

복합제품시스템 추격을 위한 특허 기반 부상기술 탐색: 가스터빈 사례를 중심으로¹

Exploration of emerging technologies based on patent analysis in complex product systems for catch-up: the case of gas turbine

곽기호 (Kiho Kwak) 한국기계연구원 경영전략실²
박주형 (Joohyoung Park) 한국기계연구원 경영전략실

ABSTRACT

Korean manufacturing industry have recently faced the catch-up of China in the mass commodity product, such as automotive, display, and smart phone in terms of market as well as technology. Accordingly, discussion on the importance of achieving catch-up in complex product systems (CoPS) has been increasing as a new innovation engine for the industry. In order to achieve successful catch-up of CoPS, we explored emerging technologies of CoPS, which are featured by the characteristics of radical novelty, relatively fast growth and self-sustaining, through the study of emerging technologies of gas turbine for power generation. We found that emerging technologies of the gas turbine are technologies for combustion nozzle and composition of electrical machine for increasing power efficiency, washing technology for particulate matter, cast and material processing technology for enhancing durability from fatigue, cooling technologies from extremely high temperature, interconnection operation technology between renewable energy and the gas turbine for flexibility in power generation, and big data technology for remote monitoring and diagnosis of the gas turbine. We also found that those emerging technologies resulted in technological progress of the gas turbine by converging with other conventional technologies in the gas turbine. It indicates that emerging technologies in CoPS can be appeared on various technological knowledge fields and have complementary relationship with conventional technologies for technology progress of CoPS. It also implies that latecomers need to pursue integrated learning that includes emerging technologies as well as conventional technologies rather than independent learning related to emerging technologies for successful catch-up of CoPS. Our findings provide an important initial theoretical ground for investigating the emerging technologies and their characteristics in CoPS as well as recognizing knowledge management strategy for successful catch-up of latecomers. Our findings also contribute to the policy development of the CoPS from the perspective of innovation strategy and knowledge management.

Keywords: Complex Product Systems (CoPS), Catch-up, Patent Data Analysis, Emerging Technologies, Convergence between Emerging Technologies and Conventional Technologies

¹ 논문접수일: 2016년 5월 9일; 1차 수정: 2016년 5월 27일; 게재확정일: 2016년 6월 13일

² 교신저자

I. 서론

그간 한국은 전세계적으로 유래가 없는 빠른 경제 성장을 달성해왔다. 특히 선진국의 기술을 획득·흡수·개선하는 방식의 추격(Catch-up) 전략(Kim, 1980; Lee et al., 1988)은 자동차, 철강, 메모리 반도체, 디스플레이, 휴대폰 등 대량생산 제품(Mass Commodity Product) 영역에서 가파른 성장을 달성하는데 중요한 역할을 하였다. 이와 같은 대량생산 제품 영역에서의 추격 성과는 기술수명주기 상 성숙기의 기술을 도입한 후 원가 경쟁력을 확보한 노동 요소 투입 및 자본 요소의 집중적 투입을 통해 주문자 상표부착 제조(OEM, Original Equipment Manufacturing)에서 생산자 상표 제조(OBM, Original Brand Manufacturing)로 발전하는 방식을 통해 달성되었다(Lee et al., 1988; Lee, 2005). 특히 초기 중저가 시장 진출을 통해 달성한 재무적 성과를 설계 등 고위 기술 확보 및 내부 기술 역량 축적을 통한 기술 창출에 필요한 자원으로 재활용하는 전략이 오늘날 세계적인 경쟁력을 확보하는데 중요한 역할을 하였다.

그러나 최근 들어 상기 대량생산 제품 영역에서의 중국의 추격이 본격화됨에 따라 한국이 기존에 활용한 전략 또는 기존에 경쟁력을 확보한 산업을 고수하는 것만으로는 지속적인 성장이 점차 어려워지고 있다. 예를 들어 중국의 조선산업은 2010년 수주량 세계 점유율 41.6%를 기록하며 한국(28.9%)을 제치고 1위에 오른바 있다(홍성인, 2015). 중국의 대형 디스플레이 패널 산업은 2012년 세계시장 점유율(매출액 기준) 8.1%를 기록하며 일본을 추월한데 이어 2015년 3분기에는 20.6%를 기록하며 삼성디스플레이의 점유율(17.6%)을 추월하였다(서동혁, 2014; 파이낸셜 뉴스, 2015). 스마트폰의 경우에도 2015년 3분기 레노버, 화웨이, 샤오미, TCL, ZTE, OPPO 등과 같은 주요 중국 기업의 소비자 판매 점유율이 22.0%를 기록하며 삼성전자의 점유

율(21.4%)을 추월하는 등(Gartner, 2015) 중국의 추격 성과는 특정 산업을 넘어 한국 주력 산업 전반에서 두드러지고 있다. 그리하여 국내에서도 보다 장기적인 관점에서 이미 세계적인 경쟁력을 확보한 대량생산 제품 분야의 기초연구 확대 및 핵심원천기술 확보, 아키텍처 혁신 주도 및 공동 참여, 틈새시장에서의 세계적 강자(Global Niche Top 또는 Hidden Champion) 지향과 같은 새로운 산업 전략에 대한 논의가 2000년대 초반부터 지속적으로 이루어졌다(이원영, 2002; 송위진 외, 2006; 이병하·김원소, 2011; 조병선, 2013).

한편 위에서 제시한 대량생산 제품 분야에서의 세계 최고 지향을 위한 논의와 함께 복합제품시스템(Complex Product System, CoPS) 분야의 추격 및 경쟁력 확보에 대한 논의도 비슷한 시기에 함께 시작되었다(송위진, 1999; 황혜란, 1999). 그러나 복합제품시스템은 제품 자체가 비싸며, 맞춤형 생산을 위한 깊은 지식 기반과 경영·사회적 역량이 요구되는 점, 경제 개발 초기 단계에서는 복합제품시스템 역량 획득에 필요한 자원이 부족하며, 대량 생산과 달리 구매가 빈번히 이루어지지 않는 수주형 시장 특성으로 인해 후발국의 추격이 쉽지 않은 분야로 인식되어 왔다(Choung and Hwang, 2007; Miller et al., 1995). 이에 따라 그간 후발국가의 복합제품시스템 추격에 대한 논의는 사례 연구에 기반하여 추격 성과 달성에 중요한 역할을 한 역량 또는 기술 획득 전략을 분석하거나, 제한된 추격 성과에 그친 원인을 귀납적·사후적(Ex post)으로 제시하는 관점에서 이루어졌다(Lee and Yoon, 2015; Park, 2012; Park and Ji, 2015; 노성호·박태영, 2013; 송위진 외, 1999; 조황희, 1998).

그러나 복합제품시스템의 추격을 위해 기술 개발 전(Ex ante) 또는 개발 초기 단계에서 대상 복합제품시스템을 구성하는 기술 중 최근에 개발이 활발히 진행되면서 기술적 중요성 및 경제적 가치가 큰 부상기술(Emerging Technology) 발굴 및 그 특성을 파악하고,

이를 기술개발 및 지식경영 전략 수립에 반영하기 위한 논의는 이루어지지 못하였다. 후발국은 복합제품시스템 기술 개발에 필요한 자원과 역량이 부족하고, 수주형 시장 특성으로 인해 추격에 어려움을 겪는다는 기존 논의를 고려한다면, 사전에 개발 대상 복합제품시스템의 최신 기술 개발 동향을 분석하고 한정된 자원과 역량을 집중할 부상기술을 탐색하는 것은 성공적인 추격을 위해 반드시 필요한 과정이다. 따라서 논문과 특허 등 서지정보(Bibliographic Information)를 활용하여 부상기술을 발굴하는 논의를 복합제품시스템 분야로 확장하기 위한 노력이 시급하다.

이에 따라 본 연구에서는 현재 기계분야 출연연구기관을 중심으로 추적이 시작된 ‘발전용 가스터빈(Gas Turbine)’에 대한 특허 분석을 수행하고, 발전용 가스터빈의 부상기술 발굴 및 그 특성을 파악하고자 한다. 발전용 가스터빈이란 천연가스 등 고온·고압 상태의 연소가스가 가진 열에너지를 이용하여 회전 운동을 발생시키고, 이를 통해 전기를 생산하는 회전기계(Rotating Machinery)로 복합제품시스템의 대표 사례 중 하나이다(한국기계연구원, 2014; Hobday, 1998; Bergek et al., 2008). 특히 기계분야 출연연구기관의 발전용 가스터빈 개발은 2015년부터 장기 계획 하에 추진되고 있는 기관 고유사업으로서 특허 분석 결과를 통해 부상기술을 확인하고, 그에 따른 연구개발 자원과 역량 투입 집중 분야를 발굴·선정하는 것은 물론, 부상기술의 특성을 고려한 기술개발 및 지식경영 전략을 수립하는 것은 매우 의미 있는 시도라 하겠다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 복합제품시스템의 정의와 특성, 복합제품시스템의 추격에 대한 기존 논의를 고찰하고, 본 연구의 대상인 발전용 가스터빈의 혁신에 대한 선행 연구 및 서지정보를 활용한 부상기술 탐색과 관련한 기존 논의를 살펴보았다. 이어 III장에서는 본 연구에서 활용한 특허기반 부상기술 탐색 방법론 및 자료 수집에 대해 서술하였다.

IV장에서는 발전용 가스터빈 분야의 특허기반 부상기술 탐색 결과 및 도출된 부상기술의 특성을 서술하였다. 마지막 V장에서는 연구의 결론 및 토의와 향후 연구에 대해 논의하였다.

II. 이론적 배경

2.1 복합제품시스템의 정의와 특성

2.1.1. 복합제품시스템의 정의와 사례

복합제품시스템이란 고도의 맞춤형 생산을 위해 엔지니어링과 설계 기술이 집약되어 있는 대규모 시스템 형태의 제품을 의미한다(Hobday 1998; Park, 2012; 송위진, 1999; 송위진 외, 1999; 황혜란, 1999). 먼저 ‘복합(Complex)’은 복합제품시스템이 다수의 주문 생산형 부품으로 구성되어 있고, 제품 생산 및 혁신에 다양한 분야의 지식과 기술(Skill)이 필요함을 의미한다(Hobday, 1998; 황혜란, 1999). 이러한 복합적 특성은 관여하는 부품의 수와 관련 기술의 신규성 등으로 측정가능하다(Hobday, 1998). 한편 ‘시스템’은 부품과 부품 간 네트워크 구조, 그리고 부품의 제어 메커니즘 관점에서 이해할 수 있다. 부품은 시스템의 공통의 목표를 달성하기 위해 타 부품과 긴밀한 연계 속에 존재하며, 이러한 부품 간 네트워크는 제어 메커니즘을 통해 관리된다(Hobday, 1998; 황혜란, 1999). 이는 부품 간 상호작용의 제어를 통해 복합제품시스템 전체의 효율성과 성능이 결정됨을 의미한다(황혜란, 1999).

