

KIER

기술정책 Focus

"국내 에너지기술혁신의 현주소"

1. 연구배경 및 목적 1
2. 국내외 3대 주요 에너지기술의 기술력 평가 5
3. 국내 에너지 기술혁신 평가 24
4. 결론 및 시사점 32

박수억, 이덕기, 구기관, 홍종철

Vol. 6, No.1

2012. 2.

KIER

기술정책 Focus

본 내용은 한국에너지기술연구원 미래전략정책실에서 연구한 내용으로
동 내용을 인용시 출처를 밝혀야 합니다.

편집자주

1 연구배경 및 목적

가. 연구배경

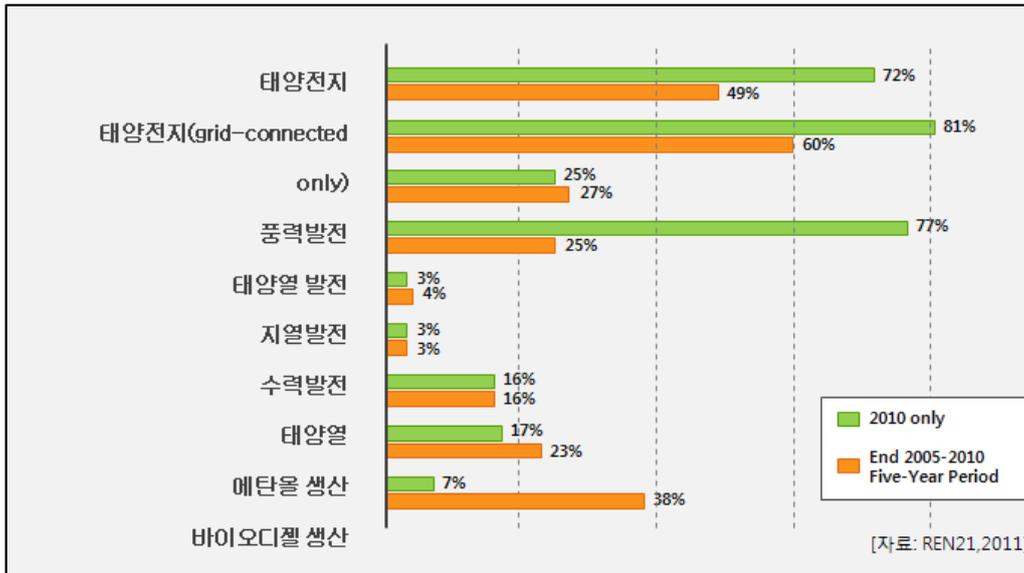
□ 에너지와 환경문제는 국가경제의 미래를 결정하는 주요변수로 부각

- 기후변화와 자원 위기가 현실 가능한 위협으로 등장하면서 에너지와 환경문제는 국가경제의 미래를 결정하는 주요변수로 부각
- 환경이 경제성장의 제약요인이 아닌 지속가능한 성장을 위해 필요한 새로운 기회요인으로 전환됨에 따라 에너지기술은 '저탄소화'와 '녹색산업화'에 기여하여, '환경보호'와 '에너지안보' 및 '경제성장'이 선순환 되는 새로운 성장동력으로 부상
- 유럽, 미국 등 주요 선진국을 중심으로 2000년대 이후 온실가스 감축이 미래의 후손에게 넘겨줄 유산 보존에 대한 노력의 일환으로 힘을 더해가는 현실 속에서 온실가스 저감기술개발 및 환경 규제를 통한 신성장 동력의 창출로 세계 시장을 선점하려는 노력이 배가되는 현실

□ 그린에너지기술 개발의 중요성 부각

- IEA 에너지 기술전망에 따르면 2050년 까지 온실가스 배출의 75%를 감축하기 위해서는 그린에너지기술 개발의 필요성이 무엇보다 중요
- 2050년 기술전망에서 기술개발의 우위성을 발휘해야 하는 기술은 에너지효율분야에서 38%, CCS 19%, 신재생에너지에서 17%등의 절감을 유도
- 전 세계 신재생에너지 생산에 있어서 2005~2010년간 PV, CSP, Solar 냉난방, 바이오연료 등의 성장율은 15%~50% 등으로 급속히 증가하였으나, 2011년부터 일부 산업(특히 태양광)은 각국이 지원하던 보조금 축소와 공급가격의 하락 등으로 침체기로 돌입

- 국제 기후변화 협상을 주도하던 유럽의 잇따른 재정위기에 따른 침체와 유럽 배출권거래제 시장의 배출권가격도 7달러/톤 까지 급락



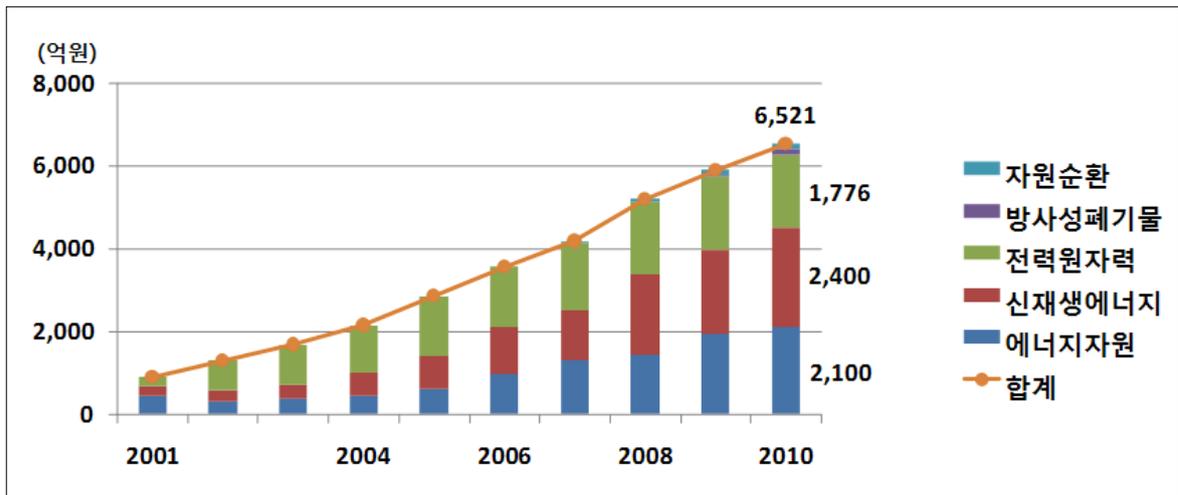
[그림 1-1] 세계 신재생에너지 성장률(생산량)

□ 글로벌 에너지기술 개발 R&D 투자는 많은 부분 정부 주도아래 추진

- 글로벌 에너지 R&D 투자는 꾸준한 증가세를 유지하며 많은 부분이 정부 주도아래 기술개발이 추진되고 있으며 국가별 목표 설정에 따른 실현을 위해 매진 중
- 2000년대 중반에 들어서 20조 달러 이상의 대규모가 투입되고 있으나 기업의 R&D 예산은 오히려 감소되고 있으며 이는 글로벌 금융 위기 등으로 인해 R&D 활동이 위축되는 현상
- 집중적인 R&D 투입되는 분야로는 에너지스마트기술, 태양광, CCS 기술 등에 편중되고 있으며, CCS기술의 경우 공공기관 주도로 R&D를 추진(2009년의 경우, CCS전체 R&D 예산(2.3\$BN) 중 정부예산이 87% 담당)

□ 국내 에너지기술 개발 R&D 예산의 급성장

- 국내 에너지기술 R&D 예산에 있어서는 2010년 6,521억원의 투자로 2001년의 6배 이상의 증가를 나타냈으며 그 가운데 신재생에너지가 37%를 차지



[그림 1-2] 연도별 에너지 R&D 예산 추이

□ 본격적인 그린에너지기술 시대 도래는 에너지기술 경쟁력 확보에 따라 결정

- 그린에너지기술의 산업화를 위한 핵심요인으로 연구개발 활동과 기술시장 진입여부에 초미의 관심 집중
- 에너지기술이 부상하는 이유는 저 탄소화와 녹색산업화의 기여에 따른 녹색성장과 함께 환경 보호와 경제성장의 선순환구조에 핵심적 역할을 하고, 지속가능한 경제발전의 주 동력원으로서의 역할론 부각이 주요 요인
- Energy Innovator(에너지기술개발전문가)로 거듭나기 위해서는 기술경쟁력에서 앞서야 할 것이며 국가 간 기술영향력과 기술수준 우월성 분석을 통한 그린에너지 기술개발의 환경 분석이 우선 과제

□ 기술혁신성의 주요 요소

- 일반적인 기술혁신성의 주요 요소는 기술개발에서 나타나는 기술주체(공정개발 또는 제품개발), 기술개발 예산, 기술 경쟁력, 정보 확보, 기술단계 등에서 기술개발 가능성을 발굴
- 기술개발 활동의 결과는 창의적 발명과 기술혁신으로 나타나게 되며 특허는 이러한 발명과 기술혁신의 결과를 알 수 있는 가장 확실한 지표중 하나로서 기술개발 활동 및 경쟁력 확보에 영향요인으로 작용¹⁾
- Kahnil²⁾에 의하면 기술경쟁력은, 과정(Process), 위치(Position), 경로(Path)로 규정 지어 현시점의 역량과 기술발전의 잠재력에 대한 평가를 통하여 평가할 수 있다고 제시

나. 연구의 목적

- 에너지 기술잠재력과 현재의 기술습득 과정을 분석하고 국내 에너지산업을 리드하는 Energy Innovator 들의 기술혁신과정과 발전가능성을 점검하여 그린에너지기술을 이용한 제품 개발을 효율적으로 추진할 수 있는 방향제시
- 주요 그린에너지기술(PV, Fuel cell, CCS)의 특허분석에서 기술개발의 방향과 기술영향력을 파악
- 최근의 기술개발이 이루어진 내용을 중심으로 Energy Innovator 들의 개발기술에 대한 국내 에너지기술혁신에 대한 실태를 점검
- 이를 통해 그린에너지기술 제품을 개발하고 산업화를 지향할 수 있는 정책적, 기술적 방향을 제시

1) 김인수, 이진주, 기술혁신의 과정과 정책, KDI, 1985

2) Kahnil, Management of Technology, 2000

2 국내외 3대 주요 에너지기술의 기술력 평가

가. 개요

□ 에너지기술과 국가경쟁력은 상호 밀접한 관계를 유지

- 에너지기술력은 국가 경쟁력에 지대한 영향을 미치며 새로운 기술개발이 국가 경쟁력 제고의 필수조건으로 인식

□ 에너지기술은 현재와 미래의 산업경쟁력 핵심요소

- 에너지기술은 국가산업의 전반적인 수준을 도약시킬 수 있는 토대가 되는 국가 전략기술로서의 위상 내포

□ 녹색기술혁신 분석

- 녹색기술혁신 분석은 특허와 R&D통계들을 이용하여 녹색기술 혁신 측정(Maj Munk Anderson)³⁾ 등을 통한 수준 분석이 가능

□ STEPI의 녹색혁신지수⁴⁾

- 녹색혁신지수는 녹색기술의 혁신역량과 경제효과를 평가하고 비교할 수 있는 지수로 구성
- 그중 녹색기술지수는 현재 녹색기술이 세계수준에 비해 어느 정도의 수준인지를 평가하는 기술수준 부문과 녹색기술의 개발과 상용화를 위한 혁신 역량의 수준을 평가하는 혁신역량부문으로 구성

3) Maj Munk Andersen(2006), "Eco-innovation indicators", European Environment Agency, Copenhagen.

