

## 석탄가스화 기술에 대한 특허분석

문성근, 정영훈, 김윤정, 정연수\*

서울시립대학교 공과대학 화학공학과  
130-743 서울특별시 동대문구 서울시립대로 163

(2012년 3월 15일 접수; 2012년 4월 3일 수정본 접수; 2012년 4월 3일 채택)

## A Patent Analysis on Coal Gasification Technology

Seong Geun Moon, Yung Hoon Jung, Yoonjung Kim, and Yonsoo Chung\*

Department of Chemical Engineering, University of Seoul  
163 Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-743, Korea

(Received for review March 15, 2012; Revision received April 3, 2012; Accepted April 3, 2012)

### 요 약

석탄가스화 기술에 대하여 1970년대 중반부터 2010년까지의 한국, 미국, 일본, 유럽 및 국제특허를 조사하고, 각국의 출원 현황, 점유율, 주요출원인, 특허활동지수, 시장력 등을 분석하였다. 기술발전의 초기에는 일본과 미국이 기술개발을 주도하였으나 2000년대 들어 특허활동 주체가 다변화되고 있으며 전체적인 기술 발전주기는 발전기에 해당하는 것으로 분석되었다. 세부 기술 가운데 가스화기 분야에서의 특허가 가장 많은 것으로 나타났다. 인용도지수, 영향력지수, 기술력지수, 특허 패밀리크기 등의 지표를 이용하여 주요 특허권자의 기술경쟁력을 분석하였다. 특허패밀리크기 및 인용도지수를 이용한 정량화를 통해 핵심특허를 도출하고 기술흐름도를 작성하여 기술 동향을 살펴보았다.

**주제어** : 석탄가스화, 특허분석, 가스화기, 합성가스, 석탄

**Abstract** : Technology trends of coal gasification were studied through patent analysis. The patents published or registered in Korea, U. S. A., Japan and Europe, and administered by the World Intellectual Property Organization from mid 1970s to 2010 were analyzed based on the application tendency, patent share, major applicants and their activity indices, and market power, etc. Japan and U. S. A. led the patent activities in the early phase of technology development, but major applicants had been diversified globally since 2000. Portfolio analysis revealed that the technology was under developing period. The analysis showed that the most active R&D had been focused on gasifier development. Technology competitiveness was analyzed via indices such as cites per patent, patent impact index, technology strength and patent family size, etc. Key patents were extracted through quantification based on patent family size and cites per patent. The technology flow was figured out to reveal the technology trends.

**Keywords** : Coal gasification, Patent analysis, Gasifier, Syngas, Coal

### 1. 서 론

석탄가스화란 석탄으로부터 일종의 합성가스(syngas)인 석탄가스(coal gas)를 생산하는 것을 의미한다. 석탄가스는 일산화탄소, 수소, 이산화탄소 및 수증기 등으로 구성된 가연성 혼합가스로서 산업화 초기에 도시의 조명 및 열 공급을 위해 주로 사용되었으며 Fischer-Tropsch 공정 등을 통해 가솔린이나 디젤 등 수송용 연료로 전환되어 이용되기도 하였다. 20세

기 중반 이후 석유의 개발 및 보급의 증대에 따라 시장에서의 경쟁력을 상실하여 기술이 사장될 위기에 처했으나 최근에는 석유 및 천연가스의 가격 상승으로 인해 그 경제적 가치가 다시 주목받고 있다.

석탄가스화기술은 저가의 석탄을 이용하여 석유 및 천연가스 등 고부가가치의 제품을 생산할 뿐만 아니라 제조 공정상 발생하는 황, 슬래그, 전력 등의 부산물을 재활용하거나 판매할 수 있어서 추가의 수익 창출이 가능하다는 장점을 갖는다. 또한 석탄을 직접 이용하는 기존의 방법에 비해 황화합물이나 질소화합물 등 환경 오염물질의 배출이 상대적으로 적다는 이점을 갖는다. 또한 석탄가스화공정에서 배출되는 이산화탄소

\* To whom correspondence should be addressed.

E-mail: yonsoo@uos.ac.kr

doi:10.7464/ksct.2012.18.2.144

를 고순도로 포집하여 자원화할 수 있다는 점도 향후 강화될 탄소규제정책에 대비하여 추가의 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 판단된다.

최근 석탄가스화기술이 새로이 각광받는 데는 석탄가스화 복합발전(석탄 IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle)의 영향이 크다고 할 수 있다. 석탄가스화복합발전은 고체인 석탄을 단순히 태워서 발전하는 기존의 석탄 화력발전 방식과 달리 석탄을 가스화한 뒤 가스터빈과 증기터빈으로 이루어지는 복합사이클을 통해 전력을 생산하는 시스템이다. 석탄가스화복합발전시스템은 석탄가스화장치와 기존의 복합발전 시스템을 결합한 것으로서, 주요 구성기기는 석탄공급장치, 석탄가스화기(coal gasifier), 가스정제장치, 복합사이클발전설비 및 산소플랜트 등으로 구성된다. 석탄가스화복합발전은 기존의 미분탄 화력발전에 비해 발전 효율이 높을 뿐 아니라 황산화물의 90%, 질소산화물의 75% 이상 그리고 이산화탄소를 25%까지 저감할 수 있는 기술로 알려져 있으며 미국, 독일, 네덜란드, 스페인 등이 적극적으로 개발에 나서고 있다. 최근에는 석탄가스화복합발전시스템의 핵심 요소인 석탄가스화기술에 대하여 에너지 전환효율을 높이고 이산화탄소의 배출을 획기적으로 저감하기 위한 연구개발이 세계적으로 진행되고 있다. 석탄가스화복합발전은 현재 상용화 초기 단계이지만 빠른 시일 내에 미국과 일본, 유럽 등 선진국을 중심으로 기존 화력 발전을 대체할 것으로 전망되고 있다. 이에 현재의 기술동향을 파악하고 핵심 기술을 권리화 하는 노력이 필요할 것이다.

본 연구에서는 석탄가스화기술에 대한 특허분석을 통하여 석탄가스화복합발전과 관련한 이들 기술의 세계적인 기술동향을 분석하였다. 본 논문은 Moon et al.[1]을 바탕으로 하여 자료를 추가, 확대하고 정량적 분석을 재구성하였으며 정성적 분석을 새로이 실시하여 그 결과를 정리한 것이다.

## 2. 석탄가스화 기술의 분류

석탄가스화는 석탄의 부분 산화를 통해 발생하는 열을 이용하여 반응중간생성물인 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O를 미반응 탄소와 반응시켜 CO와 H<sub>2</sub>의 혼합물인 합성가스로 전환하는 과정을 의미한다. 석탄가스화는 석탄의 건조 및 예열, 휘발분의 분리, char의 가스화 반응 등의 과정을 거친다. 원료인 석탄을 가열하면 105 °C 근처에서 비결합수가 증발되는 건조과정이 시작되고 350~550 °C에서 기상의 휘발분, 액상의 타르, 고체인 char로 분리되는 열분해 과정이 진행되며, 열분해 생성물인 char는 수증기와의 반응을 통해 가스화 된다[2,3].

석탄가스화 반응이 일어나는 가스화기(gasifier)는 그 형식에 따라 고정층, 유동층, 분류층 등으로 구분되며 공기 또는 산소가 산화제로 사용된다. 또한 석탄의 공급 방식에 따라 건식 및 습식으로 구분된다[4,5].

