

# 석박사 졸업자의 혁신성과에 지도교수의 발명자 네트워크가 미치는 효과\*

추기능\*\*

## 목 차

- I. 서론
- II. 네트워크와 혁신성과: 선행연구 및 가설
  - 1. 혁신 네트워크
  - 2. 네트워크 구조와 성과
  - 3. 연구가설
- III. 자료 및 실증분석 모형
  - 1. 자료
  - 2. 변수 및 모형
  - 3. 기초 통계량
- IV. 분석결과
- V. 결론 및 향후 연구과제

\* 이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-327-2010-1-H00004). 본 논문의 오류의 시정과 개선에 유익한 논평을 해주신 익명의 세 분 심사자에게 감사드립니다.

\*\* 해군사관학교 국제관계학과 조교수.

## 초록

대학교수가 형성하는 연구 네트워크는 지도학생의 재학 중 지식습득에 영향을 미칠 뿐 아니라, 졸업한 후의 혁신성과에도 영향력을 지니는 네트워크 자산이다. 본 연구는 지도교수로부터 지도학생에게로, 더 나아가 졸업한 지도학생이 몸 담게 되는 새 조직으로의 지식전파라는 관점에서, 지식이전에 있어서의 지도교수의 인적 네트워크의 역할에 주목한다. 네트워크 관련 문헌들은 주로 네트워크를 기술(記述)하는데 그쳤으나, 본 논문은 네트워크의 구조적 특성 또는 네트워크의 질(network quality)이 혁신성과에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 본 연구는 특허의 공동발명자료(patent co-authorship data)를 이용해 발명자의 네트워크를 구성하였으며, 1993년~2002년 동안에 특허를 낸 적이 있는 발명자인 대학교수 437명과 이들 교수들의 지도를 받은 5,842명의 대학원 졸업자로 구성된 표본을 대상으로 분석하였다. 개별 네트워크 지수는 네트워크 구조의 한 측면만을 측정하고 있으므로 복합지수(composite index)로서 네트워크의 질(network quality)을 측정하고자 하였다. 본 연구에서 네트워크의 질(network quality)의 측정지표인 복합지수(composite index)가 유의한 정(+)의 값을 가지는 것으로 나타났으며, 이러한 결과로부터 네트워크의 질은 혁신성과를 향상시키는 요인이라고 할 수 있다. 네트워크 구조를 측정하는 개별 지표 중에서는 네트워크의 크기가 유의한 양(+)의 값으로 나타나고 있다. 따라서 지도교수가 얼마나 많은 사람들과 네트워크로 연결되어 있는지가 석박사 졸업생의 혁신성과에 영향력을 미치는 중요 요소라고 할 수 있다.

## 주제어

네트워크의 질, 대학-산업 간 연계, 공동발명 네트워크, 혁신성과, 네트워크의 크기, 발명생산성

## I. 서론

대학의 연구 네트워크는 지식이전에 중요 요소이며, 대학교수가 형성하는 연구 네트워크는 지도학생의 재학 중 지식습득에 영향을 미칠 뿐 아니라, 졸업한 후의 혁신성과에도 영향력을 지녀, 졸업자에게는 네트워크 자산의 역할을 한다고 볼 수 있다. 네트워크 문헌에서는 각 행위자를 노드로 삼고, 행위자간 공동 저술이나 공동발명과 같은 연결 관계가 존재하는 경우 선으로 연결함으로써 행위자 네트워크를 구성하고, 네트워크의 특징이나 변화 등을 기술하거나 도식화한다. 공동저술 또는 공동발명 네트워크(co-authorship network)는 사회적 또는 전문적인 연구자 네트워크에 대한 방대하고 자세한 기록을 제공한다. 그동안 네트워크 관련 문헌들은 주로 네트워크를 기술(記述)하는데 그치고, 네트워크 구조나 네트워크의 질(network quality)이 혁신성과에 어떠한 영향을 주는지를 규명하는 연구는 드물었다. 그런데, 최근 들어 사회적 네트워크가 특허생산성에 어떤 영향을 미치는지를 규명하는 연구(Lobo & Strumsky, 2008; Varga & Parag 2009; Parag et al, 2010 등)가 시도되었으며 네트워크 구조와 혁신과의 관계를 밝히고자 하였다.

연구 네트워크의 질은 개별 연구자가 네트워크를 통해 연결됨으로써 접근할 수 있게 되는 지식과 정보의 수준을 나타내며, 따라서, 네트워크의 질은 네트워크 내 연구자의 과학 생산성에 영향을 미칠 뿐 아니라 학계지식의 산업계로의 이전과 같은 네트워크 내에서 다른 네트워크로의 지식이전에 영향을 미친다(Varga & Parag, 2009). 이때, 네트워크가 지닌 구조 또는 특징은 학계-산업계 간 지식이전의 강도와 질을 결정하고 경제전반의 성장이나 지역혁신에도 영향을 미치게 된다(Parag et al, 2010).

발명과 같은 새로운 지식의 창출은 발명자 혼자만의 아이디어에 의한 것이라기보다는 다른 개인이나 조직, 지역에서 유래한 기존지식의 새로운 조합을 통해 이루어지는 경우가 많다(Arora & Gambardella, 1994; Breschi & Lissoni, 2001; Fleming, 2001; Weitzman, 1998; Lobo & Strumsky에서 재인용). 질적으로 우수한 인적 네트워크를 보유한 경우 네트워크 내 상호작용에 의한 기존 지식의 결합(mixing & juxtaposing)을 통해 새로운 아이디어 창출을 촉진시키

게 될 것이다.

개인의 가치는 무엇을 아느냐(what they know), 어떻게 접근하고, 알고, 사용하느냐(how they access, know, and use it), 누구를 아느냐(who they know), 아는 것을 다른 사람과 어떻게 교환하는가(how they exchange it with others)에 의존하는데(Speers, 2002; Lundvall & Johnson, 1994; 추기능, 2008a), 이러한 것들을 포괄하는 개념이 지식(knowledge)이다.<sup>1)</sup> 개인이 대학에서 고등교육을 받는 것도 지식수준을 높여 자신의 가치를 높이기 위함이다. 대학에서 학생들은 강의를 듣거나 교수가 추천해준 전공서적, 논문 등을 읽으면서 know-what, know-why의 지식을 습득하고, 지도교수의 지도를 받으면서 know-how의 지식을 습득한다(추기능, 2008b). 지도교수의 연구실 내에서 학위과정을 함께한 학생들은 졸업한 후에도 활용 가능한 인적 네트워크를 이루게 된다. 이러한 연구실 네트워크는 know-who 지식의 대상이 될 것이다(추기능, 2008b).

한편, ‘지도교수를 공유하는 제자그룹’이라는 긴밀한 소규모 인적 네트워크 외에도 졸업자는 지도교수가 형성하고 있는 인적 네트워크에 직·간접적으로 연결되므로, 지도교수가 가진 인적 네트워크를 통한 지식의 파급이나 이전을 생각해볼 수 있다. 아무런 대면 접촉이 없었던 사람들도 출신학교, 출신지역 등 공통분모에 의해 know-who의 대상이 되는 것을 생각하면(추기능, 2008b) 연구자로서 활동하는 졸업자들에게 지도교수가 가지고 있는 인적 네트워크는 더욱 중요하고도 영향력 있는 네트워크가 될 것으로 예상할 수 있다. 지도교수로부터 지도학생에게로, 더 나아가 졸업한 지도학생이 몸담게 되는 새 조직으로 지식이 확산되는 과정에서 지도교수의 인적 네트워크가 영향을 미칠 수 있는 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 네트워크와 혁신성과라는 관점에서 선행 연구들을 검토하고, 가설을 도출한다. 제Ⅲ장에서는 자료와 변수 및 실증분석 모형을 소개하고, 제Ⅳ장에서는 분석결과를 제시한다. 마지막으로 제Ⅴ장에서는 글을 맺으면서 본 연구의 한계와 향후 연구과제를 제시한다.

1) Lundvall과 Johnson(1994)는 지식을 코드화되기 쉬운 지식인 know-what, know-why와 암묵적 지식(tacit knowledge)의 성격이 강하여 코드화나 측정이 어려운 know-how, know-who의 네 가지로 범주화하였다.

## II. 네트워크와 혁신성과: 선행연구 및 가설

### 1. 혁신 네트워크

혁신 네트워크는 노드(node)와 노드 간의 연결로 이루어진다. 이 때 노드는 개인(individual)이 될 수도 있고, 조직(organization)이 될 수 있는데, 문헌들에서도 개인수준 또는 조직수준에서 분석이 진행되어 왔다. 오랫동안 사회과학 분야에서의 네트워크 분석은 시각화를 통해 네트워크의 양상(pattern)을 조망하는데 초점이 맞춰졌었다. 이러한 시각화를 통한 조망은 통계적 분석에서 찾아낼 수 없는 다양한 사회적 관계나 양상들을 찾아낼 수 있는 장점이 있지만, 네트워크의 분석 및 해석과정에서 엄밀성이 떨어지고 자의적일 수 있다는 단점이 존재한다(윤민호, 2011).

Cassi et al.(2008)도 조직 수준에서 네트워크를 접근하여 조직간 네트워크를 연구 네트워크(research network)와 확산 네트워크(diffusion network)로 구분하였다. 이들에 따르면, 연구 네트워크에는 대학이나 연구소 등 연구중심 조직들이 해당되고, 확산 네트워크에는 기업 등 상용화 조직들이 해당된다.<sup>2)</sup> 연구를 통해 습득된 지식과 기술은 제품혁신과 공정혁신으로 이어지는데, Cassi et al.(2008)은 새로운 지식의 개발과 확산이 이루어지는 과정에서 핵심적인 역할을 수행하는 행위자로 네트워크 중추(network hubs)와 문지기(gatekeeper)를 들고 있다. 네트워크 중추는 많은 연결 노드들을 가진 노드로서 고립될 뻔한 노드들을 네트워크 내로 편입시켜 주는 영향력이 큰 노드이며, 문지기(gatekeeper)는 연구 네트워크(research network)와 확산 네트워크(diffusion network)라는 특성이 다른 두 네트워크 사이에서 다리 역할을 하는 노드(조직)이다.

경제학적 관점에서 네트워크 분석을 다룬 국내연구자는 드문데, 그중 윤민호(2011)는 특허 인용자료를 이용해 조직 수준에서 네트워크 분석적 접근을 통하여 DRAM 산업의 지식확산, 기술궤적의 특성과 산업 주도권의 변화 원인 등을

2) 연구 네트워크와 확산 네트워크의 구분은 상대적인 것으로 경우에 따라서는 대학도 확산 네트워크로 기능한다.

