

신재생 에너지기술 시장 평가 (태양광, 연료전지, 풍력을 중심으로)

박수억¹⁾, 이덕기²⁾, 최상진³⁾

한국에너지기술연구원

Study on the Renewable Energy Technology Market; based on Photovoltaics, Fuel cell, and Wind

Soo-uk Park, Deokki Lee, Sangjin Choi

Korea Institute of Energy Research

Key words : Renewable energy, Technology market, Photovoltaics, Fuel cell, Wind, Niche market, Renewable energy industry

Abstract : There are many activities involved in promoting renewable energy technologies. These include governments, the renewable energy manufacturing and service industries, energy supply companies, investors, researchers, non-government organizations and customers. For a sustainable renewable energy market, finding a promising industry is essential. The industry has made significant progress in recent years, considering the fact that today's renewable energy market is relatively small. This paper analyses the technology market of renewable energy, focusing on photovoltaic system, fuel cell, wind system. It appears that there has been remarkable progress in renewable energy systems. Besides, developed countries are effectively increasing the share of niche market and promoting renewable energy worldwide.

1. 서 론

신재생 에너지는 에너지의 영역에서 교차로에 해당한다. 이는 공공성 확보가 필요하며 이에 따른 기술개발의 우수성과 비용의 향상이 요구된다. 또한 산업성장의 기여가 고려되기 때문이다. 최근의 신재생 에너지의 관심과 기대는 21세기에 들어와서 지속가능한 개발과 함께 주요한 요소로 우리에게 접근해오고 있다. 특히 미래에너지원의 요구에 대한 갈망과 자원고갈의 불안함에 대한 기대가 크며, 지구온난화의 불안함에 대비하는 온실가스 저감 노력의 대체 전략으로 더욱 힘을 받고 있다.

신재생 에너지 시스템에 대한 세계의 시장은 매년 몇 십억의 규모를 가진다. World bank^[18]에서는 개도국에서, 다음 40년을 통하여 신규 발전 용량이 500만MW가 필요할 것이며 시장의 1%가 대

략 500억\$이 될 것이라고 한다. 만약 신재생 에너지가 시장의 3%를 거둬들일 수 있다면 개도국에서의 판매는 대략적으로 연간 50억\$이 될 것이며, 그중 전체 태양에너지에 의한 판매는 연간 10억\$에 도달할 것이다.

이러하듯 신재생 에너지 기술개발은 시장의 활성화에 따라서 연구개발 단계에서 벗어나 기존 화석연료와 경쟁을 할 수 있는 것이다. 즉, 후방 에너지에서 경쟁력 있는 에너지로 부상하는 것

1) 한국에너지기술연구원 정책연구부

E-mail : supark@kier.re.kr

Tel: (042)860-3045 Fax:(042) 860-3135

2) 한국에너지기술연구원 정책연구부

E-mail : Deokki@kier.re.kr

Tel: (042)860-3753 Fax: (042) 860-3135

3) 한국에너지기술연구원 정책연구부

E-mail : sjinchoi@kier.re.kr

Tel : (042) 860- 3173 Fax: (042) 860-3135

이다. 따라서 본 연구에서는 신재생 에너지의 기술시장에 대한 흐름을 평가함으로써 미래에너지의 잠재력을 파악해보자하며 특히 태양광발전, 연료전지 및 풍력발전을 중심으로 기술시장과 각 산업의 영향에 대한 분석을 하고자 한다.

2. 신재생 에너지시장 여건

신재생 에너지기술 시장은 여러 가지 요소를 갖추고 있다. 이들은 정부, 관련 유관 산업, 서비스산업, 에너지공급업체, NGO, 소비자 등 다양한 구성요소가 신재생 에너지기술시장을 만들어가고 있다. 과연 주어진 현재의 여건에서 미래에너지기술시장은 가능성을 내포하고 있는가에 대하여는 단기 예측에 의한 관련 산업의 시장평가와 중장기 시장예측을 함으로서 윤곽을 파악할 수 있다.

우선적으로, 미래에너지 기술시장의 단기예측을 위하여, James & James 사^[9]에서는 21세기에 들어와서 각국의 신재생산업 관련 164 회사들에게 최근의 세계 재생에너지 공급 및 서비스에 관한 분석에 의하면 전 세계적으로 참여하고 있는 업체의 분포는 Fig.1과 같이 유럽이 59%로 가장 활발히 움직이고 있으며, 다음은 북미 22%, 아시아 8% 등으로 활동하고 있다. 또한 자회사로 살펴보면, 아프리카에 55%, 아시아 40%, 그리고 유럽이 18%로 신재생 사업을 추진하고 있으며 신재생사업의 활동범위는 아프리카와 아시아를 중심으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

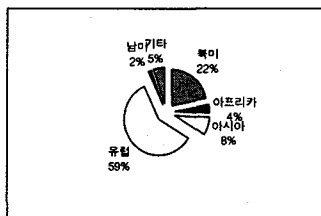


Fig. 1 Regional Distribution of Renewable Companies

그중에, 가장 활동분야가 높은 것은 태양광발전이 17%로 나타났고 일반서비스, 바이오에너지, 태양열 및 풍력 순으로 이루어져 있으며 특이점은 신재생 사업이 틈새시장 분야인 관계로 독립적인 사업 추진보다는 여러 사업을 병행하여 추진하고 있음이 60% 이상을 차지하고 있다. 사업 참여업체의 2/3 이상은 판매량 증가를 예측하며 특히 중남미 사업체들이 낙관적인 전망을 주시하고 있다. 또한 중장기 시장예측을 보면, 전반적으로 에너지시장은 밝은 편이며, 사업전망의 호전성은 태양광발전, 조력발전, 태양열발전, 폐열발전, 풍력발전, 바이오연료 산업을 들고 있다. 반면에 단순 태양열 이용, 수력분야는 성장폭선이 완만하게 이루어 질것으로 본다. 특히 신재생 에너지 시장은 다른 어떤 상품가치보다 기술의 향상도가 크게 차지하는 기술시장의 표본이 되고 있고, 예를 들어

태양전지의 효율향상으로 인한 가격인하는 태양광 기술시장을 활발하게 하고 이를 통한 기술의 응용력이 폭넓게 적용됨에 따라 신재생 에너지시장 전망은 낙관적으로 보고 있으며 확대될 것이라는 기대감을 가지고 있음을 알 수 있다.

