

논문·특허 분석 기반 이중 분야 공통기술 식별을 통한 융복합연구 전략수립 연구: 핵융합·가속기 공통부품 국산화 전략수립을 중심으로

김유빈*, 장한수**, 최원재***, 황성하****, 도현수*****, 김태윤*****

초록

최근 연구개발(R&D) 관련 연구 주체 간 융복합 연구를 통한 신규 사업 발굴의 관심이 높아지고 있다. 이로 인해 융복합 신규 사업을 발굴하고 기획하는 것이 매우 중요해지고 있으며, 관련하여 이중 분야 간 융복합 분야 발굴을 위한 다양한 방법이 시도되고 있다. 본 논문은 논문특허 정보 분석을 통해 기존 방법 대비 빠르게 공통 기술을 식별하고, 식별된 결과를 활용한 융복합 연구 전략 수립의 과정을 핵융합·가속기 공통 부품 국산화 추진 전략 사례 연구를 통해 제시하고자 한다. 먼저 양 분야 간 어떤 기술들이 공통적으로 다루어지고 있는지를 논문특허 분석으로 식별하기 위해 핵융합·가속기 분야를 중심으로 WoS(Web of Science) 논문 DB를 활용하여 두 분야 간 공통적으로 출현하는 색인(Index) 빈도수 분석 및 Thomson Innovation을 활용한 신규성(Novelty) 중심의 특허 분석을 수행하여 공통 기술을 식별하는 방법론을 제시하였다. 이렇게 도출된 공통 기술 분야는 기술과 관련 산업체의 사상(寫像, mapping) 과정에 활용하여 국산화 추진 후보를 선별하였고, 기술경쟁력, 기술성숙도 등의 기술성 평가 수행으로 국산화 추진을 위한 최종 전략 분야를 선정하여 핵융합·가속기 공통기술 기반의 융복합 연구의 전략 수립 전 과정을 제시하였다.

주제어: 논문특허 분석, 융복합 연구, 기술 전략 수립, 핵융합, 가속기

I. 서론

국가연구개발 사업의 투자 규모 지속적으로 증가하였음에도 그 연구 성과에 대한 가시적 성과의 부족으로 최근 연구개발의 흐름은 산학연의 각 연구 주체간의 협업을 기반으로 하는 융복합 연구의 활성화를 통한 연구 성과 창출 강화 추세로 흐르고 있다. 이로 인해 연구 주체간의 연구 분야에 따른 역할의 정립과 같은 전통적인 과학기술정책 분야의 이슈이외에도, 어떤 연구 분야 간 융복합이 가능한지 서로의 분야를 식별하고 또 식별된 분야 중 시너지를 창출할 분야를 선별하거나 상호 보완 연구를 통해 융복합 연구를 활성화하기 위한 분야를 선별하는 것이 매우 중요해지고 있다. 이러한 연구 분야의 식별 및 융복합 연구 분야 선별에 있어

* 김유빈, 국가핵융합연구소 미래전략실 실장, 한양대학교 과학기술정책학과 박사과정 (ybkim@nfri.re.kr)
** 장한수, 국가핵융합연구소 미래전략실 선임연구원 (jjang@nfri.re.kr)
*** 최원재, 국가핵융합연구소 미래전략실 선임연구원 (cwj147@nfri.re.kr)
**** 황성하, 국가핵융합연구소 미래전략실 선임연구원 (shhwang@nfri.re.kr)
***** 도현수, 국가핵융합연구소 미래전략실 선임연구원 (ths5001@nfri.re.kr)
***** 김태윤, 한양대학교 과학기술정책학과 교수 (tykiim@gmail.com), 교신저자

기존에는 각 분야의 전문가 그룹의 인터뷰 또는 식견을 통한 도출이 가장 흔히 사용되어 왔으나 이는 전문가 집단의 전공 분야로의 편중이 있을 수 있고, 전문가 역시 특정 분야이외의 연구 동향이나 흐름을 폭 넓게 아는 것에는 그 식견에 한계가 있을 수 있어 데이터를 기반으로 한 객관적인 연구 동향 분석이 관심을 받고 있다.

최근에는 ICT 기술 발전으로 인해 연구 정보 및 DB에 대한 접근성이 높아지면서 이러한 정보들을 수집하여 빅 데이터 분석을 근간으로 하는 계량적 기법을 활용하여 연구 동향 내지는 상호 분야 간의 상관관계를 분석하는 작업이 활발히 이루어지고 있다. (양혜영, 2008). 이러한 계량적 기법들 중 대량 정보를 이용하여 네트워크상의 상관관계를 분석해 주는 사회연결망(social network) 분석 혹은 네트워크 분석 기법이 최근 다양한 분야에서 활용되기 시작했다. 사회 연결망은 social과 network란 의미가 결합된 용어로서 특정 항목들이 연결되어 있는 관계망을 뜻하며(손동원 2002), 인위적으로 형성된 것이 아니라 다양한 행위자들이 상호작용을 하면서 만들어진 관계망을 의미한다(윤영수, 2005). 이와 같은 네트워크 분석은 자연과학에서는 복잡계 연구의 일환으로써 시도되었다면, 사회과학에서는 사회 구조를 분석하는 한 방법으로써 발달되어졌다고 할 수 있다. 이를 기반으로 관계를 수치화, 통계화, 그래프화하여 분석을 가능하게 해주어 다양한 학문 분야의 연구에 있어 매우 유용한 연구방법이 되고 있다(김성희, 2010).