석탄가스화에는 휘발분이 많은 역청탄, 아역청탄 등이 주로 사용되나 저급탄을 건조 과정을 거쳐 고품위화하여 사용하기도 한다. 석탄 건조기술은 석탄 및 천연가스의 생성원리를 저급탄의 연료화를 위해 응용한 기술로서 건조 과정을 통해

**Table 1.** Classification of coal gasification technology

Category	Sub-category
Gasification	Coal drying
	Oxygen supply
	Feed supply
	Gasifier
	Syngas cooling
	Instrumentation
Separation	Desulfurization
	Dust removal
	Deacidification
	Carbon capture & storage

석탄 중의 수분 함량을 34 wt%에서 3 wt%로 감소시키고 발열량을 4,500 kcal/kg에서 6,000 kcal/kg으로 증가시킨다[6,7].

고온, 고압의 가스화 반응을 통해 생성된 합성가스는 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 및 다량의 회분(ash)을 포함한다. 혼합 가스는 가스냉각장치를 통해 냉각된 후 집진장치, 폐수처리장치, 탈황장치 및 CO<sub>2</sub> 회수장치 등 일련의 정제 과정을 거쳐 합성가스로 생산된다.

석탄가스화기술이 석탄가스화복합발전과 연계되는 경우 CO<sub>2</sub> 포집을 통해 전력 생산 비용의 저감뿐 아니라 합성천연가스 생산을 통한 부가가치의 증대를 꾀할 수 있다는 이점 때문에 탄소 포집 및 저장(Carbon Capture & Storage: CCS)을 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 탄소 포집 및 저장기술은 CO<sub>2</sub> 회수 위치 및 방법에 따라 연소 전 기술, 연소 후 기술 및 공기 대신 산소만 이용하는 순산소 연소 기술 등 3가지로 나뉘며 공정에 따라 흡수법, 흡착법, 막분리법, 심냉법 등으로 분류되기도 한다[8].

본 연구에서는 Table 1에 보인 것과 같이 석탄가스화기술을 가스화공정기술과 후속 분리공정기술로 구분하여 특허 분석을 실시하였다. 가스화공정은 다시 석탄건조(coal drying), 산소공급(oxygen supply), 원료공급(feed supply), 가스화기(gasifier), 가스냉각(syngas cooling), 계측(instrumentation) 등 세부 기술로 분류하였으며 분리공정은 다시 탈황(desulfurization), 탈분진(dust removal), 탈산(deacidification), 탄소포집/저장(carbon capture and storage) 등으로 분류하였다.

## 3. 특허 분석

### 3.1. 특허 분석의 기준 및 지표

석탄가스화기술에 대하여 1970년대부터 2008년 9월 30일 까지 출원 공개된 한국, 일본, 유럽, 국제 및 미국공개특허와 2010년 3월 31일까지 출원 등록된 미국등록특허를 대상으로 특허 분석을 실시하였다. 미국의 경우 2001년부터 출원공개 제도를 채택하였기 때문에, 등록특허와 아울러 2001년 3월 15일 이후의 공개특허도 검색하였다. 검색에 이용한 데이터베이스는 WIPSI[9], KIPRIS[10], USPTO[11], EPO[12], IPDL[13]

**Table 2.** Summary of patent search

Patent	Patent classification	Period	Number of patents
Korea Patent	Published patent	1979.07.12. - 2008.9.30	88
Japan Patent		1976.10.01. - 2008.9.30	567
European Patent		1978.12.20. - 2008.9.30	116
WO Patent*		1978.10.19. - 2008.9.30	113
U.S. Patent	Registered patent	1976.01.06. - 2010.03.31	392
	Published patent	2001.03.15. - 2008.9.30	100

\* PCT patent administered by WIPO

등이며 검색을 위한 키워드로서 가스화(gasification), 가스화기(gasifier), 합성가스(syngas), 석탄가스(coal gas), 석탄(coal), 이산화탄소(carbon dioxide) 등의 용어를 이용하였다. 검색된 특허의 초록과 제목 및 청구항 등을 중심으로 내용의 일치 여부를 검토하여 노이즈를 제거하여 얻어진 한국특허 88건, 일본특허 567건, 유럽특허 116건, 미국특허 492건(등록특허 392건과 공개특허 100건), 국제특허 113건 등 모두 1,376건의 유효 특허를 대상으로 특허 분석을 실시하였다. 여기서 국제특허는 PCT (Patent Cooperation Treaty)에 의해 WIPO (World Intellectual Property Organization)가 주관하는 특허를 의미한다. 2001년 이후의 미국공개특허의 경우 등록특허와 중복되는 것은 분석에서 제외하였다. Table 2에 검색 대상 특허, 기간 및 검색 특허의 수[1]을 정리하였다.

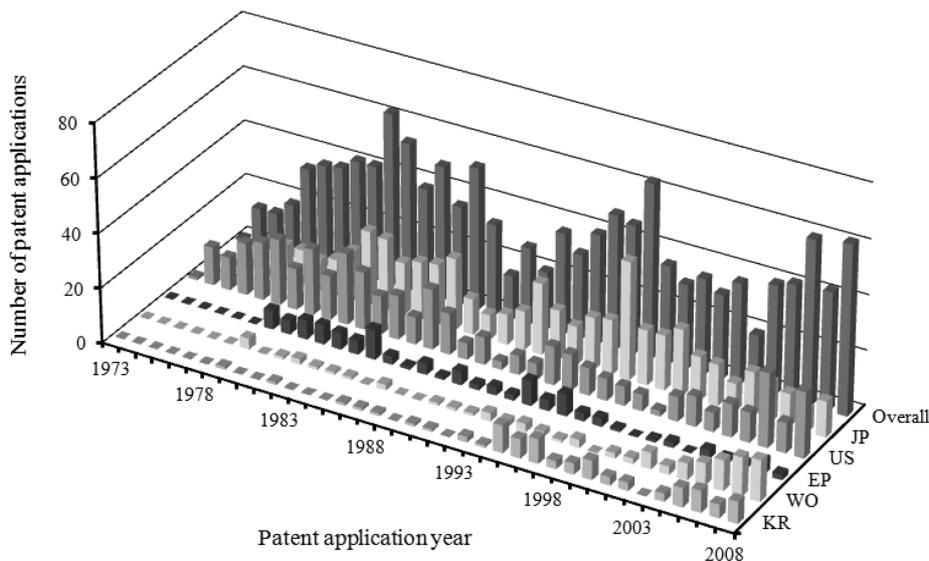
특허 분석은 정량적인 분석과 정성적인 분석으로 나누어

실시하였다. 정량적인 분석에서는 각국의 출원현황, 주요출원인, 점유율, 기술 분야별 출원동향, 시장력, 기술경쟁력 등을 분석하였다. 기술 분야별 특허동향을 파악하기 위하여 특허활동지수(AI: Activity Index)라는 지표를 사용하였으며 주요 특허권자의 기술경쟁력을 분석하기 위하여 인용도지수(CPP: Cites Per Patent), 영향력지수(PII: Patent Impact Index), 기술력지수(TS: Technology Strength), 특허패밀리크기(PFS: Patent Family Size) 등의 지표를 사용하였다. 특허활동지수는 특정 기술 분야에서의 상대적 특허활동 집중도를 나타내며 인용도지수는 특정 특허권자의 피인용수로서 원천특허 소유 여부를 판단하는데 도움이 된다. 영향력지수는 특정출원인이 소유한 기술의 질적인 수준을 측정하는 지수이며 기술력지수는 해당 국가 또는 특정출원인의 기술력의 높음 정도를 나타낸다[14]. 특허패밀리크기는 특정 발명에 대한 권리 보호를 위하여 여러 국가에 동시에 출원하는 특허인 패밀리특허(family patent)의 평균 크기로서 특허를 통한 시장 확보 의지를 나타내는 지표이다. 정량적인 분석의 결과를 바탕으로 기술적 중요도가 높다고 판단되는 핵심특허를 파악하고 기술흐름도를 작성하는 정성적인 분석을 실시하였다.

