

멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 특허정보분석과 기술전략

이정구*

I. 서론

오늘날 인류의 생존과 직결되고 있는 문제 중 하나는 지구온난화이다. 인위적으로 발생하는 이산화탄소(CO₂) 농도의 증가는 지구온난화의 가장 큰 원인이다. 20세기 들어 인간의 경제활동 증가로 인해 엄청난 양의 이산화탄소가 대기 중에 방출되고 있다. 석유나 석탄 같은 화석연료를 태우면 탄소(C)와 산소(O)가 결합해 이산화탄소가 생성되기 때문이다. 이로 인해 지구의 기온이 인위적으로 올라가면 예기치 못한 기후 변화가 우려된다. 기후변화는 해수면의 상승, 강우량의 변화, 생태계의 구조 변화 등을 일으켜 인간과 생물의 생활환경, 인류사회에 심각한 악영향을 미치게 된다. 최근 미 국립해양대기국(NOAA)에 따르면 2015년 3월 지구 대기 중의 이산화탄소 농도의 월 평균치가 400.83 ppm을 기록해 대기 관측 이래 처음으로 400 ppm을 넘어서 지구온난화의 위험을 알리는 경고등이 켜지는 단계라고 발표하였다.

UN은 1992년 6월 브라질 리우환경회의에서 지구온난화에 따른 이상기후현상을 예방하기 위한 목적으로 ‘기후변화에 관한 국제연합 기본협약’(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)을 채택하고 회원국들이 힘을 합쳐 의무적으로 대표적인 온실가스인 이산화탄소의 발생을 줄이자는 결의했으며, 우리나라는 1993년 12월에 가입했다. 1997년에는 일본 교토에서 제3차 당사국 회의가 열려 1990년 기준 평균 5.2%(선진국 기준)의 온실가스를 의무적으로 줄이자는 교토의정서가 채택되었다. 교토의정서는 온실가스를 시장에서 거래할 수 있는 시장경제 개념을 도입하였는데 그 의미가 크며, 온실가스 배출을 줄이거나 처리하는 첨단기술을 많이 보유하고 있는 국가나 기업이 세계 경제에서 우위를 차지하게 될 수 있는 계기가 되었다.

우리나라는 OECD 국가로서 2010년 기준 세계 7위의 온실가스 배출국이지만 개도국으로 분류되어 2020년까지는 이산화탄소 감축에 대한 의무를 갖지 않는다. 그러나 국제사회는 우리나라에 대한 선진국 대열에 편입하거나 OECD 회원국으로서 중국, 인도 등과는 차별화된 감축행동을 요구하고 있다. 이에 우리나라는 2009년 8월 중기 감축목표를 제시하고 2009년 11월 대통령 주재 국무회의를 통해 2020년에 BAU 대비 온실가스 감축목표를 30%로 확정하였다. 이는 EU 개도국에 대해 요구하는 BAU 15~30% 감축 권고안 대비 최고 수준이며, 우리나라 정부의 저탄소 녹색성장을 위한 강한 의지 표명이라 할 수 있다. 또한 제18차 UN 기후변화 당사국총회에서 우리나라는 인천시에 녹색기후기금(Green Climate Fund) 사무국 유치를 확정하고 2014년부터 본격적인 활동을 추진하고 있으며, 지구온난화 해결을 위한 여러 가지 대안을 강구하고 있다.

현재 전 세계 각국은 기후 변화로 초래될 수 있는 지구적 재난을 막기 위해 온실가스의 주범인 이산화탄소 배출을 저감시킬 수 있는 다양한 연구개발을 활발하게 진행하고 있다. 이산화탄소 배출 감축 및 저감 기술로는 에너지 절약, 고효율 에너지 이용기술, 신에너지 및 청정에너지와 같은 비화석 연료 사용, 재생에너지 및 화석연료간의 전환기술, 생태 또는 생물학적 처리 기술, 이산화탄소(CO₂) 포집 및 저장 기술(CCS, Carbon Capture and Storage Technology) 등이 있다. 이 중에서 이산화탄소 포집 및 저장 기술(CCS)은 연료를 연소

* 이정구, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 042-869-1060, jglee@kisti.re.kr

또는 처리하는 과정에서 발생하는 CO₂를 대기 중에 방출하지 않고 포집, 회수하여 저장 또는 격리하는 기술로서 현재 CO₂를 감축 및 저감하는데 가장 유효하고 효율적인 기술로 알려져 있다. 특히 CCS 기술 중 이산화탄소 포집기술(Carbon Dioxide Capture)은 CCS 전체 비용의 70~80%를 차지하는 핵심기술이다.

따라서 본 논문에는 현재 전 세계적으로 연구 및 기술개발이 활발하게 진행되고 있는 CCS 포집기술 중 막분리법인 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술에 대한 특허정보를 분석하고 이를 통해 연구개발 동향 및 기술 전략을 제시하고자 한다.

II. 본문

1. 이산화탄소 포집기술(Carbon Dioxide Capture)

CCS 기술은 에너지를 얻기 위해 사용되는 화석연료 및 기타 탄소성분의 연료를 연소 또는 처리하는 과정에서 발생하는 CO₂를 대기 중에 방출하지 않고 포집, 회수하여 격리하는 모든 기술을 말한다. 이러한 CCS 기술은 CO₂ 배출원으로부터 CO₂를 포집하는 포집기술, 포집한 CO₂를 땅속 또는 해양에 저장하는 저장 기술로 구분할 수 있다. 비용은 연료의 종류와 적용, 국가 상황, 환경 규제 등에 따라 다르지만 일반적으로 포집기술 비용이 전체 CSS 비용의 약 70~80%를 차지한다.

CO₂ 포집기술에는 화력발전소의 배연가스(Flue Gas)와 같은 화석연료가 연소 후 발생하는 가스 혼합물로부터 CO₂를 포집하는 연소 후 기술, 연료를 연소하기 전 미리 연료를 반응 처리하여 CO₂와 수소(H₂)로 전환 후 CO₂/H₂ 혼합가스를 분리 또는 연소하여 배기가스 중 CO₂만을 용이하게 포집할 수 있는 연소 전 기술, 연료를 공기 대신 산소(O₂)만으로 연소시키는 순산소 연소기술 등으로 구분할 수 있다.

연소 후 기술(Post-combustion)은 CO₂가 분리되는 공정에 따라 크게 흡수법(Absorption), 흡착법(Adsorption), 막분리법(Membrane)으로 나눌 수 있다. 흡수법은 대량의 가스처리가 가능하고, 낮은 이산화탄소 분압에서도 처리가 가능하다는 장점이 있으나 탈기시 스팀을 사용하므로 에너지 소모가 다소 많이 요구된다. 흡수법은 물리적인 흡수법과 화학적인 흡수법으로 구분할 수 있다. 화학적인 흡수법은 이산화탄소와 반응하는 흡수제를 이용, 화학적 반응으로 흡수를 촉진시키는 방법으로 기존의 물리적 흡수 보다 많은 양의 가스를 처리할 수 있으며 낮은 이산화탄소 분압하에서도 효율적인 제거가 가능해 많이 이용되는 방법이다.

