

특허지표를 활용한 녹색기술 국가경쟁력 분석 - 위상기반 특허 경쟁력 지표의 개발 및 적용 -

주시형* · 여운동**

I. 연구의 배경

최근 녹색성장은 우리나라를 비롯한 여러 선진 국가들에서 지구온난화 및 기후변화, 화석연료의 고갈과 같은 직면한 환경 및 에너지 문제에 대응하고 새로운 국가 성장 동력을 발굴하기 위한 가장 핵심적인 전략으로 자리 잡고 있다.

녹색성장은 환경과 경제가 상충된다는 기존의 고정관념에서 탈피하여, 양자의 시너지를 극대화함으로써 경제와 환경간의 선순환 구조를 창출하고자 하는 국가발전 전략으로, 에너지와 자원의 절약 및 효율적 사용을 통해 당면한 환경 및 에너지 문제에 대응할 뿐만 아니라 청정에너지 기술 등 녹색기술에 대한 연구개발을 통한 신성장동력 확보 및 새로운 일자리 창출을 통해 경제와 환경이 조화를 이루는 성장을 목표로 하고 있다.

녹색성장의 핵심은 녹색기술에 기반한 녹색산업의 육성에 있으며, 이를 위해서는 녹색기술에 대한 국가경쟁력 확보가 필수적이다. 선진국들이 이미 녹색기술 분야에서 기술을 선점하고 경쟁우위를 보유하고 있는 가운데 우리나라가 녹색기술 경쟁력 창출을 위해서는 다양한 녹색기술 분야에서의 국가별 기술경쟁력 현황에 대한 면밀한 분석을 통한 선택과 집중이 요구된다. 이에 본 연구는 주요국에 대한 녹색기술 경쟁력 분석을 통해 녹색기술 경쟁력 확보를 위한 기술 전략 및 정책 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 녹색기술의 개념과 녹색기술의 분류에 대한 선행연구를 검토하고, 다음으로 3장에서는 녹색기술경쟁력 분석을 위해 특허 정보를 활용한 기술경쟁력 측정에 대한 선행연구들을 검토한다. 4장에서는 기존 경쟁력 지표의 한계점을 보완하기 위한 특허기반 경쟁력 지표를 제안하고, 5장에서는 유럽 특허청에 등록된 특허 데이터를 바탕으로 개발한 지표를 적용한 녹색기술 기술경쟁력 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 6장에서는 본 연구의 내용을 요약, 정리하여 제시한다.

II. 녹색기술의 개념 및 분류

1. 녹색기술의 개념

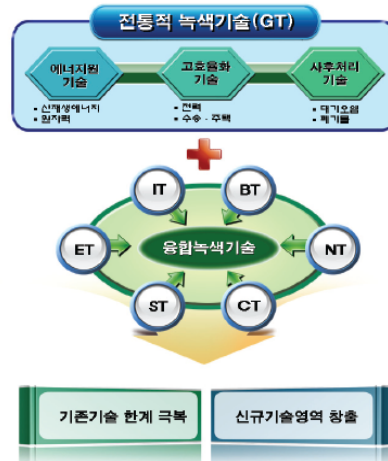
녹색기술(Green Technology)은 전통적으로 재생에너지, 청정에너지 등 환경 친화적인 자원을 활용하는 기술을 의미했으나, 최근에는 전통적인 녹색기술이 정보기술(Information Technology), 생명공학기술(Biology Technology), 나노기술(Nano Technology) 등과 융합된 융합녹색기술로까지 개념이 확대되어 사용되고 있다(과학기술정책연구원, 2010).

녹색기술과 유사한 개념으로 친환경기술(Eco-friendly Technology) 혹은 Environment-related

* 주시형, 전남대학교 공과대학 산업공학과 조교수, 062-530-1787, innovation@jnu.ac.kr

** 여운동, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6017, wdyeo@kisti.re.kr

Technology)이 사용되고 있는데, 친환경기술은 오염 관리 및 저감과 관련된 기술, 자원을 절약하는 상품 및 서비스와 관련된 기술, 그리고 자원의 효율적 관리와 관련된 기술 등을 의미하고 (European Commission, 2004), 최근에는 오염, 자원의 사용 및 환경의 질 측정과 관련된 기술 및 녹색 에너지 기술로 그 영역이 확대되고 있다(Kemp and Person, 2008).



(그림 1) 녹색기술의 개념

자료: 국가과학기술위원회·미래기획위원회, 『녹색기술 연구개발 종합대책(안)』, 2009

2. 녹색기술의 분류

1) 국가과학기술위원회의 녹색기술 분류

국가과학기술위원회와 미래기획위원회는 『녹색기술 연구개발 종합대책(안)』을 통해 녹색기술 분류를 제안하였다. 녹색기술의 범위는 환경변화 예측, 생산요소의 투입·산출, 산업경제 활동 분야를 포함하였으며, 국가 차원의 중점육성기술, 각 부처별 녹색성장 관련 추진 기술 및 기술예측결과 등을 종합적으로 고려하여, 경제성장과 환경지속성에 직접적 영향을 미치는 영역으로 설정되었다. 구체적으로 녹색기술 연구개발 영역을 (1) 예측기술, (2) 에너지원 기술, (3) 고효율화 기술, (4) 사후처리 기술, (5) 무공해 산업경제(지식기반) 기술의 5개 영역으로 분류하고 있다.