### 3.2. 특허 출원 동향

#### 3.2.1. 출원국별 특허 출원 동향

Figure 1은 연도별 특허출원 동향을 출원국별로 보인 것이다. 특허는 출원일로부터 1년 6개월 이후에 공개됨이 원칙이므로, 연도별 출원 경향은 검색된 특허 중 2008년 9월까지 출원된 특허에 한하여 분석하였다. 석탄가스화 기술에 대한 특허출원은 1980년대 초중반과 1990년대 중반에 활발히 이루어졌으며 최근 환경오염에 대한 관심 증가로 인하여 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 일본특허(JP)의 경우 조사 대상 전 시기에 걸쳐 고르게 활발한 출원 경향을 보였으며 미국특허(US)



**Figure 1.** Yearly patent application tendency.

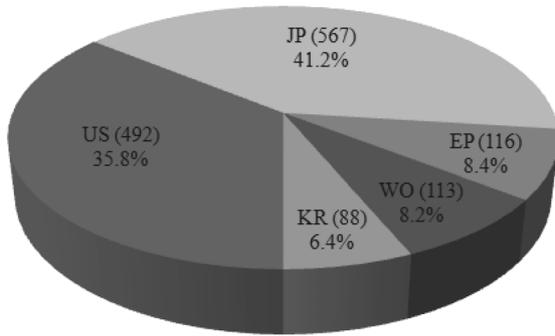


Figure 2. Patent share among countries.

는 1980년대 중반까지 출원이 활발하였으나 1980년대 후반 부터 2000년대 초반까지 감소하였다가 최근 다시 활발한 출원 동향을 보이고 있다. 유럽특허(EP)는 첫 출원이 이루어진 1979

년도 이후 꾸준한 출원 경향을 보이고 있으며 국제특허(WO)는 2000년도 이후 증가추세를 보이고 있다. 한국특허(KR)의 경우 1979년도의 첫 출원 이후 1994년도까지 간헐적인 출원을 보이다가 최근 꾸준한 출원 경향을 보이고 있다.

Figure 2는 출원국별 특허 점유율을 나타낸 것이다. 일본특허가 567건으로 전체 1,376건의 41.2%를 차지하며 가장 높은 점유율을 보이고 있고 미국특허가 492건으로 35.8%, 유럽특허가 116건으로 8.4%, 국제특허가 113건으로 8.2%, 한국특허가 88건으로 6.4%를 각각 차지하고 있다.

검색 대상 기술에 대하여 특허건수와 출원인수 사이의 상관 관계를 살펴보는 포트폴리오 분석을 통해 기술의 발전단계를 분석할 수 있다[14]. Figure 3은 석탄가스화 기술에 대한 포트폴리오 분석의 결과를 나타낸 것이다. 전체 특허 및 출원국별 특허에 대하여 출원된 특허건수를 9년 주기로 합산하여 그 변화 경향을 분석하였다. 석탄가스화 기술의 전체 특허건수와 출

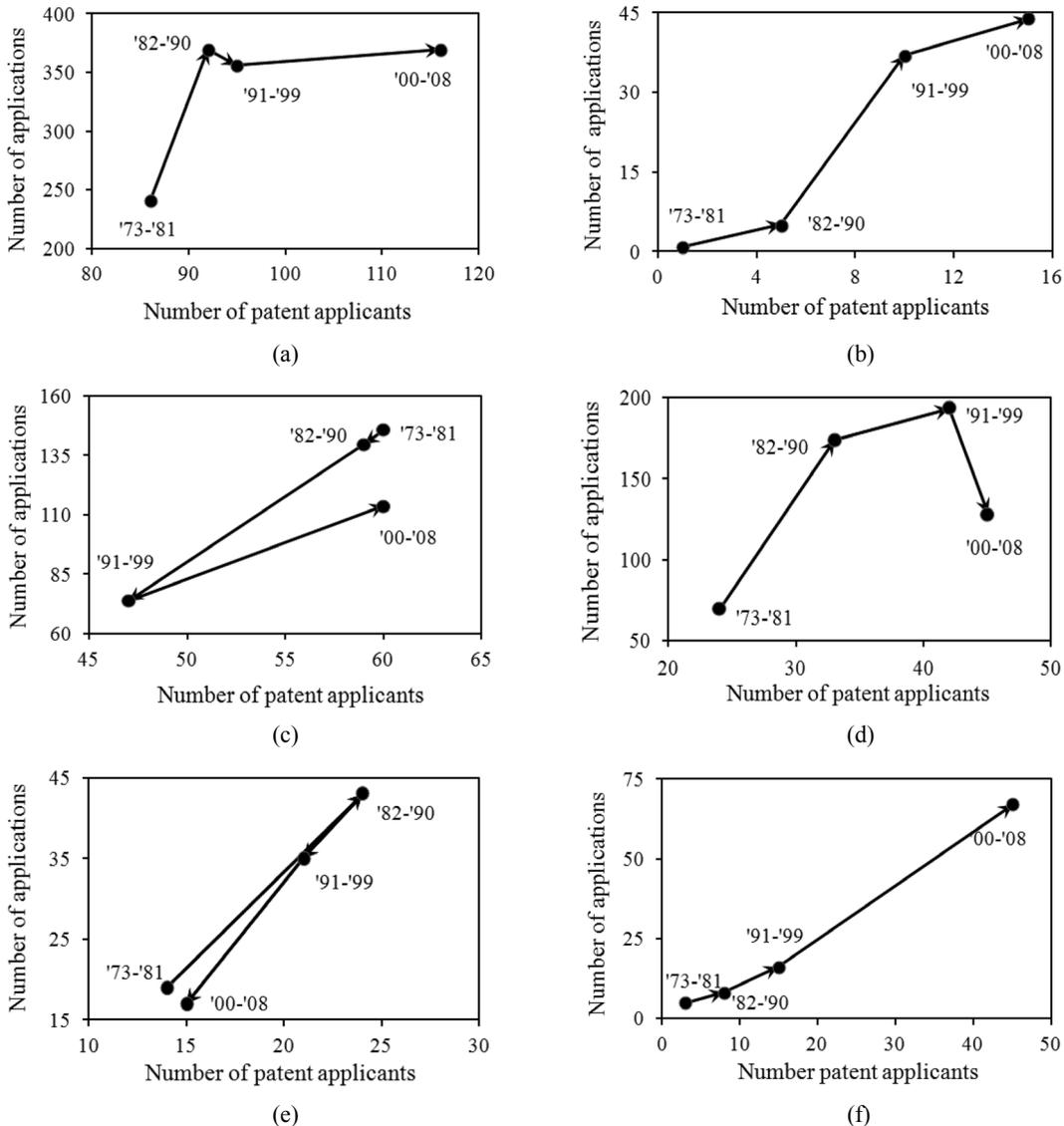


Figure 3. Patent portfolio of coal gasification technology: (a) overall, (b) Korea Patent, (c) U.S. Patent, (d) Japan Patent, (e) European Patent, and (f) WO Patent.

