

도로교통 기술수준 평가

김태영* · 박희성**

Kim, Tae-Yeong*, Park, Hee-Sung**

Comparative Assessment of Transportation Technology

ABSTRACT

This paper provides information for quantitative evaluation of transportation technology, technology development, and transportation R&D and construction engineering policy agenda. Technology classification structure and key words were established and survey was performed to identify key words of technology for transportation. Then, competitiveness of patents and journal articles is evaluated for Korea, USA, Japan, Germany, France, and England. As a result, USA is the most competitive country for all technology categories based on patents and journal articles. Korea is grouped in upper-middle class for overall transportation technology level. However, there are some variances among the level of technologies. The results of this research can be utilized to establish a road map for transportation R&D and plans.

Key words : Transportation technology, Technology level, Quantitative evaluation

초록

본 연구는 도로교통분야 기술수준의 정량적인 평가와 기술개발, 국토교통 R&D의 전략적 방향 모색 및 기술정책 수립 등 수요에 대응할 수 있는 기초자료 제공을 목적으로 수행하였다. 이를 위해 도로교통분야의 기술 분류체계를 구축하고 기술별 핵심 키워드를 도출하여 한국, 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국의 기술수준 조사를 실시하였다. 기술수준 평가결과 미국이 모든 기술분야에서 최상의 특허 및 논문기술경쟁력을 보유한 것으로 나타났다. 한국의 경우 전반적으로 중상위권의 기술경쟁력을 보유한 것으로 나타났으나, 기술별 편차가 있는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 향후 도로교통분야 기술개발 및 계획수립 시 기초자료로 활용될 수 있다.

검색어 : 도로교통기술, 기술수준, 정량적 평가

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설기술수준 조사는 건설기술진흥 기본계획 및 연구개발 정책 수립 등을 위한 사전활동으로 1986년 이후 시설물별로 주기적으로 수행하고 있다. 그러나 기존의 조사방법은 각 분야별 전문가의 주관적 의견에 의존하여 기술 정량화 과정이 미흡하고 객관성이 떨어지는 단점을 가지고 있다(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2013). 이러한 단점을 보완한 정량적 건설기술수준 조사에 대한 요구에 따라 특허·논문 등의 정량화 된 정보를 활용하여 정성적 평가결과를 보완하고 국토교통분야 특성을 반영한 기술수준 조사가 수행되었다. 이는 국토교통 전(全)분야에 대한 총괄적인 건설기술 수준을 제시하였으나, 각 분야별 세부기술에 대한 정밀한 기술수준 조사는 미흡하였다. 따라서 기존 연구의 방법론은 채택하되 각 분야별 정밀분석을 위한 정량적 기술수준 평가가 필요한 실정이다.

* 한국건설기술연구원 건설정책연구소 전임연구원 (KICT · kimty@kict.re.kr)

** 중신회원 · 교신저자 · 국립한밭대학교 건설환경공학과 교수 (Corresponding Author · Hanbat National University · jackdaniel@hanbat.ac.kr)

Received May 27, 2015/ revised June 26, 2015/ accepted September 25, 2015

본 연구의 목적은 국토교통분야 중 도로교통분야에 포커스를 맞춰 주요 경쟁국 대비 우리나라의 기술수준 및 기술경쟁력을 평가·제시한다. 또한 국토교통 R&D의 전략적 방향을 모색하고 정책 입안자 및 관련 분야 연구자들의 기술정책 수립, 신규과제 발굴 및 기획 등의 수요에 대응할 수 있는 기초자료 제공을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구는 「2013 국토교통 기술수준분석」(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, 2013)을 벤치마킹하여 도로교통분야의 특허와 논문을 활용한 정량적 기술경쟁력 평가를 수행하였다. 이를 위해 기존 연구결과 등을 토대로 기술 분류체계를 구축하고 기술별 핵심 키워드를 도출하여 영문화 된 검색어와 검색식을 마련하였다. 이를 전문가 자문을 통해 검증·확정한 후 특허 및 논문에 대한 기술수준 조사를 실시하였다.

조사된 특허와 논문에 대한 데이터 중 노이즈 제거를 위해 연구진이 1차 필터링을 수행하고, 관련 분야별 전문가가 2차 필터링을 수행하여 유효데이터를 추출하였다. 이를 Log-normal을 통해 데이터를 안정화한 후 Re-scaling방법을 통해 데이터를 표준화하였다.

기술수준 평가지표는 특허 기술경쟁력지표와 논문 기술경쟁력 지표로 구분한 후 다시 양적지표와 질적지표로 구분하여 결정하였으며, 정량적 기술수준 분석을 위한 평가모델은 기존 모델(Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, 2011; Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2013)을 활용하였다.

분석된 정량적 결과는 정성적 분석결과와 비교하여, 전문가 검토를 통해 불일치성을 검토하였다. 이 결과를 토대로 검색식에 대한 보완, 수정 작업을 통해 재검색을 실시하여 평가결과의 신뢰성을 확보하였으며 연구의 내용은 Fig. 1과 같다.