분석한 바 있다.

최근에는 논문의 공동저술 또는 특허의 공동발명(coauthorship or co-inventorship)을 이용해 개인 수준에서 네트워크를 구성하는 연구들이 활발하다. 많은 문헌들은 공동저술 네트워크(coauthorship network)를 관찰함으로써 연구협력 등 네트워크적 현상을 정태적으로 기술(記述)하는데 그치고 있지만, 최근에는 공동연구자 수의 증가 추세나 공동연구자와 맺고 있는 관계의 강도의 변화 등 공동연구 네트워크의 동태적 측면에도 주목하고 있다(Yoshikane & Kageura, 2004).

## 2. 네트워크 구조와 성과

기존의 네트워크 문헌들은 네트워크의 이미지(image) 또는 양상(pattern)을 찾고 해석하는데 주안점을 두고 있어서(윤민호, 2011), 통계적 의미를 부여하기는 어려웠다. 아직까지 네트워크의 존재 또는 특징이 네트워크내 행위자의 성과에 어떤 영향을 미치는가에 대한 연구 중에는 초보적 단계에 머물고 있는 것이 많다. 예를 들면, Yang & Tang(2003)은 사회적 네트워크(social network)가 온라인 교육에서 학생들의 피교육 성과에 미치는 영향을 분석했는데, 이들은 고급 경영정보시스템 과목을 수강하는 40명의 학생들을 대상으로 한 설문조사에 기반하여 사회적 네트워크를 단순히 우호적(friendly), 조언자적(advising), 적대적(adversarial) 3가지로 구분하여 서로 다른 네트워크가 학생들의 온라인 교육성과에 미치는 효과를 분석하고 있으며, 조언자적 네트워크는 학생들의 성과와 정(+)의 관계가 있고, 적대적 네트워크는 음(-)의 효과를 지닌다는 연구결과를 제시하고 있다.

한편, Faria & Goel(2010)은 저널 편집자가 선도자가 되고, 논문 저자가 추종자가 되는 스타켈버그 미분게임(Stackelberg differential game)의 이론모형을 도입해 학계 네트워크의 효과를 분석하였다. 이들의 이론모형에서는 학계 네트워크가 논문의 질이나 게재 논문 수에 영향을 미치지 못하고, 인용(citation) 수에만 영향을 미치는 것으로 나타났는데, Faria & Goel(2010)은 이러한 결과가 저널 편집자들이 수준 높은 논문들을 게재함으로써 저널의 평판을 높이려는 경

쟁을 함에 따른 결과라고 보았다. 게재논문 수나 질에는 영향을 못 미치고 인용 수만 높이는 정도라면 네트워크가 주는 편익(returns to networking)이 예상외로 크지 않다고 할 수 있는데, 이러한 의외의 결과는 이론모형에 의한 것이므로 실증논문에 의해 추가적으로 뒷받침될 필요가 있다(Faria & Goel, 2010).

최근에는 네트워크의 단순한 일면만을 보는 것이 아니라 구조적으로 살펴서 특성들을 추출하여 변수화 함으로써 엄밀한 통계적 분석을 적용하려는 연구들이 시도되고 있다. 네트워크 구조(network structure)의 특성들로는 네트워크내의 다양성을 의미하는 네트워크 범위(network range)와 네트워크 내 행위자(actor) 간 응집도(social cohesion) 등을 들 수 있는데, Reagans & McEvily(2003)는 이 두 가지 특성을 지식이전(knowledge transfer)에 영향을 주는 핵심 특성으로 보았다. 네트워크 응집도(network cohesion)는 네트워크 범위(network range)와 구별되면서도 이를 보완하는 효과를 지니며 네트워크내 행위자 간 중첩되는 연결(overlapping ties), 즉 연결의 강도를 강조하는 반면, 네트워크 범위(network range)는 네트워크 연결이 얼마나 많은 행위자 간에 이루어지고 있는가에 주목한다(Reagans & McEvily, 2003). 지식이전은 받는 사람에게는 편익을 주지만 지식을 이전시키는 사람에게서는 비용을 초래하게 된다. 즉, 지식을 가진 사람이 다른 사람에게 지식을 이전하기 위해서는 시간과 노력을 기울여야 한다. 네트워크 간 응집도(social cohesion)는 지식을 이전시키는 사람이 시간과 노력을 투입하려는 의사에 긍정적 영향을 미치게 되는데, Reagans & McEvily(2003)의 연구결과에서도 응집도가 지식이전과 양(+)의 관계를 지니는 것으로 나타났다. 상이한 지식풀에 연결된 정도, 즉 네트워크의 범위(network range)가 넓을 수록 복잡한 아이디어를 상이한 배경의 사람들에게 전달하는 개인의 능력이 높다고 볼 수 있으며, 그 결과 네트워크 범위는 혁신성과와 정(+)의 관계에 있게 된다(Reagans & McEvily, 2003).

Varga & Parag(2009)은 혁신체제(systems of innovation) 연구의 관점을 도입하여 경제적으로 유용한 새로운 지식은 시스템에 참가하고 있는 행위자(actor)의 수, 행위자들이 축적한 지식, 지식창출과정에서 나타나는 행위자들 간 상호작용의 빈도라는 3가지 시스템 특성에 의존한다고 보고 단일의 지표를 제시하고자 하였다. 이들은 대학소속 연구자들의 국제학술지 공저 자료를 이용해

네트워크의 크기(size), 지식의 집중도(knowledge concentration), 네트워크의 통합도(the level of integratedness of the network)라는 3가지 특성변수를 구성하고 이들을 종합한 지수로써 네트워크의 질을 측정하였다. Varga & Parag(2009)의 연구에서는 학계의 지식이전에 있어서 네트워크의 질이 중요한 변수로 나타났으며, 이러한 결과로부터 연구개발을 강조하는 것도 중요하지만 학계의 연구 네트워킹을 조장하는 것도 필요하다는 정책적 시사점을 제시하고 있다.

한편, 조밀하게 연결된 네트워크일수록 성과를 낮춘다는 연구결과 즉, 네트워크 내 행위자 간의 연결의 강도와 특허생산성간에 음(-)의 관계가 존재한다는 의외의 결과를 제시하는 연구도 있다. Lobo & Strumsky(2008)는 1977년에서 2002년 사이의 특허를 이용해 미국 광역도시 지역 내의 발명자 네트워크를 구성한 후 발명자의 집적(inventor agglomeration)과 사회적 네트워크 구조가 광역도시 지역의 특허 생산성에 미치는 효과를 살펴보았다. 여기서, 집적(aggregation 또는 agglomeration)이란 상위 네트워크 내 발명자들이 상대적으로 큰 하위 네트워크(component)로 그룹되는 정도를 의미한다.<sup>3)</sup> 집적도는 대부분의 발명자가 소수의 하위 네트워크(components)로 그룹되고, 고립된 또는 소규모의 하위 네트워크(component)가 적을수록 커진다. Lobo and Strumsky(2008)의 연구에서는 지역의 집적 특성(agglomerative features)이 발명 네트워크의 구조적 특성(structural feature of inventive networks)보다 중요한 것으로 나타나, 다른 연구와는 차별적인 결과를 보여주고 있다. 이들에 따르면 고립된 발명자의 네트워크로의 편입(aggregation of isolated inventors)은 특허생산성(patenting productivity)에 양(+)의 효과를 갖지만, 발명자 간 연결의 강도(density of connections)는 오히려 음(-)의 관계에 있는 것으로 나타났다.

3) 각 노드들이 직접 또는 간접의 협력관계로 연결될 수 있으면 동일한 하위 네트워크(component)에 속하게 된다. 특정 대도시 지역을 대상으로 하나의 네트워크를 구성한다고 하면, 하위 네트워크(component)는 작게는 단지 2개 노드만을 연결하는 것일 수도 있고, 경우에 따라서는 지역 내 모든 노드들을 포함할 수도 있다.

네트워크 집적지수(network aggregation index)는  $\sum_j \frac{C_j}{s_j^2}$ 로 계산되는데, 여기서  $s_j$ 는 특정 대도시 지역

(metropolitan area) 발명자 중  $j$ 번째 하위 네트워크(component)로 그룹화된 발명자의 비중을 나타내고,  $C$ 는 특정 지역 네트워크 내 하위 네트워크(component)의 수를 나타낸다.

### 3. 연구가설

네트워크에서 가외성(redundancy) 또는 중첩성(overlapping)은 의존성(dependency)을 피하기 위해 필요하다고 보는 입장(Pleschak & Stummer, 2001)과 네트워크 연결은 비용과 편익이 동시에 발생하므로 불필요한 연결은 지양해야 직·간접의 연결을 통해 나오는 가치를 극대화할 수 있다는 상반된 입장(Carayol & Roux, 2007)이 있다. 이는 강한 연계 대 약한 연계(strong tie vs. weak tie) 논쟁 또는 응집도에 대한 논의와 같은 맥락에서 이해될 수 있다. Granovetter(1975, 1985, 2005)의 가설에 따르면, 새로운 정보의 취득에 있어서 강한 연계보다는 약한 연계가 더 효과적이다. 그런데, 지식의 암묵성, 위험과 불확실성이 존재하는 상황에서는 강한 연계하에서 지식의 교환을 더 원활하게 한다고 볼 수 있다. 지식이전을 받을 사람의 필요나 부족을 알아야 하고, 민감한 정보까지 공개해야 하기 때문에 네트워크 내 노드 간의 연계가 강해야 한다(Fritsch & Kauffeld-Monz, 2010). 따라서, 본 논문은 지도교수의 네트워크 내 연결이 중첩될수록, 즉 연결의 강도가 강할수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다(H1)는 첫 번째 가설을 설정한다.

네트워크 연결이 얼마나 많은 행위자 간에 이루어지고 있는가를 나타내는 네트워크 범위(network range)가 넓을수록 상이한 지식풀에 연결된 정도가 높아져 전문화된 지식으로부터의 시너지 효과가 클 것으로 기대할 수 있다(Reagans & McEvily, 2003). 이에 본 논문은 지도교수 네트워크의 규모가 클수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다(H2)는 두 번째 가설을 설정한다.

네트워크는 얼마나 많은 사람이 네트워크에 연결되어 있으며, 연결이 중첩되어 있는지의 관점 외에도 어떤 연구자가 네트워크 내에서 중심적 위치에 있는 정도를 그 연구자 기준으로 파악할 수 있다. 네트워크 내에서 중심위치에 있을수록 지식흐름을 더 잘 활용할 수 있을 것이므로(Parag et al., 2010) 본 연구는 지도교수를 기준으로 한 지도교수 네트워크의 중심성이 높을수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다(H3)는 세 번째 가설을 세운다.