본 논문은 이중 분야의 연구 동향 분석을 통한 융복합 연구 주제의 발굴에 있어 논문, 특허 정보를 기반으로 한 네트워크 분석 및 계량 분석 기법을 활용하여 이중 분야 간의 공통된 기술을 식별하는 데 적용하였으며 이렇게 식별된 데이터의 효용성을 실증하기 위해 실제 연구 개발 전략 수립 과정에 활용하는 사례를 제시하였다. 이를 위해 핵융합·가속기 핵심 부품 국산화 전략 수립 과정을 실증 사례로 함께 제시하였으며 이를 통해 빅 데이터 기반의 분석 기법이 전문가 인터뷰, 협의 등의 기존 방법 대비 비교적 과정이 손쉽고 빠르면서도 그 도출 결과가 실제 연구 현장에서의 연구 개발 전략의 수립 과정에 활용될 수 있을 만큼 효율적인 분석 기법임을 실증하였다.

II. 선행 연구

논문특허 등의 빅 데이터 기반의 사회 연결망 분석 즉, 네트워크 분석 기법을 이용하여 연구 개발 동향을 분석한 선행 연구를 살펴본 결과, 과학기술 분야, 지리학 분야, 사회문화 분야, 언론 정보학 분야, 행정학 분야 등 다양한 학문 영역에서 연구 동향 분석 목적으로 수행되고 있다(김성희, 2010). 특히, 최근에는 정형화된 서지 정보뿐만 아니라, 이력서, 블로그, 웹사이트 등에서 수집된 빅데이터 등을 활용하여 연구의 패턴을 찾는 데 활용되고 있다(박한우 외, 2010). 네트워크 분석 기법은 특정 키워드(연구자, 연구 기관, 연구 분야 등)를 중심으로 어떠한 상관관계를 가지고 있는지 정성적 분석이 가능 할뿐만 아니라, 중심치 산출을 통해 정량적 분석이 가능하여 기존의 문헌 검토, 전문가 리뷰, 논문 기술 통계 등의 방법들을 동시에 활용하여 연구 주제와 관련된 이들의 변화에 대한 이해도를 효율적으로 파악할 수 있다는 점에서 그 역할이 중요성이 증대되고 있다고 생각한다.

과학기술 분야에 있어 네트워크 분석을 이용한 연구 역시 다양한 목적을 위해 진행이 되어 왔다. 바이오 안정성과 관련하여 웹 기반으로 어떤 지식들이 생산되고 있는지 중심성 분석을 수행한 연구(홍형득, 2006), 간호학 연구 주제와 관련하여 연구 주제의 분류, 키워드 출현 분포 등을 네트워크 방법으로 분석한 연구(이수경, 2011), 정보통신산업의 네트워크 특성을 구조적·공간적으로 살펴보고 정책적 함의를 도출한 연구(송미경, 2011), 신재생 에너지 보급과 관련하여 중심성 특성을 기반으로 정책 네트워크 관계 구조의 특징을 살펴보는

연구(정연미, 2014) 등 과학기술 분야에서도 연구 경향 분석이외에도 정책적 도구로도 활용되고 있었다.

융복합 분야 탐색에 있어서도 특허 정보를 활용한 보건 산업 융복합 동향분석(한국보건산업진흥원, 2014)의 경우과 같이 식품, 의료기기, 의약품 등 각 분야 내의 특허 키워드 분석을 통한 융복합 분야 식별과 관련한 연구가 진행되기도 하였다. 그러나 본 논문에서 다루고 있는 것과 같이 논문특허 DB를 활용하여 이종 분야 간의 공통 기술 식별을 위한 선행 연구는 찾아 볼 수 없었으며, 위의 사례의 예에서와 같이 네트워크 분석을 통한 데이터 기반의 계량 분석의 적용 사례가 활발히 이루어지고 있는 상황에서 실제 이러한 방법을 통해 도출된 결과가 연구 개발 전략 수립 과정에서도 충분히 적용될 수 있을 수준이라는 것만 실증을 통해 드러내는 것은 매우 의미 있는 연구 주제가 될 것으로 판단하였다. 본 논문에서는 논문특허 DB 활용을 통한 공통기술 분야 식별 및 사례 연구를 위해 핵융합가속기 공통기술 분야 식별 및 관련 핵심 부품의 국산화 사례 연구에 한정하여 연구를 진행하였다. 그러나, 논문특허 기반의 빅 데이터 분석을 통한 융복합 연구 도출에의 활용성 및 효용성의 확대를 위해 향후 다양한 분야 및 연구 주제 내지는 과학 기술 분야 이외의 타 분야의 사례에 대한 보다 많은 연구 분석이 확보되어야 할 것이다.

III. 연구방법 및 구성

1. 논문특허 분석 데이터 확보

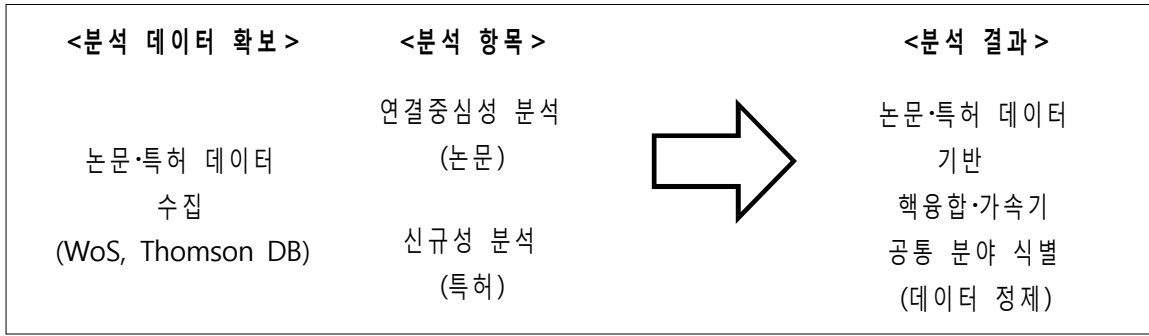
공통 분야 식별을 위해 현재까지 기간을 설정하여 논문특허 분석을 수행하였다. 검색을 위해 “(Nuclear Fusion OR Fusion) AND Accelerator”검색 키워드를 사용하였으며, 그 결과 WoS(Web of Science) DB를 통해 1,123건의 논문 데이터 및 Thomson Innovation DB를 통해 100건의 특허 데이터를 확보할 수 있었다.