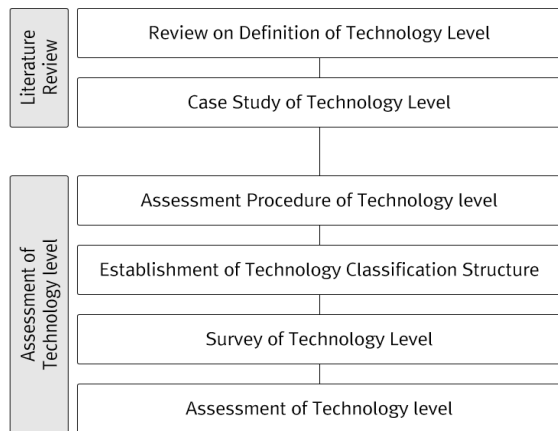


Fig. 1. Research Process

2. 이론적 고찰

2.1 기술수준의 정의

기술수준평가는 과학기술 또는 산업기술 등을 대상으로 국가, 산업, 기업 등 복수의 주체에 대하여 비교·평가하는 연구(Han et al., 2010)이다. 여기서 기술이란, 과학지식 또는 경험에 기초한 지식체계로 특정한 목적을 위해 조직화되어 생산설비, 제품이나 사람에 체화되어 있는 것으로 정의할 수 있으며, 기술수준이란 일반적으로 기술 역량의 크기를 나타내는 상대적인 비교의 개념으로 설명할 수 있다(Korea Electric Power Corporation, 1998). 그러나 기술수준의 개념은 연구주체에 따라 다양하게 정의되고 있으며, '특정 시점에서 특정 기술의 성능을 측정치로 나타내는 것으로 특정 비교대상 또는 비교시점과 현재를 상대적으로 평가하는 개념, 즉 기술수준은 비교상대가 존재하거나 비교시점이 존재할 때, 비교대상간의 상대적인 기술역량의 크기를 비교하여 측정하는 것으로 정의(Korea Institute Of Science & Technology Evaluation And Planning, 2013) 되기도 한다.

2.2 기술수준분석 사례조사)

2.2.1 국내 기술수준분석 사례

한국산업기술평가관리원은 2년을 주기로 산업기술수준조사를 시행하고 있으며, 미래기술 확보를 위한 우선순위 파악과 연구 분야별 재원의 효율적 분배를 위한 목적으로 사용되고 있다. 2013년 시행된 산업기술수준조사는 나노, 바이오, 지식서비스, 디자인 등 28개 기술분야, 592개 소분류 기술을 대상으로 미국, 일본, 유럽, 중국 대비 국내기술수준을 평가하였다. 그 결과 전 산업 평균 기술수준이 미국, 일본, 유럽, 한국, 중국 순으로 평가 되었고, 각 최고 기술보유국과의 격차를 줄이기 위해, 인력양성 강화, 연구기반 시설확충 및 산학연 간 협력 활성화를 통한 정보공유 등을 제시하였다. 한편, 기술수준의 평가는 해당 분야의 전문가를 활용한 웹 기반 델파이(Real time delphi) 설문으로 수행하였다(Evaluation Institute of Industrial Technology, 2013).

전통적인 델파이 설문은 전문가 그룹과 직접 접촉하지 않고, 설문지를 통해 의견을 수렴 하는데, 전문가들 사이의 의견을 수정하여 합의를 이끌어 내기 위해 반복적으로 설문을 수행하는 방법이다. 이를 통해 소수의 권위 있는 사람의 의견이 독점되는 등의 단점을 극복할 수 있다. 그러나 전문가의 적극적인 참여를 유도하기 어려운 단점이 있다.

웹 기반 델파이 설문은 2006년 UN 미래포럼의 고문인 Ted Gorden에 의해 개발되었는데, 실시간 델파이 설문이라고도 한다.

1) 국내의 기술수준조사 및 기술수준평가 연구 동향 분석, 제어로봇시스템 학회지, Vol. 20, No. 1, pp24-27에서 재인용

이러한 웹 기반의 델파이 설문은 컴퓨터를 통하여 실시간으로 정보를 수집·처리하기 때문에 전문가의 참여가 쉽고, 장소의 제약이 적어 많은 양의 정보를 빠르게 수집하는데 유리하며, 연구수행시간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 장점이 있다(Go et al., 2011).

한국과학기술기획평가원은 국가의 중장기 기술개발 전략이나 투자의 우선순위를 결정하기 위한 과학기술정책 수립의 체계적이고, 객관적인 기초자료를 제공하기 위해서 기술수준평가를 2년을 주기로 시행하고 있다. 2012년 작성된 기술수준평가 보고서에서는 미국, EU, 일본 등 주요 5개국에 대한 120개 국가전략기술을 평가 하였다. 그 결과 미국이 가장 높은 국가전략기술을 보유한 것으로 조사되었고, 한국은 4위로 평가 되었다(Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, 2013).

