

한국, 중국, 일본 철도연구기관 특허 및 논문실적 비교분석

백승현*, 이윤주
한국철도기술연구원 홍보협력팀

The Comparative Analysis of Outcomes on Patents and Papers of Railway Research Institutes in Korea, China and Japan

Sunghyun Baek*, Yoonju Yi
Public and International Affairs Team, Korea Railroad Research Institute

요약 한국, 중국, 일본 정부는 철도에 대한 종합연구기관을 설립하여 운영하고 있다. 한국철도기술연구원, 중국철도과학연구원, 일본철도종합기술연구소는 각 국가의 대표적인 철도종합연구기관으로서, 철도원천기술 및 시스템기술개발에 집중하고 있다. 이 기관들은 특허와 논문 실적을 지속적으로 도출하고 있으며, 특허 및 논문을 통해 각 기관들의 연구성과를 비교 분석할 수 있다. 윈텔립스 DB를 이용하여 2000년 이후 공개특허를 비교한 결과, 특허의 양적 경쟁력에서는 한국철도기술연구원이 1,923건으로 가장 앞서는 것으로 나타났고, 질적 경쟁력에서는 한국철도기술연구원이 토목분야의 특허시장지수가 1.04, 특허영향력지수가 1.33으로 높게 나타났으며 일본철도종합기술연구소가 철도전력분야 특허시장지수가 1.16, 특허영향력지수가 1.32로 높게 나타났다. 세 기관 모두 자국 특허출원 비중이 매우 높게 나타났으나, 한국철도기술연구원이 상대적으로 PCT 출원 108건 등 해외 지식재산권 경쟁력 확보노력을 가장 많이 하는 것으로 나타났다. Scopus DB를 이용하여 논문발표를 비교한 결과, 중국철도과학연구원이 1,527건으로 가장 많은 논문을 발표하였지만, 2015년부터는 한국철도기술연구원이 매년 100건 이상의 논문을 발표하며 가장 많은 실적을 나타냈다. 피인용도를 중심으로 논문영향력을 살펴본 결과, 한국철도기술연구원의 논문영향력지수가 0.45로서 두 기관보다 높은 경쟁력을 갖고 있었다. 향후 세 기관의 특허·논문 정보에 대한 텍스트마이닝 등 빅데이터분석을 활용하여, 기관별 중점연구영역 및 유망기술분야를 도출하고, 과학적 증거에 기반한 철도기술개발 중장기발전계획 등의 수립이 필요할 것으로 판단된다.

Abstract The governments of Korea, China, and Japan have operated comprehensive research institutes for railway technologies. Korea Railroad Research Institute (KRRRI), China Academy of Railway Sciences Corporation Limited (CARS), and Railway Technical Research Institute (RTRI) are representatives of comprehensive railway research institutes in each country. KRRRI was found to be the most advanced in the quantitative competitiveness of patents. In terms of qualitative competitiveness, KRRRI has strength in civil engineering, whereas RTRI has strength in electricity. KRRRI was found to have the greatest efforts in securing competitiveness in overseas property rights. By comparing the publication of papers, CARS published the most papers. On the other hand, from 2015, KRRRI showed an upward trend and published the most papers. By examining the impact of the papers by the citation, KRRRI was found to have higher competitiveness than the other two institutions. In the future, it will be necessary to perform big data analysis on patents and papers of the three organizations, derive the key research areas and promising technology areas for each institute, and establish a mid-to-long-term development plan for railway technology based on scientific evidence.