2) OECD의 Environment-related Technologies 분류

OECD의 Environment-related Technologies(ENV-TECH) 분류는 OECD의 환경 정책 및 기술혁신 프로젝트(Project on Environmental Policy and Technological Innovation)의 일환으로 기후변화 완화와 관련된 다양한 영역의 환경기술에 대한 특허 정보를 활용하여 환경 관련 혁신을 측정하기 위해 구축되었다. OECD는 ENV-TECH 분류를 구축하기위해 UNECE(United Nations Economic Commission for Europe)의 환경 보호 활동 분류(Eurostat Classification of Environmental Protection Activities), UNEP(United Nations Environment Programme)의 Agenda 21, UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)의 ESTs(Environmentally Sound Technologis) 등을 포함한 다양한 환경기술에 대한 국제적 정의 및 분류를 검토하고, 관련된 학술 연구에 대한 리뷰를 통해 녹색기술 분류를 구축하고, 이와 관련된 구체적인 특허 기술분류를 각 녹색 기술 분류에 연계하였다.

<표 2> OECD의 녹색기술 분류

코드	대분류	중분류	소분류
A	General Environmental Management	Air pollution abatement	
		Water pollution abatement	
		Waste management	
		Waste management	Waste management
			Solid waste collection
			Material recycling
			Fertilizers from waste
			Incineration and energy recovery
			Landfilling
Soil remediation			
Environmental monitoring			
B	Energy generation from renewable and non-fossil sources	Renewable energy generation	
		Renewable energy generation	Wind energy
			Solar thermal energy
			Solar photovoltaic (PV) energy
			Solar thermal-PV hybrids
			Geothermal energy
			Marine energy (excluding tidal)
			Hydro energy – tidal, stream or damless
			Hydro energy – conventional
		Energy generation from fuels of non-fossil origin	
		Energy generation from fuels of non-fossil origin	Biofuels
Fuel from waste (e.g. methane)			
C	Combustion technologies with mitigation potential	Technologies for improved output efficiency	
		Technologies for improved output efficiency	Heat utilisation in combustion or incineration of waste
			Combined heat and power (CHP)
			Combined cycles
Technologies for improved input efficiency			
D	Technologies specific to climate change mitigation	Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases	
		Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases	CO2 capture and storage (CCS)
			Capture and disposal of greenhouse gases other than carbon dioxide
E	Technologies with potential or indirect contribution to emissions mitigation	Energy storage	
		Hydrogen production, distribution, and storage	
		Fuel cells	
F	Emissions abatement and fuel efficiency in transportation	Technologies specific to propulsion using internal combustion engine	
		Technologies specific to propulsion using internal combustion engine	Integrated emissions control
			Post-combustion emissions control
		Technologies specific to propulsion using electric motor	
		Technologies specific to hybrid propulsion	
Fuel efficiency-improving vehicle design			
G	Energy efficiency in buildings and lighting	Insulation	
		Heating	
		Lighting	

이렇게 구축된 OECD의 ENV-TECH 분류는 유럽 특허청이 주축이 되어 구축한 PATSTAT(Worldwide Patent Statistical Database) 자료에 적용되어 OECD의 녹색 혁신과 관련된 다양한 국제 특허 통계의 작성과 정책 연구에 활발하게 활용되고 있다.

OECD의 ENV-TECH은 녹색 기술을 다음의 <표 2>와 같이 (A) 환경관리기술, (B) 신재생에너지기술, (C) 배출완화 연소기술, (D)기후변화완화기술, (E) 배출가스저감 기술, (F)배출가스 저감 및 고효율화 교통기술 (G)고효율 건설/조명기술의 7개 대분류, 20개 소분류, 36개 세분류로 구분되어 있다.*

III. 선행연구

1. 기술력(Technology Strength) 지수

CHI Research가 개발한 기술력 지수(TS: Technology Strength)는 특정한 국가 혹은 기관(기업)의 기술적 역량을 분석하기 위해 가장 자주 사용되는 지표이다. 기술력 지수는 분석 대상이 출원한 특허의 양적 측면(출원 건수)과 질적 측면(특허의 영향력)을 고려하여 기술적 역량을 측정한다.

$$TS_{it} = N_{it} \times CII_{it}$$

i: 분석 대상(국가 혹은 기업), t: 분석 시점
 TS_{it}: t년도 분석 대상 i의 기술력 지수
 N_{it}: t년도 분석 대상 i의 특허 출원 건수
 CII_{it}: t년도 분석 대상 i의 현재 영향력 지수

$$CII_{it} = \frac{\sum_{j=1}^5 (r_{i,t-j})}{\sum_{j=1}^5 (R_{t-j})} = \frac{\sum_{j=1}^5 (\frac{c_{i,t-j}}{n_{i,t-j}})}{\sum_{j=1}^5 (\frac{C_{t-j}}{N_{t-j}})}$$

i: 분석 대상(국가 혹은 기업), t: 분석 시점
 r_{i,t-j}: i의 t-j 연도 특허가 t 연도에 평균적으로 인용된 회수
 R_{i,t-j}: t-j 연도의 전체 특허가 t 연도에 평균적으로 인용된 회수
 c_{i,t-j}: i의 t-j 연도의 특허가 t 연도에 인용된 전체 회수
 n_{i,t-j}: i의 t-j 연도의 특허 건수
 C_{i,t-j}: t-j 연도의 전체 특허가 t 연도에 인용된 전체 회수
 N_{i,t-j}: i의 t-j 연도의 전체 특허 건수

기술력 지수는 분석 대상이 분석 대상 연도에 출원한 특허 건수와 영향력 지수를 바탕으로 기술력을 측정하고 있기 때문에, 분석 시점에 따라 분석 대상의 기술력이 매우 민감하게 변할 수 있다. 다시 말해, 기술력 지수가 분석 대상이 과거에 출원한 특허의 규모를 고려하지 않고, 분석 대상 연도 한 해의 특허 출원 건수만을 고려하며, 영향력 지수를 통해 과거 5년 동안 분석대상이 출원한 특허의 피인용 정보를 누적적으로 활용하는 것이 아니라, 과거 5년 동안 분석대상이 출원한 특허가 분석 대상 연도에 인용된 정보만을 활용하기 때문에, 분석 시점에 따라 매우 민감하게 변할 수 있다. 또한, 분석 대상이 출원한 특허가 분석 시점 이전에 인용되는 경우, 혹은 출원 이후 5년 이상 되어 인용되기 시작하여 오랜 기간 동안 지속적으로 인용되는 경우에는 영향력 지수를 통해 기술력 지수를 측정하는데 충분히 고려해 주지 못하는 한계점을 갖고 있다.