3. 태양광발전 기술시장

태양광발전(PV) 시장은 태양전지의 시장진입에 따라 시장점유율이 변해가고 있으며, 본격적인 시장 진입이 80년대 후반부터 세계적으로 전반적인 지역 분포가 나타나고 있는 가운데 2000년대 초까지 약 10배 이상의 시장이 크게 증가하여 왔다. 특히 경제 불럭 중심으로 평가를 해보면 일본의 시장 독주에서 미국의 진입이 강화하고 있으나 최근 들어 오히려 유럽의 공세가 더 본격적으로 시장 획득을 위하여 노력하고 있다. 그리고 타 경제 불럭으로는 우리나라를 비롯하여 몇 개국이 비슷한 증가율로 활동하고 있음을 알 수 있다.

태양광발전에 의한 산업의 응용은 매우 느리게 이루어져 1970년대에 와서야 시작되었다. 이것은 1970년대에는 태양광에 의한 전력이 30 US \$/kWh로 일반 전력이 가정용으로 사용된 가격인 US 0.108\$에 비해 매우 비싸기 때문이다^[4]. 이러한 비용은 현재에 들어와서 상당히 줄어들었는데, 그것은 기술적 진보와 실리콘과 같은 반도체 소재의 발달, 산업 발전에 의한 태양광 기기의 규모 발전 및 학습효과들 때문이다. 이러한 진보는 태양광시장의 여건 변화로 더욱 발전하는 기세를 보이고 있으며, 이는 화석연료를 쓰는 발전과 비교하여 경제성을 검토함으로써 확인된다. 그 변화의 원인을 두 가지로 보고 있으며, 첫째는 일본, 독일 등 주요 국가별 PV시장의 여건이 좋아지고 있는 측면과 다음은 국가별로 강력한 드라이브를 걸고 있기 때문이다.

3.1 PV 시장 및 전망

태양광발전 시장은 태양전지의 시장진입에 따라 시장점유율이 변해 가고 있으며, 본격적인 시장 진입이 80년대 후반부터 전 세계적으로 고른 지역 분포가 나타나고 있으며, PV 시장은 2003년도의 생산 용량 3.12GW으로 크게 발전하여 이를 1990년부터 분석할 때 약 10배의 시장이 크게 증가하였다.

세계적인 추세를 보면 90년대에 비중이 높았던 외딴지역의 독립형 PV시스템이 도시주변의 연계형 PV시스템으로 집중되고 있는 경향을 나타내고 있다. 두 시스템의 설치 경향을 보면 90년대 초반에는 독립형이 70%이상 차지하였으나 2000년대에 들어서서는 그 60% 이상을 연계형 시스템으로 변화하고 있다. 태양광 발전의 독립형은 이미 경제적으로 경쟁성을 확보하고 있고, 특히 원거리의 연계형은 비용효과를 나타내고 있다. 그밖에도 태양광발전은 원거리 주택 발전, 냉동, 관개, 보안 등에 다양하게 응용되고 있다. 이러한 상기 적용 예

를 통하여 태양광 발전 시스템은 상당히 탄력적으로 운영될 수 있다는 점이 잇점으로 부각되고 있고 연계형 발전이 사용될 수 없었던 개발도상국이나 이미 연계형 발전을 확대하여 사용되고 있는 국가들도 적용 범위를 넓혀 가고 있다. 그러나 두 시스템에서 각국이 응용하는 영역은 크게 다르게 나타나고 있으며 독립형에서 볼 때 설비용량 중 39%가 주택용으로 이용되고 있으며 그중 스웨덴, 노르웨이, 핀란드에서 적용하는 독립형은 휴가용 저택을 위한 용도이며, 호주, 프랑스, 멕시코는 도서지역의 전력공급에 활용되고 있으며, 캐나다, 이스라엘, 한국은 상업 및 통신용으로 이용되고 있다.

PV시장은 새로운 기술시장의 돌파구를 열고 있으며 아직은 경제성의 문제가 완전히 해결되지 않아 몇몇 국가의 전략적인 진입으로 틈새시장이 열려지고 있으나 이들은 화석연료의 제한점을 극복할 수 있는 해결점의 기대로 점차 기술의 상용화에 접근해나가고 있다.

태양전지의 기술은 일본, 미국, 유럽이 주도하는 결정질 실리콘 기술의 중심에서 세계시장은 아래의 Fig.2에서 보듯이 1994년부터 2003년까지의 태양전지/모듈의 판매량을 나타낸 것으로 전반적으로 1990년대 후반부터 빠른 증가추세를 보이고 있으며, 2000년대에 진입하여서는 일본, 독일, 호주 및 중국이 보급 확산 전략과 맞물려 증가하는 한편 미국은 하락하는 추이를 나타내고 있다.

