

kistep
R&D focus

2008 11 | 제8호

지식전달 분석을 통한
융합연구의 실증적 고찰

kistep



「kistep R&D focus」는 국가 R&D사업과 관련된 주요 현안과 이슈를 심층적으로 분석하여
국가 R&D 정책결정자 및 연구수행자 등에게 정책적 시사점을 제공함으로써
국가 R&D 정책 수립 및 정부 R&D 투자의 효율성 제고에 기여하고자 발간되고 있습니다.

kistep
R&D focus

지식전달 분석을 통한 융합연구의 실증적 고찰

● ● ● ● ● 양혜영 / 정상기 ●

C O N T E N T S

발 간 사	01
I. 연구 배경	02
II. 지식생산과 학제성에 대한 이론적 배경	06
III. 논문인용관계 분석을 통한 과학기술분야간 지식전달현황 연구	16
IV. 융합연구에 대한 정책적 시사점	31

발 간 사



기술발전이 가속화되고 지식의 생산 및 가공이 중요해지는 지식기반사회에서 해외 주요국은 신기술의 선점을 위하여 창의적 연구개발을 추구하고 있다. 우리나라도 이를 위하여 기초연구를 강화하고 미래기술에 대한 탐색과 선택적 집중투자 등 정책적 측면에서 많은 노력을 기울이고 있다. 최근 이러한 추세에 따라 첨단신기술분야로 일컬어지는 융합기술에 대한 관심이 높아지고 있다.

융합기술은 다학문분야 공동연구, 학문분야간 지식전달과 교류 등의 활동을 포괄하며 흔히 전통적 학문체계와 연구방식의 범위를 벗어나는 분야로 다루어진다. 해외에서도 Nano, Bio, IT 등을 기반으로 건강, 보안, 환경, 에너지 등의 영역에서 기술융합이 활발히 이루어질 수 있도록 권고사항을 제시하였고 우리나라도 국가융합기술 발전 기본방침을 제시한 바 있다.

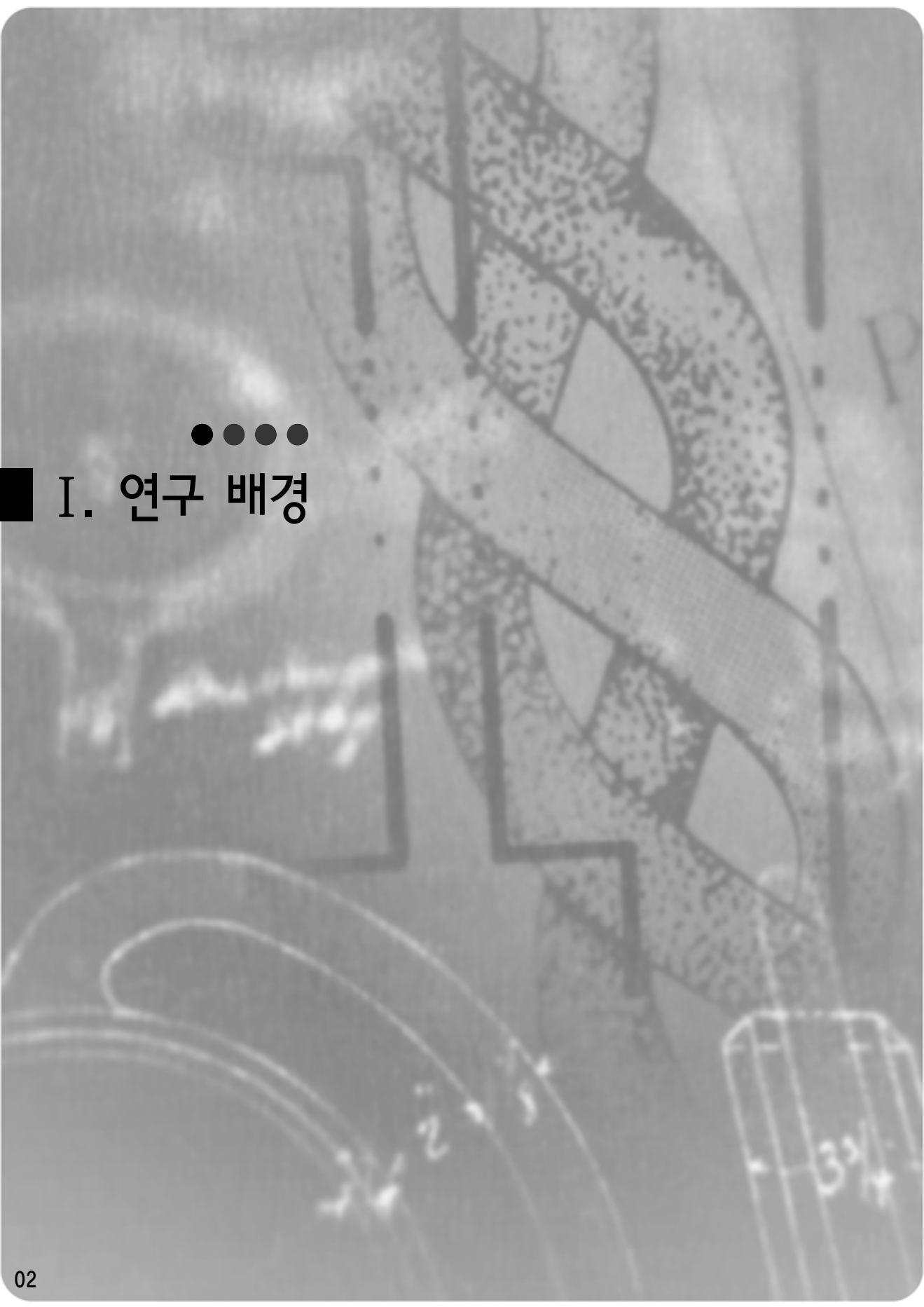
그러나 융합기술분야에 대한 경쟁적 투자 확대가 이루어지고 있는 것에 비하여 융합기술과 융합연구 그 자체의 본질적 속성에 대한 이해가 부족한 것이 사실이다. 이는 융합연구의 전 과정에 거쳐 이루어지는 활발한 분야간 지식전달과 토론, 창의적 연구주제와 연구방식의 탐색 등의 활동에 대한 중요성이 간과된 채 자칫 기 형성된 융합기술분야에 대한 후발적 추격연구를 융합연구의 대부분인 것으로 오해하게 만들 소지가 있다.

이에 본고에서는 융합연구의 가장 중요한 속성인 지식전달에 관한 이론적 및 실증적 고찰을 통해 융합연구 자체에 대한 이해도를 높이하고자 하였다. 특히 논문인용에 대한 네트워크분석을 통하여 융합연구의 실체라고 할 수 있을 분야간 지식전달에 대한 실증적 연구를 수행하였다. 이러한 실증적 연구를 통해 도출된 결과는 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 본 kistep R&D Focus의 내용은 필자의 개인적 견해이며, kistep의 공식적인 의견이 아님을 밝힌다.

2008년 11월

한국과학기술기획평가원 원장 이 준 승



●●●●

I. 연구 배경

1. 융합연구 · 융합기술 현황

- 바이오기술(BT), 나노기술(NT) 등 신기술분야의 연구가 활발한 가운데 전세계적으로 신기술간 결합이 차세대 기술혁명을 주도할 것으로 예측됨
 - 융합기술은 의료, 에너지, 환경 등 미래에 예상되는 사회적 문제를 해결하고 다양한 수요를 충족시킬 수 있는 혁신적 기술로 기대됨
- 선진국들은 수년전부터 미래 융합기술 혁명의 주도를 위하여 가이드라인을 마련하고 전략적 권고사항을 제시함¹⁾
 - 미국의 NBIC(Nano-Bio-Info-Cogno, '02)
 - NSF주도로 융합기술의 틀을 분석한 결과로서 구체적 기술분야는 제시하지 않고, 융합기술의 지속적인 발전을 위해 개인, 교육계, 정부, 민간기업 등에 권고사항을 제시함
 - EU의 CTEKS(Converging Tech. for European Knowledge Society, '04)
 - 융합기술의 잠재력과 위험을 조망하면서 21세기 유럽이 직면한 이슈 해결을 위해 건강, 교육, 정보통신, 환경, 에너지 5개 중점 분야를 제시하고 의제 설정에서 윤리 문제까지 16개의 권고사항을 제시함
- 우리 정부도 21세기 국가 경쟁력 제고를 위해 범부처 차원의 융합기술 발전 기본방침을 수립함
 - 융합기술 발전을 위한 종합 권고사항, 세부 실천사항을 포함하는 범부처 기본방침 제시
 - 창조적 융합기술 전문인력 양성, 개방형 공동협력연구 강화, 원천융합기술의 조기 확보, 첨단 융합 신산업 창출 등 7가지 기본방침을 제시함