Keywords : Railway-Research, Patent, Paper, Research-Outcomes, Comparative-Analysis

이 논문은 한국철도기술연구원 “한중일 철도기술교류 확산 및 공동연구 활성화” 자체 연구사업으로 수행되었음

Corresponding Author : Sunghyun Baek(Korea Railroad Research Institute)

email: baeksh@krrri.re.kr

Received March 23, 2020

Revised April 2, 2020

Accepted June 5, 2020

Published June 30, 2020

1. 서론

한국, 중국, 일본 정부는 철도종합연구기관을 설립하여 운영하고 있으며, 각 연구기관들은 철도차량, 궤도토목, 전기신호 등 철도원천기술과 고속철도, 도시철도 등 철도시스템기술을 개발하고 있다. 이 기관들은 과학기술에 기반한 연구성과로서 특허와 논문을 지속적으로 도출하고 있으며, 이러한 기술정보들은 국제적 기준에 의한 서지정보를 갖고 있기 때문에 상호 비교 가능하다.

이 연구는 한국철도기술연구원, 중국철도과학연구원, 일본철도종합기술연구소가 보유한 특허, 논문의 정량적·정성적 현황을 살펴보고 상호비교하여, 동북아 철도연구기관의 기술개발현황을 상호 파악하고, 이에 기반하여 우리 철도기술연구의 수준을 이해하고 연구방향 설정에 반영하는 것을 목적으로 한다.

세 기관은 각 국가를 대표하는 철도종합연구기관으로 매년 정례적인 기술교류 세미나를 개최하는 등 상호 긴밀하게 협력하고 있다. 따라서 세 기관의 특허 및 논문으로 대표되는 연구성과를 상호비교 분석함으로써, 각 기관의 연구역량을 비교하는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 선행연구 검토 및 연구설계

2.1 선행연구 검토

연구개발의 시계가 장기이며 그 성과의 모호한 특성으로 인하여, R&D 성과지표 설정에 대한 논의가 많았지만 일치된 방안이 도출되지 못하고 있다. 다만 객관적으로 측정과 비교가 가능한 성과지표를 활용하여야 하기 때문에, 특허와 논문실적을 중심으로 성과를 분석하는 것이 일반적이다[1].

특허분석을 통해 시스템이나 장치 등에 대한 기술을 분석한 연구는 그동안 많이 수행되어 왔다. 자동차, 항공 분야를 포함하여 각 산업분야에 폭넓게 사용되어 왔다 [2]. 철도분야의 경우에도 여러 연구자들에 의해 관련된 수준을 파악하고 미래 기술방향을 제시하는 데 특허가 폭넓게 활용되어 왔다[3-4]. 다만, 전력장치, 화물열차 컨테이너 등 특정 기술분야에 대한 특허정보분석을 수행한 연구가 대부분이었다. 이는 특정 연구과제의 기획단계에서 선행기술분석을 위해 특허정보를 분석하였기 때문이다. 따라서 철도기술을 종합적으로 수행하는 연구기관을 국제적으로 비교한 연구는 아직 없었다. 또한 특허정보와

논문정보를 함께 비교분석한 선행연구도 수행되지 못하였다.

2.2 연구설계 및 연구방법

이 연구는 한국, 중국, 일본의 철도종합연구기관으로 세 연구기관의 특허와 논문실적을 비교 분석하였다. 세 연구기관의 설립연도, 연구인력 규모, 기관 성격은 Table 1과 같다.

Table 1. Railway research institutes in Korea, China and Japan

Name	Year of Establishment	No. of Workforce	Type of Organization
KRRI	1996	260	Government funded research institute under the Ministry of Science and ICT
CARS	1950	3,000	Comprehensive railway research institute under China Railway (CR)
RTRI	1987	550	Comprehensive railway research institute invested by Japan Railway Companies (JR)

이 세 기관의 특허와 논문을 대상으로 정량적, 시계열 동향, 그리고 질적경쟁력을 비교분석 하고자 한다. 연구기관을 단위로 하는 특허논문 동향 비교분석 연구가 기존에 존재하지 않았던 점을 고려할 때, 이 연구에서는 우선 특허건수와 논문건수의 시계열 현황비교, 그리고 질적 영향력을 중심으로 기관별로 비교를 수행하는 탐색적 연구를 Table 2와 같이 수행하였다.