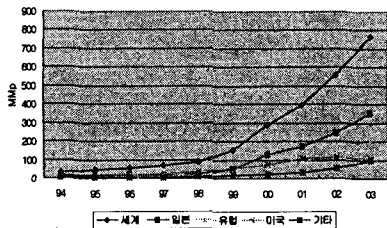


Fig.2 World PV cell/Module product (Mmp)

시장전망을 보면 전반적으로 경제가 침체되어 있는 상황이지만, 향후 일본, 유럽, 미국 등의 PV 시장에 대한 전망은 밝다. 주요국들은 2010년경에는 3-5GWp, 2020년엔 15-35GWp, 2030년까지는 25-82GWp를 보급할 것을 목표로 삼고 목표 달성을 위해 노력을 기울이고 있다.

국가별 태양광발전 시장의 전망은 일본과 미국, 유럽을 중심으로 전반적으로 빠른 성장률로 꾸준히 증가할 것으로 예측된다. 특히, 일본은 90년 중반부터 세계 PV 시장을 리드해온 것처럼 앞으로도 지속적인 성장을 보여, 2030년에는 세계 PV 시장의 절반 이상을 점유할 것이며 미국과 유럽은 비슷한 수준의 성장률을 나타내다가 2030년에는 유럽이 미국보다 다소 앞선 증가추세를 보일 것으로 전망된다.

3.2 PV 가격

현재 통용되고 있는 PV시스템 가격은 국가별로

매우 다양하고 폭넓게 되어있으며 시스템크기, 지역, 구매자 타입, 연계형, 그리고 기술특수성 등과 같은 다양한 요소들의 독특한 시장특성 때문에 발생한다. 최종소비자 가격의 범위는 모든 요소들의 실제가격을 반영하며 PV시스템과 모듈의 가격 동향⁵⁾은 Fig.3 에서 나타내었다.

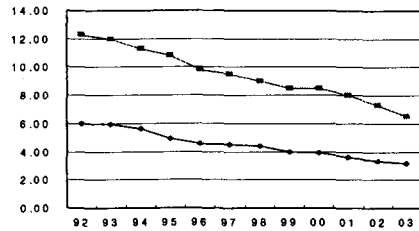


Fig.3 trend of PV system and Module Price
자료산출: 일본, 미국, 독일 3국의 평균임

연계형 시스템은 국가별, 국내 사정별 역시 다양한 가격구조를 유지하고 있으며 가장 싼 가격은 4\$/W를 나타내고 있으나 IEA-PV에서는 현실성이 부족하다고 생각하고 있으며 전형적인 가격대는 5-7\$/W로 보고 있다. 시스템가격의 비용구조는 국가별로 폭넓게 형성되어있으며 연계형 시스템의 경우 모듈의 가격은 45-100%까지 이루어지며, 가격은 경제규모의 성취정도, 빌딩통합단계, 고난도 설비 그리고 기술혁신에 의존한다.

2003년의 전형적인 모듈가격은 국가별로 다양하게 나타나고 있으나 대부분의 나라는 3.5-4 \$/W로 이용되고 있으며 가장 싼 가격으로는 3 \$/W를 이루고 있다. 이를 국가별로 간략히 살펴보면 경쟁국인 일본과 독일은 10년간 50%의 가격이 하락하였으며 미국의 경우 30%정도 감소하는 추이를 보이고 있다. 또한 한국은 모듈제조업체 중에 높은 가격을 유지하고 있으며 시장 활성화 지원전략이 필요한 시점으로 볼 수 있다.

3.3 PV 산업

최근 5년 동안 태양광발전 산업은 연 평균 30%의 성장을 나타내었다. 현재는 결정질 실리콘 기술이 생산품의 85%를 차지하고 있지만, 향후 그 가격 저감의 한계로 인해, 차세대 시장 진입이 강하게 기대되는 기술인 아몰포스 실리콘 태양전지, CdTe, CIS들이 성장할 것으로 전망된다. 2004년의 기준에 의하면 다결정실리콘이 62%, 단결정 27%의 세계시장을 점유하고 있으며 박막형 실리콘은 3.4%, A-Si cz slice는 4%로 일본이 전망 생산하고 있다.

태양광발전산업은 PV재질, 전지, 모듈 그리고 시스템의 생산에 따라 국가별 기업별 각기 다른 형태를 보이고 있다. 이들 산업들은 아래의 그림별로 태양광발전 가치사슬(PV value chain)을 이루고 있다. 첫째 태양전지 및 모듈생산, 둘째로 BOS 구성요소들, 셋째, 기본 재질인 upstram materials 인 원료, 인고트, 웨이프 등이며 이들을 중심으로 태양광발전 산업이 이루어지고 있다.

Table 1 PV Industry production in 2003

분류	PV산업	구성요소	World*
전지	생산(MW)	All types	686
	capacity(MW)	year	934
모듈	생산(MW)	sc-Si	200
		mc-Si	335
		a-Si	38
		Sii	81
		other	13
		total	667
	capacity(MW)	year	959
up-stream	Ingots(톤)	sc-Si	(565)
		mc-Si	(650)
	Wafers(MW)	sc-Si	150
		mc-Si	465.5
Silicon feedstock	톤	(6000)	

자료: ref.[7]
 *()는 추정치임

이들의 최근 동향은 Table 1과 같이 태양전지 산업은 설비용량에 비추어 73%가 제품으로 시장진입이 이루어지고 있다. 모듈생산은 기술유형별로 시장점유가 다르게 나타나고 있으며 주력 시장인 mc-Si, a-Si에서는 일본이 시장점유가 높은 반면 sc-Si는 유럽이 생산량이 많은 것으로 나타났다. 반면에 Wafer 생산에서는 mc-Si의 경우 유럽이 수요를 창출하는 것으로 나타나고 있다.