이와 같은 ‘복합’과 ‘시스템’의 속성은 제품 아키텍처 선택의 다양한 대안 존재, 높은 사용자 피드백과 생산자 간 그리고 규제기관과의 조정의 어려움, 대규모 실험 비용 소요의 관점에서 이해할 수 있다(Hobday, 1998). 먼저 제품 아키텍처의 관점에서는 다수의 맞춤형 생산 부품 및 부품 간 다양한 상호연계 대안이 존재함을 의미하며, 이로 인해 복합제품시스템의 아키텍처 선택에 어려움을 야기할 수 있다. 또한 맞춤형·주

문 생산 특성으로 인해 생산 과정에서 사용자의 깊은 피드백이 존재하기 때문에 이를 반영하여 설계 사양을 수정하기 위해서는 복합제품시스템을 제작하는 기업 간 높은 수준의 조정이 요구된다. 따라서 복합제품시스템 제작에 참여하는 기업 수가 많을수록 조정은 복잡해질 수 있다(Park, 2012; 황혜란, 1999). 규제 기관 관여의 경우 복합제품시스템의 안전과 표준 설정뿐 아니라 생산 방식, 시스템 인증 등에 영향을 미칠 수 있다는 점에서 규제기관과 조정의 복잡성 증가를 야기할 수 있다. 마지막으로 복합제품시스템 고유 속성으로 인해 시제품 제작 및 시장 조사에 대규모 비용이 필요하며, 엔지니어링 관점에서 과거에 축적한 설계와 개발 경험을 체계적으로 활용할 수 없다는 점 또한 대규모의 실험 비용 소요를 수반하는 원인으로 작용한다.

상기 정의에 따른 복합제품시스템의 대표적인 예로는 통신 교환기, 모의 비행장치(Flight Simulator), 항공기 엔진, 항공 전자 시스템, 철도 엔진, 교통 통제 시스템, 전력 망(Electricity grids), 해양 플랜트, 지능형 빌딩, 이동통신 네트워크 장비, 반도체 리소그라피 장비, 인공위성 등을 들 수 있다(Hobday, 1998; 송위진 외, 1999; 조황희, 1998; 황혜란, 1999). 제시한 예에서도 알 수 있듯이 복합제품시스템은 산업재(Industrial Goods)가 대부분이며, 기계, 항공우주, 플랜트, 건설, 전기 제어, 방위산업, 전력, 해양, 철도, 정보통신장비 등 다양한 산업 분야를 포괄한다.

2.1.2. 복합제품시스템의 특성: 시장, 생산 및 혁신의 관점에서

복합제품시스템은 시장, 생산, 그리고 혁신의 관점에서 대량생산 제품과 구별되는 특성을 지니고 있다(Hobday, 1998). 먼저 시장 특성의 관점에서는 공급자 수가 적은 과점 구조가 많으며, 고가의 맞춤형 생산 특성상 개별 거래마다 가격 협상이 별도로 이루

어지는 경향이 강하다(Hobday, 1998; 송위진 외, 1999). 또한 전력, 통신, 공공 운송, 자원 개발, 국방 등 복합제품시스템의 사용자가 공공 부문에 속하는 경우가 많기 때문에 시장이 제도화되어 있고, 정부가 안전 규제, 기술 표준, 독점적 이익 방지 등의 분야에서 적극적 또는 깊숙이 개입하는 특성이 나타난다(Hobday, 1998; Park, 2012; 황혜란, 1999). 이에 따라 복합제품시스템 개발의 이해관계자는 기술 표준, 규제, 구매 정책 등의 분야에서 자신들에게 유리한 상황이 전개될 수 있도록 정부나 공공기관을 대상으로 영향력을 행사하거나 로비(Lobby)를 벌이기도 한다(송위진 외, 1999).

복합제품시스템의 생산 특성은 프로젝트에 기반을 둔 소량 생산(Small Batch) 및 다양한 기업의 참여·제휴를 통한 생산으로 이해할 수 있다(Hobday, 1998; Park, 2012). 이에 따라 복합제품시스템은 표준화된 제품의 대량 생산을 통한 지식·노하우 습득, 생산성 향상과 같은 대량생산제품에서의 학습 과정을 찾아보기가 어렵다. 이는 복합제품시스템 분야에서 후발주자의 추격이 어렵거나 제한된 성과에 그친 중요한 이유 중 하나로 이해할 수 있다. 한편 복합제품시스템은 생산 과정에서 성능 구현을 위한 시스템 통합, 시스템 엔지니어링 및 주어진 기간 내에 효율적으로 생산하기 위한 프로젝트 관리를 중요시한다(Hobday, 1998). 이러한 관점에서 복합제품시스템의 효율적 생산을 위해 초기에 개발된 복합제품 시스템이 플랫폼(Platform)으로 활용되기도 한다(Son and Choung, 2014; 송위진, 1999; 송위진 외, 1999).

마지막으로 복합제품시스템의 혁신 특성은 사용자의 높은 혁신 관여와 사용자·공급자 간 높은 상호작용, 설계 및 시스템 통합 역량 강조, 서비스 혁신 역량 확보의 중요성으로 요약할 수 있다. 상기 살펴본 복합제품시스템의 맞춤형 생산과 고비용 구조는 복합제품시스템을 사용하는 수요자로 하여금 혁신에 필요

한 자금과 지식을 지원·전달하는 유인으로 작용한다(Park, 2012; 송위진, 1999; 송위진 외, 1999; 황혜란, 1999). 또한 사용자는 기본적으로 복합제품시스템에 대해 깊이 있는 지식을 가진 경우가 많지만 종종 성능에 대한 요구 사항을 처음부터 정하지 못한 채로 개발을 시작하기도 하며, 개발 과정에서 이를 확정하거나 변경하는 경우도 발생한다. 이는 복합제품시스템 개발 과정에서 사용자와 공급자 간 높은 상호작용을 유발하는 중요한 원인으로 작용한다(송위진 외, 1999; 황혜란, 1999). 따라서 가능하다면 수요자와 생산자 간에 기술적 이슈에 대해 설계와 개발, 생산의 각 단계에서 사전에 기술개발 내용을 동의 또는 협상하는 것이 바람직하다(Hobday, 1998). 한편 복합제품시스템은 제품 자체가 수많은 부품 간의 복잡한 인터페이스(Interface)로 구성되어 있어서 이를 통합적으로 설계할 수 있는 시스템 통합 역량 확보가 혁신 성과 달성에 중요한 역할을 한다(Hobday, 1998). 더불어 복합제품시스템은 긴 제품수명주기를 갖고 있기 때문에(Hobday, 1998; 송위진 외, 1999), 부품 교체, 유지보수, 기술 컨설팅 등 다양한 서비스 수요에 대한 공급자의 혁신 역량 확보가 복합제품시스템 분야 시장성과 창출에 중요한 역할을 한다.

2.2 복합제품시스템의 추격

기술혁신이론 관점에서 추격(Catch-up)이란 특정 후발 국가, 산업 또는 기업(Latecomers)이 기술 역량 및 시장 성과 관점에서 선발주자(First movers)와의 격차를 줄여나가는 것을 의미한다(Bell and Figueredo, 2010; Fagerberg and Godinho, 2005; Hobday, 1995). 추격에 대한 연구는 주로 한국과 대만, 중국과 같은 동아시아 국가를 중심으로 이루어져 왔으나, 최근에는 브라질이나 인도와 같은 신흥국으로 그 대상이 확장되고 있으며, 분석 단위(Unit of Analysis)도 국가와 산업에서 특정 산업 내 기업 등으

로 점차 세분화되고 있다. 특히 최근 들어 복합제품시스템 분야에서 한국과 중국 등을 중심으로 성공적인 추격 성과를 거둔 사례들이 출현함에 따라 사후적인 관점에서 복합제품시스템 추격의 성공요인을 규명하는 연구가 출현하고 있다(Lee and Yoon, 2015; Park, 2012; Park and Ji, 2015; Park and Kim, 2014; Son and Choung, 2014; 노성호·박태영, 2013; 지일용·이상현, 2015).

먼저 Park(2012)은 시분할 전전자교환기(Time Division Exchange), 코드분할다중접속(CDMA), 와이브로(Wibro)에 대한 사례 연구를 통해 정부의 강력한 지원에 기반한 연구개발 네트워크 조성, 국제 표준 채택을 위한 협력 등의 네트워킹 역량, 해외 기술 도입과 자체 기술 개발의 동시 진행, 산업계와 연구계의 기술개발 협력과 같은 광범위하면서 심층적이고 통합적인 기술 획득 노력, 그리고 복합제품시스템 개발의 국가 경제 개발 정책 반영 및 지원, 시장 조성, 표준화 지원과 같은 정부 정책과 제도의 지렛대(Leverage) 효과가 상기 복합제품시스템의 성공적인 추격에 중요한 역할을 하였음을 주장하였다. 특히 시분할 전전자교환기에서부터 와이브로에 이르는 한국의 정보통신 분야 복합제품시스템의 진화에 있어 대기업의 역할이 기술 개발, 표준 제정, 상용화 분야를 중심으로 점차적으로 증가해왔음을 설명하였다. 이와 같은 네트워킹 역량, 광범위하면서 심층적인 지식과 기술 획득, 정부의 장기·지속 정책 지원과 제도화 같은 노력의 중요성은 중국의 유인 우주선 추격 및 한국의 전자정부 개발 성공 사례, 그리고 교환기(Switch), 기지국(Base Station)과 같은 모바일 통신 장비의 추격 실패를 다룬 후속 연구에서도 지속 제시된 바 있다(노성호·박태영, 2013; Park and Kim, 2014; Park and Ji, 2015).

Son and Choung(2014)는 한국형 원전 모델 APR(Advanced Power Reactor) 1400 개발 사례에 대한 연구를 통해 한국의 원자력 발전 분야 추격의 원

동력을 플랫폼 설계 기술 확보의 관점에서 고찰하였다. 그들은 APR 1400을 기존 선진국이 보유한 지배적 설계의 재조합 과정을 통해 확보한 고유의 플랫폼 설계로 이해하고, 이것이 기술 학습 곡선(S-Curve) 상에서 추격을 촉진하고 기술 진보의 장애물을 제거하는데 중요한 역할을 한다고 설명하였다. 이와 같은 APR 1400을 확보함으로써 한국이 원자력 발전 플랜트의 아키텍처와 기자재 간 관계를 심층적으로 이해할 수 있었고, SMART 원자로, APR+ 등 후속 모델 개발의 성과를 거두었음을 강조하였다.

한편 지일용·이상현(2015)은 한국과 이스라엘 방위산업에 대한 사례 연구를 통해 방위산업 후발국의 추격은 안보위기 조성, 경제적 유인 제공, 경제적 위기 조성의 단계를 따라 이루어졌음을 밝혔다. 특히 안보위기 조성과 경제적 유인 제공은 후발국이 방위산업에 진입하고 제조와 개발활동을 추진하는데 중요한 역할을 하였으나, 방위산업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 대외 환경 변화에 따른 보호 정책 축소, 예산 감축에 따른 수출 전략 강화와 같이 경제적 차원에서 동기부여를 할 수 있는 경제적 위기 조성 정책이 필요함을 주장하였다.