네트워크의 크기, 네트워크 내 협력의 강도, 네트워크의 중심성 등 각 지표는 네트워크의 다양한 측면 중 일면을 측정하는 것이다. Varga & Parag(2009),

Parag et al.(2010)에서와 같이 본 논문도 이러한 개별 지표를 통합하여 하나의 지표를 구성하고, 이를 네트워크의 질(network quality)을 측정하는 지표로 삼는다. 네 번째로 이렇게 측정된 지도교수 네트워크의 질(network quality)이 높을수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다(H4)는 가설을 설정한다.

혁신 네트워크로부터 편익을 제대로 누리기 위해서는 네트워크 구성원의 학습능력, 흡수능력 등이 요구된다(Pleschak & Stummer, 2001). 동일한 조건이면 이러한 능력은 석사 졸업자에 비해 박사 졸업자가 더 갖추고 있을 것으로 생각되며 따라서, 본 논문은 석사 졸업자에 비해 박사 졸업자가 네트워크로부터 얻는 편익이 더 크다(H5)는 가설을 세운다.

### Ⅲ. 자료 및 실증분석 모형

#### 1. 자료

본 연구에 사용된 자료는 서울대학교에 재직 중인 발명자 지도교수와 해당교수의 지도학생들을 대상으로 구축한 추기능(2008b)의 자료에 기반하고 있다. 서울대 출신 석박사 학위자에 한정된 이유는 저자가 알기로는 전국 대학들 중에서 유일하게 서울대 석박사의 경우 학위논문 정보에 학위자의 출생년도에 대한 정보가 포함되어 있기 때문이다. 본 연구는 특허의 공동 발명(patent co-authorship)을 이용해 발명자의 네트워크를 구성하였으며, 특허자료는 특허정보원의 특허검색서비스([www.kipris.or.kr](http://www.kipris.or.kr)) 및 추기능 외(2008)에서 활용한 특허청 자료를 이용하였다. 1993년~2002년 동안에 특허를 낸 적이 있는 발명자인 대학교수 437명과 이들 교수들의 지도를 받은 5,842명의 대학원 졸업자로 구성된 표본을 대상으로 분석하였다. 본 연구는 지도교수의 공동발명관계(co-inventorship)로 네트워크를 구성하므로, 특허가 없는 지도교수는 표본에서 제외하였다. 그러나, 특허가 있는 발명자 지도교수인 경우에는 지도학생의 학위과정 기간동안 지도교수의 특허가 없더라도 그 학생을 표본에 포함시켰으며, 음이향모형을 이용하므로 발명자 지도교수의 졸업생 중에 특허가 없더라도 표본에 포함시켰다.

## 2. 변수 및 모형

본 연구는 네트워크의 구조적, 질적 특성이 특허생산성에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보는 것을 연구목적으로 한다. 네트워크의 크기, 중심성, 집중도 등 여러 측면에서 네트워크를 특징지을 수 있고, 이러한 다양한 측면의 네트워크 특성이 네트워크 내 구성원의 혁신성과에 미치는 개별적 효과를 살펴볼 필요가 있다. 그런데, 네트워크의 구조적 특성변수들 각각은 숲과 나무의 관계에 있어서 나무에 해당한다고 볼 수 있다. 개별 나무를 열거하는 것이 아니라 일체로서의 전체 숲을 조망하듯이 네트워크에 있어서도 마찬가지로 개별 지표들을 열거하는 대신 전체를 하나로 표현할 필요성도 존재한다. 본 연구에서는 네트워크 크기, 집중도, 중심성 등 3가지를 개별지표로 사용한다. 본 연구는 개별 지표를 통합하여 하나의 지표로 사용하는 몇 가지 방법을 제시하고, 개별 또는 통합지표를 이용한 회귀분석을 실시하여 지도교수의 네트워크가 졸업자의 혁신성과에 미치는 효과를 분석한다.

### 1) 네트워크 지표

#### (1) 네트워크의 크기(size)

연구자 네트워크를 그래프로 표시하면 노드와 선들로 표시된다. 노드는 연구자를 의미하며, 노드 간에 선으로 연결될 경우 두 노드는 네트워크 관계가 있음을 의미한다. 네트워크의 크기는 한 노드에 연결된 다른 노드의 수로 측정한다. 이 때, 네트워크 크기는 최대값으로 나누어 정규화한다. 아래의 통합도와 중심성 지표도 마찬가지로 방법으로 정규화한다. 예를 들어 지도교수 A와 공동발명한 적이 있었던 사람들이 5명이고, 공동발명자 수가 가장 많은 지도교수와 연결관계에 있는 발명자 수가 20명이라면, 지도교수 A의 공동발명 네트워크의 크기는  $5/20=0.25$ 이다.

## (2) 네트워크의 강도(intensity)

연구자가 네트워크에 통합된(integrated 또는 embedded) 정도를 나타내는 지표로서 네트워크 내 구성원간 협력의 강도를 표시한다. 지도교수 네트워크 내에 있는 연구자와 지도교수간의 공동발명의 빈도수를 지도교수와 다른 연구자간 링크의 개수, 즉 지도교수가 연결관계를 갖는 연구자의 수로 나누고, 이를 지도교수별로 평균한 값을 해당 지도교수의 네트워크 강도로 사용한다. 지도교수 A가 B, C, D와 공동발명관계로 연결되어 있는 경우를 가정하고 예를 들어 보기로 하자. 공동발명 횟수가 A와 B 사이에 3회, A와 C 및 A와 D 사이에 1회라면 A와 B의 연결 강도는 3회/3명, A와 C 및 A와 D 사이의 연결 강도는 1회/3명이다. 연결 강도의 평균인  $\frac{3/3+1/3+1/3}{3}=\frac{5}{9}$ 를 네트워크 내 최대값으로 나누면 지도교수 A의 네트워크 강도이다.

## (3) 네트워크의 중심성(centrality)

여기서는 특정 노드와 직접적인 연결을 가진 노드 및 이 노드에 다시 직접 연결된 2차 연결까지만을 이용해 중심성 지표를 구한다. 2차 연결이란 대학교수가 발명자로 나타나는 특허에 등장했던 공동발명자들이 발명한 특허들에서의 또 다른 공동발명자들과의 간접 연결을 말한다. 본 논문에서는 Parag et al.(2010)에서와 같이 각 노드에 직접 연결된 노드들이 가지고 있는 연결(link)의 평균값을 사용한다. 예를 들어 지도교수 A가 B, C, D와 직접적인 공동발명관계에 있다고 하자. B와 직접적인 공동발명관계에 있는 사람 수가 6명이고, C, D와 공동발명관계에 있는 사람 수가 각각 5명, 10명이라고 하면 A의 중심성 지표값은  $(5+6+10)/3=7$ 을 네트워크 내 최대값으로 나눈 것이 된다.

## (4) 통합지표(composite index)

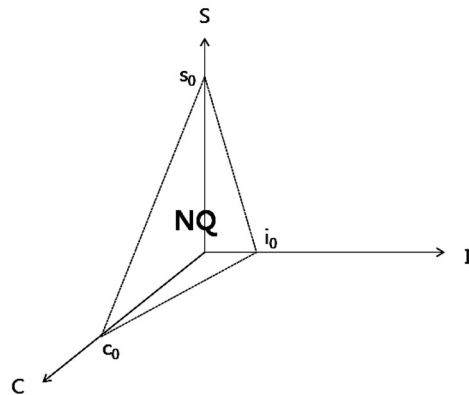
네트워크 개별 특성들을 하나로 통합한 지표를 구성함으로써 네트워크 질(network quality)을 측정하는 대리지표로 삼는 연구들이 시도되고 있다(Varga

& Parag, 2009; Parag et al., 2010). 이러한 통합지표는 네트워크를 함축적으로 표현하는 값이 될 것이며, 개별 특성들을 결합하는 방식에 따라 다른 값으로 나타날 수 있다. 네트워크를 하나의 값으로 표현하는 연구는 최근에야 시도되고 있다. 대표적으로 Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010) 등의 연구는 네트워크의 크기(size), 강도(intensity), 중심성(centrality) 등을 통합하여 하나로 지수화하였다. 이들의 연구에서 각 네트워크 특성은 3차원 공간에서 하나의 축을 이루며, 3차원 공간에서 개별 지표의 값이 만들어내는 삼각형(〈그림 1〉의 예에서는 삼각형  $c_0s_0i_0$ )의 면적으로 네트워크 질이 측정된다. 〈그림 1〉에서 삼각형  $c_0s_0i_0$ 의 면적( $NQ$ )은

$$NQ = \frac{\sqrt{(c^2s^2 + s^2i^2 + i^2c^2)}}{2}$$

로 계산된다.<sup>4)</sup>

〈그림 1〉 네트워크 질 통합지표(composite index)의 예



본 연구에서도 Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010) 등의 방법에 따라 통합지표를 구성한다(composite index1). 이와는 별도로 다음과 같은 몇 가지 대체적인 통합지표를 생각해본다. 첫째, Varga & Parag(2009)의 통합지표 값에

4) Zill & Cullen(강보선 외 공역, 2009), 제5장 벡터의 외적.

순위를 매겨 단순히 순위로만 반영하는 지표이다(composite index1의 순위). 둘째, 3차원 공간에서 세 가지 네트워크 특성 값들이 만들어 내는 벡터를 생각할 수 있는데, 이 벡터의 크기를 통합지표의 값으로 사용한다(composite index2). 예를 들어, 네트워크의 각 특성 값이  $a_1, a_2, a_3$ 라고 하면, 벡터  $a = \langle a_1, a_2, a_3 \rangle$ 의 크기  $\|a\| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$ 를 대안적인 네트워크 통합지표로 삼는다. 셋째, 보다 단순한 형태의 요약 지표로는 개별 네트워크 특성의 단순 평균값을 들 수 있다(composite index3). 마지막으로, 개별 특성들에 대한 모형 추정 결과를 반영하여 지수를 구성하는 방법이다. 예를 들어, 네트워크 중심성, 크기, 강도가 각각 유의한 음(-), 양(+), 음(-)의 값으로 추정된 경우, 통합지표를 ‘(-) 중심성(+)크기(-)강도’와 같이 구성할 수도 있을 것이다.

## 2) 종속변수와 독립변수

종속변수는 대학원 졸업자의 특허생산성이며, 석박사 졸업자가 졸업 다음 연도부터 3년간 발명한 누적 특허발명 건수를 특허생산성의 대리변수로 삼았다. 석박사 졸업년도(t)를 기준으로 3개년(t-2, t-1, t년도) 동안 형성된 지도교수의 발명자 네트워크가 졸업생의 3개년(t+1, t+2, t+3년도) 특허발명 건수에 미치는 영향을 분석한다. 지도교수 네트워크 기간을 3개년으로 한 이유는 평균적인 석박사 재학기간을 고려했기 때문이다.<sup>5)</sup> 석박사 졸업자에게 미치는 네트워크의 효과가 한 해에 그치지지는 않을 것이므로 3년 정도를 관측하였다.