2. 분석 방법

논문특허를 통한 이종 분야 간 공통 기술의 식별을 위해 앞서 언급한 바와 같이 논문특허 DB를 통해 데이터를 확보하였으며, 확보된 데이터는 논문의 네트워크 분석을 위해 Cyram社의 Netminer 4를 활용하였고, 특허 데이터는 Thomson Reuters社의 Thomson Innovation을 사용하여 분석을 수행하였다. 특히 식별된 공통 기술 분야의 우선순위 설정을 위해 논문은 네트워크 분석의 연결 중심성을 통해 도출 범위를 축소하였고, 특허는 신규성(Novelty) 지표를 사용하여 공통 키워드의 분류에 활용하였다.

분석된 데이터는 최종적으로 공통 기술 후보 식별을 위해 결과 데이터의 정제 작업을 수행하였으며, 특허 검색을 위해 사용되었던 키워드인 Accelerator, Fusion, Nuclear Fusion 등을 정제 대상 키워드로 규정하여 이러한 키워드와 유사한 키워드들은 모두 정제 대상에 포함시켜 공통 기술 분야를 도출하였다.

도출된 데이터는 공통 기술 기반 핵심 부품 국산화 대상을 선별에 활용될 것이므로 가능한 부품 수준으로 정리하는 것이 필요하다. 그러나 논문의 경우 주로 연구 주제, 관련 기술 등으로 범위가 다소 넓게 설정되어 있는 경우가 많았고, 특허는 기술, 부품 관련 실제 기술의 적용과 관련한 경우가 많아 해당 분야의 전문가 리뷰를 통해 가능한 부품 수준으로 재분류하는 작업이 필요하였다.

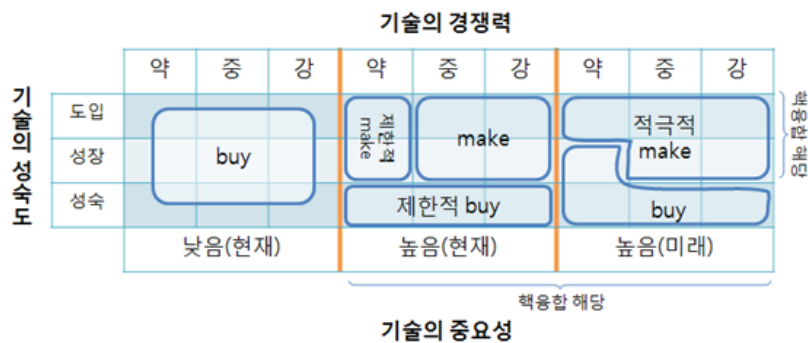


<그림 1> 분석의 틀과 분석 항목

서론에 언급한 바와 같이 도출된 데이터의 효용성을 실증하기 위해 본 논문에서는 핵융합가속기 공통기술 기반 핵심 부품 국산화 전략 수립에 사용되는 사례를 제시하려 한다. 이를 위해 최종 재분류된 부품 수준의 공통 기술을 국내외 산업체로 매핑하는 작업이 필요하다. 이 때 가능한 많은 산업체 DB를 확보하는 것이 중요한데, 글로벌 상장사 중심의 DB를 보유하고 있는 S&P의 Capital IQ 및 핵융합가속기 관련 연구 기관의 부품 구매 리스트, 관련 연구자의 인터뷰 등이 업체 DB의 확보에 활용될 수 있다. 국산화 추진 대상은 해당 부품과 관련한 업체가 국내에는 없고 해외에만 존재하는 경우 및 국내외 모두 존재하는 경우로 규정하였고, 특히 국내외 모두 존재하는 경우에는 시장 분석 및 국내 기술 경쟁력 등을 추가적으로 평가하여 최종 국산화 추진 대상에 포함여부 결정이 필요하다.

국산화 추진 대상이 결정된 후에는 전략적으로 어떤 핵심 부품을 우선적으로 추진해야 하는지 우선순위의 설정이 필요하며, 핵융합가속기 핵심 부품 국산화 전략 수립에는 Make or Buy 이론을 활용하여 전략을 수립할 예정이다. Make or Buy는 기술의 경쟁력, 기술의 성숙도, 기술의 중요성 등을 평가 지표로 하여 핵심 부품 개발의 국내 역량 확보의 효과 및 중요성이 큰 대상을 선별하여 실제 국산화 추진 과제로 연결되었을 때 R&D 실패 확률을 줄이고 실질적인 연구 성과 창출에 기여할 수 있는 분야를 우선적으로 선별하기 위한 이론적 근거로 적용하였다.

결국 공통 기술 식별에서 산업체 매핑 및 우선 순위화 선정의 근거가 되는 데이터는 논문특허 기반의 빅데이터 분석을 통해 도출되었으며, 이는 기술 트리에 기반 한 공통 분야 식별 내지는 전문가 인터뷰 등에 의존하여 그 작업만으로도 장시간이 소요될 수 있는 식별 작업을 ICT 인프라를 통하여 매우 빠르고 효율적으로 검색, 처리 가능하도록 하여 실제 연구 현장의 전략 수립에도 활용 가능한 정도의 데이터 효용성을 갖게 됨을 실증하는 결과를 보여 주었다.



