

풍력발전 시장 동향분석 및 확산 전략

이덕기¹⁾, 강석훈²⁾, 박수억³⁾

Dissemination Strategy and Trend Analysis on the Wind Power Market

Deok-Ki Lee, Seok-Hun Kang, Soo-Uk Park

Key words : wind power, market trend, dissemination strategy, price competitiveness

Abstract : 풍력에너지 연구개발은 1970년대 에너지 위기 이후 시작되어 1980년대 초반까지 가격 경쟁력과 기술 부족으로 상용화에 이르지 못하였다. 그러나 1980년대 중반 미국을 시작으로 상업발전에 성공하여 100kW급 풍력발전시스템이 대량 보급되기 시작하였다. 1990대에는 덴마크, 독일, 스페인 등에서 대규모 풍력시장이 형성되었고, 2000년대 들어 대형화에 성공하여 기존 발전에 대한 시장경쟁력을 확보하게 되었다. 본 논문에서는 풍력에너지 보급 확산을 촉진하기 위해 풍력발전 시장의 동향분석과 함께 기술 특성을 분석하였으며 보급 촉진을 도모할 수 있는 확산 전략들을 제시하였다.

1. 서론

20세기 들어 풍력에너지는 상용화 노력에도 불구하고 값싼 화석에너지에 밀려 관심을 끌지 못하였다. 그러나 1970년대 에너지 위기 이후 대체에너지원에 대한 관심이 고조되면서 본격적인 연구개발이 시작되었다.

1970년대 말부터 미국을 비롯한 유럽 등 선진국들은 현대적 풍력발전시스템 개발을 위한 기술 개발 경쟁에 돌입하였으나 1980년 중반에 이르러 대부분 실패하였다. 선진국들은 “정부 주도”에 의한 MW급 대형 풍력발전시스템에 대한 연구개발의 목표와 방향은 타당했지만 가격 경쟁력 및 기술력 부족으로 상용화에 이르지 못하였다.

그럼에도 불구하고 1980년 중반에 건설된 미국 캘리포니아의 “Wind Rush”와 함께 풍력발전시스템의 상업발전 시대가 시작되어 “기업 주도”에 의해 개발된 100kW급 풍력발전시스템이 대량 보급되었다. 이어 1990대에는 덴마크, 독일, 스페인 등에 대규모 풍력시장이 형성되면서 시스템 규모도 시장 경쟁력 확보 차원에서 대형화되어 현재의 MW급 규모가 일반화되었다.

1980년대 중반부터 세계 풍력시장이 확장 조성됨에 따라 1990년대에 들어 풍력발전시스템의 대형화 기반을 확보하였다. 2000년대 들어서는 본격적인 대형화에 성공하여 기존 대규모 화력발전설비에 대한 시장경쟁력을 확보하게 되었다.

풍력산업은 현지 생산 및 건설이 유리하기 때문에 여러 국가들은 풍력시장의 조성 및 확장

함께 자국의 풍력산업을 신흥 산업으로 육성하고자 많은 노력을 기울였다. 특히 덴마크, 독일, 스페인, 인도 등의 국가는 국가적 차원으로 풍력산업을 육성한 좋은 예이다.

본 논문에서는 풍력에너지 보급 확산을 촉진하기 위해 풍력발전 시장의 동향분석과 기술 특성을 분석하였으며 보급 촉진을 도모할 수 있는 전략들을 제시하였다.

2. 풍력발전 시장 특성 및 경쟁력

2.1 풍력발전 시장 특성

기존 발전사업자에게 풍력발전과 같은 대체 발전원의 도입은 그리 매력적이지 않을 수 있다. 발전사업자에게 기존 설비용량의 개선 및 신설에 따른 재정적 부담이 클 경우 풍력발전 이외의 적절한 대체전원 도입이 보다 경제적이 될 수 있다.