독립변수로는 위에서 설명한 개별 네트워크 지표와 통합지표, 석사, 박사 등 학위과정 더미에 주목한다.<sup>6)</sup> 석박사 졸업자의 학위 범주를 본 연구에서는 석사만 취득한 경우(master), 박사만 취득한 경우(Ph.D.), 석사를 취득하고 같은 지도교수의 박사과정으로 진학한 경우(Ph.D. after master), 박사를 취득하기 전 같은 교수로부터 석사를 취득한 경우(master before Ph.D.)의 네 가지로 범주화

5) 엄밀히는 석사와 박사에게 대해 다른 기간을 적용하고, 전공별 차이도 반영하여야 할 것이다. 재학기간이 개인의 능력과도 관련이 되고, 오래 재학할수록 네트워크가 그만큼 좋아졌다고 할 수 없으므로 개인별 재학 기간을 그대로 반영하는 것은 적당하지 않다고 여겨진다.

6) 네트워크 지표와 학위과정 더미 간의 교호작용항도 중요한 의미를 가질 수 있지만, 본 연구에서는 유의하지 않아서 제외하였다.

하였다.

통제변수로는 석박사 취득자가 졸업한 연도의 지도교수의 나이와 졸업 당시 석박사 졸업자의 나이, 지도교수(따라서, 지도학생)의 전공분야 등이다. 이때, 특허생산성과 나이 사이에 존재하는 U자형 또는 역U자형 등의 비선형관계를 포착하기 위해 나이의 제곱항을 추가한 모형으로 분석하였다. 전공분야는 총 17 개분야로 통합하였다.<sup>7)</sup> 본 논문은 석박사 졸업자의 학위과정 재학 중에 출원된 지도교수의 특허가 존재하는지 여부에 관계없이 발명을 한 적이 있는 지도교수는 모두 포함시킨 표본과 네트워크 기간(졸업 전 3년)에 지도교수의 특허가 있었던 경우만을 대상으로 한 표본 두 가지 경우를 각각 분석하였다. 즉, 발명자인 지도교수의 네트워크 지표가 0의 값을 갖는 석박사 졸업자를 포함하는 표본과 이를 제외한 표본 두 가지이며, 전자의 경우 지도교수 발명활동의 휴면상태를 나타내는 더미변수(dormant)가 추가된다.

### 3) 실증분석 모형

본 논문은 기본적으로 아래와 같은 음이항모형(negative binomial model)을 이용해 지도교수 발명 네트워크의 특성 및 질(quality)이 지도받은 석박사 졸업자의 특허생산성에 미치는 효과를 분석한다.

$$\begin{aligned} \text{특허생산성} = & \exp(\text{상수항} + \beta \text{네트워크지표} + \gamma \text{학위과정더미}) \\ & + \delta \text{지도교수나이(및 제곱항)} + \lambda \text{졸업생나이(및 제곱항)} \\ & + \mu \text{휴면상태더미} + \phi \text{전공더미} + \epsilon) \end{aligned}$$

이와 동일한 모형으로 평균과 분산이 같다고 가정하는 포아송 회귀분석도 시행하였으나 포아송 적합도 검정 결과, 포아송 모형이 적합하지 않은 것으로 나타나 본 논문은 음이항 모형을 채택하여 분석하였다.

7) 학과명칭이 바뀌거나 통합 또는 분리되기도 하였는데, 교수(및 지도학생)의 전공이 과거 명칭으로 되어 있어서 비슷한 전공별로 묶었다. 산업공학의 경우 산업공학뿐 아니라 열거된 16개 분야 외의 기타 분야를 포함한다. 건강관련 전공분야는 의학으로 묶었으며, 생물과 화학관련 전공의 경우 구분하기가 애매하였다.

### 3. 기초 통계량

〈표 1〉은 변수들 간의 상관계수를 보여주고 있다. 지도교수의 특허활동이 휴면상태일때에 학위과정을 이수한 석박사 졸업자들이 제외된 표본(하위 표본)의 값은 괄호 속에 있다. 네트워크 개별 지표중 중심성(centrality)은 전체 표본에서 졸업생의 특허발명 건수와 양(+)의 상관관계를 보이고 있다. 하위 표본에서는 음(-)의 상관관계를 보이지만, 전혀 유의하지 않았다.<sup>8)</sup> 네트워크 크기(size)는 두 표본 모두에서 졸업생의 특허 건수와 유의한 양(+)의 상관관계를 나타냈다. 네트워크 강도(집중도; intensity)는 하위 표본에서 졸업생의 특허건수와 음(-)의 상관관계를 지니는 것으로 나타났다. 네트워크 질(network quality)에 관한 통합지표들(composite indices)은 첫 번째 지표가 하위 표본에서 유의하지 않은 것을 제외하고는 졸업생의 특허생산성과 1% 유의수준에서 유의한 정(+)의 상관관계를 보이고 있다.

석사학위 더미(8, 10)와 특허건수의 상관관계는 1% 유의수준하에서 유의한 음(-)으로 나타났다. 이는 본 논문의 표본이 네 가지 학위 범주에 속하는 졸업자만을 대상으로 한 것이므로, 학위범주 더미변수의 상관계수는 자신외의 다른 범주와의 상대적인 비교를 의미한다. 박사학위 과정에 진입하고 나서야 지도교수의 지도를 받기 시작한 박사 졸업자(Ph.D. 더미)의 경우 두 가지 표본 모두에서 1% 수준에서 특허생산성과 유의한 정(+)의 상관관계를 보이고 있다. 이 범주는 다른 범주들에 비해 특허생산성이 높을 것으로 예상할 수 있다. 석사 졸업 후 다시 같은 지도교수에게 박사학위를 지도받은 경우(더미변수 Ph.D. after Master) 전체 표본에서는 5% 수준에서 유의한 양(+)의 상관관계를 나타냈으며, 하위 표본에서는 상관관계가 양(+)으로 나타나고는 있으나 유의하지는 않았다. 석사학위 졸업자의 경우에는 두 표본 모두에서 특허출원 건수와의 상관관계가 1% 유의수준에서 유의한 음(-)의 값을 보이고 있다. 이러한 상관관계는 대체로 석사 졸업자가 박사졸업자에 비해 낮은 특허생산성을 지니는 것에 기인하는 것이라고 할 수 있다.

8) 〈표 1〉에서 상관계수의 유의성 검정 결과는 생략하였다.

〈표 1〉 변수들 간의 상관관계수

|                           | student's<br>patent | 1               | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 11             | 12             |
|---------------------------|---------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| 1. centrality             | 0.07<br>(-0.01)     |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 2. size                   | 0.18<br>(0.15)      | 0.48<br>(0.07)  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 3. intensity              | -0.01<br>(-0.06)    | 0.30<br>(0.21)  | 0.14<br>(-0.13)  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 4. composite<br>index1    | 0.06<br>(0.02)      | 0.61<br>(0.56)  | 0.54<br>(0.46)   | 0.47<br>(0.57)   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 5. composite<br>index2    | 0.13<br>(0.08)      | 0.79<br>(0.66)  | 0.81<br>(0.71)   | 0.55<br>(0.31)   | 0.66<br>(0.71)   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 6. composite<br>index3    | 0.12<br>(0.07)      | 0.82<br>(0.70)  | 0.80<br>(0.66)   | 0.55<br>(0.42)   | 0.74<br>(0.84)   | 0.98<br>(0.97)   |                  |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 7. composite<br>index4    | 0.17<br>(0.15)      | 0.26<br>(-0.04) | 0.82<br>(0.88)   | -0.45<br>(-0.58) | 0.22<br>(0.11)   | 0.41<br>(0.43)   | 0.41<br>(0.34)   |                  |                  |                  |                  |                |                |
| 8. Master<br>before PhD   | -0.05<br>(-0.06)    | -0.02<br>(0.01) | -0.03<br>(-0.02) | -0.02<br>(-0.02) | -0.03<br>(-0.03) | -0.03<br>(-0.01) | -0.03<br>(-0.02) | -0.01<br>(-0.00) |                  |                  |                  |                |                |
| 9. PhD after<br>Master    | 0.03<br>(0.03)      | 0.05<br>(0.01)  | 0.05<br>(0.00)   | 0.01<br>(-0.04)  | 0.01<br>(-0.02)  | 0.05<br>(-0.01)  | 0.05<br>(-0.01)  | 0.04<br>(0.02)   | -0.13<br>(-0.14) |                  |                  |                |                |
| 10. Master                | -0.04<br>(-0.07)    | 0.01<br>(-0.01) | 0.02<br>(0.02)   | 0.02<br>(0.04)   | 0.04<br>(0.05)   | 0.02<br>(0.01)   | 0.02<br>(0.02)   | 0.01<br>(-0.00)  | -0.47<br>(-0.46) | -0.38<br>(-0.44) |                  |                |                |
| 11. PhD                   | 0.07<br>(0.12)      | -0.03<br>(0.01) | -0.04<br>(-0.01) | -0.01<br>(0.00)  | -0.03<br>(-0.02) | -0.03<br>(0.00)  | -0.04<br>(-0.00) | -0.03<br>(-0.01) | -0.19<br>(-0.17) | -0.15<br>(-0.16) | -0.56<br>(-0.53) |                |                |
| 12. age of<br>advisor     | -0.00<br>(-0.02)    | 0.04<br>(0.05)  | 0.02<br>(-0.02)  | 0.02<br>(-0.10)  | -0.01<br>(-0.04) | 0.05<br>(-0.00)  | 0.04<br>(-0.02)  | 0.00<br>(0.03)   | -0.02<br>(-0.03) | 0.04<br>(0.01)   | -0.13<br>(-0.10) | 0.15<br>(0.15) |                |
| 13. age of ex-<br>student | 0.02<br>(0.05)      | -0.06<br>(0.00) | -0.08<br>(-0.04) | -0.01<br>(-0.03) | -0.05<br>(-0.03) | -0.06<br>(-0.03) | -0.07<br>(-0.03) | -0.06<br>(-0.02) | -0.08<br>(-0.08) | 0.09<br>(0.08)   | -0.47<br>(-0.45) | 0.60<br>(0.60) | 0.15<br>(0.17) |

주1) 네트워크 특성을 요약하는 대체적 복합지수들은 다음과 같이 계산된다. (c는 네트워크 중심성(centrality), s는 네트워크 크기(size), i는 네트워크 강도(intensity))

$$\begin{aligned} \cdot \text{composite index1} &= \frac{\sqrt{(c^2 s^2 + s^2 i^2 + i^2 c^2)}}{2} \\ \cdot \text{composite index2} &= \sqrt{c^2 + s^2 + i^2} \\ \cdot \text{composite index3} &= \frac{c + s + i}{3} \\ \cdot \text{composite index4} &= \frac{s - i}{2} \end{aligned}$$

주2) Ph.D.는 박사과정에서만 지도교수의 지도를 받은 박사 졸업자

Ph.D. after master는 석사과정, 박사과정 모두 지도를 받은 박사 졸업자

master는 석사과정만 지도교수의 지도를 받은 석사 졸업자

master before Ph.D.은 동일 지도교수의 박사과정에 진학하게 되는 석사 졸업자

지도교수의 나이(age of advisor)는 특허성과와 음(-)의 상관관계를 보이지만 전혀 유의하지 않다. 졸업생의 나이(age of ex-student)는 정(+)의 관계를 나타내고 있으며, 전체 표본에서는 10% 수준에서, 하위 표본에서는 1% 수준에서 유의하였다.