1) 국가융합기술 발전 기본방침(과학기술부 외, 2007)에서 인용

2. 융합연구 · 융합기술과 관련된 개념의 혼용

➤ 현재 융합연구 또는 융합기술과 관련하여 다양한 용어가 혼용되고 있음

- 국가융합기술 발전 기본방침에서는 **융합기술**을 ‘미래 경제·사회적 이슈 해결을 위해 다양한 학제 및 이종 기술 간의 결합을 통해 확보되는 혁신기술’로 정의하며, ‘공통의 목표를 해결하기 위해 성질이 다른 기술들 간의 화학적 결합을 뜻하는 ‘학제 간 연구’를 통해 도출되는 기술’이라고 설명함
 - 융합기술은 연구의 결과물, 연구를 통해 확보된 기술을 의미
- 반면 **융합연구**는 일반적으로 두 학문분야 이상의 공동연구, 교류 등의 연구 활동을 의미하며, 복수학제 연구(Multidisciplinary Research), 학제 연구(Interdisciplinary Research) 등의 용어로 표현됨
 - 따라서 융합연구를 통해 도출된 기술을 융합기술이라고 표현할 수 있음

➤ 융합연구와 융합기술의 구분

- 일반적으로 융합연구와 융합기술이라는 용어가 혼용되어 사용되고 있으나 두 용어 사이에는 차이점이 존재함
 - 융합연구는 학제연구 그 자체를 의미하며 융합기술은 학제연구의 결과물로 도출된 기술을 의미
- 두 용어의 차이점을 기반으로 다음과 같은 추론이 가능함
 - ‘융합연구의 진흥’은 융합연구 또는 학제연구가 활발히 이루어지는 것을 의미하는데 이는 융합연구 또는 학제연구의 연구주제 도출, 연구팀 구성, 새로운 연구방식의 모색 등 융합연구의 전 과정과 활동을 포괄함
 - ‘융합기술의 발전’은 학제연구를 통해 도출된 기술 또는 그 기술 분야의 발전을 의미하는데 융합기술(분야)의 범위 또는 정의가 연구자사회에서 합의되면 그 기술 분야는 전통적인 과학기술분야와 마찬가지로 대체적으로 독자적인 분야로서의 성격을 대체로 지니게 됨²⁾

2) 대학에서 특정 융합기술분야에 대한 학과를 구성할 경우 독자적인 기술분야로서의 성격은 더욱 확고해짐

■ 이러한 차이점을 간과할 경우, 특히 융합연구의 속성에 대한 파악없이 융합기술의 발전을 추구할 때 새로운 융합연구의 연구주제 도출보다는 기 형성된 융합기술분야에의 집중적 연구에 치우칠 우려가 있음

- 추격형 연구에서 기술주도형 연구로의 전환이 중요한 시점에서 기 형성된 유망 융합기술 분야에의 집중적 연구 못지않게 새로운 연구주제의 도출과 선점은 매우 중요하다고 할 수 있음

➤ 융합연구의 속성에 대한 고찰과 이해를 바탕으로 한 정책적 방안제시가 바람직함

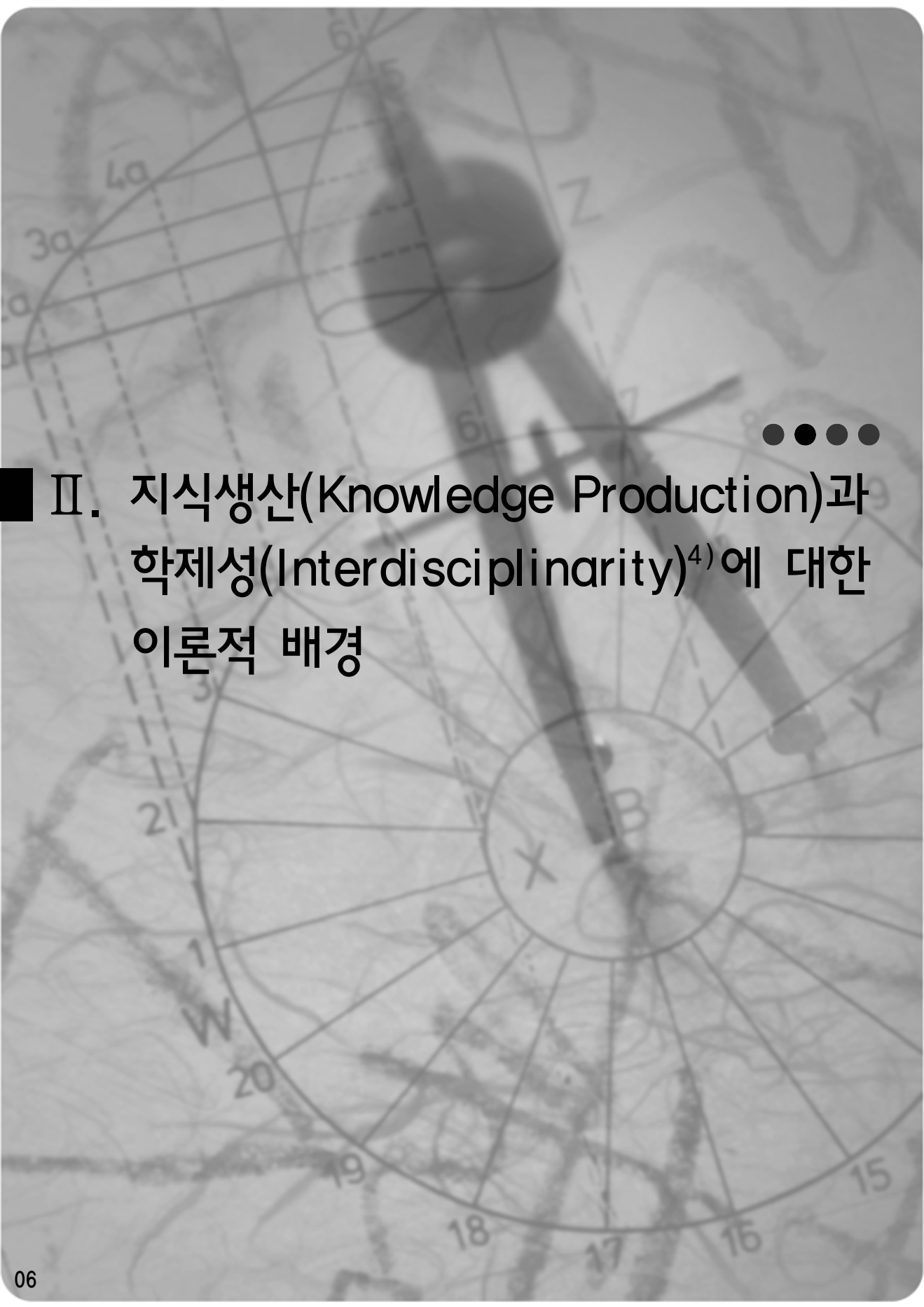
- 현재 정부부처에서 추진하는 융합기술 관련 정책은 가시화된 영역 및 융합기술분야 자체에 초점을 두는 경향이 있음³⁾
- 또한 융합기술의 발전을 위한 국가연구개발사업에서 사업추진체계의 표준화된 모델을 제시하거나 융합 관련 학과가 경쟁적으로 신설되는 등 융합연구에 대한 국내 현황이 융합연구를 정형화된 틀에 고정화시킬 우려가 있음

➤ 본 연구에서는 융합연구의 속성을 이해하고 정책적 시사점을 제시하고자 함

- 융합연구의 속성을 이해함에 있어 분야간 지식전달 및 지식생산의 측면에서 이론적 연구문헌을 조사하고 학제연구의 구조를 파악함
- 이와 함께 SCI 논문DB에 대한 네트워크분석을 통하여 분야간 지식전달 현황을 실증적으로 파악함

※ 융합연구의 속성과 관련된 이론적 연구문헌에서는 일반적으로 학제연구(Interdisciplinary research 또는 Interdisciplinarity)라는 용어가 일반적으로 사용되므로 이하 본문에서는 융합연구라는 용어 대신 학제연구 또는 학제성이라는 용어를 사용함.

3) 박기범 · 황정태(2007)



●●●●

Ⅱ. 지식생산(Knowledge Production)과 학제성(Interdisciplinarity)⁴⁾에 대한 이론적 배경

➤ 학제연구의 속성과 관련하여 가장 널리 알려진 이론적 연구 중 하나는 Gibbons 등이 제안한 지식생산에 대한 새로운 방식임

■ Gibbons 등의 Mode 2 지식생산론이 제안된 이후 이와 관련한 논쟁이 이루어지며 지식생산과 학제연구의 속성에 대한 이론적 연구가 활발해지고 Mode 2에 대한 비평이 제시됨

➤ 이론적 연구와 사례분석연구가 주로 이루어진 가운데 van Raan은 서지분석결과를 통하여 학제연구의 속성을 통계적이고 객관적으로 파악하려고 시도하였고 Mode 2의 오류를 설명함

■ 이후 실질적인 학제성을 정량적이고 통계적인 방법으로 이해하기 위하여 다양한 서지분석 방법론이 연구됨

1. Mode 2 지식생산론(M. Gibbons, 1994⁵⁾)

➤ Gibbons 등은 고전적 학문연구 방식(Mode 1)과 다른 새로운 지식생산 방식 Mode 2가 나타나고 있다고 주장함

➤ Mode 2의 특징

■ 응용 목적의 연구를 통한 지식 생산
- 특정 학문분야의 문제해결을 위한 연구방식인 Mode 1과 달리 Mode 2는 특정한 응용을 목적으로 하는 연구방식임

■ 분야간 연구
- Mode 2의 특정한 응용에의 목적은 대개 특정 학문의 지식만으로는 충분하지 않으므로 다양한 분야의 연구자와 연구기관이 결합함