**Table 3.** Major patent applicants in each country

Overall	Korea Patent	U.S. Patent	Japan Patent	European Patent	WO Patent
Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (126)	Institute for Advanced Engineering (22)	The United States Department of Energy (35)	Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (102)	Shell Internationale Research Maatschappij (12)	Shell Internationale Research Maatschappij (7)
Hitachi Ltd. (83)	Korea Electric Power Corporation (12)	Shell Internationale Research Maatschappij (32)	Hitachi Ltd. (69)	Metallgesellschaft AG (6)	Sasol Technology Ltd. (5)
Nippon Steel Corp. (68)	Korea Institute of Energy Research (12)	Clean Energy Systems Inc. (21)	Babcock Hitachi KK (59)	Siemens Aktiengesellschaft (6)	Chevron U.S.A. Inc. (4)
Babcock Hitachi KK (64)	POSCO (11)	Chevron U.S.A. Inc. (19)	Nippon Steel Corp. (56)	VoestAlpine Industrieanlagenbau GMBH (5)	Great River Energy (4)
Shell Internationale Research Maatschappij (54)	Kim Hyun Yong (3)	Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (17)	Ishikawajima Harima Heavy Industries Ltd. (36)	British Gas Corp. (4)	UHDE GMBH (4)
Ishikawajima Harima Heavy Industries Ltd. (36)	Nippon Steel Corp. (3)	ExxonMobil Research and Engineering Company (13)	Kawasaki Heavy Industries Ltd. (18)	Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (4)	Clean Energy Systems Inc. (3)
The United States Department of Energy (35)	Japan Science and Technology Agency (2)	General Electric Company (13)	Agency of Industrial Science & Technol. (15)	Nippon Steel Corp. (4)	ExxonMobil Research and Engineering Company (3)
Chevron U.S.A. Inc. (26)	Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (2)	Metallgesellschaft AG (13)	Nippon Kokan KK (15)	UHDE GMBH (4)	GHT Hochtemperaturreak Tech (3)
Clean Energy Systems Inc (24)	Research Institute of Industrial Science & Technology (2)	UHDE GMBH (12)	Sumitomo Metal Industries Ltd. (14)		GTL Energy (3)
Siemens Aktiengesellschaft (22)	Ssang Young (2)	Siemens Aktiengesellschaft (11)	Ebara Corp. (11)		Siemens Aktiengesellschaft (3)
Institute of Advanced Engineering (22)					

원인수는 Figure 3(a)에 나타난 것처럼 두 변수 모두 전반적으로 증가하는 경향인 것으로 보아 기술적으로 발전기라고 판단된다. 한국특허와 국제특허 역시 특허건수와 출원인수가 비례하여 증가하는 발전기라고 판단된다. 미국특허는 특허건수와 출원인수가 감소했다가 다시 증가하는 것으로 보아 부활기에 해당하는 것으로 보이며 일본특허는 출원인수는 지속적으로 증가하나 특허건수가 늘었다가 다시 줄어드는 경향을 보여 성숙기에서 퇴조기로 넘어가는 시기에 있는 것으로 판단된다. 유럽특허의 경우 특허건수와 출원인수가 증가했다가 다시 감소하는 경향을 보여 퇴조기인 것으로 판단된다.

**3.2.2. 출원인별 특허 출원 동향**

Table 3은 특허 출원건수를 기준으로 정리한 주요 출원인의 특허현황[1]을 보인 것인데 괄호 안의 수는 특허건수를 나타낸 것이다. 전체적으로 출원건수가 가장 많은 출원인은 모두 126건의 특허를 출원한 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.이었으며 그 뒤를 이어 Hitachi Ltd.와 Nippon Steel Corp.이 각각 83건과 68건의 특허를 출원하여 일본기업의 특허활동이 두드러지게 활발한 것으로 나타났다. 특허건수 기준 상위 5개 특허권자의 특허 점유율은 전체의 28.7%이고 상위 10개 특허

권자의 점유율은 39.1%로 나타나 많은 특허권자가 석탄가스화 기술에 관여하고 있음을 알 수 있다. 국가별로 가장 많은 특허를 출원한 특허권자는 한국특허에서는 고등기술연구원이었으며 미국특허에서는 The United States Department of Energy, 일본특허에서는 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.이었고 유럽특허와 국제특허에서는 Shell Internationale Research Maatschappij이었다. 모든 국가의 특허에 있어서 자국 내 특허권자에 의한 출원이 강세를 보이고 있음을 알 수 있다. 한국특허의 경우 고등기술연구원이 가장 많은 특허를 출원하였으며 그 다음으로 한국전력, 한국에너지기술연구원, POSCO 순으로 특허활동이 활발함을 알 수 있다.

Figure 4는 각국의 특허에 대한 출원인의 국적별 분포를 나타낸 것이다. 한국, 미국 및 유럽특허의 경우 내국인(유럽의 경우 유럽인)에 의한 특허출원이 각각 65.9%, 59.6%, 52.6%로 내국인에 의한 특허출원활동이 활발한 것으로 나타났으며 일본특허의 경우 내국인의 출원 비율이 96.8%로 내국인에 의한 특허출원이 압도적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 국제특허의 경우 미국인에 의한 특허 출원이 전체의 45.1%로 가장 많았으며 그 다음으로 유럽인과 일본인이 각각 34.5%와 11.5%의 특허를 출원한 것으로 나타났고 한국인에 의한 특허

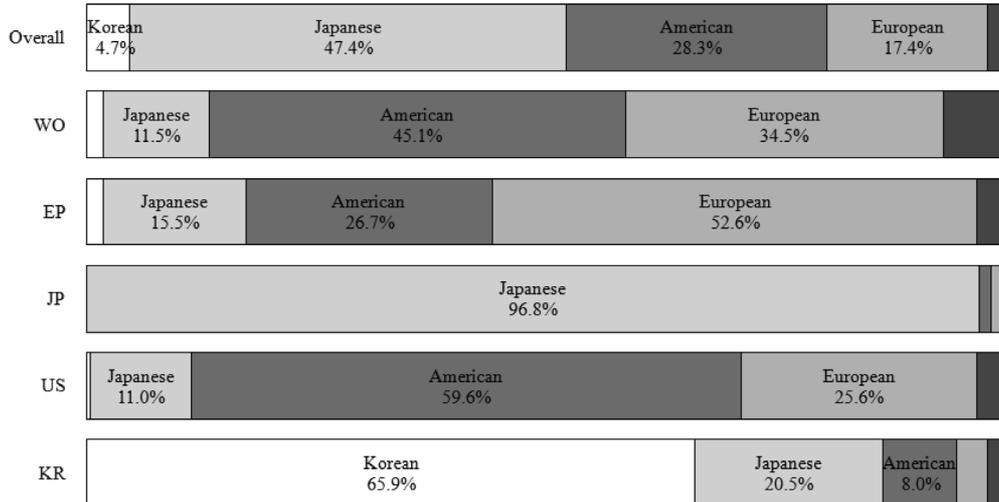


Figure 4. Patent application tendency by applicant's nationality.

출원은 2%에 못 미쳤다. Figure 4는 또한 석탄가스화 관련 특허 전체에 대한 출원인의 국적별 분포를 보이고 있다. 전체 특허 1,376건 가운데 일본인에 의해 출원된 특허건수가 가장 많은 652건이었으며 이는 전체 특허의 47.4%에 해당한다. 미국인에 의한 특허는 389건 출원되어 전체의 28.3%를 차지하였으며 유럽인에 의한 출원은 240건으로 전체 특허의 17.4%를 차지하였다. 한국인에 의한 특허는 모두 64건으로 전체 특허의 4.7%를 차지하였다.