〈표 2〉는 주요 변수들의 요약통계량을 보여주고 있다. 지도교수의 발명활동이 휴면상태일 때 학위과정에 있었던 졸업자가 포함된 표본(즉, dormant=1이 포함된 표본)에서 석박사 졸업자의 졸업 후 평균 발명건수는 0.26건이었으며, 지도교수의 발명활동이 휴면상태일 때 학위과정을 이수한 졸업자를 제외할 경우의 평균 발명건수는 0.5건이었다. 네트워크 지표 값은 전체 표본에서 중심성 0.09, 크기 0.10, 집중도 0.05였다. 즉, 개별 네트워크 지표값이 평균적으로 최대값의 약 5%~10%에 불과하여 네트워크 지표의 분포가 상당히 치우쳐 있음을 알 수 있다. 지도교수의 발명활동이 있었던 시기에 학위과정을 이수한 졸업자들만을 대상으로 한 표본에서는 네트워크의 중심성 0.20, 크기 0.23, 집중도 0.08 등 각 지표의 크기가 전체 표본에서보다 약 2배 정도 높다.

〈표 2〉 주요 변수들의 기술통계량

|                      | dormant=1 포함, 관측치 5,842 |           |       |      | dormant=1 제외, 관측치 2,654 |           |       |       |
|----------------------|-------------------------|-----------|-------|------|-------------------------|-----------|-------|-------|
|                      | Mean                    | Std. Dev. | Min   | Max  | Mean                    | Std. Dev. | Min   | Max   |
| ex-student's patents | 0.26                    | 1.89      | 0     | 51   | 0.50                    | 2.66      | 0     | 51    |
| centrality           | 0.09                    | 0.15      | 0     | 1    | 0.20                    | 0.16      | 0.04  | 1     |
| size                 | 0.10                    | 0.17      | 0     | 1    | 0.23                    | 0.19      | 0.03  | 1     |
| intensity            | 0.05                    | 0.11      | 0     | 1    | 0.08                    | 0.11      | 0.01  | 1     |
| composite index1     | 0.01                    | 0.05      | 0     | 0.87 | 0.03                    | 0.06      | 0.00  | 0.87  |
| composite index2     | 0.17                    | 0.23      | 0     | 1.73 | 0.36                    | 0.22      | 0.11  | 1.73  |
| composite index3     | 0.08                    | 0.11      | 0     | 1.00 | 0.17                    | 0.10      | 0.06  | 1.00  |
| composite index4     | 0.03                    | 0.09      | -0.49 | 0.50 | 0.07                    | 0.12      | -0.49 | -0.50 |
| Master before PhD    | 0.14                    | 0.35      | 0     | 1    | 0.13                    | 0.33      | 0     | 1     |
| PhD after Master     | 0.10                    | 0.29      | 0     | 1    | 0.12                    | 0.32      | 0     | 1     |
| Master               | 0.58                    | 0.49      | 0     | 1    | 0.59                    | 0.49      | 0     | 1     |
| PhD                  | 0.18                    | 0.39      | 0     | 1    | 0.16                    | 0.37      | 0     | 1     |
| age of advisor       | 48.28                   | 8.03      | 15    | 66   | 48.55                   | 7.22      | 33    | 66    |
| age of ex-student    | 28.30                   | 4.31      | 23    | 58   | 27.86                   | 4.06      | 23    | 58    |

주1) 더미변수 dormant가 1의 값을 갖는 경우는 지도교수의 발명활동이 없었던 기간에 학위과정(졸업전 3년)을 이수한 석박사학위자이다.

석사취득 후 다시 동일한 지도교수의 지도하에 박사학위까지 취득하게 되는 졸업자(더미변수 Master before Ph.D.와 Ph.D. after Master)는 석사학위자, 박사학위자 범주에 동시에 나타나게 되는데, 전체 표본의 약 14%, 하위 표본의 약 13%를 차지한다.<sup>9)</sup> 석사학위를 최종학위로 한 졸업자(더미변수 Master)와 지도

교수에게서 박사학위만을 취득한 졸업자(터미변수 Ph.D.)는 각각 58%, 18%를 차지하며, 하위표본에서도 이 비율이 각각 59%, 16%로 비슷하게 나타났다. 전체 표본에서 지도교수의 나이는 평균 48.3세, 졸업생의 나이 평균은 28.3세였으며, 하위표본에서 지도교수와 석박사 졸업자의 나이는 평균 48.6세, 27.9세로 별 차이가 없다.

〈표 3〉은 표본 내에서 각 전공분야 졸업생이 차지하는 비중을 나타낸다. 전체 표본(dormant=1 포함)에서는 전기전자 20.27%, 의학관련 14.09%, 기계조선 12.32%의 순으로 졸업생이 많았다. 지도교수가 발명활동을 하지 않았던 기간에<sup>10)</sup> 학위과정을 이수한 석박사를 제외하면, 전기전자의 비중이 27.73%로 훨씬 더 높아지고, 재료분야 졸업생이 13.60%를 차지해 표본내에서 2번째로 높은 비중을 나타내며, 제약이 10.29%를 차지해 그 다음 순이다.<sup>11)</sup> 한편, 졸업당시 지도교수 나이를 기준으로 졸업자의 특허건수를 보면 지도교수의 나이가 55세~60세일 때, 즉 지도교수의 나이가 50대 중반 정도일 때 학위과정을 하고 졸업하는 석박사의 특허건수가 가장 많고, 지도교수가 45세~50세일 때 졸업하는(지도교수가 40대 중반일 때 학위과정을 거친) 석박사의 특허건수가 그 다음으로 많았다. 지도교수의 발명활동이 휴면상태일 때 학위과정을 거친 졸업자를 제외하면, 위 순서가 서로 바뀔 뿐 지도교수가 두 나이 구간 대에 속할 때 졸업자의 특허출원이 가장 왕성했다. 석박사 졸업생의 졸업당시 나이별 특허출원 건수는 졸업나이 30세~35세 구간에서 가장 많았고, 45세 이상 구간에서 그 다음으로 많았다. 지도교수의 특허활동이 휴면상태일 때를 제외하면, 위 두 구간의 순서가 바뀔 뿐 여전히 두 나이 구간에서 특허출원 건수가 가장 많았다.

9) 석박사 과정에서 동일한 지도교수의 지도를 받은 졸업생들을 나타내는 석사졸업 터미(Master before Ph.D.)와 박사졸업 터미(Ph.D. after Master)는 결국에는 그 비중이 같겠지만, 본 논문이 2002년까지의 지도교수 네트워크 및 2002년까지 졸업한 석박사 학위자를 연구대상으로 하므로 석사졸업 터미에 해당하는 졸업자의 일부는 박사 학위를 취득하기 전이어서 두 터미의 비중이 다르게 나타난다.

10) 본 논문이 3년 누적기준으로 지도교수의 발명 네트워크를 구성하므로 졸업하는 해인 t년도, 1년전인 t-1, 2년전인 t-2년도에 지도교수의 발명활동이 없는 경우를 말한다.

11) 전공분야별 석박사 졸업자의 평균 특허발명 건수는 두 표본 모두에서 재료 분야가 가장 많았다.

〈표 3〉 표본 중 각 전공분야 졸업생의 비중

| 전공분야(dummy) | dormant=1 포함 | dormant=1 제외 |
|-------------|--------------|--------------|
| 산업공학        | 0.70%        | 0.79%        |
| 건축          | 1.80%        | 1.13%        |
| 기계조선        | 12.32%       | 9.91%        |
| 농업생명        | 6.98%        | 6.22%        |
| 물리          | 3.34%        | 2.07%        |
| 생명과학        | 5.49%        | 3.73%        |
| 섬유          | 0.68%        | 0.49%        |
| 수의          | 1.76%        | 1.51%        |
| 식품          | 0.75%        | 1.02%        |
| 의학          | 14.09%       | 7.91%        |
| 재료          | 9.41%        | 13.60%       |
| 전기전자        | 20.27%       | 27.73%       |
| 제약          | 7.26%        | 10.29%       |
| 조경          | 1.30%        | 0.64%        |
| 지구환경에너지     | 3.75%        | 1.85%        |
| 화학          | 2.14%        | 1.66%        |
| 화학생물        | 7.94%        | 9.46%        |

## IV. 분석결과

〈표 4〉는 음이항 모형으로 네트워크 지표가 특허 생산성에 미치는 효과를 분석한 결과이다. 네트워크의 개별 특성 지표들을 설명변수로 포함시킨 경우와 이들을 통합하여 하나의 네트워크 지표를 산출하여 설명변수로 삼은 경우로 구분하였다. 지도교수의 발명활동이 휴면상태일 때 학위과정을 이수한 석박사 졸업자들을 포함한 표본 및 제외한 표본 두 가지 표본에 대하여 분석하였다. 나이와 혁신성과 간에 존재할 수 있는 비선형적 관계를 포착하기 위해 모형에 나이 제곱항을 포함하였다. 학위유형 더미와 네트워크 지표 간의 교호작용이 있을 수도 있으나, 교호작용항이 통계적으로 유의하지 않아 〈표 4〉에는 교호작용항이 없는 모형의 결과가 제시되어 있다.<sup>12)</sup> 〈표 4〉의 하단에는 과다산포(over-

12) 더미변수와 연속형 변수의 교호작용항이 있는 경우 해당더미가 1의 값을 가지는 집단에 있어서 연속형 변수의 효과는 연속형 변수의 계수값과 교호작용항의 계수값을 합한 것이다. 예를 들어  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 D + \beta_3 X_1 D + \epsilon$  이라는 모형에서  $D=1$ 인 집단에서 변수  $X_1$ 의 효과는  $\beta_1 + \beta_3$ 로 추정된다.  $D=0$ 인 집단에서 변수  $X_1$ 의 효과는  $\beta_1$ 이다.