4) 정기철외(2011), 녹색혁신지수를 활용한 녹색기술 유형별 혁신전략, STEPI Insight

□ 국내 에너지 기술혁신 조사

- STEPI에서 정기적으로 발행하는 기술혁신발간 보고서⁵⁾를 토대로 에너지기술혁신의 틀을 구성하였으며 특히 혁신활동과 제품혁신의 혁신성과를 에너지분야에 적합하도록 조사

나. 분석 및 평가 방법

□ 분석범위

- 동 연구에서는 태양광, 연료전지, CCS 3대 중점기술을 대상으로 기술분야별 에너지기술력에 대한 비교 분석 및 평가

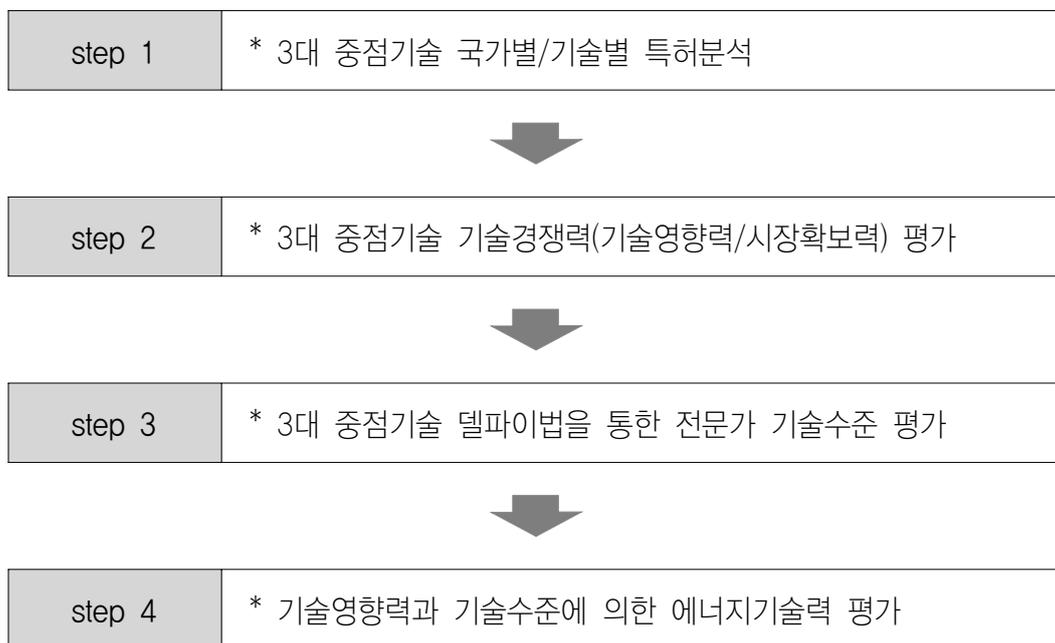
□ 분석방법

- 에너지기술혁신의 변화를 인식하기 위해서는 에너지기술의 현재 수준 및 변화 정도를 판단함으로써 미래의 방향 제시가 가능
- 에너지기술혁신의 정도를 파악하기 위해서는 경쟁력을 갖춘 지속가능한 경제의 개념 틀을 토대로 경쟁력과 혁신 개념을 보다 큰 맥락에서 정의하고 경쟁력 지표로서 세계시장 점유율 측정과 함께 다른 혁신지표로 특정기술에 대한 특허 점유로 중요도를 비교
- 에너지기술혁신의 기술경쟁력 부분은 주요 에너지분야(태양광, 연료전지, CCS)를 중심으로 하는 국내외 특허획득수준을 점검하여 분석하였고, 현재의 국내 기술획득 과정상의 여건은 기술개발 전문가들을 중심으로 하는 설문조사로 분석
- 이를 통하여 우리나라 에너지기술의 해외영향력 분석과 함께 에너지기술제품 개발업체·연구기관·대학 등의 기술혁신 실태를 파악하여 국내 에너지기술혁신에 대한 위치(position)를 측정

5) 하태정의, 2010년도 한국의 기술혁신(제조업부문), 2010

□ 평가 프로세스

- 국가에너지 핵심기술 개발 대상인 태양광, 연료전지, CCS 3대 중점기술을 대상으로 기술분야 별 에너지기술력 비교 평가
- 평가 프로세스



□ 특허검색 및 분석 방법

- 검색대상 기술 : 태양광, 연료전지, CCS 3대 중점기술
- 검색대상 기간 : 2001년 1월 1일 ~ 2010년 12월 31일(10년)
- 검색대상 국가 : 미국, 일본, 유럽, 한국에 등록/공개된 특허⁶⁾
- 검색 DB : 톰슨 이노베이션

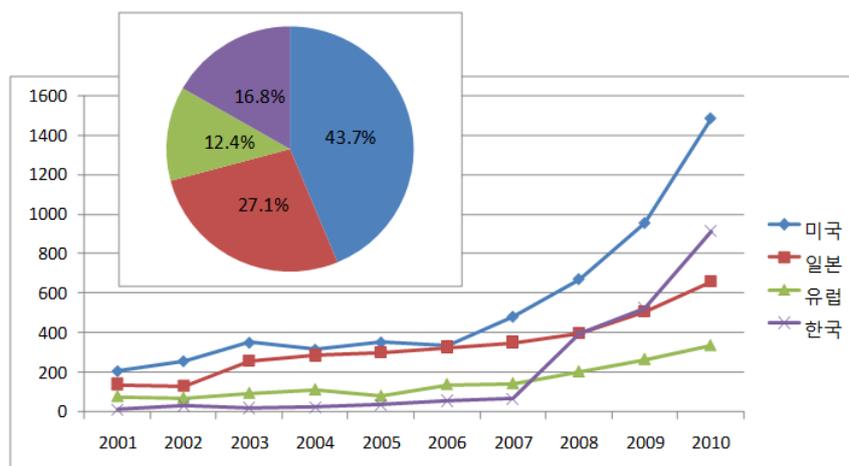
6) 특정지역의 편중현상을 막고 신뢰성을 높이기 위해 삼국특허(USPTO, EPO, IPO)에 한국 특허를 포함

다. 3대 에너지기술의 국가별 특허 획득 추이

(1) 태양전지

태양광발전은 반도체가 갖는 광전효과를 이용하여 반도체 혹은 염료, 고분자 등의 물질로 이루어진 태양전지를 이용하여 태양의 빛 에너지를 전기에너지로 변환시키는 기술이며 1세대는 결정질 태양전지 2세대는 박막태양전지 3세대는 유기·염료감응 태양전지로 구분

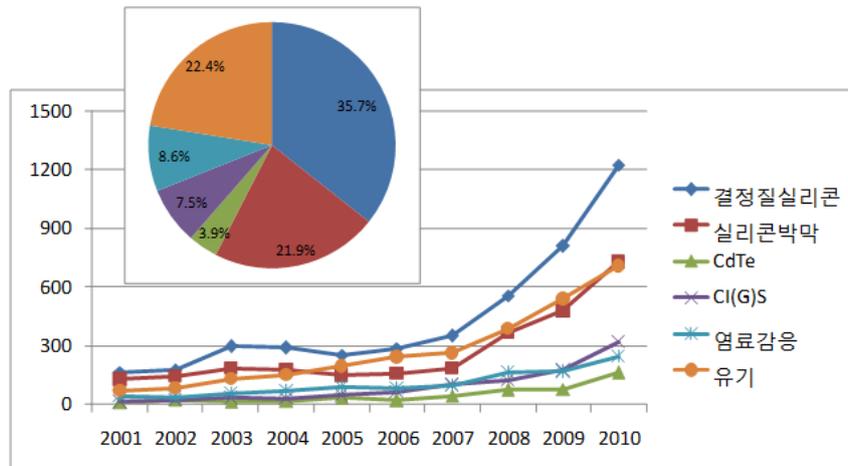
- 태양전지분야 분석 대상에는 그린에너지전략 로드맵⁷⁾의 전략품목에 포함된 ①결정질실리콘 태양전지, ②실리콘박막태양전지, ③CdTe태양전지, ④CIGS태양전지, ⑤염료감응태양전지, ⑥유기태양전지를 포함
- 미국, 일본, 유럽, 한국에 최근 10년간 등록된 특허를 조사한 결과, 태양전지 분야의 기술습득 변화는 2007년을 기점으로 태양광산업의 시장진출이 점차 활발해지고 제품의 다양화 추세
- 또한, 국내에 등록되는 특허건수가 2009년 이후부터 일본을 상회하고 있어 한국이 태양전지 분야의 중요한 기술시장으로 부상



[그림 2-1] 국가별 태양전지 특허등록

7) 지식경제부(2009), 그린에너지기술개발 전략 로드맵

- 기술별로는 결정질실리콘과 실리콘박막 등 실리콘 기반의 태양전지 기술개발이 활발하며, 그 외에 3세대 유기태양전지관련 기술분야 역시 활발하게 연구가 진행 중
 - 반면 CdTe는 다소 증가는 하고 있으나, 환경오염문제 등으로 인해 기술개발이 활발하지는 않으며, 미국을 중심으로 기술개발이 추진 중
- 1세대 태양전지 이후 2세대에서 3세대로 넘어가는 기간은 상당히 빠를 것으로 예상

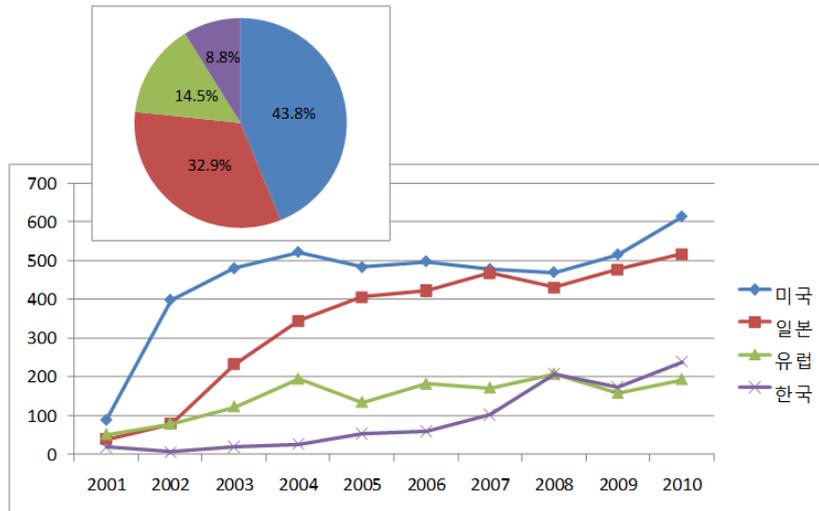


[그림 2-2] 태양전지 기술별 등록현황

(2) 연료전지

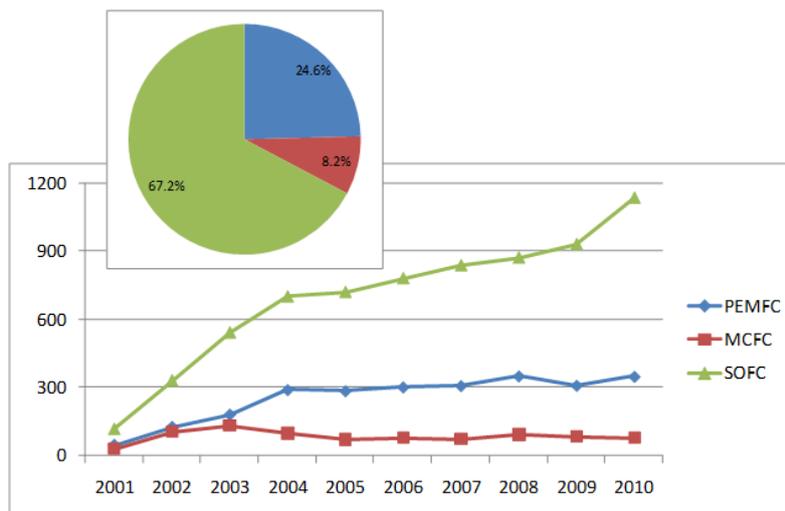
연료전지는 연료의 화학에너지를 전기화학반응에 의해 전기에너지로 직접 변환하는 발전장치로서, 연료전지 스택, 연료변환장치, BOP 및 제어기술을 포함하며, 종류에는 인산형 연료전지(PAFC), 용융탄산염 연료전지(MCFC), 고분자 전해질 연료전지(PEMFC), 직접메탄올 연료전지(DMFC), 고체산화물 연료전지(SOFC) 등으로 구분