이산화탄소의 분리를 위한 흡착법은 고체상의 흡착에 표면과 흡착되는 흡착질간의 상호인력에 의하여 목적 성분을 분리하는 방법으로 흡착제와 흡착질의 인력 특성에 따라 물리흡착과 화학흡착으로 구분되나 대부분의 흡착과정에서 적용되는 흡착의 형태는 물리흡착이다. 물리흡착은 흡착제와 흡착질의 결합력이 화학흡착에 비하여 약하여 흡착제의 재생성이 양호하므로 이산화탄소의 분리과정에서는 대부분 물리적인 흡착 특성을 이용하고 있다. 또한 흡착법에 의한 이산화탄소의 분리 공정은 건식법으로 운전되므로 부식문제가 없으며, 설비의 가동 시간이 짧고, 조식이 간단하고 공정의 자동화가 가능하며, 장치가 흡수법에 비하여 작고, 흡착제의 수명이 길며 손실이 없다는 장점이 있어 연소 배가스로부터 이산화탄소를 분리하는데 적합한 공정이다. 그러나 이산화탄소의 농도가 낮은 경우 고농도로 농축하는 것이 어렵고 흡수법에 비해서는 에너지 소모가 적기는 하지만 역시 흡착열과 탈착열이 많으며, 대용량의 이산화탄소를 처리하는 경우 기술 축적이 제대로 되어 있지 못하다는 단점이 있다.

막분리 공정은 분리막을 이용한 기체 분리 기술로 상변화가 수반되지 않으므로 에너지의 소모가 적고, 공정의 조작 및 운전이 간단하며, 분리막 공정을 기존의 시설에 부설하여 이산화탄소의 처리량을 조절할 수 있

어 분리 대상 기체에 대하여 높은 선택성과 투과성을 가진다는 장점이 있어 흡수법, 흡착법과 더불어 지구온난화 기체 분리에 적합한 공정으로 평가받고 있다. 이산화탄소의 분리에는 폴리이미드, 셀룰로오스 아세테이트, 폴리술폰 등의 고분자막, 알루미늄, 실리카 등의 무기막과 액막의 세가지 종류의 막을 중심으로 연구되고 있다. 이 중에서 고분자 분리막에 의한 분리 기술은 어느 정도 실용화되어 기체 분리 공정에 이용되고 있다.

2. 특허정보분석의 이론적 배경

특허의 서지사항에는 특허의 출원 및 등록번호, 출원 및 등록 날짜, 출원인, 발명자, 인용관계의 논문 또는 특허, 특허패밀리 등과 같이 특허와 관련된 다양한 정보가 포함된다. 이러한 서지정보에 기반한 특허지표는 객관적이고 자동화된 산출이 용이하다는 점에서 널리 활용되어 왔다. 수많은 서지 정보 기반의 특허지표들이 개발되어 활용되어 왔지만, 정량적 특허분석 과정에서 활용된 특허지표들을 중심으로 이론적 개념에 대해 살펴본다.

인용정보 기반의 특허지표는 특허분석에서 가장 널리 사용되어온 것으로 다른 많은 후발 특허들에 의해 인용된 특허는 다른 특허들의 개발에 있어 영향을 끼친다는 가정에 기반한다. 따라서 특허인용 관계는 특허들 간의 상호 연관성뿐만 아니라 기술적 중요성을 해석하는데 이용이 된다. 발명자가 기존 특허들을 인용하는 의도에 대한 세부적 증거의 부족에도 불구하고 특허의 인용된 횟수와 기술적 중요성 간에 상관관계가 있다는 것은 몇몇 연구를 통해 증명된 바 있다.

대표적으로 사용되는 인용정보 기반의 특허 지표로는 인용도 지수(Cites Per Patent; CPP), 영향력 지수(Patent Impact Index; PII), 기술력 지수(Technology Strength; TS)와 같이 기술의 질적 우수성 및 출원인의 기술 역량을 평가하기 위한 지표들이 있다. CPP는 특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값으로, 이 값이 클수록 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있다는 의미이다. 또한 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있다고 볼 수 있다. PII는 한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서 특정 출원인이 소유한 기술의 질적 수준을 측정하는 지수이다. PII가 1이면 평균 인용 빈도임을 나타내고, PII가 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용됨을 나타낸다. TS는 기술력 지수가 클수록 해당 국가(또는 연구자)의 기술력이 높다는 것을 나타낸다. 이러한 인용 기반의 지표들은 특허의 질적, 양적 평가기준으로 삼으며, 기업의 기술 역량에 대한 분석, 기업 전략의 분석, 연구 결과에 대한 성과평가의 목적에 활용되고 있다.

인용관계의 정도를 이용하면 핵심 특허일 가능성이 높은 특허들을 정량적인 방법으로 찾아내는 것도 가능하다. 특허가 후방인용(Forward Citation)이 많다는 것은 다른 특허들이 그 특허를 많이 참고하여 개발되었다는 의미로 이해될 수 있으며 따라서 원천특허일 가능성이 높음을 의미한다. 반면, 어떤 특허가 전방인용(Backward Citation)이 많다는 것은 다른 특허들의 내용을 많이 참고하고 그 특허가 개발되었다는 의미로 이해될 수 있으며, 그 특허는 기존의 방법들보다 진보된 방법일 가능성이 높다고 볼 수 있다. 시장확보 지수를 측정하기 위해서는 특허패밀리 수(Patent Family Size)가 활용된다. 패밀리 특허는 하나의 특허출원과 관련한 모든 특허 및 특허출원을 의미한다. 특허는 각 국가의 영토 내에서만 특허권의 효력이 미치기 때문에 특허권자는 권리를 받고자 하는 모든 나라에 특허출원을 하여 등록을 받아야 한다. 해외에서 발명을 보호 받기 위해서는 막대한 비용이 소모되므로 특정 특허의 패밀리 특허를 이루는 국가 수가 많다는 것은 그만큼 그 특허가 시장가치가 있고 중요하다는 것을 반영한다고 볼 수 있다.

3. 특허정보분석 범위 및 분석기준

본 논문은 <표 1>과 같이 분석대상 데이터베이스 및 분석 기간을 선정하였다. 특허분석은 CSS를 활발하게 연구하고 있는 국가들인 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국, 캐나다를 대상으로 하였으며, 분석대상 DB는 LexisNexis Patent을 사용하였다. LexisNexis는 세계 최대 법률 관련 DB를 보유하고 있는 특허 포털서비스 기업으로 KISTI에서 Source를 도입하여 사용하였다. 본 논문의 특허정보 분석을 위한 Tool은 KISTI에서 구축한 정보분석시스템인 KITAS를 사용하였다.