4) Interdisciplinarity는 교육, 문화, 사회, 과학기술 등 모든 영역과 활동에 있어서 분야간 공동 활동, 공동 연구, 지식 교환 등 학제(學際) 성격을 갖는 일련의 모든 활동과 학제적 성격을 나타내는 표현임. 본고에서는 Interdisciplinarity를 기본적으로 '학제성'으로 번역하였고, 일부 그 의미를 간명화하기 위하여 '학제연구'로 표현하기도 함

5) M. Gibbons et al.,(1994) 「The New Production of Knowledge」

■ 연구조직의 이질성, 다양성, 일시성

- Mode 2의 특정한 응용에의 목적을 위하여 대학뿐만 아니라 연구센터, 정부기관, 산업체 연구소, 싱크탱크, 컨설턴트기관 등 다양한 연구기관의 수평적 상호작용과 결합이 이루어짐
- Mode 2의 연구조직은 필요에 의해 구성되며 연구과정에서 수요나 환경이 변함에 따라 연구조직의 재구성, 해체 등이 가능함

■ 사회적 책임성과 자기성찰

- 다양한 연구기관이 결합한 연구조직은 자연과학자, 공학자, 법률가, 사업가 등 폭넓은 인적 구성으로 이루어짐
- 연구 결과의 해석과 보급뿐만 아니라 해결하고자 하는 문제를 정의하고 연구 우선 순위를 결정하는 등의 학제연구 전 과정에 걸쳐 다양한 접근과 성찰이 이루어지고 사회적 책임성이 증가함
- 이것은 학제연구의 목적과 내용자체가 특정 학문분야만으로는 해결될 수 없다는 특성 때문에 연구자들로 하여금 연구에 대한 끊임없는 성찰이 요구되기 때문이며 연구조직 구성의 다양성에 의하여 이러한 성찰이 가능해짐

■ 질 관리를 위한 사회적, 경제적, 정책적 평가

- Mode 1에서 동료집단의 평가가 연구의 질 관리를 위한 주된 평가방식인데 비하여, Mode 2에서는 사회적, 경제적, 정책적 관점의 다양한 질문이 복합적으로 적용됨

➤ Mode 2와 Mode 1의 관계

■ Mode 2와 Mode 1의 상호작용

- 전문가의 양성은 학문적 과학연구인 Mode 1을 통해 이루어지고 양성된 전문가는 Mode 2 지식생산에 투입됨
- Mode 2 지식생산과정을 통해 산출된 결과물, 특히 새로운 실험장비는 Mode 1의 과학연구에 전달되어 연구의 발전을 촉진함
- Mode 2는 Mode 1을 대체하는 것이 아니라 Mode 1을 보완함

■ Mode 2와 Mode 1의 관련성에 대한 사회적 편견

- Mode 1의 학문적 과학연구가 장래의 응용을 위한 ‘마르지 않는 우물’역할을 할 것이라는 믿음은 사회적 편견이라고 주장함
- Mode 2에서는 응용 목적의 연구를 통해 이론적 발전을 이루는 등 Mode 1의 구조와는 전혀 다른 방식으로 지적 발전이 이루어짐

➤ Mode 2 지식생산방식의 배경

■ Gibbons 등은 Mode 2의 지식생산방식이 대두된 배경을 고등교육의 팽창 및 고학력 연구인력의 배출 확대로 설명함

- 전통적 과학연구 즉 Mode 1이 훌륭하게 작동하였고 이에 따라 고등교육이 팽창함.
- 고등교육이 팽창함에 따라 고학력 연구인력 배출이 확대되었으나 전통적 과학연구를 담당하는 주 연구기관인 대학은 확대 배출된 연구인력을 모두 수용할 수 없는 규모임
- 이에 따라 연구인력의 졸업 후 진로는 대학뿐만 아니라 연구센터, 정부기관, 산업체 연구소, 싱크탱크, 컨설팅기관 등 다양한 기관으로 확장됨
- 이러한 기관은 고학력 연구인력을 확보하게 됨으로써 자체적 연구역량을 갖게 됨

■ 자체적 연구역량을 갖게 된 다양한 기관의 협력연구는 발달된 통신, 교통망에 의해 가능해짐

- 또한 연구결과는 통신망에 의해 전세계적 연구자들에게 빠르게 보급됨
- 다양한 배경의 전문가들로 구성된 Mode 2 연구팀에 참여함으로써 많은 지식을 얻을 수 있는 장점이 있으므로 많은 연구자들이 연구에 참여하기를 희망하게 됨
- 이에 따라 과학자들 스스로도 Mode 2 학제연구를 촉진시키게 됨

■ 따라서 Gibbons 등은 Mode 2를 과학과 사회의 수요 모두에 부응하는 연구방식이라고 해석함

Mode 1과 Mode 2의 비교	
Mode 1	Mode 2
학문적 연구 Academic context	응용 목적의 연구 Application context
분야내 연구 Disciplinary	분야간 연구 Transdisciplinary
연구조직의 동질성, 계층성, 지속성 Organisationally homogeneous, hierarchical and tends to preserve its form	연구조직의 이질성, 다양성, 일시성 Organisationally heterogeneous, diverse and transient
자율성 Autonomy	사회적 책임성, 자기성찰 Social accountability, reflexivity
동료집단의 평가 Peer review	사회적, 경제적, 정책적 관점의 다양한 평가 Review system with a wider set of criteria

※ Gibbons et al. 「The new production of knowledge」 (1994)에서 발췌 정리

2. 과학의 학제적 본질과 학제성 사례분석(A. van Rann, 2000⁶⁾)

- van Raan은 학제성의 속성을 파악하기 위하여 학제연구의 구조 및 속성에 대한 이론적 논의와 함께 학제성 분석을 위한 서지분석 방법론 및 분석사례를 제시하였고, 과학은 본질적으로 학제적임을 주장함

6) P. Weingart et al.,(2000) 「Practising Interdisciplinarity」

➤ 학제연구의 구조 : 문제해결을 위한 동기, 과학자사회의 명성 체계에 의한 조절, 특정 학문분야에 의한 주도

■ 문제해결을 위한 연구와 과학자사회내에서의 명성

- 과학의 근원적 동력은 호기심이고, 이는 사회경제적 문제가 과학연구에 상당부분 동기부여를 하고 있음을 설명함⁷⁾
- 사회경제적 문제는 대개 과학에 대하여 외적 동기유발요인인데, 만일 사회경제적 문제해결을 위한 과학연구가 성공적으로 수행될 경우 해당 연구와 연구자의 과학자 사회 내에서의 명성에 큰 기여를 하게 됨
- 즉 사회경제적 문제가 과학의 외적 요인임에도 과학자에게 연구에 대한 동기유발 요인이 될 수 있는 이유는 호기심과 명성 때문이라고 설명할 수 있음

■ 사회경제적 문제의 과학관련성

- 사회경제적 문제가 과학연구에 대한 동기유발요인이 될 수 있으려면 과학자에게 관심을 유발할 수 있어야 하고, 이를 위해서 사회경제적 문제는 반드시 과학적 문제를 함축하고 있어야만 함⁸⁾
- 사회경제적 문제가 과학적 문제를 함축할 경우 이는 과학에 대한 내적 동기유발 요인을 포함하는 것이며, 이것의 부재 시 과학자들의 관심은 즉각 차단됨

■ 사회경제적 문제의 학제성

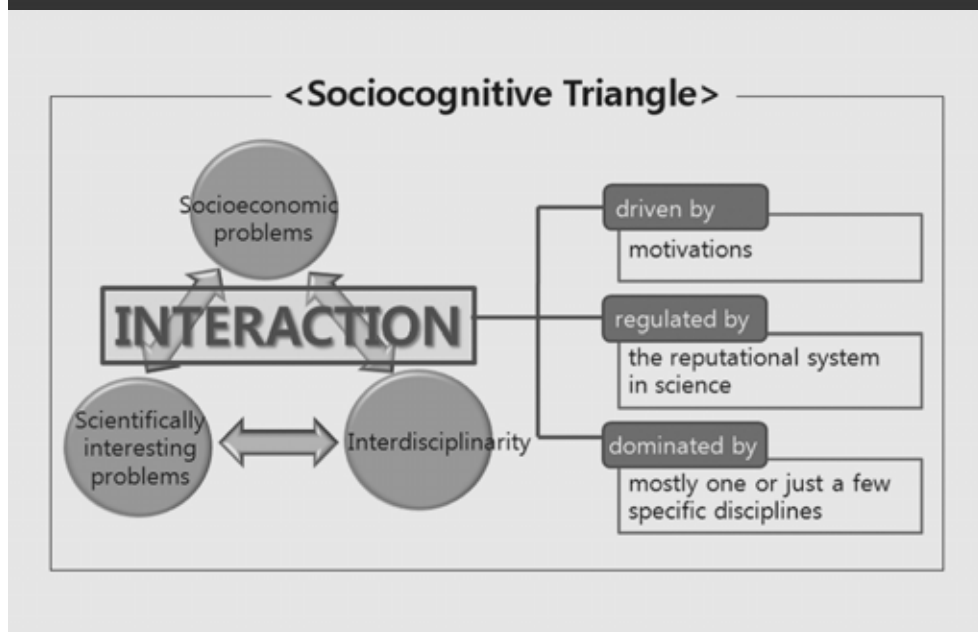
- 대부분의 사회경제적 문제는 학제적임
- 반면 과학적 흥미유발과 과학적 명성은 현저히 학문적인데, 이는 일반적으로 과학적 명성은 과학자가 교육받는 학문분야와 연관되기 때문임
- 그러므로 대부분의 학제연구에서는 특정 학문분야가 주도적 역할을 수행하게 되고 해당 분야는 매우 효과적으로 발전하게 됨