- 본 분석에서는 국내 개발동향 및 기술수준, 시장전망 등을 고려하여 ①PEMFC, ②MCFC, ③SOFC를 분석
- 미국과 일본을 중심으로 SOFC관련 주요 기술시장(특히)이 형성(연료전지 관련 기술의 76% 차지)되고 있으며, 유럽과 한국은 연료전지관련 기술개발이 서서히 증가하는 추세



[그림 2-3] 국가별 연료전지 특허등록

- SOFC 기술개발은 67.2%로 매년 증가를 나타내 보이고 있으며, 특히 일본은 SOFC관련 기술 개발 활동 비중이 상당히 높음(83.2%)
- 한국은 2004년까지 연료전지 기술개발에 의한 특허 등록이 미미한 차이를 보였으나 이후 증가세를 보이다 2007년 이후 SOFC의 경우 급증가로 선회



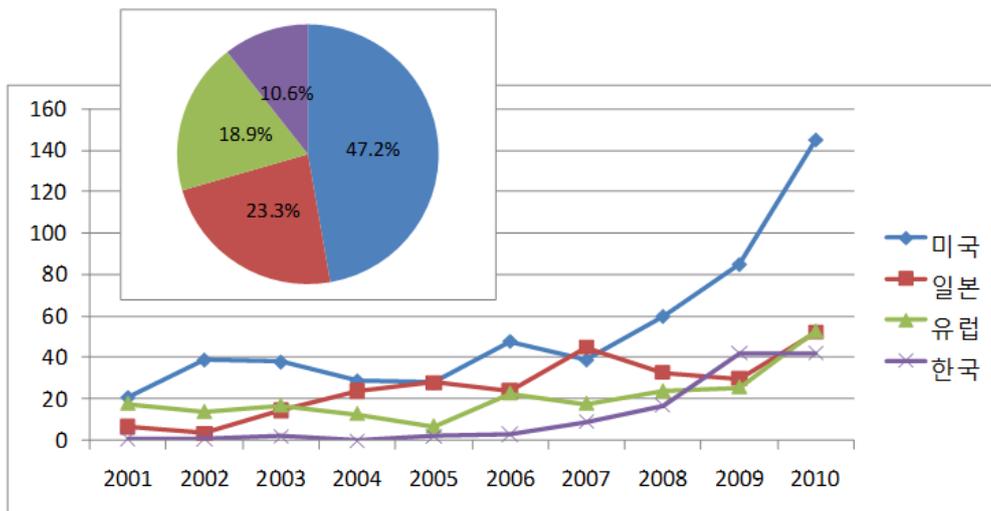
[그림 2-4] 연료전지 기술별 등록현황

- MCFC의 경우 일본 등 주요 선진국은 기술개발활동이 정체 또는 감소하고 있으나, 한국은 점진적으로 증가하고 있어 다른 국가에 비해 상대적으로 우위

(3) CCS

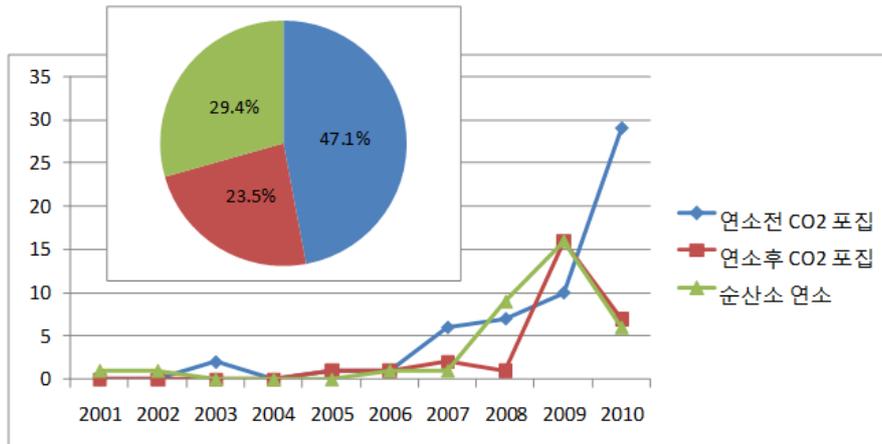
CCS(Carbon Capture and Storage) 기술은 발전소 및 각종 산업에서 발생하는 CO₂를 대기로 배출시키기 전에 고농도로 포집·압축·수송하여 안전하게 저장하는 기술

- CCS 기술 중 이산화탄소 포집기술은 전체 비용의 70~80%를 차지하는 핵심기술인 점을 고려하여 이산화탄소 포집기술을 중점적으로 분석
 - 포집(Capture)기술은 배가스로부터 CO₂만을 선택적으로 분리하여 포집하는 기술을 의미
 - 세부기술에 따라 ①연소후 포집(Post-combustion capture), ②연소전 포집(Pre-combustion capture), ③순산소 연소 포집(Oxy-combustion capture) 기술로 구분



[그림 2-5] 국가별 CCS 등록현황

- CCS 기술은 미국을 제외하고는 기술개발의 발전이 크지 않는 반면에 연소전 CO₂ 포집기술이 가장 높은 비중(61.4%)을 차지
- 한국의 경우 연소전 CO₂ 포집뿐만 아니라 연소후 CO₂ 포집기술 비중이 23.5%로 다른 국가들과 비교해 상대적으로 해당 기술분야에 조금 더 기술개발을 집중



[그림 2-6] CCS 기술별 등록현황

라. 기술경쟁력 평가

□ 특허분석에 따른 기술경쟁력 분석은 현장에서 발생하는 현실적인 기술혁신의 방향을 제시해주는 바로미터로 활용이 가능

□ 기술경쟁력 추적 프로세스에서의 특허분석 방법

- 특허영향지수(PII : Patent Impact Index)⁸⁾
 - 특정주체의 특허가 차후에 발생하는 특허에 얼마나 영향을 미치고 있는지를 파악할 수 있는 지표로서 특허를 통한 기술영향력을 표현
- 특허패밀리지수(PFS : Patent Family Size)⁹⁾
 - 해당특허의 지역적 보호범위를 나타내며, 간접적으로 해당 특허가 가지는 기술적 중요성과 혁신성과로서의 가치에 대한 정보가 제공되므로 시장확보력을 파악

8) 특허영향지수(PII)는 특허당 평균 청구항 수(CPP)와 달리 해당 기술분야의 특성과 다른 경쟁주체의 기술수준이 고려된 '상대적인' 기술적 중요도 제공

$$PII = \frac{CPP_a}{CPP_t}$$

CPPa : 특정 주체의 특허당 평균 피인용 수
 CPPt : 해당분야 전체 특허의 평균 피인용 수

9) 특허패밀리지수(PFS)는 특허영향 지수를 응용하여 특허패밀리 규모(FS)를 지수화함

$$PFS = \frac{FS_a}{FS_t}$$

FSa : 특정 주체의 특허당 평균 특허 패밀리 규모
 FS_t : 해당분야 전체 특허의 평균 특허 패밀리 규모

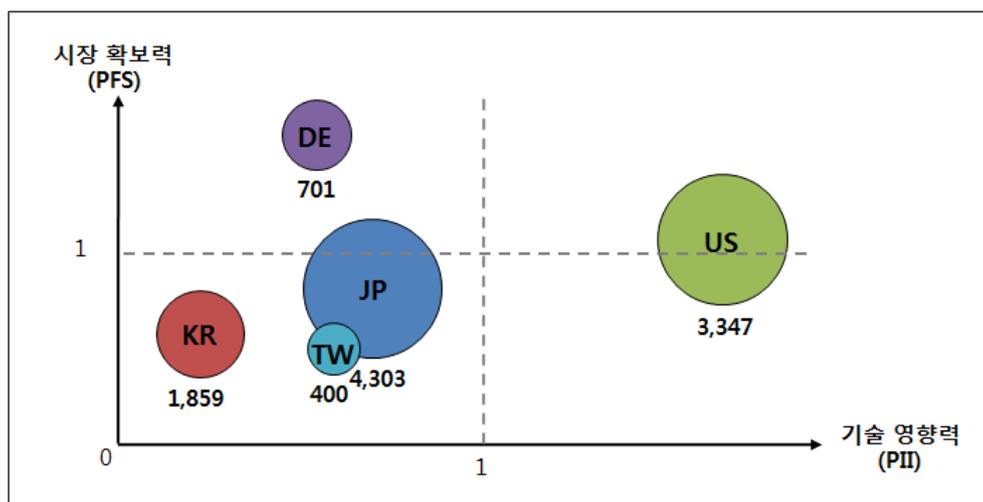
(1) 태양광

□ 본 조사에서 분석된 특허 등록건수(기술개발활동)는 일본(4,303건), 미국(3,347건), 한국(1,859건), 독일(701건), 대만(400건) 순으로 조사되었으나 태양광이 기술경쟁력을 갖춘 나라는 기술영향력과 시장 확보력을 동시에 갖춘 나라는 미국이 유일¹⁰⁾

- 일본은 전체 태양전지 특허 중 35.1%를 차지
 - 세부기술별로는 결정질실리콘태양전지(42.7%), 실리콘박막태양전지(39.5%), 염료감응태양전지(34.8%) 분야로 가장 많은 특허를 등록
- 미국은 전체 특허 중 27.3%를 차지
 - CIGS태양전지분야에서 전체 특허의 37.4%를 차지

□ 태양전지관련 주요 국가는 미국, 일본, 독일, 한국, 대만 순으로 기술 영향력은 미국이 가장 높으며, 시장 확보력은 독일이 가장 높음

- 기술영향력 : 미국(1.8) > 일본(0.7) > 독일(0.6) > 대만(0.6) > 한국(0.2)
- 시장확보력 : 독일(1.7) > 미국(1.1) > 일본(0.8) > 한국(0.6) > 대만(0.5)
- ※ 대만의 태양전지 등록 특허가 한국보다 규모는 부족하나 시장규모력은 더 넓게 확보



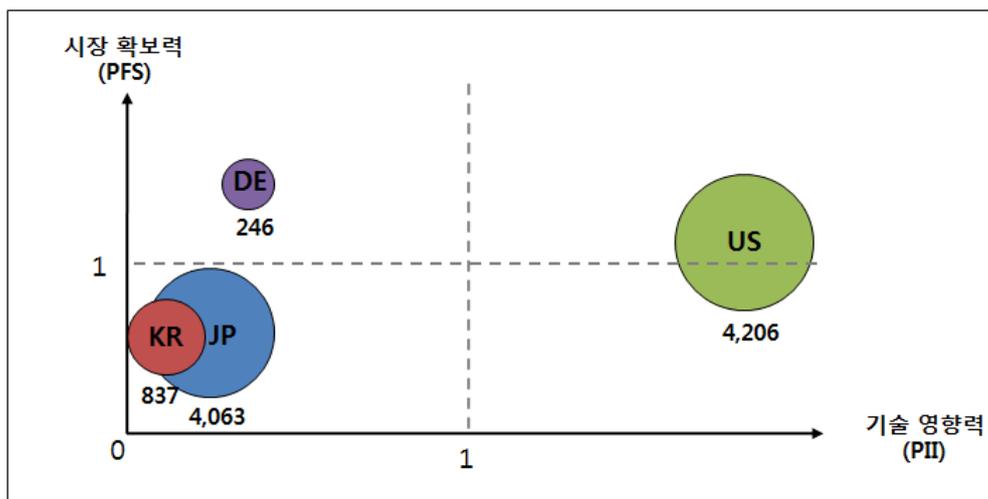
[그림 2-7] 태양광분야 기술경쟁력

10) 그림에서 1을 기준으로 1이상일 경우는 해당 기술분야 평균보다 경쟁력이 높음을 의미하며, 1이하일 경우는 이와는 반대로 해당 기술분야 평균보다 경쟁력이 낮음을 의미하며 원의 크기는 해당국가의 특허건수를 의미