Table 2. Analysis methods for comparing patents and papers

Item	Quantitative Analysis	Qualitative Analysis
Patent	Comparison of time series status by institutions and areas of technology	Patent market index, Patent citation index
Paper	Comparison of time series status by institutions	Paper citation index

특허의 질적경쟁력 분석을 위해, OECD(2009)에서 패밀리특허와 피인용도를 중요시 한다[5]. 특허시장지수는 패밀리 특허 국가 수가 많을 때, 특허영향지수는 피인용특허가 많을 때 경쟁력이 크다고 판단된다. 논문의 질

적경쟁력 분석을 위해서도 피인용도를 통해 영향력을 살펴볼 수 있다. 이처럼 특허와 논문실적의 질적비교를 위해 Table 3과 같은 분석방법을 적용하였다.

Table 3. Index of qualitative competitiveness of patents and papers

Items	Index for Qualitative Analysis
Patent Market Index	$\text{Patent market index}_{ij} = \frac{(FP_{ij}/P_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} FP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}$
	FP_{ij} = number of family patent country of i institution in j field of technology
	P_{ij} = number of patent application of i institution in j field of technology
	nt = total number of fields of technology
Patent Citation Index	$\text{Patent citation index}_{ij} = \frac{(CP_{ij}/RP_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} RP_{ij})}$
	CP_{ij} = number of patent citation of i institution in j field of technology
	RP_{ij} = number of patent registration of i institution in j field of technology
	nt = total number of fields of technology
Paper Citation Index	$\text{Paper citation index}_{ij} = \frac{CT_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} CT_{ij}}$
	CT_{ij} = number of paper citation of j institution on i technology nt = total number of institutions

2.3 자료의 수집

이 연구에서 특허정보는 윈텔립스 DB를 활용하여 2000년 1월부터 2019년 12월까지 공개된 특허를 한국, 일본, 미국, 유럽, 중국 및 PCT를 대상으로 검색하여 수집하였다. 특허 정보의 특성 상 2018년 이후 출원된 특허 중 미공개된 특허는 반영되지 못하였고, 공개 후 미등록 특허가 반영되었다. 논문정보는 Scopus DB를 활용하여 SCI 급 저널에 2019년 12월까지 등재된 논문을 대상으로 검색하여 수집하였다.

3. 특허정보 분석결과

3.1 정량적 분석결과

한국, 중국, 일본을 대표하는 철도종합 연구기관으로서, 세 기관의 총 특허건수는 4,688건이며, 한국철도기술 연구원이 1,923건으로 가장 많은 특허를 보유한 것으로 나타났다. 세 기관의 전체 특허보유 현황, 주요 기술분야별 세부 현황은 Table 4와 같다.

세 기관 모두 철도차량에 대한 특허가 가장 많았으나, KRRI와 RTRI는 지능화에 대한 특허가 두 번째로 많은 반면, CARS는 토크분야 비중이 상대적으로 높았다. 최근 중국에서 10여 년 동안 고속철도 건설의 비약적 확대에 따른 영향으로 판단된다.

Table 4. Quantitative status of patents of railway research institutes in Korea, China and Japan

Name	No. of Patents	No. of patents by technical field					
		Rolling Stocks	Intelligence	Electric	Civil	Environ	etc.
KRRI	1,923	841	415	169	262	39	197
CARS	1,678	610	298	169	372	41	188
RTRI	1,087	371	363	18	153	137	45
Sum	4,688	1,822	1,076	356	787	217	430

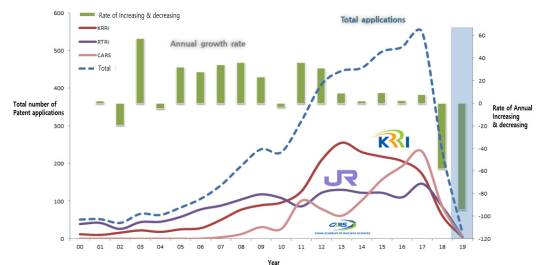


Fig. 1. Time series status of patents of railway research institutes in Korea, China and Japan