<표 1> 국가별 분석구간

국 가	사용 DB	정보분석 TOOL	분석범위(기간)
한국(KR)	* LexisNexis Patent	* KITAS(정보분석시스템)	1994.01~2013.12 (20년 기준)
미국(US)			
일본(JP)			
유럽(EP)			
중국(CN)			
캐나다(CA)			

다음으로 <표 2>는 멤브레인을 이용한 특허정보 분석을 위한 기술분류 및 키워드를 나타낸 것이다. 기술 분류 및 키워드는 CCS 멤브레인 전문가 그룹인 대학교수 및 국책연구소의 박사급 연구원의 자문을 받아 작성하였다.

<표 2> 분석대상의 기술 분류 및 키워드

대분류	중분류	소분류(13개)	키워드
멤브레인	분리막 소재	고분자분리막	Polymer, Polymeric
		무기막	Inorganic, Ceramic, Zeolite, Carbon, Silica, Metal organic
		혼성막	Hybrid, MMM(Mixed matrix membrane)
		기타 막 (촉진수송, 이온성액체)	Facilitated transport, Ionic liquid
	분리막 공정	연소배가스 회수공정	Post combustion
		천연가스 정제공정	Natural gas
		바이오가스 정제공정	Bio gas
		기타 공정(막접촉공정)	Contactora, Adsorbent, Absorbent
	분리막 모듈	중공사형	Hollow fiber, Capillary
		평판형	Flat sheet, Plate &Frame
		나권형	Spiral wound
		관상형	Shell & Tube, Tubular
		기타 모듈(모노리스형 모듈)	Monolith

검색식의 구성은 먼저 CCS 멤브레인에 대한 공통 검색식을 작성하였으며, 그 다음으로 세부 기술별 검색식을 작성하였다. 공통검색식과 세부 기술별 검색식을 연산자(AND)를 이용하여 검색 결과를 수행하였다. <표 3>은 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 세부 기술별 검색식을 나타낸 것이다.

<표 3> 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집 기술의 세부 기술별 검색식

세부기술	검색식
CCS 멤브레인(공통)	(TS=(("carbon dioxide" or carbondioxid* or carbon_dioxid* or carbon-dioxid* or CO2 or acid-gas* or "acid gas*" or acid_gas* or acid-gas*) and (CCS or ((carbon or CO2) near/5 (captur* or eliminat* or seperat* or separat* or remov* or absor* or adsor* or desor* or collect*))) and (membran* or *membrane or filtration* or filter* or film*))) AND 문서 유형=(Article) 데이터베이스=SCI-EXPANDED 기간=1994-2014
고분자막	TS=(polyme* or polymer* or polymeric*)
무기막	TS=(inorgani* or cerami* or zeolit* or silica* or Metalorganic* or metal-organic* or "metal organic*")
혼성막	TS=(hybrid* or MMM or ("Mixed* matrix* membran*"))
기타막 (촉진수송, 이온성 액체)	TS=(("Facilit* transport*") or ("ion* liquid*"))
연소배가스 회수공정	TS=(post-combustion* or "post combustion*" or postcombustion* or pcc)
천연가스 정제공정	TS=("natural* gas*" or naturalgas* or natural-gas*)
바이오가스 정제공정	TS=(bio-gas* or biogas* or "bio* gas*")
기타공정(막접촉)	TS=(contact*)
중공사형(모세관) 모듈	TS=((Hollow* fiber*) or (capillar*))
평판형 모듈	TS=(flat sheet* or flat-sheet* or "flat* sheet*" or "plate* frame*" or plate frame*)
나권형모듈	TS=(spiral wound* or spiral-wound* or "spira* wound*")
관상형 모듈	TS=(shell tub* or (shell-tub*) or tubular* or ("shell* tub*"))
모노리스형 모듈	TS=(monolith*)

다음으로 <표 4>는 특허정보 분석 검색 및 데이터 분석건수를 나타낸 것이다. 노이즈 제거는 노이즈 처리 기준을 세워놓고 초록 및 기술개요에 대한 스크리닝 과정을 거쳐 관련성이 낮은 특허들을 제거하였다. 노이즈 제거 후에 총 827개의 특허건수를 대상으로 특허정보 분석을 수행하였다.

<표 4> 특허정보 분석 검색 및 데이터 분석건수

대분류	중분류	소분류(13개)	검색건수	분석건수	노이즈 제거건수
멤브레인 (827건)	분리막 소재 (299건)	고분자분리막	252건	132건	120
		무기막	276건	128건	148
		혼성막	74건	13건	61
		기타 막 (촉진수송,이온성액체)	69건	26건	43
	분리막 공정 (431건)	연소배가스 회수공정	5건	5건	0
		천연가스 정제공정	197건	127건	70
		바이오가스 정제공정	148건	116건	32
		기타 공정(막접촉공정)	267건	183건	84
	분리막 모듈 (97건)	중공사형	84건	51건	33
		평판형	54건	33건	21
		나권형	4건	2건	2
		관상형	23건	11건	12
		기타 모듈 (모노리스형 모듈)	9건	0건	9

<표 5> 특허분석 지표

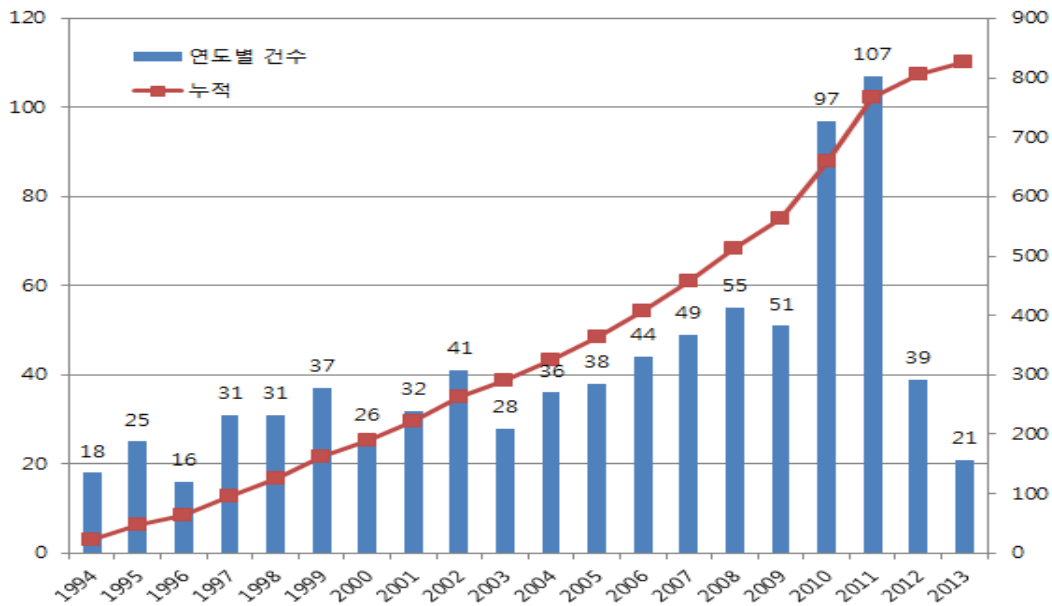
지표	의미	정의
인용도 지수 (Cites Per Patent)	인용도 지수 \propto 영향력	CPP=피인용수/특허건수
영향력 지수 (Patent Impact Index)	상대적 영향력	PII=해당국가의 피인용비/전체피인용비
기술력 지수 (Technology Strength)	기술력	TS=특허건수*영향력지수
시장확보 지수 (Patent Family Size)	시장확보지수 \propto 시장 크기	PFS=해당출원인 평균특허 Family수 /전체평균 특허 Family수
과학적 연계성 (Science Linkage)	기초과학과의 연계성	SL=인용 비특허 문헌수/특허건수