〈표 4〉 네트워크 특성이 특허생산성에 미치는 효과

| variables / models               |            |                     | 개별 네트워크 특성   |              | 통합지표(composite index1) |                  |                   |
|----------------------------------|------------|---------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------|-------------------|
|                                  |            |                     | dormant=1 포함 | dormant=1 제외 | dormant=1 포함           | dormant=1 제외     |                   |
| cons.                            |            |                     | coef.        | -9.25        | -14.06                 | -12.13           | -24.14            |
|                                  |            |                     | z-value      | -2.53        | -2.28                  | -3.19            | -4.15             |
|                                  |            |                     |              | ***          | **                     | ****             | ***               |
| network<br>index(NI)             | centrality | composite<br>index1 | coef.        | 0.15         | -0.26                  | 6.7<br>1.49<br>+ | 8.44<br>1.79<br>* |
|                                  |            |                     | z-value      | 0.15         | -0.29                  |                  |                   |
|                                  |            |                     |              |              |                        |                  |                   |
|                                  | size       |                     | coef.        | 3.62         | 4.52                   |                  |                   |
|                                  |            |                     |              | 6.54         | 8.73                   |                  |                   |
|                                  |            |                     | z-value      | ***          | ***                    |                  |                   |
|                                  | intensity  |                     | coef.        | -5.21        | -2.72                  |                  |                   |
|                                  |            |                     |              | -3.96        | -1.80                  |                  |                   |
|                                  |            |                     | z-value      | ***          | *                      |                  |                   |
| Ph.D. after master               |            |                     | coef.        | 2.05         | 1.54                   | 2.08             | 1.66              |
|                                  |            |                     | z-value      | 5.53         | 3.89                   | 5.71             | 3.95              |
|                                  |            |                     |              | ***          | ***                    | ***              | ***               |
| master                           |            |                     | coef.        | 1.49         | 1.02                   | 1.50             | 1.11              |
|                                  |            |                     |              | 5.17         | 3.03                   | 5.08             | 3.06              |
|                                  |            |                     | z-value      | ***          | ***                    | ***              | ***               |
| Ph.D                             |            |                     | coef.        | 2.27         | 2.00                   | 2.37             | 2.17              |
|                                  |            |                     | z-value      | 6.53         | 5.01                   | 6.66             | 4.91              |
|                                  |            |                     |              | ***          | ***                    | ***              | ***               |
| age of advisor                   |            |                     | coef.        | 0.05         | 0.12                   | 0.23             | 0.60              |
|                                  |            |                     | z-value      | 0.49         | 0.53                   | 1.82             | 2.87              |
|                                  |            |                     |              |              |                        | *                | ***               |
| (age of advisor) <sup>2</sup>    |            |                     | coef.        | 0.00         | 0.00                   | 0.00             | -0.01             |
|                                  |            |                     | z-value      | -0.41        | -0.76                  | -1.67            | -2.96             |
|                                  |            |                     |              |              |                        | *                | ***               |
| age of ex-student                |            |                     | coef.        | 0.27         | 0.56                   | 0.19             | 0.45              |
|                                  |            |                     | z-value      | 1.59         | 3.51                   | 1.28             | 2.91              |
|                                  |            |                     |              | +            | ***                    |                  | ***               |
| (age of ex-student) <sup>2</sup> |            |                     | coef.        | 0.00         | -0.01                  | 0.00             | -0.01             |
|                                  |            |                     | z-value      | -1.67        | -3.46                  | -1.17            | -2.58             |
|                                  |            |                     |              | *            | ***                    |                  | ***               |
| dormant                          |            |                     | coef.        | -0.89        |                        | -1.35            |                   |
|                                  |            |                     | z-value      | -3.08        |                        | -4.81            |                   |
|                                  |            |                     |              | ***          |                        | ***              |                   |
| ln(alpha)                        |            |                     |              | 3.20         | 2.72                   | 3.35             | 2.93              |
| alpha                            |            |                     |              | 24.53        | 15.16                  | 28.36            | 18.80             |

주) 1. 전공분야 더미변수도 통제변수로 포함되어 있으나 보고하지 않음

2. \*\*\*, \*\*, \*, + 는 각각 1%, 5%, 10%, 15% 수준에서 유의함. 이후 표에서도 동일함

dispersion)가 있는지를 검정하는데 사용된  $\alpha(\ln\alpha)$  값을 보여주고 있다. 본 연구의 모든 모형에서 과다산포에 대한 검정통계량( $\alpha$  또는  $\ln\alpha$ )이 유의하게 0이 아니어서 평균과 분산이 같다고 가정하는 포아송 모형보다는 음이항 모형이 적절함을 보여주고 있다(추기능, 2011).

전체 표본을 대상으로 할 경우 개별 네트워크 특성 중 중심성(centrality)은 유의하지 않았고, 네트워크 크기는 1% 수준에서 유의한 정(+)의 값을 나타냈으며, 네트워크 집중도는 1% 수준에서 유의한 음(-)의 값을 보였다. 집중도의 유의수준이 10% 수준으로 낮아진 것 외에는 하위 표본에서도 전체 표본과 비슷한 결과를 보여주고 있다. 개별 네트워크 특성변수들이 포함된 모형에서 각 지표의 추정치 및 유의수준은 앞의 세 가지 가설을 검증하는 것이다. 첫째, 음(-)의 유의한 응집도(intensity)는 '지도교수의 네트워크 내 연결이 증척될수록 석박사 졸업생의 특허생산성은 낮다'는 것을 의미한다(가설 1 기각). 즉, 강한 연계 대 약한 연계(strong tie vs. weak tie)에 관한 논쟁과 관련하여 대체로 약한 연계가 네트워크 또는 네트워크 구성원의 성과에 효과적이라는 주장을 지지하는 것으로 나타났다.

본 연구에서의 응집도(intensity)와 같이 네트워크의 질(network quality)의 한 측면을 측정한다고 여겨지는 변수가 음(-)의 값을 가지는 결과는 최근 Lobo & Strumsky(2008)의 연구에서도 제시된 적이 있다. Lobo & Strumsky(2008)는 광역도시 내 발명자의 집적(agglomeration of inventors)은 긍정적이지만, 사회적 네트워크(social network)에 얼마나 강하게 연결되어 있느냐는 오히려 부정적이라는 연구결과를 제시하였다.<sup>13)</sup> Lobo & Strumsky(2008)는 발명자 간의 네트워크가 조밀할수록 새로운 아이디어보다는 불필요한 정보(redundant information)를 더 많이 전달할 가능성이 있는 것으로 보았다.

둘째, 양(+)의 유의한 값으로 추정된 네트워크 크기는 '지도교수 네트워크의 규모가 클수록 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다'는 가설 2를 지지한다. 즉, 지도교수 네트워크의 범위가 넓을수록 석박사 졸업자의 혁신성과에 긍정적인 효과를 미친다. 셋째, 네트워크 중심성은 석박사 졸업생의 혁신성과와 무관하

13) 여기서, 집적(agglomeration)은 네트워크의 크기(size)와 비슷한 측정지표이며, 강한 연결성은 네트워크 강도(intensity)와 비슷한 측정지표이다.

다. 즉, 지도교수 네트워크 내에서 지도교수가 중심적 위치를 차지하느냐 여부는 졸업한 석박사의 혁신성과에 별 영향을 미치지 못한다(가설 3 기각).

네트워크의 특성을 나타내는 개별 지표를 통합하여 네트워크를 하나의 복합 지표로 표현한 경우에 이 지표를 네트워크 질(network quality)에 관한 대리변수로 생각해 볼 수 있다. 즉, 추상적, 관념적인 네트워크 질을 구체적인 지표로 표현하되, 네트워크의 여러 측면 또는 특성들을 반영하는 특정 기준을 적용하여 하나의 명시적인 지수로 요약할 수 있을 것이다. 이때, 특성들을 반영하는 기준은 여러 가지가 가능한데, <표 4>의 오른쪽 두 열은 Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010) 등의 연구에서의 방법을 따라 지표를 구성하고, 이를 네트워크 질을 나타내는 설명변수로 삼아 모형을 분석한 결과이다. 이렇게 구성된 네트워크 통합지표의 추정치는 양(+)이지만, 전체 표본에서는 유의수준이 15%, 하위 표본에서는 유의수준이 10%로 한계적으로 유의한 정도이다. Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010) 등의 연구방법에 따른 통합지표가 네트워크의 질에 대한 적절한 대리변수라고 전제한다면, <표 4>로부터 ‘지도교수 네트워크의 질(network quality)이 높을 수록 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다’는 가설은 약하게 지지된다고 할 수 있다. <표 5>의 첫 번째 열은 통합지표의 값 자체보다 석박사 졸업생을 기준으로 통합지표의 순위를 매기고 이렇게 매겨진 순위를 설명변수로 삼은 모형의 분석결과이다. 순위지표를 사용할 경우 매우 유의한 정(+)의 추정치를 나타내고 있다. 이처럼 순위지표를 네트워크 질의 대리변수로 삼는다면 가설 4는 강하게 지지된다고 할 수 있다. 또 다른 방법으로 세 가지 특성들로 이루어진 벡터의 크기(composite index2)를 사용하거나, 단순 평균한 값(composite index3)을 네트워크 질의 대리변수로 사용하더라도 매우 유의한 정(+)의 계수 추정치를 보여주고 있어, 가설 4는 강하게 지지되고 있다.

그런데, Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010) 등에서 사용된 지표 구성 방법은 특허 생산성에 개별 네트워크 특성들이 미치는 영향을 일관된 방향으로 반영하지 못하고 있다. 예를 들어, 본 연구에서 네트워크 크기는 유의한 정(+)의 효과를 미치는 특성이므로 네트워크 질이라는 통합지표 구성에 있어서 네트워크 질의 증가 요인으로 고려되어야 할 것이지만, 네트워크 응집도(intensity)는 유의한 음(-)의 효과를 지니므로 네트워크 질의 감소 요인으로 고려되어야 할

것이다.

〈표 5〉의 마지막 열은 개별 지표들의 계수 추정치에 근거하여 네트워크 질을 측정하고 이를 독립변수로 삼아 회귀분석한 결과이다. 〈표 4〉에서 유의하지 않은 중심성(centrality)은 제외하고, 네트워크 크기(size)와 네트워크의 연결 강도(intensity)만으로 통합지표를 구성하되, 추정된 계수값의 부호를 반영하였다. 즉, 네트워크 질을 ‘네트워크 크기(size) + (-)네트워크 응집도(intensity)’로 측정하였다. 이렇게 측정된 네트워크 통합지표는 아주 유의한 것으로 나타났다.