### 3.2.3. 기술 분야별 특허 출원 동향

Figure 5는 석탄가스화 관련 특허를 세부 기술 분야별로 구분하여 정리한 것이다. 가장 많은 특허가 출원된 기술 분야는 가스화기 분야로서 모두 589건이 출원되어 전체의 42.8%에 해당하였으며 그 다음으로 많은 특허가 출원된 기술 분야는 석탄건조로서 261건(19.0%)이 검색되었다. 후속 분리공정 가운데 가장 많은 특허가 출원된 기술 분야는 탈분진으로서 모두 160건의 특허가 출원되어 전체 특허의 11.6%를 차지하였

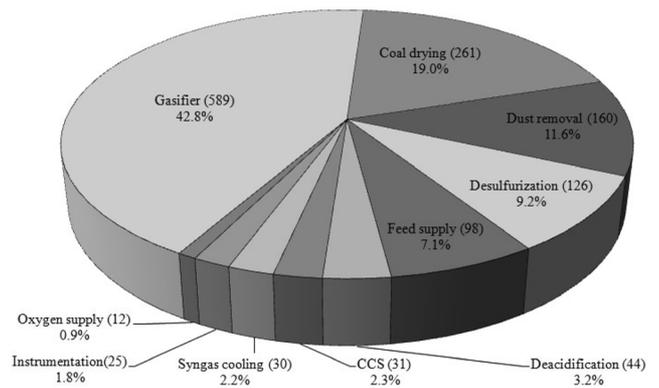


Figure 5. Patent share among technologies.

으며, 탈황에 대한 특허가 126건(9.2%) 출원되어 그 다음으로 많은 것으로 나타났다. 이들 4개 분야의 특허는 전체 특허의 82.6%를 차지하였다.

Figure 6은 기술 분야에 따른 출원국별 출원 동향을 정리한

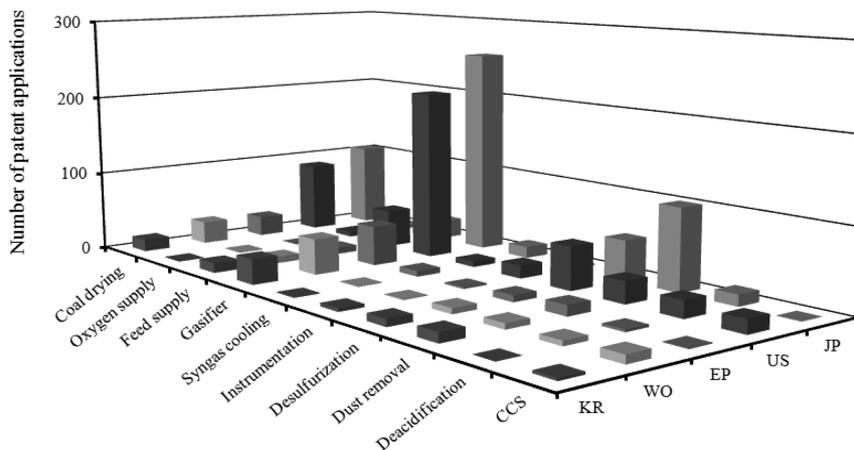


Figure 6. Patent application tendency by country and technology.

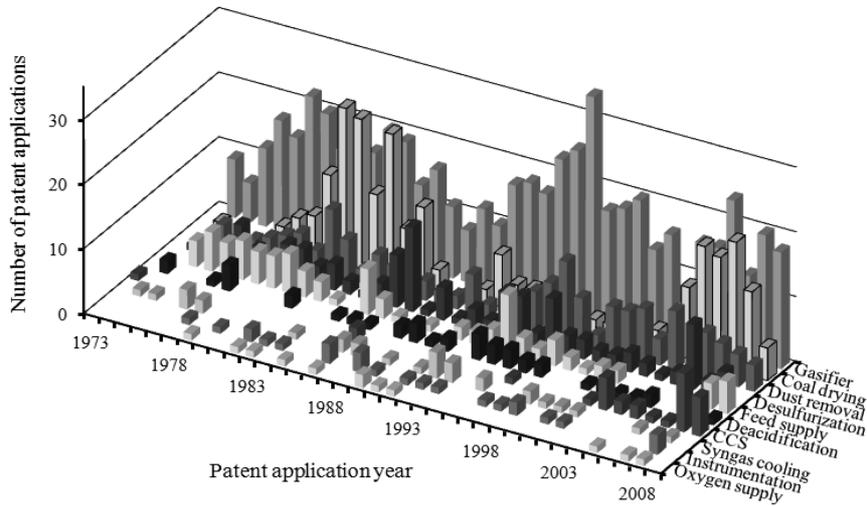


Figure 7. Yearly patent application tendency by technology.

것이다. 모든 국가의 특허에 있어서 공통적으로 가스화기 분야에서의 특허 출원이 가장 많았으며 그 다음으로 석탄건조 분야에 대한 출원이 많았다. 미국특허의 경우 탈황과 원료공급 분야가 그리고 일본특허의 경우에는 탈분진과 탈황 분야가 그 뒤를 이은 것으로 나타났다.

Figure 7은 기술 분야에 대하여 연도별 특허출원 동향을 보인 것이다. 가스화기 분야의 경우 1970년대 중반부터 1980년대 중반까지의 기간과 1990년대 중반에 많은 특허가 출원되었으며 최근 들어 출원이 다시 증가하고 있다. 석탄건조 분야는 1980년대 초중반에 많은 특허가 출원된 후 오랜 기간 소강상태를 보이다가 2000년대 들어 다시 활발한 출원 경향을 보이고 있다. 탈황, 탈분진 등 나머지 대부분의 분야에서의 출원 경향은 꾸준한 것으로 분석되었으나 탄소 포집 및 저장 분야는 2000년대 들어와 큰 신장세를 보이고 있는데 이는 석탄가스화복합발전과의 연관 관계 때문인 것으로 판단된다.

Figure 8은 1970년대부터 2000년대까지의 기간을 매 10년 주기로 나누어 기술 분야별 특허 점유율을 정리한 것이다. 점유율은 해당 기간 해당 기술 분야의 특허건수를 같은 기간의 전체 특허건수로 나눈 것이다. 석탄건조 분야의 점유율은 1980

년대와 2000년대에 크게 증가하였으며 가스화기 분야는 그 반대로 1970년대와 1990년대에 크게 증가한 것으로 분석되어 두 기술 분야가 상호보완적인 관계에 있는 것으로 보인다. 원료공급 분야는 1970년대에 이미 기술개발이 완료된 것으로 보이는 반면, 탈분진 분야는 시간의 경과에 따라 점유율의 증가를 보이고 있다. 2000년대에 들어 큰 신장세를 보였던 탄소포집 및 저장 분야는 같은 기간의 점유율 역시 크게 증가한 것으로 분석되었다.

출원 대상 국가별로 상대적 집중도가 높은 기술 분야를 살펴보기 위하여 특허활동지수를 이용한 분석을 실시하였다. 특허활동지수는 특정 기술 분야 전체 특허건수당 특정 기술 분야의 특정출원인 건수를 전체 총 건수당 특정 출원인 총 건수로 나눈 값으로서 기술 분야별 상대적 집중도를 알아보기 위한 지표이다. 특허활동지수 1을 기준으로 그 값이 1보다 크면 그 분야 특허활동이 상대적으로 활발함을 의미한다[14]. Figure 9는 각 국의 특허에 대한 특허활동지수를 특허출원이 가장 활발한 것으로 분석된 석탄건조, 가스화기, 탈황 및 탈분진 등 4개 분야에 대하여 정리한 것이다. 한국에 출원된 특허는 탈분진 및 탈황 분야에 상대적으로 집중되어 있는 것으로 분석되

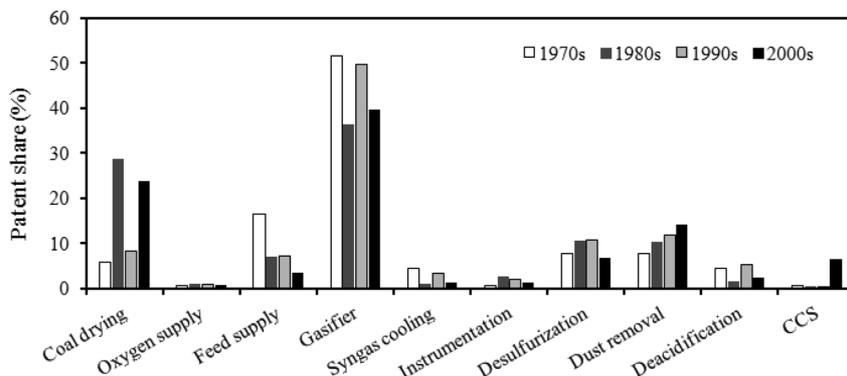


Figure 8. Change of patent share among technologies from 1970s to 2000s.