또한, 이러한 결과분석을 토대로 하여 향후 정부 투자방향, 연구 주도 주체(산·학·연), 정부 중점추진 필요 정책 등의 기술격차 해소 방안을 제시하였다. 한편, 기술수준평가는 산·학·연 전문가를 활용한 2회의 전통적인 델파이 설문을 정성적인 지표로 사용하고, 논문 및 특허분석을 정량적 지표로 병행 하여 수행되었다. 이때, 논문과 특허는 영향력 지수 및 점유율 등으로 세분화 하여 평가하였다. 정량적인 평가는 현 시점의 기술수준을 수학적·통계적인 방법으로 파악하여 기술의 발전 추세를 분석하는 방법이다.

그러나 이 방법은 기초과학에 기초한 발견, 새로운 신기술 등 과거에 대한 자료가 없는 경우 평가에 적합하지 않다(Go et al., 2011). 따라서 한국과학기술기획평가원의 기술수준평가에서는 정성적인 델파이설문 방식과 정량적인 평가가 함께 사용되었다.

2.2.2 국외 기술수준분석 사례

미국 랜드연구소(RAND corporation)의 U.S. competitiveness in science and technology는 미국의 기술발전 방향 검토를 목적으로 시행되었는데, 2008년 시행한 기술수준조사에서는 미국의 과학기술 분야에 대한 선도적인 지위가 확인되었다. U.S. competitiveness in science and technology는 유럽, 일본, 중국 등이 과학기술적인 면에서 향후 미국을 추격할 수 있는 국가로 판단하고 타 국가와의 격차를 유지하기 위해 조사 되었으며, 동시에 선도국의 위치를 지속적으로 유지하기 위한 정책도 제안하였다(RAND corporation, 2008).

이 조사 방법의 특징은 정성적인 평가를 정량적인 평가로 이를 보완하는 국내의 기술수준평가와는 달리 정량적인 평가를 중심으로 하여 정성적인 평가를 보완하는 방법으로 이루어 졌다는 것이다. 또한, 이를 위해 연구개발 투자액, 과학기술 논문비중 및 특허, 노벨상 수상자, 대학순위 등 광범위한 영역에서 정량적 자료를 수집하여 Footprint 형식으로 분석하고, 패널토론 및 워크숍 등을 개최하여 전문가의 의견을 수렴하였다.

일본 문부성 산하 과학기술정책연구소(NISTEP)는 과학기술분야의 현황 분석 및 정책적 판단을 목적으로 2011년 Science and Technology Indicator를 시행하였다. 이는 과학기술 및 인프라 등을 다른 국가와 비교평가하여 일본의 취약한 부분을 중점적으로 육성하기 위해 수행되고 있다. Science and Technology Indicator의 기술수준평가 대상은 미국과 독일 등이며, 일본의 과학기술경쟁력 뿐만 아니라 정부의 민간에 대한 자금지원 및 과학기술에 대한 공공성 확대 등 다방면에서 조사 분석을 수행하여, 일본의 과학기술 분야에 대한 정책판단으로 활용하고 있다(Yumiko et al., 2012). 기술수준의 평가를 위하여 과학기술의 국제경향, 공공의 과학기술 이해도, 연구원 수 변화, 1인당 GDP (Gross Domestic Product), 고용형태 등을 파악하여 정량적 수치로 관련지표를 제시하고, OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) 등 국외 기관의 조사결과를 분석하여 활용하였다. 그리고 객관적 수치의 제시가 어려운 항목에 대해서는 제한적인 자체 설문조사결과를 활용하였다.

3. 기술수준 분석

3.1 기술수준 분석 절차

기존의 기술수준조사는 전문가 인식도에만 의존하여 정성적으로 기술수준을 도출하는데 그치고 있다. 따라서 본 연구는 국가별 기술수준을 판단하는데 객관적인 근거가 될 수 있도록 특허 및 논문의 계량정보를 통한 기술경쟁력 분석을 수행하였다. 이를 위해 본 연구의 기술수준 분석은 Fig. 2와 같이 도로교통분야의 기술 분류체계를 확립하고, 분류체계별 검색 키워드 선정을 통해 정량적 기술수준을 조사하였다. 그리고 조사된 정량적 데이터의 신뢰성 및 타당성 증진을 위한 데이터 필터링을 수행한 후 기술수준 분석 및 평가를 실시한 후 평가결과를 검증하는 절차를 거쳤다.

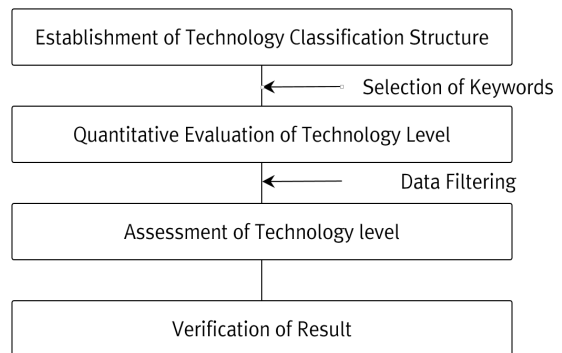


Fig. 2. Assessment Procedure of Technology Level

3.2 기술수준 분류 체계

본 연구는 목적물 중심의 도로교통 R&D 추진체계를 반영하여 기술수준 결과 도출이 가능한 기술분류체계를 마련하는데 주안점

을 두었다. 이에 도로교통기술의 특성을 고려하여 학제적 분류를 지양하고 각 분야의 속성과 연구개발 목적을 고려하여 분야별 전문가의 자문과 협의를 통해 분류체계를 구축하여 활용하였다.