상기 논의와 같이 최근 한국과 중국 등 동아시아 국가의 사례를 중심으로 복합제품시스템 추격 성과에 대한 연구가 수행된 바 있으며, 성공적인 추격의 기여 요인으로 정부의 강력한 정책·제도·연구개발 지원과 혁신주체의 광범위하면서 심층적이고 통합적인 지식 학습과 기술 확보 노력, 생산 역량 확보 및 이에 기반한 원천기술 확보·공동 개발 노력 추진과 같은 전략이 제시된 바 있다. 그러나 기존 연구는 복합제품시스템 추격 성공 사례에 대한 사후적인 접근으로 인해 다음의 한계를 갖고 있다. 먼저 기술개발 사전 또는 초기 단계에서 복합제품시스템을 구성하는 기술 중 부상기술과 그 특성을 파악하기 위한 논의는 이루어지지 못하였다. 선행 연구에서 언급한 바와 같이 복합제품시

스템 추격을 위해 정부의 강력한 연구개발 지원과 광범위하면서 심층적이고 통합적인 지식 학습과 기술 획득 노력이 필요하다면 연구개발 지원과 기술 획득 노력에 집중해야 할 대상(기술)을 사전에 발굴하고, 그 특성을 파악하는 것이 매우 중요할 것이다. 또한 한국이 복합제품시스템 분야에서 새로운 성장동력을 창출하기 위해서는 기존의 정보통신, 원자력 발전, 방위산업을 넘어서 보다 다양한 분야의 복합제품시스템에 대한 전략적 발굴과 육성이 필요하다. 앞서 언급한 바와 같이 복합제품시스템은 다양한 산업에서 존재하며, 산업의 고도화에 따라 지속적으로 출현할 것으로 예상된다. 따라서 기계, 발전 플랜트, Oil&Gas 등 다양한 산업에서 응용이 가능한 발전용 가스터빈과 같은 사례를 발굴하여 부상기술 및 그 특성을 파악하고, 그에 따른 연구개발 자원과 역량 투입 집중 분야를 발굴·선정하고 지식경영 전략을 수립하기 위한 논의가 조속히 이루어질 필요가 있다.

2.3 발전용 가스터빈

발전용 가스터빈은 고온·고압의 천연가스가 압축공기와 혼합되어 가스터빈의 연소기로 주입, 연소되어 뜨거운 연소가스가 터빈을 통해 팽창되면, 이것이 회전 운동을 발생시켜 전기를 생산하는 기능을 수행하는 복합제품시스템이다(한국기계연구원, 2014; Hobday, 1998; Berggek et al., 2008). 발전용 가스터빈의 발전 효율은 주 연료인 천연가스의 온도와 압력에 좌우되기 때문에 1,000°C 이상의 온도와 30:1 이상의 압축비를 견딜 수 있는 소재(주조) 기술, 코팅 기술, 냉각 기술, 압축기 기술 및 기계가공 기술과 같은 다양하면서도 첨단 기술 확보 및 구조적인 상호연계가 매우 중요하다. 발전용 가스터빈은 발전 용량에 따라 소형(30MW 이하), 중형(30~100MW), 대형(100MW 이상)으로 분류할 수 있는데, 대형 발전용 가스터빈의 경우 1기당 가격이 65~70백만 달러에 달

하며 발전 플랜트 건설비용의 30~40%를 차지하는 핵심 기자재이다. 특히 발전용 가스터빈은 복합제품시스템 중에서도 긴 제품수명주기(30년~50년)를 갖고 있어 대규모 제품 사용 기반(Installed Base) 구축에 따른 유지보수 서비스 시장의 규모가 매우 크다. 발전용 가스터빈의 시장 규모는 제품과 서비스 부문을 합하여 2015년 현재 약 250억 달러로 추정된다(한국기계연구원, 2014).

이와 같은 기술·시장적 중요성에 따라 복합제품시스템 혁신의 관점에서 가스터빈 산업에 대한 연구가 1990년대 후반 이후 최근까지 활발하게 이루어졌다. 먼저 Islas(1997, 1999)은 1960년대 발전 시장에 진입한 가스터빈 기술이 1980년대 중반 이후 시장에서 주류로 급격히 성장한 이유는 전력 사용량이 일시적으로 증가하는 시기의 첨두부하(Peak Load) 대응이라는 틈새시장에 우선 진출하고, 이후 경쟁 기술로 여겨지던 스팀터빈 기술과의 결합(Hybridization)을 통해 복합사이클(Combined Cycle)이라는 고효율의 발전 기술을 구현했기 때문으로 설명하였다. 특히 복합사이클 기술 구현은 점차적으로 강화되는 환경 규제 속에서 가스터빈 기술 채택의 효용을 높이는데 중요한 역할을 함을 설명하였다. 이와 함께 Watson(1997)은 발전용 가스터빈의 부상 배경으로 영국과 미국 정부의 국방용 항공기 제트엔진 개발의 기술 확산 효과, 친환경 정책 지원 강화, 그리고 세계은행, 국가별 수출 보증기관과 같은 금융권의 지원에 의한 개발도상국의 보급 확산을 제시한 바 있다. 한편 Bergek et al.(2008)에서는 발전용 가스터빈 산업이 성숙기에 접어든 2000년대 초 시장의 지배적 기업 4개(GE, 지멘스, ABB, 웨스팅하우스) 중 2개 기업(ABB, 웨스팅하우스)이 몰락하게 된 원인을 신제품 실증 이후 신뢰성 문제 발생에 대한 대처와 같은 기술 역량의 관점에서 고찰하였다. 구체적으로 ABB와 웨스팅하우스는 신제품 개발 및 설치, 초기 운영에는 성공하였으나 이후

신뢰성 문제 발생에 미온적으로 대처하거나 은폐함으로써 종래에 발전소 가동 중단에 따른 막대한 배상금지불에 직면하였다. 이에 따라 두 기업은 추가 기술 개발 여력을 상실하거나 발전용 가스터빈 사업부를 경쟁 기업에 매각함으로써 산업에서 철수하였음을 설명하였다.

기존 연구에서 논의한 바와 같이 발전용 가스터빈 기술개발은 이미 1960년대에 이루어졌으며, 지난 2000년대 초에는 지배적 기업 2개가 퇴출되는 등 산업의 과점화가 심화되고 있음을 확인할 수 있다. 실제로 한국기계연구원(2014)에 따르면 2014년 현재 발전용 가스터빈 시장의 80% 이상을 GE와 지멘스, 미쓰비시중공업이 점유하고 있으며, 고유 설계기술을 보유하고 있는 기업은 전세계에 8개에 불과한 것으로 파악되고 있다. 이러한 사실은 후발주자로서 이러한 시장 구조를 극복하기 위해서는 부상기술 발굴과 그 특성 파악, 연구개발 역량·투자 집중 분야 선정 등 보다 전략적인 관점에서 추격을 전개하는 것이 필수적임을 시사한다.

2.4 서지정보를 활용한 부상기술 탐색

부상기술이란 미래 경제·사회 전반에 경제적 효용을 창출하거나 신산업 창출·기존 산업의 고부가가치화에 기여할 수 있는 기술로 정의할 수 있다(Day and Schoemaker, 2000; Martin, 1995; Porter et al., 2002). 이러한 부상기술은 2000년대 중반 이후 다양한 기술 가운데 미래에 세계시장·산업을 선도하거나 경제적 가치가 클 것으로 기대되는 유망기술(Promising Technology)의 탐색·발굴에 대한 논의가 확산됨에 따라(감주식 외, 2013; 강희종 외, 2006; 이정표 외, 2013; 이용호 외, 2011), 유망기술과 유사한 개념으로 사용되어왔다(김정석·이영덕, 2006; 장시영 외, 2011). 그러나 최근 들어 급진적 신규성(Radical Novelty)와 상대적으로 빠른 성장성(Relatively Fast

Growth), 응집성(Coherence) 관점에서 부상기술의 특성을 구체화하고, 개념적으로 유망기술과 차별화하기 위한 시도들이 이루어지고 있다(Cozzens et al., 2010; Rotolo et al., 2015; Small et al., 2014; Srinivasan, 2008; Stahl, 2011).

먼저 급진적 신규성은 부상기술이 다른 기술에 비해 최근에 출현한 기술임을 의미한다(Small et al., 2014). 더불어 기존 기술과 다른 기초 원리에 기반하고 있어 기술의 방식과 기능에 차이가 있는 기술을 포함한다(Rotolo et al., 2015). 예를 들어 최근에 등장하기 시작한 전기자동차의 배터리 기술은 기존의 내연기관 기술 대비 구동 방식에 큰 차이를 보이며, 위성 및 무선 통신 기술을 활용한 건설기계 부품 교체·유지보수 서비스는 정보통신기술(ICT)을 다양한 산업에 새롭게 적용(New Application Domain)한다는 관점에서(Adner and Levinthal, 2002) 기존의 대리점 기반의 오프라인 서비스에 비해 큰 차이가 있는 신규성을 띠고 있는 부상기술임을 알 수 있다.

두 번째, 상대적으로 빠른 성장성은 부상기술과 관련한 특허 출원과 논문 발표의 빠른 증가, 그리고 관련 시제품·제품·서비스 출현의 빠른 증가 등 다양한 차원의 성장성을 포함한다. 다만 이와 같은 빠른 성장성은 상대적인 개념으로서 응용 분야 내 다른 기술과의 비교를 통해 특정 기술의 빠른 성장성 여부를 판단할 수 있다(Rotolo et al., 2015).

마지막으로 부상기술의 응집성은 개념적 단계의 지식을 넘어서서 부상기술 내부의 고유 특성이 상당기간 동안 지속되며, 기술적 모태(Technological Parents) 대비 분리되는 고유의 정체성을 보유한 상태를 의미한다(Rotolo et al., 2015; Stahl, 2011). 이와 같은 고유의 정체성과 자기 지속(Self-sustaining)의 관점에서 부상기술은 신기술 뿐 아니라 새로운 응용 분야에서 기존 기술들의 융합(Convergence)을 통해 발현되기도 한다(Srinivasan, 2008).

이와 같은 급진적 신규성과 상대적으로 빠른 성장성, 그리고 응집성의 차원을 활용하여 국내에서도 특허 또는 논문과 같은 서지정보를 활용하여 다양한 분야의 부상기술 탐색에 대한 연구가 수행되었다. 먼저 박현우 외(2007)의 연구에서는 성장성과 최신성 외에 인용도와 기술적 기회에 대한 전문가의 정성적인 평가에 기반하여 생명·바이오, 전자·정보통신, 소비재, 기계, 자동차, 화학·소재 등의 분야에서 242개의 부상기술군을 도출한 바 있다. 2001년~2008년 사이의 미국 공개특허를 대상으로 IT 분야 우수 및 부상기술을 도출한 김방룡·황성현(2009)에서는 성장성의 관점에서 부상기술을 최근 2년(2007년~2008년)간 공개특허 수가 과거 6년(2001년~2006년) 간 공개특허 수에 비해 많은 분야로 정의하였다. 마지막으로 국방 무인전투 체계의 핵심요소기술 중 하나인 지형인지장치 기술에 대한 부상기술을 탐색한 이태봉·이춘주(2010)의 연구에서는 성장성의 관점에서 논문 개수는 적으나 전반기(1997년~2001년)에 비해 후반기(2002년~2007년)에 평균 이상의 출판 실적을 기록한 분야로 부상기술을 정의한 바 있다.