Fig. 1과 같이 시계열별 특허건수를 살펴보면, 시기별로 특허실적을 선도하는 기관이 다르게 나타나고 있다. 2010년까지는 RTRI가 연평균 71건, 2011~2016년에는 KRRI가 연평균 207건, 2016~2017년에는 CARS가 연평균 212건으로 특허를 가장 많이 도출하고 있었다. KRRI는 2011년 126건에서 2012년 209건, 2013년 255건으로 특허의 양적성장이 매우 크게 나타났으나, 2014년부터 출원 사전심사 등 질적 경쟁력 강화노력 이후 완만하게 감소추세를 나타냈다. CARS의 특허실적은 2013년 61건에서 2015년 157건, 2017년 231건으로 크게 증가하고 있으며, 2017년부터 세 기관 중 특허출원을 가장 많이 하고 있다.

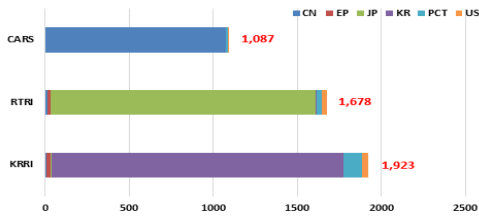


Fig. 2. International patents status of railway research institutes in Korea, China and Japan

Fig. 2와 같이 세 기관 모두 자국 특허 비중이 90% 이상으로 매우 높게 나타났으며, CARS는 98.8%의 특허가 중국 특허로서 자국에 집중되었다. KRRI가 상대적으로 PCT 출원 108건, 미국 특허 38건, 유럽 특허 21건 등 해외 특허 확보 노력을 가장 많이 하는 것으로 나타났다.

3.2 정성적 분석결과

특허의 질적경쟁력을 분석하기 위해, 패밀리특허를 통해 특허시장지수를 살펴보고, 피인용도를 통해 특허영향지수를 살펴보았다.

첫째, 패밀리특허가 많을수록 특허의 시장성이 높다고 평가된다. Table 5와 같이 KRRI는 토목과 환경화학에서, CARS는 신호제어 등 지능화에서, RTRI는 철도차량과 전력분야의 특허시장지수가 상대적으로 높게 나타났다.

Table 5. Patent market index of railway research institutes in Korea, China and Japan

Name	Rolling Stock	Intelligence	Electric	Civil	Environ	etc.
KRRI	1.02	0.92	1.02	1.04	1.38	0.95
CARS	1.02	0.97	0.97	0.98	1.07	0.97
RTRI	1.12	0.79	1.16	0.83	0.77	1.19

둘째, 피인용도가 높을수록 특허의 영향력이 높다고 평가된다. Table 6과 같이 KRRI는 신호제어 등 지능화와 토목분야에서, RTRI는 철도차량과 전력 및 환경화학분야의 특허영향지수가 높게 나타났다.

Table 6. Patent citation index of railway research institutes in Korea, China and Japan

Name	Rolling Stock	Intelligence	Electric	Civil	Environ	etc.
KRRI	0.91	1.05	0.93	1.33	1.01	0.89
CARS	0.87	1.02	0.72	1.05	1.33	0.60
RTRI	1.01	0.89	1.32	0.90	1.35	0.96

4. 논문정보 분석결과

4.1 정량적 분석결과

한국, 중국, 일본을 대표하는 철도종합 연구기관으로서, 세 기관의 총 논문건수는 4,218건이며, CARS가 1,527건으로 가장 많은 논문을 발표한 것으로 나타났다. KRRI는 1,273건으로 가장 작은 규모의 논문발표 실적을 갖고 있었지만, 연구인력 규모가 두 기관의 절반 이하인 것을 고려하면 결코 작다고 할 수 없을 것이다. Fig. 3은 세 기관의 논문실적을 나타내고 있다.