Table 1. Technology Classification Structure

Level 1	Level 2	Level 3
A. Pavements	A1. Concrete Pavements	A11. Standards Development of Pavement Performance
		A12. Rapid Road Pavement Construction and Maintenance
	A2. Asphalt Pavements	A21. Fiber-Reinforced Pavement Mixtures
		A22. Modular Carpet Slab Road System
		A23. FRA Composite Pavement Mixture and Structural Analysis
		A24. Functional Composite Pavement
		A25. Duplex Asphalt Faber
		A26. Warm-Mix Asphalt
		A27. Maintenance-Free Modular Road Pavements
	A3. Asphalt Materials	A31. Recycled Fiber-Based High-Performance Asphalt Mixtures
		A32. Paving Materials, Construction by Heavy Oil by Product Utilization
		A33. Cities Temperature Reduction-Type Road
		A34. Cement Concrete based on Ternary Blended Concrete Mixture
		A35. Development of Thermal Insulation Coating
		A36. Alkali-Activated Cement Concrete Pavement
		A37. High-performance Asphalt Mixture
	A4. Construction Quality Management	A41. Pavement Quality Test
		A42. Mechanical Pavement Design
	A5. Special Pavements	A51. Road Noise Modeling
A52. Road Surface Increases Skid Resistance		
A53. Porous Pavements Design & Construction		
B. Design	B1. Planning & Assessment	B11. Road Network Analysis of Considering the Lane
		B12. Road Capacity Calculation
		B13. Road Environmental Design, Landscape Design
	B2. Road Design	B21. Road Design Guidelines / Standards / Manual
		B22. Road Design Standards for Aging/Road Alignment Design
	B3. Traffic Calming	B31. Electronic Road Traffic Noise Reduction
B32. Active Noise Reduction		
C. Operation & Management	C1. Performance Assessment	C11. Pavement Performance Assessment
		C12. Road Congestion and Assessment
		C13. Road Safety and Assessment
	C2. Road Operation Improvement	C21. Road Traffic Volume Survey
		C22. Traffic Flow Induction
	C3. Advanced Road System	C31. Technology of Traffic Information Collection
		C32. Traffic Information Technology
		C33. Evaluation of Traffic Prediction Information
	C4. Road Facilities Management	C41. Road Pavement Management System
		C42. Road Infrastructure Information Collection Management
		C43. Road Maintenance and Asset Management

특히 본 연구에서 제시한 기술수준 분류체계는 기존에 수행된 연구와 향후 연구 로드맵을 고려하여 연구 수행 및 성과의 활용 극대화를 유도하고자 노력하였다. 본 연구를 위해 구축한 기술분류 체계는 Table 1과 같이 대분류 3개, 중분류 12개, 소분류 39개로 분류하여 활용하였다.

3.3 기술수준 조사

3.3.1 조사대상국

본 연구의 조사대상국은 특허 및 논문에 대한 조사와 상호 연계성을 확보하기 위하여 특허와 논문 조사의 범위에 맞추어 제한하였다. 이에 미국, 영국, 독일, 프랑스, 일본과 우리나라를 포함한 6개국을 선정하여 기술수준 및 경쟁력을 분석하였다.

3.3.2 조사범위

3.3.2.1 특허조사 범위

특허조사는 Table 2와 같이 도로교통 관련 39개 소분류 기술에 대하여 한국, 미국, 일본, 유럽의 4개국 특허청에 2001년 1월 1일 이후 출원된 공개, 공고/등록된 특허 중 6개국 출원인 국적(한국, 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국)을 분석대상으로 제한하였다. FOCUST 특허검색시스템의 데이터베이스를 이용하여 소분류별, 국가별 특허정보를 수집하고, 유효특허를 대상으로 분석 및 평가하였다.

3.3.2.2 논문조사 범위

논문조사는 Table 3과 같이 도로교통 관련 39개 소분류 기술에

Table 2. Patents Survey Scope

Items	Survey Scope
Technology Area	Transportation Fields (3 Major Classification, 12 Division, 39 Sub-Category)
Countries	6 Countries of KOR, USA, JPN, DEU, FRA, GBR
Data	Patents(Registration/Publicized on FOCUST DB)
Efficiency Period	2001.01.01 ~ 2013.12.31
Data Base	FOCUST DB(focust.wisdomain.net)

Table 3. Survey Scope

Items	Survey Scope
Technology Area	Transportation Fields (3 Major Classification, 12 Division, 39 Sub-Category)
Countries	6 Countries of KOR, USA, JPN, DEU, FRA, GBR
Data	Papers(Contributed on SCOPUS DB)
Efficiency Period	2001.01.01. ~ 2013.12.31.
Data Base	SCOPUS DB (www.scopus.com)

대하여 2001년 1월 1일 이후 게재된 논문 중 한국, 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국의 논문을 분석대상으로 하였다. SCOPUS 논문 검색시스템 데이터베이스를 이용하여 소분류별, 국가별 논문정보를 수집하고, 유효논문을 대상으로 분석 및 평가하였다.