그러나 전력수요가 지속적으로 확대되고, 연료비 등의 증가로 변동부하용 발전설비의 운전 비용이 비싸지면 대체전원의 확보는 불가피해진다. 이와 같은 이유 등으로 전력시장에서의 공급

1) 한국에너지기술연구원, 정책연구부
E-mail : deokki@kier.re.kr
Tel (042)860-3753 Fax (042)860-3135
2) 한국에너지기술연구원, 정책연구부
E-mail : shkang@kier.re.kr
Tel: (042)860-3545 Fax: (042)860-3135
3) 한국에너지기술연구원, 정책연구부
E-mail :supark@kier.re.kr
Tel: (042)860-3045 Fax: (042)860-3135

과 수요는 국가의 통제나 기획에 의하여 결정되고 운영된다. 국가의 정책적 개입 없이 새로운 발전업자가 이미 선점된 기존 전력시장에 시장 경쟁 논리에 따라 진입한다는 거의 불가능하다.

따라서 전력시장의 창출, 조성, 유지 및 관리에는 국가적 차원의 체계와 제도가 불가피하다.

전력시장에서의 풍력발전 확산 및 수용은 기술혁신에 의한 시장 가격경쟁력 확보도 중요하지만, 궁극적으로 국가차원의 유인 정책에 크게 좌우된다.

EU 보고에 따르면 EU 내에서 풍력발전의 보급을 성공적으로 이루어낸 나라들은 다음과 같은 유인책을 활용하였다.

- 공공기금에 의한 풍력분야 연구개발 지원
- 공공기금에 의한 풍력발전 시범사업
- 풍력발전 건설비의 직접지원
- 풍력발전의 우선적 보상구매
- 풍력발전 건설을 위한 자금조달 지원
- 풍력발전에 대한 세제 혜택

2.2 가격 경쟁력

풍력에너지는 태양광발전과 바이오 등 기타 신재생에너지에 비해 가격 폭이 안정화되어가고 있으며 최저가격에서도 경쟁력을 확보해 나가고 있다.

EU에서 1998년에 발표한 내용에 따르면 기존 전력과 비교해도 최저가격 중심으로 석탄(3.3cent ECU/kWh), 가스(2.6cent ECU/kWh), 원자력(2.7cent ECU/kWh), 풍력(2.6cent ECU/kWh)이었으며 가격 변동 폭은 풍력이 가장 높은 5.2 cent ECU/kWh로 조사되었다.

풍력발전 단가의 급격한 저감은 경제적 측면에서 볼 때 개발 가능성이 매우 높은 기술이기 때문에 나타나는 현상으로 다른 신재생에너지보다 경쟁력이 우월한 장점을 지니고 있다.

3. 해외 풍력발전 시장 동향 및 전망

3.1 해외 풍력발전 시장 동향

1980년대 초기 세계 전력시장은 세계지원 정책을 시행한 미국이 주도하였다. 미국은 1981년부터 1985년까지 풍력발전 설비비용의 50%에 해당하는 연방 및 주세 보조정책으로 캘리포니아주에 1,500기(풍력발전시스템 용량 1,200MW, 24억USD-1986년 기준)를 건설하였다.

1998년 중반부터 1999년 6월까지 1년 동안 미연방 생산세 감면 정책으로 800MW(11억USD) 이상이 건설되었다. 이때 미국 풍력산업체는 0.016USD/kWh에 해당하는 세계보조 정책을 연장하도록 정부에 요구하였으나, 최근 들어서 2006년말까지 향후 5년간 0.015 USD/kWh에 해당하는 생산세 감면 혜택을 받게 되었다.

이 정책(PTC, wind energy Production Tax Credit)은 신규 풍력발전시스템 첫 10년간 생산되는 전기에 대하여 물가 상승률을 보상하는 제도이다.

1993년 이래 전 세계 풍력시장의 규모는 연간 40% 전후로 성장 해왔으며 향후 10년 간 20% 정도의 성장이 예상되고 있다.