<표 5>는 특허분석 지표를 나타낸 것이다. 인용도지수(CPP), 영향력지수(PII), 기술력지수(TS), 시장확보지수(PFS) 및 과학적 연계성(SL) 등의 특허지표는 특허정보 분석에 있어서 질적 평가를 위해 일반적으로 사용되는 자료로서 미 상무성 기술정책국, OECD 등에서 발간하는 다수의 기술정책 관련 보고서에서 활용되고 있다.

4. 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 특허정보분석

1) 연도별 특허출원 분석

CCS 멤브레인의 연도별 특허출원을 살펴보면 1990년대부터 꾸준히 증가하다가 2010년도에 급격한 증가를 보였다. 이러한 경향은 2010년 출원 건수 97건 중 중국이 44건을 출원함으로써 중국의 부상과 미국 UOP LLC가 천연가스 정제공정과 증공사형 모듈 특허를 많이 출원하였기 때문으로 분석되었다. 세부기술별로는 천연가스 정제공정 19건, 무기막 18건, 고분자분리막 17건, 막접촉 공정 14건, 증공사형 모듈 7건 순으로 나타났다. (그림 1)은 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 연도별 특허출원 추이를 나타낸 것이다.

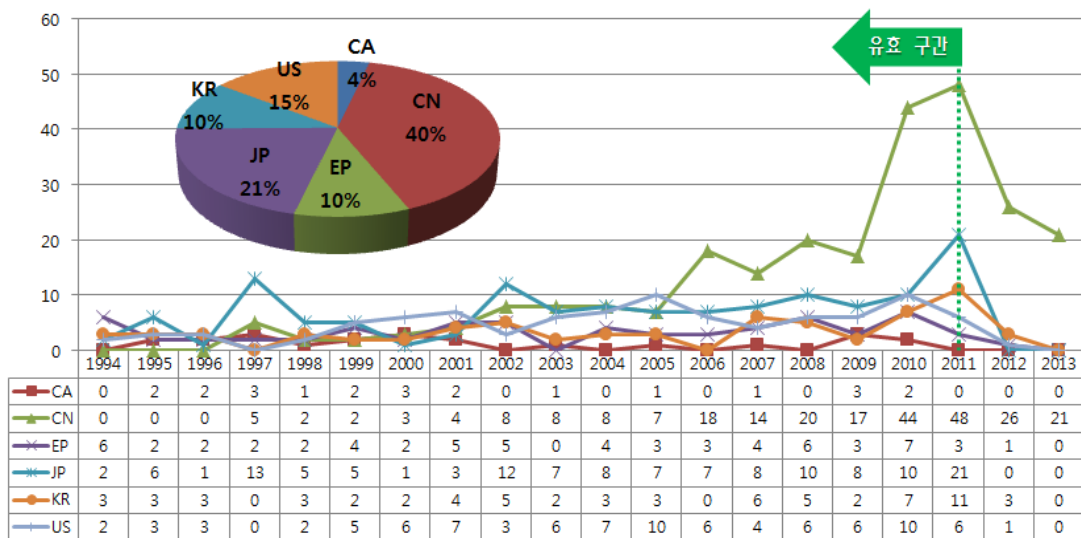


(그림 1) CCS 멤브레인 연도별 특허출원 추이

2) 국가별/연도별 특허출원 분석

국가별/연도별 특허출원을 살펴보면 중국이 40%, 일본이 21%, 미국이 15%, 유럽이 10%, 한국이 10% 순으로 나타났다. 2000년 중후반부터 특허 출원이 급속히 증가하기 시작한 이유는 지구 온난화를 인한 기후변화 대응이 국제 및 국내의 최우선 의제로 부상하여 이에 따른 연구개발 및 특허 출원이 활발하게 이루어진 것으로 예측된다. 한국, 일본, 미국 및 유럽 등 대부분의 국가의 경우 특허출원 후 1년 6개월 이후에 공개하는 제도를 택하고 있기 때문에 특허가 모두 공개되는 시점에 재조사를 할 경우 특허 건수는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

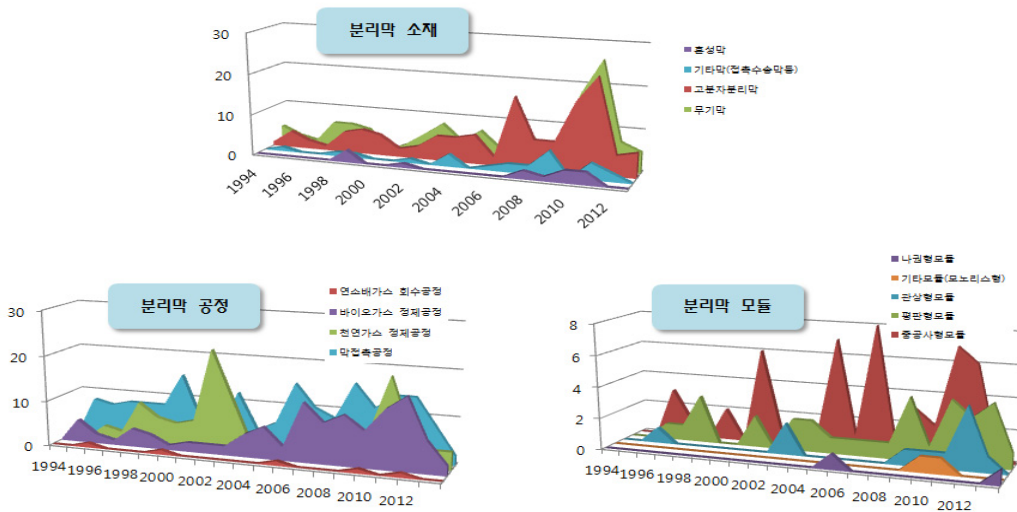
(그림 2)는 CCS 멤브레인 국가별/연도별 특허출원 추이를 나타낸 것이다.