3.4 기술수준 분석 및 평가

3.4.1 데이터 안정화 및 평가지표 표준화

소분류 항목을 기준으로 조사한 데이터의 수가 미국 10,000건, 한국 100건으로 각 국가 간 데이터 개수의 현저한 차이를 보일 때, 평가하고자 하는 지표는 변동성과 왜곡된 분포를 나타낼 가능성이 높다. 이에 본 연구는 Log-normal(Root Square Transformation 방법)을 통하여 Eq. (1)과 같은 방법으로 데이터의 안정성을 확보하였다.

$$Root\ Square\ Transformation = \chi^\lambda \quad (1)$$

$$\lambda = 0.5$$

또한, 복합지표 개발 시 지표들의 단위 값이 상이하므로 평가지표 간 표준화작업이 필수적이다. 이에 본 연구는 표준화 방법 중 가장 널리 사용되고 있는 Eq. (2)와 같은 Re-Scaling 방법(Nardo et al., 2005)을 활용하였다. Re-Scaling 방법은 지표의 범위에 기반한 표준화 방법으로 자료의 극값을 이용하여 표준화된 지표의 값을 0~1의 범위를 갖도록 만든다.

$$Re - Scaling = \frac{\chi_i - \chi_{min}}{\chi_{max} - \chi_{min}} \quad (2)$$

3.4.2 평가지표

본 연구의 평가지표는 다음 Table 4와 같이 양적지표인 활동도, 집중도와 질적지표인 시장력, 경쟁력, 영향력으로 각각 구분하였다.

Table 4. Technological Competitiveness Performance Index

Index	Patent Technological Competitiveness	Paper Technological Competitiveness
Quantitative Performance Index	Patent Activity Index(PAI)	Paper Activity Index(PAI)
	Patent Intensity Index(PII)	Paper Intensity Index(PII)
Qualitative Performance Index	Patent Market-power Index(PMI)	Paper Citation Index(PCI)
	Patent Strength Index(PSI)	
	Patent Citation Index(PCI)	

또한 특허기술경쟁력과 논문기술경쟁력을 평가하기 위한 개별적인 평가지표를 활용하였다.

3.4.2.1 특허기술경쟁력 평가지표

특허기술경쟁력을 평가하는 양적지표인 특허활동도는 해당국가의 특허청이 발행한 공개/등록 특허공보 수에 근거한 절대적 특허출원수를 나타내며, 특허집중도는 해당국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술 분야에 기술혁신 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공하는 지표로 Eqs. (3) and (4)로 평가한다.

$$Patent\ Activity\ Index_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} P_{ij}} \quad (3)$$

$$Patent\ Intensity\ Index_{ij} = \frac{(P_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} P_{ij} / \sum_{i=1}^{mt} \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})} \quad (4)$$

여기서, P_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 특허출원 수이며, nt 는 전체 국가 수, mt 는 전체 기술 수이다.

질적지표인 특허시장력은 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 국가 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단하며, 이를 특허시장력 지표로 활용한다. 특허경쟁력은 국가 간 특허출원에 가중치를 두기 위해 OECD에서 개발한 평가지표로서 EPO (European Patent Office), JPO (Japan Patent Office) 및 USPTO (United States Patents and Trademark Office)에 모두 출원된 특허출원건수를 통해 특허기술경쟁력을 판단한다. 특허활동도는 해당 특허가 향후에 발생하는 특허에 얼마나 응용되고 있는가를 파악하는 지표로 특허의 영향력을 측정, 피인용특허 정보가 있는 미국특허를 대상으로 하며, 각각의 지표는 Eqs. (5)~(7)로 평가한다.

$$Patent\ Marketpower\ Index_{ij} = \frac{(FP_{ij} / P_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} FP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})} \quad (5)$$

$$Patent\ Competitiveness\ Index_{ij} = \frac{TP_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} TP_{ij}} \quad (6)$$

$$Patent\ Strength\ Index_{ij} = \frac{(CP_{ij} / RP_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} RP_{ij})} \quad (7)$$

여기서, FP_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 패밀리특허국가수, TP_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 삼극특허 수, CP_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 특허 피인용수, RP_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 등록특허 수이다.

3.4.2.2 논문기술경쟁력 평가지표

논문기술경쟁력을 평가하는 양적지표인 논문활동도는 해당국가의 절대적인 논문 게재 건수를 나타내며, 논문집중도는 해당국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술 분야에 기술혁신 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공하는 지표로 Eqs. (8) and (9)로 평가한다.

$$Paper\ Activity\ Index_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} T_{ij}} \quad (8)$$

$$Paper\ Intensity\ Index_{ij} = \frac{(T_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} T_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} T_{ij} / \sum_{i=1}^{mt} \sum_{j=1}^{nt} T_{ij})} \quad (9)$$

여기서, T_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 논문 수, nt 는 전체 국가 수, mt 는 전체기술 수이다.