1999년부터 2004년까지 세계 풍력발전 보급은 많은 성장을 하여 1999년 13,932MW에서 2004년 47,912MW로 3배 이상 증가하였고 이러한 증가는 지속될 것으로 전망하고 있다([표 1참조]).

[표 1] 세계 풍력시장 추이

년도	년도별 설치용량(MW)		누적설치용량(MW)	
	용량(MW)	증가율(%)	용량(MW)	증가율(%)
1999	3,922	51	13,932	37
2000	4,495	15	18,449	32
2001	6,824	52	24,927	35
2002	7,227	6	32,037	29
2003	8,344	15	40,301	26
2004	8,154	-2.3	47,912	19
		평균 성장률 15.8%	평균 성장률 28.0%	

* 자료 : Wind Force 12, GWEC, GREENPEACE, June 2005, pp6-7

2004년 풍력발전시장 상위 10개국의 경우 스페인(29.9%), 독일(29.8%), 인도(12.7%) 순으로 신규 설치를 한 것으로 나타났는데 이들 3개국이 4,993MW로 2004년 신규 보급의 72.4%를 점유하고 있다. 현재는 독일이 다른 국가들에 비해 월등히 많은 보급 현황을 보이고 있는데 이로 인해 유럽이 풍력발전 설비용량의 75% 이상을 점유하고 있다. 그러나 최근 인도, 일본, 중국 등 유럽 외의 국가에서 증가 추세가 크다([표 2]참조).

[표 2] 상위 10개국 풍력발전 보급 현황

국가	누적 설치용량(MW)						증가율 (%) 2003 -2004
	2002년		2003년		2004년		
	MW	%	MW	%	MW	%	
독 일	11,968	40.8	14,612	40.0	16,649	39.0	13.9
스페인	5,043	17.2	6,420	17.6	8,263	19.3	28.7
미 국	4,674	15.9	6,361	17.4	6,750	15.8	6.1
덴마크	2,880	9.8	3,076	8.4	3,083	7.2	0.2
인 도	1,702	5.8	2,125	5.8	3,000	7.0	41.2
이태리	806	2.7	922	2.5	1,261	3.0	36.8
네덜란드	727	2.5	938	2.6	1,081	2.5	15.2
일 본	486	1.7	761	2.1	991	2.3	30.2
영 국	570	1.9	759	2.1	889	2.1	17.1
중 국	473	1.6	571	1.6	769	1.8	34.7
합 계	29,333	100	36,555	100	42,741	100	16.9

* 자료 : Wind Force 12, GWEC, GREENPEACE, June 2005, pp8-9

3.2 해외 풍력발전 시장 전망

그린피스 Wind Force12는 2040년 풍력 발전량을 전 세계 전력수요의 23%에 이를 것으로 전망하였다.

풍력발전이 2003년에서 2010년 사이에 연간 25% 증가하여 2010년 197,518MW, 2011년에서 2014년 사이 20% 증가율로 2014년 453,812MW에 이를 것으로 전망하였다.

이러한 풍력시스템 설치 증가에 따라 전력 공급은 2010년 432.6TWh을 생산하여 2.16%를 점유하고, 2020년 11.9%, 2030년 21%, 2040년 23%를

점유할 것으로 전망하였다. 이에 따라 CO₂ 저감은 2010년에 260백만톤, 2020년에는 2010년 대비 약 7배가 증가한 1,832백만톤, 2040년에는 2010년 대비 19배가 증가한 5,106백만톤의 삭감이 가능할 것으로 예측하였다.

2020년 전 세계 투자 규모는 706.9 십억€/년에 달하고 이에 따른 고용효과는 연인원 233만 여명에 이를 것으로 예측하였다. 한편 2020년 시장 규모는 OECD 유럽, OECD 북미, 중국 순으로 전망하였고, 우리나라가 속해 있는 동아시아의 대규모(100MW 이상) 풍력단지 건설 시점을 2006년으로 예측하였다.