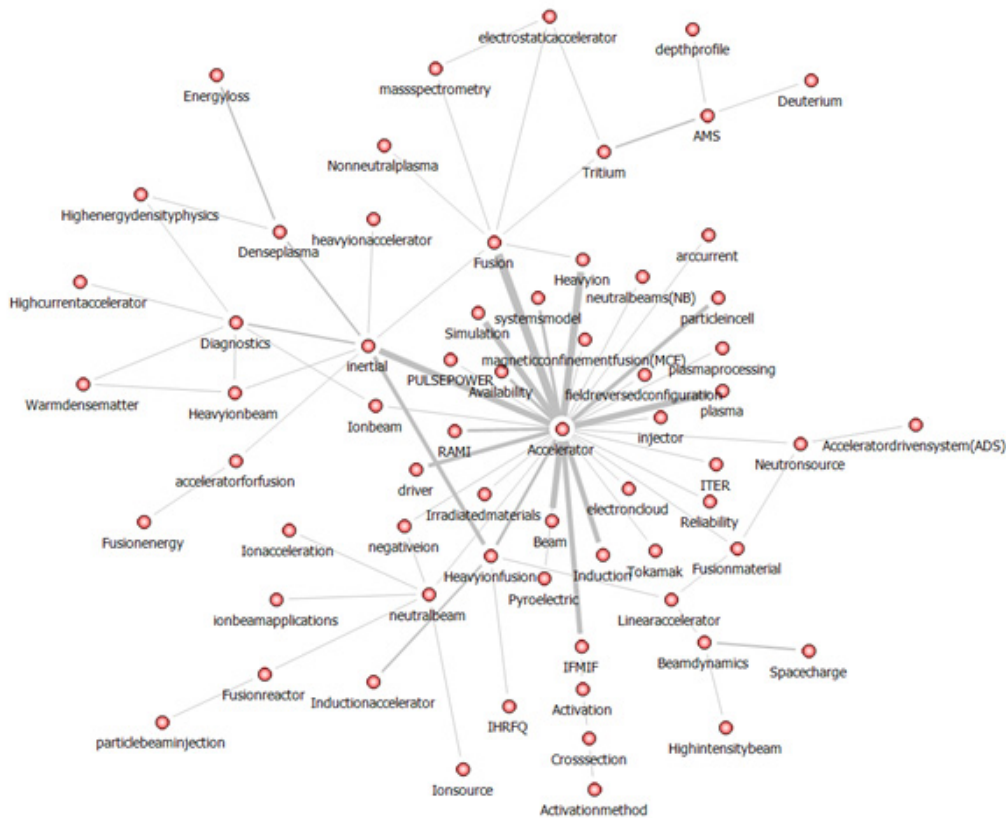
<그림 2> 국산화 추진 우선 순위화를 위한 Make or Buy 지표 관계도

IV. 연구결과

1. 논문 분석을 통한 공통 기술 식별

논문 분석을 위해 WoS(Web of Science) DB를 통해 1,123건의 문헌 정보를 수집하였고, 서지 정보 중 기술 분야 식별을 위해 논문 키워드를 매개로 하여 상호 관계를 분석하기 위한 네트워크 분석을 수행하였다.

분석결과 핵융합가속기 분야의 경우 총 8개의 기술 분야로 나뉘지는 것을 알 수 있었다. 가장 많은 연결 관계를 갖는 제1분야의 경우 Accelerator를 중심으로 핵융합(Fusion), 중이온(Heavy Ion), 플라즈마 등과 같은 연구 분야와 관계를 갖는 키워드 및 ITER, IFMIF 등과 같은 핵융합가속기 분야의 주요 연구 프로젝트의 도출 빈도가 높은 것으로 나타났다. 또한, Beam, Injector, Driver 등 기술 내지는 부품과 연관성이 높은 키워드도 혼합되어 있어 논문 분석을 통한 키워드는 대체적으로 연구 분야, 기술 분야 등 논문의 특성에 맞게 범위가 넓게 규정되어 있는 특성을 갖고 있었다.



<그림 3> 논문 DB를 활용한 핵융합가속기 공통기술 제 1분야 도출 키워드

제 1분야이외의 연구 분야는 대체적 소규모의 네트워크를 형성하고 있었고 총 7개의 연구 분야로 분류할 수 있었다. 여기에는 핵융합 구조재 연구와 관련된 Blanket Structural Material, 가속기 원리를 활용한 핵융합 연료 주입 관련 Fusion Reactor Fueling 등 앞서 언급한 바와 같이 핵융합가속기 간 연구 분야를 중심으로 융복합이 가능한 주제들이 비교적 넓게 도출이 되었다. 또한, Accelerator Magnet, Aluminum Stabilized Super-conductor 등과 같은 기술 내지는 부품 관련 키워드들이 소규모 네트워크를 이루고 있어 논문 DB를

통한 공통 분야의 실무 활용에는 연구 분야와 기술 분야, 부품을 적절한 분류할 수 있는 기준이 필요할 수 있음을 보여 주었다.



<그림 4> 논문 DB를 활용한 핵융합가속기 공통기술 제2분야~제8분야 도출 키워드

이렇게 네트워크 분석을 통해 도출된 키워드는 연관된 키워드와 얼마만큼 강한 연결 강도를 갖고 있는지에 대한 지표 평가를 통해 핵융합가속기 공통 분야에서의 중요도를 나타낼 수 있는데 본 논문에서는 연결 강도의 평가를 위해 연결 중심성을 사용하여 도출된 키워드의 순위화에 활용하였다.