7) 실제로 16세기 서구유럽의 과학혁명의 주요 동인은 사회적 문제해결을 위한 과학연구로 알려짐.(P. Weingart et al., 2000)

8) 예를 들면, 질병에 관한 기초연구나 반도체에 관한 응용연구 또는 기술적 연구 등이 있음.(P. Weingart et al., 2000)

- 사회인지적 삼각관계 : 사회경제적 문제, 과학적 문제, 학제연구
 - 사회경제적 문제, 과학적 문제, 학제연구는 매우 단단한 사회인지적 삼각관계를 형성하여 상호작용함
 - 이때 상호작용은 외적·내적 연구동기에 의하여 구동되고, 과학자사회의 명성체계에 의하여 조절되며, 한 두개의 특정 분야에 의해 주도적으로 이루어짐

〈그림 1〉 사회경제적 문제, 과학적 문제, 학제연구간 사회인지적 삼각관계



➤ 기술과 과학의 상호작용 : 기술발전에 의한 과학의 증진

- 사회인지적 삼각관계를 지속적으로 증진시키는 기술, 또는 기술에 의해 개발된 고성능 장치의 역할
 - 기술은 새로운 고성능 장치를 개발함으로써 사회인지적 삼각관계를 지속적으로 증진시킴
 - 새로운 장치는 일반적으로 특정 과학기술분야내에서 주도적으로 개발되고, 개발된 장치는 타 분야에 전달되어 활용됨

- 즉 학제연구의 사회인지적 삼각관계에서 특정 분야가 고성능 장치를 개발함으로써 과학기술분야간 연결고리 역할⁹⁾을 하고, 사회인지적 삼각관계의 상호작용을 증진시키는 역할을 수행함
- 이와 같은 과학과 기술간 상호작용은 일반적으로 널리 알려진 전형적인 과학적 발견에 의한 경우보다는, 새로운 실험장치의 도입으로 인하여 우연히 단계적으로 발전하는 경우가 더 많음

▶ 학제성 분석을 위한 방법론과 사례분석

■ 연구기관의 연구활동 프로파일 분석

- 네덜란드 TNO 영양식품연구소(TNO Nutrition and Food Research Institute)의 연구활동분야를 논문 수, 논문의 영향력 등을 통해 분석함
- 해당 연구소의 연구활동 프로파일 분석 결과, 영양, 식품 등의 핵심분야 외에도 다양한 분야의 연구활동이 활발하고 영향력이 높은 것으로 나타남
- 연구기관의 프로파일 분석을 통하여 대부분의 분야는 상당히 이미 학제적이고 따라서 학제성을 ‘정의’하는 것은 매우 어렵다는 시사점이 추론됨
- 학제성과 관련된 최근의 문제제기는 Mode 2와 같은 개념이 정치적으로 ‘고안’됨에 의한 것임

■ 연구기관의 연구영향 프로파일

- 유럽입자물리연구소 CERN(the European Organization for High-Energy Research)의 논문에 대하여 분야간 인용관계를 분석하여 연구기관의 영향력을 확인함
- 기초입자물리연구의 타 학문분야, 특히 응용목적 연구분야에 대한 영향력을 분석하는 것을 목적으로 분석 수행
- CERN의 물리학 논문 중 10% 가량이 천문학, 천체물리학, 컴퓨터과학, 전기전자공학, 기계공학 등 물리학 이외의 학문분야에서 인용됨

9) 뇌과학분야의 최근 발전은 물리학적 지식에 기반한 뇌촬영장치의 역할이 압도적이라고 할 수 있고, 이는 의료, 분자생물학, 행동과학, 철학에 이르기까지 다양한 분야에 영향을 주고 있음.(P. Weingart et al., 2000)

- 물리학에서 물리학 이외 분야로의 지식전달(분야간 전달)은 물리학에서 물리학으로의 지식전달(분야내 전달)의 1/6 수준으로 상당 수준임을 확인함

■ 키워드 동시발생에 대한 계량서지 지도

- 1994년 농업연구분야에서 전세계적으로 출판된 논문에 대하여 키워드 동시발생 지도를 작성함
- 키워드 동시발생 빈도가 높으면 분야간 관련도가 높은 것으로 해석함
- 농업연구분야에서 생화학, 분자생물학, 화학과 같은 학문분야가 주도적 역할을 하고 있고, 그외 많은 과학분야가 관련되어 있음
- 계량서지 지도 작성을 통하여 과학은 분야간 연결고리 역할을 하고 있음을 알 수 있고, 전반적으로 과학기술분야의 연구현황은 본질적으로 학제적임을 확인함

3. 학제연구에 관한 관점과 정책적 접근

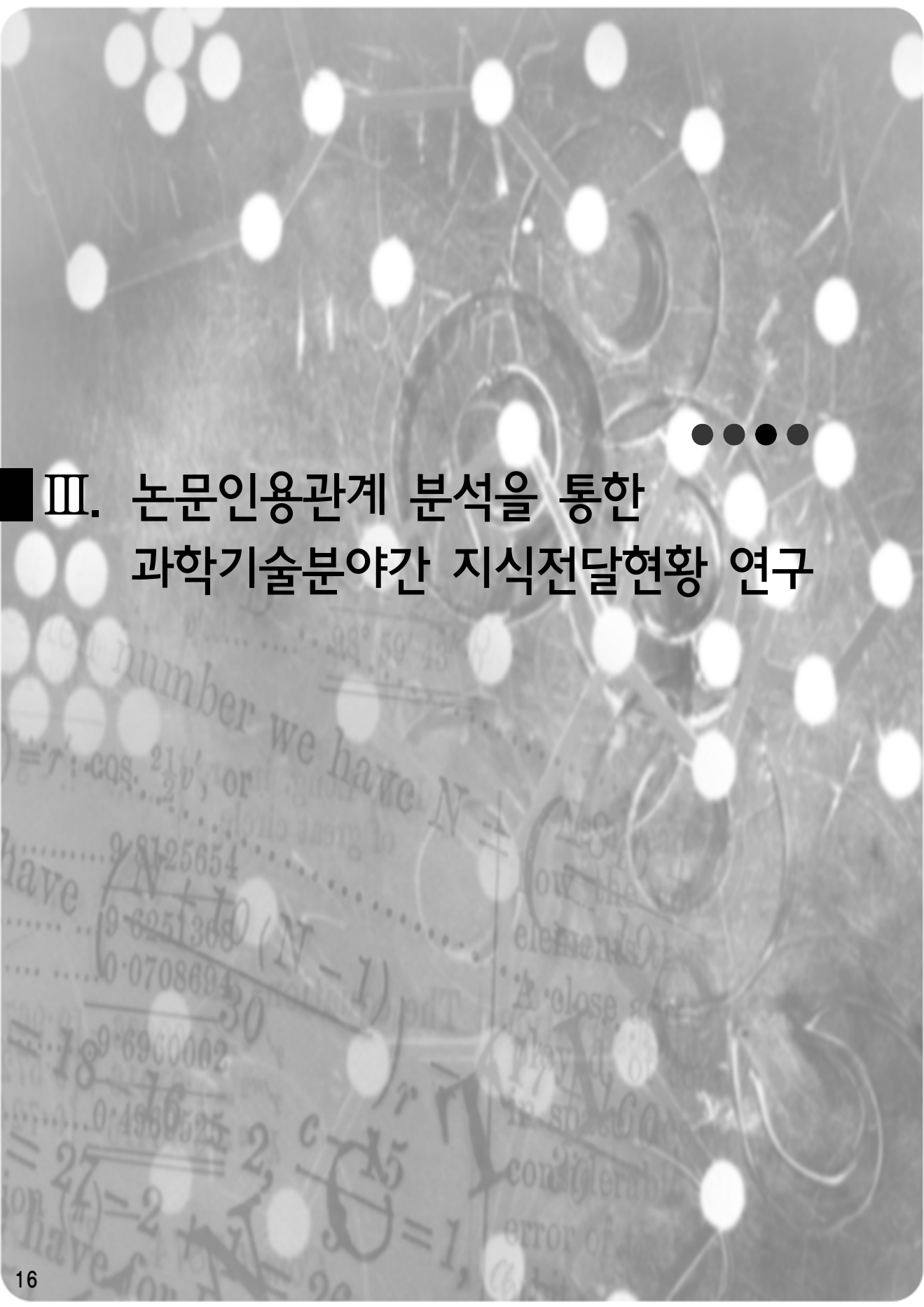
➤ 학제연구의 속성에 대한 이론적 연구를 살펴본 결과 크게 두 가지 관점이 존재하는 것을 확인함