〈표 4〉를 보면 석사때와 동일한 지도교수 아래에서 박사학위를 취득한 졸업자(Ph.D. after master)의 특허생산성이 기준 범주인 박사학위과정으로 진학하

〈표 5〉 네트워크 통합지표와 특허생산성

| variables / models               |         | alternative composite index |                  |                  |                  |
|----------------------------------|---------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                  |         | composite index1의 순위        | composite index2 | composite index3 | composite index4 |
| cons.                            | coef.   | -25.47                      | -23.73           | -24.65           | -13.46           |
|                                  | z-value | -4.52                       | -4.02            | -4.21            | -2.01            |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | **               |
| composite index                  | coef.   | 0.00                        | 3.19             | 7.55             | 8.37             |
|                                  | z-value | 7.30                        | 6.26             | 5.70             | 8.00             |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | ***              |
| Ph.D. after master               | coef.   | 1.54                        | 1.47             | 1.48             | 1.57             |
|                                  | z-value | 3.67                        | 3.55             | 3.56             | 3.89             |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | ***              |
| master                           | coef.   | 0.99                        | 0.97             | 0.96             | 1.04             |
|                                  | z-value | 2.77                        | 2.67             | 2.64             | 3.10             |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | ***              |
| Ph.D                             | coef.   | 1.96                        | 1.97             | 1.98             | 2.04             |
|                                  | z-value | 4.53                        | 4.58             | 4.55             | 5.03             |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | ***              |
| age of advisor                   | coef.   | 0.55                        | 0.49             | 0.52             | 0.11             |
|                                  | z-value | 2.77                        | 2.26             | 2.47             | 0.46             |
|                                  |         | ***                         | **               | ***              |                  |
| (age of advisor) <sup>2</sup>    | coef.   | -0.01                       | -0.01            | -0.01            | 0.00             |
|                                  | z-value | -2.87                       | -2.39            | -2.59            | -0.68            |
|                                  |         | ***                         | **               | ***              |                  |
| age of ex-student                | coef.   | 0.53                        | 0.55             | 0.54             | 0.54             |
|                                  | z-value | 3.46                        | 3.47             | 3.40             | 3.38             |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | ***              |
| (age of ex-student) <sup>2</sup> | coef.   | -0.01                       | -0.01            | -0.01            | -0.01            |
|                                  | z-value | -3.18                       | -3.27            | -3.17            | -3.32            |
|                                  |         | ***                         | ***              | ***              | ***              |
| ln(alpha)                        |         | 2.86                        | 2.87             | 2.84             | 2.72             |
| alpha                            |         | 17.40                       | 17.68            | 17.07            | 15.18            |

주) ‘composite index1의 순위’는 composite index1의 크기 순으로 순서를 매긴 후, 순위만을 복합지표로 사용한 경우임

게 되는 석사졸업자(Master before Ph.D.)에 비해 1%의 유의수준하에서 높게 나타나고 있다. 그런데, 같은 석사 졸업자를 비교할 경우 석사학위를 최종학위로 하는 졸업자 더미(master)의 계수가 1% 유의수준하에서 유의한 정(+)의 값으로 추정되었다. 이러한 결과는 박사과정으로 진학하게 되는 석사졸업자(기준 범주)에 비해 석사를 최종학위로 하고 다른 조직으로 진출한 졸업자(master)의 특허생산성이 더 높음을 나타낸다. 즉, 기준 범주인, 박사과정으로 진학하게 될 석사졸업자(Master before Ph.D.)의 특허생산성이 상대적으로 낮다. 본 연구가 졸업후 3년 동안의 특허생산성을 보는 것인데, 박사과정에 진학하게 되는 석사졸업자의 경우 이 기간이 박사과정 이수기간이어서 상대적으로 특허생산성이 낮게 되는 것이다.

〈표 6〉은 추가적으로 학위 범주 간 계수 크기에 차이가 있는지를 검정한 결과이다. 〈표 6〉으로부터 박사졸업자가 석사졸업자에 비해 특허 생산성이 높음을 알 수 있다. 모든 모형에서 일관되게 더미 계수의 크기는 '박사(Ph.D.) > 석사후 박사(Ph.D. after master) > 석사(master)' 순으로 나타났다. 물론, 이 세 범주 모두 기본 범주인 '박사과정에 진입하게 되는 석사졸업자(Master before Ph.D.)' 보다 1% 수준에서 유의하게 큰 값으로 추정되고 있다.

〈표 6〉 학위 범주 간의 특허생산성 비교

|                                | 개별 네트워크 특성           |                       | 통합지표<br>(composite index1) |                      | alternative composite index |                      |                      |                      |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                | dormant=1<br>포함      | dormant=1<br>제외       | dormant=1<br>포함            | dormant=1<br>제외      | composite<br>index1의<br>순위  | composite<br>index2  | composite<br>index3  | composite<br>index4  |
| Ph.D. > Ph.D. after<br>master  | 2.27><br>2.05<br>*** | 2.00><br>1.54<br>+    | 2.37><br>2.08              | 2.17><br>1.66<br>+   | 1.96><br>1.54               | 1.97><br>1.47<br>*   | 1.98><br>1.48<br>*   | 2.04><br>1.57<br>+   |
| Ph.D. > master                 | 2.27><br>1.49<br>**  | 2.00><br>1.02<br>**** | 2.37><br>1.50<br>***       | 2.17><br>1.11<br>*** | 1.96><br>0.99<br>***        | 1.97><br>0.97<br>*** | 1.98><br>0.96<br>*** | 2.04><br>1.04<br>*** |
| Ph.D. after master ><br>master | 2.05><br>1.49        | 1.54><br>1.02<br>*    | 2.08><br>1.50<br>**        | 1.66><br>1.11<br>*   | 1.54><br>0.99<br>*          | 1.47><br>0.97<br>*   | 1.48><br>0.96<br>*   | 1.57><br>1.04<br>*   |

그런데, 〈표 4〉와 〈표 5〉는 교호작용항이 없는 모형이므로 학위 유형에 상관 없이 네트워크 지표의 효과를 추정하고 있다. 네트워크 효과가 학위 범주에 따

라 차이가 있는지를 살펴보기 위해서는 네트워크 지표와 학위 범주 더미 간의 교호작용항을 모형 내에 추가해야 한다. 그런데, 교호작용항을 모형 내에 포함해서 분석한 결과, 교호작용항이 유의하지 않아서 네트워크 효과가 학위 범주에 따라 다르다고는 할 수 없었다.<sup>14)</sup>

본 논문에서의 모형추정의 결과를 바탕으로 가설과 그 지지여부를 <표 7>과 같이 정리할 수 있다.

<표 7> 모형추정의 결과에 따른 가설지지 여부

| 가설                                                                  | 검증변수                     | 계수<br>예상치      | 실제                   | 가설 지지<br>여부 |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------------|-------------|
| 가설 1: 지도교수의 네트워크내 연결이 중첩될수록, 즉 연결의 강도가 강할수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다 | 네트워크 통합도<br>(intensity)  | +              | -                    | X           |
| 가설 2: 네트워크의 규모가 클수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다                         | 네트워크 규모<br>(size)        | +              | +                    | O           |
| 가설 3: 네트워크의 중심성이 높을수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다                       | 네트워크 중심성<br>(centrality) | +              | 유의하지<br>않음           | X           |
| 가설 4: 지도교수 네트워크의 질(network quality)이 높을수록 지도받은 석박사 졸업생의 특허생산성이 높다   | 네트워크 질<br>(quality)      | +              | +                    | O           |
| 가설 5: 석사졸업자에 비해 박사졸업자가 네트워크로부터 얻는 편익이 더 크다                          | 학위과정 더미                  | 교호작용항<br>계수 검토 | 교호작용항이<br>유의하지<br>않음 | X           |

개별 네트워크 지표를 설명변수들로 한 모형에서 네트워크 크기(size)는 유의한 양(+)의 값을 지니며, 네트워크 강도(intensity)는 유의한 음(-)의 값을 지니는 것으로 추정되었다. 이러한 결과로부터 네트워크의 구조적 특성 중에서 노드와 노드의 연결들 간에 얼마나 빈번하게 교류가 있느냐보다는 얼마나 많은 연결을 가지고 있는가가 더 중요한 역할을 함을 알 수 있다. 즉, 지도교수가 얼마나 많은 사람들과 네트워크로 연결되어 있는지가 석박사 졸업생의 혁신성과에 영향력을 미치는 중요한 요소라고 할 수 있다. 개별 네트워크 지수는 네트워크 구조의 한 단면만을 측정하고 있으므로, 네트워크의 전체적인 모습을 하나로 요약하는 지표가 필요하다. 본 연구는 개별지표들을 구성요소로 하여 복합지수(composite index)를 계산함으로써 네트워크의 질(network quality)이라는 추

14) 즉,  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 D + \beta_3 X_1 D + \epsilon$  이라는 모형에서  $D=1$ 인 집단에서 변수  $X_1$ 의 효과는  $\beta_1 + \beta_3$ 로 추정된다.  $D=0$ 인 집단에서 변수  $X_1$ 의 효과는  $\beta_1$ 이다. 여기서  $\beta_3$ 의 계수가 유의하지 않으면 더미(그룹)간에  $X_1$ 의 효과에 있어서 차이가 없는 것이다.

상적 개념을 측정하는 대리변수를 삼고자 하였다. 본 연구에서는 회귀분석모형에 네트워크의 구조적 특성을 요약하는 몇 가지 대체적인 복합지수(alternative composite index)를 도입하였으며, 대체적인 복합지수의 계수 추정치가 일관되게 유의한 정(+)의 값을 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 네트워크의 질은 혁신성과를 향상시키는 요인이라고 할 수 있을 것이다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

노동의 이동(labor mobility)은 지식의 파급효과(knowledge spillover)를 가져오는 중요한 요인이지만, 노동의 이동이 없는 경우에도 네트워크를 통한 지식 이전은 지식의 파급효과(knowledge spillover)의 또 다른 중요한 통로가 될 수 있다(Wilhelmsson, 2009). 학계 연구자들은 석박사 인력의 공급 등 직접적인 인적자본(human capital)으로 산업계에 기여 할 뿐 아니라 사회적 자본(social capital) 또는 네트워크의 형성을 통해서도 기여한다(Murray, 2004). 학생들과 지도교수간의 연구실 네트워크는 지도학생의 산업계 진출 후에도 영향을 미치고 있다. 그런데, 지금까지 네트워크 문헌들은 네트워크의 묘사나 기술(記述)에 그쳤으며, 네트워크가 혁신성과에 미치는 효과에 대한 연구는 아직 시작단계에 머물고 있다.