그린피스의 Wind Force 12에 따르면 향후풍력 발전에 의한 세계 전력 수요에 대한 공급은 2010년에 이르러 432.6TWh를 생산하여 2.16%를 점유하게 될 것으로 전망하고 있으며 2020년에 이르러서는 11.9%를, 2030년에는 21%를, 2040년에는 23%를 공급할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

이에 따라 CO₂ 저감은 2010년 260백만톤, 2020년에 2010년 대비 약 7배가 증가한 1,832백만톤, 2040년에는 2010년 대비 19배가 증가한 5,106백만톤의 삭감이 가능할 것으로 예측하고 있다.

[표 3] 세계 풍력발전의 도입예측 및 효과전망

년도	증가율 (%)	년간 설치 용량 (MW)	누적 설치 용량 (TWh/년)	전력 생산량 (TWh/년)	세계 전력 수요 (TWh)	풍력 발전 분담율 (%)	CO ₂ 삭감 (백만톤)	누적 CO ₂ 삭감 (백만톤)
2003		8,344	40,301	84.7	16,666	0.51	50.8	50.8
2004		10,430	50,731	106.7	17,110	0.62	64.0	114.8
2005		13,038	63,769	134.1	17,567	0.76	80.4	195.2
2006	25%	16,297	80,066	175.3	18,035	0.97	105.2	300.4
2007		20,371	100,437	220.0	18,516	1.19	132.0	432.4
2008		25,464	125,901	275.7	19,010	1.45	165.4	597.8
2009		31,830	157,731	345.4	19,517	1.77	207.3	805.1
2010		39,787	197,518	432.6	20,037	2.16	260.0	1,065.0
2011		47,745	245,263	537.1	20,532	2.62	322.0	1,387.0
2012	20%	57,294	302,557	742.1	21,040	3.53	445.0	1,832.0
2013		68,752	371,309	910.7	21,560	4.22	546.0	2,378.0
2014		82,503	453,812	1,113.1	22,093	5.04	668.0	3,046.0
2015		94,878	548,690	1,345.8	22,639	5.94	807.0	3,853.0
2016	15%	109,110	657,800	1,613.5	23,198	6.96	968.0	4,821.0
2017		125,477	783,277	1,921.2	23,772	8.08	1,153.0	5,974.0
2018		144,298	927,575	2,275.2	24,359	9.34	1,365.0	7,339.0
2019	10%	158,728	1,086,303	2,664.5	24,961	10.67	1,599.0	8,938.0
2020		158,728	1,245,031	3,063.8	25,578	11.94	1,832.0	10,771.0
2030	0%	158,728	2,698,561	6,619.0	31,524	21.00	3,971.0	41,437.0
2040		158,728	3,238,328	8,510.3	36,585	23.26	5,106.0	88,867.0
2045		158,728	3,238,328	8,510.3	37,691	22.58	5,106.0	114,388.0

*자료 : 1) Wind Force 12, EWEA, GREENPEACE, May 2004
2) Projected electricity consumption and wind electricity output, IEA

3.3 해외 풍력발전 산업체 동향

2002년 기준 풍력발전기술은 5개 정도의 선진 제작사의 시장 지배 구조 하에서 성장기에 진입하는 단계에 있다. 풍력발전 시장형성도 유럽 및 미국 등 10여 개국에 세계 누적 시설용량의 90% 이상을 차지하는 등 지역 편중이 심하다.

그러나 지속 가능사회에 대한 사회적 욕구의 증대와 풍력발전 기술의 경쟁력 강화 등에 힘입어 범세계적으로 시장 확대가 가속화될 것으로 전망되고 있다. 선진국에서는 대형화, 단지화를

통한 자원 개발 및 발전사업의 형태로, 저개발국의 경우에는 미전화(未電化)지역에 현대적 개념의 에너지를 공급하는 전화(電化) 사업 등 다양한 형태로 사업화가 진행되고 있다.