질적지표인 논문영향력은 해당국가 논문의 질적 수준을 다른 국가와 상대적으로 비교할 수 있는 정보를 제공하는 지표로 Eq. (10)으로 평가한다.

$$Paper\ Strength\ Index_{ij} = \frac{(CT_{ij} / T_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CT_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} T_{ij})} \quad (10)$$

여기서, CT_{ij} 는 i 기술에 대한 j 국가의 논문 피인용 수이다.

3.4.3 기술경쟁력 도출방법

특허기술경쟁력과 논문기술경쟁력 도출은 Eqs. (11) and (12)에 의해 도출하였다. 이를 위한 각 지표의 가중치는 한국건설기술연구원(KICT, 2013)에서 국토교통분야 전문가를 대상으로 수행한 설문조사시 계층분석(AHP)를 통해 산출한 평가지표별 가중치를 활용하였으며 각 가중치는 Table 5와 같다.

Patent Technological Competitiveness

$$\begin{aligned}
 &= (\alpha \times Patent\ Activity\ Index) + (\beta \times Patent\ Intensity\ Index) \\
 &+ (\gamma \times Patent\ Markerpower\ Index) \\
 &+ (\delta \times Patent\ Competitiveness\ Index) \\
 &+ (\epsilon \times Patent\ Strength\ Index)
 \end{aligned}$$

(11)

Paper Technological Competitiveness

$$\begin{aligned}
 &= (\alpha \times Paper\ Activity\ Index) + (\beta \times Paper\ Intensity\ Index) \\
 &+ (\gamma \times Paper\ Strength\ Index)
 \end{aligned}$$

(12)

여기서, $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ 는 해당 평가지표에 대한 가중치이다.

Table 5. Evaluation Indices' Weight

Patent Technological Competitiveness	Weight	Paper Technological Competitiveness	Weight
Patent Activity Index(PAI, α)	0.230	Paper Activity Index(PAI, α)	0.405
Patent Intensity Index(PII, β)	0.207	Paper Intensity Index(PII, β)	0.301
Patent Market-power Index(PMI, γ)	0.162	Paper Citation Index(PCI, γ)	0.294
Patent Strength Index(PSI, δ)	0.167		
Patent Citation Index(PCI, ϵ)	0.234		

4. 기술수준 분석결과

4.1 도로포장기술

도로포장기술의 특허기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 6과 같이 나타났다. 모든 분야에 대해서 미국이 상위권의 특허 경쟁력을 보여주는 최고 기술국으로 나타났으며, 일본과 한국이 그 다음 수준으로 나타났다. 특히 한국은 콘크리트 포장기술에서 최고 기술국으로 나타났으나, 아스팔트 재료 기술에서는 최하위로 나타나 각 기술별 편차가 있는 것으로 나타났다. 유럽국가인 프랑스, 영국, 독일은 중하위권으로 나타났다.

도로포장기술의 논문기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 7과 같다. 특수 기능성 포장기술분야를 제외한 모든

Table 6. Patent Technological Competitiveness of Pavement

Level		Patent Technological Competitiveness Ranking					
		1	2	3	4	5	6
A. Pavements	A1. Concrete Pavements	KOR 100%	USA 92.20%	FRA 44.70%	DEU 37.40%	JPN 32.00%	GBR 20.80%
	A2. Asphalt Pavements	JPN 100%	USA 96.00%	KOR 46.20%	FRA 35.80%	DEU 23.30%	GBR 5.90%
	A3. Asphalt Materials	USA 100%	JPN 87.20%	GBR 40.50%	DEU 33.30%	FRA 26.70%	KOR 9.80%
	A4. Construction Quality Management	USA 100%	KOR 96.40%	JPN 68.00%	GBR 36.90%	DEU 34.70%	FRA 21.00%
	A5. Special Pavements	USA 100%	JPN 89.10%	GBR 66.50%	KOR 46.70%	DEU 27.70%	FRA 21.60%

Table 7. Paper Technological Competitiveness of Pavement

Level		Paper Technological Competitiveness Ranking					
		1	2	3	4	5	6
A. Pavements	A1. Concrete Pavements	USA 100%	KOR 41.90%	FRA 28.00%	DEU 12.80%	JPN 8.40%	GBR 0.00%
	A2. Asphalt Pavements	USA 100%	FRA 49.40%	KOR 45.60%	JPN 36.60%	GBR 23.60%	DEU 10.80%
	A3. Asphalt Materials	USA 100%	JPN 65.40%	FRA 53.50%	KOR 45.00%	DEU 38.60%	GBR 25.90%
	A4. Construction Quality Management	USA 100%	GBR 62.70%	FRA 43.40%	KOR 38.80%	DEU 18.00%	JPN 8.60%
	A5. Special Pavements	DEU 100%	USA 80.80%	GBR 77.00%	JPN 54.70%	FRA 36.70%	KOR 0.20%

분야에서 미국이 최상위의 기술력을 가진 최고 기술국으로 나타났다. 한국은 전반적으로 중상위권의 논문기술경쟁력을 보이고 있으나 특수 기능성 포장기술분야는 최하위의 기술력으로 나타났다.