Table 2 PV product major manufactures

순위	PV업체	2001	2002	2003	Technology 형태
		MW	MW	MW	
1	SHARP	74.0	123.1	197.9	sc-Si, mc-Si, a-Si
2	Kyocera	54.0	60.0	72.0	mc-Si
3	BP Solar	54.4	71.4	69.3	sc-Si, mc-Si
4	Shell solar	48.3	55.5	62.0	sc-Si, CIS
5	RWE Schott Solar	22.7	29.5	44.0	EGF mc-Si, (ribbon)
6	Mitsubishi Electric	14.0	24.0	42.0	mc-Si
7	Isophoton	18.7	27.4	35.2	sc-Si
8	Sanyo Electric	16.0	30.0	35.0	a-Si, sc-Si
9	AstroPower	26.0	29.7	29.7	sc-Si
10	Q-cells	-	9.0	28.2	mc-Si
	기타	73.3	98.3	148.3	
	합계	401.4	557.8	763.6	

자료: ref.[5][15]

Table 2는 2003년 말 현재 생산량에 따른 세계 10대 태양전지 제조업체의 현황을 요약한 것으로 10대 업체가 전체 생산량의 약 85%를 점유하고 있다. 이들은 태양전지 및 모듈생산의 리더의 역할을 하고 있으며 특히 Sharp와 Kyocera, 미국의 Shell solar이 다음으로, 독일의 RWE와 일본의 Mitsubishi 등이 네번째 그룹으로 시장 확보를 해 나가고 있다. 이들의 주력기술은 sc-Si와 mc-Si 생산 산업이며 막필름 생산 산업은 미국, 호주, 스웨덴 및 독일 등 여러 나라에서 틈새시장을 통하여 진입가능성을 보고 있다.

4. 연료전지 기술시장

연료전지(Fuel Cell: FC)의 기술 매력도는 점

차로 증가세를 유지하고 있고 더구나 2000년대에 진입하여서는 빠르게 발전하고 있다.

Fuel Cell Today^[22]에 의하면 1950년대 후반부터 FC 시스템이 구축되기 시작하여 2003년 현재까지 6,800여 시스템이 설치된 것으로 분석되고 있다. 시장영역은 기술 분야별, 응용 영역별로 다양하게 분포하고 있으며 아직까지는 북미, 일본, 유럽이 시장의 주도권을 잡고 있으며 신흥 개발국들도 서서히 시장 진출을 시도하고 있다.

지난 15년간 다양한 종류의 FC에 대한 관심과 투자가 증가하여 왔는데 이러한 FC는 작동온도에 전해질의 원료 형태에 따라 구분된다. 작동온도에 따라서는 고온형으로는 용융탄산염(MC)과 고체산화물(SO)로 650℃ 이상의 운전온도를 요구하며, 저온형으로는 인산형(PA), 고분자형(PEM), 알칼리형(AFC) 등이 있으며 80~200℃ 범위 내에서 상대적으로 낮은 온도에서 운전되고 있다. 이들의 기술별 적용비율은 아래 Fig.3 과 같으며, 그중에서 PEMFC가 최근 시장의 주류를 이루고 있다.

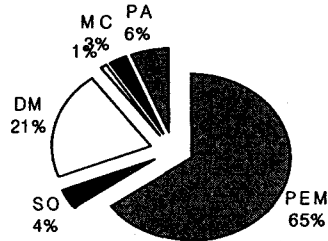


Fig.3 All systems built by tech-type

이용 제품형태는 분산발전용, 자동차 등 교통수단용, 휴대용, 군사용 등 다양하며 이들이 기술 시장에서는 미래시장의 구실을 이루고 있다.

4.1 FC시장 규모와 전망

FC시장은 다양한 제품으로의 응용 가능성을 바탕으로 빠른 속도로 기존의 산업기술의 대체와 새로운 시장을 형성해 나가고 있다. 특히 기술개발 속도가 빠르며 새로운 친환경적 고효율 에너지에 대한 사회 기대와 수용도가 높아지고 있어 연료전지 제품에 대한 시장 진입 가능성이 높아지고 있다.

BCC(Business Communications Co.)^[21]에 의하면 2003년의 시장규모는 14억\$로 추정하고 2005년에는 33억\$로 증가하여 연평균 18.7%의 상승을 나타내고 있으며 40년 후에는 자동차, 발전원, 전자통신용으로 6,000,000억\$로 증가 할 것으로 전망되고 있다. 2003년 기준으로 전체적으로 2,800시스템이 생산되었으며 20년 후에는 신규로 200,000명의 직업이 창출될 것으로 예측되고 있다.

2003년의 FC시장에 참여하는 업체는 1000업체

를 상회하고 있으며 많은 업체들이 FC 시스템 및 부품을 공급할 뿐만 아니라 스택 및 수소제조 및 공급 기술을 지원하고 있다. 이는 수소경제의 세계적인 개발 추구에 발맞추어 기술개발 및 상용화에 적극성을 나타내고 있는 것이다. 여기에 참여하고 있는 국가는 미국, EC, 일본, 호주, 캐나다, 중국, 프랑스, 독일, 아이슬란드, 인도, 이태리, 한국 노르웨이, 영국 그리고 러시아 등이다.

4.2 FC의 주요 제품 시장

현재는 FC와 관련된 제품의 연구 개발과 실증 운전이 이루어지는 단계로 2005-2010년 사이에 초기 시장 형성과 보급이 이루어 질것이며 2010년 이후에 시장 확산이 예측되고 있다.