- 한국은 전체 태양전지 특허의 15.2%를 점유하고 있으며, 세부기술별로는 유기태양전지 17.7%, 실리콘박막태양전지 16.2%를 점유를 유지하고 있으나 기술영향력에서나 기술확보력이 모두 떨어지는 특허를 많이 보유

(2) 연료전지

- 연료전지 기술 중 많은 특허수를 보유하고 있는 주요 국가는 미국(4,206건) > 일본(4,063건) > 독일(246건) > 한국(837건) 순으로 조사 되었으며 태양전지와 마찬가지로 기술 경쟁력이 가장 우수한 국가는 미국이며, 반면에 시장확보력이 우수한 나라는 독일로 분석
 - 기술영향력 : 미국(1.9) > 독일(0.4) > 일본(0.3) > 한국(0.1)
 - 시장확보력 : 독일(1.5) > 미국(1.2) > 일본(0.6) > 한국(0.6)



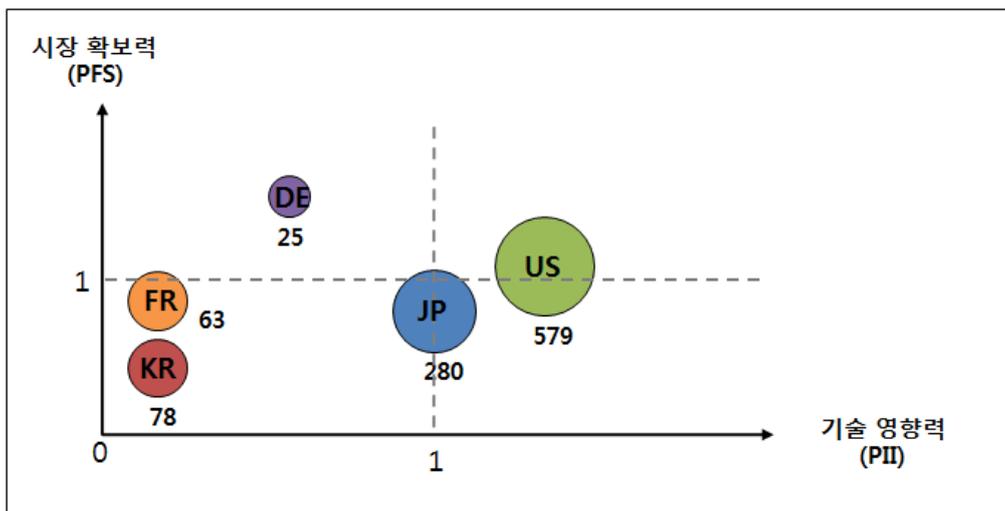
[그림 2-8] 연료전지분야 기술경쟁력

- 미국은 전체 연료전지관련 특허 중 40.4%를 차지하고 있으며, PEMFC(54.2%)와 MCFC(48.9%) 분야에서 가장 높은 점유율을 보이고 있고 주요 출원인은 GM, GE, UTC Fuel Cells, Honeywell 등
- 일본은 PEMFC와 MCFC분야에서 미국보다 점유율이 높지 않지만 SOFC분야(48.8% 차지)에서 HONDA, NISSAN, TOYOTA 등 자동차 업체를 중심으로 활발한 연구가 진행

- 독일은 MCFC분야가 6.6%로 가장 높은 점유율을 보이나, PEMFC 2.6%, SOFC 1.8%를 차지하고 있으며, Airbus, BASF Fuel Cell, SIEMENS 등에서 연구수행
- 한국은 MCFC분야에서 19.6%의 높은 점유율을 나타낸 반면, SOFC분야는 5.9%로 가장 낮게 나타났으며, 한국의 주요 연구개발 주체는 SAMSUNG SDI, DOOSAN 중공업, KIST 등에서 수행

(3) CCS

- CCS분야에서 특허를 등록한 주요 국가는 미국, 일본, 한국, 독일 등으로 나타나지만 기술 경쟁력 중 기술영향력은 미국이 시장확보력은 독일이 가장 우수
 - 기술영향력 : 미국(1.3) > 일본(1.0) > 독일(0.6) > 프랑스(0.2) > 한국(0.2)
 - 시장확보력 : 독일(1.5) > 미국(1.1) > 프랑스(0.8) > 일본(0.7) > 한국(0.4)



[그림 2-9] CCS분야 기술경쟁력

- 미국이 CCS관련 전체 특허 중 51.4%를 차지하며, 이중 연소후 CO₂ 포집기술 53.1%, 순산소 연소 69.4%를 차지하고 있고 특허건수를 통해 볼 때 GE에서 상당히 활발한 연구가 진행
- 일본은 연소전 CO₂ 포집기술에서 35.6%를 점유하고 있으나, 순산소 연소는 5.0%로 상당히 낮은 점유율을 보이고 있으며, 주요 출원인은 도시바, 닛폰 오일 등으로 나타나고 있고 빠른 기술향상이 이루어질 가능성 내재

- CCS 전체 특허 중 프랑스와 독일은 각각 5.6%, 2.2%를 차지하고 있으며, 한국은 6.9%를 차지하고 있는 반면에 독일은 시장확보력이 매우 우수한 국가로 나타남에 따라 향후 기술발전의 영향이 클 것으로 예상
- 한국은 다른 포집기술에 비해 연소후 CO₂ 포집기술에서 21.4%를 점유하고 있으며, 주요 출원인으로는 한국에너지기술연구원, 한국전력 등으로 조사

마. 3대 에너지기술의 기술수준 평가

- 기술 수준 평가는 각 기술별 주요 특허등록국가를 대상으로 전문가 델파이(Delphi) 조사를 통해 기술 수준 조사·평가한 연구결과¹¹⁾
- 본 연구에서 제시한 기술수준은 미국 NASA에서 적용하는 기술수준 단계인 TRL¹²⁾을 적용하여 기술개발 전문가들의 델파이 방법으로 국가간 기술수준을 비교·평가한 결과를 인용

(1) 태양광

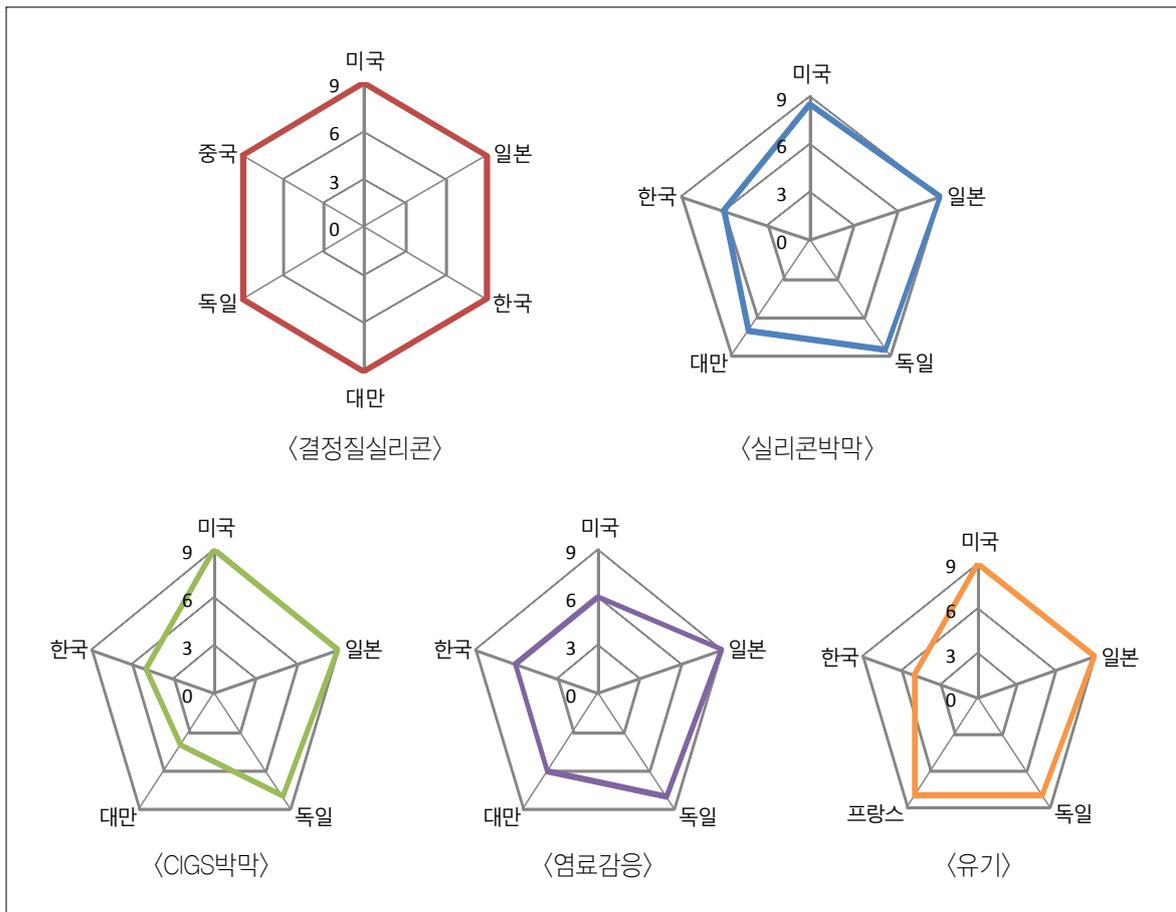
- 태양전지 시장은 결정질 실리콘 태양전지기술을 기반으로 박막태양전지(CIGS) 및 차세대 태양전지기술(염료감응, 유기)로 기술다각화가 진행 중
- 또한 2세대 태양전지인 실리콘박막, CIGS박막태양전지는 일부 국가에서 상용화 수준에 도달
- 3세대 태양전지인 염료감응과 유기태양전지는 최고수준을 확보한 나라가 일본, 미국 정도로 아직 연구개발이 활발히 진행되고 있는 중

11) 박수익외, 그린에너지 국제동향 분석 및 국제협력 모델분석(2009)에서는 1차 그린에너지기술 로드맵의 15대기술 36개 전략품목을 대상으로 분야별 산학연 전문가들로 통한 기술별 기술수준을 조사

12) 기술수준단계(1~9단계)

| Research | | Development | | | | Business | | |
|----------|------|-------------|------------|----------------|---------------|------------------|-------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 기초이론 | 개념정립 | 기술특성 분석 | 요소기술 타당성조사 | 시제품제작/ 현장모의 실험 | 시스템/하부 시스템 구현 | 실제시제품 구현 및 현장 실험 | 실제시스템 완벽 구현 | 실제시스템 증명(상용화) |

- 국내 시장에서 살펴보면 결정질실리콘태양전지의 상용화 수준은 이미 세계 수준에 도달하였으나, 실리콘박막, CIGS박막태양전지 등 박막태양전지는 실제시스템 구현단계에 있으며, 특히 염료감응과 유기태양전지는 시스템 구현단계에 있어 상용화까지 상당한 시간이 소요될 것으로 분석