(그림 2) CCS 멤브레인 국가별/연도별 특허출원 추이

3) 세부기술별/연도별 특허출원 분석

세부기술별/연도별 특허출원을 살펴보면 분리막 공정분야 427건(50%), 분리막 소재분야 297건(40%), 분리막 모듈분야 98건(10%) 순으로 나타났다. 분리막 공정분야는 2010년 전까지 연구개발이 꾸준히 진행된 것으로 나타났고, 최근에는 분리막 소재 및 모듈분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 것으로 조사되었다. (그림 3)은 CCS 멤브레인의 세부 기술별/연도별 특허출원 추이를 나타낸 것이다.



(그림 3) CCS 멤브레인 세부 기술별/연도별 특허출원 추이

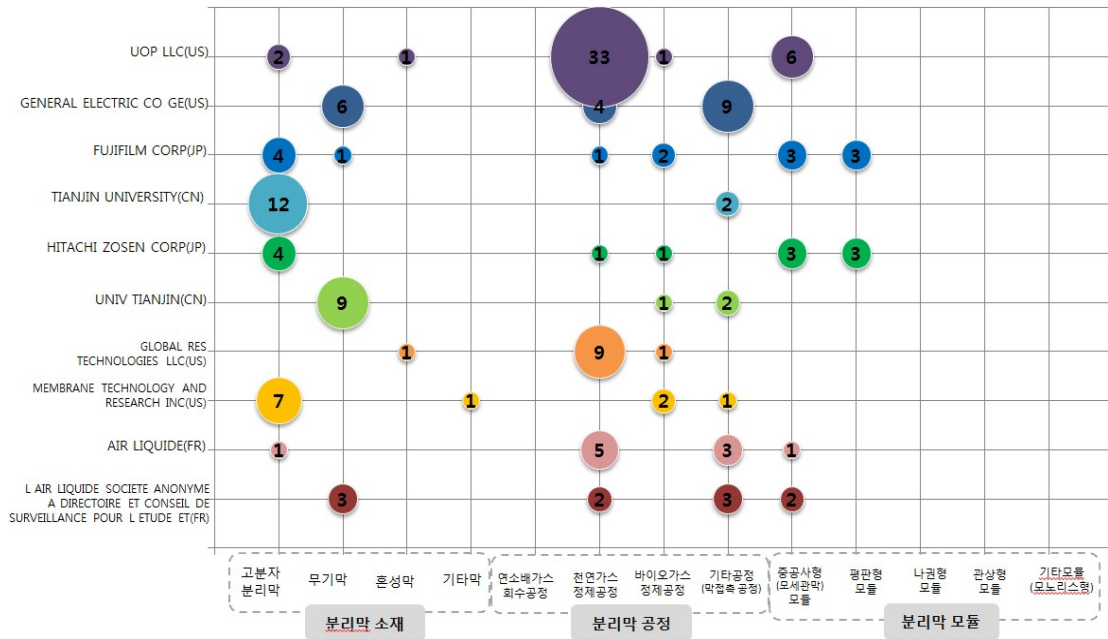
세부기술별로 살펴보면 분리막 공정분야 중에서는 막집속 공정(182건), 천연가스 정제공정(124건), 바이오가스 정제공정(116건) 순으로, 분리막 소재분야 중에서는 고분자 분리막(132건), 무기막(128건), 혼성막(13건) 순으로, 분리막 모듈분야에서는 중공사형 모듈(51건), 평판형 모듈(32건), 관상형 모듈(11건) 순으로 나타났다.

4) 국가별 주요 상위 출원인 분석

국가별 상위 주요 출원인을 살펴보면 한국의 경우 화학연구원, 에너지기술연구원, KIST, 고려대학교, 포항제철 순으로 나타났고, 일본의 경우 Fuji film, Hitachi, NGK Insulators, Mitsubishi, Sumitomo Electric, Toshiba 순으로, 미국의 경우는 UOP LLC, General Electric, Global Res Technologies LLC, Membrane Technology and Research, Porocrit LLC 순으로, 중국의 경우는 Tianjin University, Zhejiang University, Dalian Technology University 순으로 나타났다.

5) 세부기술별 주요 출원인 분석

(그림 4)는 세부기술별 주요출원인 분포도를 나타낸 것이다. 고분자 분리막은 중국의 Tianjin University(12건), 미국의 Membrane Technology and Research(7건)이었다. 무기막은 중국의 Tianjin University(9건), 미국의 General Electric(6건)으로 나타났다. 천연가스 정제공정은 미국의 UOP LLC(33건), Global Res Technologies LLC(9건)으로 나타났으며, 중공사형 모듈은 미국의 UOP LLC(6건), 일본의 Fuji film(3건), Hitachi(3건) 순으로 나타났다.



(그림 4) CCS 멤브레인 세부기술별 주요출원인 특허출원 분포

6) 출원인 국적별/연도별 기술영향력 분석

출원건수와 관련된 정량분석 이외에도 인용도-피인용도, 특허 패밀리 규모 등을 활용하여 출원인 별 특허 영향력 지수, 국가별 기술력 지수, 국가별 시장-영향력 관계, 특허 인용-피인용 관계 등을 파악할 수 있다. 다만, 한국, 일본, 유럽 등에서는 인용-피인용 관계 정보가 없거나 명확하지 않기 때문에 본 논문에서는 미국에서 출원된 특허만을 대상으로 하여 분석을 수행하였다. 따라서 인용 관계에 기반한 특허 지표 분석은 미국 시장에서의 해석이며 전체 국가의 특징을 보여주는 것은 아니므로 유의할 필요가 있다.

먼저, 미국의 등록특허를 기준으로 출원인의 국적별/연도별 기술영향력을 5년 단위로 구간을 두어 살펴보면 영향력 지수(PII)는 1994년~2000년 사이에는 노르웨이(3.62), 독일(3.54), 네덜란드(2.61), 프랑스(1.05), 미국(0.78)순으로, 2001년~2010년 사이에는 캐나다(1.6), 미국(0.16), 프랑스(0.12), 일본(0.08)순으로 나타났다. 기술력 지수(TS)는 1994년~2000년 사이에는 미국(10.14), 노르웨이(3.62), 독일(3.54), 네덜란드(2.61), 프랑스(2.1)순으로, 2001년~2010년 사이에는 미국(2.4), 캐나다(1.6), 프랑스(0.6)순으로 나타났다. <표 6>은 미국 등록특허를 기준으로 출원인의 국적별/연도별 기술영향력 지수를 나타낸 것이다.