- 과학적 본질과는 다른 외부적 문제로부터 동기부여된 학문간 연구라는 관점이 하나이고, 과학은 본질적으로 이미 학제성을 내포하고 있다는 관점이 다른 하나임
- 첫 번째 관점은, 학제연구의 속성은 전통적 과학연구의 그것과 차이가 있고 과학 외적인 문제를 연구동력으로 이해하게 되어 정책적, 사회경제적 필요와 강하게 결합함
 - 이에 따라 학제연구는 정책적, 사회경제적 직접개입이 필수적이고 자기성찰의 성격을 갖게 되는 것으로 이해하게 됨
- 두 번째 관점은, 과학은 본질적으로 학제적이고 과학 외적인 문제에도 관심을 가지고 있으나 그 문제가 연구자들로 하여금 과학적 흥미를 유발할 수 있는 문제여지만 연구동력으로서 작용하게 된다고 설명함
 - 즉 학제연구라는 것은 전통적 과학연구와 전혀 다른 새로운 어떤 것이 아니라고 주장함

➤ 학제연구의 속성에 관한 학문적 논의가 여전히 활발히 이루어지고 있듯이 학제 연구의 동력이 과학 외적인 문제인지 내적인 문제인지를 판단하기는 쉽지 않음

- 학제연구의 경우에 따라 과학 외적인 문제가 동력이 되기도 하고 내적인 문제가 동력이 되기도 하며 두 가지가 매우 긴밀하게 연관되거나 중첩되는 경우도 있을 것으로 추정됨
 - 학제연구의 동력을 구분하는 것은 불가능하거나 의미가 크지 않을 것으로 판단됨
 - 실제로 지식생산, 학제연구, 혁신, 과학의 구조 등에 관련된 이론적 연구는 매우 다양하고 여전히 논의가 활발히 진행 중이나 그 중 어느 이론도 특별한 우위를 차지하고 있지는 않음¹⁰⁾
 - 정책적으로는 과학 외적인 문제와 내적인 문제가 모두 학제연구의 동력이 될 수 있다는 사실을 이해하고 어느 한쪽으로 치우침 없이 다양한 학제연구의 동기를 중요하게 다루는 것이 바람직함
 - 현재 정부부처에서 추진하고 있는 표준화된 연구개발사업 추진방식이나 융합기술분야 자체에 중점을 두는 방식은 다양한 연구주체의 탐색과 새로운 연구방식의 도출을 방해할 우려가 있음
- 학제연구에 대한 정책적 접근 시, 학제연구의 동력에 대한 고민보다는 학제연구의 실체와 현황에 대하여 접근하는 것이 보다 실질적인 도움이 됨
 - 과학 외적인 문제와 내적인 문제가 모두 학제연구의 동력이 될 수 있음을 전제한다면 학제연구의 동력과 추진방식을 표준화하는 것은 바람직하지 않음
 - “어떤 방식의 동력에 의하여 학제연구가 시작되는가?”를 고민하는 것보다는 “학제 연구의 실체 또는 현황, 즉 지식의 전달은 어떤 과정을 통해 이루어지고 있는가?”라는 현상론적인 접근이 학제연구를 이해하는 데 실질적인 도움이 될 것으로 판단됨

10) Hessels, Lente(2008), Re-thinking new knowledge production: A literature review and a research agenda, Research Policy 37 740-760



.....

III. 논문인용관계 분석을 통한 과학기술분야간 지식전달현황 연구

➤ 전술한 바와 같이 학제연구의 동력에 대한 논의보다는 학제연구의 가장 큰 속성인 분야간 지식의 전달과정을 이해하는 것이 학제연구의 실체를 파악하는데 실질적으로 중요할 것으로 판단됨

■ 학제연구는 다양한 분야에 걸쳐, 다양한 연구주체와 다양한 연구방식에 의하여 연구가 수행되나, 공통적으로 지식이 분야간에 전달되어 활용된다는 측면이 있음
- 복수학제 연구(Multidisciplinary Research)나 학제 연구(Interdisciplinary Research)¹¹⁾ 등과 같이 세부적 연구성격을 구분하기는 하나 분야간 지식전달은 공통적인 현상임

■ 따라서 과학기술분야간 지식전달이 나타나는 현황을 파악함으로써 학제연구의 본질적 속성과 실체를 이해할 수 있고, 이는 학제연구 진흥을 위한 정책 수립 시 중요한 실증적 근거가 될 수 있음

➤ 이에 따라 본 분석에서는 학제연구의 속성을 파악하기 위하여 과학기술분야간 지식전달 현황¹²⁾을 네트워크분석법을 적용하여 연구함¹³⁾

1. 네트워크분석 개요

➤ 학제성 분석을 위한 방법론으로 van Raan은 연구기관의 연구활동 프로파일 분석, 연구기관의 연구영향 프로파일, 키워드 동시발생에 대한 계량서지 지도작성과 같은 방법론을 시도함

11) 미국 National Academy of Science에서는 「Facilitating Interdisciplinary Research」 (2004)에서 Multidisciplinary research는 공통문제 해결을 위해 다학문분야가 공동으로 연구를 하지만 연구 후에는 다시 흩어지고, Interdisciplinary research는 공통문제 해결을 위해 다학문분야가 공동으로 연구를 하고 새로운 연구분야나 학문분야를 형성한다고 설명함.
12) 과학기술분야간 지식전달은 학제적 지식전달(interdisciplinary knowledge transfer)이라고 볼 수 있음
13) 본 R&D Focus에 기술된 논문인용 네트워크분석 결과는 한국과학기술기획평가원(2008)의 「네트워크 분석방법을 적용한 과학기술분야간 상관관계 및 국가연구개발사업 특성 분석」의 분석결과를 정리한 것임

- 연구기관의 연구활동 프로파일 분석과 키워드 동시발생에 대한 계량서지 지도는 과학기술분야간 유사성 분석을 통한 연관성을 측정하는 방법이고, 연구기관의 연구영향 프로파일은 논문인용관계 분석을 통한 분야간 지식전달을 측정하는 방법임
- van Raan의 연구기관의 연구영향 프로파일 분석은 물리학이라는 특정 분야를 연구하는 연구기관의 논문이 다양한 분야에 인용되는 현상을 제시하였음

➤ 본 연구에서는 van Raan의 논문인용관계 분석을 보다 발전시켜 SCI논문의 분야간 인용관계에 대하여 네트워크분석을 수행하였음

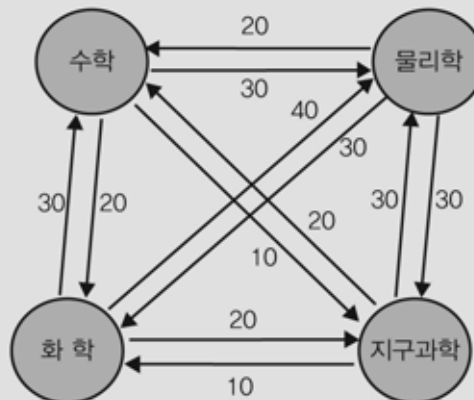
- 분석 모집단
 - 1996년도와 2006년도에 국내 연구자들에 의하여 발표된 SCIE논문 7,049편과 27,556편을 분석대상으로 함¹⁴⁾
- 네트워크의 정의
 - 네트워크의 노드 : 국내 연구자들에 의하여 발표된 SCIE논문이 속한 과학기술분야¹⁵⁾
 - 네트워크의 링크 : 국내 연구자들에 의하여 발표된 SCIE논문에 의한 인용관계
- 네트워크에서 링크의 의미
 - 네트워크에서 링크의 의미는 분석모집단에 포함된 논문이 속한 과학기술분야(지식 수용자)가 인용된 논문의 과학기술분야(지식 제공자)의 지식을 전달받아 활용할 것으로 이해할 수 있고 방향성을 갖게 됨
 - 즉 본 연구의 링크는 과학기술분야간 '지식의 전달'로 해석할 수 있음

14) SCIE논문은 Web of Science(Thomson ISI, USA) SCI논문DB의 Expanded Version이며, 본 분석에 활용된 논문 DB는 <http://isiknowledge.com>에서 논문저자 주소 필드에서 'South Korea'로 검색한 결과임

15) 과학기술분야는 Web of Science에서 제공하는 Subject Category라는 180개 세부 분야코드와 Thomson ISI에서 Essential Science Indicators를 도출하기 위해 사용하는 22개의 대분류 코드를 활용하여 최종적으로 총 24개의 노드를 정의하였음

〈그림 2〉 노드(과학기술분야)사이의 링크(인용관계 및 횟수) 개념도

(분야간 인용횟수 행렬)		피인용분야 (Knowledge donor)			
		수학	물리학	화학	지구과학
인용분야 (Knowledge acceptor)	수학	100	20	30	20
	물리학	30	100	40	30
	화학	20	30	100	10
	지구과학	10	30	20	100



* 화살표는 지식전달을 의미

2. 네트워크분석 결과

■ 과학기술분야별 타분야논문 인용비율 현황

➤ 과학기술분야별 인용된 논문의 과학기술분야를 살펴본 결과, 대체적으로 자기분야 논문의 인용보다 타분야논문의 인용비율이 더 높게 나타남

■ 특히 에너지/연료, 면역학, 분자생물학/유전학, 나노과학기술, 사회과학 등의 분야는 타분야논문의 인용비율이 80% 이상으로 타분야 지식의 수용이 높은 수준으로 나타남¹⁶⁾

■ 모든 분야의 타분야논문 인용비율은 평균 63.2%로 자기분야논문 인용비율보다 상당히 높은 수준임

– 이는 van Raan이 주장한 바와 같이, 과학기술은 본질적으로 학제적이라는 것을 뒷받침함

■ 2006년과 1996년을 비교하면, 24개의 분야 중 16개의 분야가 타분야논문 인용비율이 높아진 것으로 나타남

16) 그 외 다학제분야(Multidisciplinary)에서 타분야논문 인용비율이 80%이상으로 나타났으나 다학제분야로 분류된 학술지는 Nature, Science 등과 같이 다학문분야의 논문이 함께 실리는 학술지이므로 다학제분야를 독립적인 학문분야로 보기에는 무리가 있어 본 분석에서는 특별히 언급하지 않음