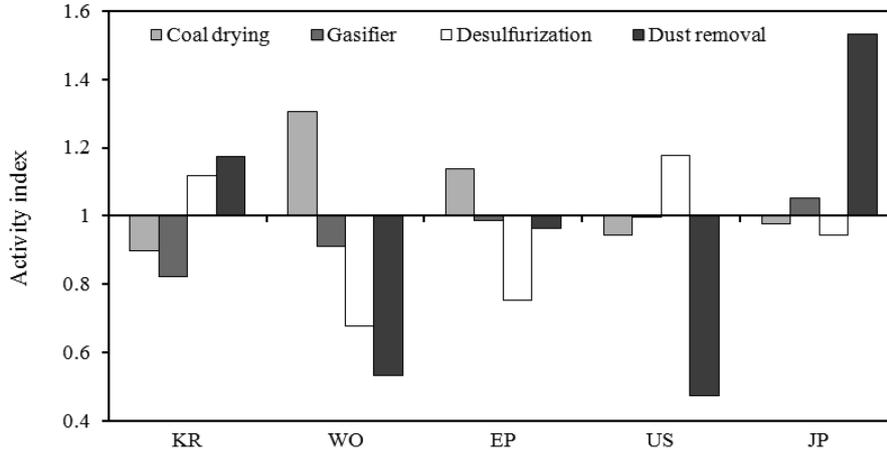


Figure 9. Activity indices of each country.

었다. 유럽 및 국제특허에서 상대적 집중도를 보인 분야는 석탄건조인 것으로 분석되었으며 미국특허에서는 탈황 분야에 상대적으로 특허가 집중되어 있는 것으로 나타났다. 일본에 출원된 특허의 경우 탈분진 분야에서의 집중도가 가장 높음으로 분석되었으며 나머지 분야에서의 특허활동지수 역시 1.0에 가까운 값을 보여 모든 기술 분야의 특허활동이 비교적 고르게 나타났다.

### 3.3. 미국등록특허에 기초한 주요 특허권자의 특허 분석

#### 3.3.1. 기술 경쟁력 분석

주요 특허권자의 기술 경쟁력을 살펴보기 위하여 각 특허권자의 특허건수(PN: number of patents), 인용도지수(CPP), 영향력지수(PII) 및 기술력지수(TS) 등의 지표를 이용한 분석을 실시하였다. 이들 지표의 이용을 위해서는 각 특허의 인용횟수에 대한 정보가 필요한데 이를 충분히 제공하는 특허는 미국등록특허뿐이어서 여기서는 미국등록특허만을 대상으로 기술 경쟁력 분석을 실시하였다.

Table 4는 미국등록특허를 기반으로 주요 특허권자의 기술 경쟁력을 비교한 결과[1]인데, 분석지표로 이용한 각 지수의 결과값과 함께 그에 따른 각 특허권자의 경쟁력 순위를 괄호 안에 숫자로 나타내었다. 기술 경쟁력 분석은 특허건수(PN)를 기반으로 하여 상위 10개 특허권자를 선정하여 실시하였다. 특허건수에 있어서는 The United States Department of Energy가 35건으로 가장 많았으며 그 다음으로 Shell Internationale Research Maatschappij이 31건, Chevron U.S.A. Inc.가 17건의 순으로 분석되었다. 인용도지수(CPP)는 특정 특허권자의 특허건수당 인용되는 횟수의 평균값으로 General Electric Company, ExxonMobil Research and Engineering Company의 순으로 높게 나타나 해당 특허권자들이 보다 원천적인 특허를 보유하고 있는 것으로 판단된다. 영향력지수(PII)는 특정 기술 분야에 있어서 특정 출원인의 피인용비를 전체 피인용비로 나눈 값으로 General Electric Company가 1.6으로 가장 높은 값을 보였는데 이는 1.0의 영향력지수 값을 갖는 평균인용 빈도보다 1.6

Table 4. Technology competitiveness of major patent applicants\*

Applicant	PN	CPP	PII	TS
The United States Department of Energy	35 (1)	10.4 (3)	1.1 (3)	39.5 (1)
Shell Internationale Research Maatschappij	31 (2)	8.1 (9)	0.9 (9)	27.3 (2)
Chevron U.S.A. Inc.	17 (3)	8.8 (6)	1.0 (6)	16.3 (4)
Metallgesellschaft AG	13 (4)	8.5 (8)	0.9 (8)	11.9 (7)
ExxonMobil Research and Engineering Company	12 (5)	11.1 (2)	1.2 (2)	14.4 (5)
UHDE GMBH	11 (6)	10.3 (5)	1.1 (5)	12.3 (6)
General Electric Company	11 (6)	14.5 (1)	1.6 (1)	17.3 (3)
Mitsubishi Heavy Industries Ltd.	9 (8)	5.1 (10)	0.6 (10)	5.0 (10)
Combustion Engineering Inc.	9 (8)	10.3 (4)	1.1 (4)	10.1 (8)
VoestAlpine Industrieanlagenbau GMBH	9 (8)	8.6 (7)	0.9 (7)	8.4 (9)

\* based on U.S. Patent only

배 갖은 빈도로 인용됨을 의미한다. ExxonMobil Research and Engineering Company와 The United States Department of Energy가 그 다음으로 높은 영향력지수 값을 보임으로써 이들이 석탄가스화 기술의 질적인 측면에서의 우위를 점하고 있는 것으로 분석되었다. 기술력지수(TS)는 특허건수와 영향력지수를 곱한 값으로, 질적인 면과 양적인 면을 동시에 평가할 수 있는 지표인데 The United States Department of Energy가 가장 좋은 결과를 보였고 그 다음으로 Shell Internationale Research Maatschappij, General Electric Company, Chevron U.S.A. Inc., ExxonMobil Research and Engineering Company 등의 순으로 높은 결과값을 보여 이들이 질적·양적 측면에서 가장 강한 기술 경쟁력을 보유한 것으로 분석되었다.

#### 3.3.2. 인용도 분석

Figure 10은 미국등록특허를 기반으로 주요 특허권자에 대한 인용도 분석[14]의 결과를 정리한 것이다. 피인용 횟수가

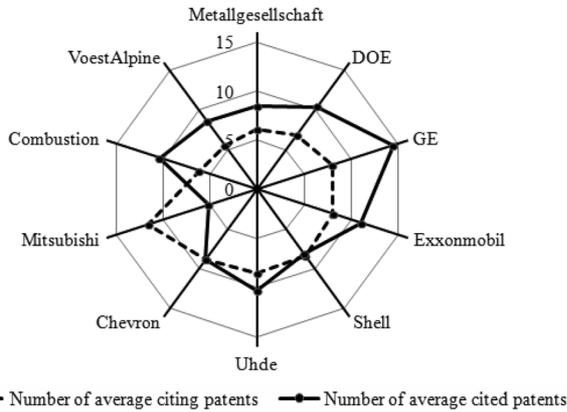


Figure 10. Citation analysis of major applicants.

