

4차 산업혁명과 한국의 혁신역량: 특허자료를 이용한 국가기술별 비교 분석, 1976-2015

이지홍*, 임현경**, 정대영***

이 연구내용은 집필자 개인의견이며 한국은행의 공식견해와는 무관합니다.
따라서 본 논문의 내용을 보도하거나 인용할 경우에는 집필자명을 반드시
명시하여 주시기 바랍니다.

* 서울대학교 경제학부 교수(전화: 02-886-4231, E-mail: jihonglee@snu.ac.kr)

** 서울대학교 경제학부 석사과정(E-mail: hklim0430@snu.ac.kr)

*** 한국은행 경제연구원 미시제도연구실 부연구위원(전화: 02-759-5430, E-mail: daeyoung.jeong@bok.or.kr)

논고 작성에 많은 도움을 주신 손욱 경제연구원장, 이재량 경제연구원 부원장, 강환구 미시제도연구실장에게
감사를 표한다. 또한 유익한 논평을 주신 한국은행 조사국 박경훈 박사, 국제경제연구실 최문정 부연구위원,
미시제도연구실 이지은 박사, 원내 세미나 참석자, 익명의 심사위원에게 감사의 뜻을 표한다. 본 논문에 혹시
남아있을 수 있는 오류는 저자의 책임임을 밝힌다.

차 례

I. 서론	1
II. 특허자료	5
III. 특허의 질을 반영한 국가별 혁신지수	8
IV. 국가별, 기술분야별, 코호트별 혁신지수	11
V. 결론 및 시사점: 4차 산업혁명과 혁신	28
〈Appendix〉	32
〈참고문헌〉	39

4차 산업혁명과 한국의 혁신역량: 특허자료를 이용한 국가·기술별 비교 분석, 1976-2015

본 연구는 1976-2015년 기간 동안 미국특허청(USPTO)에서 출원된 5백만 개 이상의 실용특허(utility patent) 자료에 기반하여 국가별 혁신 역량의 추세를 비교 분석하였다. 출원한 특허의 양과 질을 동시에 반영한 혁신 역량을 도출하였고, 이에 더해 시대별로 기술 발전이 가장 활발하게 이루어지고 있는 기술분야를 발전 정도와 발전 속도를 기준으로 선별하여 해당 분류에서의 국가별 혁신 역량의 추세를 분석하였다. 전반적으로 미국과 일본이 혁신을 주도하였고, 유럽과 아시아 국가가 그 뒤를 따르는 모양새였다. 한국의 혁신 순위는 꾸준히 상승해오고 있는데, 특히, IT 혁명 또는 3차 산업혁명과 관련한 기술 분야에서 괄목할 만한 성장을 이루었다. 그러나, 한국의 혁신역량은 상대적으로 특정 분야에 집중되어 있고, 다가올 미래에 발전 가능성이 높은 기술 분야에서는 뒤처져 있는 모습을 보이고 있어, 4차 산업혁명이 도래하여 기술 및 산업 구조가 급변할 경우 혁신을 통한 경제발전에 있어 세계 시장에서 뒤처질 수 있을 것으로 우려된다. 이러한 점을 고려하여 이미 보유하고 있는 산업역량과 기술 혁신 역량을 분석하고 향후 발전 가능성이 높은 분야에 대한 투자를 아끼지 않음으로써 4차 산업혁명이라는 새로운 패러다임으로의 이행에 자원과 역량을 집중할 필요가 있는 것으로 보인다.

핵심 주제어: 4차 산업혁명, 특허, 혁신, 기술발전

JEL classification: O33, O34, O57

I. 서론

최근 전 세계적으로 관심이 집중되고 있는 “4차 산업혁명”은 (예: Schwab, 2017) 지속적으로 발전 가능한 사회를 유지하기 위해 지식의 축적 및 혁신이 그 어느 때보다도 중요해 졌다는 것을 보여준다. 인공지능(Artificial Intelligence), 로봇공학(Robotics), 생명공학(Biotechnology)을 비롯하여 첨단산업분야 (High-tech industries) 혹은 “인더스트리 4.0 (Industry 4.0)”과 관련된 새로운 기술은 기존의 인터넷과 정보통신 기술을 바탕으로 한 IT 혁명을 넘어 사람들의 삶에 본질적인 변화를 가져오고 있다. 나아가 이와 같은 신기술은 앞으로의 경제발전에 있어 매우 중요한 동력이 되어줄 것으로 인식 되고 있다.¹⁾

한편, 아시아 국가는 2008년 금융위기 이후 장기간 동안 경제성장률의 정체 또는 하락에서 헤어나지 못하고 있으며, 경제 발전을 위한 새로운 동력을 찾아야 하는 시급한 과제에 직면해 있다. 과거 기하급수적인 경제 성장을 달성하며 아시아의 네 마리 용으로 불렸던 홍콩, 싱가포르, 대한민국, 대만은 이미 그 영광의 시대에 막을 내렸다. 90년대 이후 일본은 “잃어버린 10년”은 “잃어버린 20년”, “잃어버린 30년”이라는 표현으로 대변되는 장기침체를 겪으며 불황의 장기화에 허덕이고 있다. 심지어 수십 년간 세계 경제의 가장 주요한 원동력으로 손꼽혔던 중국마저도 최근 들어 성장률이 상당 수준 하락하였고, 이를 타개하기 위해 중국 정부는 “뉴 노멀 (New Normal)”이라는 이름하에 첨단 기술에 대한 투자를 통한 다양한 성장 계획을 약속한 바 있다.

이와 같은 전 세계 경제 성장의 흐름에 발 맞춰, 본 연구에서는 전 세계의 기술 발전 및 혁신의 트렌드를 이끌어 온 주요 기술의 변화 양상을 면밀히 살펴봄과 동시에 해당 기술 분야에서 주요국의 혁신역량을 측정 및 비교하고자 한다. 그리고 이를 바탕으로 한국의 혁신역량의 과거, 현재 및 미래를 조망할 수 있기를 희망한다.

다양한 기술을 분류하고 혁신을 측정하는 데에는 많은 방법이 있지만, 본 연구는 특히 자료를 기반으로 분석을 진행하였다. 물론, 모든 생산과 발명이 특허 출원으로 연결되는 것은 아니며, 모든 특허가 가치 창출과 생산성 향상에 기여하는 것은 아니다. 하지만 특허자료는 혁신 활동의 결과를 구체적으로 연구할 수 있는 도구가 될 수 있으며, 상세한 분류체계를 가지고 있어, 시간의 경과에 따른 산업 구조의 진화 양상 추적을 가능케 한다. 이러한 가치를 내재하고 있기 때문에, 특허자료는 혁신 활동과

1) 4차 산업혁명 혹은 인더스트리 4.0에 대한 폭발적인 관심의 증가에도 불구하고, 그 개념을 엄밀하게 정의하고자하는 노력은 부족한 것으로 보인다. 관련 연구로는 Hermann, Pentek, and Otto (2016), Wainder and Kasper (2016), and Wang, Wan, Li, and Zhang (2016)가 존재한다.

그 결정요인을 측정 및 설명하고자 하는 연구에 활발하게 사용되고 있다 (예: Griliches, 1984).²⁾

본 연구는 1976년부터 2015년까지 미국 특허청(US Patent and Trademark Office, USPTO)에서 승인한 5백만 개 이상의 모든 실용특허(utility patent) 관련 자료를 사용하였다. USPTO에 등록된 특허자료는 첨단 기술을 대표하는 좋은 벤치마크를 제공하며, USPTO의 특허분류 기준인 미국특허분류(US Patent Classification, USPC)를 통해 등록된 모든 기술에 대해 조망할 수 있도록 한다.

한편, 본 연구는 “Hirsch Index(또는, H-index)”를 통해 유사한 특허자료를 분석한 Kwon, Lee and Lee (2017) (이하 KLL)의 기법을 차용하여 서로 다른 기술 분야에서의 혁신 역량을 국가별로 비교 분석하였다. 학자들의 연구 성과를 평가하기 위해 Hirsch (2005)에 최초로 고안된 H-index를 특허출원 자료에 적용함으로써, KLL은 국가별 특허출원 성과 측정에 있어 양적·질적 측면을 모두 반영하여 혁신부문의 전반적인 수준을 보다 포괄적으로 나타낼 수 있도록 하였다.

국가별 혁신역량의 추세를 확인하기 위해, 본 연구는 연구기간을 4개의 코호트(1976-1985, 1986-1995, 1996-2005, 2006-2015)로 구분하였으며, KLL의 분석을 재현하여 USPTO가 승인한 모든 특허를 대상으로 특허를 가장 많이 출원하는 15개 주요국의 H-index를 계산하였다.³⁾ KLL에 비해 보다 긴 기간의 데이터를 분석 대상으로 하였고, 코호트 구분 역시 KLL과 차이가 있으나, 분석결과는 KLL의 결과와 대체로 일치한다. H-index를 이용한 혁신 역량 평가에서 미국은 전기간에 걸쳐 최상위를 유지하였고, 일본 역시 꾸준히 2위를 기록하고 있다. 반면, 유럽의 경우 일부 국가(프랑스, 스위스)를 중심으로 시간의 흐름에 따라 쇠퇴의 징후를 나타내고 있으며, 한국, 대만 및 이스라엘을 포함한 새로운 국가가 선전하고 있음을 관찰할 수 있었다.

한국의 경우를 특정해서 보면, 잘 알려진 바와 같이 특허 출원 수를 기준으로 하는 비약적인 성장을 이루어 내었음을 확인하였다 (현재(2006-2015 코호트 기준) 세계 5대 특허 출원 국가 중 하나). H-index을 통해 질적인 측면까지 고려한 분석에서는

2) 경제학에서 전통적으로 사용하는 기술 발전을 정의하는 또 다른 방법으로 Solow (1957)가 제안한 생산함수의 잔차(residual)를 측정하는 방법이 있다. 그러나 이 잔차 속에는 생산 함수 추정의 측정 오류가 포함되어 있어, 이 방법을 통해 정의된 기술 발전 역시도 생산성 향상을 직접적으로 대변한다고 볼 수는 없다. 본 논문은 특허 또는 R&D 지출을 사용하여 기술 변화가 관찰 가능한 프록시(proxy)를 구축하는 분석 방식을 따르고 있는데, Bloom and Van Reenen (2002) 등의 연구는 실증적인 방법을 통하여 특허와 기업 생산성 사이의 인과관계를 규명한 바 있다.

3) KLL에서와 마찬가지로, 15개의 주요국은 축적된 특허 출원 수가 많은 순서대로 미국, 일본, 독일, EU (오스트리아, 벨기에, 덴마크, 핀란드, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 포르투갈, 스페인, 스웨덴), 프랑스, 영국, 대만, 한국, 캐나다, 스위스, 호주, 이스라엘, 중국 (홍콩 제외), 인도 및 구소련 (FSO)에 해당한다. 연구기간 중 전체 특허의 약 99%가 15개의 주요국에서 출원되었다.

1976-1985 코호트의 14위에서 2006-2015 코호트의 8위로 순위가 상승하였는데, 절대적인 출원 수만을 기준으로 했을 때에 비해 그 순위가 상대적으로 낮다. 반면, 경제규모와 인구 측면에서 주목받고 있는 중국과 인도는 여전히 선진국에 비해 뒤처지는 모습을 보이며 최근(2006-2015 코호트 기준) 각각 14위, 15위에 위치하였다.

다음으로, 본 연구에서는 각 코호트에서 USPC 특허 분류 중 (i) 특허 출원 수 및 (ii) 특허 출원 속도를 기준으로 주요 기술 “클래스”를 선별하고, 해당 클래스에 속하는 특허에 대한 국가별 혁신역량의 추세를 비교 분석하였다. 특허 출원 수 기준의 주요 기술 클래스는 시간의 흐름에 따라 변해가고 있음을 확인할 수 있었는데, 이는 본 연구에서 사용하고 있는 특허자료가 세계 경제구조의 진화 과정을 잘 반영하고 있다는 증거이다. 특히 눈에 띄는 것은 IT 혁명이 주요 기술 클래스의 변화를 통해 명확하게 드러난다는 점이다. 반도체 (semiconductors), 능동형 고체 소자 (active solid-state devices), 다중 통신 (multiplex communications) 및 컴퓨터 그래픽 관련 기술 분야는 1990년대 이전까지 거의 주목받지 못하였으나, IT 혁명의 물결이 거세게 불어온 1990년대 중반부터는 가장 많은 특허를 배출하고 있는 기술 분야로 성장하였다.

한국이 특히 좋은 성과를 보인 기술 분야가 바로 IT 혁명과 관련한 분야이다. 1996-2005 코호트의 특허 출원 수 기준 주요 클래스에 대한 국가별 H-index 및 순위를 각각의 코호트에 대하여 재산출한 결과, 한국의 순위는 1976-1985 코호트에 15위에서 2006-2015에 3위로 급상승한다. 같은 방식으로 2006-2015 코호트의 주요 클래스를 고려하는 경우에는 한국의 순위가 다소 하락하지만, 여전히 한국은 세계 5위까지 순위가 오르며 강세를 보인다. 반면, 한국은 1976-1985 코호트 및 1986-1995 코호트의 주요 클래스에 대해서는 최근까지도 11위를 넘어서지 못하며 부진하고 있다.

한편, 각 코호트에서 가장 빠르게 성장한 기술 분야, 즉 특허 출원 속도를 기준으로 한 주요 클래스 분석은 미래에 발전가능성이 높은 기술 분야를 예상할 수 있게 한다. 이에 근거한 분석에 따르면, 1990년대 중반부터 IT 관련 기술 분야가 빠른 성장세를 보이며 발전하고 있는데, 특히 반도체, 저장장치, 다중통신과 같은 하드웨어(hardware)보다는 데이터 처리(data processing), 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템(electrical computers and digital processing systems) 등 소프트웨어(software)와 관련된 클래스가 최근 빠르게 성장하고 있음을 확인할 수 있다. 이에 더해, 2006-2015 코호트에서는 나노테크놀로지 (nanotechnology), 주사탐침현미경(scanning probe microscope)과 펩티드 및 단백질 서열 (peptide or protein sequence) 등 생

화학/제약 관련된 클래스들이 빠르게 발전하는 기술 분야로 등장하였다.

특허 출원 수 기준 분석 결과와 유사하게, 특허 출원 속도 기준 분석에서도 한국은 1986-1995 코호트와 1996-2005 코호트의 주요 클래스에서 H-index 순위가 크게 상승하였다. 그러나 한국은 2006-2015 코호트 특허 출원 속도 기준 주요 클래스에서는 1996-2005 코호트 10위, 2006-2015 코호트 11위에 위치하며 부진한 모습을 보였다.