III. 논문인용관계 분석을 통한 과학기술분야간 지식전달현황 연구

분야별 인용논문의 분야현황

분야(지식 수용자)	2006년도		1996년도	
	자기분야 인용	타분야 인용	자기분야 인용	타분야 인용
1 AGRICULTURAL SCIENCES	43.5%	56.5%	29.3%	70.7%
2 BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	37.6%	62.4%	46.5%	53.5%
3 CHEMISTRY	54.4%	45.6%	69.8%	30.2%
4 CLINICAL MEDICINE	48.1%	51.9%	40.2%	59.8%
5 COMPUTER SCIENCE	52.5%	47.5%	39.8%	60.2%
6 ENERGY & FUELS	10.5%	89.5%	15.6%	84.4%
7 ENGINEERING	39.5%	60.5%	47.5%	52.5%
8 ENVIRONMENT/ECOLOGY	36.2%	63.8%	39.8%	60.2%
9 GEOSCIENCES	63.3%	36.7%	58.0%	42.0%
10 IMMUNOLOGY	19.0%	81.0%	22.2%	77.8%
11 MATERIALS SCIENCE	40.2%	59.8%	47.7%	52.3%
12 MATHEMATICS	63.2%	36.8%	61.5%	38.5%
13 MICROBIOLOGY	33.9%	66.1%	36.4%	63.6%
14 MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	13.2%	86.8%	14.7%	85.3%
15 MULTIDISCIPLINARY	1.9%	98.1%	2.1%	97.9%
16 NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	10.6%	89.4%	0.0%	100.0%
17 NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	39.5%	60.5%	41.4%	58.6%
18 PHARMACOLOGY	26.8%	73.2%	29.8%	70.2%
19 PHYSICS	54.4%	45.6%	66.2%	33.8%
20 PLANT & ANIMAL SCIENCE	35.0%	65.0%	31.0%	69.0%
21 PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY	36.4%	63.6%	30.3%	69.7%
22 SOCIAL SCIENCES, GENERAL	11.6%	88.4%	14.5%	85.5%
23 SPACE SCIENCES	84.0%	16.0%	89.2%	10.8%
24 TELECOMMUNICATIONS	28.7%	71.3%	29.5%	70.5%
평 균	36.8%	63.2%	37.6%	62.4%

※ 자기분야논문의 인용과 타분야논문의 인용 현황

과학기술분야간 논문인용 네트워크 분석 결과

➤ 논문인용 네트워크를 분석한 결과, 24개로 분류한 과학기술분야 사이에 지식전달이 매우 활발하게 발생하여 분야간 상관관계가 밀접한 것으로 나타남

- 생물학/생화학, 물리학, 화학, 공학 등의 분야가 중심부에 위치함
 - 특히 생물학/생화학, 물리학, 화학 등의 기초과학의 중심도가 상당히 높은 것으로 나타나 지식 제공자 및 지식 수용자로서의 역할을 모두 중요하게 수행하고 있는 것으로 해석됨
- 우주과학, 정신의학/심리학, 통신공학 등의 분야는 외곽부분에 위치함

➤ 지식 수용자로서의 분야별 중심도(in-degree 중심도)

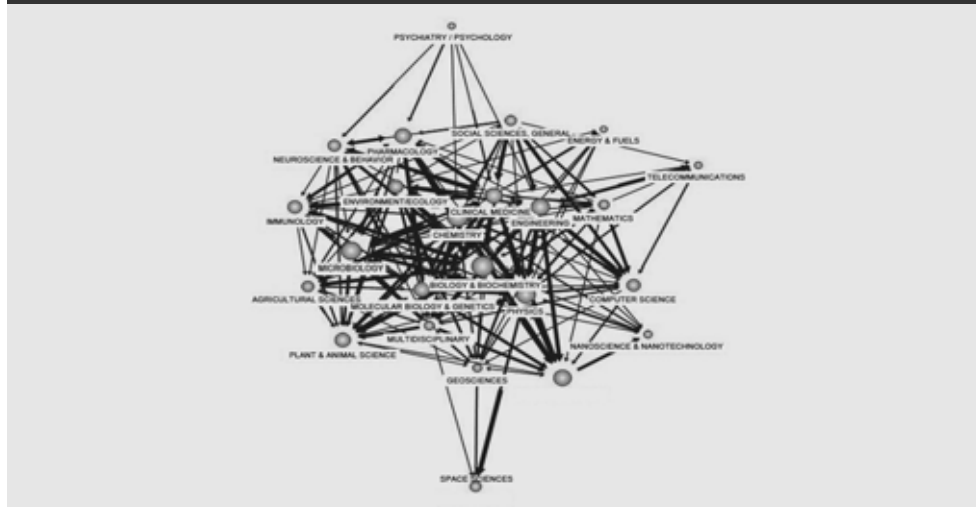
- 1996년도와 2006년도에 공통적으로 생물학/생화학, 화학분야가 in-degree 중심도가 가장 높은 분야로 나타나 지식 수용자로서 타분야 논문 인용도가 높은 것으로 나타남
- 임상의학, 재료과학, 약리학, 농학, 나노과학기술, 에너지/연료 등의 분야는 in-degree 중심도 순위가 1996년도에 비해 2006년도에 상승하여 지식 수용자로서 역할이 커진 것으로 나타남
- 반면 미생물학, 면역학, 수학, 우주과학 등의 분야는 in-degree 중심도 순위가 낮아짐
- 지식 수용자로서의 분야별 중심도 현황에 대한 해석
 - 임상의학, 약리학, 재료과학, 나노과학기술 등의 분야는 BT 및 NT연구의 활성화로 타분야와의 교류가 확대되고 있는 것으로 판단됨
 - 농학의 중심도 순위 상승은 농학에 포함되어 있는 세부분야 중 식품공학의 연구 활성화로 인한 in-degree 중심도 상승으로 보임

- 에너지/연료의 경우 날로 심각해지고 있는 에너지문제로 인한 해당분야 연구 활성화로 in-degree 중심도가 상승한 것으로 보임
- in-degree 중심도 순위가 상승한 분야는 다학제적 응용연구분야로 알려진 과학기술분야로서 국내 연구환경에서 BT, NT분야의 강조, 응용연구의 확대 등을 뒷받침하는 분석 결과로 해석됨

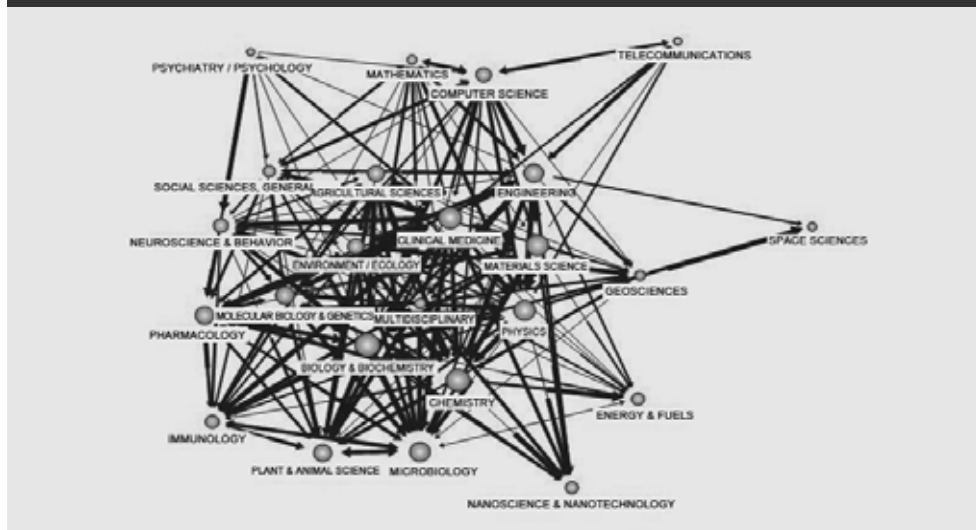
➤ 지식 제공자로서의 분야별 중심도(out-degree 중심도)

- out-degree 중심도가 가장 높은 분야는 생물학/생화학, 임상의학분야로 지식 제공자로서 타분야 논문으로의 피인용이 높은 것으로 나타났고, 뒤를 이어 화학, 물리학 등의 기초과학분야가 높은 것으로 나타남
- 화학, 재료과학, 면역학, 신경과학, 환경/생태학, 농학 등의 분야가 out-degree 중심도 순위가 상승하여 지식 제공자로서 역할이 커지고 있음
- 반면 컴퓨터과학은 out-degree 중심도 순위가 7계단이나 하락하여 타분야로의 지식전달 역할이 상대적으로 감소한 것으로 나타남
- 지식 제공자로서의 분야별 중심도 현황에 대한 해석
 - 화학, 재료과학, 나노과학기술 등의 분야 논문이 국내 연구자들에 의한 피인용이 높아지고 있음
 - 특히 나노과학기술은 1996년도의 경우 out-degree 중심도가 0.2에 불과하였으나 2006년도에는 40.3으로 증가하는 등 1996년도에는 신흥연구분야로 타분야로의 지식흐름이 거의 없었으나 2006년도에는 학문영역으로서의 위상을 강화시킨 것으로 보임