가장 많은 특허권자는 General Electric Company로 평균 14.5회의 피인용 횟수를 보여 핵심적인 특허를 보유하고 있을 확률이 가장 높은 것으로 분석되었다. ExxonMobil Research and Engineering Company, The United States Department of Energy, Combustion Engineering Inc., UHDE GMBH 등도 평균피인용수의 평균보다 많이 인용되고 있어 경쟁자들의 연구개발에 많이 인용되고 있음이 나타났다. 반면에 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.의 경우 평균피인용수는 5.1회에 불과하였으나 평균인용수는 11.6회로서 특허 출원을 위해 다른 특허권자의 특허기술을 많이 모니터링 하는 것으로 나타났다.

3.3.3. 시장력 분석

하나의 발명에 대한 권리 보호를 위하여 세계 각국에 출원 또는 등록된 특허를 패밀리특허(family patent)라 한다. 패밀리특허의 수가 많다는 것은 특허를 통한 시장 확보 의지가 크다는 의미이므로 특허패밀리크기(PFS)를 바탕으로 시장확보력을 분석하였다. Figure 11은 주요 특허권자의 특허에 대

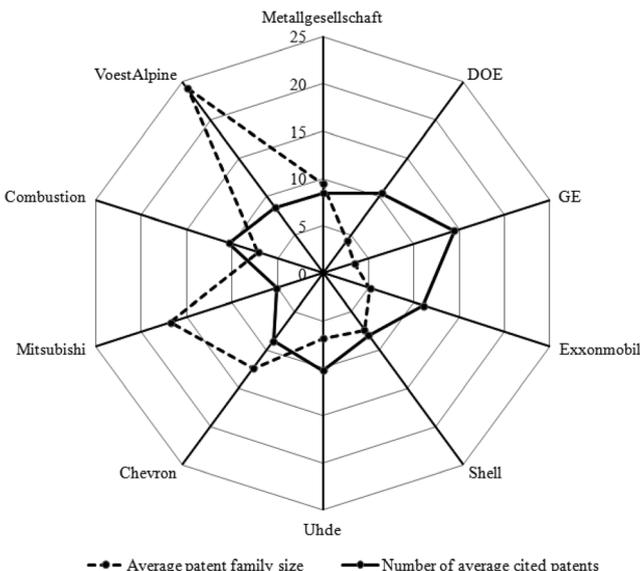


Figure 11. Market power analysis of major applicants.

한 특허패밀리크기와 인용도지수를 통해 살펴본 시장력 분석의 결과를 보인 것이다. VoestAlpine Industrieanlagenbau GMBH는 특허패밀리크기가 평균 24.1로 가장 큰 값을 보였으며 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.와 Chevron U.S.A. Inc. 역시 평균보다 많은 패밀리특허를 가진 것으로 분석되어 석탄가스화 기술에 대한 시장확보력이 큰 것으로 나타났다. Mitsubishi Heavy Industries Ltd.의 경우 시장확보력은 크지만 인용도지수가 평균값에 크게 못 미쳐 기술력은 높지 않다고 분석되었다. 반면에 General Electric Company는 기술력은 높으나 시장확보력이 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다.

3.4. 핵심 특허의 기술흐름도

석탄가스화 관련 특허에 대한 정성적인 분석을 통해 기술분야별 핵심 특허 및 특허권자 상호간의 관계를 살펴보고 전체적인 기술의 흐름을 파악하고자 하였다. 앞서 설명한 정량적인 분석의 결과를 바탕으로 각 기술 분야에 대한 핵심 특허를 파악하였다. 검색시점인 2010년도까지 특허권이 유지되고 있는 1990년도 이후에 출원된 특허를 대상으로 하여 특허패밀리크기(PFS)와 인용도지수(CPP)를 바탕으로 한 정량화를 통해 핵심 특허를 도출하였다. 미국등록특허뿐 아니라 정량화가 가능한 모든 특허를 대상으로 전체 특허 1,376건의 상위 10%에 해당하는 특허를 먼저 추리고 패밀리특허 가운데 대표 특허 1건씩만을 선별한 후 기술 분야별로 상위 10건씩의 특허를 핵심 특허로 도출하였다. 이상의 과정을 거쳐 핵심 특허를 도출한 결과, 석탄건조 및 가스화기 분야에서만 10건씩의 핵심 특허가 도출되었고 나머지 8개 기술 분야에서는 각각 소수의 특허만이 핵심 특허로서의 기준을 만족하였다. 석탄건조와 가스화기 분야를 제외한 나머지 분야를 한데 묶어 앞서 설명한 기준을 만족하는 상위 10개 특허를 추출하여 ‘기타 기술’ 분야의 핵심 특허로 도출하였다. Figure 12는 이러한 과정을 거쳐 도출된 기술 분야별 핵심 특허를 연도별로 나열한 기술흐름도이다.

석탄건조 분야에서 도출된 10개의 핵심 특허는 모두 서로 다른 특허권자가 소유하고 있는 것으로 나타났다. 핵심 특허 가운데 패밀리특허크기가 가장 큰 특허는 Great River Energy가 보유하고 있으며 인용도지수가 가장 큰 특허는 Fmi New-coal Inc.가 가지고 있는 것으로 분석되었다. 이 분야에서의 핵심 특허는 1992년부터 출원되기 시작하였으며 10개의 핵심 특허 중 7개의 특허가 2000년대에 출원된 것으로 나타났다. 석탄건조에 대한 특허로는 유동층 반응기 및 다단 건조로의 설계와 운전, 터빈발전 또는 가스화를 위한 연소과정과의 연계 등을 통한 공정의 개선 등에 대한 특허가 주를 이루고 있다.

가스화기 분야는 비교적 일찍부터 발전한 분야로서 1990년대 초반에 이미 상당수의 핵심 특허가 출원되었다. 가스화기 분야에서의 핵심 특허는 Shell Internationale Research Maatschappij 과 Mitsubishi Heavy Industries Ltd. 등 2개 특허권자가 모두 소유하고 있는 것으로 나타났다. Shell Internationale Research

Coal drying

1992	1997	1999	2003	2004	2005	2006	2008
EP00498289 VoestAlpine	JP19980281443 Mitsubishi	JP20010055582 Nippon Steel	US07537700 CRIEP	EP01616968 Kobe Steel	US20060075682 Great River Energy	US07497930 Suncoke Energy	KR20080092347 L'Air Liquid
				US07537622 Fmi Newcoal			
				US20060112617 CSIRO			

Gasifier

1990	1993	1996	1998	2006	2008
US05437699 Shell	JP19940264073 Mitsubishi	JP19980169413 Mitsubishi	JP19990210489 Mitsubishi	US07497930 Suncoke Energy	WO20090095365 Shell
EP00438822 Shell		US05997595 Mitsubishi		WO20060117355 Shell	
EP00400740 Shell					

Others

1994	1995	1996	1997	1998	2001	2002	2003
EP00618282 UHDE (Syngas cooling)	JP19960276113 Mitsubishi (Dust removal)	US05720785 Shell (Deacidification)	US05866091 Chevron (Deacidification)	WO19990012847 Chevron (Deacidification)	US20030181314 Chevron (Desulfurization)	US06964696 Chevron (Syngas cooling)	US20040237404 Alstom (CCS)
			US05937652 Abdelmalek (CCS)				US06938562 SenreQ LLC (CCS)

Figure 12. Technology flow chart for coal gasification.

Maatschappij가 2006년에 출원한 국제특허(WO20060117355)가 가장 많은 패밀리특허를 가지고 있으며 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.이 1996년에 출원한 미국특허(US05997595)가 가장 많이 인용되고 있는 것으로 나타났다. Shell Internationale Research Maatschappij는 가스화기의 효율 제고를 위한 방법에 관한 특허를 많이 출원하였으며 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.는 가스화기 내부에 장비를 효율적으로 배치하는 방법에 관한 특허가 많은 것으로 분석되었다.