지금까지 수행된 부상기술 탐색 연구는 그 범위가 생명, ICT와 같이 학문 분야 또는 핵심요소기술 수준에서 이루어진 경우가 많으며, 부상기술의 특성 중 일부 개념을 활용하여 부상기술을 도출한 경우가 대부분이다. 따라서 보다 엄밀한 측정 기준을 활용하여 부상기술에 대한 이론적 정의와 속성을 엄격하게 활용하여 최근 추격을 시작한 복합제품시스템에 대한 부상기술과 그 특성을 파악하고 연구개발 투자 전략 및 조직 구성·운영, 그리고 정부의 역할 등을 보완하고 시사점을 제공하는 시도는 의미가 크다고 하겠다.

III. 복합제품시스템 추격을 위한 특허자료 기반 부상기술 탐색 방법

3.1 측정도구 개발

서지정보를 활용한 발전용 가스터빈의 부상기술 발굴을 위해 본 연구에서는 특허자료를 활용하였다. 기본적으로 특허는 특허가 갖고 있는 신규성, 진보성, 산업적 응용 등의 정보를 제목과 초록, 국제특허분류(IPC, International Patent Classification) 등의 국제적으로 활용이 가능한 표준화된 형태로 표현·명시화하고 있어 그 동안 다양한 기존 연구에서 기술 및 지식의 대용 지표로 상정되어 부상기술 발굴, 기술 발전 흐름 파악 등에 활용되어 왔다(Jaffe et al., 1993; Rotolo et al., 2015; 이상훈·권상집, 2015; 김관열·이장희, 2011; 박현우, 2006; 박현우·성웅현, 2008). 또한 특허는 연구개발 성과의 경제적 가치를 보호한다는 관점에서 논문에 비해 보다 성공적인 연구개발 활동에 대한 정보로 취급할 수 있기 때문에(장시영 외, 2011), 경제적 가치가 높은 부상기술을 발굴하는데 효과적인 서지 정보로 활용할 수 있다. 더불어 발전용 가스터빈과 같은 복합제품시스템은 이미 대규모의 시장이 형성된 산업일 뿐 아니라 기술수명주기가 매우 길고 대규모의 연구개발 투자가 필요하기 때문에 경제적 가치가 높을 것으로 기대되는 기술 개발 성과를 특허를 통해 보호하려는 경향이 강할 것으로 예상할 수 있다.

발전용 가스터빈의 특허기반 부상기술 발굴을 위한 분석 단위는 부상기술의 응집적 특성을 고려하여 국제특허분류 기준 서브클래스(Subclass)²로 설정하였다. 서브클래스는 특허 분류 체계의 동일 섹션(Section) 내에서 기술의 특성 또는 영역을 구분하는 가장 세부 단위로 활용된다(강희종 외, 2006; Lanjouw and Schankerman, 1999). 따라서 서브클래스는 응집성 관점에서 부상기술을 구분하는 단위로 이해할 수 있다. 만약 특정 특허 내에 2개 이상의 서로

다른 서브클래스를 동시에 포함할 경우(Co-Classification)에는 각 서브클래스를 부상기술 선정에 활용하고, 서브클래스 간에는 이중 기술 간 융합이 이루어진 것으로 가정하였다(강희종 외, 2006). 또한 부상기술의 급진적 신규성과 상대적으로 빠른 성장성에 대한 조작적 정의는 급진적 신규성의 경우 최근 5년 간 출원(Application) 후 공개(Publication) 또는 등록(Granted) 특허의 비중이 전체 분석 기간 내 총 출원·등록 특허의 50% 이상을 차지하는 경우로 정의하였다(이태봉·이춘주, 2010). 상대적으로 빠른 성장성은 최초 출원 년도가 전체 분석 기간의 후반기에 위치하면서 후반기에 연평균 1건 이상의 출원·등록이 발생한 서브클래스로 설정하였다(김방룡·황성현, 2009). 상기 제시한 응집성과 급진적 신규성, 빠른 성장성에 대한 조작적 정의에 기반하여 본 연구에서는 3가지 특성을 동시에 만족하는 서브클래스를 부상기술로 상정하였다.

3.2 특허 자료

특허 자료 분석에 기반한 발전용 가스터빈의 부상기술 발굴을 위해 본 연구에서는 톰슨 이노베이션(Thomson Innovation)에서 제공하는 미국 출원 후 공개 및 등록 특허 데이터베이스를 활용하였다. 일반적으로 미국은 세계 최대의 시장으로서 많은 기업들은 미국 시장 진출을 위해 미국에 특허 등의 지식재산권을 보유하려는 경향을 나타낸다. 따라서 세계적인 기술 개발 동향 파악 시 미국 특허를 분석하는 것이 가장 신뢰성이 높은 접근 방법으로 알려져 있다(Wu et al., 2011; 박현우·성웅현, 2008). 발전용 가스터빈의 경우 미국이 세계 최대의 천연가스 이용 전력 생산 국가로서(IEA, 2015)³, 2015년 10월 현재 자국 내 총 전력 생산의 35.1%를 천연가스에 의존하고 있다(EIA, 2015)는 점을 고려할 때 미국에 출원 또는 등록된 특

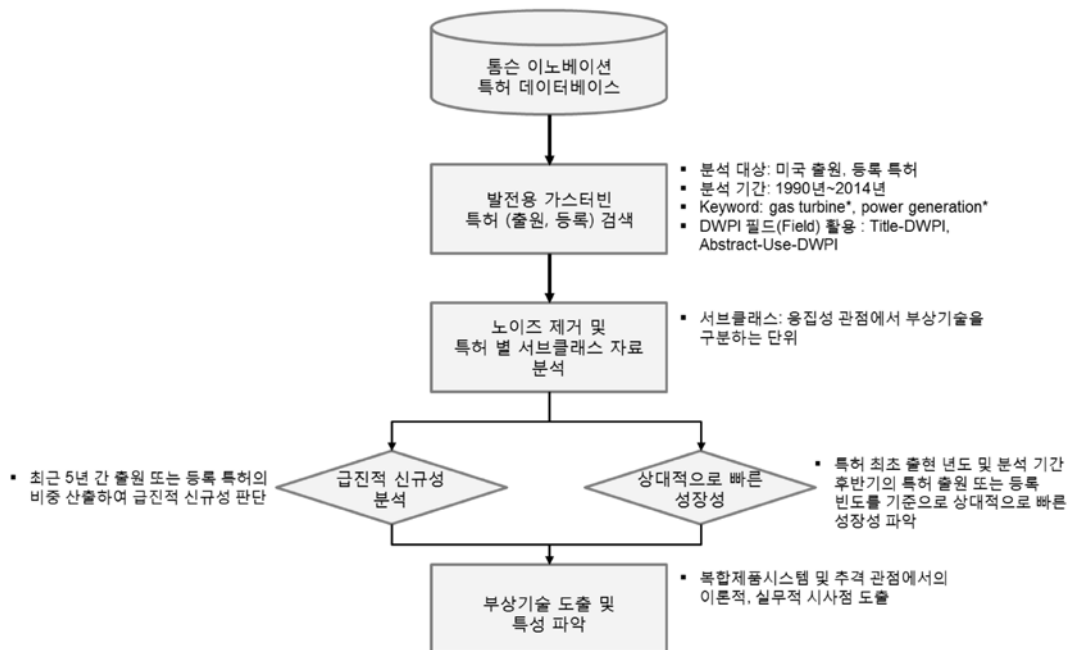
² 국제특허분류는 2016년 1월판을 기준으로 8개의 섹션으로 구성되어 있으며, 각 섹션 내에는 클래스, 서브클래스 등으로 구성

³ 2013년 미국의 천연가스 이용 발전량은 1,158TWh로 전 세계 발전량의 23%를 차지하며 1위 기록

허를 활용한 부상기술 탐색은 그 타당성이 높음을 알 수 있다. 한편, 분석 대상 특허의 시간적 범위는 최근 25년(1990년~2014년)으로 설정하였다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 복합제품시스템으로서의 가스터빈의 긴 제품수명주기 특성을 반영하고, 동시에 출원일로부터 20년 동안 유효한 특허권 보호 기간(Viksnins et al., 2007)을 고려하는 데에는 충분한 시간적 분석 범위 설정이다.

특허 자료 검색을 위해 활용한 키워드와 검색 기준(Field)은 각각 gas turbine*, power generation*과 'Title-DWPI'와 'Abstract-Use-DWPI'이며, 상기 언급한 특허 범위와 시간 범위를 반영한 검색식(Query)은 (TID=(gas turbine*) AND USE=(power generation*) AND AD>=(19900101) AND AD<=(20141231)) 이다. DWPI(Derwent World Patent Index)는 특허 출원인(Assignee)이 의도적으로 감춘 특허 정보로 인해 부정확한 검색 결과 도출을 최소화하기 위해 톰슨이노베이션 내부 전문가들이 새롭게 부여한 영어 기반 정보이다

(박현우 외, 2007; Wu et al., 2011). DWPI에는 새로운 특허명(Title-DWPI)과 세분화된 초록 정보(Abstract-Activity, Advantage, Mechanism, Novelty, Use)가 포함되어 있으며, 이에 따라 세계에서 가장 포괄적이고, 정확하며, 사실적인 특허 정보를 포함하고 있는 것으로 알려져 있다(Wu et al., 2011). 본 연구에서는 DWPI 특허명과 응용 분야(Use) DWPI 초록 정보 기준을 활용해서 발전용(Power Generation)에 국한한 가스터빈 관련 특허 검색을 시도하였다. 더불어 우선권 연계와 특허의 신규성, 그리고 기술적 내용에 동시에 고려한 DWPI 특허 패밀리(DWPI Patent Family) 정보를 활용함으로써(Martínez, 2011), 동일하거나 관련도가 높은 기술적 내용을 포함하는 특허의 중복 검색 및 분석을 방지하고자 하였다.⁴ 본 연구의 목적을 달성하기 위해 측정도구 및 특허 자료 검색 방법을 활용한 부상기술 도출 과정은 아래 <그림 1>과 같이 나타내었다.