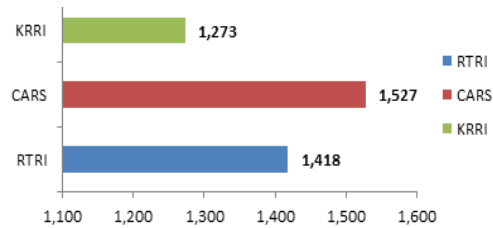


Fig. 3. Quantitative status of papers of railway research institutes in Korea, China and Japan

시계열별 논문발표 현황을 살펴보면, Fig. 4와 같이 시기별로 논문실적을 많이 도출한 기관이 다르게 나타난 것을 확인할 수 있다. 2003년까지 RTRI가 연 최대 64건, 2004~2014년에는 CARS가 연 평균 75건, 2015년부터 KRRI가 연 평균 152건을 발표하며 논문실적을 선도하였다. 전체 누적 건수에서는 CARS가 가장 많았고, 특히 2004년부터 CARS의 논문발표가 급성장하였었다. KRRI는 2003년 SCI급 논문을 14건 발표하며 활발히 실적으로 도출하였으며, 2015년 124건을 기점으로 2018년 181건까지 크게 급성장하였고, 최근까지 논문실적을 주도하고 있음을 알 수 있다. KRRI는 2014년부터 개인평가제도 개선을 통해 SCI급 논문접수 반영을 확대하는 노력이 반영된 것으로 판단된다.

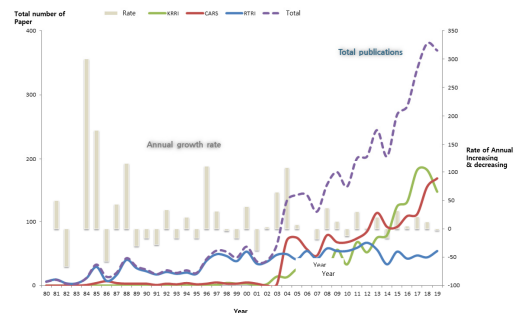


Fig. 4. Time series status of papers of railway research institutes in Korea, China and Japan

4.2 정성적 분석결과

논문의 질적경쟁력을 분석하기 위해, 피인용도를 통해 논문영향지수를 살펴보았다.

피인용도가 높을수록 논문의 영향력이 높다고 평가된다. KRRI는 비록 정량적으로 가장 작은 규모의 논문을 발표하였으나, CARS와 RTRI보다 영향력에서 더 높게 나타났다. Table 7과 같이 KRRI의 논문영향력지수가 0.45로서 두 기관보다 상대적으로 크게 나타났다.

Table 7. Paper citation index of railway research institutes in Korea, China and Japan

Items	KRRI	CARS	RTRI
Paper Citation Index	0.45	0.36	0.19

5. 결론

5.1 연구결과

한국, 중국, 일본은 모두 정부 및 공공부문의 연구예산을 투입하여 철도종합 연구기관을 설립, 운영하고 있다. 세 기관은 모두 특허와 논문을 통해 연구성과를 도출하고 있고, 이 실적들은 상호 비교가능하다.

특허실적 분석결과, 한국의 KRRI는 1,923건의 특허를 보유하여 양적 경쟁력에서 가장 앞서는 것으로 나타났다. 질적 경쟁력에서 KRRI는 토목분야에서 특허시장 지수가 1.04, 특허영향력지수가 1.33으로 높게 나타났고, RTRI는 철도전력분야 특허시장지수가 1.16, 특허영향력지수가 1.32로 높게 나타났다. 다만, CARS의 특허 실적은 2013년 61건에서 2015년 157건, 2017년 231건으로 크게 증가하고 있으며 2017년부터는 특허출원을 가장 많이 하고 있었다. 세 기관 모두 자국에 대한 특허출원 비중이 90% 이상으로 매우 높게 나타났으나, KRRI가 PCT 출원 108건, 미국 특허 38건, 유럽 특허 21건 등 해외 특허경쟁력 확보 노력을 가장 많이 하는 것으로 확인되었다.