기타 기술 분야에서는 1995년에 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.가 탈분진 기술에 대하여 출원한 특허(JP19960276113)가 가장 많은 패밀리특허를 가지고 있으며 1996년에 Shell Internationale Research Maatschappij가 출원한 탈산 기술에 대한 특허(US05720785)가 가장 많이 인용되고 있는 것으로 분석되었다. 기타 기술 분야에서 가장 많은 핵심 특허를 보유하고 있는 특허권자는 Chevron U.S.A. Inc.로 4건의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났다. 탈산과 탄소 포집/저장 분야의 핵심 특허가 많았으며 원료 및 산소공급과 계장 분야에서의 핵심 특허는 1건도 도출되지 않았다.

도출된 핵심 특허 30건 가운데 17건을 Shell Internationale Research Maatschappij, Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Chevron U.S.A. Inc. 등 3개 특허권자가 소유하고 있는 것으로 분석되어 이들의 기술 및 시장 경쟁력이 압도적임을 알 수 있었다. Shell Internationale Research Maatschappij가 7건의 핵심 특허

를 보유하고 있어 경쟁력이 가장 높은 것으로 나타났으며 그 다음으로 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.가 6건, Chevron U.S.A. Inc.가 4건 등의 순으로 많은 핵심 특허를 보유하고 있는 것으로 분석되었다.

4. 결론

석탄가스화 기술에 대하여 1970년대부터 2008년 9월 30일까지 출원 공개된 한국, 일본, 유럽, 국제 및 미국공개특허와 2010년 3월 30일까지 출원 등록된 미국등록특허를 대상으로 특허 분석을 실시하였다. 가스화(gasification), 가스화기(gasifier), 합성가스(syngas), 석탄가스(coal gas), 석탄(coal), 이산화탄소(carbon dioxide) 등의 검색어를 이용하여 WIPS, KIPRIS, US-PTO, EPO, IPDL 등의 데이터베이스를 검색한 결과, 일본특허 567건, 미국특허 492건, 유럽특허 116건, 국제특허 113건, 한국특허 88건 등 모두 1,376건의 특허가 검색되었다. 기술발전 초기에는 일본과 미국이 기술개발을 주도하였으나 2000년대 들어와서 연구 활동이 전 세계적으로 다변화되고 있으며 전체적인 기술의 발전단계는 특허건수와 출원인수가 모두 증가하는 발전기에 있는 것으로 분석되었다. 가장 많은 특허를 출원한 특허권자는 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.이고, 그 다음으로 Hitachi Ltd., Nippon Steel Corp., Babcock Hitachi KK, Shell Internationale Research Maatschappij 등의 순으로 출

원건수가 많았는데, 이들 5개사의 특허출원은 전체의 28.7%를 차지하였다. 모든 국가의 특허에 있어서 자국 내 특허권자에 의한 출원이 강세를 보였으며 국적별로는 일본인이 가장 많은 특허를 출원하였고 미국인이 그 다음의 순이었다. 세부 기술 가운데 가장 많은 특허가 출원된 분야는 가스화기 분야(589건)였으며 그 다음으로 석탄건조(261건), 탈분진(160), 탈황 분야(126건)의 순이었으며 이들 4개 분야의 특허는 전체 특허의 82.6%를 차지하였다.

미국등록특허에 기초한 인용도지수와 영향력지수는 General Electric Company, ExxonMobil Research and Engineering Company, The United States Department of Energy의 순으로 높게 나타나 원천특허의 보유를 통한 기술경쟁력이 높은 것으로 분석되었으며 기술력지수는 The United States Department of Energy, Shell Internationale Research Maatschappij, General Electric Company, Chevron U.S.A. Inc., ExxonMobil Research and Engineering Company의 순으로 높게 나타나 이들이 질적·양적으로 강한 기술경쟁력을 보유한 것으로 분석되었다. 또한 인용 관계 분석을 통해 General Electric Company, ExxonMobil Research and Engineering Company, The United States Department of Energy 등이 관련 분야 연구 활동이 활발하고 타출원인의 연구개발에도 많은 영향을 미친 것으로 나타났으며 VoestAlpine Industrieanlagenbau GMBH, Mitsubishi Heavy Industries. Ltd., Chevron U.S.A. Inc. 등은 많은 패밀리특허를 통해 강한 시장 확보 의지를 나타낸 것으로 분석되었다.

특허패밀리크기 및 인용도지수를 바탕으로 도출한 핵심특허를 분석한 결과 석탄건조 분야의 핵심특허의 소유는 여러 특허권자 사이에 고루 분산되어있는 반면, 가스화기 분야의 핵심특허는 Shell Internationale Research Maatschappij과 Mitsubishi Heavy Industries. Ltd. 2개 특허권자가 독차지 하고 있는 것으로 분석되었으며 기타 기술 분야에서는 Chevron U.S.A. Inc.이 가장 많은 핵심 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났다.

석탄가스화 기술은 석탄의 부가가치를 높일 뿐 아니라 오염물질 배출을 크게 줄이고 이산화탄소를 고순도로 포집하여 자원화할 수 있다는 장점을 지닌다. 이는 조만간 기존의 화력 발전을 대체할 것으로 전망되고 있는 석탄가스화복합발전과 연계하여 경제/환경적으로 그 중요성이 날로 커질 것으로 판단된다.

## 감 사

이 논문은 2010년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었습니다.

## 참고문헌

1. Moon, S. G., Kim, Y., and Jung, Y. H., "A Patent Analysis on Coal Gasification Technology Using Low Rank Coal," Report for 2010 Campus Patent Strategy Universiade, (2010).
2. Ra, H. W., Lee, S. H., Yoon, S. J., Choi, Y. C., Kim, J. H., and Lee, J. G., "Entrained Flow Coal Water Slurry Gasification," *Korean Chem. Eng. Res.*, **48**(2), 129-139 (2010).
3. Kim, H.-T., Lee, J. W., and Yun, Y., "Development Status of Coal Gasifier," *Chem. Ind. Technol.*, **13**(5), 459-465 (1995).
4. Yoo, Y. D., Yun, Y., Park, H. Y., and Ahn, D. H., "Gasification Characteristics in an Entrained Flow Coal Gasifier," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. (B)*, **21**(12), 1690-1700 (1997).
5. Lee, J. G., and Lee, S. H., "Coal Gasification Processes and R&D Status," *KIC News*, **11**(1), 26-37 (2008).
6. Cormos, C.-C., Starr, F., and Tzimas, E., "Use of Lower Grade Coals in IGCC Plants with Carbon Capture for the Co-production of Hydrogen and Electricity," *Int. J. Hydrogen Energy*, **35**, 556-567 (2010).
7. Matsuoka, K., Kajiwara, D., and Kuramoto, K., "Factors Affecting Steam Gasification Rate of Low Rank Coal Char in a Pressurized Fluidized Bed," *Fuel Proc. Technol.*, **90**, 895-900 (2009).
8. Maroto-Valer, M. M., Lu, Z., and Zhang, Y., "Sorbents for CO<sub>2</sub> Capture from High Carbon Fly Ashes," *Waste Manage.*, **28**, 2320-2328 (2008).
9. <http://search.wips.co.kr>
10. <http://www.kipris.or.kr>
11. <http://www.uspto.gov>
12. <http://www.epo.org>
13. <http://www.ipdl.ncipi.go.jp/homepg.ipdl>
14. Jo, H., Moun, S. G., Jo, Y. M., and Chung, Y., "A Patent Analysis on Impurity Removal and Catalysts for Crude Oil Purification," *Clean Technol.*, **16**(1), 1-11 (2010).