특허 출원 속도 기준 분석에서 한 가지 더 주목해 보아야 할 부분은, 최근 빠른 속도로 특허 출원이 이루어지고 있는 기술 분야는 대체로 기술 발전의 초기 단계에 머물러 있다는 점이다. 2006-2015 코호트 특허 출원 속도 기준 주요 클래스는 1996년 이전에는 거의 특허가 출원되지 않았음을 확인 할 수 있다. 이는 다가올 미래에 빠른 속도로 기술 발전이 이루어 질 분야를 예측하고, 더불어 4차 산업혁명을 이끌어 갈 기술 분야를 정확하게 짚어내는 것이 매우 어려운 과제일 수 있음을 암시한다. 또한 본 연구의 결과 만을 가지고 한국의 혁신 역량과 관련 시스템 전반에 대한 비판적인 메시지를 찾아내려 하거나 경고의 메시지를 전달하려 하는 것은 성급한 시도 일 수 있다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 한국 혁신과 기술 발전이 상대적으로 특정 분야에 편향되어 있다는 중요한 사실을 일깨워 준다. 미국, 일본, 유럽, 주요 서방 국가 및 이스라엘은 다양한 기술 분야의 혁신역량 순위에서 꾸준히 상위권에 위치하고 있는 반면, 한국의 경우 다소 IT 기술 및 3차 산업혁명과 관련된 기술 분야에서만 상위권을 유지하고 있으며, 이는 국가의 혁신역량이 상대적으로 특정 분야에 편향되어 있음을 뜻한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 USPTO 특허자료의 구성 및 특징을 살펴보고, 데이터 구축 방식을 소개한다. 3장에서는 혁신 역량 평가의 지표로써 H-index를 소개하고, KLL의 연구 방법을 차용하여 모든 기술 분야에서 국가별 혁신 역량을 비교 분석한다. 4장에서는 각 시기별로 특허 출원 수와 특허 출원 속도를 기준으로 활발한 기술 발전이 이루어진 주요 클래스를 살펴보고, 각 주요 클래스 안에서 H-index를 사용하여 국가별 혁신역량을 비교 분석한다. 5장에서는 앞의 분석을 바탕으로 결론 및 시사점을 도출한다.

II. 특허자료

미국의 특허는 크게 실용특허(utility patent), 디자인특허(design patent), 그리고 식물특허(plant patent)로 분류되며, 미국 특허·상표청(US Patent and Trademark Office, USPTO)에서 관리한다. 실용특허는 새롭고 유용한 방법이나 제조물, 화학조성물 및 관련 기술 자체의 아이디어를 보호하는 것을 목표로 하는 반면, 디자인특허는 제품의 디자인 보호를, 식물특허는 무성번식을 통해 개량된 식물품종에 대한 권리 보호를 목표로 한다.⁴⁾ 일반적으로 특허라고 하면 실용특허를 의미하며, 다른 특허 중 혁신 및 기술발전과 직접적으로 관련이 있는 경우 역시도 실용특허로 추가 분류할 수 있다. 본 연구의 주 목표는 국가별 혁신 역량을 측정 및 비교하고 경제구조의 경향성을 파악하는 것이기 때문에 실용특허만을 분석대상으로 삼았다.

특허자료는 1976년 1월부터 2015년 5월까지의 USPTO Bulk Data를 사용하였다.⁵⁾ USPTO Bulk Data는 1960년부터 최근까지 주 단위로 특허 출원 자료가 공개되어 있지만, 1976년 이전에는 주요 관심 국가인 한국·대만·중국의 특허 수가 적기 때문에 분석기간을 1976년 이후로 제한하였다.⁶⁾ 한편, 2015년 5월 이후에는 USPTO Bulk Data에서 사용하는 특허분류 기준이 미국특허분류(US Patent Classification, USPC)에서 협력적특허분류(Cooperative Patent Classification, CPC)로 변경되었다. 그러나 아직 USPC와 CPC 간에 명확한 대응관계가 규명되지 않아 기존의 데이터와 2015년 5월 이후의 데이터를 병합하는 데에 어려움이 있기 때문에, 분석기간을 2015년 5월까지로 제한하였다.⁷⁾ 1976년 1월부터 2015년 5월까지의 분석기간은 아래의 [표 2-1]과 같이 4개의 집단(코호트, Cohort)으로 구분하였다.

4) 보다 자세한 내용은 특허청에서 제공하는 〈주요 지식재산권 제도(미국)〉 참조.

(http://www.kipo.go.kr/kpo/user.tdf?a=user.html,HtmlApp&c=93021&catmenu=m13_02_01)

5) 해당 자료는 <https://bulkdata.uspto.gov>에서 다운로드 할 수 있다.

6) 미국특허청에 미국의 특허자료가 상대적으로 많이 등록되어있을 가능성에 대한 문제제기가 있을 수 있지만, 유럽특허청(EPO)의 데이터에서도 특허출원/등록 수 기준 국가순위에 큰 차이가 없고 미국이 최상위에 위치하고 있어 USPTO 데이터 분석에서 미국 편향도가 과도하게 나타나는 것은 아니라고 할 수 있다. 오히려 EPO 데이터는 유럽 국가가 상대적으로 많은 특허를 출원하여 일본이나 한국의 순위가 낮게 나타나는 경향을 보이고 있으며, 일본특허청(JPO)의 경우에도 일본이 압도적으로 많은 수를 출원하고 있어, 추후 연구 시 유럽이나 일본특허청의 자료를 활용할 경우 이에 대해 고려할 필요가 있다.

7) 현재 <https://www.uspto.gov/web/patents/classification>에서 USPC-to-CPC 변환을 제공하고 있으나, 특허분류의 정의에 의한 변환이 아니라 통계적으로 유사한 특허분류를 찾아주는 방식을 사용한다. 다시 말해, 해당 USPC 특허분류가 어떤 CPC 특허분류에서 가장 많이 나타나는지를 추적하여 변환하고 있어 그 정확도나 엄밀함의 정도에 대한 검토가 필요하다.

[표 2-1] 집단 (Cohort)

코호트 (Cohort)	(1985)	(1995)	(2005)	(2015)
기간 (단위: 년)	1976 ~ 1985	1986 ~ 1995	1996 ~ 2005	2006 ~ 2015

USPTO Bulk Data는 각 특허에 대해 승인 내역, 특허분류(patent classification) 및 특허내용 등을 상세하게 서술하고 있다. 이 중 본 연구에서는 특허번호, 승인 날짜(application date), 특허분류, 발명자 국가정보, 타 특허 인용정보를 사용하였다.⁸⁾ 특허분류는 three-digit main classification을 사용하였으며, 발명자 국가정보 중 첫 번째로 기입된 발명자의 국적을 해당 특허의 국적으로 사용하였다. 특허의 국적은 미국(US), 일본(JP), 독일(DE), 유럽연합(EU), 프랑스(FR), 영국(GB), 대만(TW), 한국(KR), 캐나다(CA), 스위스(CH), 호주(AU), 이스라엘(IL), 중국(CN), 인도(IN), 구 소련연합(FSU) 등 15개의 주요국과 기타(RW: Rest of the World)로 분류하였다.⁹⁾

USPTO Bulk Data는 xml 파일로 업로드 되어 있는데, 원 자료(raw data)에서 앞서 언급한 정보를 추출하기 위하여 Python 프로그램을 통한 xml 파싱(parsing) 기법을 사용 하였다. Xml 파일은 크게 서문, 본문, 기타로 구성되며 특히 본문은 태그(tag)를 이용한 일종의 트리(tree) 구조를 이루고 있다. Python의 “xml.dom.minidom”을 이용하면 원하는 태그의 데이터를 효율적으로 추출할 수 있으며, 본 연구에서도 기본적으로 이와 같은 방법을 사용하여 원 자료(raw data)를 가공하였다.¹⁰⁾

[표 2-2]는 1976년부터 2015년까지 국가별 특허 출원 현황을 요약하고 있다. 분석 기간 동안 미국에서 출원된 총 특허 수는 대략 510만 개다. 미국이 지속적으로 가장 많은 특허를 출원 하고 있으며, 일본과 독일도 특허 출원 수에 있어 꾸준히 상위권을 유지하고 있다. 유럽 국가들은 상대적으로 특허 출원 수가 감소하고 있는 반면, 아시아 신흥국의 특허 출원은 지속적으로 증가하고 있다.¹¹⁾ 한국과 대만의 경우 1990년대 후반부터 특허 출원 수가 급증하여 2000년대 들어 영국과 프랑스를 따라잡았다. 특히 한국은 1980년대 후반에 비해 2000년대 후반에 특허 출원 수가 20배 이상 증가하

8) 특허 승인 날짜 외에 신청 날짜를 기준으로 특허의 연도와 날짜를 부여할 수도 있다.

9) EU에는 2002년 EU 가입국 중 독일, 영국, 프랑스 제외한 12개국이 포함된다.

10) Python은 버전 2.7을 사용하였다. Python을 이용한 xml 파일 파싱 (parsing)에 대한 자세한 내용은 <https://docs.python.org/2/library/xml.dom.html> 참조.

11) 추후 연구에서는 1인당 특허 출원 수를 측정하여 비교하는 것도 가능할 것이다. 하지만 본고는 H-index를 통해 국가별 특허의 양과 질을 동시에 측정하고 비교분석하는 것을 주된 목표로 하고 있으므로, 이에 있어 1인당 H-index의 의미가 모호하고, 1인당 특허 수 지표는 국가 전체 역량 측정의 측면에서는 그 의미가 크지 않을 것으로 예상된다.

며 빠른 상승세를 보이고 있다. 한편, 중국과 인도는 2000년대 후반에 접어들며 특허 출원 수가 크게 증가하고 있으며, 중국의 경우 1990년대 후반에 비해 2000년대 후반 특허 출원 수가 10배 이상 증가하였다.

[표 2-2] 국가별 특허 출원 수

국가	코호트 (Cohort)								합계
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)		
	특허 수	순위	특허 수	순위	특허 수	순위	특허 수	순위	
미국 (US)	377269	1	487356	1	793246	1	1003094	1	2660965
일본 (JP)	81280	2	195033	2	309003	2	409440	2	994756
독일 (DE)	58326	3	73243	3	96276	3	113531	3	341376
유럽연합 (EU)	31216	4	42296	4	66547	4	87850	5	227909
프랑스 (FR)	20950	6	28460	5	35274	6	42579	8	127263
영국 (GB)	24063	5	25920	6	33903	7	41445	9	125331
대만 (TW)	723	13	8498	9	42612	5	80114	6	131947
한국 (KR)	169	14	4452	11	33581	8	103794	4	141996
캐나다 (CA)	11317	8	18401	7	30998	9	45581	7	106297
스위스 (CH)	12313	7	12416	8	12472	11	15455	13	52656
호주 (AU)	2723	10	4290	12	7620	13	14246	14	28879
이스라엘 (IL)	1204	11	3011	13	8451	12	18936	12	31602
중국 (CN)	8	16	450	15	1981	14	31773	10	34212
인도 (IN)	112	15	237	16	1922	15	12683	15	14954
구소련 (FSU)	809	12	610	14	1709	16	3012	16	6140
기타 (RW)	8662	9	8225	10	15585	10	29949	11	62421
합계	631144		912898		1491180		2053482		5088704

III. 특허의 질을 반영한 국가별 혁신지수

1. 피인용

특허자료를 바탕으로 국가별 혁신역량을 측정 및 평가하는 데에는 다양한 방법이 있을 수 있다. 앞서 살펴본 특허 출원 수에 기반한 분석은 국가별 혁신역량의 양적인 측정 방법이라고 할 수 있을 것이다. 한편, 출원되는 특허의 숫자가 많다고 하여 해당 국가의 혁신역량이 높다고 단정 지을 수 없기 때문에, 각국에서 출원되는 특허의 질을 고려한 국가별 혁신역량의 질적 측정 역시 고려할 필요가 있다. 특정 특허의 질 측정 역시도 다양한 방법을 통해 할 수 있는데, 그 중 하나가 바로 해당 특허가 타 특허에 의해 인용된 횟수(피인용 횟수)를 사용하는 것이다. Trajtenberg (1990) 이후로 특허의 피인용횟수는 특허의 질을 측정하기 위한 유용한 도구로 사용되어왔다. 특허의 질이 높다는 것은 결국 해당 특허가 관련 분야에 미치는 영향력 혹은 파급력이 크다는 것을 의미하며, 따라서 질이 높은 특허는 피인용횟수가 높을 것이다. 또한 Harhoff et al. (1999), Lanjouw and Schankerman (2004), Hall, Jaffe and Trajtenberg (2005) 및 여러 연구에서 피인용횟수와 특허가치의 양의 상관관계를 도출하였다.

피인용횟수를 이용하여 특허의 질을 측정하면 인용될 수 있는 기간에 따라 결과가 달라질 수 있다. 예를 들어, 특허 출원 이후 인용된 총 횟수를 사용할 경우 과거에 출원된 특허는 인용될 수 있는 기간이 길어 피인용횟수가 상대적으로 많은 반면, 최근에 출원된 특허는 인용될 수 있는 기간이 짧아 피인용횟수가 상대적으로 적을 수 있다. 따라서 총 횟수를 사용할 경우 오래 전에 출원된 특허는 특허의 질이 과대평가되고 상대적으로 최근에 출원된 특허는 질이 과소평가되어, 특허 질에 대한 객관적인 비교가 어려울 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 특허 출원 이후 제한된 기간 동안의 평균 피인용횟수를 사용함으로써 보다 객관적으로 특허의 질을 측정하고자 하였다.

[표 3-1]에서는 해당 코호트에 출원된 특허에 대해 인용기간을 제한하지 않은 경우(No Limit), 특허 출원 후 5년(5-year), 특허 출원 후 2년(2-year)으로 인용기간을 제한한 경우의 평균 피인용횟수를 보여준다. 인용기간을 제한하지 않은 경우에는 과거에 출원된 특허의 평균 피인용횟수, 즉 과거에 출원된 특허의 질이 상대적으로 과대평가되고 있는 것을 확인할 수 있다.