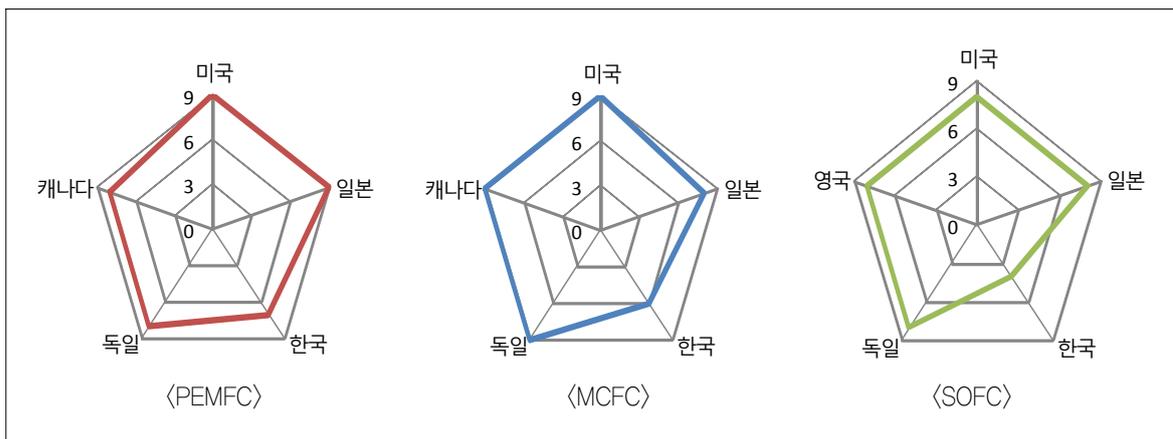


[그림 2-10] 태양광분야 기술수준

(2) 연료전지

- 연료전지기술은 친환경 그린에너지 수요 및 분산전원체계 확대로 CO₂ 배출량이 적은 연료전지 발전시장이 확대될 전망이며 특히 건물용 연료전지는 일본, 중국, 북미, 유럽을 중심으로 급성장
- 연료전지 기술개발에 있어서는 국가적으로 활발한 연구개발이 이루어지고 있는 PEMFC, MCFC, 그리고 SOFC에 대한 기술수준을 평가

- 연료전지 기술시장은 아직 미성숙단계이기는 하나 기술적 이슈는 점차로 해결해 나가고 있는 추세
 - PEMFC와 MCFC : 상용화 단계에 근접
 - SOFC : 실제 시스템 구현단계
- 특히, 미국, 일본, 독일의 경우 PEMFC와 MCFC는 이미 상용화가 되었으며, SOFC도 곧 상용화 될 것으로 전망
- 한국의 PEMFC분야는 기술 수준은 세계 수준에 근접하였으나, MCFC와 SOFC는 시스템 구현 및 요소기술개발 단계로 세계 수준에 비해 상당히 뒤쳐져 있는 것으로 분석



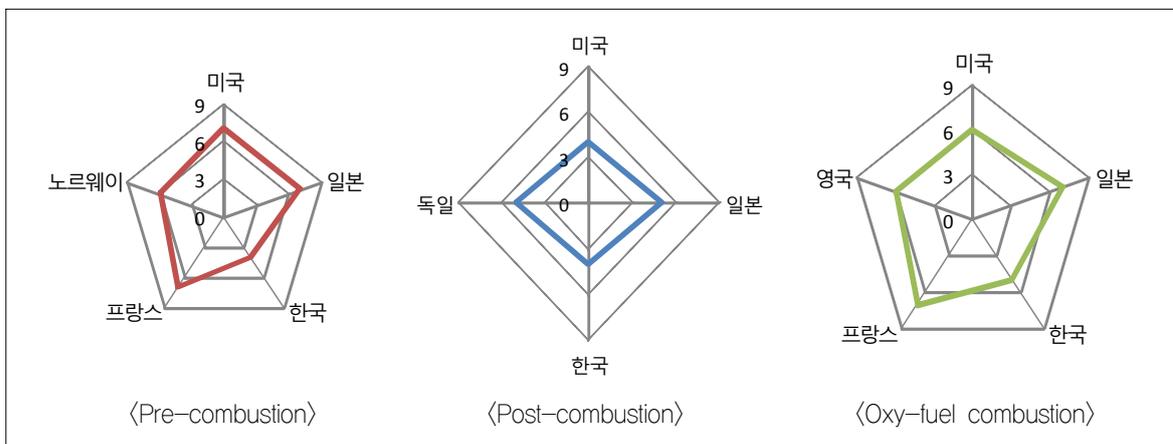
[그림 2-11] 연료전지분야 기술경쟁력

(3) CCS

- CCS기술은 High-risk 기술이며, 조기 실증으로 신뢰도 향상을 기함으로서 시장 점유 확대를 2030년 이후 기후변화 대응기술의 핵심으로 부상
- CCS기술은 Fluor Daniel(미), 미쯔비시중공업(일), ALSTOM(프), Vattenfal(독) 등이 대표적 세계 기업으로 연소후 CO₂ 포집 기술의 실증플랜트 개발에 힘쓰고 있는 현실을 감안하여 연소전 CO₂포집, 연소후 CO₂포집, 순산소연소에 대한 기술수준을 분석

- CO₂ 포집관련 기술은 현재 시스템 구현 단계에 있으며, 주요 선진국과 한국의 기술격차가 심하지 않은 것으로 분석
 - 따라서 이산화탄소 포집분야에 대한 연구개발을 위해 과감하고 지속적인 투자가 이루어질 경우 기술 추격 가능

- CCS기술의 시장은 대규모 CO₂ 고정 배출원인 화력발전소에 우선 적용 가능하며 점차 시멘트, 석유화학산업으로 시장이 확대 가능성을 나타내며 2020년 이후 국내도 대규모 실증시범사업 시행 후 보급이 가능할 것으로 예측



[그림 2-12] CCS분야 기술경쟁력

바. 에너지기술력 평가

- 에너지기술력은 앞서 기술경쟁력평가에서 제시한 기술영향력과 기술 수준평가를 상호 고려하여 해당 기술의 질적 수준을 제시해주며, **에너지기술력 평가**가 주는 의미는 기술능력을 기술 보유 가능성과 접목시켜봄으로서 기술혁신의 발전을 예견

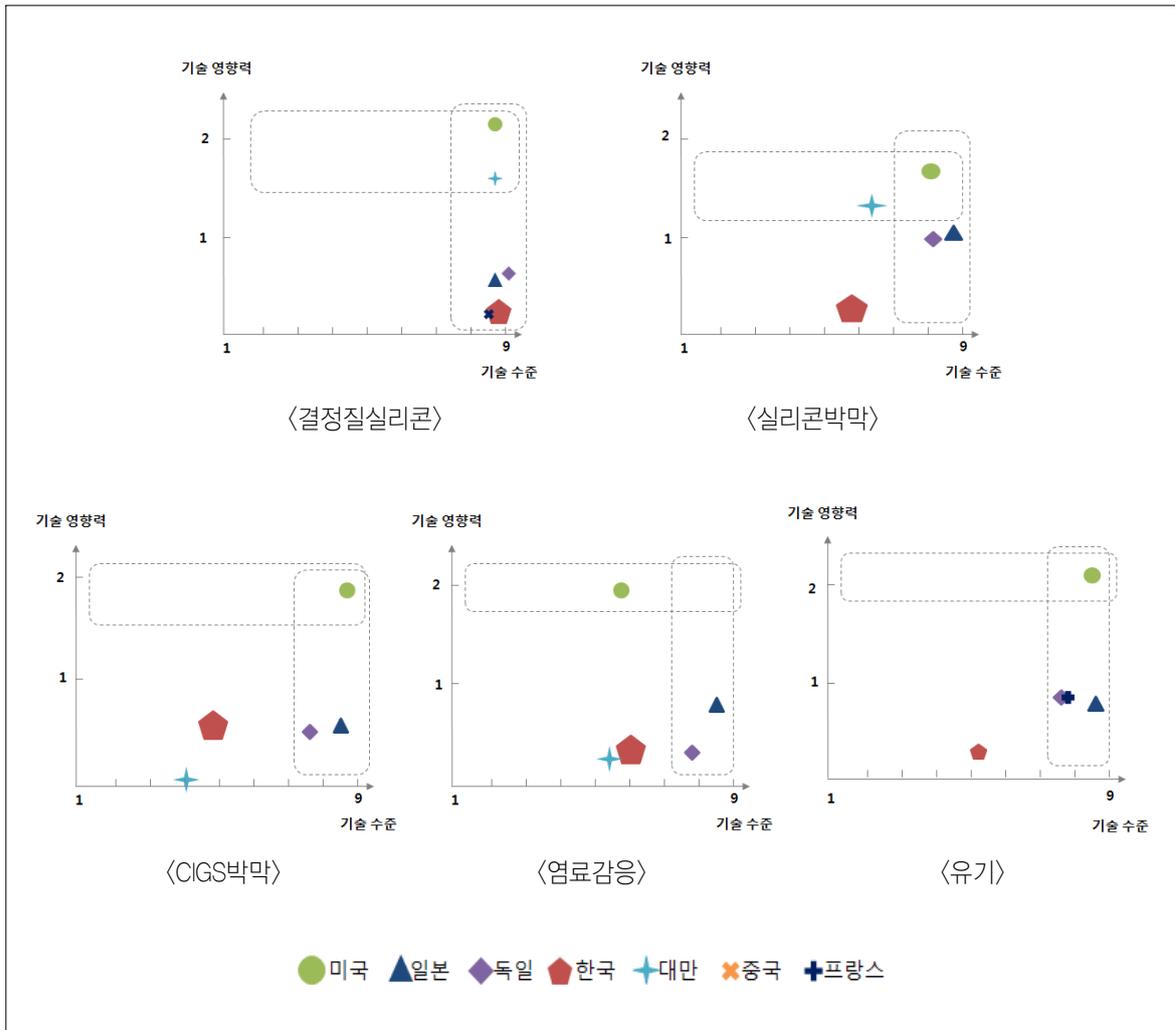
- 기술의 질적 수준에 관련한 정량적 특허분석과 정성적 분석방법인 전문가 델파이 방법에 의한 기술수준 상호간의 평가에 의하여 보다 신뢰성있는 기술력 평가결과를 제시하며 그림에서 X축은 정성적 평가(전문가 델파이) 결과 값이며, Y축은 정량적 평가(특허영향 지수, PI) 결과 값을 표시

(1) 태양광

□ 태양전지는 1,2,3세대별로 기술획득의 성과가 다르게 나타나며 1세대 결정질 실리콘기술은 일반화된 기술인 것으로 나타나고 있으나 2세대인 실리콘박막과 CIGS기술의 경우 국가별로 넓게 분포

- 3세대기술인 염료감응과 유기 태양전지는 국가별 효율향상에 주력

□ 기술별 특이점은 유기태양전지의 기술력에서 찾아볼 수 있으며 기술 선진국들의 최고기술 보유가 의미하는 것은 향후 3세대 시장이 기대이상으로 빠르게 성숙될 수 있음을 예견



[그림 2-13] 태양광분야 에너지 기술력

- 국가별로는 미국의 기술력이 가장 높게 나타나며 이어서 독일과 일본 순서로 기술력을 가지고 있는 것으로 나타나 점차 기술획득률이 높아지고 있는 추세
 - 1세대인 결정질실리콘태양전지의 기술력은 미국과 대만이 가장 높으며, 독일, 일본, 한국, 중국은 비슷한 수준인 것으로 분석
 - 2세대인 CIGS태양전지는 미국의 기술력이 가장 높으며, 일본, 독일, 한국, 대만 순으로 분석
 - 3세대인 염료감응와 유기태양전지는 미국과 일본이 두드러지며 한국은 아직 기술습득이 크게 요구