4.2.1 수송용 market

규모면이나, 제정가치나 환경효과 측면에서 볼 때 수송용 연료전지 시장은 FC 중 가장 높게 평가하는 제품이다. 지난 40년 동안 수송용FC에 관하여 시험해 왔으며 90년대 중반까지 소수의 자동차가 만들어졌으나 주목할만한 개발은 2000년 이후에 이루어졌다. 최초의 FC자동차는 1959년 첫선을 보인 이후에 수송용으로 이용된 연료전지시스템이 최근까지 780 대를 공급하였다. 여기에는 주 에너지원으로 사용된 경우와 보조에너지로 이용된 경우를 포함하고 있으며 적용대상은 버스, 승용차, 그리고 이들을 제외한 특수차량을 포함한다.

기술형태로 볼 때, PEMFC가 수송용 제품들에 있어서 몇몇 트럭이나 자동차의 보조에너지원 이용을 포함하여 자동차용 에너지원으로 가장 상용화에 근접하고 있다. 그러나 자동차의 경우 많은 시장 예측자들이 예상했던 것 보다 느리게 가고 있다. 예를 들어, General motor는 2020년까지 1백만대의 목표를 가지고 있으나 현재로서는 구축하기 어려운 것으로 보인다. 여기에는 연료전지 자동차가 실제적으로 시장에서 진입하기 위해서는 기술적 인 문제와 상업화조건은 물론 규제 등의 이슈가 해결되어야 하기 때문이다. 그렇지만 수송용 연료전지는 타 분야보다 환경과 고유가 등에 대비하여 기술개발과 시장 확대가 매우 빠르게 이루어지는 분야이며 다른 적용분야보다 대한 시장 진입에 대한 당위성이 높기 때문이다.

4.2.2 발전용 market

10kW급 이상의 대용량 발전용(Large stationary power)FC는 전 세계적으로 오래전부터 적용해 온 분야이다. 1970년 이후 처음으로 시험가동이 있는 후 10kW이상(평균 200kW)의 시스템이 지금까지 700여기 이상 제조되어 설치되었다. 이들은 거의 90% 이상 NG(natural gas)를 연료로 사용하고 있으나 바이오 가스나 석탄 가스에 대한 대체연료의 관심도 높아지고 있는 편이다. 최근 2003년에는 총 15MW의 설치용량으로 65기가 새로이 증설되었으며 기술의 적용에 있어서도 지금까지 보급되었던 PAFC에 이어 MCFC가 시장에 진입하기 시작했고 소용량에서는 연료전지 특성상 PEMFC가 주로 적용되고 있다. 그리고 주목할만한

것은 지금까지 미미한 분포를 나타내던 SOFC가 미래시장에 노크를 시작하였다.

소규모 발전용(Small stationary power) FC는 0.5-10kW 이하의 규모로 운영되며 점차로 시장이 세분되기 시작하고 있으며 대표적인 이용은 민수용이며 상업용으로 UPS와 back-up power에서부터 주택용 전력으로 원거리 적용에까지 다양하게 시장이 형성되고 있다. 특히 통신, 병원의 응급서비스 그리고 은행 등에서는 관심이 시작되었다. 기술은 PEMFC와 SOFC를 중심으로 지속적으로 꾸준히 발전하고 있으며 특히 2kW 이하 규모가 50%를 차지하고 있다. 이들이 사용하는 대부분의 연료는 Natural Gas이며 미국이 50% 가까이 개발하고 있다.

4.2.3 휴대용 market

주로 1W에서 1.5kW 범위의 휴대용 시장은 FC 기술 중에서 우선적으로 상용화가 이루어 질 것으로 예측된다. 부품이 아닌 제품으로 널리 보급되고 있으며 다른 분야의 FC응용분야보다 빠르게 증가하고 있다. 90년대 중반에 시작되어서 2002년에 1800 기, 그리고 2003년에 3600 기의 시스템 제작이 이루어졌으며 DMFC 와 PEMFC가 주로 적용되고 있으며 사용되는 연료는 메탄올이나 수소가 직접 이용되고 있다.

4.2.4 군사용 market

고분자 연료전지는 발전효율이 높고 소음이 적으며 모듈 식이므로 제한된 공간에 배치할 때 유연성이 높으며 여러 기를 분산 배치함으로써 생존성을 증가시킬 수 있는 등의 장점 때문에 군사용으로의 연구 개발이 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 해군의 경우 기지의 비상전원이나 선박과 잠수함의 전원으로 도입하고 있으며, 육군에서는 보병 전자장비의 전원용으로, 공군은 헬기나 수송기의 보조전원으로서의 사용이 검토되고 있다.

4.3 FC 제품별 산업

제품별 산업시장은 지역별로 차이를 보이고 있으며 주요 핵심개발권은 북미, 유럽 그리고 일본이 중심이 되고 있다. FC시스템 개발 중심으로 최근의 분포를 보면 북미에서 55%, 유럽 23%, 일본 20% 기타 등으로 분할되어 있으며, 기타로는 남미, 호주, 중국을 포함한 극동아시아 국가들이며 빠르게 증가하고 있다.

수송용 FC산업에서, 버스개발은 유럽과 북미가 가장 앞서 있으며 다음으로 일본 중국 순이다. 특히 중국은 2008년 북경 올림픽을 위해 100대를 준비할 정도로 관심을 높이고 있다. 주요 FC버스제작사는 Daimler Chrysler, Gillig, Irisbus, MAN, Neoplan, New Flyer, ThunderPower's, Toyota, Van Hool, Volvo bus 등이며, 스택 제작사는 Ballard Power Systems, Enova Systems, Hydrogenics, Proton Motor, Shanghai ShenLi 그리고 UTC 등이다. 그리고 승용차 개발은 2004년을 통하여 많은 성장을 가져왔으며 지금까지 총 500 여대를 생산한 바 있다. 대부분의 자동차 회사

연료전지 자동차를 개발하여 실증운전하고 있으며 Toyota, Honda, Daimler Chrysler, GM, Nissan, Daihatsu, Ford, 현대 등이 포함된다. 또한 특수용 차량은 틈새시장으로 자동차용 보조전원, 자전거, 스쿠터, 지게차의 전원으로 개발이 50%를 넘고 있으며 항공용, 해양, 광산, 우주용 등에 다양하게 적용하기 위해 개발하고 있으나 일부를 제외하고는 아직은 상용화에는 접근하지를 못하고 있다.