* 각 녹색기술 분류에 해당하는 구체적인 특허 기술분류는 <http://www.oecd.org/dataoecd/4/14/47917636.pdf>에 제시되어 있다.

2. 핵심 기술력(Essential Technology Strength) 지수

Chen et al.(2007)은 기존의 기술력 지수가 갖고 있는 한계점을 일부 보완하기 위해 핵심 기술력 지수(ETS: Essential Technology Strength)를 제안하였다. 핵심 기술력 지수는 분석 대상의 특허의 질적 측면을 추가적으로 고려해주기 위해 분석 대상의 특허를 인용한 주체와 분석 대상의 특허가 인용된 시점에 대한 정보를 활용하고 있다. 구체적으로는 더 중요한 인용 주체로부터 인용된 특허일수록 그리고 출원 이후 이른 시기에 활발히 인용될수록 더 높은 질을 갖고 있는 것으로 판단하고 있다. 핵심 기술력 지수는 다음과 같이 측정한다.

$$ETS_{it} = N_{it} \times EPI_{it} \times CII_{it}$$

i: 분석 대상(국가 혹은 기업), t: 분석 시점
 ETS_{it}: t년도 분석 대상 i의 핵심 기술력 지수
 N_{it}: t년도 분석 대상 i의 특허 출원 건수
 EPI_{it}: t년도 분석 대상 i의 핵심 특허 지수
 CII_{it}: t년도 분석 대상 i의 영향력 지수

핵심 기술력 지수를 측정하기 위한 핵심 특허 지수(EPI: Essential Patent Index)를 측정하는 방법은 다음과 같다. 먼저 분석 대상의 특허의 질적 측면을 측정하기 위해 다음과 같이 G_s(Essential Integration)을 구축한다.

$$G_s = \sum_{q=0}^{q_{\max}} (W_{z,q} \times e_{s,z,q}) \times \Psi_s$$

$$W_{z,q} = \frac{(E_{z,q})^{-1}}{\sum_{q=0}^{Q_z} (E_{z,q})^{-1}}$$

$$\Psi_s = \prod_{a=1}^{A_s} (\Psi_{a,s})^{n_{a,s}}$$

s : 특허, G_s : 특허 s의 질을 판단하기 위한 Essential Integration

E_{z,q} : z 연도에 출원되어 z+q년도에 인용된 전체 특허의 수

e_{s,z,q} : (z년도에 출원된) 특허 s가 z+q년도에 인용된 횟수

Ψ_s : 특허 s의 인용 주체에 따른 질적 가중치

Ψ_{a,s} : 특허 s를 인용한 인용 주체 s의 중요도

A_s : 특허 s를 인용한 인용 주체 수

n_{a,s} : 인용 주체 a가 특허 s를 인용한 횟수

다음으로 G_s 를 기준으로 일정 비율(예, 25%)의 상위 특허를 핵심 특허(essential patent)로 판단하여 분석 대상별로 몇 건의 핵심 특허를 갖고 있는지 핵심 특허 수(Essential Patent Number)를 추정한다. 이를 바탕으로 최종적으로 다음과 같이 핵심 특허 지수(EPI: Essential Patent Index)를 추정한다.

$$EPI_{it} = \frac{EPN_{it} \times N_{it}}{0.25}$$

핵심 특허 지수는 기존의 기술력 지수가 갖고 있는 한계점을 일부 보완하고 있으나, 혹은 출원 이후 상당 기간이 지나 인용되기 시작하여 오랜 기간 동안 지속적으로 인용되는 경우에는 핵심 특허 지수를 통해 핵심 기술력 지수에 반영하는데 한계점을 갖고 있다.

IV. 위상기반 특허 경쟁력 지표

1. 위상기반 특허 경쟁력 지표의 개념

기술력 지수 및 핵심 기술력 지수를 활용한 국가의 기술경쟁력 측정에 있어서의 한계점을 보완하기 위해 본 연구에서는 특허 인용 네트워크에서 특허가 차지하고 있는 위상을 기반으로 특허의 질적 측면을 측정하여 기존의 기술력 지수를 보완한 핵심 기술 경쟁력 지수(Essential Technology Competitiveness Index)를 제안한다.

핵심 기술 경쟁력 지수는 분석 대상의 특허의 질적 측면을 추가적으로 고려해주기 위해 분석 대상의 특허가 특허 인용 네트워크에서 차지하고 있는 위상에 대한 정보를 활용한다. 구체적으로 분석 대상 특허를 인용한 특허가 분석 대상 특허가 인용한 특허를 직간접적으로 더 적게 인용할수록, 그리고 분석 대상 특허를 인용한 특허가 분석 대상 특허를 인용한 다른 특허를 더 적게 인용할수록 분석 대상 특허가 더 높은 질을 갖고 있는 것으로 판단한다.

이는 사회연결망 분석(social network analysis)의 구조적 공백(structural hole) 개념에 기반하고 있는데(Burt, 1992), 구조적 공백이란 네트워크 상에서 서로 직접적으로 연결되지 않은 행위자들을 연결해주는 위치로, 행위자들 사이의 정보, 지식, 자원 획득에 있어 핵심적인 위치에 놓여있기 때문에 이 위치를 차지하는 것이 경쟁우위의 원천으로 작용할 수 있게 된다.