기술적으로 향후 10년간 설비비는 765\$/kW에서 529\$/kW로 31%, 발전단가는 3.61센트/kWh에서 2.5센트/kWh로 40% 감소되고, 평균시설 용량은 915kW에서 1,500kW, 최대 상품화 용량은 2,500kW에서 5,000kW 증가할 것으로 전망된다.

주요 국의 생산업체별 활동을 보면 덴마크의 VESTAS, NEG MICON, BONUS사 등이 51.1%, 독일의 ENERCON, DEWIND사 등 15.8%, 스페인의 MADE, ECOTECNIA사 등이 17.8%, 기타 15.3%로 덴마크의 풍력발전설비 제작사들이 세계 풍력발전설비 시장의 높은 점유율을 보이고 있다. 이 가운데 선진 10개사가 90% 내외, 특히 선진 5개사의 시장점유율이 70% 이상이다.

4. 국내 풍력발전 시장 동향 및 전망

4.1 국내 풍력시장 동향

국내 풍력에너지 잠재량은 대략 660TWh/year이며 이는 2004년도 총 발전량 367TWh의 1.6배로 추정된다. 이중 5%정도를 개발한다고 가정하면 약 33TWh로 이는 국내 총발전량의 약 9%에 달하는 전력량이다.

국내 풍력 발전 보급량은 현재 90여기 이상이 보급되어 있으며 시설용량별 발전량은 600kW급 이상이 60여기로 발전량의 대부분을 차지하고 있다([표 4]참조).

[표 4] 국내 풍력발전 규모별 가동 현황

구분 (2005년도)	설비용량					합계
	<100kW	101~300kW	201~600kW	601~1MW	>1MW 이상	
가동시설수	29	2	3	32	28	94
시설용량(kW)	212	275	1,750	23,835	45,600	71,772
발전량(MWh)	252	474	2,904	52,198	99,864	155,692

정부는 2002년 8월 대체에너지 공급확대 목표 달성을 위해 “2010 대체에너지산업 비전 및 발전전략”을 수립하여 시행중이며 주요 내용은 다음과 같다.

- 풍력발전 기술개발의 체계화 및 집중화 지원을 위한 ‘750kW급 풍력 발전기 개발’ 과제 중점 추진
- 대체에너지산업의 기반조성을 위해 대체에너지설비인증제도, 대체에너지 성능평가센터, Green village 조성사업 수행
- 시장기반 조성을 위한 우선구매 및 차액보전 및 공공기관 대체에너지 시설 설치 의무화 등의 정책 수행

2001년 기준 국내 풍력발전설비 초기 투자비는 765\$/kW로 선진국 대비 고가이며 2012년까지 529\$/kW로 감축시키는 목표를 수립하였다.

4.2 국내 풍력시장 전망

2012년 국내 신규 풍력발전설비 투자규모는 전년 400백만\$, 누적 설비투자 규모는 약 1,260백만\$에 이를 것으로 전망하고 있다([표 5] 참조).

[표 5] 국내 풍력발전 보급 전망

년도	성장률 (%)	누적 시설용량(kW)	설비비 (\$/kW)	누적 설비규모(백만\$)
2001		6,567	765	5.0
2002	50	9,850	740	7.4
2003	50	14,775	714	10.9
2004	70	25,117	691	18.0
2005	80	45,210	668	31.4
2006	100	90,420	643	60.5
2007	100	171,798	620	110.9
2008	80	309,236	597	192.9
2009	80	556,624	576	335.3
2010	70	946,260	555	551.5
2011	60	1,514,016	542	859.2
2012	50	2,271,024	529	1259.6

* 자료 : 과학기술부, 국가기술지도, 2003. 1.