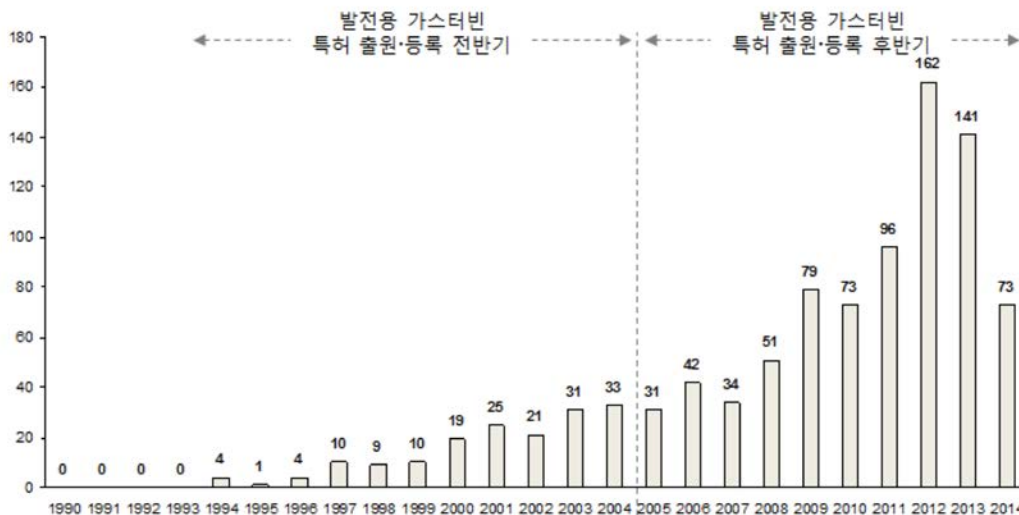


<그림 1> 특허 자료 분석을 통한 부상기술 도출 과정

IV. 복합제품시스템 추격을 위한 특허자료 기반 부상기술 탐색 결과

검색 결과에 대한 노이즈를 최종적으로 제거한 결과 2016년 1월 5일 기준 최근 25년(1990년~2014년)간 미국에 출원 또는 등록된 발전용 가스터빈 관련 특허는 총 949건으로 확인되었다.⁵ <그림 2>와 같이 연도별 출원 및 등록 추이를 분석한 결과 2000년대 중반 이후 특허 출원 또는 등록이 빠르게 증가함을 확인하였다. 1990년~1993년 사이에는 유효 특허가 존재하지 않는 가운데 총 특허의 80% 이상인 782건의 특허가 2005년 이후 출원 또는 등록된 것으로 나타났다. 특히 2000년대 초~2000년대 중반 연간 30여 건에 머

무르던 특허 수는 2008년 50건을 돌파한 후 2011년 이후에는 연평균 130건 이상의 특허가 출원 또는 등록되었음을 알 수 있다. 2013년과 2014년의 경우 특허 수가 전년대비 감소한 것으로 나타나는데 이는 통상 특허출원 후 공개되기까지 18개월이라는 기간이 소요됨을 고려할 때 최근 2년~3년 사이의 특허 출원 또는 등록 건이 포함되지 않아 나타나는 현상임을 이해할 수 있다. 따라서 부상기술 도출을 위한 최근 5년간 출원 또는 등록 특허 비중을 산출하기 위한 기간은 2014년을 포함한 2009년~2014년으로 설정하였다. 한편 3장에서 제시한 부상기술의 조작적 정의에 따라 분석 기간의 전반기는 1994년~2004년, 후반기는 특허 활동이 활발해지기 시작한 2005년부터 2014년까지



<그림 2> 발전용 가스터빈의 연도별 미국 특허(출원 또는 등록)수 추이(단위: 건)

지로 설정하였다.

1994년~2014년까지 출원 또는 등록된 발전용 가스터빈 분야 미국 특허에서 확인된 서브클래스 수(중복 제외)는 총 132건으로 나타났다. <표 1>과 같이 1994년 9개에 불과하던 서브클래스 수는 2012년~2013년 50건 이상으로 증가하였으며, 특히 총 55개의 서브클래스가 확인된 2012년에는 각 서브클래스는 발전용

가스터빈의 기반 학문 분야인 섹션 F(기계공학) 뿐 아니라 섹션 B(처리조작, 운수), C(화학, 야금), G(물리학), H(전기) 등의 다양한 섹션에 속하고 있음을 확인하였다. 이는 앞서 살펴본 바와 같이 복합제품시스템의 생산과 혁신에 다양한 분야의 지식과 기술이 필요하다는 이론적 논의(Hobday, 1998; 황혜란, 1999)와 부합하는 결과이다.

⁴ DWPI 특허 패밀리 단위의 분석은 본 연구에서 제시한 부상기술의 응집성을 확보하는 데에도 기여함

⁵ 2013년 미국의 천연가스 이용 발전량은 1,158TWh로 전 세계 발전량의 23%를 차지하며 1위 기록

<표 1> 발전용 가스터빈 특허(출원 또는 등록)의 연도별 서브클래스 수와 종류 추이

연도	구분 서브클래스 수	서브클래스가 소속된 섹션							
		A	B	C	D	E	F	G	H
1994	9		1	3			5		
1995	1							1	
1996	5			1			3	1	
1997	7		1	1			5		
1998	11		1				10		
1999	17			1			14	2	
2000	14						12	2	
2001	21		3	6			11	1	
2002	14			3			6	4	1
2003	27		5	4			15	3	
2004	23	1	3	1			14	3	1
2005	17		2				8	7	
2006	21		3	5			12	1	
2007	24		8	4			9	3	
2008	27		8	4		1	11	3	
2009	35		12	3			14	4	2
2010	44		11	3			21	7	2
2011	39		13				21	3	2
2012	55		16	4			20	9	6
2013	50		13	2			22	7	6
2014	27		7	2			10	5	3

주: A- 생활필수품(Human Necessities); B- 처리조작, 운수(Performing Operations, Transporting); C- 화학, 야금(Chemistry; Metallurgy); D-섬유, 지류(Textiles, Paper); E-고정구조물(Fixed Constructions); F-기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발(Mechanical Engineering, Lighting, Heating, Weapons, Blasting); G-물리학(Physics); H-전기(Electricity)

본 연구에서 제시한 응집성과 급진적 신규성과 상대적으로 빠른 성장성의 측정에 따른 발전용 가스터빈의 부상기술은 <표 2>와 같이 총 18개의 서브클래스로 확인되었다. 먼저 18개 서브클래스는 최근 5년(2009년~2014년) 간 총 140회 출현하였으며, 과거 기간(1994년~2008년)의 출현 횟수(41회) 대비 3.41배 증가하는 등 최근 출현 빈도가 급증하는 가파른 성장세를 기록하였음을 알 수 있다. 또한 18개 서브클래스의 최근 5년간 출원·등록 특허의 비중은 77.3%로 높은 수준의 급진적 신규성을 나타내고 있다. 이는 부상기술이 아닌 114개 서브클래스의 기간 별 출현 횟수 증가(14.9%)⁶ 및 최근 5년 간 출원·등록 특허 비중(53.5%)과 비교하였을 때, 부상기술로 분류된 18개 서

브클래스는 다른 서브클래스에 비해 급진적 신규성과 상대적 성장성 관점에서 이질적인 기술로 이해할 수 있다.

부상기술로 분류된 18개 서브클래스는 섹션 B(처리조작, 운수) 하위 서브클래스 8개, F(기계공학) 하위 서브클래스 6개, G(물리학) 하위 서브클래스 1개, H(전기) 하위 서브클래스 3개로 다양하게 확인되었다. 이는 <표 1>에서 제시된 발전용 가스터빈 특허의 서브클래스 분포와 비교하였을 때 18개 서브클래스가 C(화학, 야금) 분야를 제외한 전 분야에 분포하고 있음을 확인하였다. 이는 복합제품시스템에서의 부상기

⁶ 114개 서브클래스의 출현 횟수는 1994년~2008년 998건에서 2009년~2014년 1,147건으로 14.9% 증가

술은 기술혁신의 특성상 특정 분야에 국한되기보다는 다양한 분야의 기술 지식으로 구성됨을 의미한다. 이는 앞서 이론적 관점에서 살펴본 복합제품시스템의 복합적 특성을 확인하는 바이다(Hobday, 1998; 황혜란, 1999). 따라서 이러한 결과는 생산 기술 지식 획득에 초점을 맞춘 대량생산제품에서의 추격(설현도, 2004)과는 달리 복합제품시스템의 추격을 위해서는 다양한 기술 지식 학습이 필요하며, 시간이 흐름에 따라 기술 지식의 종류가 점차 다양해짐을 시사한다. 그러므로 후발주자의 추격을 위해서는 과거 선발주자가 축적한 복합적 기술 지식에 대한 학습 및 해당 기술 지식의 발전 궤적 또는 경로 상에서 선발주자와의 격차를 좁혀나가는 노력뿐 아니라 새롭게 등장하는 다양한 기술 지식에 대한 학습과 자체 개발 노력이 필수적으로 동반되어야 함을 확인하였다.

부상기술로 선정된 서브클래스 별 세부 내용을 살펴보면 먼저 섹션 B(처리조작;운수) 하위 서브클래스의 경우 B05B, B05D, B08B, B21D, B22C, B23B, B23K, B25B가 부상기술로 도출되었다. 각 서브클래스를 구성하는 특허의 제목과 초록 등을 상세 검토한 결과 B05B는 발전용 가스터빈의 효율 향상을 위해 연료를 분사하는 기능을 수행하는 연소기 노즐의 혁신과 관련한 특허를 포함하고 있음을 확인하였다. B05D와 B08B의 경우 연료의 연소 과정에서 발생하는 고체·액체 상태의 입자상 오염 물질(Particulate Pollutants)의 세척과 제거에 관련된 기술임을 발견하였다. 이는 최근 강화되고 있는 대기오염 규제에 따라 연료와 공기의 균일 공급 및 희박 가연 한계 연소를 통해 질소 산화물(NOx)을 저감하고, 연소 효율을 높이기 위한 연소기 노즐 기술 개발이 활발하게 이루어짐을 시사한다(Deng et al., 2016). 한편 B22C, B23B, B23K는 발전용 가스터빈의 터빈입구온도(Turbine Inlet Temperature)⁷ 상승에 견딜 수 있는 내열·내산화·내부식을 위한 주조·소재 가공 기술 특허이며, B21D와 B25B는 상

기 주조·소재 가공기술을 적용한 블레이드, 베인, 에어포일, 연료주입시스템 등의 부품 제조 기술이다. 이와 같은 주조·소재 가공 기술 및 이를 적용한 부품 제조는 최근 단결정 초내열 주조합금 기술, 진공정 정밀 주조 기술 등의 형태로 활발한 개발이 이루어지고 있으며, 향후 시장 성장 및 경제적 가치도 높은 것으로 보고된 바 있다(조창용 외, 2014). 위의 분석을 통해 섹션 B(처리조작;운수) 하위 서브클래스의 부상기술은 발전용 가스터빈의 복합발전 효율 제고⁸를 위한 연소기 노즐 기술, 입자상 오염 물질 세척·제거 기술, 열 피로 파괴에 대한 내구성을 위한 주조·소재 가공 기술 등으로 구성되었음을 확인하였다.

섹션 F(기계공학)에서는 F01N, F02N, F03B, F03G, F16D, F23N이 서브클래스 기준 부상기술로 확인되었다. F01N은 가스터빈의 가동에 따른 소음과 진동 저감을 통해 유지보수 비용을 절감하기 위한 기술이며(예: Guo et al., 2016; Kaneko, 2015), F02N과 F16D는 가스터빈 발전 효율 향상과 관련한 발전기 등의 전기기계 및 가스터빈 부품 구성에 관한 기술로 식별되었다. 한편 F03B는 고온의 유체 연료의 사용에 따른 가스터빈의 내열성을 강화하기 위한 공기 냉각, 전면 막 냉각 기술 개발로 식별되었다. 냉각기술은 터빈입구온도의 지속 상승에 따라 기존의 증기 냉각 방식에서 최근 공기 냉각, 전면 막 냉각 등의 형태로 활발한 기술 개발이 시도되고 있다(Ando, 2014). F03G는 태양광 발전과 천연가스 복합화력 발전의 연계 운영과 관련한 부상기술임을 확인하였다. 이는 최근 들어 태양광·풍력 발전과

⁷ 연소기에서 생성된 고온·고압의 연소가스가 터빈 1단 베인에 도달했을 때의 1단 베인 입구온도를 의미하며, 터빈입구온도가 높을수록 발전 효율이 증가함. 2010년 현재 지멘스 등이 개발에 성공한 발전용 가스터빈의 터빈입구온도는 1,500°C에 달함(한국기계연구원, 2014).