이와 유사하게 특허의 인용 네트워크 상에서도 서로 인용, 피인용 관계에 있지 않은 특허들을 인용 관계로 연결해 주는 위치에 어떤 특허가 위치하고 있다면, 이들 특허 사이의 정보 및 지식의 유통에 있어서 핵심적인 위치에 놓여 있기 때문에 핵심적인 특허로 작용할 가능성이 있다. Wang et al.(2010)는 기술의 도입기에 특허 인용 네트워크 상에서 구조적 공백의 위치에 있는 특허가 그렇지 않은 특허와 비교하여 오랜 기간 동안 권리가 유지되는 등 질적 측면에서 우월함을 확인하였다.

사회 연결망 분석에서 구조적 공백은 중개자 역할(brokerage)과 제한(closure)의 두 가지 기준으로 파악을 할 수 있다. 중개자의 역할이란 얼마나 많은 정보나 지식이 분석 대상 특허를 통해 유통되는지를 나타내고, 제한은 정보나 지식의 유통에 있어 다른 특허로 인해 분석 대상 특허가 얼마나 많이 제한 받는지를 반영한다. 중개자의 역할은 매개 중심도(betweenness centrality)로 측정할 수 있고, 제한(closure)은 개인 중심적 네트워크의 밀도(Egocentric Density)로 측정할 수 있다.

2. 위상기반 특허 경쟁력 지표 구축 방법

(1) 개별 특허의 위상적 핵심성

먼저 개별 특허의 위상적 핵심성(Topological Essentiality of a Patent)은 특허 별로 측정된 매개 중심도와 네트워크 밀도 바탕으로 다음과 같이 정의한다.

$$TE_s = \sqrt{\frac{(Betweenness\ Centrality_s)^2 + (1 - Density_s)^2}{2}}$$

TE_s : 특허 s의 위상적 핵심성

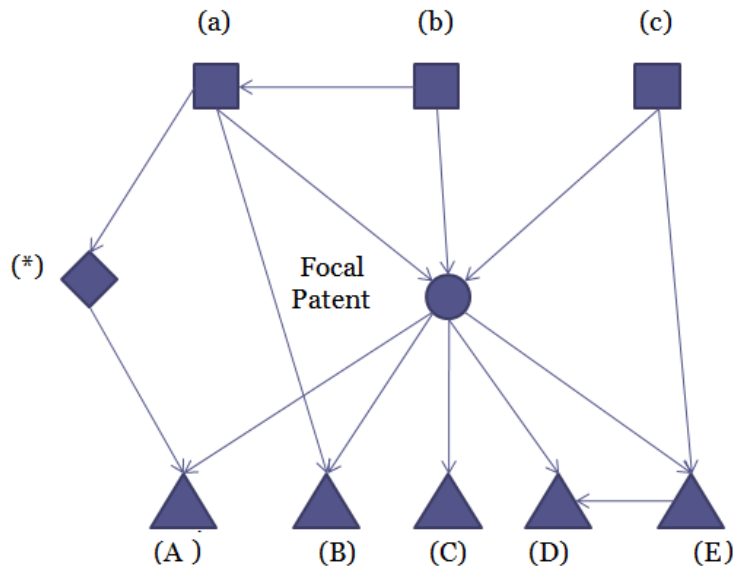
$Betweenness\ Centrality_s$: 특허 s의 매개 중심도

$Egocentric\ Density_s$: 특허 s의 네트워크 밀도

① 매개 중심도 측정

매개 중심도란 분석 대상 특허가 분석 대상 특허가 인용한 특허로부터 분석 대상 특허를 인용한 특허로의 최단 경로 상에 분석 대상 특허가 위치하는 정도를 의미한다.

본 연구에서는 매개 중심도를 아래 (그림 2)와 같이 (i) 분석 대상 특허가 인용한 특허(그림 2의 (a)~(c)), (ii) 분석 대상 특허를 인용한 특허(그림 2의 (A)~(E)), 그리고 (iii) 분석 대상 특허가 인용한 특허를 인용하고, 분석 대상 특허를 인용한 특허가 인용한 특허(그림 2의 (*))로 특허 인용 네트워크를 구축하고, 이 네트워크 내에서의 분석 대상 특허의 매개 중심도를 측정하였다.*



(그림 2) 매개 중심도의 측정 예

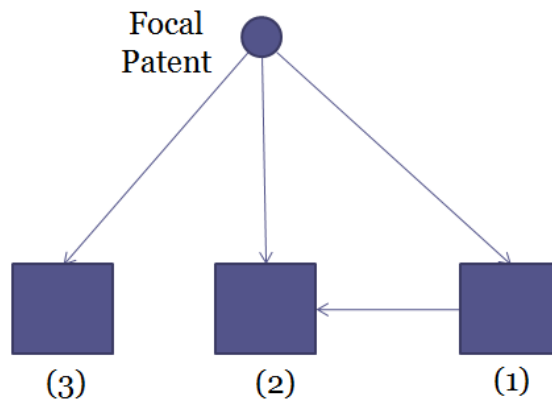
(그림 2)의 사례를 중심으로 설명하면, (i)과 (ii) 사이의 총 경로 수는 15개가 되는데, (a)에서 (B)로의 최단 경로에는 분석 대상 특허가 위치하지 않고 있고, (b)에서 (C)로의 최단 경로는 분석

* 매개 중심도를 측정하기 위해서는 전체 특허의 인용 네트워크의 정보를 활용하여 측정해야 하나, 실증적으로 측정에 있어서 어려움이 따르기 때문에 이를 간소화하여 측정하였음.