〈그림 3〉 1996년도 과학기술분야간 논문인용 네트워크



〈그림 4〉 1996년도 과학기술분야간 논문인용 네트워크



※ 〈그림 3〉과 〈그림 4〉의 네트워크에서, 노드크기는 in-degree 중심도, 즉 외부 노드에서 해당노드로 향하는 인용도의 크기를 나타냄

※ 인용관계는 방향성이 있어 화살표로 나타나고 화살표 선의 굵기는 인용횟수에 비례함

III. 논문인용관계 분석을 통한 과학기술분야간 지식전달현황 연구

분야별 in-degree 중심도(지식 수용자): 2006년도 VS 1996년도

	분야(지식 수용자)	2006년도		1996년도		순위 증감 (B-A)
		out-degree 중심도	out-degree 중심도 순위(A)	out-degree 중심도	out-degree 중심도 순위(B)	
1	BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	3,474.9	1	760.8	1	0
2	CHEMISTRY	2,471.7	2	470.2	2	0
3	CLINICAL MEDICINE	2,099.0	3	272.2	7	4
4	MATERIALS SCIENCE	2,056.1	4	288.9	6	2
5	PHYSICS	1,987.2	5	386.9	4	-1
6	MICROBIOLOGY	1,798.4	6	414.0	3	-3
7	ENGINEERING	1,144.3	7	306.8	5	-2
8	PHARMACOLOGY	1,041.1	8	161.6	9	1
9	MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	897.0	9	169.9	8	-1
10	PLANT & ANIMAL SCIENCE	791.1	10	104.1	10	0
11	AGRICULTURAL SCIENCES	692.1	11	66.3	15	4
12	ENVIRONMENT/ECOLOGY	670.2	12	100.3	11	-1
13	COMPUTER SCIENCE	544.3	13	89.7	13	0
14	NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	526.3	14	72.0	14	0
15	IMMUNOLOGY	514.9	15	95.2	12	-3
16	NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	446.5	16	28.4	21	5
17	ENERGY & FUELS	231.5	17	15.2	23	6
18	SOCIAL SCIENCES, GENERAL	228.4	18	54.8	16	-2
19	MULTIDISCIPLINARY	217.8	19	35.2	19	0
20	GEOSCIENCES	215.9	20	34.3	20	0
21	MATHEMATICS	208.6	21	45.0	18	-3
22	SPACE SCIENCES	165.8	22	48.9	17	-5
23	TELECOMMUNICATIONS	158.2	23	28.1	22	-1
24	PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY	115.3	24	5.6	24	0

분야별 out-degree 중심도(지식 제공자): 2006년도 VS 1996년도

	분야(지식 수용자)	2006년도		1996년도		순위 증감 (B-A)
		out-degree 중심도	out-degree 중심도 순위(A)	out-degree 중심도	out-degree 중심도 순위(B)	
1	BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	3,809.4	1	661.7	1	0
2	CLINICAL MEDICINE	3,175.4	2	524.2	2	0
3	CHEMISTRY	2,523.0	3	402.4	4	1
4	PHYSICS	2,017.1	4	435.7	3	-1
5	MULTIDISCIPLINARY	1,762.0	5	376.1	5	0
6	ENGINEERING	1,293.3	6	275.0	6	0
7	MATERIALS SCIENCE	1,162.5	7	175.1	9	2
8	MICROBIOLOGY	1,072.1	8	240.7	7	-1
9	MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	1,047.7	9	201.0	8	-1
10	IMMUNOLOGY	755.2	10	92.1	12	2
11	NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	685.6	11	81.2	14	3
12	PHARMACOLOGY	525.7	12	109.0	11	-1
13	PLANT & ANIMAL SCIENCE	513.8	13	86.2	13	0
14	ENVIRONMENT/ECOLOGY	492.2	14	55.7	16	2
15	AGRICULTURAL SCIENCES	399.1	15	41.0	18	3
16	SOCIAL SCIENCES, GENERAL	369.3	16	69.8	15	-1
17	COMPUTER SCIENCE	367.6	17	111.5	10	-7
18	GEOSCIENCES	203.5	18	33.0	19	1
19	MATHEMATICS	184.7	19	42.5	17	-2
20	PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY	113.0	20	11.8	21	1
21	TELECOMMUNICATIONS	81.4	21	14.2	20	-1
22	ENERGY & FUELS	72.1	22	9.4	22	0
23	NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	40.3	23	0.2	24	1
24	SPACE SCIENCES	30.7	24	4.7	23	-1

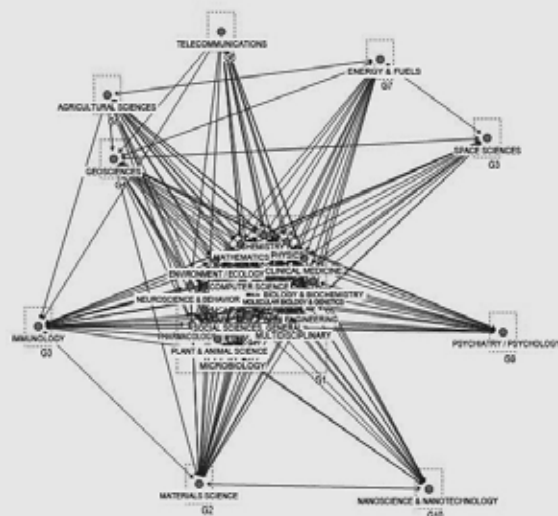
■ 과학기술분야간 지식전달 네트워크에 대한 클러스터링 결과

➤ 과학기술분야간 상관관계를 보다 명확화하기 위하여 네트워크에 대한 클러스터링¹⁷⁾을 시도함

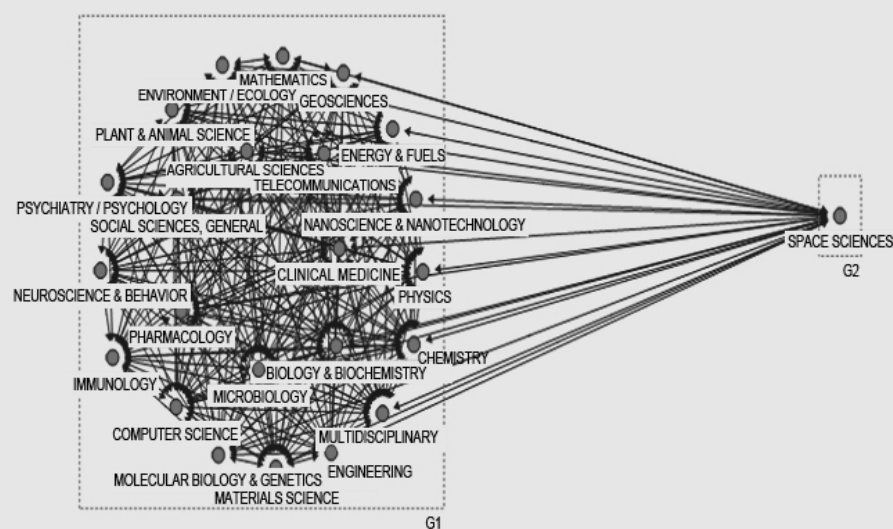
- 1996년도 네트워크에서는 <그림 5>와 같이 과학기술분야가 모두 10개의 그룹으로 클러스터링이 되었고, G1그룹을 제외한 나머지 그룹들은 하나의 분야가 하나의 그룹을 형성함
- 그러나 2006년도 네트워크는 우주과학을 제외한 나머지 분야들이 모두 하나의 그룹을 형성하고 있는 것으로 나타나 과학기술분야간 상관관계가 매우 밀접해지고 있는 것으로 해석됨
- 클러스터링 결과 중 주목할만한 변화는 신생학문분야였던 나노과학기술의 변화로,
 - 1996년도에 별도의 그룹으로 존재하였던 나노과학기술분야는 in-degree 중심도 순위는 21위, out-degree 중심도 순위는 24위로 타 분야의 지식을 수용하여 학문분야로서의 토대를 닦는 수준이었고 타 분야로의 지식 제공역할은 매우 미흡한 수준이었다고 해석할 수 있음
 - 그러나 2006년도에는 나노과학기술분야의 중심도와 중심도 순위가 모두 상승하였을 뿐만 아니라 클러스터링 결과에 있어서도 타 학문분야와의 연계가 높아진 것으로 확인됨
 - 특히 2006년도 나노과학기술분야의 타 분야 지식 수용자로서의 순위는 16위로 타 분야의 지식을 흡수하는 정도가 매우 활발해진 것으로 나타남

17) 클러스터링은 사이중심도(link betweenness centrality)가 높은 링크를 하나씩 제거해가면서 나누어지는 컴포넌트로 클러스터링을 구성함. 사이중심도는 링크가 다른 모든 노드쌍의 최단경로(geodesic path)에 등장하는 횟수를 의미하므로 사이중심도가 높은 링크는 네트워크에서 다리역할을 수행하는 것으로 해석함. 따라서 그러한 링크를 제거하면 그 링크가 연결하고 있던 두 컴포넌트의 연결이 끊어지게 되고 이로써 노드들의 커뮤니티가 구성됨