발전용 FC산업은 지난 30년 bn가량 꾸준히 개발 되어 왔으며, 대용량 발전용은 북미와 일본이 주도를 잡고 개발을 하고 있고 주 업체는 UTC, Hui Electric, Fuel Cell Energy, MTU 그리고 Siemens Westinghouse 등이 85%이상의 생산을 추진하고 있으며 특히 인산형 200kW급 FC-25를 개발 하였던 UTC는 50%를 상회하는 시장을 확보하고 있다. 소규모 발전용은 북미, 유럽 그리고 일본으로 삼분되어 있으며 주 업체는 Avista Labs, H Power, Nippon oil, Plug power, Sanyo Electric 그리고 Sulzer Hexis 등의 6개 업체에서 주축으로 개발 추진되고 있다. 그러나 다수의 제조업체는 기대했던 것 만큼 빨리 성장하지 못하고 있으며 가장 큰 이유는 경제성으로 보급 확산을 하기 위해서는 가격하락이 우선적으로 이루어져야 한다. 그러나 몇 년내로 생산규모를 확대하겠다고 주요 업체들이 결정하고 있다

휴대용 FC산업은 다양한 응용 제품을 바탕으로 가격전략과 대량제품화를 유도하면 대형시장을 갖출 수 있다. 그러나 휴대용 시장은 기존 이차전지의 대체 특성을 가지고 있기 때문에 제기되고 있는 이슈는 수요측면에서 볼 때, 이차전지에 대한 경쟁성을 갖추고 시장이 크게 이루어질 것이냐 이고 이를 위해 공급측면에서는 가장 큰 도전이 비용감소와 대량생산과정을 통하여 문제들이 극복될 수 있는나에 초점을 두고 있듯이 아직은 미숙한 시장이지만 조심스럽게 접근하고 있다. 주요 산업군으로는 군사용, 휴대용발전, 배터리 충전 등에 활용가치가 높아지고 있으며 노트북이나 휴대폰산업에 50W 이하급 전원의 공급에는 관심을 가지는 업체가 늘어나고 있다. Casio, Hitachi, Motorola, NEC, Samsung, Sony, Toshiba 그리고 Yuasa 등이 이들 시장을 위해 참여하고 있고 전체적으로 참여 기업은 190여 업체를 넘어서고 있다 [11].

연료전지의 시장은 아직 완전히 열리지 않았다. 하지만 상업화를 목표로 많은 회사들이 움직이고 있으며, 국가적인 프로젝트를 통하여, 각국에서 상용 제품의 출시를 준비하는 단계이다.

5. 풍력발전 기술시장

1970년대 말부터 미국을 비롯한 유럽 등 선진국들 간의 현대적 풍력발전시스템의 개발을 위한 기술개발경쟁에 돌입하여 정부 주도에 의한 대형 풍력시스템의 연구개발이 활기를 띠었으나 시장진

입의 실패로 침체에 들어 상용화에 이르지 못하게 되었다. 1990대 이후 기업주도에 의한 개발이 덴마크, 독일, 스페인 그리고 다시 미국 등 대규모 풍력시장이 형성되면서 시장 경쟁력 확보를 위한 대형화가 진행되어 이제는 수 MW급 규모로 일반화되었다. 기술시장에서 볼 때, 상업화된 풍력터빈은 대부분 표준 구성요소애 맞춰 조립되고 단지 블레이드와 제어시스템은 요구되는 풍력터빈산업에 적절히 맞추어 공급되고, 시장규모가 확대됨에 따라 특성화된 공급자와 맞춤형식의 공급이 이루어지고 있다.

풍력산업의 특성상 현지 생산 및 건설이 유리하므로 각 국은 풍력시장의 조성 및 확장과 함께 자국의 풍력산업을 신중 산업으로 육성하고자 하는 노력을 기울이게 되었으며, 그 가운데 덴마크에 이어 독일, 스페인 및 인도의 경우가 풍력산업을 하나의 새로운 중요한 산업군으로 국가적 차원에서 육성한 좋은 예이다.

5.1 시장규모 및 전망.

풍력시장의 규모는 풍력자원의 잠재량과 전력시장에서의 대체발전 가능량과 밀접한 관계가 있다. Fig.4의 전 세계 풍력자원의 분포도에서 보여주는 바와 같이, 자원량은 연간 53,000TWh 로 2020년에는 연간 전력 소비예측이 25,590 TWh 로 2배에 해당되는 량을 전망하고 있다.

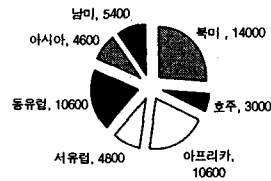


Fig.4 The world's wind resources, TWh
자료: ref. [1]

유럽의 경우, 2001년의 전력생산량은 2,659 TWh 이다. 유럽 내륙에서의 풍력발전 기술적 잠재량은 630 TWh로서 발전시장의 24%에 해당된다. 풍력발전은 태양광 발전 등 다른 대체 발전원과 마찬가지로 발전시장의 전체를 담당할 수 없는 특징이 있기 때문에 전력의 저장설비가 없는 한 발전량은 전력 수요량에 따라 정해져서 기존의 화력 또는 수력발전과 같이 전력공급의 조절이 가능한 부분을 풍력발전으로 대체할 수밖에 없다. 따라서 대부분의 국가에서의 풍력자원 잠재량⁵¹은 전력 수요량을 초과하고 있으므로, 일반적으로 현재의 풍력발전시장 잠재규모는 현재 전력공급시장의 20%정도로 나타나고 있다.