대상 특허를 통하는 경로이고, (a)에서 (A)로의 최단 경로는 분석 대상 특허를 통하는 경로와 (*)를 통하는 경로 두 가지 경우가 있다. 최단 경로에 위치하지 않는 경우 0, 유일한 최단 경로에 위치하는 경우 1, 다수의 최단 경로 중 하나에 위치하는 경우 1/(최단 경로 수)로 최단 경로 상에 분석 대상 특허가 위치하는 정도를 측정할 값을 합산하여 전체 최단 경로 수로 나눈 값으로 매개 중심도를 측정한다.

② 네트워크 밀도 측정

특허의 네트워크 밀도는 개인 중심적 네트워크 밀도(ego-centric network density)로 측정하였다. 개인 중심적 네트워크의 밀도는 분석 대상 특허를 인용한 특허들 사이의 인용관계를 바탕으로 측정한다. (그림 3)과 같이 분석 대상 특허를 인용한 특허가 3건 있을 경우에, 이들 사이에 가능한 전체 인용 관계는 6개 이다. 사례에서 분석 대상 특허와의 인용관계를 제외한 인용 특허들 간의 인용 건수는 1개 인데, 개인 중심적 네트워크의 밀도는 이를 가능한 전체 인용 관계로 나누어 준 값(=1/6)으로 측정하게 된다.



(그림 3) 개인 중심적 네트워크의 밀도 측정 예

(2) 국가의 위상적 핵심성 측정

이와 같이 측정한 개별 특허의 위상적 핵심성을 바탕으로 국가i가 갖고 있는 전체 특허의 위상적 핵심성 지수(TEI_{it})는 다음과 같이 측정할 수 있다.

$$TEI_{it} = \frac{\frac{TE_i^p}{M_i}}{\frac{TE_a^p}{M_a}}$$

TE_i^p : t-5년부터 t-1년까지 국가 i 특허의 위상적 핵심성 합

M_i : t-5년부터 t-1년까지 국가 i 특허 출원 건수

TE_a^p : t-5년부터 t-1년까지 모든 국가 특허의 위상적 핵심성 합

M_a : t-5년부터 t-1년까지 모든 국가 특허 출원 건수

(3) 국가의 위상기반 특허 경쟁력 측정

국가의 위상적 핵심성 지수를 바탕으로 국가의 위상기반 특허 경쟁력은 다음과 같이 측정한다.

$$ETC_{it} = N_{it} \times TEI_{it} \times CII_{it}$$

i: 분석 대상 국가, t: 분석 시점

ETC_{it}: t년도 분석 대상 i의 위상기반 특허 경쟁력 지수

N_{it}: t년도 분석 대상 i의 특허 출원 건수

TEI_{it}: t년도 분석 대상 i의 위상적 핵심성 지수

CII_{it}: t년도 분석 대상 i의 영향력 지수

V. 실증분석

1. 실증분석 개요

(1) 데이터

본 연구에서는 국가의 녹색기술 경쟁력 측정을 위해서는 유럽 특허청(European Patent Office)에 출원된 특허와 그 인용 정보를 활용하였다.*

(2) 녹색 기술 특허 분류

특허 정보를 기반으로 한 경쟁력 분석 결과는 실증분석에 활용한 기술 분류 및 범위에 따라 크게 달라질 수 있기 때문에, 기술의 분류 및 범위에 있어서 객관성을 확보할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 국제적으로 통용되는 대표적인 녹색 기술 분류인 OECD의 ENV-TECH (Environment-related Technologies) 분류를 활용하였다.

(3) 분석 시점

분석 결과의 시의성을 높이기 위해서는 가장 최근 시점의 기술 경쟁력을 분석하는 것이 바람직하나, 출원 이후 일정 기간이 지난 후 공개되는 특허제도의 특징으로 인해 발생하는 특허 정보가 갖고 있는 한계로 인하여 특허 정보를 기반으로 한 경쟁력 분석에 있어서는 가장 최근 시점의 경쟁력을 분석하는 것이 어렵다. 이러한 특허 정보가 갖고 있는 문제점을 최소화하면서 가장 최근의 경쟁력을 측정하기 위해 본 연구에서는 특허의 출원년도 기준으로 2008년을 기준으로 녹색기술 경쟁력을 분석하였다.**

* 미국 특허청, 일본 특허청 등에 출원된 특허, 혹은 특허 패밀리 정보를 활용하지 않고 유럽 특허청에 출원된 특허 정보를 활용한 이유는 본 연구에서 활용하고 있는 OECD의 녹색기술 특허 분류 기준이 (B) 신재생에너지기술, (C) 배출완화 연소기술, (D)기후변화완화기술, (E) 배출가스저감 기술의 4개 녹색기술 영역에 대해 대다수의 특허청이 특허를 분류하고 있는 기준인 IPC(Intellectual Property Classification)가 아닌 유럽 특허청에서만 활용하고 있는 ECLA(European Classification)를 활용하고 있어, 다른 국가의 특허 정보를 활용할 경우 이들 녹색기술 특허에 대한 경쟁력 비교가 불가능하기 때문이다.

** 2008년 기준의 녹색기술 경쟁력을 분석을 위한 Topological Essentiality Index와 Current Impact Index를 구축하기 위해 2003년부터 2008년까지의 녹색기술 특허 정보와 2003년 이후의 PATSTAT이 제공하고 있

(4) 분석 대상 국가

본 연구에서는 <표 3>과 같이 2008년 유럽특허청에 녹색기술 특허 출원에 있어서 상위 20개 국가를 분석 대상 국가로 선정하였다.*

<표 3> 분석 대상 국가

국가명	코드	국가명	코드	국가명	코드	국가명	코드
일본	JP	영국	GB	오스트리아	AT	대만	TW
미국	US	네덜란드	NL	스페인	ES	호주	AU
독일	DE	이탈리아	IT	캐나다	CA	중국	CN
프랑스	FR	스위스	CH	벨기에	BE	노르웨이	NO
한국	KR	덴마크	DK	스웨덴	SE	핀란드	FI

2. 분석 결과

(1) 국가별 녹색기술 특허 현황

<표 4>는 2008년 유럽 특허청에 출원된 국가별 녹색기술 특허건수를 보여주고 있다.