⁸ 발전용 가스터빈의 복합발전 효율은 1980년대 50% 초반에서 1990년대 50% 중후반, 2000년대 50% 후반대로 증가하였으며, 2010년대 들어서는 60% 이상의 발전효율을 달성함(한국기계연구원, 2014).

<표 2> 발전용 가스터빈 분야 부상기술 도출 결과

서브 클래스	서브클래스 설명	최초 공개 년도	최근 5년 특허 수(비중)	발전용 가스터빈 부상기술
B05B	SPRAYING APPARATUS; ATOMISING APPARATUS; NOZZLES	2009	8(100%)	연소기 노즐 기술
B05D	PROCESSES FOR APPLYING LIQUIDS OR OTHER FLUENT MATERIALS TO SURFACES, IN GENERAL	2007	10(77%)	입자상 오염 물질(Particulate Pollutants)의 세척과 제거 기술
B08B	CLEANING IN GENERAL; PREVENTION OF FOULING IN GENERAL	2007	5(63%)	
B22C	FOUNDRY MOULDING	2005	22(55%)	내열·내산화·내부식과 관련된 주조·소재 가공 기술
B23B	TURNING; BORING(using an electrode, working by laser beam)	2008	5(100%)	
B23K	SOLDERING OR UNSOLDERING; WELDING; CLADDING OR PLATING BY SOLDERING OR WELDING; CUTTING BY APPLYING HEAT LOCALLY, e.g. FLAME CUTTING; WORKING BY LASER BEAM	2010	14(88%)	
B21D	WORKING OR PROCESSING OF SHEET METAL OR METAL TUBES, RODS OR PROFILES WITHOUT ESSENTIALLY REMOVING MATERIAL; PUNCHING METAL	2007	5(83%)	내열·내산화·내부식과 관련된 주조·소재 가공 기술을 적용한 가스터빈 부품 기술
B25B	TOOLS OR BENCH DEVICES NOT OTHERWISE PROVIDED FOR, FOR FASTENING, CONNECTING, DISENGAGING, OR HOLDING	2011	5(100%)	
F01N	GAS-FLOW SILENCERS OR EXHAUST APPARATUS FOR MACHINES OR ENGINES IN GENERAL; GAS-FLOW SILENCERS OR EXHAUST APPARATUS FOR INTERNAL-COMBUSTION ENGINES	2008	6(75%)	가스터빈 소음 및 진동 저감 기술
F02N	STARTING OF COMBUSTION ENGINES; STARTING AIDS FOR SUCH ENGINES, NOT OTHERWISE PROVIDED FOR	2008	6(86%)	가스터빈 발전 효율 향상을 위한 전기기계 및 가스터빈 부품 구성 기술
F16D	COUPLINGS FOR TRANSMITTING ROTATION; CLUTCHES; BRAKES	2009	7(78%)	
F03B	MACHINES OR ENGINES FOR LIQUIDS	2005	5(83%)	가스터빈 냉각기술
F03G	SPRING, WEIGHT, INERTIA, OR LIKE MOTORS; MECHANICAL-POWER-PRODUCING DEVICES OR MECHANISMS, NOT OTHERWISE PROVIDED FOR OR USING ENERGY SOURCES NOT OTHERWISE PROVIDED FOR	2011	6(100%)	태양광 발전과 천연가스 복합화력 발전의 연계 운영 기술
F23N	REGULATING OR CONTROLLING COMBUSTION	2005	10(56%)	가스터빈 원격 모니터링, 진단 및 관련 빅데이터 기술
G01K	MEASURING TEMPERATURE; MEASURING QUANTITY OF HEAT; THERMALLY-SENSITIVE ELEMENTS NOT OTHERWISE PROVIDED FOR	2010	8(100%)	
H02K	DYNAMO-ELECTRIC MACHINES	2009	8(100%)	
H02P	CONTROL OR REGULATION OF ELECTRIC MOTORS, ELECTRIC GENERATORS OR DYNAMO-ELECTRIC CONVERTERS; CONTROLLING TRANSFORMERS, REACTORS OR CHOKE COIL	2009	5(100%)	
H04N	PICTORIAL COMMUNICATION	2010	6(100%)	

같은 신재생에너지원의 보급이 활성화되고 있으나 날씨에 따른 발전량의 변동성이 큰 단점을 보완하기 위해 발전량 변동에 대한 응답·부하 추종이 뛰어난 발전용 가스터빈과의 연계를 위한 기술 개발이 활발하게 수행되고 있음을 의미한다(손정락, 2013; 한국기계연구원, 2014).

한편 F23N, G01K, H02K, H02P, H04N의 서브클래스는 가스터빈 구동 관련 전자제어장치(ECU, Electrical Control Unit) 제어(F23N), 가스터빈 온도 데이터 수집 센서(G01K), 전력 망 운영 모니터링(H02K, H02P), 그리고 데이터 통신 및 가시화(H04N)의 관점에서 가스터빈의 원격 모니터링·진단 및 관련 빅데이터 기술로 이해할 수 있다. 앞서 언급한 대로 발전용 가스터빈은 제품수명주기가 길고(30~50년), 극한 작동 환경(초고온), 높은 운영비용(대규모의 유지보수 서비스 시장), 그리고 경제·산업 인프라(전력)로서 최적의 상태 유지 요구가 높은 복합제품시스템이다. 이에 따라 발전용 가스터빈 운영과 관련하여 다양하면서 대용량의 데이터를 체계적으로 수집·분석·활용해서 고장 징후를 예방·예측하고 성능을 최적화하기 위한 빅데이터 기술 활용이 점차 증가하고 있다(Moore, 2015; 한국아이디지, 2015). 실제로 미국의 GE는 미국 애틀랜타의 M&D(Monitoring&Diagnostics) 센터에서 전 세계 발전소에 설치된 1,500기의 가스터빈 운영 관련 데이터(3만 시간 분량/일)를 분석하고 예방 유지보수 서비스를 제공하고 있다. GE는 500MW급 복합화력 발전소의 효율 1% 개선 시 연간 약 1,000만 달러의 비용 절감을 기대하고 있다(한국기계연구원, 2015a). 이는 최근에 부상기술로서 주목 받고 있는 빅데이터 기술과 같은 정보통신분야의 부상기술이 복합제품시스템의 기존기술과의 융합을 통해 새로운 기술 혁신 촉발요인으로 부상하고 있음을 시사한다. 특히 이와 같은 부상기술은 기술의 누적성 관

점에서 선두 국가와의 격차가 비교적 작은 분야로 이해할 수 있다. 이는 동 분야에 대한 집중 투자 시 한국이 비교적 단기간에 선두 국가를 추격할 수 있는 분야로 기대할 수 있음을 시사한다. 뿐만 아니라 기존 기술과의 융합을 통해 예방(Preventive) 및 예측(Predictive) 유지보수 서비스와 같은 새로운 차원의 가치를 창출할 수 있는 분야로 향후에도 발전 가능성이 높은 분야로 판단된다.

상기 언급한 부상기술과 발전용 가스터빈 내 기존 기술과의 융합은 아래 <표 3>을 통해 보다 자세히 확인할 수 있다. 각 부상기술 가운데 F23N, G01K, H02K, H02P, H04N과 같은 원격 모니터링·진단 및 관련 빅데이터 기술이 기존 기술과의 융합이 광범위하게 이루어짐을 확인하였다. 또한 상기 기술뿐 아니라 전반적으로 부상기술과 과거부터 지속적으로 개발되어 온 기술 간의 융합이 활발함을 알 수 있다. 이는 상기 부상기술이 복합제품시스템의 기술혁신을 위해 새롭게 등장한 기술이긴 하나, 복합제품시스템 내에서 독자적인 기술적 기능을 수행하기 보다는 기존 기술과의 융합·보완적 관계를 통해 혁신을 가속화하는 역할을 수행함을 시사한다. 따라서 발전용 가스터빈의 추격을 위해서는 부상기술에 대한 독립적인 기술 지식 학습보다는 통합적인 기술 지식 학습 관점에서 부상기술이 기존 기술과 어떻게 결합되어 성능 구현 및 제품 혁신에 기여하는 지 파악해야 함을 알 수 있다. 이는 복합제품시스템의 추격을 위한 기술 지식 학습에서 의사소통의 조직적 범위가 광역적이며, 학습 방식이 학문적 원리의 학습에 기반함을 시사한다. 이러한 결과는 대량생산제품 추격에서 의사소통이 생산 부서 내부를 중심으로 이루어지며, 사용에 의한 학습(Learning by doing) 방식이 활용됨을 주장한 설현도(2004)의 연구 결과와 비교하였을 때, 복합제품시스템 추격 특유의 기술 지식 학습 유형으로 이해할 수 있다. 한편 부상 기술 간의 융합도 일부 발견되었다. 먼

<표 3> 발전용 가스터빈 분야 부상기술의 융합 현황

부상기술 서브 클래스	융합 서브클래스 및 소속 섹션					
	B	C	E	F	G	H
B05B	B23P, B64D	C23C		F02C, F02D		
B05D	B05C, B22D, B32B	C23C		F01D		
B08B	B23K			F04D	G01N	
B22C	B22D, B26F			F01D	G01M, G06F	
B23B	B23P, B23Q			F01D		
B23K	B08B , B32B	C22C, C22F		F01D, F02C		
B21D	B23H, B23P			F01D	G01M, G05B	
B25B				F01D, F16J		
F01N			E04F	F02C, F01D		
F02N				F01D, F02C, F16D , F16H		H02P
F16D	B64D			F01D, F02C, F02N , F04B, F16H		
F03B				F01D, F03D, F04D		
F03G	B60K			F01K, F02C, F24J		
F23N				F02C, F02D, F02G, F02K, F23D, F23K, F23Q, F23R	G01J, G01L, G01M	
G01K				F02K	G01J	
H02K	B21K, B60L			F01D, F01K, F02B, F02C		H02J, H02P
H02P				F02C, F02N		H02K
H04N					G01N, G02B	
부상기술 계 (중복제외)	B05C, B08B, B21K, B22D, B23H, B23K, B23P, B23P, B26F, B32B, B60K, B60L B64D	C22C, C23C, C22F	E04F	F01D, F01K, F02B, F02C, F02D, F02G, F02K, F02N, F03D, F04B, F04D, F16D, F16H, F16J, F23D, F23K, F23Q, F23R, F24J	G01J, G01L, G01M, G01N, G05B, G06F,	H02J, H02P

주 1: 밑줄 친 굵은 글씨체로 표기된 서브클래스는 부상기술 간 융합을 의미

주 2: A- 생활필수품(Human Necessities); B- 처리조작, 운수(Performing Operations, Transporting); C- 화학, 야금(Chemistry; Metallurgy); D- 섬유, 지류(Textiles, Paper); E- 고정구조물(Fixed Constructions); F- 기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발(Mechanical Engineering, Lighting, Heating, Weapons, Blasting); G- 물리학(Physics); H- 전기(Electricity)

저 입자상 오염 물질의 세척 기술과 내열·내산화·내부식과 관련된 주조·소재 가공 기술 간의 융합이 확인되었는데, 이는 발전용 가스터빈의 성능 개선과 입자상 오염 물질 제거 간에 밀접한 관련이 있음을 시사한다. F02N과 F16D 간의 융합은 발전용 가스터빈의 제품 성능 개선과 관련한 메카트로닉스 기술(Mechatronics) 융합의 사례로 이해할 수 있다(Kodama, 1992).