연결중심성은 한 노드가 다른 노드와 공유하고 있는 링크의 수, 즉 네트워크 내에서 노드의 중요성을 나타내는 지표이다. 연결중심성은 아래의 식(1)에 의해 산출되며, n 은 총 노드 수, Z_{ij} 는 노드 i 와 노드 j 간의 연결 빈도수를 의미한다.

$$C_D(i) = S \sum_{j=1}^n (Z_{ij} + Z_{ji}) / \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (Z_{ij}) \quad (1)$$

총 제 8분야로 분류되었던 논문 DB를 활용한 공통 키워드 분석에는 총 1770개의 노드가 존재하였으며, 연결중심성 분석을 통해 그림 5와 같이 우선 순위화 할 수 있었으며 최종적으로 공통 기술 식별에 사용될 분야의 선별에 있어 비교적 다른 키워드 대비 핵융합가속기 분야의 논문에서 중요도가 높게 다뤄지는 근거로 적용하였다.

논문 분석에서는 연결 중심성 평가를 통한 키워드의 우선 순위화 분석을 수행한 것과 같이 특허 분석에서는 이미 신규성 평가가 지표가 적용되어 있으므로 신규성을 중심으로 연관 키워드의 우선 순위화를 수행하였다. 그림 7과 같이 Plate, Strip, Embodiment 등이 핵융합가속기 공통 분야에서의 신규성이 높을 것으로 예상되는 특허 키워드로 식별 되었다.

1	plate
2	strip
3	embodiment
4	exemplary embodiment
5	dielectric material
6	tube
7	composite
8	barrier
9	conductive
10	fiber
11	superconductive
12	incident
13	coil
14	ion beam
15	generator
16	irradiate
17	electrode
18	interval
19	attach
20	fluorescence
21	dielectric strip
22	switch module
23	filament
24	tantalum
25	pump
26	assembly
27	transmission
28	conductor
29	conductive strip
30	collect
31	interval width
32	target
33	substrate

<그림 7> Thomson Innovation 신규성 지표를 통한 특허 키워드 우선 순위화 결과

3. 분석 결과 정제를 통한 최종 공통 분야 식별

논문특허 DB를 통한 데이터 분석 결과를 활용하여 최종적으로 전략 수립에 적용하기 위해서는 그 목적에 맞게 데이터를 정제하는 작업이 필요하다. 앞서 연구 방법에서 언급한 바와 같이 본 논문에서 수행한 논문특허 분석의 목적은 핵융합가속기 공통 기술 기반의 핵심 부품 국산화 분야 도출에 있기 때문에 이후 단계를 수행하기 위해서는 도출된 공통 분야를 산업체와 매핑하기 위한 부품 수준으로 정제 및 분류하는 작업이 필요하다. 특히 논문특허 DB 검색 과정에서 사용된 검색 키워드는 그 특성상 가장 많은 직접 연관 결과를 만들어내지만 Accelerator, Fusion 등 일반적 키워드는 실제 전략 수립 과정에서는 큰 의미를 갖기 어렵다. 따라서 이러한 일반적 키워드를 배제시키고, 부품 수준으로 정제하기 위해서는 해당 분야의 전문가와의 협의가 반드시 필요한 과정이라고 하겠다. 전문가 협의에 있어 기존 방법과의 큰 차이는 이미 공통 기술의 분류가 어느 정도는 식별이 된 상황이므로 이를 검토하는 전문가의 입장에서도 빠르고 효율적으로 식별이 가능하다는 것이다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 논문 결과의 경우는 연구 주제, 기술 분야 등이 비교적 넓은 범위로 혼재되어 있고, 특허 결과는 기술 분야, 부품 수준으로 도출이 되어 이 두 결과를 부품 수준에서 정리 및 분류하는 작업을 위해서 해당 분야의 전문가 협의가 반드시 필요하다고 하겠다.

<표 1> 논문특허 분석을 통한 핵융합가속기 최종 공통 분야 식별 결과

부품	관련 분야
Plate	Magnetic Plate, Back Plate
Conductive Strip	
Material	Fusion, Dielectric, Irradiate, High-Z, Multilayer Packaging
Tube	Microwave
Barrier Filament	Niobium, Tantalum
Fiber	
Water System	
Guide	Ion
Cryovalve	
Cryostat	
Tank	Helium
Wire&Tape	Superconductive, Multi-filament, Exploding, BSCCO
Cable	Superconducting, MI
Pump	Turbo Molecular
Source	X-ray, Tritium Neutron
Power	Pulse, Microwave, Transmission
Detector	Charge Particle, Semiconductor
Magnet	Superconducting, Shielding, Plate, Field
Module	Switch, Blumlein
Sensor	Gammar ray, Fast Neutron
Target	Liquid, Chamber
Spectrometry	AMS, Thomson, X-ray, Optical, Plasma
Dosimeter	Personal Neutron

표 1은 논문 분석을 통한 연결 중심성으로 순위화 한 후 정제된 90개 연구 분야와 특허 분석을 통한 신규성으로 순위화 한 후 정제된 70개 분야를 전문가 협의를 통해 가능한 부품 수준으로 정리 및 분류한 최종 결과를 보여 주고 있다. Plate, Conductive Strip, Tube, Fiber, Water System, Cryo-value 등의 부품 수준의 키워드는 주로 특허 분석을 통해 도출된 키워드들을 활용하였고, 이와 연관된 분야의 매칭을 위해 관련 분야로 논문 분석을 통해 도출된 키워드들을 관련 분야로 정리하였다. 예를 들어 Wire&Tape의 경우 그 적용 분야에 따라 Super Conductive, Multi-filament, Exploding, BSCCO 등의 분야와 연관이 있는 부품으로 해석할 수 있다.