<표 4> 국가별 녹색기술 특허 현황

순위	국가명	코드	특허수	순위	국가명	코드	특허수
1	일본	JP	1601	11	오스트리아	AT	97
2	미국	US	1395	12	스페인	ES	84
3	독일	DE	1340	13	캐나다	CA	73
4	프랑스	FR	437	14	벨기에	BE	66
5	한국	KR	249	15	스웨덴	SE	66
6	영국	GB	198	16	대만	TW	63
7	네덜란드	NL	191	17	호주	AU	62
8	이탈리아	IT	189	18	중국	CN	45
9	스위스	CH	156	19	노르웨이	NO	45
10	덴마크	DK	133	20	핀란드	FI	40

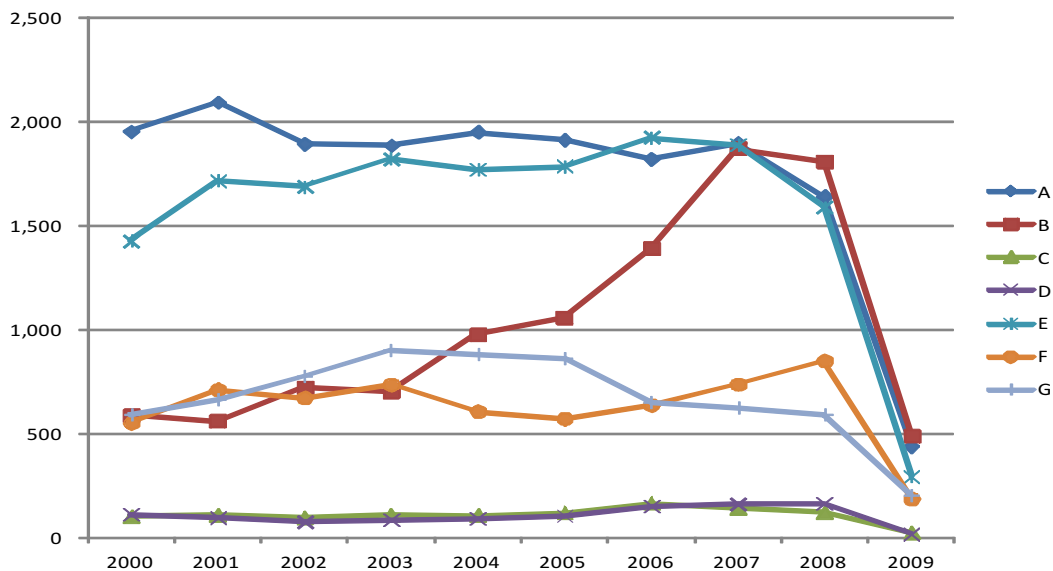
는 특허간 인용정보 또한 함께 활용하였다.

* 이들 20개 국가는 2003년부터 2005년까지의 기간에 있어서도 일부 순위의 변동은 있으나 지속적으로 녹색기술 특허 출원에 있어 상위 20개국을 차지하고 있다.

일본(1,601건, 23.6%), 미국(1,395건, 20.6%), 독일(1,340건, 19.7%)의 녹색기술 특허 출원 상위 3개국이 전체 녹색기술 특허 출원의 65%를 출원하고 있으며, 한국은 249건(3.7%)의 녹색기술 특허를 출원하여 특허 출원 건수 측면에서 세계 5위를 차지하고 있으나, 상위 3개국의 특허 출원 건수와 비교하면 15~20% 정도의 수준으로 특허 출원의 양적 측면에서 큰 차이를 보이고 있다.

(2) 기술분야별 녹색기술 특허 현황

(그림 4)는 기술분야별 녹색기술 특허의 추이를 보여주고 있다. 기술분야별로 녹색기술 특허에서 차지하는 비중은 큰 차이를 보이는데, A(환경관리기술)분야와 E(배출가스저감기술)분야가 2000년대 초 부터 높은 비중을 차지하고 있고, B(신재생에너지기술)분야의 경우 최근 급속한 성장을 하고 있음을 확인할 수 있다. C(배출완화 연소기술)분야 및 D(기후변화완화기술)분야의 경우 타 분야와 비교하여 상대적으로 낮은 특허 출원 비중을 차지하고 있다.



(그림 4) 기술분야별 녹색기술 특허 현황

(3) 국가별 기술분야별 녹색기술 특허수 및 영향력

<표 5>는 국가별 기술분야별 특허 수 및 영향력을 보여주고 있다.

특허 수 측면에서, 우리나라는 E(배출가스 저감기술)분야에서 4위, G(고효율 건설/조명기술)분야에서 5위, A(배출완화 연소기술)분야에서 9위를 차지하고 있으며, 다른 기술분야에서는 10위권 밖에 위치해 기술 분야별로 특허 순위에 큰 차이를 보이고 있다. 녹색기술 전체 특허출원에서 1위에서 4위를 차지하고 있는 일본, 미국, 독일, 프랑스와 기술분야별 순위를 비교하여 보면, 일본이 C(배출완화 연소기술)분야에서 6위 프랑스가 G(고효율 건설/조명기술)분야에서 7위한 경우를 제외하고 이들 국가는 모든 기술분야에 있어서 5위내에 고르게 위치하고 있는 반면, 우리나라의 경우 기술분야별 순위가 있어 큰 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있다.