[표 3-1] 평균 피인용 횟수 및 시차

코호트 (Cohort)	평균 피인용 횟수			시차
	No Limit	5-year	2-year	
(1985)	23.50	5.30	2.60	5.51
(1995)	30.84	7.96	3.33	3.80
(2005)	24.25	9.13	3.82	3.15
(2015)	6.08	4.14	1.96	2.37

반면, 인용기간을 5년 혹은 2년으로 제한할 경우에는 (1985) ~ (2005) 코호트에 걸쳐 점차 특허의 평균 피인용횟수가 증가한다. 이를 통해 특허의 질이 점차 개선되고 있다는 것을 추론할 수 있다. (2015) 코호트에서 평균 피인용 횟수가 감소하는 것은 인용기간을 5년으로 제한한 경우 2010년 이후에 출원된 특허의 피인용횟수가 2015년까지만 고려되며, 인용기간을 2년으로 제한한 경우 2013년 이후에 출원된 특허의 피인용횟수가 2015년까지만 고려되기 때문이다. 한편, 각 코호트에서 출원된 특허가 처음으로 타 특허에 의해 인용되기까지 소요되는 시간(시차)은 점차 감소하는 추세를 보이고 있으며, (1985) 코호트에 비해 (2015) 코호트에서는 시차가 약 3.1년 감소하였다.¹²⁾

Kwon, Lee and Lee (2017)는 2년 동안의 평균 피인용횟수를 이용하여 특허의 질을 측정하고, 회귀분석을 통해 국가 간 혁신 역량을 비교·분석한다. 특히 국가별·산업별 차이를 통제하기 위해 조정된 평균 피인용횟수를 사용하였다. KLL에서 국가별·연도별·산업별 고정효과를 고려하여 이중차분법(difference-in-differences)을 이용한 회귀분석을 실시한 결과, 미국의 특허는 꾸준히 높은 질적 수준을 유지하며 타 국가에 대한 상대적 우위를 점하고 있으나, 아시아 신흥국과의 격차는 점차 감소하는 추세인 것으로 드러났다. 특히, 한국과 대만은 1990년대 이후 미국과의 격차를 급격하게 줄여나갔으며, 중국과 호주는 2000년대에 접어들며 미국과의 격차를 줄여나갔다. 한편, 질적 수준으로 측정한 일본과 유럽 국가의 기술 혁신 역량은 미국에 비해 상대적으로 낮아지는 추세인 것으로 나타났다.

12) (1985) 코호트의 평균 시차의 경우 5년간 평균 피인용 횟수보다 높게 측정되는데, 이는 상대적으로 소수의 특허가 매우 높은 피인용 횟수를 기록하였기 때문이다. 이러한 경향은 다른 코호트에서도 발견된다. 이상치의 영향을 통제하기 위해 중간값(median)을 사용할 경우 (1985) 코호트부터 각 코호트의 5년간 (중간 피인용 횟수, 중간 시차)는 다음과 같다: (4,3), (6,3), (6,2), (2,1).

2. H-index

앞서 살펴본 바와 같이, 평균 피인용 횟수는 특허의 질을 대변함으로써 국가별 혁신역량의 측정 및 비교의 도구로 사용될 수 있다. 그러나 이와 같은 방식은 절대적인 특허 출원 수 혹은 특허 출원의 전반적인 생산성을 포착하지 못한다는 점에서 보완이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 특허의 양적·질적 측면을 모두 고려하기 위해 Hirsch Index를 사용하였다. Hirsch Index(이하 H-index)는 Hirsch (2005)에 의해 연구자들의 연구 성과를 측정하기 위한 척도로써 처음 고안되었다.¹³⁾

H-index는 성과 측정에 있어 양적·질적 측면을 모두 반영한다는 점에서 보다 포괄적으로 생산성을 측정할 수 있다는 장점이 있다. 아무리 게재된 논문 수가 많다고 하더라도 개별 논문의 인용횟수가 높지 않으면 H-index가 높을 수 없으며, 몇몇 논문의 인용횟수가 매우 높다고 하더라도 절대적인 논문 게재 수가 적으면 H-index가 높을 수 없다. 경제학에서는 Ellison (2013)이 H-index가 젊은 경제학자들의 노동시장 성과를 얼마나 잘 반영하는지를 조명하였다.¹⁴⁾

본 연구에서는 Kwon, Lee and Lee (2017)의 방식을 차용하여 각 국가를 특허의 발명자와 같이, 특허의 인용을 논문의 인용과 같이 생각하여 국가별 H-index를 구하였다. 즉, 어떤 국가의 H-index가 h 와 같다는 것은 해당 국가의 국적을 부여받은 n 개의 특허 중에서 h 개는 h 번 이상 인용되었으며, $n-h$ 개는 h 번 미만 인용되었다는 의미이다. [표 3-2]는 각 코호트 별로 국가별 H-index 및 순위를 나타낸 것이다.

[표 3-2]를 통해 다음과 같은 사실을 확인할 수 있다. 우선, 한국을 비롯한 아시아 신흥국은 지속적으로 H-index 순위가 상승하고 있는 추세이다. 특히 한국과 대만은 H-index의 크기가 (2005) 코호트에 접어들며 크게 증가한 것을 확인할 수 있다. 이는 KLL에서 1990년대에 한국이 특허의 질적 측면에서 미국과의 격차를 줄여나갔다는 결과와도 일치한다. 이스라엘 역시 H-index 순위가 상승하는 모습을 보이고 있는 반면, 독일, 프랑스, 스위스, 구소련은 순위가 하락하는 모습을 보인다. 미국과 일본은 모든 코호트에서 각각 1위, 2위를 유지하고 있다. (2015) 코호트에서 모든 국가의 H-index의 절대적인 크기가 작아진 이유는 인용기간에 제한을 두지 않아 최근에 출원된 특허일수록 인용기간이 짧기 때문이다.

13) 어떤 연구자의 H-index가 h 라는 것은 해당 연구자의 n 개의 연구 논문 혹은 저서 중 h 개는 h 번 이상 인용되었으며, $n-h$ 개는 h 번 미만 인용되었다는 의미이다.

14) 서로 다른 연구자의 H-index가 같더라도 총 논문수와 총 피인용 횟수는 다를 수 있다. 이를 비롯하여 H-index가 가질 수 있는 몇 가지 단점을 보완·수정한 지수가 고안되기도 하였는데 대부분의 대안적 지수가 H-index와 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 밝혀졌다(Bornmann et al., 2011).

[표 3-2] 국가별 H-index 및 순위

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	296	1	477	1	535	1	244	1
일본 (JP)	143	2	215	2	231	2	102	2
독일 (DE)	117	3	163	3	168	6	82	4
유럽연합 (EU)	112	4	161	4	201	3	86	3
프랑스 (FR)	102	6	141	7	154	8	61	11
영국 (GB)	107	5	159	5	173	5	82	4
대만 (TW)	30	13	83	12	120	12	69	9
한국 (KR)	19	14	74	13	127	10	74	8
캐나다 (CA)	98	7	156	6	177	4	78	7
스위스 (CH)	76	8	109	8	110	13	52	13
호주 (AU)	52	10	94	11	121	11	64	10
이스라엘 (IL)	49	11	100	10	160	7	79	6
중국 (CN)	7	16	35	15	48	16	45	14
인도 (IN)	16	15	30	16	50	15	41	15
구소련 (FSU)	33	12	38	14	57	14	33	16

IV. 국가별, 기술분야별, 코호트별 혁신지수

위에서는 양적/질적 기준에 따른 국가별 혁신역량을 기간별로 비교 분석 하였다. 4절에서는 각 시기별로 특허 출원이 활발히 이루어진 분류를 살펴보고, 각 분류 안에서 특허 출원 수 등을 활용한 국가별 혁신역량을 비교 분석한다. 앞서 활용한 특허 출원 수와 H-index에 더해 특허 출원 속도를 측정하는 지수를 제시하고, 각 지수를 기초로 한 결과를 비교 분석하였다.

1. 특허분류 (Patent Classification)

특허분류는 해당 특허와 관련된 기술에 따라 특허를 분류하는 기준으로써, 국제특허분류(International Patent Classification, IPC), 유럽특허분류(European Classification

System, ECLA), 미국특허분류(US Patent Classification, USPC) 등이 있다. IPC는 산업을 기준으로 기술을 분류하는 데에 비해, USPC는 특허청구범위에 명시된 특허의 기능을 중심으로 기술을 분류하고 있으며, 디자인 특허에 대한 분류도 포함하고 있다는 점이 특징이다. ECLA는 유럽특허청에서 만든 특허분류코드로, IPC에 비해 2배에 가까운 카테고리 기술로 분류하고 있어 상대적으로 더 세분화된 기준으로 볼 수 있다. 한편, 유럽특허청과 미국 특허상표청이 공동으로 개발한 협력적특허분류(Cooperative Patent Classification, CPC)는 2013년 1월부터 사용되기 시작하였으며 “class - subclass - main group - sub group”을 골자로 하여 약 25만개의 카테고리 기술로 기술을 분류하고 있다¹⁵⁾.

특허분류는 관련 기술을 근간으로 한다는 점에서 기술발전 및 경제구조를 파악할 수 있는 틀을 제공한다. 즉, 해당 시기에 활발히 출원되고 있는 클래스(class)가 무엇인지를 알아봄으로써 어떤 분야의 기술 발전이 활발하게 이루어지고 있는지를 알 수 있다. 따라서 이를 바탕으로 해당 시기에, 더 나아가 가까운 미래에 어떤 기술 혹은 산업분야가 경제발전을 이끌어 나갈 것인지 추측해볼 수 있을 것이다. 한편, KLL은 국가별 혁신역량을 비교함에 있어 모든 클래스에 대한 통합적인 혁신역량에 대해서만 이야기 한다. 하지만, 위와 같은 특허분류를 이용하면, 산업별 또는 기술별로 보다 세분화하여 주요국의 혁신역량을 비교해 볼 수 있다. 본 연구는 이러한 맥락에서 각 코호트 별로 활발하게 특허가 출원된 클래스(class)가 무엇인지를 ‘특허 출원수’ 및 ‘특허 출원 속도’의 두 가지 기준에 따라 추려내었다. 그리고 추려낸 주요 클래스에 대해서 국가별 H-index를 구하여 혁신역량을 비교·분석하였다.

본 연구에서 사용한 USPTO Bulk Data의 특허자료는 USPC 시스템에 의해 분류되며 모든 특허가 “original classification (OR)”과 “cross-reference classification (XR)”을 부여받는다. USPC 시스템은 해당 특허와 관련된 기술에 입각하여 모든 특허를 서로 다른 상호 배타적 클래스(class)와 서브클래스(subclass)로 분류한다. 이 분류체계는 일종의 트리 구조(tree structure)를 갖고 있어, 각각의 클래스 혹은 서브클래스는 상위의 클래스 혹은 서브클래스에 속해있다. 모든 클래스와 서브클래스는 USPC Class Schedule에 명시되어 있으며 숫자나 알파벳을 통해 식별된다. 실용특허의 경우 클래스는 최대 3자리의 숫자로 식별되고, 각 클래스에 속해있는 서브클래스는 최대 6자리의 숫자로 식별되며, Class Schedule 상에서 들여쓰기(indent)가 되어 있다. 이 들여쓰기를 통해 전체 특허분류의 구조 및 해당 서브클래스의 위치 등을

15) 자세한 내용은 특허청에서 제공하는 <CPC 매뉴얼> 참조.

(http://www.kipo.go.kr/kpo/user.tdf?a=user.html,HtmlApp&c=4021&catmenu=m02_09_01_01)

[표 4-1] 클래스(Class) 개수

코호트 (Cohort)	(1985)	(1995)	(2005)	(2015)
Class	435	510	529	534

[표 4-2] 서브클래스(Subclasses) 개수

코호트 (Cohort)	(1985)	(1995)	(2005)	(2015)
Subclass	80494	116916	149087	161881

파악할 수 있다. 가장 세분화된 서브클래스의 경우에는 최대 9자리의 숫자를 부여받는다. 본 연구에서는 “original classification (OR)”을 사용하였으며, 각 코호트 별 클래스 및 서브클래스의 개수는 아래의 [표 4-1], [표 4-2]에 각각 요약되어 있다. 분석기간 동안 클래스 및 서브클래스의 개수가 상당히 증가하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 기술의 진보와 함께 기술의 다양성이 크게 증가하였다는 것을 의미한다.

2. 특허출원수

가. 코호트별 주요 클래스: 특허 출원 수 기준

주요 클래스를 선별해내기 위해 첫 번째로 사용한 기준은 ‘특허 출원 수’이다. 즉, 각 코호트별로 해당 기간 동안 출원된 특허 수가 가장 많은 클래스를 1위부터 10위까지 추려내었다. [표 4-3] ~ [표 4-6]는 그 결과를 정리한 것이다. Class1은 (1985) 코호트의 주요 클래스, Class2는 (1995) 코호트의 주요 클래스, Class3과 Class4는 각각 (2005) 코호트와 (2015) 코호트의 주요 클래스이다. 노란색 음영은 (1985) 코호트부터 지속적으로 순위권에 속한 클래스이며, 초록색과 파란색 음영은 각각 (1995) 코호트, (2005) 코호트부터 순위권에 들어온 클래스를 나타낸다. 음영이 없는 클래스는 해당 코호트에 순위권에 들었다가 다음 코호트부터는 사라진 클래스이다. 출원된 모든 특허의 숫자를 정리한 [표 2-2]에서와 마찬가지로, 특허 출원 수 기준 상위 10개 클래스도 시간이 지남에 따라 전반적으로 특허 출원 수가 크게 증가하고 있다는 것을 확인할 수 있는데, Class4 중에서 특허가 가장 많이 출원되었던 클래스의 특허 출원 수는 65,215개로 Class1 중에서 특허가 가장 많이 출원되었던 클래스의 특허 출원 수(29,792개)의 약 2배에 달한다.

[표 4-3] ~ [표 4-6]를 비교하였을 때 첫 번째 주목할 점은 (1995) 코호트에서 (2005) 코호트로 넘어가면서 주요 클래스 구성에 확연한 변화가 있었다는 것이다. 80년대와 90년대에 걸쳐 의약품, 수술 및 화학·분자생물학 중심의 특허 출원이 활발하게 이루어진 반면, 2000년대에 접어들어서는 반도체 (semiconductors), 저장장치 (active solid-state devices), 컴퓨터그래픽 (computer graphics processing), 다중통신 (multiplex communication) 등 IT 산업과 관련된 클래스의 특허 출원이 주를 이루었다. [표 4-6]에서 확인할 수 있듯이 (2015) 코호트에서 통신(telecommunications) 및 데이터 처리(data processing)와 관련된 클래스가 등장한 것도 주목할 만한데, 이는 2000년대 들어 인터넷을 기반으로 한 IT 혁명이 정보통신서비스의 발전을 촉진하였으며, 특히 커뮤니케이션 분야에서 휴대폰, PC 등의 보급 및 발전으로 정보 교환 방식에 큰 변화가 있었기 때문으로 보인다 (예: 김사혁, 2004). 이와 같은 코호트 사이의 주요 클래스의 차이는 시간의 변화에 따른 기술발전 및 패러다임의 변화가 본 연구에서 사용하고 있는 특허자료에 잘 반영이 되어 있음을 확인시켜준다.