V. 결론 및 토의

본고에서는 복합제품시스템의 성공적인 추격을 위해 사전적인 관점에서 부상기술 도출의 필요성을 제시하고, 현재 정부 출연연구기관을 중심으로 기술 추적이 시작된 발전용 가스터빈 사례에 대한 특허 정보 분석을 통해 부상기술을 도출하였다. 분석 결과 복합제품시스템의 부상기술은 특정 기술 분야를 중심으로 나타나기보다는 다양한 기술 분야에서 광범위하게 등장함을 확인하였다. 세부적으로는 발전 효율 제고를 위한 연소기 노즐 기술 및 전기기계 및 가스터빈 부품 구성에 관한 기술, 입자상 오염 물질 세척·제거 기술, 열 피로 파괴에 대한 내구성을 위한 주조·소재 가공 기술, 소음·진동 저감 기술, 가스터빈의 내열성을 강화하기 위한 냉각기술, 신재생에너지원과 천연가스 복합 화력 발전의 연계 운영, 발전용 가스터빈 원격 모니터링, 진단 및 관련 빅데이터 기술 등이 부상기술로 나타났다. 이러한 부상기술들은 기존 기술과의 융합·보완적 관계를 통해 혁신을 가속화하는 역할을 수행하고 있음을 확인하였다.

본 연구는 부상기술에 대한 기존의 개념적 논의에 기반하여 기술개발 사전 기획 또는 초기 단계에 있는 복합제품시스템에 대한 특허 분석을 통해 부상기술을 발굴하고 그 특성을 파악했다는 점에서 의의가 있다. 특히 복합제품시스템의 부상기술이 다양한 기술 분야에 광범위하게 존재함을 확인함으로써 복합제품시스

템의 혁신을 위해 필요한 기술 지식이 점차 다양해짐을 확인하였다. 이에 따라 후발주자의 성공적인 복합제품시스템 추격을 위해서는 과거 선발주자가 축적한 복합적 기술 지식 분야에서 선발주자와의 격차를 좁혀나가는 노력뿐 아니라 새롭게 등장하는 기술 지식에 대한 학습과 자체 개발 노력이 필수적으로 동반되어야 함을 확인하였다. 또한 복합제품시스템의 추격을 위해서는 부상기술에 대한 독립적인 기술 학습보다는 통합적인 기술 학습 관점에서 부상기술이 기존 기술과 어떻게 결합되어 성능 구현 및 제품 혁신에 기여하는 지 파악해야 함을 확인하였다. 왜냐하면 복합제품시스템에서 부상기술은 독자적인 기술적 기능을 수행하기 보다는 기존 기술과의 융합·보완적 관계를 통해 혁신을 가속화하는 역할을 수행하기 때문이다. 이러한 결과는 후발주자의 입장에서는 복합제품시스템 추격의 진입시기가 늦어질수록 학습해야 할 기술 지식이 복잡·광범위해지는 것으로 이해할 수 있다.

이와 같이 복합제품시스템은 대량생산을 통한 경험 학습의 어려움, 다양한 분야의 지식과 기술 축적의 필요성으로 인해 후발국의 추격이 매우 어려운 분야이다. 따라서 본 연구결과는 후발국이 추격에 성공 또는 실패한 복합제품시스템 사례에 대한 사후적·귀납적 접근에 그친 기존 연구의 한계를 극복하고, 후발국의 복합제품시스템 추격을 위한 연구개발 자원과 역량 투입 집중 분야를 선정하는데 필요한 이론적 접근 방법을 제시하였다는 점에서 그 의미가 크다. 특히 본 연구는 복합제품시스템 분야의 기술 지식 학습은 의사소통의 조직적 범위, 학습 방식 등에서 대량생산제품의 그것과 차이가 있음을 확인하였다. 이는 복합제품시스템의 성공적인 추격을 위해서는 개발 조직 내 팀간 상호작용, 지식 획득과 공유 방식에 있어 대량생산제품과는 차별화된 지식경영 전략이 요구됨을 시사한다. 이러한 관점에서 본 연구 결과는 후발주자의 복합제품시스템 추격 성공 조건 등을 논의하기 위한 지식경영

이론의 확장 필요성을 제시하였다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.

또한 본 연구결과는 복합제품시스템의 추격을 시도하는 후발주자에게 중요한 실무적 시사점을 제공한다. 먼저 복합제품시스템의 추격을 시도하는 후발국가 또는 기업은 본 연구에서 제시한 특허 기반 부상기술 도출 방법론 등을 활용하여 복합제품시스템의 부상기술을 사전에 탐색하고, 부상기술의 획득 및 그에 적합한 개발 조직 내 팀간 상호작용, 지식 획득과 공유 방식을 면밀히 고려해야 할 것이다. 이와 같은 전략적인 자원 배분과 기술개발 우선순위 결정, 지식경영 전략 없이는 복합제품시스템의 추격 실패는 물론, 막대한 손실에 직면할 가능성을 배제할 수 없기 때문이다. 일례로 한국이 2000년대 후반 이후 공격적으로 진출한 복합제품시스템의 대표 사례인 해양플랜트(Offshore Oil&Gas Production Platform)는 생산과 시장, 혁신 특성 관점에서 조선 산업과 다른 복합제품시스템임에도 불구하고, 대량생산제품 추격에서 활용한 전략의 실행으로 인해 2014년~2015년 3분기까지 9.9조 원이라는 막대한 영업 손실을 기록한 바 있다(한국기계연구원, 2015b). 특히 우리나라는 이와 같은 사례를 반면교사로 삼아 복합제품시스템 추격 성공 사례를 지속적으로 창출하고, 이를 통해 축적한 지식과 노하우를 타 복합제품시스템 추격에 활용할 수 있는 선순환 체계를 구축해야 할 것이다.

더불어 복합제품시스템의 추격을 시도하는 후발주자는 본 연구가 제시한 부상기술 중 하나인 원격 모니터링, 진단 및 관련 빅데이터 기술을 서비스 사업 모형(Service Business Model)과 연계하여 다양한 복합제품시스템에서 공통적으로 발견되는 부상기술로 인식할 필요가 있다. 왜냐하면 원격 모니터링, 진단 및 관련 빅데이터 기술이 다양한 지역과 국가에 산재한 제품으로부터 방대한 양의 제품 운영·가동 데이터를 수집하고, 이를 원격으로 분석하여 이상 징후를 사전

에 진단함으로써 제품 운영·가동 중단에 따른 손실과 비용을 최소화하는 데 사용된다고 할 때, 상기 기술은 제품수명주기가 길고 단위 가격이 비싸며, 다양한 서비스 수요가 발생하는 복합제품시스템에서 그 활용 가치가 매우 크기 때문이다. 실제로 항공기 엔진, 생산시스템 자동화와 같은 다양한 복합제품시스템에서 최근 빅데이터 기술을 활용하여 서비스 사업 확대, 생산성 제고, 공정 최적화 등의 새로운 가치를 창출하기 위한 투자와 활동이 지속되고 있다(한국기계연구원, 2015a; 한국산업기술평가관리원, 2015). 따라서 본 연구 결과는 향후 다양한 복합제품시스템 기술 개발 및 추격을 위한 부상기술 탐색의 실무 자료로 널리 활용될 것으로 기대된다.

다만 본 연구는 발전용 가스터빈이라는 단일 사례에 기반하여 복합제품시스템의 부상기술을 탐색하였다는 점에서 연구 결과의 일반화에 신중을 기해야 하는 한계가 있다. 향후에는 다양한 복합제품시스템에 대한 부상기술 탐색 연구 및 특허 인용 정보(Forward and Backward Citation) 활용, 과학과 기술 간의 지식 흐름 등 다양한 지표를 활용하여(박현우, 2006; 박현우·성용현, 2008), 본 연구결과와 주장을 보다 심화할 필요가 있다. 더불어 복합제품시스템 추격의 관점에서 WIPS, KIPRIS 등의 국내 특허 데이터베이스를 활용하여 국내의 특허 출원 및 등록 활동과 본 연구의 부상기술 도출 결과를 비교하는 것도 흥미로운 연구 주제가 될 것으로 기대된다. 또한 유사한 거시적 맥락(Context)에 위치한 복합제품시스템과 대량생산제품의 부상기술은 어떻게 다른지 살펴보는 것도 의미 있는 시도가 될 것이다. 아울러 특허 서지 정보뿐 아니라 논문 서지 정보에 기반한 부상기술 탐색 노력이 병행된다면 과학적 지식과의 연계성 등 부상기술의 혁신 특성 등에 대해 종합적인 이해가 가능할 것으로 기대된다. 특히 논문은 키워드가 아닌 공통 인용 정보를 활용하여 서지결합분석(Bibliographic Coupling

Analysis)에 의거한 부상기술을 탐색할 수 있다는 점에서 최신 연구동향 및 그 변화를 파악하는 데 적합한 서지정보로 활용될 수 있을 것이다(Glänzel and Czerwon, 1996).

참고문헌

[국내 문헌]

1. 감주식·김무웅·현병환 (2013), 특허정보 기반의 바이오 기술개발 트렌드 분석 및 유망기술분야 도출에 관한 연구, *기술혁신연구*, 제21권, 제2호, 25-56.
2. 강희중·엄미정·김동명 (2006), 특허분석을 통한 유망융합기술의 예측, *기술혁신연구*, 제14권, 제3호, 93-116.
3. 김관열·이장희 (2011), 특허맵과 AHP를 활용한 최적의 LCD 저온폴리콘 결정화 기술 선정, *지식경영연구*, 제12권, 제1호, 39-52.
4. 김방룡·황성현 (2009), 특허 정보를 활용한 IT 유망기술 도출에 관한 연구, *한국통신학회논문지*, 제34권, 제10호, 1021-1030.
5. 김정석·이영덕 (2009), 기술예측을 통한 미래 유망기술 우선순위 평가모형에 관한 연구 - 정부출연연구기관을 중심으로, *한국기술혁신학회 2009년 춘계학술대회*, 109-127.
6. 노성호·박태영 (2013), 복합제품시스템(CoPS) 혁신 관점에서 본중국 우주산업의 추격 : 유인우주선 프로젝트 사례 분석, *한중사회과학연구*, 제11권, 제4호, 119-148.
7. 박현우 (2006), 과학기술 지식흐름과 기술혁신 추세분석: 지식흐름 분석모델의 탐색적 연구, *지식경영연구*, 제7권, 제2호, 13-34.
8. 박현우·이창환·여운동 (2007), 부상기술 도출의 계량정보학적 분석모델 개발, *정보관리연구*, 제38권, 제4호, 1-21.
9. 박현우·성용현 (2008), 과학논문과 특허를 통한 과학기술 지식흐름의 특성분석, *지식경영연구*, 제7권, 제2호, 39-59.
10. 서동혁 (2014), 중국 디스플레이산업의 급성장과 대응방안, *e-KIET 산업경제정보*, 580호, 1-12.
11. 손정락 (2013), 고효율 복합 발전 기술, *전기저널*, 440호, 26-29.
12. 송위진 (1999), 우리나라 복합시스템 제품의 기술 혁신패턴: CDMA이동통신 기술개발을 중심으로, *과학기술정책*, 119호, 27-35.
13. 송위진·황혜란·조황희 (1999), 우리나라 복합시스템 제품의 기술혁신 특성에 대한 탐색적 연구, *기술혁신학회지*, 제2권, 제2호, 275-289.
14. 송위진·성지은·김연철·황혜란·정재용 (2006), 탈추격형 기술혁신체제의 모색, 서울: 과학기술정책연구원.
15. 이경표·송영근·한우리·이성주 (2013), 2020년 미래 무선통신 유망기술 발굴, *한국통신학회논문지*, 제38권, 제1호, 108-126.
16. 이병하·김원소 (2011), 일본 强中기업에서 배우는 경쟁의 기술, 서울:삼성경제연구소
17. 이상훈·권상집 (2015), 국내 중소기업의 기술융합 전략 및 성장 정책: IT & BT 융합기술 기반 네트워크 분석, *지식경영연구*, 제16권, 제2호, 113-137.
18. 이용호·권오진·고병열 (2011), 기업 보유역량 기반의 잠재 유망 기술-제품 포트폴리오 도출에 관한 연구, *기술혁신학회지*, 제14권, 제4호, 1187-1208.
19. 이원영 (2002), 기초연구 지원정책의 방향, 서울: 과학기술정책연구원.
20. 이태봉·이춘주 (2010), S&T Text Mining을 이용한 국방 유망기술 식별에 관한 연구, *한국국방경영 분석학회지*, 제36권, 제1호, 39-49.
21. 장시영·이병철·김윤배 (2011), 과학계량학적 정보 분석을 통한 LED 및 광분야 유망기술 탐색에 관한 연구, *한국산학기술학회논문지*, 제12권, 제3호, 1213-1222.
22. 조병선 (2013), 독일 히든챔피언의 지속가능 성장 요인: 독일 장수가족기업에 대한 사례연구를 중심으로, *중소기업연구*, 제35권, 제3호, 79-110.
23. 조창용·김인수·최백규 (2014), 가스터빈 고온부품 및 소재의 국내외 현황, *대한기계학회저널*, 제54