〈그림 5〉 1996년도 네트워크에 대한 클러스터링



〈그림 6〉 2006년도 네트워크에 대한 클러스터링



3. 네트워크분석 결과의 해석

➤ 본 연구에서는 학제성을 이해하기 위한 방법으로 과학기술분야간 논문인용 네트워크를 분석하였음

■ 학제연구의 세부속성에 따라 복수학제 연구·학제연구, 융합연구·복합연구, 또는 동종간·이종간 융합 등으로 구분하는 등 다양한 분류법이 제시되고 있는 것이 현실임

– 그러나 기본적으로 학제연구를 두 학문분야 이상의 공동연구, 교류 등의 연구활동이라고 정의하면 분야간 지식전달이 공통적 특징이라고 볼 수 있으므로 분야간 지식전달에 초점을 맞추는 것이 학제연구의 속성을 이해하는데 가장 적합하다고 할 수 있음

■ 과학기술분야간 논문인용 네트워크분석은 분야간 지식전달 현황을 파악하기 위한 적절한 방법과 결과를 제시하는 것으로 사료됨

➤ 과학기술분야간 지식전달 과정을 이해하기 위한 네트워크분석 결과

■ 24개로 분류한 과학기술분야들의 분야간 지식전달이 매우 활발하고 분야간 상관관계가 밀접한 것으로 나타나 분야간 지식전달의 중요성이 큰 것으로 해석됨

■ 생물학/생화학, 화학, 물리학 등의 기초과학이 과학기술분야 지식전달 네트워크에서 가장 중심부분에 위치하여 지식 제공자와 지식 수용자로서의 역할을 중요하게 수행하고 있는 것으로 확인됨

■ 나노과학기술분야는 1996년도에는 독립적인 과학기술분야로서의 존재성을 확인하기 어려우나 2006년도에는 중심도 상승과 함께 타 분야와의 연계성이 두드러지게 향상되어 독립적인 과학기술분야로서의 존재성이 확인됨

– 나노과학기술분야에 지식을 제공한 지식 제공분야를 살펴보면, 화학, 물리학 등의 기초과학분야가 상위에 위치함을 알 수 있음

– 즉 대표적 학제기술분야로 주목받는 나노과학기술분야를 뒷받침하고 있는 분야는 다름아닌 기초과학분야임을 확인할 수 있음

나노과학기술분야에 대한 지식 제공분야

순위	2006년도 나노분야에 대한 지식 제공분야	1996년도 나노분야에 대한 지식 제공분야
1	CHEMISTRY	MATERIALS SCIENCE
2	PHYSICS	PHYSICS
3	MATERIALS SCIENCE	CHEMISTRY
4	MULTIDISCIPLINARY	CLINICAL MEDICINE
5	CLINICAL MEDICINE	ENGINEERING
6	ENGINEERING	MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS
7	BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	BIOLOGY & BIOCHEMISTRY
8	MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	MULTIDISCIPLINARY
9	MICROBIOLOGY	MATHEMATICS
10	ENVIRONMENT/ECOLOGY	COMPUTER SCIENCE
11	COMPUTER SCIENCE	SOCIAL SCIENCES, GENERAL
12	GEOSCIENCES	GEOSCIENCES
13	PHARMACOLOGY	MICROBIOLOGY
14	IMMUNOLOGY	PLANT & ANIMAL SCIENCE
15	SOCIAL SCIENCES, GENERAL	PHARMACOLOGY
16	PLANT & ANIMAL SCIENCE	IMMUNOLOGY
17	MATHEMATICS	NEUROSCIENCE & BEHAVIOR
18	NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	ENVIRONMENT/ECOLOGY
19	AGRICULTURAL SCIENCES	AGRICULTURAL SCIENCES
20	ENERGY & FUELS	TELECOMMUNICATIONS
21	TELECOMMUNICATIONS	ENERGY & FUELS
22	PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY	SPACE SCIENCES
23	SPACE SCIENCES	PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY

The background of the page features a complex digital aesthetic. It includes a grid of binary digits (0s and 1s) that appear to be floating or scrolling. Overlaid on this is a large, three-dimensional wireframe sphere. The sphere is composed of many thin, intersecting lines that create a mesh-like structure. The overall color palette is grayscale, with various shades of gray used for the text, graphics, and background elements.

IV. 융합연구에 대한 정책적 시사점

➤ 본 연구에서는 최근 부각되고 있는 융합연구·융합기술에 대한 이해를 도모하고자 이론적 연구문헌을 조사하고 과학기술분야간 지식전달현황에 대한 실증적 분석을 수행함

■ 현재 국내에서는 융합연구 또는 융합기술과 관련하여 다양한 용어가 혼용되고 있으나 융합연구와 융합기술 사이에는 차이점이 존재함

- 융합연구는 연구주제의 도출부터 새로운 연구방식의 모색까지 학제연구의 전 과정을 포괄하는데 비하여, 융합기술은 학제연구를 통해 도출된 기술 자체를 의미함
- 현재 정부부처에서 추진하는 융합기술 관련 정책은 융합연구보다는 가시화된 영역 및 융합기술분야 자체에 초점을 두는 경향이 있음

■ 학제연구의 속성을 이해하고자 이론적 연구문헌을 조사한 결과, 학제연구의 속성에 관한 두 가지 관점이 존재하는 것으로 나타남

- 하나는 과학적 본질과는 다른 외부적 문제로부터 동기부여된 학문간 연구라는 관점이고, 다른 하나는 본질적으로 과학은 이미 학제성을 내포하고 있다는 관점임
- 이 중 첫 번째 관점은 정책적, 사회경제적 직접개입을 필연적인 것으로 해석함
- 국내 정부부처에서 추진하는 융합기술 관련 정책도 유망 융합기술분야를 정부주도적으로 선정하여 제시하거나 융합기술 관련 사업추진체계의 표준화된 모델을 제시하는 등 정책적 관점이 크게 작용하고 있음
- 그러나 학제연구의 본질적 속성에 대한 이해는 다소 부족한 것인 현실임.

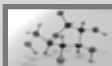
■ 학제연구의 본질적 속성을 이해하기 위한 과학기술분야간 지식전달 현황을 논문인용 네트워크분석을 통해 파악함

- 분야간 논문인용 네트워크분석 결과 분야간 지식전달이 매우 활발하고 분야간 상관관계가 밀접한 것으로 나타남

- 특히 기초과학의 중심도가 상당히 높고 과학기술분야 지식전달 네트워크에서 가장 중심부분에 위치하여 지식 제공 및 지식 수용 등 타 분야와의 교류가 활발한 것으로 나타남
- 대표적 학제기술분야로 주목받는 나노과학기술은 최근 독립적인 과학기술분야로서의 존재성이 확립되어가고 있는데 이 분야를 뒷받침하고 있는 분야는 화학, 물리학 등의 기초과학분야임을 확인함

➤ 위와 같은 분석결과로부터 다음과 같은 정책적 시사점을 도출할 수 있음

- 융합연구에 대한 정책적 접근은 기 형성된 유망 융합기술분야에의 집중적 연구보다는 새로운 연구주제의 도출과 연구방법론의 모색이 가능하도록 융합연구의 전 과정에 대한 지원이 가능하도록 하는 것이 바람직함
 - 유망 융합기술분야에 대한 선정과 지원도 중요하지만 기술주도형 연구로의 전환이 중요한 시점이므로 새로운 연구주제의 도출과 선점이 가능하도록 융합연구 전 과정에 대한 활성화 방안을 모색하는 것이 바람직함
 - 인재육성과 관련해서도 융합기술분야의 당장 활용가능한 지식습득보다는 창의적 문제해결력을 갖춘 인재로의 육성방안 모색이 바람직함
- 과학기술분야간 지식전달 현황에서 중요한 역할을 담당하고 있는 생물학/생화학, 화학, 물리학 등의 기초과학에 대한 충분한 지원이 필요함
 - 응용에의 목적성이 큰 나노과학기술분야의 경우에도 기초과학의 지식 전달 및 수용이 큰 것으로 나타나는 등 과학자체의 학제성이 확인된 만큼 이에 대한 정책적 고려가 필요할 것으로 사료됨



참고문헌

1. National Academy of Science(2004) 「Facilitating Interdisciplinary Research」.
2. M. Gibbons et al.,(1994) 「The New Production of Knowledge」.
3. P. Weingart et al.,(2000) 「Practising Interdisciplinarity」.
4. 교육인적자원부 외(2007) 「국가융합기술 발전 기본방침」.
5. 박기범 · 황정태(2007) 「융합 연구의 형성과 발전 과정의 고찰을 통한 국내 연구 현황 분석」.
6. 한국과학기술기획평가원(2008) 「네트워크 분석방법을 적용한 과학기술분야간 상관관계 및 국가연구개발사업 특성 분석」.



저자 프로필

| 양 혜 영 |

- (현) 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 부연구위원
- 서울대학교 이학박사(물리학)
- 연락처 : 02-589-2890, hyyang@kistep.re.kr

| 정 상 기 |

- (현) 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 산업기반평가팀장
- Carnegie Mellon 재료공학 박사
- 삼성 SDI 책임연구원
- 연락처 : 02-589-2249, sjeong@kistep.re.kr

kistep 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

137-130 서울시 서초구 양재동 마방길 68 동원산업빌딩 8~12F
TEL 02-589-2200 FAX 02-589-2222