<표 6> 미국 등록특허 기준, 출원인의 국적별/연도별(5년 구간) 기술영향력 지수

구분	국가별등록건수			영향력지수			기술력지수		
	1994-2000	2001-2005	2006-2010	1994-2000	2001-2005	2006-2010	1994-2000	2001-2005	2006-2010
US	13	15	8	0.78	0.16	0.05	10.14	2.4	0.4
JP	2	1	2	0.15	0.08	0	0.3	0.08	0
DE	1			3.54			3.54		
FR	2	5	1	1.05	0.12	0	2.1	0.6	0
NL	1			2.61			2.61		
NO	1			3.62			3.62		
CA		1			1.6			1.6	

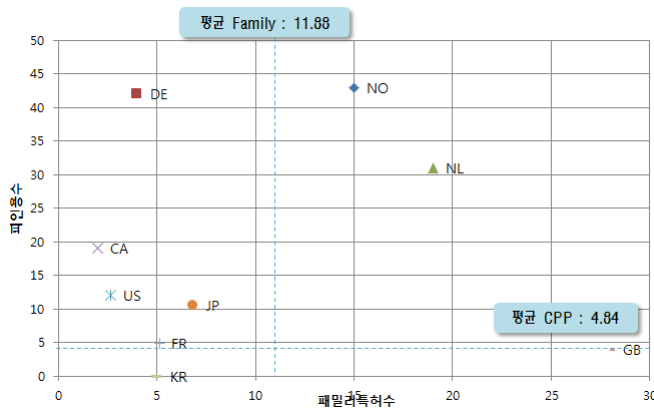
7) 출원인 국적별 피인용/영향력지수 분석

특허의 피인용 횟수를 활용하여 특허 영향력을 평가할 수 있다. 특허당 피인용 수(CPP)는 분석 대상의 특허가 이후의 기술혁신 활동에 어느 정도 영향을 미쳤는가를 간접적으로 보여주는 지표로써, 개별 특허의 기술적 중요성과 특정 국가 또는 기업의 기술 혁신 활동의 수준 및 가치를 나타내고 있다. <그림 7>과 같이 출원인별로 살펴보면 특허수는 미국 자국민이 37건, 프랑스인이 8건, 일본인이 6건순으로 나타났다. 피인용 지수(CPP)는 NO 특허가 43, DE 특허가 42, NL 특허가 31, CA 특허가 19, US 특허가 12순이며, 영향력지수(PII)는 NO 특허가 8.88, DE 특허가 8.68, NL 특허가 6.4, CA 특허가 3.93, US 특허가 2.48 순으로 나타났다. 특허 영향력 지수는 노르웨이, 독일, 네덜란드, 캐나다, 미국 순으로 나타났다. <표 7>은 미국 등록특허 기준, 출원인의 국적별 피인용/영향력 지수를 나타낸 것이다.

<표 7> 미국 등록특허 기준, 출원인의 국적별/연도별 기술영향력 지수

구분	특허수	인용도 지수(CPP)	영향력지수(PII)
US	37	12	2.48
FR	8	4.86	1.01
JP	6	10.5	2.17
GB	2	4	0.83
CA	1	19	3.93
DE	1	42	8.68
KR	1	0	0.00
NL	1	31	6.40
NO	1	43	8.88

8) 출원인 국적별 피인용/시장력 확보지수 분석



구분	인용도 지수 (CPP)	Family 특허
NO	43	15
DE	42	4
NL	31	19
CA	19	2
US	12	2.65
JP	10.5	6.83
FR	4.86	5.13
GB	4	28
KR	0	5

(그림 5) 미국 등록특허 기준, 출원인의 국적별 피인용/시장력 확보지수

(그림 5)는 미국 등록특허 기준, 출원인의 국적별 피인용/시장력 확보지수를 나타낸 것이다. 한 발명에 대한 각 국가마다 출원된 특허를 Family Patent라 지칭한다. 해당 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장 확보력의 지표로 사용된다. (그림 5)는 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 국가별 시장 확보 지수와 특허당 피인용도를 맵핑한 결과이다. 본 그래프에서 보듯이 노르웨이 및 네덜란드는 시장확보

지수와 특허당 피인용도가 모두 높아 특허의 시장성과 기술력 모두가 우수한 것으로 판단된다. 독일 및 캐나다의 경우는 피인용도가 높아 기술력이 우수한 것으로, 그리고 영국의 경우는 시장성이 우수한 것으로 나타났다. 반면에 한국, 프랑스, 일본은 다른 나라에 비해 시장성과 기술력이 낮은 것으로 나타났다.

9) 핵심기술 지표 및 관련 특허 분석

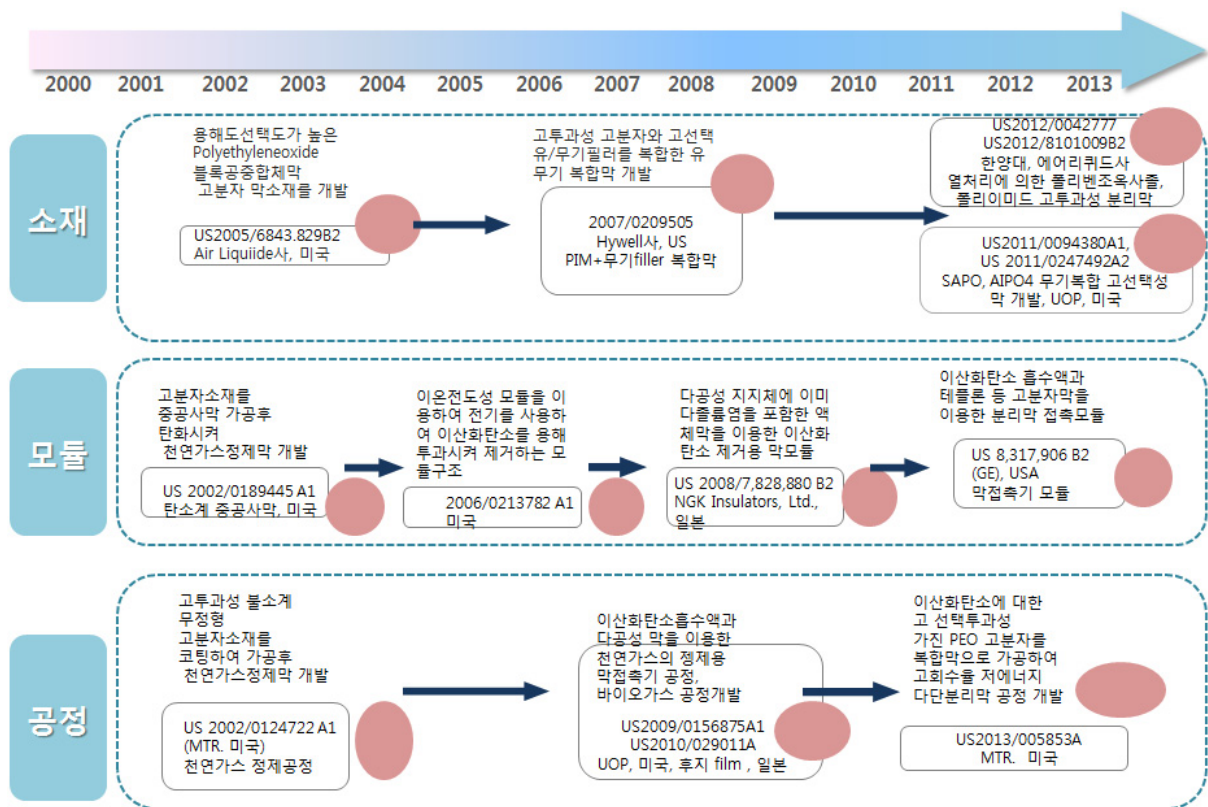
<표 8>에서 보듯이 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 기술개발 핵심은 소재의 분리 성능, 모듈의 가격, 공정 효율로 요약할 수 있다. 멤브레인 소재의 분리성능과 관련된 특허 동향을 살펴보면 이산화탄소 투과도 향상, 이산화탄소/질소 선택도 향상, 내구성 향상에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 멤브레인 모듈의 가격과 관련된 특허동향은 모듈 구조의 개선에 대한 연구, 그리고 멤브레인 공정의 효율에 관련된 특허동향은 이산화탄소 회수율 향상과 이산화탄소 농축순도 향상에 대한 연구가 주를 이루고 있다.