[표 4-3] Class1: (1985) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 수
1	260	Chemistry of carbon compounds	29792
2	424	Drug, bio-affecting and body treating compositions	17584
3	252	Compositions	11587
4	73	Measuring and testing	10568
5	428	Stock material or miscellaneous articles	10561
6	128	Surgery	10231
7	123	Internal-combustion engines	9220
8	340	Communications: electrical	8904
9	204	Chemistry: electrical and wave energy	8359
10	29	Metal working	8207

[표 4-4] Class2: (1995) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 수
1	514	Drug, bio-affecting and body treating compositions	22127
2	364	Electric power conversion systems	19532
3	428	Stock material or miscellaneous articles	18853
4	128	Surgery	14513
5	358	Facsimile and static presentation processing	11966
6	73	Measuring and testing	11678
7	250	Radiant energy	11552
8	430	Radiation imagery chemistry: process, composition, or product thereof	11334
9	435	Chemistry: molecular biology and microbiology	10556
10	123	Internal-combustion engines	10325

[표 4-5] Class3: (2005) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 수
1	514	Drug, bio-affecting and body treating compositions	36935
2	438	Semiconductor device manufacturing: process	36143
3	435	Chemistry: molecular biology and microbiology	32578
4	257	Active solid-state devices (e.g., transistors, solid-state diodes)	30648
5	428	Stock material or miscellaneous articles	27963
6	424	Drug, bio-affecting and body treating compositions	25686
7	395	Electric resistance heating devices	19554
8	359	Optical: systems and elements	19406
9	345	Computer graphics processing and selective visual display systems	19030
10	370	Multiplex communications	18735

[표 4-6] Class4: (2015) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 수
1	370	Multiplex communications	65215
2	257	Active solid-state devices (e.g., transistors, solid-state iodes)	61048
3	455	Telecommunications	51179
4	438	Semiconductor device manufacturing: process	50085
5	514	Drug, bio-affecting and body treating compositions	43190
6	709	Electrical computers and digital processing systems: multicomputer data transferring	40519
7	345	Computer graphics processing and selective visual display systems	37541
8	707	Data processing: database and file management or data structures	35528
9	382	Image analysis	33770
10	435	Chemistry: molecular biology and microbiology	32439

나. 주요 클래스별 국가 혁신역량 비교

[그림 4-1] 주요 클래스에서의 국가별 특허 출원 수 비교 (1)



[그림 4-1]은 각 코호트 별 주요 클래스에서의 특허 출원 수를 국가별로 표시하여 비교한 것이다. 미국과 일본은 꾸준히 가장 많은 특허를 출원하고 있으나, 아시아 신흥국과 그 격차가 감소하는 것도 확인할 수 있다. 그러나 이와 같은 비교는 오로지 특허 출원 수에만 의존하고 있으며, 그래프를 통해서는 국가 간의 차이가 명확하게 드러나지 않는다. 따라서 본 연구에서는 국가별 H-index를 각 코호트별 주요 클래스에 대해서 구해봄으로써, 양적·질적 측면을 모두 고려한 국가별 혁신역량의 비교를 시도하였다.

[표 4-7] Class1 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	312	1	389	1	300	1	92	1
일본 (JP)	138	2	172	2	129	2	41	2
독일 (DE)	129	3	133	3	99	4	32	4
유럽연합 (EU)	107	5	129	4	94	5	27	7
프랑스 (FR)	92	6	98	7	79	7	24	8
영국 (GB)	114	4	123	5	104	3	36	3
대만 (TW)	21	13	46	12	46	13	18	12
한국 (KR)	9	15	31	13	48	12	20	11
캐나다 (CA)	76	8	103	6	90	6	28	6
스위스 (CH)	78	7	77	8	56	11	14	13
호주 (AU)	57	10	69	10	71	8	30	5
이스라엘 (IL)	51	11	65	11	63	10	23	9
중국 (CN)	1	16	22	15	21	15	12	14
인도 (IN)	12	14	14	16	17	16	11	15
구소련 (FSU)	26	12	23	14	22	14	8	16

[표 4-8] Class2 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	313	1	443	1	316	1	91	1
일본 (JP)	144	2	201	2	135	2	59	2
독일 (DE)	118	3	138	3	96	6	36	4
유럽연합 (EU)	101	5	132	5	97	5	36	4
프랑스 (FR)	92	6	109	7	77	7	25	8
영국 (GB)	103	4	135	4	99	4	31	6
대만 (TW)	16	13	46	12	55	11	16	14
한국 (KR)	9	14	45	13	47	13	18	11
캐나다 (CA)	76	7	118	6	103	3	29	7
스위스 (CH)	61	9	83	8	55	11	18	11
호주 (AU)	49	10	75	11	70	8	43	3
이스라엘 (IL)	44	11	78	9	67	9	21	10
중국 (CN)	1	16	26	14	22	15	10	16
인도 (IN)	5	15	16	16	22	15	11	15
구소련 (FSU)	25	12	23	15	32	14	17	13

[표 4-9] Class3 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	143	1	280	1	357	1	132	1
일본 (JP)	68	2	131	2	177	2	73	2
독일 (DE)	55	4	78	5	90	8	48	7
유럽연합 (EU)	52	5	81	4	115	3	50	4
프랑스 (FR)	48	6	76	6	83	11	31	11
영국 (GB)	57	3	97	3	104	6	38	9
대만 (TW)	6	14	33	13	105	5	49	6
한국 (KR)	4	15	34	12	101	7	53	3
캐나다 (CA)	38	7	75	7	115	3	50	4
스위스 (CH)	35	8	57	8	59	12	24	13
호주 (AU)	17	11	39	11	50	13	24	13
이스라엘 (IL)	21	10	52	9	86	9	38	9
중국 (CN)	1	16	14	14	23	16	25	12
인도 (IN)	8	13	14	14	27	14	17	15
구소련 (FSU)	10	12	10	16	26	15	15	16

[표 4-10] Class4 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	117	1	230	1	361	1	162	1
일본 (JP)	52	2	123	2	174	2	80	2
독일 (DE)	37	3	68	6	89	9	49	8
유럽연합 (EU)	32	4	75	4	138	3	63	4
프랑스 (FR)	32	4	60	7	86	10	35	13
영국 (GB)	31	6	83	3	110	5	51	6
대만 (TW)	2	13	29	13	102	6	48	9
한국 (KR)	2	13	31	11	101	7	57	5
캐나다 (CA)	25	7	70	5	123	4	66	3
스위스 (CH)	18	8	42	8	56	12	29	15
호주 (AU)	6	11	30	12	56	12	36	12
이스라엘 (IL)	11	10	40	9	97	8	51	6
중국 (CN)	0	16	10	14	26	15	37	11
인도 (IN)	2	13	10	14	36	14	32	14
구소련 (FSU)	6	11	7	16	26	15	16	16

KLL에 따르면, 미국이 꾸준히 다른 나라에 비해 높은 수준의 특허의 질을 유지하는 한편, 아시아 신흥국 중 한국과 대만은 1990년대에, 중국은 2000년대에 걸쳐 특허의 질이 급격히 향상되어 미국과 그 격차를 줄여나갔다. 반면, 유럽과 일본은 미국에 비해 기술 혁신의 정도가 감소하였다. 이와 같은 양상은 주요 클래스에서의 H-index를 바탕으로 한 국가별 혁신역량의 비교에서도 드러나는데, [표 4-7] ~ [표 4-10]을 참조하여 각 코호트별 주요 클래스에서의 국가별 H-index를 분석한 결과는 다음과 같다.

우선, 아시아 신흥국들은 (1985), (1995) 코호트에 비해 (2005), (2015) 코호트에서 H-index 순위가 보다 큰 폭으로 상승하였다. 한국은 모든 주요 클래스에서 순위가 점차 상승하는 모습을 보이고 있는데, 특히 Class3와 Class4에 대해서는 (2005) 코호트에 접어들며 괄목한 만한 성장을 보였다. Class3에서는 (1995) 코호트 12위에서 (2005) 코호트 7위 그리고 (2015) 코호트 3위로 상승하였는데, (2005) 코호트 H-index(101)는 (1995) 코호트의 수치(34)의 거의 세배에 이르렀다. Class4에서도 비슷한 경향을 찾아볼 수 있고, 단지 Class3에 비해 (2015) 코호트에서 순위가 다소 낮았다 (5위). 이는 한국이 해당 분야의 특허 출원에 있어 양적·질적 측면에서 세계를 선도하는 수준까지 발전을 이루었다는 것을 방증한다. 대만은 한국과 비슷한 양상을 보이거나, (2015) 코호트에 들어서면서 한국과 다소 격차를 보이고 있다. 중국과 인도는 최근 들어 Class3와 Class4에서 H-index 순위가 상승하는 추세를 보이고 있으나 여전히 하위권에 머물고 있음을 확인할 수 있다.

한편, 미국과 일본은 모든 주요 클래스에서 지속적으로 각각 1, 2위를 차지하고 있다. 반면, 독일, 영국, 프랑스는 시간이 흐를수록 점차 혁신역량이 위축되는 모습을 보인다. 전반적으로 H-index 순위가 점차 하락하고 있으며, 특히 프랑스의 경우 Class3와 Class4에서의 순위가 크게 하락하였다. 반면, 위의 세 국가를 제외한 유럽 연합은 지속적으로 중상위권을 유지하고 있으며, 특히 Class4에 대해서는 미국과 일본에 이어 3~4위에 올라있다.

3. 특허출원속도

가. 코호트별 주요 클래스: 특허 출원 속도 기준

주요 클래스 선별의 기준으로 특허 출원 수뿐만 아니라 특허 출원 속도 또한 고려해 볼 수 있다. 특허 출원 수가 해당 시기 관련 기술 분야의 발전 정도를 반영한다면,

특허 출원 속도는 해당 시기에 관련 기술 분야가 얼마나 빠르게 발전하고 있는가에 대한 정보를 담고 있다. 때문에 특허 출원 속도를 기준으로 선별된 코호트 별 주요 클래스는 미래에 발전가능성이 큰 클래스에 해당한다고 할 수 있을 것이다. 특히, 이와 같은 기준은 특정 시점에서 절대적인 특허 출원 수는 적지만 빠르게 발전하고 있는 기술 분야에 대한 파악을 가능하게 한다는 장점을 지니고 있다.

본 연구에서는 특허 출원 속도(g)를 다음과 같이 정의하였다. 우선, 각 클래스가 출원된 전체 특허에서 차지하는 비중($S_{i,t}^c$)을 년도 별로 계산하였다. 각 클래스가 차지하는 비중은 해당 년도 (c, t)까지 출원된 해당 클래스의 특허 수를 해당 년도 (c, t)까지 출원된 전체 특허 수로 나누어 구하였다. 그리고 아래의 식에 따라 각 코호트 별로 해당 클래스가 차지하는 비중($S_{i,t}^c$)의 평균적인 증가속도를 특허 출원 속도(g)로 정의하였다.

$$S_{i,t_{c,\max}}^c = S_{i,t_{c,\min}}^c \times (1+g)^{(t_{c,\max}-t_{c,\min})}$$

$$S_{i,t}^c = \frac{N_{i,t}^c}{\sum_i N_{i,t}^c}$$

$c \in \{(1985), (1995), (2005), (2015)\}$: 코호트 (Cohort)

$t = 1, \dots, 10$: 각 코호트에서 t 번째 년도

$t_{c,\min}$: 코호트 c 에서 처음으로 특허가 출원된 해의 t 값

$t_{c,\max}$: 코호트 c 에서 마지막으로 특허가 출원된 해의 t 값

$N_{i,t}^c$: Class i 의 (c, t)년도까지 출원된 특허 수

$S_{i,t}^c$: Class i 의 (c, t)년도의 비중 (Share)

한편, 위와 같은 비중의 증가속도 대신 절대적인 특허 출원 수의 증가 속도를 측정하는 것도 의미가 있을 수 있다. 그러나 절대적인 출원 수의 증가 속도를 사용할 경우, 특허 출원의 전반적인 증가추세를 통제할 수 없고, 각 클래스가 전체 기술 발전에서 차지하는 중요도를 반영할 수 없다. 때문에, 본 연구에서는 전체 특허에서 각 클래스가 차지하는 비중을 바탕으로 특허 출원 속도를 정의함으로써, 특정 클래스의 특허 출원 비중이 얼마나 빠르게 증가하는지를 측정하는 특허 출원의 "상대적" 증가 속도를 주요 클래스 선별 기준으로 사용하고자 한다.

또한 특허 출원 비중의 지속성을 고려하여 클래스를 선별하였다. 위와 같이 정의한 특허 출원 속도는 한 코호트 내에서 시작 시점과 끝 시점 사이의 특허 출원 비중의

변화를 바탕으로 계산된다. 출원된 특허 수의 비중이 단기간에 급격하게 등락하지 않는다는 점을 고려할 때, 위와 같은 방식은 각 클래스가 한 코호트에 걸쳐 얼마나 지속적으로 영향력을 유지하였는지를 반영한다. 즉, 어떤 특허 클래스가 특정 코호트에 처음 등장했을 때 급격한 성장세를 보였더라도, 마지막 시점에 그 비중이 크게 줄었다면, 해당 클래스가 해당 코호트에 대표성을 갖지 않는다고 해석하였다.¹⁶⁾

[표 4-11] ~ [표 4-14]는 위의 정의를 따라 계산된 특허 출원 속도를 기준으로 각 코호트 별 상위 10개의 클래스를 순위별로 정리한 것이다. Class k ($k=1,2,3,4$)와 음영의 의미는 [표 4-7] ~ [표 4-10]과 동일하다. 표를 비교해 보면 Class3와 Class4에 비해 Class1과 Class2에서의 특허 출원 속도가 상대적으로 빠르다는 것을 확인할 수 있는데, 이는 특허 출원 초기에는 클래스 자체가 새롭게 등록되는 경우가 많고, 때문에 대부분의 클래스에서 초기 특허 출원 수가 현저히 적어 주요 클래스의 비중이 크게 증가하는 것으로 나타나기 때문이다. 반면, Class3와 Class4에 해당하는 시기에는 이미 대부분의 클래스에서 많은 수의 특허가 출원되고 있는 상태이기 때문에, 각 클래스가 차지하는 비중이 상대적으로 작고, 따라서 비중의 증가 속도 또한 느리게 측정되는 것이다. 또한 2000년대에 새롭게 등장한 기술 분야의 내재적인 특징이 역시 반영된 결과로 볼 수 있다.