특허의 영향력 측면에서의 순위는 특허 출원 건수 측면에서의 순위와 큰 차이를 보이고 있다. 특허 출원 건수 측면에서 상대적으로 낮은 순위에 위치하였던, 스페인, 핀란드, 이탈리아 등이 높은 순위에 위치하고 있으며, 오스트리아, 스위스, 중국 등도 특정 분야의 경우 높은 순위에 위치하고 있다.

<표 5> 국가별 기술분야별 특허 수 및 영향력

국가	특허 수								영향력						
	A	B	C	D	E	F	G	계	A	B	C	D	E	F	G
AT	28	30	3	1	11	3	21	97	1.14	1.45	0.00	0.00	0.37	2.90	0.84
AU	20	21	2	6	8	4	1	62	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE	26	20	1	1	4	0	14	66	0.56	1.40	0.00	0.00	2.53	0.00	1.00
CA	23	23	2	1	16	2	6	73	0.13	0.13	0.00	0.44	0.46	0.00	0.59
CH	49	56	8	8	20	3	12	156	0.91	1.32	0.26	3.81	1.22	1.14	0.50
CN	7	8	0	0	21	5	4	45	0.07	0.58	0.00	0.00	0.85	4.09	0.52
DE	330	411	32	28	235	153	151	1340	1.14	1.32	2.34	1.13	1.02	1.13	1.00
DK	18	77	2	2	20	0	14	133	0.62	0.47	0.33	0.00	3.29	-	1.08
ES	10	69	0	1	1	0	3	84	1.67	3.03	0.00	0.00	0.48	1.28	0.40
FI	18	15	3	0	3	0	1	40	0.41	2.70	6.12	2.46	0.00	0.00	1.36
FR	114	81	18	20	114	73	17	437	0.66	0.46	0.80	0.82	0.73	0.60	0.65
GB	68	70	1	6	34	5	14	198	0.51	0.37	0.00	0.00	0.05	0.39	0.86
IT	56	65	7	4	25	17	15	189	1.19	1.82	0.80	1.14	0.95	0.45	1.25
JP	400	175	6	22	576	296	126	1601	1.92	1.11	0.89	1.80	1.37	1.20	1.46
KR	30	36	1	1	145	1	35	249	0.43	0.52	1.68	1.76	1.13	0.65	0.75
NL	40	64	4	11	17	2	53	191	0.73	1.25	0.00	0.94	0.67	1.05	0.20
NO	14	20	1	6	3	0	1	45	0.16	0.53	0.00	0.35	0.37	-	1.15
SE	28	18	1	1	7	8	3	66	0.31	0.24	0.47	0.00	0.22	0.07	1.48
TW	3	19	0	0	23	7	11	63	0.17	0.50	-	-	1.14	0.87	0.49
US	287	408	26	41	286	270	77	1395	0.51	0.81	1.04	0.83	0.61	0.73	0.86

(4) 국가별 기술분야별 녹색기술 위상적 핵심성 및 위상기반 특허 경쟁력

<표 6>는 국가별 기술분야별 위상적 핵심성 및 위상기반 특허 경쟁력을 보여주고 있다.

특허의 위상적 핵심성 측면에서의 순위는 특허 출원 건수 측면 및 특허의 영향력 측면에서의 순위와 차이를 보이고 있다. 위상적 핵심성 측면에서는 오스트리아, 벨기에, 스페인, 대만의 순위가 특히 높게 나타났다. 오스트리아의 경우 A(환경관리기술) 분야에서 3위, D(기후변화완화기술) 분야에서 1위에 위치하고 있으며, 벨기에의 경우 C(배출완화 연소기술) 분야에서 1위, B(신재생에너지기술) 분야, E(배출가스저감기술)분야 및 F(배출가스 저감 및 고효율화 교통기술)분야에서 3위에 위치하고 있으며, 스페인의 경우 B(신재생에너지기술) 분야, E(배출가스저감기술)분야 및 F(배출가스 저감 및 고효율화 교통기술)분야에서 1위, A(환경관리기술) 분야에서 2위에 위치하고 있으며, 대만의 경우 E(배출가스저감기술)분야 및 F(배출가스 저감 및 고효율화 교통기술)분야, G(고효율 건설/조명기술)분야에서 2위에 위치하고 있다.

국가별 위상기반 특허 경쟁력을 살펴보면, 일본과 독일이 가장 높은 기술경쟁력을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 일본의 경우 B(신재생에너지기술) 분야(3위) 및 C(배출완화 연소기술) 분야(5위)를 제외한 모든 기술 분야에서 1위에 위치하고 있으며, 독일의 경우 B(신재생에너지기술) 분야 및 C(배출완화 연소기술) 분야에서 1위에 위치하고 있다.

우리나라는 E(배출가스저감기술) 분야에서 3위, G(배출가스저감기술) 분야에서 4위에 위치하여 높은 경쟁력을 보이고 있으며, C(배출완화 연소기술) 분야 및 D(기후변화완화기술) 분야에서는 각

각 7위와 8위에 위치하였다. 반면, A(환경관리기술) 분야, B(신재생에너지기술) 분야, F(배출가스저감 및 고효율화 교통기술) 분야에서는 모두 12위를 차지하여 낮은 경쟁력을 갖고 있는 것으로 평가되었다.