풍력발전의 기술적 신뢰는 증가하고 지난 10년간 풍력발전의 개발은 폭발적으로 증가하였다. 전세계의 설치 규모는 2002년 에 30GW를 초과했으며 규모의 성장은 90년대 중반 이후 이는 R&D 결과

로 기술적 개선과 터빈사이즈의 대규모화에 기인하여 급성장 하였다.

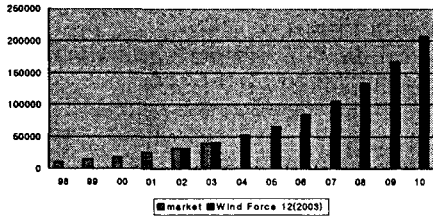


Fig. 5 Cumulative Installation Capacity: Result & Prediction (MW)

그리고, 지난 1998년부터 2010년까지 세계 풍력발전보급 및 전망을 Fig.5 에서 나타내었으며 유럽풍력협회(EWEA)의 Energy Force 12에서는 2010년에는 설비용량이 26,528MW에 이를 것으로 전망하였다.

최근 5년간(1998~2003)의 풍력발전 시장의 평균 성장률은 약 26.3%에 이르고 있으며, 최근 3년간의 시장 성장률을 기준으로 할 때 독일, 스페인, 이태리 및 그리스가 45%이상으로 시장을 주도하고 있다. Fig.6 에서, 2003년 말 기준 독일, 미국, 스페인, 덴마크 등 4개국이 30,469MW로 세계 보급량의 75.6%로 대부분을 점유하고 있다. 현재 풍력발전 설비용량의 70%이상을 유럽이 차지하고 있으나 최근 인도, 일본, 중국 등 유럽 외의 국가에서 증가하는 추세를 보이고 있다.

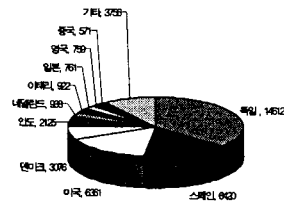


Fig.6 Top 10 wind power markets 2003 (MW)
자료: ref.[8]

유럽풍력협회(EWEA) 및 그린피스의 Wind Force 12에 의한 향후 2020년까지의 전 세계 전력수요와 풍력발전량에 따르면 2020년에는 전세계 전력수요가 25,578TWh로 IEA에서 예측하며 풍력발전량은 3,000TWh 발전될 것으로 전망할 때 전 세계 전력수요의 12%까지를 담당 가능할 것이다.

5.2 기술시장

풍력 터빈의 가격은 꾸준히 하락하고 있으며 풍력발전 기술의 시장 영향은 터빈사이즈와 밀접

하다. 주요국인 덴마크, 독일, 미국은 국가 R&D의 자금투입 경향이 빠른 시장 흡수력을 위한 투자를 하고 있다. 이러한 지원에 의한 시장의 확대에 따라 1985년 터빈사이즈가 20kW에서 시장진입이 2002년에 1,395kW까지 확대되었다. 대형터빈은 거의 육상용으로 운영되며 연계형으로 발전에 이용된다. 그러나 육상용으로 최적지 운영이 점차 어려워지므로 해변국가 중심으로 해변이나 해상풍력을 운영하기 시작했고 이는 덴마크, 네델란드, 스웨덴과 영국 등의 유럽을 중심으로 풍력단지를 쌓아가고 있다. 향후 새로운 해상풍력단지에 설치될 터빈의 규모는 가까운 시기에 1.5MW를 설치할 것으로 내다보고 있다.

풍력터빈과 플랜트의 비용은 시스템과 사이트에 의존하며 평균 풍력터빈의 평균투자비는 900 \$/kW로 이루어지는 반면에 해상풍력의 평균투자비는 1,100~2,000 \$/kW 투입된다. 발전단가^[6]는 80년대 시장 진입 전에 70센트/kWh에서 1991년 10센트/kWh, 1998년에 5센트/kWh로 내려가기 시작하여 현재는 3.5센트/kWh를 나타내고 있다. 일반적으로 총투자의 75~80%는 기계비용이고 나머지 20~25%는 토목공사 및 연계비용으로 소요된다. 기술적으로는 향후 10년 간 설비비는 529\$/kW로 발전단가는 2.5센트/kWh로 감소되고, 도입되는 평균 시설 용량은 1,500 kW로, 최대 상품화 용량은 5,000 kW로 전망한다.

미국 풍력에너지협회(AWEA)는 회전자 직경 -18m(~60 ft) 범위의 100 kW급 이하인 소형 풍력발전 시스템의 20년 산업 기술지도에서 소형 풍력발전 시스템의 향후 시장 및 기술 전망도 상업용 대형 풍력발전시스템에 비하여 손색없는 비전을 갖고 있다. 또한 소형 풍력발전시장의 잠재적인 규모는 2000년 기준 가정용 대체전원이 57,000 MW가 되고 2020년에는 113,000 MW 정도가 되며, 기타 비가정용 대체전원으로 2020년에 26,000 MW로 총 139,000 MW가 될 것으로 내다본다.