주목할 부분은 특허 출원 수를 기준으로 하였을 때와 달리, 특허 출원 속도를 기준으로 주요 클래스를 선별한 결과에서는 코호트 간에 뚜렷한 연속성이 나타나지 않는다는 점이다. 즉, 연속하는 두 코호트에서 주요 클래스에 속하는 공통되는 클래스가 거의 존재하지 않는다는 것이다: "Data processing: presentation processing of document, operator interface processing, and screen saver display processing"만이 유일하게 Class3와 Class4에서 동시에 등장한다. 물론 이런 결과는 특허 출원 비중의 증가 속도를 기준으로 하였기 때문에, 해당 시기에 새롭게 도입된 클래스의 속도가 상대적으로 빠르게 측정될 수도 있다는 점에 기인한 것일 수 있다. 하지만, 다른 측면에서 보면, 특정 분야에서 활발하게 진행되어 오던 혁신도 10년 이상의 긴 기간을 이어가기는 쉽지 않으며, 오히려 새로운 분야가 소개되고 그 안에서의 혁신이 더 빠른 속도로 진행되면서 전체적인 혁신의 방향을 이끌어나가고 있다고 해석할 수

16) 이 밖에도 다양한 기준으로 새롭게 떠오르고 있는 기술 분야를 분류해볼 수 있을 것이다. 예를 들어, 특허출원 수가 정점에 이를 때까지 소요된 시간, 정점에 이른 후 신규출원 수가 반감될 때까지의 기간 등을 함께 계산하여 선별 기준을 보완할 수 있다. 더 나아가서는 시계열 계량기법을 이용하여 클래스별로 향후 발전가능성을 예측해 보는 시도 또한 중요한 후속연구로 진행될 수 있을 것이다. 이 때, 기업의 이윤 동기 혹은 시장의 크기가 기업의 연구개발 활동의 주요 동기라고 보는 기존 연구(예를 들어, Blundell, Griffith and Van Reenen, 1999; Acemoglu and Linn, 2004)를 참조할 수 있을 것이다.

도 있을 것이다. 즉, 미래의 발전가능성을 기준으로 보았을 때에는, 현재 많은 특허가 출원된 클래스에 집중하기 보다는 새롭게 떠오르고 있는 클래스에 대해 살펴볼 필요도 있음을 알 수 있다.

[표4-5]~[표4-6]과 [표4-13]~[표4-14]를 비교했을 때, (2005)와 (2015) 코호트에서 특허 출원 속도가 가장 빠른 클래스에는 특허 출원 수를 기준으로 한 분석과 공통적으로 IT 산업과 관련된 클래스가 다수 속해 있다. 그러나, 새로운 분석에서 상위에 위치한 IT 산업 관련 클래스에는 반도체 (semiconductors), 저장장치 (active solid-state devices), 다중통신(multiplex communication)과 같은 하드웨어 분야보다는 데이터 처리(data processing), 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템(electrical computers and digital processing systems) 등 소프트웨어와 관련된 클래스가 다수 등장하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 2000년대 들어 IT산업 내에서도 핵심적으로 발전 분야가 바뀌어 가고 있다는 것을 보여주고 있다. 또한 이는 현재 많은 관심을 받고 있는 4차 산업혁명이 IT산업의 발전과 밀접한 연관을 가지면서도, 3차 산업혁명과는 그 세부적인 방향성을 달리하고 있음을 방증하고 있다.

특히, 발전 정도와 발전 가능성 모두에 비추어 보았을 때 혁신을 이끌어가고 있는 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 기술은 최근 학계와 산업계에서 주목을 받고 있는 빅데이터 분석에 기반이 되는 기술이며, 또한 학습(learning)을 통하여 지식을 습득하고 재생산 하는 기술로 이어져 인공지능(artificial intelligence, AI)의 발전에도 기여할 수 있다. 따라서, 특허 출원 속도를 기준으로 한 위와 같은 분석 결과는 소프트웨어와 관련된 IT기술이 혁신을 이끌어가고 있다는 점을 보임으로써 4차 산업혁명의 방향성을 좀 더 명확하게 해준다고 하겠다.

또 하나 주목해서 보아야 할 부분이 생화학/제약 관련 기술이다. 특허 출원 수를 기준으로 보았을 때에는 해당 기술이 꾸준히 주요 클래스에 속해 있는 것을 확인할 수 있었다. 특허 출원 속도로 기준을 바꾸어 보면, 같은 클래스가 연속해서 나타나는 경우는 없지만, 새로운 관련 기술 분류가 주요 클래스 안에 포함되는 것을 확인할 수 있다. 특히, (2015) 코호트에서 가장 빨리 성장하고 있는 클래스인 나노테크놀로지(nanotechnology)와 주사탐침현미경(scanning probe microscope) 등은 물리학뿐만 아니라 생화학/제약 관련 기술 발전에도 큰 영향을 미치고 있는 부분이며, 이를 기반으로 관련 기술의 발전에 가속도가 붙고 있는 것으로 보인다. 이는 4차 산업혁명과 IT기술, 특히 인공지능(AI)관련 기술의 발전의 밀접한 관계에 관심이 집중되고 있는 현재의 상황 속에서, 또 다른 분야의 기술 발전에도 관심을 가질 필요도 있으며, 그 중심에 생화학/제약 관련 기술이 위치하고 있다는 점을 상기시켜준다.¹⁷⁾

[표 4-11] Class1: (1985) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 속도 (g)
1	534	Organic compounds — part of the class 532-570 series	5.447043
2	604	Surgery	3.603137
3	494	Imperforate bowl: centrifugal separators	3.510384
4	436	Chemistry: analytical and immunological testing	2.920334
5	464	Rotary shafts, gudgeons, housings, and flexible couplings for rotary shafts	2.678264
6	530	Chemistry: natural resins or derivatives; peptides or proteins; lignins or reaction products thereof	2.545873
7	381	Electrical audio signal processing systems and devices	2.022735
8	383	Flexible bags	1.871502
9	419	Powder metallurgy processes	1.841364
10	435	Chemistry: molecular biology and microbiology	1.612409

[표 4-12] Class2: (1995) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 속도 (g)
1	327	Miscellaneous active electrical nonlinear devices, circuits, and systems	7.282197
2	602	Surgery: splint, brace, or bandage	3.479796
3	477	Interrelated power delivery controls, including engine control	3.303043
4	451	Abrading	3.124781
5	482	Exercise devices	2.831023
6	473	Games using tangible projectile	2.819803
7	476	Friction gear transmission systems or components	2.154415
8	504	Plant protecting and regulating compositions	1.932876
9	588	Hazardous or toxic waste destruction or containment	1.611982
10	395	Electric resistance heating devices	1.52414

17) Appendix에서는 세분화된 “data processing”과 “electrical computers and digital processing systems” 관련 클래스를 묶어서 동일한 분석을 진행하고 본문과 유사한 결과를 도출한다.

[표 4-13] Class3: (2005) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 속도 (g)
1	703	Data processing: structural design, modeling, simulation, and emulation	1.61845
2	707	Data processing: database and file management or data structures	1.600367
3	711	Electrical computers and digital processing systems: memory	1.551066
4	715	Data processing: presentation processing of document, operator interface processing, and screen saver display processing	1.504003
5	710	Electrical computers and digital data processing systems: input/output	1.47573
6	700	Data processing: generic control systems or specific applications	1.474803
7	438	Semiconductor device manufacturing: process	1.416862
8	704	Data processing: speech signal processing, linguistics, language translation, and audio compression/decompression	1.358858
9	714	Error detection/correction and fault detection/recovery	1.316097
10	716	Computer-aided design and analysis of circuits and semiconductor masks	1.285505

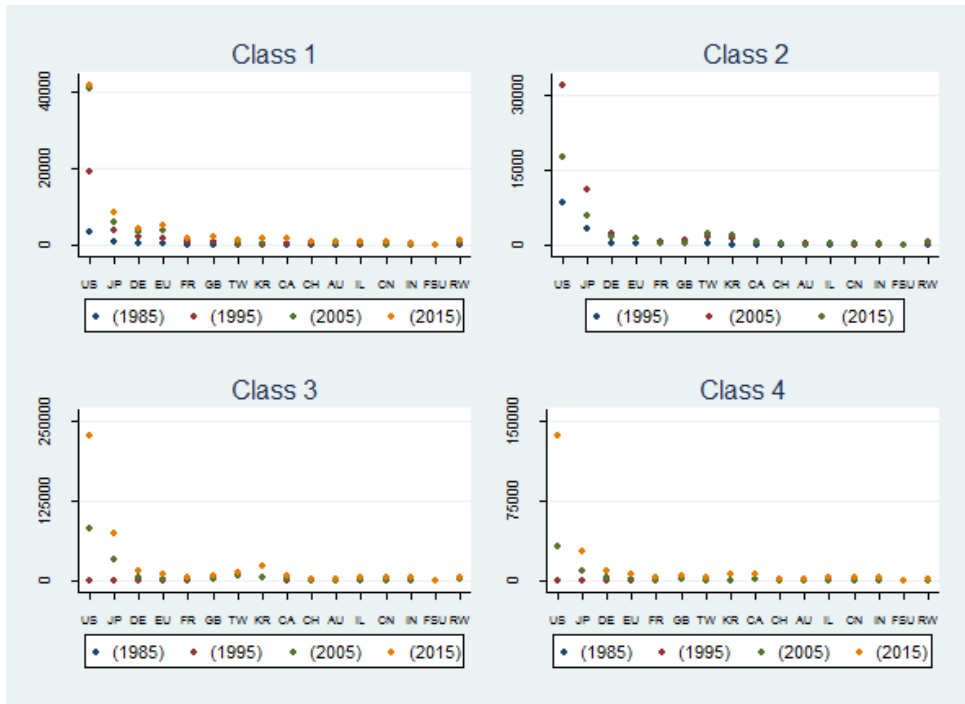
[표 4-14] Class4: (2015) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 속도 (g)
1	506	Combinatorial chemistry technology: method, library, apparatus	0.6938387
2	850	Scanning-probe techniques or apparatus; applications of scanning-probe techniques, e.g., scanning probe microscopy [spm]	0.6654911
3	726	Information security	0.4156547
4	977	Nanotechnology	0.4011247
5	718	Electrical computers and digital processing systems: virtual machine task or process management or task management/control	0.2275865
6	715	Data processing: presentation processing of document, operator interface processing, and screen saver display processing	0.2038162
7	725	Interactive video distribution systems	0.1861076
8	930	Peptide or protein sequence	0.1819027
9	705	Data processing: financial, business practice, management, or cost/price determination	0.1699423
10	719	Electrical computers and digital processing systems: interprogram communication or interprocess communication (ipc)	0.15856

나. 주요 클래스별 국가 혁신역량 비교

[그림 4-2]는 [그림 4-1]과 마찬가지로, 각 코호트 별 주요 클래스에서의 특허 출원 수를 국가별로 표시하여 비교한 것이다. 역시 미국이 압도적으로 많은 특허를 출원하고 있으며, 일본이 그 다음에 위치하고 있다. 한편 미국, 일본과 다른 국가들의 특허 출원 수 차이는 [그림 4-1]에 비해 그 격차가 큰 것으로 보인다. 한국의 경우, 특히 Class3에서 미국과 일본을 제외한 다른 국가들에 비해 많은 특허를 출원하였으나, 가장 최근인 Class4에서는 Class3에 비해 그 수가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

[그림 4-2] 주요 클래스에서의 국가별 특허 출원 수 비교 (2)



[표 4-15] ~ [표 4-18]은 각 코호트별 주요 클래스에 대한 국가별 H-index를 구한 결과이다. 빈칸은 해당 코호트에 해당 국가에서 출원된 특허가 없거나, 출원되었으나 한 번도 인용되지 않은 경우에 해당한다. 특허 출원 속도로 주요 클래스를 추려 내었기 때문에 몇몇 클래스에서의 절대적인 특허 출원 수는 비교적 적을 수 있다.

[표 4-15] Class1 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	128	1	249	1	242	1	93	1
일본 (JP)	42	2	85	2	66	5	29	3
독일 (DE)	41	3	75	3	68	4	27	4
유럽연합 (EU)	32	4	75	3	91	2	31	2
프랑스 (FR)	25	6	58	7	51	8	18	8
영국 (GB)	32	4	73	5	76	3	26	5
대만 (TW)	0	15	23	12	22	13	11	13
한국 (KR)	3	13	12	13	23	12	11	13
캐나다 (CA)	15	9	67	6	59	6	20	7
스위스 (CH)	18	7	49	8	48	9	17	9
호주 (AU)	10	11	32	11	34	11	12	11
이스라엘 (IL)	12	10	38	9	54	7	21	6
중국 (CN)	0	15	9	15	11	15	8	15
인도 (IN)	1	14	4	16	9	16	6	16
구소련 (FSU)	7	12	10	14	18	14	12	11

[표 4-16] Class2 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	0		200	1	286	1	64	1
일본 (JP)	0		85	2	111	2	32	2
독일 (DE)	0		34	5	49	6	17	5
유럽연합 (EU)	0		37	4	51	5	14	8
프랑스 (FR)	0		33	6	46	9	10	10
영국 (GB)	0		51	3	61	3	15	7
대만 (TW)	0		30	7	49	6	22	3
한국 (KR)	0		16	12	45	10	21	4
캐나다 (CA)	0		29	8	57	4	14	8
스위스 (CH)	0		14	13	19	13	5	15
호주 (AU)	0		17	11	27	12	7	14
이스라엘 (IL)	0		28	9	47	8	8	12
중국 (CN)	0		3	14	7	16	8	12
인도 (IN)	0		1	15	13	14	10	10
구소련 (FSU)	0		1	15	9	15	5	15

[표 4-17] Class3 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	1	1	4	1	277	1	138	1
일본 (JP)	1	1	2	2	123	2	64	2
독일 (DE)	0		0		64	10	42	5
유럽연합 (EU)	0		0		68	7	39	7
프랑스 (FR)	0		1	3	65	9	28	12
영국 (GB)	0		0		73	5	43	3
대만 (TW)	0		0		84	3	38	9
한국 (KR)	0		0		78	4	41	6
캐나다 (CA)	0		1	3	72	6	43	3
스위스 (CH)	0		0		28	13	16	15
호주 (AU)	0		1	3	30	12	25	14
이스라엘 (IL)	0		0		68	7	39	7
중국 (CN)	0		0		16	16	28	12
인도 (IN)	0		0		23	14	30	11
구소련 (FSU)	0		0		18	15	14	16

[표 4-18] Class4 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	1	1	1	1	296	1	119	1
일본 (JP)	0		0		70	2	42	2
독일 (DE)	0		0		24	7	23	9
유럽연합 (EU)	0		1	1	34	5	34	5
프랑스 (FR)	0		0		21	9	25	7
영국 (GB)	0		0		36	4	36	3
대만 (TW)	0		0		8	12	14	14
한국 (KR)	0		0		18	10	18	11
캐나다 (CA)	0		0		43	3	35	4
스위스 (CH)	0		0		8	12	15	13
호주 (AU)	0		0		16	11	21	10
이스라엘 (IL)	0		0		29	6	26	6
중국 (CN)	0		0		0	16	12	16
인도 (IN)	0		0		8	12	18	11
구소련 (FSU)	0		0		3	15	13	15

각국의 H-index 및 순위에 대한 결과를 살펴보면 다음과 같다. 우선, 아시아 신흥국은 Class3과 Class4에서 최근 H-index 순위가 하락하는 것이 특징이다. Class3에서는 한국이 (2005) 코호트에서 4위에 올랐으나 (2015) 코호트에서는 6위로 하락하였다. 대만은 (2005) 코호트에서 3위였으나, (2015) 코호트에서는 9위로 하락하였다. 한편 Class4에서는 이러한 경향이 더욱 뚜렷하게 나타났는데, 대만은 Class4 (2015) 코호트에서 14위에 올랐고, 한국의 경우 Class4 (2015) 코호트에서 인도와 함께 11위에 위치했다. 이는 특허 출원 수를 기준으로 주요 클래스를 선별했을 때에는 한국이 Class3과 Class4에서 (2015) 코호트 순위가 상승한 것과 대조적이다.