국내 풍력발전 설치 예정지역은 권역별로 약 19개 사업이 계획 중이거나 진행 중인 것으로 발표되었다. 지역별로는 강원도(4개 사업), 경남(3개 사업), 전남(3개 사업), 제주도(4개 사업), 충남(1개 사업), 경기도(2개 사업)가 사업을 추진할 계획인 것으로 나타났으며 사업규모는 총 1,388.3MW이다.

5. 풍력발전 기술개발 동향 분석

5.1 선진국 기술개발 동향

풍력발전설비의 규모는 해당 지역 및 기술 수준에 따라 차이가 난다.

스페인, 중국, 인도 등은 자국산 설비가 주로 보급되면서 설비 평균용량이 낮아지는 경향을 보이는 반면, 풍력산업을 선도하고 있는 덴마크, 독일 및 미국의 경우는 높아지고 있다. 미국의 경우 1980년대 중반 보급된 풍력발전시스템의 용량은 100kW 내외였으나 2000년 대 초반에는 750~1,300kW로 10배 이상 커졌고 최근 2,500kW급 풍력발전시스템이 상용화되고 있는 추세다.

풍력발전시스템의 대형화와 다양한 기술 조합은 결국 시장경쟁력의 우위확보를 위한 기술개발 접근 과정이다.

풍력발전은 종합 엔지니어링 기술이므로 기술 조합추이 분석은 기술개발 성과의 산업화에 중요한 요소이다. 선진 제작사들의 기술 조합 추이의 경우 상황과 시기에 따라 다르지만 수요자의 기술적 요구와 밀접한 관계가 있다. 선진국 기술 조합추이를 요약하면 다음과 같다.

- 1. 1.5~2.5MW급 육상 풍력발전
 - Gear type, Direct drive type 대등 경쟁
 - 공급용량의 경우 Gear type이 약 80% 우위
 - Gear type 피치, 가변속 제어기술 우위
- 3.0~5.0MW급 해양용
 - Gear type, Direct drive type, Hybrid 기술 경쟁 예상

최근 EU에서는 제5차 Framework Project의 일부로 5MW 풍력발전 시스템 개발, 블레이드, 자원 조사 및 Wind map, 풍력발전 단지, 풍력에너지 네트워크 등 5개 분야에 총 20개 기술개발 과제가 진행 중이다.

풍력발전기술을 풍력발전평가분야, 성능평가분야, 연계기술 분야로 구분하여 동향 및 전망을 비교하면 다음과 같다([표 6], [표 7], [표 8] 참조).

[표 6] 풍력발전 평가분야 기술영역

영역	기술동향	기술발전 전망
자원 조사 및 분석	· 유럽 주요 국가들은 자국 풍력자원지도 제작을 완료하고 세부지역 정밀조사 및 해양 풍력 자원조사 수행 중 · 확립된 기술로 후발국에서 자원조사 용역을 수행 중	· 자원제측에 인공지능, 레이저, 음파탐지 등이 이용 예상 · 전 세계를 네트워크로 풍력자원 정보망이 구축 될 것으로 예측
자원 예측 기술	· 다양한 상용 컴퓨터코딩이용 · 운영중인 풍력단지를 통한 지속적인 검증 및 보완 중	· 전산수치해석 기법을 적용한 예측 방법들이 주류를 이룰 것으로 예상
단지설계 및 경제성 분석	· 국가별 특수 상황에 맞는 설계기준 및 절차가 확립된 상태로 상용화 보편화	· 단지 설계 기준에 대한 여러 가지 논의들이 통합 될 것으로 예상