- 권, 제8호, 47-51.
24. 조황희 (1998), 공공연구기관에서의 복합제품개발을 위한 기술혁신시스템, *기술혁신학회지*, 제1권, 제3호, 313-325.
 25. 지일용·이상현 (2015), 방위산업 후발국의 추격과 발전패턴: 한국과 이스라엘의 사례연구, *국방정책연구*, 제31권, 제1호, 133-170.
 26. 파이낸셜뉴스 (2015), 中 물량공세에.. 한국 디스플레이 점유율 똑똑, (2015.11.18.), 17면.
 27. 한국기계연구원 (2014), 발전용 가스터빈의 기술혁신과 산업동향, 대전, 한국기계연구원.
 28. 한국기계연구원 (2015a), 기계산업의 빅데이터 활용 동향분석과 시사점, 대전, 한국기계연구원.
 29. 한국기계연구원 (2015b), 우리나라 해양플랜트 산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안, 대전, 한국기계연구원.
 30. 한국아이디지 (2015), 2015 사물인터넷 현황과 기업에 주어진 과제 - IDG Deep Dive, 서울, 한국아이디지
 31. 홍성인 (2015), 조선산업의 글로벌 위상 변화와 향후 전략, *e-KIET 산업경제정보*, 606호, 1-12.
 32. 황혜란 (1999), 복합시스템 제품의 기술혁신 특성, *과학기술정책*, 119호 8-17.
- J., Ed Amann, (Eds.), *Innovative Firms in Emerging Market Countries*, Oxford: Oxford University Press.
4. Bergek, A., F. Tell, C. Berggren, and J. Watson (2008), Technological capabilities and late shakeouts, industrial dynamics in the advanced gas turbine industry, 1987-2002, *Industrial and Corporate Change*, 17(2), 335-392.
 5. Choung, J. and H. Hwang (2007), Developing the complex system in Korea, the case study of TDX and CDMA telecom system, *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 1(2), 204-225.
 6. Cozzens, S., S. Gatchair, J. Kang, K. Kim, H. Lee, G. Ordóñez, and A. Porter (2010), Emerging technologies, quantitative identification and measurement, *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(3), 361-376.
 7. Day, G. and P. Schoemaker, (2000), Avoiding the pitfalls of emerging technologies, *California Management Review*, 42(2), 8-33.
 8. Deng, X., Y. Xiong, H. Yin, and Q. Gao (2016), Numerical study of the effect of nozzle configurations on characteristics of MILD combustion for gas turbine application, *Journal of Energy Resources Technology*, 138(4), 1-8.
 9. EIA (U.S. Energy Information Administration) (2015), Electric Power Monthly, http://www.eia.gov/electricity/monthly/current_year/december2015.pdf
 10. Fagerberg, J. and M. Godinho (2004), Innovation and catching-up. In, Fagerberg,
- [국외 문헌]**
1. Adner, R. and D. Levinthal (2002), The emergence of emerging technologies, *California Management Review*, 45(1), 50-66.
 2. Ando, K.(2014), The Challenge for Future Power Generation, 1st International Forum Korea on *Advances in Mechanical Engineering* Presentation Materials
 3. Bell, M. and P.N. Figueiredo (2012), Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms, some key issues. In, Cantwell,

- J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
11. Gartner (2015), Gartner Says Emerging Markets Drove Worldwide Smartphone Sales to 15.5 Percent Growth in Third Quarter of 2015, <http://www.gartner.com/newsroom/id/3169417> (18 November 2015).
 12. Glänzel, W. and H. J. Czerwon (1996), A new methodological approach to bibliographic coupling and its application to the national, regional and institutional level. *Scientometrics*, 37(2), 195-221.
 13. Guo, H., F. Duan, and J. Zhang (2016), Blade resonance parameter identification based on tip-timing method without the once-per-revolution sensor, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 66, 625-639.
 14. Hobday, M. (1995), East Asian latecomer firms, Learning the technology of electronics, *World Development*, 23(7), 1171-1193.
 15. Hobday, M. (1998), Product complexity innovation and industrial organisation., *Research Policy*, 26(6), 689-710.
 16. IEA (International Energy Agency) (2015), Key World Energy Statistics 2015, Paris, IEA.
 17. Islas, J. (1997), Getting round the lock-in in electricity generating systems, the example of the gas turbine, *Research Policy*, 26(1), 49-66.
 18. Islas, J. (1999), The Gas Turbine, a new technological paradigm in electricity generation, *Technological Forecasting and Social Change*, 60(2), 129-148.
 19. Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993), Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577-598.
 20. Kaneko, S. (2015), Recent Japanese research activities on flow induced vibration and noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 138(3)
 21. Kodama, F. (1992), Technology fusion and the new Research-and-Development, *Harvard Business Review*, 70(4), 70-78.
 22. Kodama, F. (2014), MOT in transition, from technology fusion to technology-service convergence, *Technovation*, 34(9), 505-512.
 23. Lanjouw, J. and M. Schankerman (1999), The quality of ideas, measuring innovation with multiple indicators, NBER Working Paper, No. 7345.
 24. Lee, J., Z. Bae, and D. Choi (1988), Technology development processes, a model for a developing country with a global perspective, *R&D Management*, 18(3), 235-250.
 25. Lee, K. (2005), Making a Technological Catch-up, Barriers and opportunities, *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(2), 97-131.
 26. Lee, J. and Yoon, H. (2015), A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems, Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry, *Research Policy*, 44(7), 1296-1313.
 27. Kim, L. (1980), Stages of development of industrial technology in a developing country, a model, *Research Policy*, 9(3), 254-277.
 28. Majidpour, M.(2010), The dynamics of technological catching-up, the case of Iran's gas turbine industry, Ph. D. Thesis, SPRU, University of Sussex.

29. Martin, B. (1995), Foresight in science and technology, *Technology Analysis and Strategic Management*, 7(2), 139-168.
30. Martinez, C. (2011), Patent families, When do different definitions really matter?, *Scientometrics*, 86(1), 39-63.
31. Miller, R., M. Hobday, T. Leroux-Demers, and X. Olleros (1995), Innovation in complex systems industries, case of flight simulation, *Industrial and Corporate Change*, 42(2), 363-400.
32. Moore, G. (2015), Rolls Royce LCS engine health monitoring big data collection and analysis, ASME Turbo Expo 2015: *Turbine Technical Conference and Exposition Proceedings*, V001T22A001
33. Park, T. (2012), How a latecomer succeeded in a complex product system industry, three case studies in the Korean telecommunication systems, *Industrial and Corporate Change*, 22(2), 363-396.
34. Park, T. and I. Ji (2015), From mass production to complex production, case of the Korean telecom equipment sector, *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 22(1), 78-102.
35. Park, T. and J. Kim (2014), The capabilities required for being successful in complex product systems, case study of Korean e-government, *Asian Journal of Technology Innovation*, 22(2), 268-285.
36. Porter, A., J. Roessner, X. Jin, and N. Newman (2002), Measuring national emerging technology capabilities, *Science and Public Policy*, 29(3), 189-200.
37. Small, H., K. Boyack, and R. Klavans (2014), Identifying emerging topics in science and technology, *Research Policy*, 48(8), 1450-1467.
38. Son, C. and J. Choung (2014), Platform design and imitative innovation inside the transition black-box, Korean nuclear power plant APR1400 case, *Asian Journal of Technology Innovation*, 22(1), 67-85.
39. Srinivasan, R. (2008), Sources, characteristics and effects of emerging technologies, research opportunities in innovation, *Industrial Marketing Management*, 37(6), 633-640.
40. Stahl, B. (2011), What does the future hold? A critical view on emerging information and communication technologies and their social consequences. In, Chiasson, M., Henfridsson, O., Karsten, H., DeGross, J.I. (Eds.), *Researching the Future in Information Systems*, IFIP WG 8.2 Working Conference, Future IS 2011. Turku, Finland, June 6-8, 2011. Proceedings. Heidelberg, Springer.
41. Viksnins, A. and A. Mcrackin (2007), A guide to international patent protection, *Intellectual Property Management in Health and Agricultural Innovation, a Handbook of Best Practices*, 1(2), 927-939.
42. Watson, W. (1997), The technology that drove the 'dash for gas, *Power Engineering Journal*, 11(1), 11-19.
43. Wu, F., C. Hsu, P. Lee, and H. Su (2011), A systematic approach for integrated trend analysis-The case of etching, *Technological Forecasting and Social Change*, 78(3), 386-407.

● 저 자 소 개 ●



곽기호 (Kiho Kwak)

현재 한국기계연구원 경영전략실에서 선임연구원으로 재직 중이며, 과학기술연합대학 원대학교(UST) 과학기술경영정책 전공 겸임조교수로 활동하고 있다. 한국과학기술원 (KAIST)에서 경영공학 공학사, 공학석사 학위를 취득하고 기술경영학 공학박사를 취득하였다. 주요 관심분야는 자본재 제조업 및 복합제품시스템의 기술·서비스 전략과 공공연구기관의 기술사업화 전략이다.



박주형 (Joohyoung Park)

현재 한국기계연구원 경영전략실에서 책임연구원 및 실장으로 재직 중이다. 성균관대학교 기술경영학 공학박사를 취득하였다. 주요 관심분야는 협력네트워크, 개방형 혁신, 기술전략 등이다.