- 한국은 기술개발에 있어 양적 성장은 이루었으나, 기술경쟁력과 같은 질적 수준에서는 선진국에 크게 뒤지고 있으며, 다른 개발도상국(대만, 중국 등)과의 기술격차가 좁혀지고 있는 추세

(2) 연료전지

- 연료전지기술들의 기술영향력은 대체로 낮은 반면에 기술수준은 높게 나타나고 있음은 기술시장이 성숙되어 있지 않은 것에 기인되는 것으로 판단되며 미국은 SOFC의 경우에도 기술영향력과 기술수준이 모두 높은 것으로 평가

- PEMFC분야는 미국, 일본, 독일, 캐나다에서 기술력이 우위인 것으로 나타나고 있으며 MCFC분야는 미국, 캐나다, 독일의 우위 속에 기술력의 증가가 요망되고 있고 SOFC분야는 미국을 제외한 모든 국가들이 기술력 향상에 매진하는 것으로 분석

- 한국의 기술개발 활동은 최근 들어 활발해지고 있으나, 양적 측면(미국 및 일본의 1/5수준)과 질적 측면(에너지기술력)에서 주요 선진국과 상당한 격차가 존재
 - 에너지기술력을 향상시키기 위해서는 응용기술보다는 원천기술개발에 집중
 - SOFC에 비해 PEMFC는 상대적으로 기술격차가 선진국과 적으므로 단기적으로는 PEMFC분야에서의 기술추격 전략 필요



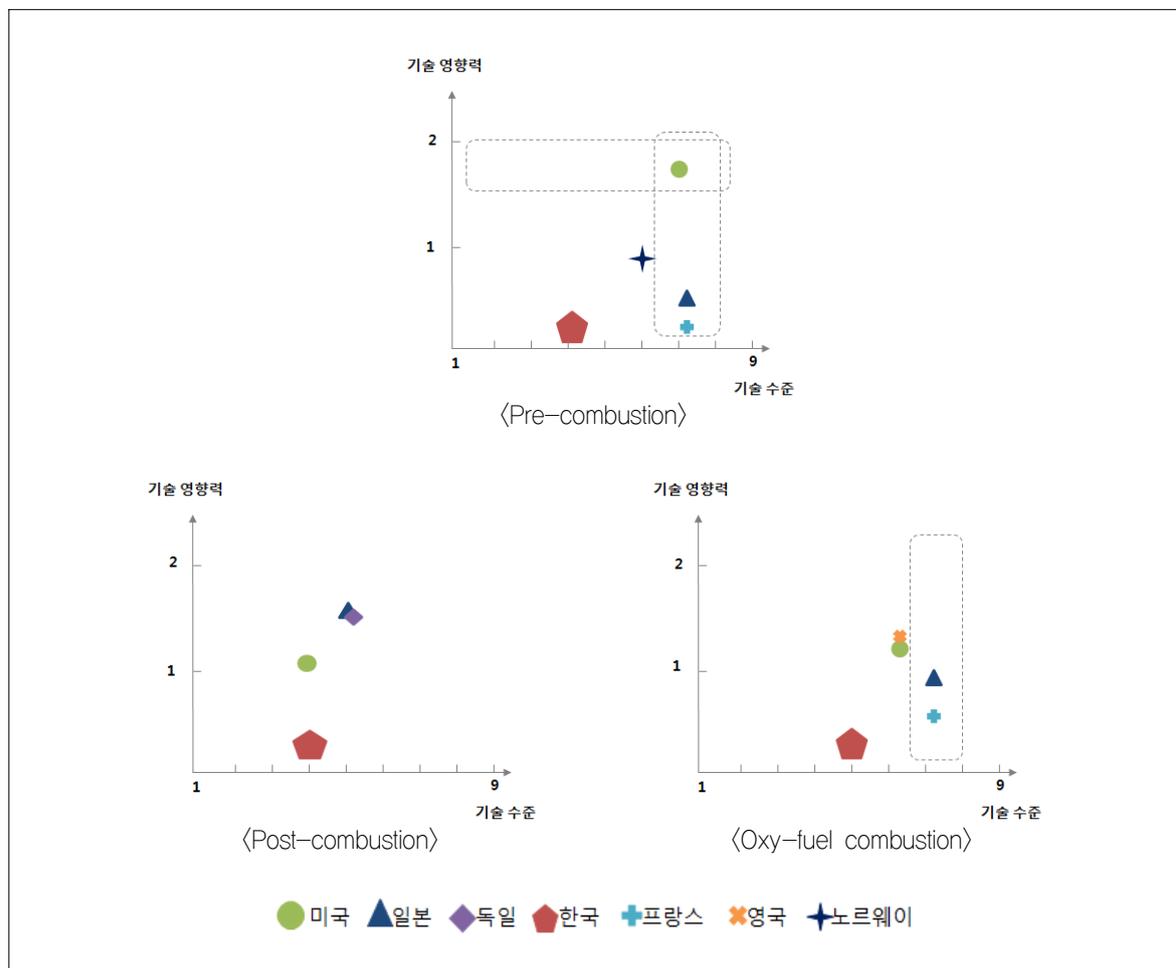
[그림 2-14] 연료전지분야 에너지기술력

(3) CCS

□ CCS의 이산화탄소 포집관련 기술은 특정 국가의 기술력이 뚜렷하게 높기보다는 기술별로 다양한 국가들이 강점을 보유

- 연소전 CO₂ 포집기술 기술력
 - 미국, 일본, 프랑스, 노르웨이의 기술력이 강한 국가군으로 군집을 이루나 기술영향력이 미국이 매우 높아서 점차로 기술격차가 크게 일어날 것으로 예측
 - 한국은 기술수준이 시제품/시스템 구현단계(5~6단계)에 머무르기 때문에 기술력이 강한 국가들의 실제 시제품 실험단계(7~8단계)를 극복하기 위한 노력 필요

- 연소후 CO₂ 포집기술의 기술력
 - 동 기술은 특이한 현상을 보이고 있는데 기술수준이 모두 4~6단계에 속하고 있으나 일본과 독일기술은 영향력이 높기 때문에 기술발전이 높은 국가 군에 포함
- 순산소 연소 기술
 - 영국, 미국의 기술발전을 주시해볼 필요가 있으며 이들의 기술영향력이 기술수준과 함께 비교할 때 발전 가능성이 높게 나타날 것으로 예상
 - 반면에 국내기술은 기술력의 향상이 요구되는 영역



[그림 2-15] CCS분야 에너지기술력

□ CCS기술분야는 기술개발 발전 가능성이 높은 분야로서 전반적인 기술수준이 상용화단계에 진입하기에는 기술과 자금투입력이 크게 요구되므로 한국의 기술경쟁력을 높이는 것이 우선이며 다른 어느 기술분야 보다 기술추격 가능성이 높은 분야

3 국내 에너지 기술혁신 평가

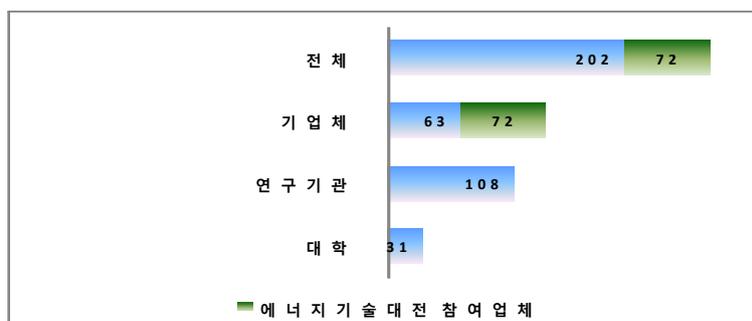
가. 국내 에너지기술혁신 조사

□ 조사 목적

- 국내기업, 연구기관 또는 대학에서의 에너지기술개발을 통한 기술혁신 정도를 파악하고, 에너지기술개발의 촉진과 기술혁신의 기틀을 마련하여 국가 에너지정책 수립에 기여

□ 조사 일반 사항

- 조사범위 : 에너지기술 제품 개발에 참여한 경험이 있는 업체와 전문가
(870 대상 업체 및 전문가 중에서 274명 응답)
- 조사기간
 - 1차 : 2011. 10. 19 ~ 10. 22 (2011년 대한민국 에너지대전)
 - 2차 : 2011. 11. 15 ~ 11. 30 (전시 참여 업체 및 기술개발 전문가)
- 조사내용
 - (1)에너지기술혁신 활동
 - (2)에너지기술혁신 성과
 - (3)에너지기술개발 방향
- 조사응답 구성비
 - 기업체 49.6%, 연구기관 39.0%, 대학 11.4%



[그림 3-1] 조사응답 현황

• 전문분야별 분포

- 신재생에너지분야(66.9%), 에너지효율(37.5%), 온실가스 저감(21.3%)



[그림 3-2] 조사 응답 전문분야별 분포

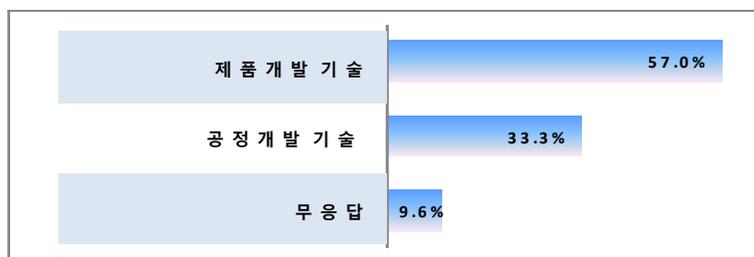
• 연구부서 운영여부

- 조사대상 응답기관의 연구부서 보유는 89%를 차지하고 있었으며 각 기관의 평균 연구인력 규모수는 대학 및 연구소 7명, 중소기업 5명, 그리고 대기업은 16명으로 추진되고 있는 것으로 조사

나. 에너지기술의 기술혁신 정도

□ 에너지기술 혁신 목표

- 에너지기술에 있어서의 기술혁신은 공정개발(33.3%)보다는 제품개발 분야(57%)¹³⁾에 집중
- STEPI의 한국의 기술혁신조사¹⁴⁾에서도 제품혁신에서는 품질개선과 시장점유 확대, 제품다양화를 위한 노력이 앞서는 것으로 조사



[그림 3-3] 기술혁신 대상

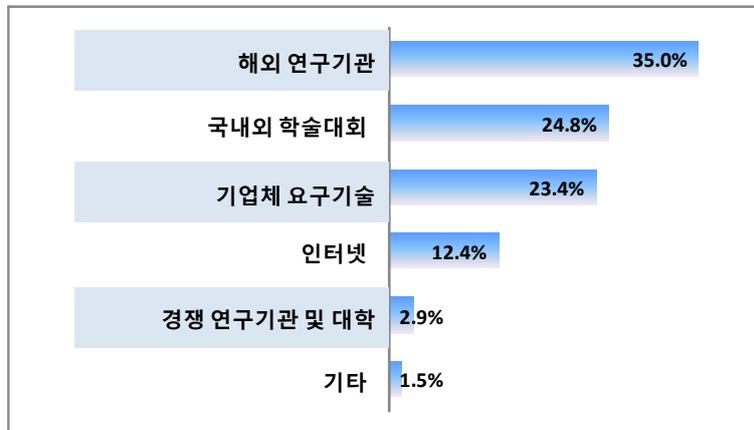
13) 기술혁신과정에서 공정개발(혁신)은 기술적으로 새롭거나 현저히 개선된 생산방식이나 운송방식을 채택한 경우이며 제품개발(혁신)은 제품의 성능을 현저하게 향상시키거나 기존기술이라도 여러 기술을 복합하여 응용한 경우이다.