[표 7] 성능평가분야의 기술영역

영역	기술동향	기술발전 전망
설계평가	· 설계/평가도구(software)의 비약적 발전 · 국가 지원에 의한 평가 시험 연구결과와 설계 반영에 따른 제작비용 저감화	· 불확실성 해소에 따른 신뢰성 및 운전률 향상 · 설계평가 규칙 관련 안전 기준의 최적화 노력 지속 전망
요소시험	· 환경조건에 따른 재료시험 방법의 발전 · 시험연구의 결과에 따른 요소 설계 수정 반영	· 풍력전용 시험 기기의 개발 수요 증가 · 국제적 시험 연구 노력 활성화 예상
성능시험	· 풍력기기에 대한 국제적 Round Robin test 진행 중 · 성능시험 관련 국제규격 및 차서 등의 제정	· 성능시험 결과의 국제적인 신뢰성 향상 노력 지속 · 성능시험관련 상호 인정 중인 시험소제도의 도입 예상
인증	· 국가적 지원체제에 따른 풍력설비 인증제도의 법제화 · 국가 차등 인증 · 풍력기기에 대한 사업추진 및 보험에 따른 인증요구 증가 · 국제규격의 제정 및 이에 따른 각국의 부응과 추세	· 국제규격으로의 인증부합과 경쟁력 확보 · 각국 인증기관 사이의 공동 시도 등 통한 선도적 지위 확보 노력 예상 · 인증에 따른 수출 장벽의 해소 노력 지속 전망

[표 8] 연계 기술 분야의 기술영역

영역	기술동향	기술발전 전망
전기 시스템 운용 및 적용 기술	· 안정성요건, 전자과 적합성 시험, 낙뢰보호시스템 요건 등의 관련 기준 및 규정이 명확하지 않으며, IEC나 IEEE 등의 기준을 참고하고 있는 현상	· 풍력발전 연계 관련한 해당 규정 및 기준의 확립을 통해 풍력발전 계통연계 활성화에 기여될 전망
계통 연계 전기 및 보호협조 기술	· 미국, 일본, 유럽에서는 계통연계기술조건 중의 가이드라인을 정비하고 있으며 전력품질 향상에 대해서도 해당 규정 또는 가이드라인과 같은 연계기술조건 마련 · 국내에서는 구체적인 기술기준 및 제도적인 장치가 마련 되어 있지 않음	· 규제완화로 인한 소규모 전 기사업자의 등장과 지역에너지사업의 확대로 계통연계 보호협조체제 확립 필요하며 적극적인 투자와 연구 활성화 예상
소용량 전력저장 제어 기술	· 수백~수천kW 전력저장 제어 기기 실용화	· 고성능 지능형 전력저장 제어 기기 개발 전망
타 전원 장치 기술	· 수백~수천kW급의 풍력-디젤 연계장치 실용화 · 풍력-태양광용의 다양한 연계 기술 실용화	· 풍력-디젤 연계장치의 대용량화 전망 · 풍력, 태양광, 연료전지, 태양열발전 등 연계기술 개발 전망
Micro Grid 연계 기술	· 태양광발전, 마이크로 엔진발전, 소수력발전, 열병합발전 등 부하지역에 도입되는 소규모 전원 및 기존 소규모 전력제통과 연계 추세	· 기존에 도입된 소규모 분산형 전원과 약간의 기술적 차이는 있지만 풍력이 급성장하는 추세로 노후유류 풍력 발전에 적용 가능함
IT 기반 연계 기술	· 전자 통신 등 최첨단 디지털 제어기술을 풍력 출력조정이나 연계제어 장치에 연계 적용하는 추세	· IT 기술을 기반으로 풍력발전의 출력 안정화 기술이나 각종 제어장치 기술에 적용 가능

풍력 산업 분야에서 새롭게 선도적 산업으로 부각되고 있는 해상 풍력발전은 해안에서 떨어진 10여m 깊이의 바다위에 설치하는 발전 시스템이다. 선진국에서는 해상풍력(offshore) 시장에 대비하여 3,000kW-5,000kW급의 대형 풍력발전 시스템의 개발을 서두르고 있다.

현재 개발되고 있는 대형 풍력발전 시스템의 주종을 이루고 있는 prototype은 2MW급으로서 날개가 70-80m가 되고 있으며, 현재 가장 큰 것으로는 Enercon의 4.5MW급 날개길이가 112m에 달한다. 기술개발 수준이 가장 높은 유럽의 경우 2004년말 기준 총 589MW(덴마크 397.9MW, 아일랜드 25MW, 네덜란드 18.8MW, 스웨덴 23.3MW, 영국 124MW)가 설치 운용되고 있다.