<표 8> 멤브레인을 이용한 이산화탄소 포집기술의 핵심기술 지표 및 관련특허

개발 핵심요인	개발 목표	개발 방향	관련 특허
① 소재의 분리 성능	이산화탄소 투과도 향상	고분자 화학구조에 PEO소재 도입, 불소계폴리이미드 공중합체, PIM(polymer Intrinsic micro-positivity), TR(Thermal rearrangement PBO)구조 도입 등 개선	US741052B1, US2009/0227744, US2013/0014642A, US2007/0209505A1, US2012/0042777
	이산화탄소/질소 선택도 향상	MgO복합소재, SAPO소재, AIPO소재, 제올라이트Y 소재, MOF 등 무기소재 분자구조 개선, 기타 촉진수송막 도입	US2011/0094380A, US6383258B, US8262779B2, US2011/8066800B2, US2012/8262779
	내구성 향상	폴리이미드, 폴리설폰 고분자소재에 PIM, SSZ-13분자체 등 고분자/무기소재 등을 복합시켜 가공성 및 투과특성 향상	US2007/0209505, US2012/0042780A1, US2007/0199445A1
② 모듈의 가격	모듈구조의 개선	불소계폴리이미드공중합체, 탄화폴리이미드, 유무기 복합(MMM) 소재 등을 이용 중공사막으로 가공 기술 개발	US2013014642A1, US2005/752767382, US2009/7527673B2, US2012/8101009B2
		이산화탄소 흡수액 및 테플론 중공사막을 이용한 분리막 접촉모듈개발, 이산화탄소이온 전도성 모듈, 다공성지지체에에미다졸륨염을 포함 복합막 모듈 구조 개선	US2006/0213782A1, US2008/0143014, US2009/0178557,
③ 공정의 효율	이산화탄소 회수율 향상	다단 재순환 막분리공정 효율개선, 이산화탄소 선택성/역선택성막모듈의 배열개선, Sweep가스이용 다단막분리공정 효율화	US2012/0247330A, US2011/0268618A, US2012/8551226B2, US2007/0084344A1, US2013/0058853A1
	이산화탄소 농축순도향상	분리막과분자체 이용 흡착공정, 저온 냉각공정, 흡수공정 등을 도입한 혼성공정화, 다양한 흡수제를 이용한 막흡수접촉기 공정의 도입	US2012/0847330A, US66,6486944B, US20120085232A1, US20110290111A1, US2013/028422A1

10) 핵심특허 및 기술발전도

(그림 6)은 CCS 멤브레인 소재/모듈/공정별 핵심특허 및 기술 발전도를 나타낸 것이다. 멤브레인 소재분야의 발전도를 살펴보면 미국의 Air Liquide사의 US2005/684382982가 핵심특허이며, 용해도 선택도가 높은 Polyethyleneoxide 블록공중합체 고분자 막소재 개발로 나타났다. 그 이후에는 미국 Hywell사의 US2007/0209505로 고투과성 고분자와 고선택 유/무기필러를 복합한 유무기 복합막 개발로 나타났다. 그 다음으로는 US2012/0042777, US2012/81010982가 핵심특허로 열처리에 의한 폴리벤조옥사졸, 폴리아미드 고투과성 분리막 개발과 US2011/0094380A1, US2011/0247492A2 특허로 무기복합 고선택성막 개발로 나타났다.



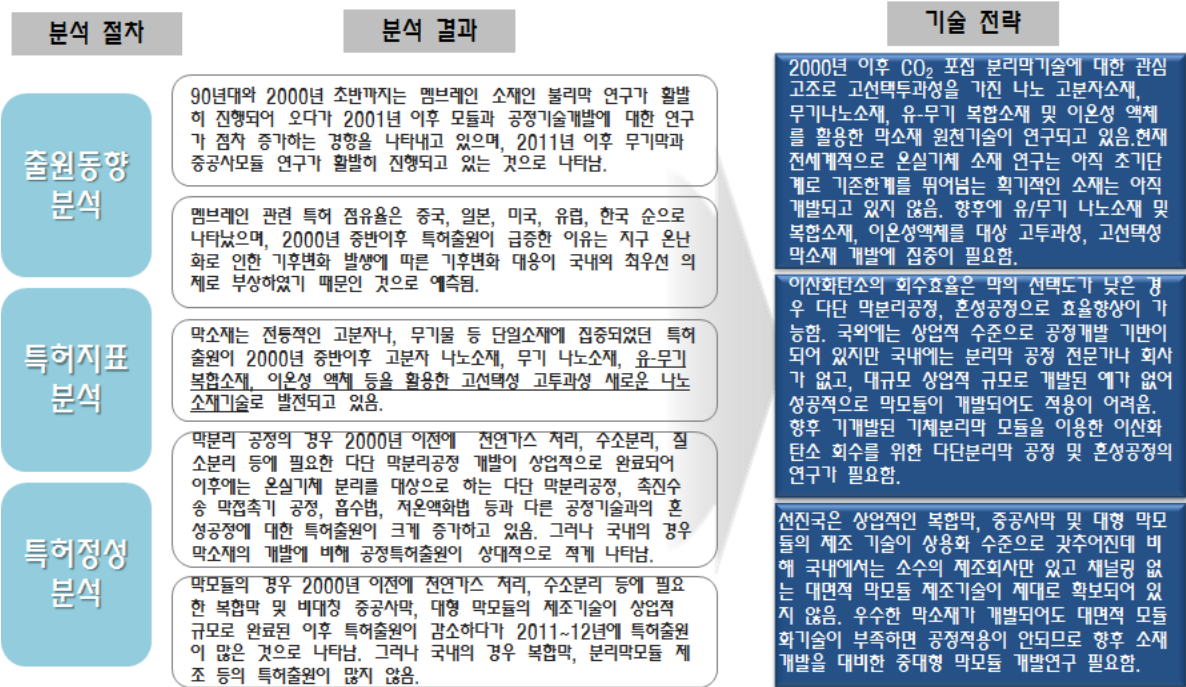
(그림 6) CCS 멤브레인 소재/모듈/공정별 핵심특허 및 기술 발전도

멤브레인 모듈분야의 기술발전도를 살펴보면 US2002/0189445A1가 핵심특허이며, 고분자소재를 공중사막 가공후 탄화시켜 천연가스 정제막 개발, 그 후에는 일본 NGK의 US2008/7828880B2가 핵심특허로 다공성 지지체에 이미다졸륨염을 이용한 이산화탄소 제거용 막모듈 개발, 그 다음으로는 미국 GE사의 US8317906B2가 핵심특허로 이산화탄소 흡수액과 테플론 등 고분자막을 이용한 분리막 접촉 모듈 개발로 나타났다.