14) 하태정의, 2010년도 한국의 기술혁신조사 : 제조업, STEPI

- 시사점
 - 첫째, 제품개발을 통한 기술혁신 활동이 활발히 추진
 - 둘째, 공동개발보다는 독자개발 중심으로 기술개발을 추진 운영

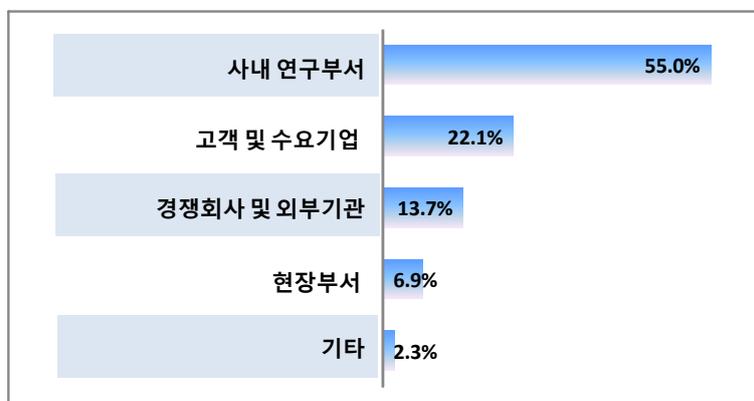
□ 기술혁신 정보원천

- 에너지기술혁신을 획득함에 있어서 기술혁신 정보의 원천은 크게 기업체와 연구기관이 다르게 나타났는데, 대학 및 연구기관은 해외 연구기관(35%)에 의존함이 큰 것으로 조사



[그림 3-4] 기술혁신 정보원천(대학 및 연구소)

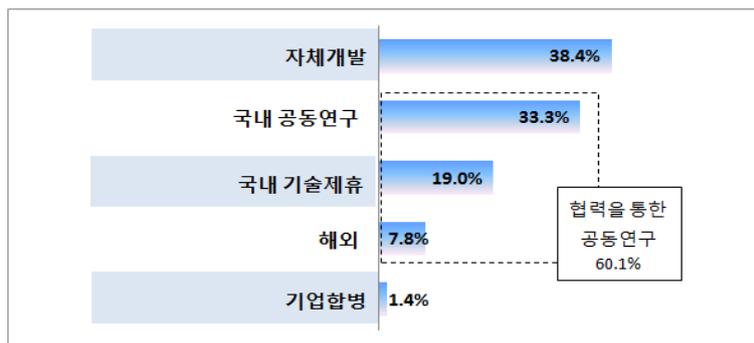
- 기업체의 경우 기술혁신의 정보 원천이 사내 연구부서(55%)에 의존하는 것이 가장 높게 나타났으며 다음으로는 수요자 및 수요기업들에서 정보를 중요히 다루고 있는 것으로 나타났는데 여기에는 연구기관과의 협동연구에 의한 기술획득 노력이 포함



[그림 3-5] 기술혁신 정보원천(기업체)

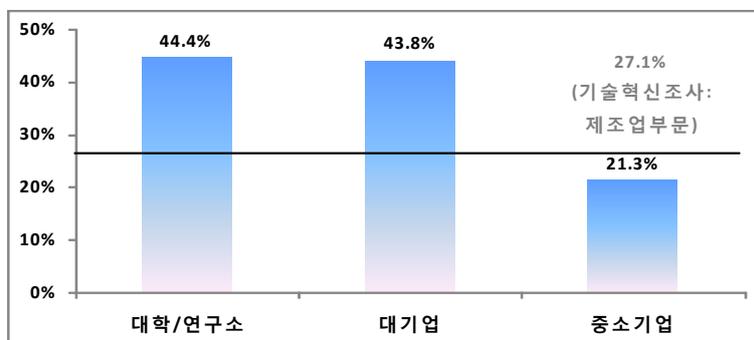
□ 기술획득 과정

- 참여업체의 기술개발 과정에서 주요 기술획득 방법은 주로 자체개발(38.4%), 국내기관과 공동연구(33.8%)로 진행되어 오고 있으며, 나머지는 국내기술제휴(19%), 해외기관과의 M&A, 라이선싱, OEM 방식도 7.8%를 차지. 특히 미약하지만 국내기업 합병(1.4%)은 기업에서 진행되고 있음



[그림 3-6] 참여업체 기술획득 방법

- 세계적인 연구흐름인 융합연구는 대학/연구기관과 대기업을 중심으로 진행되고 있는 것으로 나타났으며 아직까지 국내 에너지기술개발 영역이 자체개발기술에 의존하여 기술보전 및 시장선점을 추진
- 에너지기술분야 공동연구 활동은 제조업 부문 공동연구¹⁵⁾와 비슷하나, 주체별로 보면 대기업과 연구기관은 보다 활발한 반면에, 중소기업(벤처기업 포함)은 낮은 것으로 조사(자체개발 비율 78.7%)



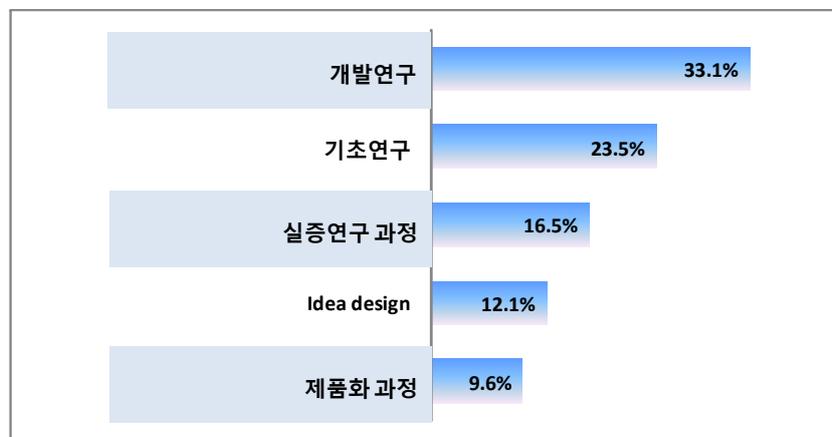
[그림 3-7] 기술개발 주체별 공동연구 현황

15) 과학기술정책연구원(2010), 2010년도 한국의 기술혁신조사 : 제조업부문

다. 에너지기술혁신성과

□ 기술개발 속도

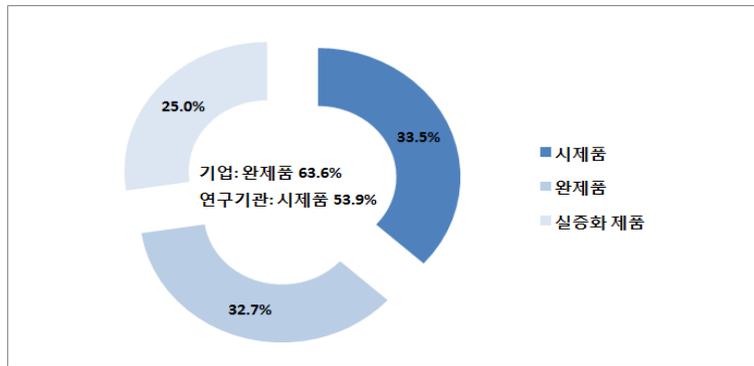
- 에너지기술은 점차적으로 빠르게 학습률이 높아져가고 있는 추세
- 본 조사에서 나타난 기술개발 속도는 기술대전에 출품한 제품들과 일반적인 연구개발 과정에서의 기술습득 속도가 달랐다는 결과 도출
- 출품한 제품들은 3.3년에 특허등록까지 마치고 제품전시에 참여하였고 일반적인 기술개발에 서는 4.1년이 소요
- 전시회 출품 제품과 일반 기술개발사업과는 특징이 서로 상이한 점은 있으나 각각의 기술개발 목표가 다르게 추진됨에 따른 결과로 판단
- 에너지기술개발 과정시 가장 많은 소요시간을 요구하는 단계는 연구 개발(Development) 단계 (33.1%), 기초연구(Basic Research)단계(23.5%) 순으로 나타났으며 idea과정과 제품화과정은 의외로 낮은 것으로 분석



[그림 3-8] 기술개발시 주요 시간소요 과정

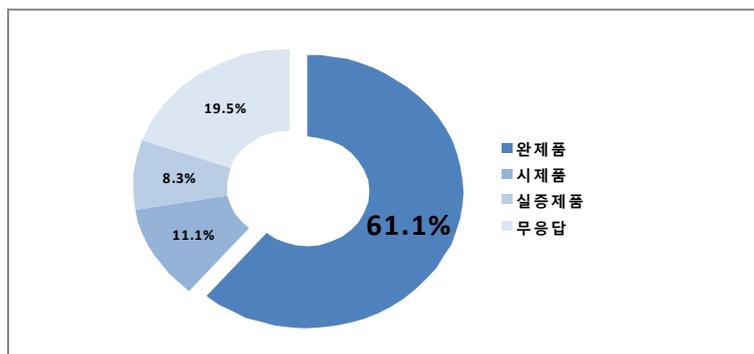
□ 기술혁신의 성숙도

- 기술개발 목표(제품)에 대한 조서결과는 시제품(33.5%), 완제품(32.7%), 실증화 제품(25%)로 제시
- 기업체는 완제품 비율이 63.6%, 연구기관은 시제품이 53.9%로 가장 높은 비중을 차지하여, 연구기관은 상용화 이전의 시제품 개발을 중점적으로 추진하는 반면, 기업은 상용화를 위한 완제품 개발에 초점을 두고 있는 것으로 분석



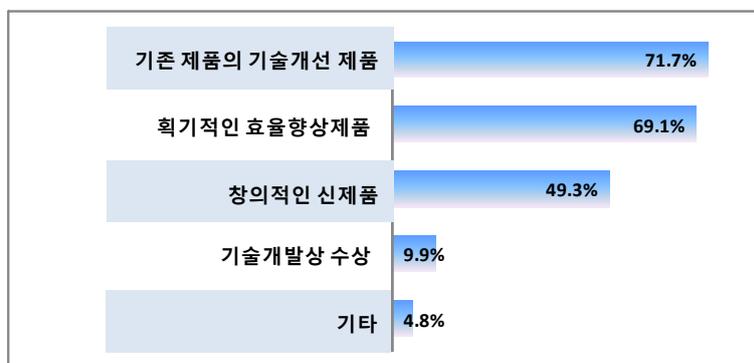
[그림 3-9] 기술개발 목표(제품화 과정)

- 반면에 에너지기술대전에 참여한 업체들의 기술개발 목표는 기술시장 획득에 있기 때문에 완제품(61.1%)에 치중



[그림 3-10] 상품화 정도(에너지기술대전 참여 업체)

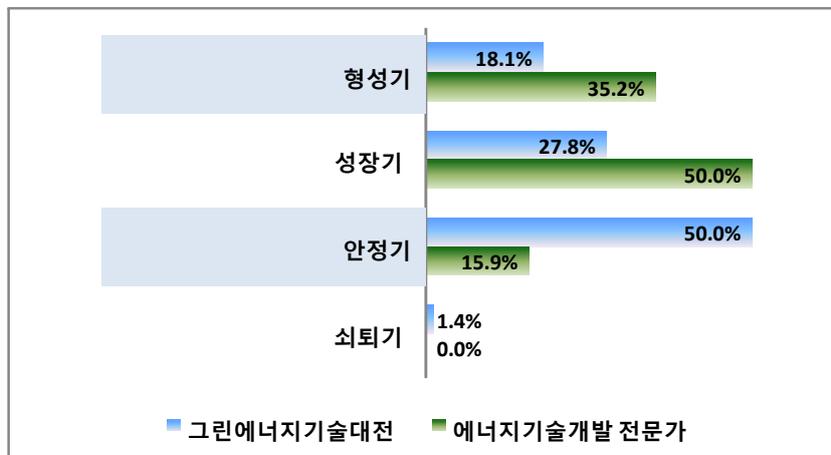
- 또한 개발된 제품의 장점 및 특징으로는 기존제품의 기술개선(71.7%), 획기적인 효율향상(69.1%)으로 조사되었으며 이는 제품혁신의 전형적인 프로세스를 갖추고 있는 것으로 분석