4. 최종 공통 식별 분야를 활용한 전략 수립 사례

선행 과정을 통해 도출된 핵융합가속기 부품 수준의 최종 공통 분야의 키워드를 활용하여 실제 전략 수립 과정에의 활용 과정을 제시함으로써 논문특허 분석을 통한 공통 분야 식별 도출 결과의 효용성을 실증하려 한다. 즉 이러한 과정을 통해 기존의 기술 트리 기반 내지는 전문가 인터뷰를 통한 비교적 작업 난이도가 높은 과정 대신 논문특허 기반의 비교적 빠르고 효율적인 방법을 통해서도 연구 전략 수립의 기반 데이터 생산이 가능함을 보여 줄 수 있을 것으로 판단한다. 그러나 본 논문의 범위는 이러한 전략 수립의 전 과정을 보여주기 위한 것은 아니기 때문에 논문에서는 극저온 벨브(Cryo-value)라는 특정 분야를 예시적으로 선택하여 논문특허 분석 결과를 통해 도출된 결과가 어떻게 활용되는 지를 사례로 제시하려 한다.

극저온 벨브는 120K(-153℃) 이하의 온도영역에서 사용하며, 탱크, 펌프, 배관 등과 함께 극저온 시스템의 핵심 요소 부품 중 하나로서 에너지 분야, 화학 제품 및 기계 부품 제조시설, 초전도체 설비, LNG Carrier와

같은 선박에 주로 적용된다. 특히, 핵융합가속기 분야와 관련하여 초전도 조건을 기반으로 하는 KSTAR와 같은 초전도 장치 및 중이온 가속기 분야에 활용이 가능한 핵심 부품이다. 극저온 밸브의 전문 제조 업체는 해외의 경우 KSB 등 11개사가 있고, 국내의 경우 아직 미흡하지만 5개 회사 정도가 주문 생산 시스템을 갖추고 있다. 그러나 주요 활용처가 되고 있는 선박 건조사의 경우 98% 이상을 해외 제품에 의존하고 있다. 그러나 2010년 이후 극저온 밸브 국내 출원 건수는 24건으로 전 세계 출원 건수의 83%를 점유하고 있는 등 관련 분야의 국내 기술 확보 수준도 매우 높은 편이다.

논문특허 분석을 통해 도출된 극저온 밸브의 부품을 통하여 산업체 매핑을 수행한 결과가 표 2에 나타나 있다. 극저온 밸브의 경우는 국산화 추진 대상 선정에 있어 국내외 산업계가 경합을 하고 있는 분야로 볼 수 있으며, 국내 업체의 기술 확보 수준, 향후 시장성 등의 평가에 의해 국산화 추진 대상 분야로 선별할지 판단이 필요하다.

<표 2> 극저온 밸브 산업체 매핑 결과

해외	국내
Westad(노르웨이)	
KSB-Amri(독일)	
Metso-Mapag(핀란드)	피케이밸브
AMPO Poyam(스페인)	(주)에이스브이
Valco Snri(노르웨이)	엔에스브이(NSV)
Bestobell(영국)	하이록코리아
Herose(독일)	코벨
Velan Inc.(스페인)	비츠로테크
Pentair(미국)	
Fukui(일본)	

1) 국내 기술 확보 수준 분석

국내외 업체가 경합을 하고 있는 극저온 밸브의 국산화 추진 분야로 선정하기 위해 관련 기술의 국내 업체 확보 수준을 분석하였다. 이를 위해 관련 특허의 연도별 현황을 분석하였으며 표 3과 같이 1999년 이전까지는 미국, 유럽 등이 강세를 보이고 있었으나, 2000년 이후 부터는 한국의 특허 확보 비율이 현저히 증가함을 알 수 있다. 즉, 해외 업체 대비 최근 극저온 밸브에 대한 국내 업체의 연구 개발 비중이 점차 증가하고 있으며 이는 국내의 기술 준비 수준이 높아지고 있음을 반증하는 결과라 판단한다. 특히, 특허 출원인의 경우 앞서 조사된 극저온 밸브 관련 국내 업체인 피케이밸브, 하이록코리아, 엔에스브이 등이 포함되어 있어 연관 산업계의 기술 준비 수준이 점차 증가하고 있는 것으로 판단하였다.

<표 3> 극저온 밸브 연도별 특허 현황

항목	1989이전	1990-1999	2000-2009	2010-2013	계
한국	-	1	11	24	36
미국	4	-	5	1	10
유럽	6	2	-	-	8
일본	3	4	3	-	10
PCT	2	1	10	4	17

(출처) 신규사업(극저온 밸브) 분석 보고서, 비츠로테크, 2014.04

2) 극저온 밸브 시장성 분석

국산화 추진 대상 선별에 있어 기술 확보가 되었더라도 관련 시장의 규모, 성장성이 보장되지 않을 경우 연구 성과의 창출에 있어 큰 기대 효과를 얻기 힘들 수 있다. 따라서 관련 분야의 시장성 분석을 통한 규모의 예측이 국산화 추진 대상 분야 선별에 매우 중요한 이슈라 볼 수 있다.

현재 극저온 밸브 시장은 유럽, 미국, 일본 등의 해외 선진국 기업이 선점하고 있다. 한국의 경우 볼 밸브를 제외하고는 적용 실적이 미흡하고 신뢰성도 부족하여 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 표 4는 적용 분야별 극저온 밸브 세계 시장 규모를 보여 주고 있다. 표에서 나타난 바와 같이 향후 극저온 밸브 시장 규모는 2017년까지 약 3조원에 이를 것으로 예상된다. 2012년부터 2017년까지 연평균 성장률(CAGR) 기준 6.9%에 달하는 것으로 향후 시장 규모 및 성장성은 매우 양호한 것으로 판단된다. 주요 적용 처로는 에너지와 전력 시장이 약 8천억원 규모로 가장 크고, 연평균 성장률 기준으로는 선박 시장이 13.4%로 가장 높다. 또한 핵융합가속기 관련 분야가 포함되어 있는 전자기기의 시장규모는 2017년 약 3천억 원으로 연평균 10%의 성장을 예상하고 있다. 따라서 국내 업체의 기술 확보 경쟁력을 바탕으로 제품 신뢰성 확보 및 인증 관련 연구 개발의 지원을 통해 국내 주요 사용처 뿐 아니라 해외 극저온 밸브의 시장의 진출을 도모할 경우 그 파급 효과는 매우 큰 분야로 판단된다.