4.2 도로설계기술

도로설계기술의 특허기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 8과 같다. 모든 분야에 대해서 미국이 최상위의 기술력을 보여준다. 한국은 계획 및 평가기술 4위, 도로설계기술 3위, 교통정온화 설계기법 5위로 중하위권 수준의 기술력을 나타냈다. 일본의 경우 상위권의 도로설계기술을 제외한 다른 분야에서는 최하위를 기록했다. 유럽국가가 2-5위권을 형성하고 있다.

도로설계기술의 논문기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 9와 같다. 모든 분야에 대해서 미국이 최상위권의 기술을 나타내며 최고 기술국으로 나타났다. 한국은 도로설계기술과 교통정온화 설계기법에서 2위권의 기술력을 보였으나, 계획 및 평가기술은 하위권의 기술력으로 나타났다. 일본의 경우 3-5권의 기술수준을 보여주며, 독일은 도로설계기술과 교통정온화 설계기법에서 최하위로 나타나고 있다.

4.3 도로운영 및 관리기술

도로운영 및 관리기술의 특허기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 10과 같다. 미국은 도로시설관리 기술을

Table 8. Patent Technological Competitiveness of Design

Level		Patent Technological Competitiveness Ranking					
		1	2	3	4	5	6
B. Design	B1. Planning & Assessment	USA 100%	DEU 88.10%	FRA 54.00%	KOR 50.40%	GBR 30.60%	JPN 27.60%
	B2. Road Design	USA 100%	JPN 59.40%	KOR 42.10%	DEU 20.90%	FRA 10.10%	GBR 3.80%
	B3. Traffic Calming	USA 100%	GBR 60.30%	DEU 18.50%	FRA 10.30%	KOR 5.90%	JPN 2.30%

Table 9. Paper Technological Competitiveness of Design

Level		Paper Technological Competitiveness Ranking					
		1	2	3	4	5	6
B. Design	B1. Planning & Assessment	USA 100%	DEU 84.40%	GBR 84.00%	FRA 65.50%	JPN 48.30%	KOR 17.20%
	B2. Road Design	USA 100%	KOR 36.70%	FRA 28.80%	JPN 25.40%	GBR 20.80%	DEU 11.60%
	B3. Traffic Calming	USA 100%	KOR 56.20%	JPN 50.00%	GBR 40.80%	FRA 35.80%	DEU 11.30%

Table 10. Patent Technological Competitiveness of Operation & Management

Level		Patent Technological Competitiveness Ranking					
		1	2	3	4	5	6
C. Operation & Management	C1. Performance Assessment	USA 100%	FRA 40.50%	GBR 38.90%	KOR 32.70%	DEU 23.10%	JPN 13.80%
	C2. Road Operation Improvement	USA 100%	JPN 96.40%	GBR 63.70%	FRA 45.70%	DEU 40.60%	KOR 15.00%
	C3. Advanced Road System	USA 100%	JPN 80.20%	KOR 61.50%	DEU 25.20%	FRA 15.50%	GBR 14.70%
	C4. Road Facilities Management	KOR 100%	USA 81.40%	JPN 46.50%	FRA 38.20%	GBR 16.30%	DEU 7.20%

Table 11. Paper Technological Competitiveness of Operation & Management

Level		Paper Technological Competitiveness Ranking					
		1	2	3	4	5	6
C. Operation & Management	C1. Performance Assessment	USA 100%	GBR 67.20%	FRA 58.20%	DEU 39.30%	KOR 21.70%	JPN 21.10%
	C2. Road Operation Improvement	USA 100%	DEU 94.60%	JPN 45.40%	GBR 33.50%	KOR 28.20%	FRA 27.10%
	C3. Advanced Road System	USA 100%	DEU 70.50%	KOR 47.30%	FRA 40.80%	GBR 31.00%	JPN 27.80%
	C4. Road Facilities Management	USA 100%	GBR 75.40%	KOR 43.40%	DEU 33.90%	JPN 30.10%	FRA 28.80%

제외한 모든 분야에서 최상위의 기술력을 보여준다. 한국은 도로 시설관리 기술분야에서 최상위의 기술력으로 나타났으나 분야별로 편차가 크게 나타나고 있으며, 유럽국가가 전반적으로 하위권을 형성하고 있다.

도로운영 및 관리기술의 논문기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 11과 같이 나타났다. 모든 분야에서 미국이 최상위의 기술력을 보여주는 최고 기술국으로 나타났다. 한국은 전반적으로 3-5위권의 기술력을 나타내고 있으며, 독일과 영국이 2-5위권을 형성하고 있다. 반면, 일본과 프랑스는 4-6위의 기술력을 나타내고 있다.