[그림 3-11] 개발된 제품의 주요 성과

□ 에너지기술시장 진입효과

- 본 조사는 에너지기술의 시장진입여부를 파악한 것으로서 실제 에너지기술이 시장형성에 어느 정도 기여하고 있는지 여부에 대한 분석결과로 활용
- 에너지기술개발 전문가는 미래 성장성이 높은 시장과 기술시장을 개척하기 위해 시장형성기에 목표를 설정하고 기술개발을 진행하고 있으나, 기업은 보다 안정적인 시장에 진입하는 것을 목표로 기술개발을 추진하고 있는 것으로 제시



[그림 3-12] 시장진입 효과

- 에너지기술 제품이 시장에 어떤 형태로 진입하며 현재 시장상황에 따른 활성화 정도에 대한 조사결과는 에너지기술대전 출품 제품과 전문가 그룹에서 차이가 있는 것으로 분석
 - 실제로 에너지기술대전에 출시하고 있는 제품은 기술완제품으로서 다양하고 유사한 제품이 시장군을 형성하고 있기 때문에 시장 확보 전략과도 맞물리는 기대효과를 두고 있으며 이들은 많은 기술이 이미 특허등록을 주력무기로 세계시장과 국내시장을 저울질하며 경쟁력 확보를 추진 중
 - 특히 기술대전 출품제품은 시장이 안정을 이루었다고 보는 의견이 50%를 넘고 있는 반면에 기술개발 전문가들은 50% 성장기에 속한다는 의견을 제시하고 있는데 이는 기술개발 단계의 제품들이 아직까지 많은 기술들이 실증단계에 머물러 있는 것에 기인하는 것으로 판단

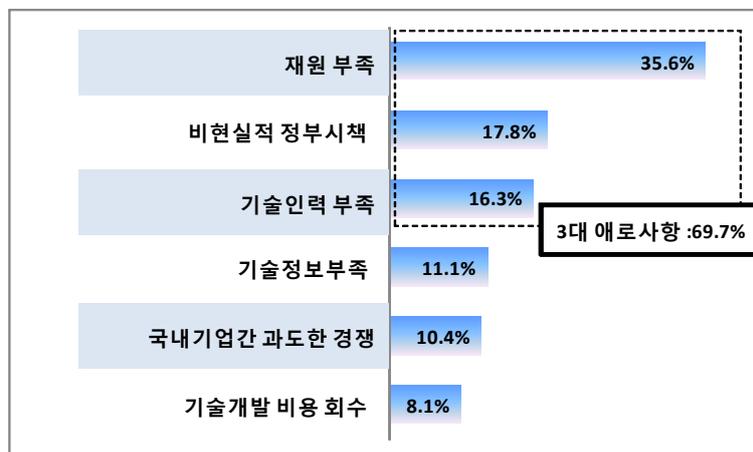
라. 에너지기술개발 방향

□ 향후 기술개발 방향

- 에너지 유관기관들의 향후 기술개발 방향은 전체 응답자 중 무엇보다 좀 더 혁신적인 기술개발에 참여를 원하는 의견이 67.3%로 원가절감 48.2% 보다 높게 나타났으며 이는 기술혁신의 의지가 높다는 것을 의미

□ 장애요인

- 기술개발에 따른 장애요인은 기업체와 연구기관 간 다소 상이하나 3대 애로사항은 자원, 인력, 국가정책 등으로 유사한 것으로 분석
- 기업체는 기술개발을 위한 자원확보가 시급한 반면, 연구기관은 기술개발을 위한 우수인력 확보가 시급한 것으로 분석
- 이는 일반적인 기술개발에서 제시되는 방향이지만 국가기술정책이 중요함은 아직도 에너지분야의 기술시장이 완벽하게 성숙되지 않고 있는 실정임에 따라 국가 정책 의존에 대한 기대감이 큰 것을 의미



[그림 3-13] 기업체 기술혁신 장애요인

- STEPI의 녹색기술혁신¹⁶⁾연구에서 나타난 장애요인 역시 기술개발확보, 인력개발, 시장개척 등이 중요한 애로사항으로 제시되었듯이 에너지기술혁신 개발에서도 유사한 애로사항으로 도출

16) 정기철, 박건우, 녹색기술혁신 활성화를 위한 지원제도 개선방안, STEPI, 2011

4 결론 및 시사점

가. 결 론

- 국가 중점 개발기술 분야인 태양광, 연료전지, CCS에 대한 글로벌 특허획득기술에 대한 분석결과 미국, 일본, 유럽, 한국 등이 각 분야에서 가장 많은 특허등록을 하였으나 기술경쟁력과 기술력평가에서는 미국과 독일을 제외한 대부분의 국가의 특허에 대한 질적 수준은 높지 않은 것으로 평가
 - 구체적으로는 3개 기술분야에서 미국은 시장확보력 및 기술영향력이 모두 높은 것으로 나타났으며 다음으로 독일은 개발된 기술의 시장 확보력이 상당히 높은 것으로 분석된 반면 한국은 시장 확보력 측면에서 해외 기술시장에 진입을 거의 하지 못하고 있는 동시에 기술 영향력도 상당히 낮은 것으로 평가

- 국내 기업 및 전문가를 통한 에너지기술 혁신 분석을 위해 에너지기술 제품 개발에 참여한 경험이 있는 업체와 기술개발 전문가를 중심으로 (1)에너지기술혁신활동, (2)에너지기술혁신 성과, 그리고 (3)에너지기술개발 방향 등에 대한 내용을 조사
 - 주요 기술획득을 어떻게 하는가에 대한 반응은 자체개발(88.6%), 국내기관과 공동연구(76.8%)로 추진하고 있으며 해외기관과의 M&A, 라이선싱, OEM 방식도 18.0%를 차지
 - 특히 국내기업 합병은 기업에서 진행된 과정으로 3.3%를 차지하여 점차로 기술융합의 기반이 문을 열고 있는 단계
 - 에너지기술의 기술개발 속도는 점차적으로 빠르게 학습률이 높아져가고 있는데 본 연구에서 나타나는 기술개발 속도는 기술대전에 출품한 제품들과 일반적인 연구개발 과정에서의 기술습득 속도가 다르다는 결과 도출
 - 출품한 제품들은 3.3년에 특허등록까지 마치고 제품전시에 참여하였고 일반적인 연구개발에서는 4.1년이 소요되는 것으로 분석

- 에너지기술개발 과정시 가장 많은 소요시간을 요구하는 단계는 연구 개발(Development) 단계 (33.1%), 기초연구(Basic Research)단계(23.5%) 순으로 나타났으며 idea과정과 제품화과정은 의외로 낮은 것으로 분석
- 기술개발 성숙도는 시제품(33.5%), 완제품(32.7%), 실증화 제품(25%)으로 제시되었으며 기업체는 완제품 비율이 63.6%, 연구기관은 시제품이 53.9%로 가장 높은 비중을 차지
 - 연구기관은 상용화 이전의 시제품 개발을 중점적으로 추진하는 반면, 기업은 상용화를 위한 완제품 개발에 초점을 두고 있는 것으로 분석
- 기술시장 진입효과에서는 실제 기술대전에 출시하는 제품은 기술완제품으로서 다양한 유사한 제품이 시장군을 이루고 있기에 시장 확보 전략과도 맞물리는 기대효과를 두고 있으며 이들은 많은 기술이 이미 특허등록을 주력무기로 세계 시장과 국내시장을 저울질하며 경쟁력을 확보 추진 중
- 에너지 유관기관들의 향후 기술개발 방향의 경우 전체 조사 결과에서 '혁신적인 기술개발 참여'를 원하는 의견이 67.3%로 '원가절감' 48.2% 보다 높게 나타났으며 이는 기술혁신의 의지가 높게 평가되는 점은 상당히 긍정적인 것으로 평가

나. 시사점

- 21세기 들어 급변하는 기후변화와 에너지안보라는 에너지여건 속에서 기술의 발전은 사막 속의 오아시스와 같이 중요한 생존 전략으로 부각되고 있으며 에너지기술혁신의 변화를 인식하기 위해서는 에너지기술의 현재 수준 및 변화 정도를 판단함으로써 미래의 방향을 제시하는 것이 필요
- 분석된 결과에서 세계 선진국가들의 기술경쟁력과 영향력에서 많은 부분 우리나라 보다 앞서 있는 것으로 평가되었으며, 글로벌 시장 선점을 위한 노력이 치열함에 따라 이를 따라 잡기 위해 에너지기술개발에서 중요하게 생각하는 자원, 인력, 국가정책에 대한 보다 적극적인 지원이 필요
- 기업체를 위한 기술개발 재원확보 방안과 함께 연구기관에 대한 우수인력 확보 방안 마련으로 보다 생산적이고 효율적인 기술개발이 이루어 질 수 있는 지원 필요

참 고 문 헌

1. 김인수, 이진주, "技術革新의 過程과 政策", KDI, 1986.
2. 박수익 외, "그린에너지기술 국제동향 분석 및 국제협력 모델분석", 한국에너지기술연구원, 2009.
3. 에너지자원기술평가원, "그린에너지기술개발 전략 로드맵", 지식경제부, 2009.
4. 이원희, "한국 제조업의 개방형 기술혁신현황과 효과분석", SERI issue paper, 2010.
5. 윤우진, "저탄소 성장을 위한 기술혁신과 대응전략", KIET issue paper 2010.
6. 하태정 외, "2010년 한국의 기술혁신조사 : 제조업부문", STEPI, 2010.
7. 정기철, 박건우, "녹색기술혁신 활성화를 위한 지원제도 개선방안", STEPI Insight, 2011.
8. 홍미영, 황기하, 홍정석, 이경재, "중점 녹색기술 기술수준 현황과 시사점", KISTEP issue paper 2011-18.
9. 박건우, 박찬열, "녹색성장 활성화를 위한 기술녹색도 평가방안", STEPI Insight 제71호, 2011.
10. Kahlil, T, "Management of Technology : The Key to Competitiveness and Wealth Creation", McGraw Hill, Boston, 2000.
11. P.A. Geroski, "Models of technology diffusion" Research policy 29, 2000.
12. Maj Munk Andersen, "Eco-innovation indicators", European Environment Agency, Copenhagen, 2006.
13. T.J. Wilbanks, "Inducing transformational energy technological energy technological chance", Energy Economics 33, 2011.
14. REN21, "Renewables 2010 : Global status report", Renewable Energy Policy Network for the 21th centry, 2011.

저자소개

박수익 [KIER 미래전략정책실]

- 영역 : 기술정책, 기술혁신
- 전화 : 042-860-3048
- e-mail : supark@kier.re.kr

이덕기 [KIER 미래전략정책실]

- 영역 : 기술경영, 기술혁신
- 전화 : 042-860-3753
- e-mail : deokki@kier.re.kr

구기관 [KIER 미래전략정책실]

- 영역 : 특허분석
- 전화 : 042-860-3171
- e-mail : kkkooo@kier.re.kr

홍종철 [KIER 미래전략정책 실장]

- 영역 : 기술정책, 기술평가
- 전화 : 042-860-3200
- e-mail : jchong@kier.re.kr

KIER

기술정책 Focus

KIER Energy Technology Policy Focus

KIER 기술정책 Focus 는 국내외 에너지 기술 및 주요 정책 이슈들에 대한 소개를 통해 에너지기술정책의 확대 및 강화를 위해 발간되었습니다.

 한국에너지기술연구원
KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH

미래전략정책실 305-343 대전광역시 유성구 가정로 152번
(T) 042-860-3200 (F) 042-860-3302 www.kier.re.kr