미국은 꾸준히 H-index 순위 1위를 유지였으며, 일본은 Class1의 (2005), (2015) 코호트를 제외하고는 꾸준히 2위에 위치하며 미국을 이어 기술 발전을 주도하고 있었다. 독일과 프랑스는 점차 H-index 순위가 낮아지며 혁신 역량이 대체로 감소하는 모습을 보였다. 독일의 경우 Class3의 (2015) 코호트에서 5위로 순위가 반등하나, 나머지 주요 클래스에서는 순위가 점차 하락하는 모습이다. 특히 Class4의 경우, (2015) 코호트에는 순위가 9위까지 하락하였다. 프랑스는 Class4의 (2015) 코호트에 9위에서 7위로 순위가 상승하기는 하나, 전반적으로 순위가 하락하는 추세를 보이고 있다. 반면, 영국은 Class1과 Class2에서는 시간이 흐름에 따라 순위가 하락하는 모습이지만, Class3과 Class4에서는 순위가 점차 상승하고 있다. 특히 (2015) 코호트에서는 Class3과 Class4에서 모두 3위를 차지하며 미국과 일본을 추격하고 있다. 유럽연합은 Class1에서 높은 순위에 들었으나, Class2에서는 점차 순위가 하락하였다. Class3에서는 7위를 유지하며 다소 부진한 모습을 보였으나, Class4에 대해서는 미국, 일본, 영국, 캐나다를 이어 5위를 유지하고 있다.

V. 결론 및 시사점: 4차 산업혁명과 혁신

본 연구에서는 특허 출원 자료를 기반으로 혁신 역량을 측정할 수 있는 방법론을 제시하고 미국 특허청에서 지난 40년 동안 출원된 모든 실용특허를 사용하여 국가별 혁신 역량의 추세를 비교 분석하였다. 출원한 특허의 수와 질에 따라 국가의 혁신 역량을 계산하여 비교하였고, 이에 더해 기술 발전이 활발하게 이루어지고 있는 분류를 발전 정도와 발전 속도를 기준으로 선별하여 해당 분류에서의 국가별 혁신 역량을 비교 분석하였다.

여러 가지 지표에서 전반적으로 미국과 일본이 꾸준히 1, 2위를 유지하며 혁신을

주도하는 모습이었고, 유럽과 아시아 국가들이 그 뒤를 따르는 모양새였다. 특히, 한국과 대만 등 아시아 신흥국이 양적/질적인 측면 모두에서 기술 혁신 순위가 상승하며 선전하는 모습을 보이고 있다. 유럽국가 중에서는 독일과 영국이 꾸준히 상위권을 유지하고 기타 유럽연합도 선전하고 있는 반면, 프랑스와 스위스는 주춤하는 모습을 보이고 있는 것으로 나타났다.

한국의 전체적인 혁신 역량 순위는 꾸준한 성장세를 보이고 있기는 하나 특허의 질적인 측면까지 함께 고려할 경우 비약적인 양적 성장에 비교해서는 부족한 모습이다. 그러나, IT 혁명이 도래한 1990년대 후반부터 가장 활발하게 특허 출원이 이루어진 분야에 대해서는 특허 출원의 질과 양 모두에서 최상위권에 올라, 세계에서 선도적인 위치까지 발전한 것을 확인할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 한국이 기술발전을 이끌어가는 위치에 있거나 4차 산업혁명을 주도하고 있다고 보기에는 무리가 있다. 특히 2000년대 후반부터 각광을 받고 있는 분야에서의 혁신 역량은 앞선 시기의 주요 분류와 비교하여 상대적으로 저조한 성적을 보이고 있다. 이는 특허 출원의 속도를 기준으로 주요 클래스를 선별하였을 때 가장 두드러지게 나타나는데, 2006년 이후 특허 출원 속도가 가장 빨랐던 분류에서 15개의 국가 중 10위권 밖으로 밀려나 있어 새로운 시대를 대비하는 신기술 발전에서는 선도적인 위치에 있지 못한 것으로 나타났다.

다시 말해, 한국은 3차 산업혁명과 관련되어 있는 산업 및 기술 분야에서는 세계 선두에 올라서며 혁신을 이끌어 온 것으로 보이나, 앞으로의 발전 가능성이 높은 기술 분야, 즉, 4차 산업혁명과 연관 되어 있다고 할 수 있는 기술 분야와 관련된 혁신 역량에서는 다소 뒤처져 있는 모습을 보이고 있다고 판단된다. 반면에 미국, 일본, 유럽, 그리고 다른 서방 국가들과 이스라엘은 모든 분석 결과에서 견고하고 꾸준한 성과를 보이고 있다. 따라서 상대적으로 혁신역량이 편향되어 특정 분야에 집중되어 있는 한국의 경우 4차 산업혁명이 도래하여 기술 및 산업 구조가 급변할 경우 혁신을 통한 경제발전에 있어서 세계시장에서 뒤처질 위험도가 높을 수 있다는 사실을 인식해야 할 것이다. 따라서 혁신역량과 관련한 정책적 시사점을 도출하기 위한 후속 연구로, 본 연구에서 보인 편향된 혁신역량의 가능성과 한계에 대한 분석, 그 한계를 극복하기 위해 필요한 제도적인 장치에 대한 (선진국과의 비교) 분석이 이루어 질 수 있기를 기대한다.

이러한 측면에서 주목해 보아야 할 부분이 IT관련 산업과 기술이다. 1990년대 후반과 2000년대 초반에 이르는 시기부터 특허 출원이 활발하게 이루어져 왔던 IT 기술은, 2000년대 후반 이후에도 여전히 활발하게 특허 출원이 이루어지고 있으며, 양적/질적 측면 모두에서, 그리고 발전 가능성에서도 항상 상위권에 속하는 분류에 이

를 올리고 있다. 즉, IT 기술이 3차 산업혁명의 시대와 4차 산업혁명의 시대를 연결지어주는 교량역할을 한다고 해도 과언이 아닐 것이다. 특히, 최근 들어 특허 출원 속도가 빠르게 증가하고 있는 데이터 처리(data processing)와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템(electrical computers and digital processing systems) 관련 기술은 인공지능(AI) 관련 기술의 발전과도 밀접한 연관을 가지고 있는 것으로, 4차 산업혁명을 선도하기 위하여 주목해 보아야 할 기술 분야라고 할 수 있다. 따라서 IT 분야에서 선도적인 기술을 보유하고 있는 한국이 해당 기술을 4차 산업혁명과 연결된 방향으로 발전시켜 나가기 위하여 필요한 제도적 장치에는 어떤 것이 있는지, 개별 기업과 산업이 가지는 한계점에 더해 국가/제도적인 측면에서의 한계점은 없는지에 대한 후속 연구가 이루어진다면, 변화의 시기를 맞닥뜨린 위기를 기회로 바꿀 해법을 찾을 수 있을 것이다.

본 연구는, 최신 기술 혁신의 방향과 발전 가능성이 높은 기술 분야를 밝혀냄으로써 4차 산업혁명의 실체를 좀 더 명확히 하는 데에도 기여했다고 할 수 있다. 특허 출원 자료를 활용한 분석을 통하여 IT관련 기술, 특히 데이터 처리 관련 기술의 발전과 발전 가능성을 보임으로써, 흔히 인공지능(AI)의 발전과 4차 산업혁명의 도래를 연결 짓는 주장에 근거가 되는 하나의 자료를 제시했다고 할 수 있다. 이에 더해, 4차 산업혁명과 특정 기술 분야 관련 논의에만 빠져 있을 경우 기술 혁신의 또 다른 큰 흐름을 놓쳐버릴 수도 있다는 경고의 메시지도 찾아볼 수 있다. 특히, 특허 출원 초기부터 꾸준히 주목받고 있으며 앞으로의 발전 가능성도 높다고 볼 수 있는 생화학/제약 분야에 대한 기술발전 역시도 IT 관련 기술 발전 못지않게 중요하다는 점을 확인 할 수 있었다.

4차 산업혁명은 하나의 분야, 하나의 기술에 의해 좌지우지되지는 않을 것이다. 경제성장에 핵심적인 역할을 하는 생산성 향상이 본 연구에서 주목한 특허출원 활동을 통해서가 아닌 경영혁신 등의 형태로 이루어질 수도 있다는 점도 간과할 수 없다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 기술 혁신이 이루어지고 있는 주요 기술 분야를 규명하여 새로운 시대로의 이행에 핵심 역할을 해오고 또 해 나갈 기술 분야를 확인할 수 있는 대안을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 이는 4차 산업혁명에 있어 인공지능과 같은 핵심단어(keyword)에 가까이 가기 위해 집중해야할 기술 분야가 무엇인지를 파악하는 작업에 밑거름이 될 수 있을 것이다. 또한 국가별 기술 혁신의 성적표를 다양한 방식으로 산출해 본 것을 기반으로, 각 국가가 가지고 있는 장단점을 파악하고 새로운 시대의 주도적인 역할을 할 수 있는 국가의 실체를 어느 정도 그려볼 수 있었다.

빠른 속도로 다가오고 있는 4차 산업혁명의 새로운 시대에 대비하기 위하여, 각국은 이미 보유하고 있는 산업역량과 기술 혁신 역량을 분석하고 발전 가능성이 높은

분야에 대한 투자를 아끼지 않음으로써 새로운 패러다임으로의 이행을 준비해야 할 것이다. 특히 한국은, 빠른 산업화와 IT 기술 발전에 매료되어 새로운 시대의 핵심 기술로의 이행을 게을리 하는 것을 경계해야 할 것이며, 동시에 특정 keyword에 집착하여 꾸준히 투자하고 발전시켜 나가야할 기술을 경시하지 말아야 할 것이다. 이러한 측면에서, 관련 시사점을 제시해 준 본 연구에 더해, 한국의 기술 혁신 역량과 발전 가능성을 좀 더 면밀하게 분석하는 후속 연구가 진행된다면 4차 산업혁명과 새로운 시대에 대한 대비를 좀 더 탄탄히 해 갈 수 있을 것이다. 특히, 한국이 IT산업에서 90년대에 일궈낸 급속한 혁신 성장의 원동력이 무엇이었는지 밝혀내는 것이 중요한 과제라고 판단된다.

〈Appendix〉

데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련
세부 클래스 분석

주요 클래스를 추려낸 결과를 살펴보면, 특허 출원 수를 기준으로 한 주요 클래스에 비해 특허 출원 속도를 기준으로 한 주요 클래스에서 데이터 처리(data processing)와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템(electrical computers and digital processing systems) 관련 클래스가 상당히 많이 등장하는 것을 확인할 수 있다. 이는 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스들이 해당 시기에 매우 빠르게 성장하였으나, 절대적인 특허 출원 수는 많지 않았다는 것을 의미한다. 한편, 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스들은 상당히 세분화되어 있으며, 그 목록은 아래의 [표 A-1], [표 A-2]와 같다. 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 외에도 수술(surgery) 또는 합성수지 및 천연고무(synthetic resins or natural rubbers) 등 특정 기술 분야가 세분화되어있는 클래스들이 존재한다. 그러나 주로 특정 클래스가 성장하면서 중요한 부분이 독립적인 클래스로 분리된 것과 달리, 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스들은 병렬적으로 클래스가 세분화되어있다는 차이점이 있다.

[표 A-1] 데이터 처리 관련 클래스

재분류	통합 대상	Class Definition
700	700	Data processing: generic control systems or specific applications
	701	Data processing: vehicles, navigation, and relative location
	702	Data processing: measuring, calibrating, or testing
	703	Data processing: structural design, modeling, simulation, and emulation
	704	Data processing: speech signal processing, linguistics, language translation, and audio compression/decompression
	705	Data processing: financial, business practice, management, or cost/price determination
	706	Data processing: artificial intelligence
	707	Data processing: database and file management or data structures
	715	Data processing: presentation processing of document, operator interface processing, and screen saverdisplay processing
	717	Data processing: software development, installation, and management

[표 A-2] 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스

재분류	통합 대상	Class Definition
710	708	Electrical computers: arithmetic processing and calculating
	709	Electrical computers and digital processing systems: multicomputer data transferring
	710	Electrical computers and digital data processing systems: input/output
	711	Electrical computers and digital processing systems: memory
	712	Electrical computers and digital processing systems: processing architectures and instruction processing (e.g., processors)
	713	Electrical computers and digital processing systems: support
	718	Electrical computers and digital processing systems: virtual machine task or process management or task management/control
	719	Electrical computers and digital processing systems: interprogram communication or interprocess communication (ipc)

이처럼 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스들이 매우 세분화되어있기 때문에, 이를 통합하여 클래스를 재부여한 후 주요 클래스를 다시 추려내어 보았다. 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템은 (2005) 코호트부터 등장하여 성장하기 시작했기 때문에, Class1과 Class2에는 변화가 없다. 새롭게 추려낸 Class3과 Class4는 아래의 [표 A-2] ~ [표 A-5]와 같다. 이와 같은 작업은 해당 클래스들이 특허 출원 속도가 매우 빠른 것에 비해 특허 출원 수에 있어서 그 중요도가 저평가되어 국가별 혁신역량을 왜곡할 가능성을 고려하기 위함이다. 예를 들어, 특정 국가가 700번 클래스에서는 매우 많은 특허를 출원했으나, Class4 중 하나인 707번 클래스에서는 특허를 하나도 출원하지 못한 경우를 생각해볼 수 있다. 이 경우, 700번 클래스의 기술과 707번 클래스의 기술이 매우 관련이 깊고, 데이터 처리(data processing)라는 큰 범주에 속해있다는 것을 고려했을 때, Class4에 700번 클래스를 포함시키지 않으면 해당 국가의 혁신 역량이 저평가 될 가능성이 있다.