<표 4> 적용분야별 극저온 밸브 세계 시장 규모

Application	2010	2011	2012	2017	CAGR% (2012-2017)
Energy and Power	754	790	862	1,130	5.6
Chemicals	491	510	514	680	5.8
Metallurgy	202	220	233	335	7.6
Electronics	144	160	168	278	10.6
Ship Building	89	110	129	243	13.4
Other	84	91	117	156	5.8
Total	1,763	1,881	2,023	2,822	6.9

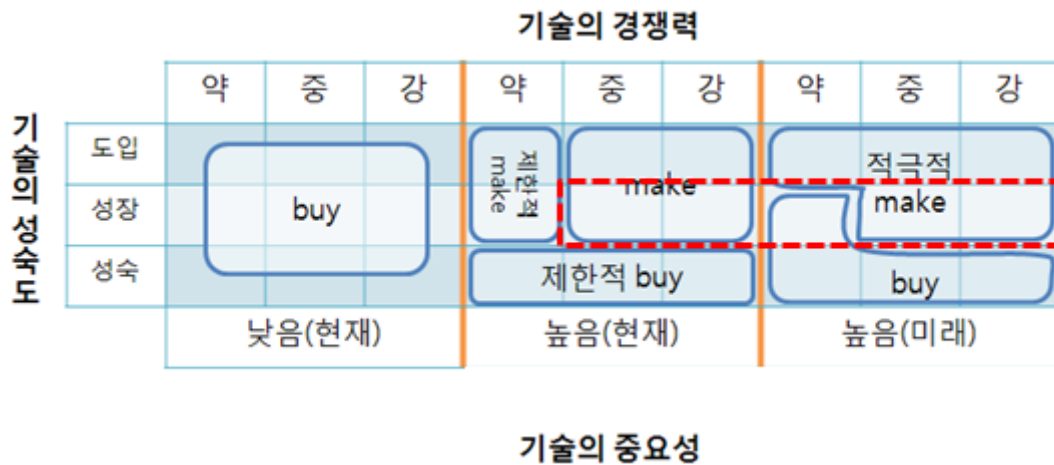
(출처) CryoGas International, Gasworld, Cryogenic Society of America, ColdFacts Magazine 등

3) Make or Buy

극저온 밸브 관련 산업체 현황, 기술 확보 수준, 시장 규모, 중요성 등의 분석을 기반으로 Make or Buy 이론 토대에 비춰 국산화 추진을 하는 것이 나올지 최종 판단을 도출하려 한다. 앞서 살펴본 바와 같이 기술 경쟁력 측면에서는 현재 극저온 밸브는 해외의 기술 수준 및 시장 선점율이 매우 높은 분야이나 최근 관련

특히의 국내 확보율이 증가하고 있는 상황으로 비춰보아 중 수준으로 평가할 수 있을 것이다. 기술의 성숙도 관련 극저온 밸브는 전통적인 선박 분야 뿐아니라 에너지 분야, 핵융합가속기 분야 등 새로운 시장에 대한 시장 규모 및 관련 특화 기술의 개발이 중요한 만큼 성장 단계에 있다고 판단되며, 기술의 중요성 측면에서는 현재 대부분을 해외 부품 업체에 의존하고 있으나 향후 예상되는 시장 규모 및 성장성이 높게 예상되는 만큼 국산화를 통해 얻게 될 경제적 파급 효과는 매우 클 것으로 예상되어 기술의 중요성은 현재와 미래에도 계속 높은 분야라 판단된다.

따라서 극저온 밸브 분야는 아래 그림에서 make 내지는 적극적 make의 영역에 포함되어 국산화 추진을 통한 핵심 부품 국산화의 우선순위가 매우 높은 분야로 선정되어야 할 것이다.



<그림 8> 극저온 밸브의 make or buy

극저온 밸브의 사례에서 실증한 것과 같이 논문특허 분석을 통해 도출된 타 공통 기술 분야에 대해서도 산업체 매핑, 국산화 추진 대상 선별, 기술성 평가(기술 확보 수준, 시장성 등)등의 분석 단계를 통하여 최종적으로 핵심 부품 국산화 추진 전략 수립에 활용할 수 있을 것으로 판단한다. 즉, 논문특허 분석을 통해 식별된 핵융합가속기 공통 기술 분야의 식별 결과가 기존의 방법 대비 효율적이고 신속하게 분석이 가능하면서도 그 도출 결과의 효율성도 여전히 보장될 수 있음을 알 수 있었다.

V. 요약 및 결론

본 논문은 최근 중요성이 매우 높아지고 있는 융복합 연구 활성화 관련하여 이종 분야 간 시너지 창출이 가능한 분야의 식별에 있어 기존의 전문가 인터뷰 내지는 기술 트리 기반의 비교적 복잡하고 장시간이 소요되는 작업 대비 ICT 인프라 기반의 논문특허 DB를 활용 및 네트워크 분석 및 계량 분석 기법 적용을 통한 빠르고 효율적인 이종 분야 간 공통 분야 식별과 관련한 방법론을 제시한다. 이를 위해 핵융합가속기 분야의 공통 기술의 식별 분석을 수행하였으며, 논문 분석을 통해 정제된 약 90개의 분야 키워드, 특허 분석을 통해 정제된 약 70개의 분야 키워드를 활용하여 최종적으로 23개의 공통 키워드를 도출하였다. 이 과정에서 논문의 키워드는 주로 연구 주제 내지는 기술 분야와 관련된 비교적 넓은 범위의 키워드들이 도출된 반면, 특허 키워드의 경우 기술 분야 내지는 부품 관련 실적용 분야의 상세 키워드들이 도출되어 이를 매칭 시키기 위해

관련 분야의 전문가 협의가 필요하였다.