5. 결론

본 연구는 도로교통분야 기술수준을 선진국과 비교하여 정확한 현재 기술 수준의 평가와 기술개발의 기초자료로 활용하기 위해 수행하였다. 이에 따라 본 연구는 도로교통분야의 주요 경쟁국 대비 우리나라의 기술수준 및 기술경쟁력을 분석·제시함으로써 국토교통 R&D의 전략적 방향을 모색하고 정책입안자 및 관련 분야 연구자들의 기술정책 수립, 신규과제 발굴 및 기획 등의 수요에 대응할 수 있는 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 수행하였다.

도로교통분야 기술수준분석 결과 미국이 모든 기술분야에서 최상의 특허 및 논문기술경쟁력을 보유한 것으로 나타났다. 우리나라의 경우 도로포장기술의 특허기술경쟁력은 콘크리트 포장기술에서 최고 기술국으로 나타났으나, 아스팔트 재료 기술에서는 최하위로 나타나 각 기술별 편차가 있는 것으로 나타났다. 논문기술경쟁력은 전반적으로 중상위권의 기술경쟁력을 보이고 있으나 특수 기능성 포장기술분야는 최하위의 기술력으로 나타났다. 도로설계기술의 특허기술경쟁력 중하위권 수준의 기술력을 나타냈으며, 논문기술경쟁력은 도로설계기술과 교통정온화 설계기법에서 상위권의 기술력을 보였으나, 계획 및 평가기술은 하위권의 기술력을 보이고

있다. 도로운영 및 관리기술의 특허기술경쟁력은 도로 시설관리 기술분야에서 최상위의 기술력으로 나타났으나 분야별로 편차가 크게 나타나고 있으며, 논문기술경쟁력은 전반적으로 중하위권의 기술경쟁력을 보였다.

본 연구결과는 향후 각종 도로교통분야 기술개발 및 진흥 관련 계획수립 시 기초자료로서 활용될 수 있으며, 이에 따라 다양한 기획 및 계획수립단계에서 논리적으로 기술수준이 도출된 배경에 대한 이해의 폭을 넓히고 피드백을 통해 차기 연구에 본 연구의 한계를 개선해나갈 수 있는 노력이 필요하다고 판단된다.

본 논문에 나타난 결과로 볼 때 대상국가의 도로교통분야와 관련된 건설 기술력의 차이는 국가의 경제력에 영향을 받을 수 있다고 판단된다. 즉, 관련 연구 인프라와 연구지원이 풍부한 국가일 수록 해당 기술개발 결과물이 많이 도출될 수 있다. 따라서 향후 연구 시에는 국가의 경제력을 고려한 상대적 기술력과 현재의 절대적 기술력을 동시에 평가하는 것이 필요하리라 생각한다. 그리고 이번 연구에서 주요 경쟁 대상국을 특허 및 논문조사결과와 상호 연계를 고려하여 6개국으로 제한하였으나, 이 외의 국가들에 대한 비교평가를 고려할 필요가 있다. 또한 특허 및 논문 조사 시 영문을 기준으로 함으로써 해당국가 언어로 작성된 논문과 특허의 누락에 대한 보정을 향후 연구에서 고려하여야 할 것이다.

References

Go, H. S., Jeon, S. B., Park, G. J., Park, Y. S. and Hong, H. E. (2011). *Understanding and practice of defense technology level survey*, Hyungseul Publishing Network (in Korean).

Han, M. K., Kim, B. S., Pyu, J. Y. and Byeon, S. C. (2010). "Technology level evaluation based on technology growth model and its implication - In Case of Biochip and Biosensor Technology." *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Korea Technology Innovation Society, Vol. 13, No. 2, pp. 252-281.

Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA)

- (2013). *2013 Infrastructure technology level evaluation report* (in Korean).
- Korea Electric Power Corporation (KEPCO) (1998). *Study on the technology level assessment technique developed* (in Korean).
- Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) (2011). *2011 Korea IT technological competitiveness analysis reports for using scientometric (papers and patents)* (in Korean).
- Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) (2013). *Industrial technology level evaluation* (in Korean).
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) (2013). *National contribution of construction industry and technology level of main infrastructure in Korea*, KICT 2013-279 (in Korean).
- Lee, D., Hong, S. and Kim, Y. (2014). "Domestic and overseas research trend analysis for technology level evaluation and assessment." *iCROS, Institute of Control, Robotics and Systems*, Korea, Vol. 20, No. 1, pp. 24-27 (in Korean).
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A. and Taranta, S. (2005). *Tools for composite indicators building*, EUR 21682EN, Institute for the Protection and Security of the Citizen, JRC Ispra, Italy
- RAND Corporation (2008). *U.S. competitiveness in science and technology*, RAND Corporation, Santa Monica, California.
- Yumiko, K., Ayaka, S., Masatsura, I. and Hiroyuki, T. (2012). *Science and technology indicators 2011*, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), Japan.