[표 A-2] Class3: (2005) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 수
1	700	Data processing: generic control systems or specific applications	44011
2	710	Electrical computers and digital data processing systems	41986
3	514	Drug, bio-affecting and body treating compositions	36935
4	438	Semiconductor device manufacturing: process	36143
5	435	Chemistry: molecular biology and microbiology	32577
6	257	Active solid-state devices (e.g., transistors, solid-state diodes)	30648
7	428	Stock material or miscellaneous articles	27963
8	424	Drug, bio-affecting and body treating compositions	25686
9	395	Electric resistance heating devices	19554
10	359	Optical: systems and elements	19406

참고: 통합 및 재분류한 클래스를 대상으로 특허 출원 수를 기준으로 추려낸 주요 클래스.

[표 A-3] Class4: (2015) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 수
1	700	Data processing: generic control systems or specific applications	166958
2	710	Electrical computers and digital data processing systems	130021
3	370	Multiplex communications	65215
4	257	Active solid-state devices (e.g., transistors, solid-state diodes)	61048
5	455	Telecommunications	51179
6	438	Semiconductor device manufacturing: process	50085
7	514	Drug, bio-affecting and body treating compositions	43190
8	345	Computer graphics processing and selective visual display systems	37541
9	382	Image analysis	33770
10	435	Chemistry: molecular biology and microbiology	32439

참고: 통합 및 재분류한 클래스를 대상으로 특허 출원 수를 기준으로 추려낸 주요 클래스.

[표 A-4] Class3: (2005) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 속도 (g)
1	700	Data processing	1.47034
2	710	Electrical computers and digital data processing systems	1.45744
3	438	Semiconductor device manufacturing: process	1.416862
4	716	Computer-aided design and analysis of circuits and semiconductor masks	1.285505
5	720	Dynamic optical information storage or retrieval	0.77683
6	398	Optical communications	0.68642
7	399	Electrophotography	0.637196
8	516	Colloid systems and wetting agents; subcombinations thereof; processes of	0.601225
9	349	Liquid crystal cells, elements and systems	0.591962
10	725	Interactive video distribution systems	0.488988

참고: 통합 및 재분류한 클래스를 대상으로 특허 출원 속도를 기준으로 추려낸 주요 클래스.

[표 A-5] Class4: (2015) 코호트 주요 클래스

순위	Class	Class Definition	특허 출원 속도 (g)
1	506	Combinatorial chemistry technology: method, library, apparatus	0.693839
2	850	Scanning-probe techniques or apparatus; applications of scanning-probe techniques, e.g., scanning probe microscopy [spm]	0.665491
3	726	Information security	0.415655
4	977	Nanotechnology	0.401125
5	725	Interactive video distribution systems	0.186108
6	930	Peptide or protein sequence	0.181903
7	398	Optical communications	0.15456
8	700	Data processing	0.103673
9	463	Amusement devices: games	0.102233
10	720	Dynamic optical information storage or retrieval	0.09277

참고: 통합 및 재분류한 클래스를 대상으로 특허 출원 속도를 기준으로 추려낸 주요 클래스.

특허 출원 수를 기준으로 할 경우, 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스가 Class3와 Class4에서 모두 1,2위에 해당한다. 그러나 전반적인 구성에 있어서 700번대와 710번대 클래스를 통합하기 전과 크게 다르지 않다. 여전히 “Active solid-state devices”와 “Semiconductor device manufacturing: process”가 Class3, Class4에 모두 속하고 있다. 다만, Class3에서는 통합 이전에 주요 클래스에 속했던 “Multiplex communications”가 사라졌다.

한편, 특허 출원 속도를 기준으로 할 경우에도 클래스 통합 이후 주요 클래스를 다시 선별해보았다. 이 경우 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스가 하나로 묶이면서 기존에 존재하지 않았던 클래스들이 주요 클래스에 속하게 되었다. Class3의 경우 주요 클래스에 “Dynamic optical information storage or retrieval”, “Optical communications”, “Electrophotography”, “Colloid systems and wetting agents; subcombinations thereof; processes of”, “Liquid crystal cells, elements and systems”, “Interactive video distribution systems”가 새로 등장하였다. 이 중 “Dynamic optical information storage or retrieval”, “Optical communications”와 “Interactive video distribution systems”는 새롭게 선별한 Class4에서도 남아있으며, 더불어 “Amusement devices: games”가 추가되었다.

새롭게 선별한 Class3과 Class4에 대해 국가별 H-index를 구한 결과는 아래의 [표 A-6] ~ [표 A-9]와 같다. 전반적으로 데이터 처리와 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 관련 클래스를 통합하기 이전과 크게 다르지 않다. 한국의 경우 특허 출원 수를 기준으로 주요 클래스를 선별할 때에는 클래스를 통합하기 전후에 큰 차이가 없다. 다만, 특허 출원 속도를 기준으로 주요 클래스를 선별하는 경우에는, 클래스를 통합한 후에 Class3에 대해 순위가 다소 낮아진다. 클래스 통합 전에는 (2005), (2015) 코호트에 각각 4위, 6위에 해당하였으나, 통합 이후에는 두 코호트 모두 8위로 순위가 낮아졌다. 유럽연합은 클래스 통합 후 Class3의 경우에는 (2015) 코호트에서 3위에 오르며 순위가 반등하였으나, Class4에서는 (2005) 코호트와 (2015) 코호트에서 각각 5위, 4위에 머물렀다. 미국과 일본은 지속적으로 1위와 2위를 차지하고 있다.

[표 A-6] Class3 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	195	1	346	1	486	1	163	1
일본 (JP)	103	2	166	2	213	2	79	2
독일 (DE)	78	4	98	5	116	9	55	5
유럽연합 (EU)	73	5	102	4	125	5	59	3
프랑스 (FR)	65	6	89	6	102	11	36	11
영국 (GB)	84	3	117	3	140	3	54	7
대만 (TW)	7	14	43	12	122	6	52	9
한국 (KR)	4	15	43	12	118	8	56	4
캐나다 (CA)	47	8	88	7	138	4	55	5
스위스 (CH)	50	7	72	8	66	13	28	15
호주 (AU)	23	11	46	11	67	12	35	13
이스라엘 (IL)	29	10	65	9	119	7	53	8
중국 (CN)	1	16	16	14	27	16	30	14
인도 (IN)	10	13	15	15	40	14	36	11
구소련 (FSU)	14	12	14	16	38	15	23	16

참고: 특허 출원 수를 기준으로 선별한 Class3에 대한 국가별 H-index

[표 A-7] Class4 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	150	1	305	1	470	1	179	1
일본 (JP)	72	2	168	2	216	2	84	2
독일 (DE)	53	3	91	5	117	9	54	8
유럽연합 (EU)	45	4	101	4	166	3	71	3
프랑스 (FR)	45	4	80	7	109	10	41	12
영국 (GB)	40	6	107	3	140	5	58	7
대만 (TW)	2	13	40	11	120	8	50	9
한국 (KR)	2	13	40	11	121	7	62	6
캐나다 (CA)	34	7	90	6	156	4	71	3
스위스 (CH)	24	8	58	8	66	13	33	15
호주 (AU)	7	12	36	13	73	12	44	11
이스라엘 (IL)	14	10	51	9	125	6	63	5
중국 (CN)	0	16	10	15	30	16	39	13
인도 (IN)	2	13	12	14	43	14	37	14
구소련 (FSU)	8	11	9	16	37	15	24	16

참고: 특허 출원 수를 기준으로 선별한 Class4에 대한 국가별 H-index

[표 A-8] Class3 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	3	1	9	1	385	1	158	1
일본 (JP)	2	2	5	2	150	2	71	2
독일 (DE)	1	3	2	4	83	9	49	7
유럽연합 (EU)	0		3	3	94	6	55	3
프랑스 (FR)	0		1	5	78	10	39	11
영국 (GB)	0		0		97	4	53	5
대만 (TW)	0		0		87	7	42	9
한국 (KR)	0		0		86	8	46	8
캐나다 (CA)	0		1	5	105	3	54	4
스위스 (CH)	0		0		38	13	24	15
호주 (AU)	0		1	5	49	12	35	13
이스라엘 (IL)	0		0		97	4	53	5
중국 (CN)	0		0		18	16	29	14
인도 (IN)	0		0		35	14	36	12
구소련 (FSU)	0		0		24	15	19	16

참고: 특허 출원 속도를 기준으로 선별한 Class3에 대한 국가별 H-index

[표 A-9] Class4 국가별 H-index

국가	코호트 (Cohort)							
	(1985)		(1995)		(2005)		(2015)	
	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위	H-index	순위
미국 (US)	1	1	4	1	385	1	139	1
일본 (JP)	0		1	3	119	2	55	2
독일 (DE)	0		1	3	71	7	39	8
유럽연합 (EU)	0		2	2	75	5	47	4
프랑스 (FR)	0		0		56	9	33	9
영국 (GB)	0		0		87	3	47	4
대만 (TW)	0		0		31	12	18	15
한국 (KR)	0		0		41	11	31	11
캐나다 (CA)	0		0		83	4	49	3
스위스 (CH)	0		0		29	13	20	14
호주 (AU)	0		0		56	9	40	7
이스라엘 (IL)	0		0		73	6	41	6
중국 (CN)	0		0		14	16	27	13
인도 (IN)	0		0		24	14	32	10
구소련 (FSU)	0		0		20	15	16	16

참고: 특허 출원 속도를 기준으로 선별한 Class4에 대한 국가별 H-index

참고문헌

- 김사혁(2004), “2010년 정보통신서비스의 미래,” KISDI 이슈리포트 4.9, pp. 1-57.
- 박지형·안덕근·이지홍·이석배(2016), 『아시아의 혁신·창조활동과 세계경제질서』, 서울대학교 아시아연구총서 기초연구시리즈 6, 서울대학교출판문화원.
- 특허청(n.d.), 「주요 지식재산권 제도(미국)」.
- 특허청 심사기획과, 특허정보진흥센터 전략기획실(2014). 「CPC 매뉴얼」.
- Acemoglu, D. and J. Linn (2004), “Market Size in Innovation: Theory and Evidence from the Pharmaceutical Industry,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 119, pp. 1049-1090.
- Bloom, N. and J. Van Reenen (2002), “Patents, Real Options and Firm Performance,” *Economic Journal*, Vol. 112, C97-C116.
- Blundell, R., R. Griffith and J. Van Reenen (1999), “Market Share, Market Value and Innovation in a Panel of British Manufacturing Firms,” *Review of Economic Studies*, Vol. 66, pp. 529-554.
- Bornmann, L., R. Mutz, S. E. Hug and H-D. Daniel (2011), “A Multilevel Meta-analysis of Studies Reporting Correlations between the H Index and 37 Different H Index Variants,” *Journal of Informetrics*, Vol. 5, pp. 346-359,
- Ellison, G. (2013), “How does the market use citation data? The Hirsch index in economics,” *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 5, pp. 63-90.
- Griliches, Z., ed. (1984), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press.
- Hall, B. H., A. Jaffe and M. Trajtenberg (2005), “Market Value and Patent Citations,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 36, pp. 16-38.
- Harhoff, D., F. Narin, F. M. Scherer and K. Vopel (1999), “Citation Frequency and the Value of Patented Inventions,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, pp. 511-515.
- Hermann, M., T. Pentek and B. Otto (2016), “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.

- In System Sciences (HICSS),” 49th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, pp. 3928-3937.
- Hirsch, J. E. (2005), “An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output,” *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 102, pp. 16569-16572.
- Kwon, S., J. Lee, and S. Lee (2017), “International Trends in Technological Progress: Evidence from Patent Citations, 1980-2011,” *Economic Journal*, Vol. 127, F50-F70.
- Lanjouw, J. O. and M. Schankerman (2004), “Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators,” *Economic Journal*, Vol. 114, pp. 441-465.
- Schwab, K. (2017), *The Fourth Industrial Revolution*, Penguin UK.
- Solow, R. M. (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp. 312-320.
- Trajtenberg, M. (1990), “A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 21, pp. 172-187.
- Waidner, M. and M. Kasper (2016), “Security in Industrie 4.0: Challenges and Solutions for the Fourth Industrial Revolution,” the 2016 Conference on Design, Automation & Test in Europe, EDA Consortium, pp. 1303-1308.
- Wang, S., J. Wan, D. Li and C. Zhang (2016), “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: an Outlook,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 12, Issue 1

Fourth Industrial Revolution and Innovative Capacity of South Korea: Comparative Analysis of Major Industrial Nations with US Patent Data, 1976-2015

Lee, Jihong*, Lim, Hyunkyeong**, Jeong, Daeyoung***

This paper purports to scrutinize the evolving trends of major technologies that have shaped the world's technology frontier, and at the same time, measure relative standings of major industrial nations in their innovative capacity in production of those technologies. We consider all (over 5 million) utility patents granted by the US Patent and Trademark Office (USPTO) over the period of 1976-2015. In analysis, we find the continued dominance of US, the steady performance of Japan, the signs of European decline, and the emergence of new economies that include Korea, Taiwan and Israel. By considering the most popular technologies per each decade, we observe a clear pattern in the evolution of world economic structure, most notably, the IT revolution. Interestingly, it is precisely in these IT-related technologies in which Korea have performed especially well. In the fastest growing technologies of the most recent decade, however, Korea's performance thus far bucks this rosy trend. Korea's innovative capacity is not as evenly distributed across all technologies as other advanced nations. US, Japan, Europe, and other Western economies, as well as Israel, all exhibit solid and steady performance in all our rankings.

Keywords: Fourth industrial revolution, Patent, Innovation, Technological development

JEL classification: O33, O34, O57

* Professor, Department of Economics, Seoul National University, Tel: +82-2-886-4231, E-mail: jihonglee@snu.ac.kr

** Department of Economics, Seoul National University, E-mail: hklm0430@snu.ac.kr

*** Economist, Economic Research Institute, The Bank of Korea, Tel: +82-2-759-5430, E-mail: daeyoung.jeong@bok.or.kr

BOK 경제연구 발간목록

한국은행 경제연구원에서는 Working Paper인 『BOK 경제연구』를 수시로 발간하고 있습니다. 『BOK 경제연구』는 주요 경제 현상 및 정책 효과에 대한 직관적 설명 뿐 아니라 깊이 있는 이론 또는 실증 분석을 제공함으로써 엄밀한 논증에 초점을 두는 학술논문 형태의 연구이며 한국은행 직원 및 한국은행 연구용역사업의 연구 결과물이 수록되고 있습니다. 『BOK 경제연구』는 한국은행 경제연구원 홈페이지(<http://imer.bok.or.kr>)에서 다운로드하여 보실 수 있습니다.