멤브레인 공정분야의 기술발전도를 살펴보면 미국 MTR사의 US2002/0124722A1가 핵심특허로 고투과성 불소계 무정형 고분자 소재를 코팅하여 가공 후 천연가스 정제막 개발, 그 후에는 미국 UOP사의 US2009/0156875A1, 일본의 후지필름사의 US2010/029011A가 핵심특허로 이산화탄소 흡수액과 다공성 막을 이용한 천연가스의 정제용 막 접촉기 공정, 바이오가스 공정개발로 나타났다. 그 다음으로는 미국 MTR사의 US2013/005853A가 핵심특허로 이산화탄소에 대한 고 선택투과성을 가진 PEO 고분자를 복합막으로 가공하여 고효수를 저에너지 다단분리막 공정개발로 나타났다.

11) 기술분석 및 미래기술전략 제시

앞선 단계에서 수행한 특허출원 분석, 특허지표 분석, 특허 정성분석을 통해 기술분석 결과를 도출하였고, 이를 통해 미래기술 전략을 제시하였다. (그림 7)에서는 특허 분석 결과와 기술전략 간의 상관관계를 나타내었다. 미래기술 전략으로는 유/무기 나노소재 및 복합소재, 이온성 액체를 대상으로 한 고투과성, 고선택성 막소재 개발에 대한 연구, 기체분리막 모듈을 이용한 이산화탄소 회수를 위한 다단분리막 공정 및 혼성공정에 대한 연구, 그리고 향후 소재개발을 대비한 중대형 막모듈 개발에 대한 연구가 필요한 것으로 제시되었다.



(그림 7) CCS 멤브레인의 기술분석 및 미래기술전략 제시

III. 결론 및 추후 연구

중장기적인 관점에서의 기술전략의 수립은 기업과 국가의 연구개발 프로세스에서 필수적인 단계가 되어가고 있다. 본 논문에서는 기술발전의 대리변수로 특허를 분석대상으로 하였다. 특허출원동향 분석, 특허지표 분석, 특허정성분석을 통해 기술분석 결과를 도출하였고, 이를 통해 기술전략을 제시하였다. 그러나 본 논문은 여전히 도전적인 과제들을 지니고 있다. 본 논문에 사용된 특허데이터의 범위는 1994.1~2013.12년으로 특허분석 결과가 현재의 기술양상과 일치하지 않을 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 최신이 특허를 수집하여 동일한 절차에 따라 연구를 수행해야 할 것이다. 또한 기술발전의 대리변수로 논문을 대상으로 분석을 수행한 후 논문 및 특허 기술의 상관 관계를 분석함으로써 2020년 발효될 신기후체제에 대한 전략을 마련하고 기술개발 전략을 제시할 필요가 있다.

참고문헌

- 임경택, 배도용, 신남철 (1996), “지구환경과학”.
- 한국이산화탄소포집 및 처리연구개발센터 (2012), “더워지는 지구 그 원인과 대책”.
- 한국항공우주연구원 (2007), “항공우주 상식 하늘의 경계”.
- 청문각 (2013), “이산화탄소 포집, 저장 및 전환기술”.
- 한겨레신문 (2015.05.06.), “지구촌 이산화탄소 농도 400ppm 넘었다, 온난화 ‘빨간불’, NOAA.”
- Wigley, T.M.L, R. Richels (1996), “Nature”.
- IPCC Special Report (2005), “Carbon Dioxide Capture and Storage”.
- IEA Report (2012), “Energy Technology Perspectives”.
- R.W. Baker (2002), “Membrane Technology and Application”.
- M. Mulder (20196), “Basic Principle of Membrane Technology”.
- E.S. kim, D.U. Park (2002), “CO₂ 저감 비즈니스”, 한국과학기술정보연구원.
- J.S. Kim (2002), “CO₂ 회수처리기술과 각국의 연구개발 전략”, 한국과학기술정보연구원.
- T.C. Merkel, H. Lin, X. Wei and R. Baker (2010), J. Membr. Sci. 359, 126.
- H.P. Heish (1996), “Inorganic membranes for separation and reaction”.
- R. Gupta (2005), “Presentation at GCEP energy workshop carbon capture and sequestration” Stanford University.
- Ed. J.T. Houghton, G.I. Jenkins and J.J. Ephraums (1990), Climate Change, The IPCC scientific assessment, Cambridge University Press.
- 그린에너지 전략로드맵 특허분석, (2011).
- 특허청 (2009), “차세대 친환경 분리막 소재 및 응용기술 특허동향”.
- 한국과학기술정보연구원 (2013), “KITAS 사용자 매뉴얼”.
- 한국과학기술기획평가원 (2010), “이산화탄소 포집저장(CCS) 기술 현황과 정책동향”.
- 오성남, “기후변동에 대한 자연재해와 기후일탈의 예견”, 한국과학기술정보연구원.
- 위정호, 김정인 (2008), “국내 전력발전 및 산업 부문에서 탄소 포집 및 저장(CCS) 기술을 이용한 이산화탄소 배출 저감”, 대한환경공학회지 30권 9호.
- 윤창혁, 최성철 (2012), “특허정보분석과 시나리오 플래닝을 이용한 미래기술 전략의 수립”, 정보관리연구
- 조규태, 장래하, 유영한 (2013), “지구온난화와 환경요소인 광, 토양수분, 영양소가 상수리나무와 굴참나무의 생태 지위에 미치는 영향”, KJEE 46(3).
- 김태현, 정중재, 우창화 (2010), “기체분리용 고분자 멤브레인의 최근 개발 동향”, Membrane Journal, Vol. 20, No 4.
- 백일현, (2008), “청정발전 연계 고압 이산화탄소 분리형 연소전 이산화탄소 회수 기술개발 연구”, 한국에너지기술연구원.
- 박호범, 이영무, “이산화탄소 분리용 고투과 선택성 막소재의 개발”.
- 박상도 (2009), “이산화탄소 포집 및 저장기술”, 물리학과 첨단기술.
- 김경호, “이산화탄소 포집 및 저장”, 한국과학기술정보연구원, Market Report.
- 교육과학기술부, “이온성 액체를 이용한 차세대 이산화탄소 포집 기술 정보수집”.
- 서봉국, 김정훈 (2011), “연소후 이산화탄소 분리(CCS)를 위한 분리막 연구동향”, KIC News, Vol. 14, No. 3.