최종적으로 도출된 공통 분야는 실제 연구 개발 전략 수립 과정에 적용되는 사례를 제시함으로써 논문특허 DB를 활용한 도출 결과의 효용성에 대해서도 반증하고자 하였다. 관련하여 23개 공통 분야 중 극저온 밸브(Cryo-valve)를 선택하여 사례를 들었으며, 극저온 밸브를 중심으로 국내외 산업체 조사를 실시하였다. 그 결과 해당 분야는 국내외가 경합하고 있는 분야로 판단되었고, 국산화 추진 여부를 결정하기 위해 국내 업체의 기술 수준 확보 현황을 주요 관련 업체의 특허 출원 현황 분석을 통해 살펴보았다. 또한 향후 국산화 추진을 통한 연구 개발 성과 예측을 위해 관련 제품의 시장성 분석을 수행하였고 극저온 밸브는 향후 선박, 에너지, 핵융합가속기 분야 등에 매우 높은 성장성을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 현재는 미국, 유럽 중심으로 시장이 선점되어 있고, 국내 관련 분야 역시 대부분 수입품에 의존하고 있어 연구 개발 지원을 통해 극저온 밸브의 국산화 성공 시 그 파급 효과는 매우 클 것으로 생각되어 make 혹은 적극적 make가 필요한 분야로 최종 결론지었다.

논문특허 분석을 통한 결과는 일부 전문가 논의 과정에서 논문특허가 비교적 잘 나오는 분야로 일부 주제가 편중되는 현상이 있을 수 있어 핵융합가속기 전체 분야에서 어느 정도의 커버리지(coverage)를 확보할 수 있을지의 분석이 추가적으로 필요하다는 의견이 있었다. 물론 기존의 전문가 인터뷰 내지는 기술 트리 기반의 분석 작업 역시 결국은 사람에 완전히 독립적일 수 없다는 측면에서 이 문제는 비단 논문특허 분석 결과에만 국한되는 것은 아니라 생각한다. 그러한 점에서 논문특허 분석은 본 논문에서 다루어진 것과 같이 이종 분야 간의 융복합 연구 활성화 분야의 식별에 있어 매우 빠르고 유용한 분석 방법이 될 수 있다고 생각한다.

참고문헌

(1) 국내문헌

양혜영(2008), “네트워크 분석방법을 적용한 과학기술분야간 상관관계 및 국가연구개발사업 특성 분석,” 한국과학기술기획평가원.

손동원(2002), “사회 네트워크 분석,” 경문사.

윤영수, 채승병(2005), “복잡계 개론,” 삼성경제연구소.

김성희, 장로사(2010), “사회연결망 분석 연구동향 및 정보학 분야에서의 활용가능성에 관한 연구,” 「정보관리학회지」, 제27권, 제4호, pp.71-87

박한우(2010), “e-사이언스 시대의 인문사회학 연구하기: 인터넷연구방법을 중심으로,” 영남대학교 사회과학연구소, 「사회과학연구」, 제30권, 제2호, pp.195-211

홍형득(2006), “과학기술정보 및 지식의 생산과 흐름분석을 위한 네트워크 분석: 바이오안정성 관련정보의 하이퍼링크를 중심으로,” 「한국행정학보」, 제40권, 제1호, pp.199-223.

이수경, 정상원, 김홍기, 염영희(2011), “한국 간호학 연구주제의 사회 연결망 분석,” 「대한간호학회지」, 제41권, 제5호, pp.623-632.

송미경, 이만형(2011), “사회네트워크분석을 활용한 대전 정보통신산업 네트워크의 구조적·공간적 특성과 시스템 사소를 통한 정책적 함의,” 「한국 시스템다이내믹스 연구」, 제12권, 제2호, pp.69-94.

정연미, “사회연결망 분석기법을 적용한 신재생에너지 정책네트워크 분석,” 「한국정책학회보」, 제23권, 제1호, pp.403-430.

한국보건산업진흥원(2014), “국내 특허정보를 활용한 보건산업 융복합 동향분석”, 융합산업전략실 동향분석팀

임병학(2012), “논문 공동저가 네트워크가 연구성과에 미치는 영향에 대한 연구,” 「로고스경영연구」, 제10권, 제1호, pp.1-20.

김하진(2014), “동시출현단어 분석을 통한 국내외 정보학 학회지 연구동향 파악,” 「정보관리학회지」, 제31권, 제1호, pp.99-118

윤병운(2008), “계량정보 분석방법론의 과학 기술 적용 사례 조사 분석 연구,” 한국과학기술정보연구원.

(2) 국외문헌

Porter, A. L.(2002), “Research Profiling: improving the literature review, scientometrics”, 53(3), 351-370.

Egghe, L.(2006), “An improvement of the h-index: The g-index,” ISSI Newsletter, 2, 8-9.

Hanneman, Robert A. & Riddle, Mark (2011). “Concepts and Measures for Basic Network Analysis,” The Sage Handbook of Social Network Analysis. SAGE. pp. 364-367. ISBN 978-1-84787-395-8.

Linton Freeman(2006), “The Development of Social Network Analysis,” Vancouver: Empirical Press.