그 중에서 Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010)의 연구에서는 지식생산에 있어서 연구 네트워크가 지니는 효율성을 네트워크의 크기, 네트워크에 참여하고 있는 개별 연구자의 전문지식, 상호작용의 빈도라는 3가지 특징에서 파악하여 네트워크의 질(network quality)을 하나의 통합지표로 구성하는 진전된 연구방법론을 제시하고 있다. 본 연구도 Varga & Parag(2009), Parag et al.(2010)에서처럼 네트워크의 질을 측정하는 변수들을 도입하고 이를 서울대 석박사 졸업자들의 특허생산성에 연관시키고자 하였다. 본 연구는 지역이나 조직 수준이 아니라 개인 발명자 수준에서 네트워크의 질을 측정하는 개별 지표 및 통합지표가 혁신성과에 미치는 효과를 검증한 논문으로 이러한 시도는 국내에서는 최초이며, 세계적으로도 아직까지 찾아보기 힘들다. 본 연구는 지식이전에 있어서

지도교수의 인적 네트워크의 역할에 주목하여 지도교수 발명자를 중심으로 형성된 네트워크의 구조적 특성 및 질(network quality)이 졸업한 석박사의 특허생산성에 긍정적 영향을 미치는가를 규명하고자 하였다. 아무런 대면 접촉이 없더라도 같은 학교, 같은 지역 등 공통분모를 찾아 네트워크로 엮으려는 사회생활의 단면을 유추해 볼 때, 지도교수가 가지고 있는 인적 네트워크는 혁신가에게 중요하고도 영향력 있는 네트워크가 될 것이다. 본 논문의 분석결과에서도 지도교수의 네트워크는 석박사 졸업자의 특허생산성에 유의한 양(+)의 효과를 미치는 것으로 나타났다. 본 논문의 결과는 혁신에 이르기 위해서는 연구개발을 증진하는 것 뿐 아니라 연구 네트워크를 조장하는 것이 필요하다는 Varga와 Parag(2009)에서의 정책적 시사점을 재확인시켜 주고 있다. 학계의 지도교수는 연구 네트워크(research network)를 이루면서 네트워크 중추(network hubs)로 기능하고, 산업계로 진출하는 석박사 졸업자는 확산 네트워크(diffusion network)의 한 구성원이 됨과 동시에 지도교수와 연결이 되어 있어서 문지기(gatekeeper)의 역할을 수행할 수 있게 된다. 대학-산업 간 연계(university-industry linkage)를 통한 지식의 이전, 지식의 파급효과를 극대화하기 위해서는 지도교수의 연구 네트워크, 산업계의 확산 네트워크, 문지기(gatekeeper)로 기능할 석박사 졸업자 간의 상호작용이 어떻게 진행되는지를 분석하고 상호작용을 강화하는 노력으로 뒷받침할 필요가 있다. 실제로 대학-산업 간 연계에 있어서 지도교수의 네트워크가 석박사 졸업자에 의해 어떻게 활용되고 있는지, 이러한 네트워크 활용이 지역이나 기업의 석박사 졸업자에게 어떤 추가적인 영향을 미치는지 등을 분석할 필요도 있다.

본 연구는 특허, 논문 등 연구 네트워크 내 행위자 간의 협력관계를 전부 파악한 것이 아니라 특허의 공동발명만을 이용해 네트워크를 구성하였다는 제한적인 측면이 있다. 논문의 공저를 포함하여 네트워크를 넓혀서 살펴볼 필요가 있을 것이다. 또한, 본 연구에서는 석박사 졸업자가 진출하는 조직의 특성이 고려되지 않았다. 네트워크의 구조적, 질적 특성이 혁신성과에 영향을 미치는 과정에서 조직 유형에 따라 어떠한 영향을 받는지를 살펴볼 필요가 있다.

## 참고문헌

- 윤민호, “DRAM산업의 지식확산, 기술궤적과 산업 주도권의 이동: 특허인용 네트워크 분석과 신순페터주의 기술경제학”, 지식재산연구, 제6권 제3호(2011).
- 추기능, 지식기반경제의 이해: 지식 및 관련 개념을 중심으로, 한국발명진흥회, 2008a.
- \_\_\_\_\_, 발명자의 지식재산 창출 실태 분석: 발명자-경영자 및 석박사과정 발명자를 중심으로, 한국발명진흥회, 2008b.
- \_\_\_\_\_, “출원인 인용 대 심사관 인용 : 한국 특허청 등록특허를 이용한 결정요인 분석”, 지식재산연구, 제6권 제4호(2011).
- 추기능 · 이근 · 김진영, 기업의 발명 생산성 영향요인에 대한 연구, 특허청 연구보고서, 2008.
- Zill, Dennis G. and Michael R. Cullen, 강보선 외(공역), 최신 공업수학, 텍스트북스, 2009.
- Balconi, Margherita, Stefano Breschi, and Francesco Lissoni, “Networks of Inventors and the Role of Academia: An Exploration of Italian Patent Data”, *Research Policy*, Vol.33(2004).
- Breschi, Stefano, and Francesco Lissoni, “Mobility of Skilled Workers and Co-invention Networks: An Anatomy of Localized Knowledge Flows”, *Journal of Economic Geography*, Vol.9(2009).
- Cassi, Lorenzo, Nicoletta Corrocher, Franco Malerba, and Nicholas Vonortas, “Research Networks as Infrastructure for Knowledge Diffusion in European Regions”, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.17(2008).
- Carayol, Nicolas, and Pascale Roux, “The Strategic Formation of Inter-Individual Collaboration Networks. Evidence from Co-Invention Patterns”, *Annals of Economics and Statistics*, No.87/88(2007).
- Faria, Joao Ricardo, and Rajeev K. Goel, “Returns to Networking in Academia”, *Notnomics*, Vol.11(2010).
- Fritsch, Michael, and Martina Kauffeld-Monz, “The Impact of Network Structure on Knowledge Transfer: An Application of Social Network Analysis in the Context of Regional Innovation Networks”, *Annals of*

- Regional Science*, Vol.44(2010).
- Grannovetter, M., "The Strength of Weak Ties", *American Journal of Sociology*, Vol.78(1973).
- \_\_\_\_\_, "Economic Action and Social Structure: A Theory of Embeddedness", *American Journal of Sociology*, Vol.91(1985).
- \_\_\_\_\_, "The Impact of Social Structure on Economic Outcomes", *Journal of Economics Perspective*, Vol.19(2005).
- Lobo, José ,and Deborah Strumsky, "Metropolitan Patenting, Inventor Agglomeration and Social Networks: A Tale of Two Effects", *Journal of Urban Economics*, Vol. 63(2008).
- Lundvall, B.-Å., and B. Johnson, "The Learning Economy", *Journal of Industry Studies*, Vol.1 No.2(1994).
- Murray, Fiona, "The Role of Academic Inventors in Entrepreneurial Firms: Sharing the Laboratory Life", *Research Policy*, Vol.33(2004).
- Parag, Andrea, Sebestyén Tamás, and Kehl Dániel, "The Effect of Co-inventorship Networks on Regional Innovativeness Regional Responses and Global Shifts: Actors, nstitutions and Organisations", *RSA Annual International Conference 2010*, 2010.
- Pleschak, Franz, and Frank Stummer, "East German Industrial Research: Improved Competitiveness through Innovative Networks", *Technology, Innovation and Policy*, Vol.12(2001).
- Singh, Jasjit, "Collaborative Networks as Determinants of Knowledge Diffusion Patterns", *Management Science*, Vol.51 No.5(2005).
- Speers, Geoff, "The Impact of Globalisation on the Regional Economy: Measuring 'Knowledge Intensity' and Preparedness for the 'Knowledge-Based Economy'", NSW Department of Education and Training, 2002.
- Reagans, Ray, and Bill McEvily, "Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range", *Administrative Science Quarterly*, Vol.48 No.2(2003).
- Varga, Attila, and Andrea Parag, "Academic Knowledge Transfers and the Structure of International Research Networks", In Attila Varga (Ed.), *Universities, Knowledge Transfer and Regional Development*:

- Geography, Entrepreneurship and Policy*, Edward Elgar Publishers, 2009.
- Wilhelmsson, Mats, "The Spatial Distribution of Inventor Networks", *Annals of Regional Sciences*, Vol.43(2009).
- Yang, Heng-Li, and Jih-Hsin Tang, "Effects of Social Network on Students' Performance: A Web-based Forum Study in Taiwan", *JALN*, Vol. 7(2003).
- Yoshikane, Fuyuki, and Kyo Kageura, "Comparative Analysis of Coauthorship Networks of Different Domains: The Growth and Change of Networks", *Scientometrics*, Vol.60 No.3(2004).
- UCLA Statistical Consulting Group, "Stata Data Analysis Examples: Negative Binomial Regression",  
<<http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/dae/nbreg.htm>>.
- \_\_\_\_\_, "Regression Models with Count Data",  
<[http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/seminars/count\\_presentation/count.htm](http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/seminars/count_presentation/count.htm)>.
- \_\_\_\_\_, "Stata FAQ: How can I analyze count data in Stata", <<http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/faq/count.htm>>.

## The Effects of Collaborative Networks of Academic Advisors on the Innovative Performance of Their Former Students with Graduate Degrees

Kineung Choo

### Abstract

---

Research networks of academic advisors have significant effects on knowledge transfer from advisor to students while in school, and after graduation. The paper focuses on the role of human networks of academic advisors in the viewpoint of the knowledge transfer, from advisors to students, and from ex-student to employing organization after graduation. Until recently, literature on networks just describes the properties of networks. On the contrary, this paper investigates the impact of network quality on the innovative performance of individuals active in networks. This paper builds up inventive networks using patent co-authorship data during 1993~2002, including 437 professor inventors and their 5,842 ex-students which successfully receive their Master or Ph.D. degrees.

Since a single network measure reflects only one aspect of network structure, this paper constructs a composite index by integrating three different measures of network structure based on the methodology proposed by Parag et al.(2010). Using negative binomial regressions, this paper shows that network quality of academic advisors enhances innovativeness of their former students. Among individual measures, network size, which refers to the number of nodes connected to an individual inventor, has significant and positive sign of coefficient estimates. The result suggests that the number of collaborative partners of an academic advisor is the most notable feature of a network

structure which affect innovative performance of former students.

**Keywords** .....

network quality, co-authorship network, university-industry linkage,  
innovative performance, network size, inventive productivity