제2014 -1	Network Indicators for Monitoring Intraday Liquidity in BOK-Wire+	Seungjin Baek · Kimmo Soram ki · Jaeho Yoon
2	중소기업에 대한 신용정책 효과	정호성 · 임호성
3	경제충격 효과의 산업간 공행성 분석	황선웅 · 민성환 · 신동현 · 김기호
4	서비스업 발전을 통한 내외수 균형성장: 기대효과 및 리스크	김승원 · 황광명
5	Cross-country-heterogeneous and Time-varying Effects of Unconventional Monetary Policies in AEs on Portfolio Inflows to EMEs	Kyoungsoo Yoon · Christophe Hurlin
6	인터넷뱅킹, 결제성예금 및 은행 수익성과의 관계 분석	이동규 · 전봉걸
7	Dissecting Foreign Bank Lending Behavior During the 2008-2009 Crisis	Moon Jung Choi · Eva Gutierrez · Maria Soledad Martinez Peria
8	The Impact of Foreign Banks on Monetary Policy Transmission during the Global Financial Crisis of 2008-2009: Evidence from Korea	Bang Nam Jeon · Hosung Lim · Ji Wu
9	Welfare Cost of Business Cycles in Economies with Individual Consumption Risk	Martin Ellison · Thomas J. Sargent
10	Investor Trading Behavior Around the Time of Geopolitical Risk Events: Evidence from South Korea	Young Han Kim · Hosung Jung
11	Imported-Inputs Channel of Exchange Rate Pass-Through: Evidence from Korean Firm-Level Pricing Survey	Jae Bin Ahn · Chang-Gui Park

제2014-12	비대칭 금리기간구조에 대한 실증분석	김기호
13	The Effects of Globalization on Macroeconomic Dynamics in a Trade-Dependent Economy: the Case of Korea	Fabio Milani • Sung Ho Park
14	국제 포트폴리오투자 행태 분석: 채권-주식 투자자금간 상호관계를 중심으로	이주용 • 김근영
15	북한 경제의 추격 성장 가능성과 정책 선택 시나리오	이근 • 최지영
16	Mapping Korea's International Linkages using Generalised Connectedness Measures	Hail Park • Yongcheol Shin
17	국제자본이동 하에서 환율신축성과 경상수지 조정: 국가패널 분석	김근영
18	외국인 투자자가 외환시장과 주식시장 간 유동성 동행화에 미치는 영향	김준한 • 이지은
19	Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields Using Credit Spreads and Structural Breaks	Azamat Abdymomunov • Kyu Ho Kang • Ki Jeong Kim
20	Impact of Demographic Change upon the Sustainability of Fiscal Policy	Youngguk Kim • Myoung Chul Kim • Seongyong Im
21	The Impact of Population Aging on the Countercyclical Fiscal Stance in Korea, with a Focus on the Automatic Stabilizer	Tae-Jeong Kim • Mihye Lee • Robert Dekle
22	미 연준과 유럽중앙은행의 비전통적 통화정책 수실행원칙에 관한 고찰	김병기 • 김진일
23	우리나라 일반인의 인플레이션 기대 형성 행태 분석	이한규 • 최진호

제2014-24	Nonlinearity in Nexus between Working Hours and Productivity	Dongyeol Lee · Hyunjoon Lim
25	Strategies for Reforming Korea's Labor Market to Foster Growth	Mai Dao · Davide Furceri · Jisoo Hwang · Meeyeon Kim · Tae-Jeong Kim
26	글로벌 금융위기 이후 성장잠재력 확충: 2014 한국은행 국제컨퍼런스 결과보고서	한국은행 경제연구원
27	인구구조 변화가 경제성장률에 미치는 영향: 자본이동의 역할에 대한 논의를 중심으로	손종철
28	Safe Assets	Robert J. Barro
29	확장된 실업지표를 이용한 우리나라 노동시장에서의 이력현상 분석	김현학 · 황광명
30	Entropy of Global Financial Linkages	Daeyup Lee
31	International Currencies Past, Present and Future: Two Views from Economic History	Barry Eichengreen
32	금융체제 이행 및 통합 사례: 남북한 금융통합에 대한 시사점	김병연
33	Measuring Price-Level Uncertainty and Instability in the U.S., 1850-2012	Timothy Cogley · Thomas J. Sargent
34	고용보호제도가 노동시장 이원화 및 노동생산성에 미치는 영향	김승원
35	해외충격시 외화예금의 역할 : 주요 신흥국 신용스프레드에 미치는 영향을 중심으로	정호성 · 우준명
36	실업률을 고려한 최적 통화정책 분석	김인수 · 이명수
37	우리나라 무역거래의 결제통화 결정요인 분석	황광명 · 김경민 · 노충식 · 김미진
38	Global Liquidity Transmission to Emerging Market Economies, and Their Policy Responses	Woon Gyu Choi · Taesu Kang · Geun-Young Kim · Byongju Lee

제2015-1	글로벌 금융위기 이후 주요국 통화정책 운영체계의 변화	김병기 · 김인수
2	미국 장기시장금리 변동이 우리나라 금리기간구조에 미치는 영향 분석 및 정책적 시사점	강규호 · 오형석
3	직간접 무역연계성을 통한 해외충격의 우리나라 수출입 파급효과 분석	최문정 · 김근영
4	통화정책 효과의 지역적 차이	김기호
5	수입중간재의 비용효과를 고려한 환율변동과 수출가격 간의 관계	김경민
6	중앙은행의 정책금리 발표가 주식시장 유동성에 미치는 영향	이지은
7	은행 건전성지표의 변동요인과 거시건전성 규제의 영향	강종구
8	Price Discovery and Foreign Participation in The Republic of Korea's Government Bond Futures and Cash Markets	Jaehun Choi · Hosung Lim · Rogelio Jr. Mercado · Cyn-Young Park
9	규제가 노동생산성에 미치는 영향: 한국의 산업패널 자료를 이용한 실증분석	이동렬 · 최종일 · 이종한
10	인구 고령화와 정년연장 연구 (세대 간 중첩모형(OLG)을 이용한 정량 분석)	홍재화 · 강태수
11	예측조합 및 밀도함수에 의한 소비자물가 상승률 전망	김현학
12	인플레이션 동학과 통화정책	우준명
13	Failure Risk and the Cross-Section of Hedge Fund Returns	Jung-Min Kim
14	Global Liquidity and Commodity Prices	Hyunju Kang · Bok-Keun Yu · Jongmin Yu
15	Foreign Ownership, Legal System and Stock Market Liquidity	Jieun Lee · Kee H. Chung

제2015-16	바젤Ⅲ 은행 경기대응완충자본 규제의 기준지표에 대한 연구	서현덕 · 이정연
17	우리나라 대출 수요와 공급의 변동요인 분석	강종구 · 임호성
18	북한 인구구조의 변화 추이와 시사점	최지영
19	Entry of Non-financial Firms and Competition in the Retail Payments Market	Jooyong Jun
20	Monetary Policy Regime Change and Regional Inflation Dynamics: Looking through the Lens of Sector-Level Data for Korea	Chi-Young Choi · Joo Yong Lee · Roisin O'Sullivan
21	Costs of Foreign Capital Flows in Emerging Market Economies: Unexpected Economic Growth and Increased Financial Market Volatility	Kyoungsoo Yoon · Jayoung Kim
22	글로벌 금리 정상화와 통화정책 과제: 2015년 한국은행 국제컨퍼런스 결과보고서	한국은행 경제연구원
23	The Effects of Global Liquidity on Global Imbalances	Marie-Louise DJIGBENOU-KRE · Hail Park
24	실물경기를 고려한 내재 유동성 측정	우준명 · 이지은
25	Deflation and Monetary Policy	Barry Eichengreen
26	Macroeconomic Shocks and Dynamics of Labor Markets in Korea	Tae Bong Kim · Hangyu Lee
27	Reference Rates and Monetary Policy Effectiveness in Korea	Heung Soon Jung · Dong Jin Lee · Tae Hyo Gwon · Se Jin Yun
28	Energy Efficiency and Firm Growth	Bongseok Choi · Wooyoung Park · Bok-Keun Yu
29	An Analysis of Trade Patterns in East Asia and the Effects of the Real Exchange Rate Movements	Moon Jung Choi · Geun-Young Kim · Joo Yong Lee
30	Forecasting Financial Stress Indices in Korea: A Factor Model Approach	Hyeongwoo Kim · Hyun Hak Kim · Wen Shi

제2016-1	The Spillover Effects of U.S. Monetary Policy on Emerging Market Economies: Breaks, Asymmetries and Fundamentals	Geun-Young Kim · Hail Park · Peter Tillmann
2	Pass-Through of Imported Input Prices to Domestic Producer Prices: Evidence from Sector-Level Data	JaeBin Ahn · Chang-Gui Park · Chanho Park
3	Spillovers from U.S. Unconventional Monetary Policy and Its Normalization to Emerging Markets: A Capital Flow Perspective	Sangwon Suh · Byung-Soo Koo
4	Stock Returns and Mutual Fund Flows in the Korean Financial Market: A System Approach	Jaebeom Kim · Jung-Min Kim
5	정책금리 변동이 성별·세대별 고용률에 미치는 영향	정성엽
6	From Firm-level Imports to Aggregate Productivity: Evidence from Korean Manufacturing Firms Data	JaeBin Ahn · Moon Jung Choi
7	자유무역협정(FTA)이 한국 기업의 기업내 무역에 미친 효과	전봉걸 · 김은숙 · 이주용
8	The Relation Between Monetary and Macroprudential Policy	Jong Ku Kang
9	조세피난처 투자자가 투자 기업 및 주식 시장에 미치는 영향	정호성 · 김순호
10	주택실거래 자료를 이용한 주택부문 거시 건전성 정책 효과 분석	정호성 · 이지은
11	Does Intra-Regional Trade Matter in Regional Stock Markets?: New Evidence from Asia-Pacific Region	Sei-Wan Kim · Moon Jung Choi
12	Liability, Information, and Anti-fraud Investment in a Layered Retail Payment Structure	Kyoung-Soo Yoon · Jooyong Jun
13	Testing the Labor Market Dualism in Korea	Sungyup Chung · Sunyoung Jung
14	북한 이중경제 사회계정행렬 추정을 통한 비공식부문 분석	최지영

제2016 –15	Divergent EME Responses to Global and Domestic Monetary Policy Shocks	Woon Gyu Choi · Byongju Lee · Taesu Kang · Geun-Young Kim
16	Loan Rate Differences across Financial Sectors: A Mechanism Design Approach	Byoung-Ki Kim · Jun Gyu Min
17	근로자의 고용형태가 임금 및 소득 분포에 미치는 영향	최충 · 정성엽
18	Endogeneity of Inflation Target	Soyoung Kim · Geunhyung Yim
19	Who Are the First Users of a Newly-Emerging International Currency? A Demand-Side Study of Chinese Renminbi Internationalization	Hyoung-kyu Chey · Geun-Young Kim · Dong Hyun Lee
20	기업 취약성 지수 개발 및 기업 부실화에 대한 영향 분석	최영준
21	US Interest Rate Policy Spillover and International Capital Flow: Evidence from Korea	Jieun Lee · Jung-Min Kim · Jong Kook Shin
제2017 –1	가계부채가 소비와 경제성장에 미치는 영향 – 유량효과와 저장효과 분석 –	강종구
2	Which Monetary Shocks Matter in Small Open Economies? Evidence from SVARs	Jongrim Ha · Inhwan So
3	FTA의 물가 안정화 효과 분석	곽노선 · 임호성
4	The Effect of Labor Market Polarization on the College Students' Employment	Sungyup Chung
5	국내 자영업의 폐업을 결정요인 분석	남윤미
6	차주별 패널자료를 이용한 주택담보대출의 연체요인에 대한 연구	정호성
7	국면전환 확산과정모형을 이용한 콜금리 행태 분석	최승문 · 김병국

제2017-8	Behavioral Aspects of Household Portfolio Choice: Effects of Loss Aversion on Life Insurance Uptake and Savings	In Do Hwang
9	신용공급 충격이 재화별 소비에 미치는 영향	김광환 · 최석기
10	유가가 손익분기인플레이션에 미치는 영향	김진용 · 김준철 · 임형준
11	인구구조변화가 인플레이션의 장기 추세에 미치는 영향	강환구
12	종합적 상환여건을 반영한 과다부채 가계의 리스크 요인 분석	이동진 · 한진현
13	Crowding out in a Dual Currency Regime? Digital versus Fiat Currency	KiHoon Hong · Kyounghoon Park · Jongmin Yu
14	Improving Forecast Accuracy of Financial Vulnerability: Partial Least Squares Factor Model Approach	Hyeongwoo Kim · Kyunghwan Ko
15	Which Type of Trust Matters?: Interpersonal vs. Institutional vs. Political Trust	In Do Hwang
16	기업특성에 따른 연령별 고용행태 분석	이상욱 · 권철우 · 남윤미
17	Equity Market Globalization and Portfolio Rebalancing	Kyungkeun Kim · Dongwon Lee
18	The Effect of Market Volatility on Liquidity and Stock Returns in the Korean Stock Market	Jieun Lee · KeeH.Chung
19	Using Cheap Talk to Polarize or Unify a Group of Decision Makers	Daeyoung Jeong
20	패스트트랙 기업회생절차가 법정관리 기업의 이자보상비율에 미친 영향	최영준
21	인구고령화가 경제성장에 미치는 영향	안병권 · 김기호 · 육승환
22	고령화에 대응한 인구대책: OECD사례를 중심으로	김진일 · 박경훈

제2017-23	인구구조변화와 경상수지	김경근 · 김소영
24	통일과 고령화	최지영
25	인구고령화가 주택시장에 미치는 영향	오강현 · 김솔 · 윤재준 · 안상기 · 권동휘
26	고령화가 대외투자에 미치는 영향	임진수 · 김영래
27	인구고령화가 가계의 자산 및 부채에 미치는 영향	조세형 · 이용민 · 김정훈
28	인구고령화에 따른 우리나라 산업구조 변화	강종구
29	인구구조 변화와 재정	송호신 · 허준영
30	인구고령화가 노동수급에 미치는 영향	이철희 · 이지은
31	인구 고령화가 금융산업에 미치는 영향	윤경수 · 차재훈 · 박소희 · 강선영
32	금리와 은행 수익성 간의 관계 분석	한재준 · 소인환
33	Bank Globalization and Monetary Policy Transmission in Small Open Economies	Inhwan So
34	기존 경영자 관리인(DIP) 제도의 회생기업 경영성과에 대한 영향	최영준
35	Transmission of Monetary Policy in Times of High Household Debt	Youngju Kim · Hyunjoon Lim
제2018-1	4차 산업혁명과 한국의 혁신역량: 특허자료를 이용한 국가·기술별 비교 분석, 1976-2015	이지홍 · 임현경 · 정대영