논문실적 분석결과, 논문의 양적 경쟁력에서는 CARS가 1,527건으로 가장 앞서지만, KRRI는 2015년 124건을 기점으로 2018년 181건까지 가장 많은 논문을 발표하고 있는 등 최근의 성장세가 높게 나타났다. 질적 경쟁력에서는 KRRI의 논문영향력지수가 0.45로서 두 기관을 앞서있는 것으로 나타났다.

KRRI는 가장 작은 인력 규모에도 불구하고, 논문과

특허의 양적, 질적 경쟁력에서 상대적으로 우수한 실적을 지속 도출하고 있었다. 특히 2015년부터 가장 많은 SCI 논문을 발표하고 있는 점에서, 중국 및 일본과 달리 한국에서는 과학기술 주무부처에서 과학기술의 시각에서 철도종합 연구기관을 운영하는 특성이 반영된 것으로 판단된다.

5.2 연구의 한계 및 향후과제

이 연구는 한국, 중국, 일본의 철도종합 연구기관들의 특허 및 논문실적을 양적, 질적으로 비교분석하였다. 특정 기술분야를 넘어서서, 기관을 분석단위로 하여 비교하고 현황을 분석한 점에서 그 의미가 있다. 다만, 특허와 논문의 개별정보들에 기반한 구체적인 연구내용들을 살펴보기 못하였다.

향후 특허와 논문의 기술정보를 활용하여, 기관별 시계열별 기술개발 트렌드, 중점연구영역, 유망기술분야 등을 분석할 수 있을 것이며, 이를 통해 철도기술 연구개발 방향을 정립하는 데 반영할 수 있을 것이다. 또한, 특허와 논문의 기술정보 분석을 위한 텍스트마이닝 등 빅데이터 분석기법의 지속적 확충이 요구되며, 이에 기반한 과학적 증거기반의 연구동향분석도 병행되어야 할 것이다.

기관 단위의 분석에서 한 걸음 더 나아가, 기관별 질적 경쟁력이 가장 높은 핵심특허와 논문을 심층분석하고, 이에 기반한 우리의 연구 및 지식재산권 확보전략 수립이 필요하다.

References

- [1] Sunghyun Baek, "A Study on Effects of Governance systems on R&D Outcomes in Government-funded Research Institutes for Science and Technology", *Journal of Governance Studies*, vol.9, no.1, pp.59-91, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.16973/jgs.2014.9.1.003>
- [2] Si-Young Chang, Byoung-Chul Lee, Yun-Bae Kim, "A Study on the Emerging Technology Detection in the Field of LED Using Scientometrics", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol.12, no.3, pp.1213-1222, 2011.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.3.1213>
- [3] Young-Jae Han, Jeong-Min Jo, Jin-Ho Lee, Chul-Ung Lee, "The trend analysis of technology development for auxiliary power supply of electric vehicle", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol.16, no.11, pp.7957-7963, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.11.795>

- [4] Seok-Moon, Oh, Inmook, Lee, "A Study to Develop a Multiple Container Transportation System", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol.15, no.2, pp.638-645, 2014.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.2.638>
- [5] OECD, OECD Patent Statistics Manual, 2009

백 승 현(Sunghyun Baek)

[정회원]



- 1998년 2월 : 성균관대학교 사회학과 (사회학 학사)
- 2011년 2월 : 성균관대학교 행정학과 (행정학 석사)
- 2016년 2월 : 성균관대학교 국정전문대학원 (행정학 박사)
- 2002년 5월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 홍보협력팀장

<관심분야>

과학기술정책, 기술경영, 철도교통

이 윤 주(Yoonju Yi)

[정회원]



- 2015년 2월 : 이화여자대학교 인문과학부 (영어영문학 학사), 경영학부 (경영학 학사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임행정원

<관심분야>

과학기술정책, 기술경영, 철도교통