<표 6> 국가별 기술분야별 위상적 핵심성 및 위상기반 특허 경쟁력

국가	위상적 핵심성							위상기반 특허 경쟁력						
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
AT	1.44	1.23	0.41	4.58	1.00	0.72	0.85	45.9	53.4	0.0	0.0	4.1	6.2	14.9
AU	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BE	0.95	1.44	5.41	0.00	1.69	1.66	1.17	13.9	40.1	0.0	0.0	17.1	-	16.3
CA	0.27	0.07	0.00	0.59	0.41	0.15	0.21	0.8	0.2	0.0	0.3	3.0	0.0	0.8
CH	1.06	1.30	0.72	2.19	1.13	0.63	0.65	47.3	96.1	1.5	66.7	27.7	2.1	3.9
CN	0.26	1.29	0.00	0.00	0.25	1.03	0.66	0.1	5.9	-	-	4.4	21.1	1.4
DE	1.14	1.28	1.63	0.52	1.01	0.78	0.88	430.1	696.4	122.3	16.6	241.5	134.5	132.7
DK	0.86	0.34	0.41	0.59	1.43	-	0.54	9.6	12.3	0.3	0.0	94.3	-	8.2
ES	1.49	2.09	0.00	1.18	1.85	2.30	0.54	24.9	435.9	-	0.0	0.9	-	0.7
FI	0.39	0.71	4.78	1.37	1.65	0.00	0.65	2.9	28.7	87.8	-	0.0	-	0.9
FR	0.69	0.67	0.57	0.85	0.51	0.60	0.69	51.9	25.1	8.2	13.9	42.1	26.5	7.7
GB	0.44	0.43	0.26	0.23	0.12	0.58	0.65	15.4	11.1	0.0	0.0	0.2	1.1	7.8
IT	1.11	1.12	0.88	1.34	0.94	0.60	0.96	74.4	132.4	4.9	6.1	22.3	4.6	18.0
JP	1.83	1.63	1.04	2.06	1.51	1.33	1.56	1399.8	316.0	5.6	81.6	1197.3	470.3	286.1
KR	0.97	1.13	1.47	1.52	1.24	1.64	1.21	12.6	21.0	2.5	2.7	202.7	1.1	31.6
NL	0.70	1.15	0.00	1.22	0.70	0.85	0.12	20.4	91.5	0.0	12.6	8.0	1.8	1.3
NO	0.18	0.81	0.00	0.17	0.18	-	0.71	0.4	8.6	0.0	0.4	0.2	-	0.8
SE	0.32	0.60	0.26	0.00	0.22	0.22	0.36	2.8	2.6	0.1	0.0	0.3	0.1	1.6
TW	0.67	1.39	-	-	1.82	1.79	1.47	0.4	13.3	-	-	47.9	10.9	7.9
US	0.53	0.63	1.02	0.70	0.55	0.78	0.91	77.3	208.0	27.6	23.8	94.5	152.8	60.3

본 연구에서 측정된 국가별, 기술분야별 기술경쟁력을 기존의 기술력 지수(Technology Strength)와 비교해보면, 위상적 핵심성을 추가적으로 고려해 줌으로 인한 국가간 기술경쟁력 수준 및 순위의 변동을 확인할 수 있다. 특히 순위 측면에서는 위상적 핵심성이 낮게 평가된 미국의 기술경쟁력 순위에 있어 기술력 지수 순위와 비교한 하락이 공통적으로 나타나고 있다.

VI. 요약

본 연구에서는 주요국에 대한 녹색기술 경쟁력을 살펴보기 위해 특허 인용 네트워크 위상 기반 핵심 특허 지표를 제안하고, 이를 활용하여 핵심 기술 경쟁력 지수를 구축하였으며, 유럽 특허청에 출원된 녹색 기술 특허 정보를 활용하여 녹색기술 특허 출원 상위 20개국에 대한 기술경쟁력을 측정하였다.

분석 결과 일본, 미국, 독일, 프랑스가 녹색기술 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원하고 있는 것으로 나타났는데, 기술경쟁력을 측정 결과는 전반적으로 기술분야별 특허 출원 건수 측면에서 높은 순위에 위치하였던 일본, 독일, 미국의 경쟁력이 높게 나타나고 있는 가운데, 영향력과 위상적 핵심성에서 상대적으로 높은 평가를 받은 스페인, 핀란드 등의 국가들이 상위에 위치하고, 상대적으로 낮은 평가를 받은 미국 및 프랑스의 경우에는 낮은 순위에 위치하는 것을 확인할 수 있다.

우리나라는 E(배출가스저감기술) 분야에서 3위, G(배출가스저감기술) 분야에서 4위에 위치하여 높은 경쟁력을 보이고 있으며, C(배출완화 연소기술) 분야 및 D(기후변화완화기술) 분야에서는 각

각 7위와 8위의 기술경쟁력 수준을 갖고 있는 반면, A(환경관리기술) 분야, B(신재생에너지기술) 분야, F(배출가스 저감 및 고효율화 교통기술) 분야에서는 낮은 경쟁력을 갖고 있는 것으로 나타났다.

실증 분석에 활용한 유럽 특허청에 출원된 특허 정보의 한계로 인해 일부 국가들의 기술경쟁력 측정에 있어서 편의가 나타날 우려가 발견되었는데, 향후 삼극특허 정보 등을 활용하는 방식으로 이러한 문제점을 보완하면 보다 정확한 기술경쟁력 측정이 가능하리라 예상된다.

참고문헌

- 과학기술정책연구원 (2010), 「녹색기술혁신의 특성·역량 분석 및 활성화 방안」, 서울: 과학기술정책연구원
- 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009), “녹색기술 연구개발 종합대책(안)”
- Burt, R. S. (1992), *Structural Holes: The Social Structure of Competition*, Cambridge: Harvard University Press.
- Chen, D., W.C. Lin., M. Huang (2007), “Using Essential Patent Index and Essential Technological Strength to evaluate industrial technological innovation competitiveness,” *Scientometrics*, 71(1), pp. 101-116.
- European Commission (2004), *Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union*, Brussels: European Commission.
- Kemp, R., and P. Pearson (2008), “Measuring eco-innovation,” *Final report of MEI project for DG Research of the European Commission*.
- Wang, J., C. Chiang, S. Lin (2010), “Network structure of Innovation: Can brokerage or closure predict patent quality?,” *Scientometrics*, 84(3), pp. 735-748.