5.3 풍력발전 산업

연계형 풍력발전의 상업화 개발은 1970년대 중반 오일 쇼크이후 덴마크, 네델란드 그리고 미국에서 시작되어, 독일, 덴마크 그리고 스페인 등과 같은 국가들 중심으로 발전하였다. Table 3과 같이 2001년 현재 풍력발전기술은 5개 선진 기업이 시장의 70% 이상을 점하고 있으며 유럽 및 미국 등 10여 개국에 세계 누적 시설용량의 94% 이상을 차지하는 등 지역 편중이 심한 기술이다. 특히 풍력발전 기술은 선진국에서는 대형화, 단지화를 통한 자원 개발 및 발전사업의 형태로, 저개발국가의 경우에는 미전화 지역에 현대적 개념의 에너지를 공급하는 전화 사업 등 다양한 형태로 사업화가 진행되고 있다. 향후는 기술의 보편화에 의하여 5개정도의 선진 제작사의 시장지배에서 중국, 인도 등의 신흥 제작사가 시장지배 제작사의 대열에 합류하게 될 전망이다

Table 3 Top 10 Supplier(2001)

회사명	국가	판매 (MW)	점유 (%)	고용 효과
Vestas	덴마크	1,630	23.3	5,500
Enercon	독일	989	14.1	4,100
Neg Micon	덴마크	875	12.5	1,805
GE Wind	미국	861	12.3	1,500
Gamesa	스페인	649	9.3	1,114
Bonus	덴마크	593	8.5	500
Nordex	독일	461	6.6	725
Made	스페인	191	2.7	-
Mitsubishi	일본	178	2.5	-
REpower	독일	133	1.9	300

자료: ref.[5]

풍력발전산업에 있어서 시장 구축에 성공한 몇 가지 이슈가 풍력발전 산업의 모델케이스로 벤치마킹되고 있으며 이를 살펴보면, (1)독일은 세계의 리더격으로 올라섰고 (2)미국은 거대한 잠재량을 보여주고 있는 국가이며 (3)인도는 새로운 아시아권의 리더로 부상하고 (4)덴마크는 상업화에 성공한 국가이며 (5)스페인은 남유럽의 전력보급으로 떠오르고 (6)해상풍력은 새로운 개척영역으로 시장이 형성되고 있다는 점이다.

6. 결 론

신재생 에너지는 부상하는 에너지며 지속가능한 개발의 견인차를 해주는 에너지이다. 신재생 에너지의 발전은 어떻게 에너지시장으로 합류하여 하느냐에 성공여부가 달렸다고 볼 수 있다. 그러나 현실적으로 신재생 에너지의 시장 진입은 매우 어려운 편이며 시장 매력도가 그리 높지 않기 때문에 정부, 산업체, 서비스업종, 기술개발자 등 모두 신재생 에너지 산업의 육성에 노력을 기울여야 한다.

특히 모든 신재생 에너지 산업은 국가 주도의 강한 드라이브로 추진되고 있고 이들을 수용할 인프라가 갖추어진 산업부터 상용화의 성장을 기대할 수 있다. 우리나라의 신재생 시장 진입여건은 아직도 인프라의 구축이 더욱 필요한 시점이다. 이러한 여건에서 PV산업, FC산업, 그리고 풍력산업 등은 다양한 기술의 성숙을 요구하며 이들에게 틈새시장을 찾아야 한다. 특히 비용 효과적이고 기술우위 가능분야를 중심으로 기술 로드맵 및 정부개입이 우선화 되어야 할 것이다.

References

[1] AWEW, Wind Power Outlook, 2004
 [2] Business Communication Co., Fuel Cell Industry Review, 2003, 2004
 [3] DOE, FC Report to Congress, Energy Efficiency of Renewables, 2003
 [4] IEA, Needs for renewables: Developng new

generation of sustainable energy technology, Workshop of Renewable of Working Party(WRWP), paris, 2000
 [5] IEA, Renewables for power generation : Status & Prospects, 2003
 [6] IEA, Renewable Energy : Market & Policy Trends in IEA countries, 2004
 [7] IEA, Trends in Photovoltaic Applications Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2003, Report IEA-PVPS T1-13, 2004
 [8] EWEA, Wind Force 12, 2004
 [9] J. Beurskens and P. H. Jensen , Economics of wind Energy Prospect and Direction, Jamaes &James, 2001
 [10] Kerry-Ann Adamson, Alexandra Baker & David Jollie, Fuel Cell Systems: A survey of world wide activity, Fuel Cell Today, 2004
 [11] Mark Cropper, Stefan Geiger & David Jollie, Fuel Cell Systems: A survey of world wide activity, Fuel Cell Today, 2003
 [12] Maycock, P., 1994. 1993 Module Shipments, Photovoltaic News, February 1994.
 [13] Maycock P., Cost Reduction in PV Manufacturing. Impact on grid-connected and building-integrated markets, Solar Energy Materials and Solar Cells, 47, 1997, pp. 37-4
 [14] Merrill Lynch research center, ML New Energy technology, 2004
 [15] Maycock, P. The World PV Market, James & James, 2003
 [16] Price Water House Coopers, Fuel Cell Industry Survey, 2003
 [17] T. Ackermann, L. Soder, An Overview of Wind Energy-Status 2002, Renewable sustainable energy review, 6, pp 67-128
 [18] World Bank, Energy Prospects, 2000
 [19] 김은일, 풍력에너지, KIER, 2003
 [20] 윤경훈, 태양광기술현황, KIER, 2004
 [21] 한국기술거래소, 연료전지:MDB065, 2002
 [22] Http://www.fuelcelltoday.com
 [23] Http://www.abireaerch.com
 [24] Http://www.jxj.com
 [25] Http://fuelcellworld.org
 [26] Http://www.awea.org
 [27] Http://www.ewea.org
 [28] Http://www.fuelcelleurope.org
 [29] Http://www.earthscan.co.uk