해상풍력 발전분야에서 최선두에 있는 덴마크는 2002년에 세계에서 가장 규모가 큰 북해 연안에서 14km-20km사이에 Horns Rev을 건설하였으며 이는 덴마크 전력 수요의 2%를 공급하였다.

5.2 국내 기술개발 동향

우리나라는 제1차, 제2차 에너지위기 후 1970년대 말과 1980년대 초에 풍력발전분야에 대한 간헐적인 기술개발이 있었지만, 1987년 12월에 제정된 “대체에너지기술개발 촉진법”을 근거로 1988년 대체에너지 기술개발 기본계획이 수립되면서 본격적인 연구개발이 시작되었다.

소형에서 중형 풍력발전 기술까지 다양한 기술에 대한 기술개발을 수행하였지만 선진국에서와 같이 기술개발 성숙도 및 시장 성숙도 괴리로 시스템의 상용화는 여전히 성공적이지 못하다. 현재 국내 풍력발전기술 수준은 다음과 같다.

- 중형급 풍력발전 시스템(600kW급 이상)의 구성기기 국산화 기술 개발
- 전체 풍력발전시스템의 조합 기술도 확보 또는 실증 시험
- 도시용 소형 풍력발전시스템(10kW 미만) 자체 제작기술 확보, 상품화 실패 및 이용효율 향상 연구 필요
- 계통 연계형 풍력발전시스템 성능시험 및 복합발전시스템 설계, 운용기술 확보

그동안 정부위주의 기술개발 투자가 이루어진 풍력발전 기술은 지난 1988년부터 2004년 까지 약 391억원(정부 259억원, 민간 132억원)이 지원되었다([표 9] 참조).

[표 9] 국내 풍력발전 연구비 지원 현황

구분 \ 년도	~2000	2001	2002	2003	2004	계
파제수	신규	8	8	2	4	13
	계속	9	3	7	4	1
	계	17	11	9	8	14
사업비 (백만원)	정부	6,478	4,485	3,254	3,739	8,312
	민간	5,515	1,726	2,011	1,877	2,243
	계	11,993	6,211	5,265	5,616	10,555

* 자료 : http://tracer.kemco.or.kr/inc/index_frame.

현재 국내 풍력 발전 기술개발에 참여하고 있

는 기업은 일부업체에 불과한데 풍력발전시스템 개발의 경우 한국화이바, (주)유니슨, (주)효성, (주)코원텍이 참여하고 있으며 요소기술개발(중속기, 유도발전기)의 경우 (주)효성, 그린파워(주)가 주도적으로 참여하고 있다.

국내 주요 풍력발전기술의 연도별 개발 추이를 요약하면 다음과 같다.

- 제1단계(~1996)
 - 1970년대 및 80년대 2~5kW급 소형 풍력발전기의 국산화 개발 및 실증시험 시작
 - 1982-1991년도 제주도 월령에 한독기술 협력에 의한 풍력-태양광 복합발전 시스템 시험운전 및 풍력발전소 운영
 - 1987년 12월에 제정된 「대체에너지 기술개발 촉진법」을 근거로 1988에 대체에너지 기술개발 기본계획 수립
 - 1993년부터 한국에너지기술연구소가 제주 월령에 풍력, 태양광 및 태양열 시설을 포함한 신재생에너지 시범단지를 조성, 100kW 풍력발전기 1기와 30kW 풍력발전기 2기를 설치, 계통선 연계 운전
 - 1995년도에 KIST에 의한 계통연계형 20kW급 소형 풍력발전기 국산화 시험운전
 - 1992-1996년 50~300kW 수직형 풍력기기 한국 화이바에서 개발 및 시운전(전남 무안)
 - 1995년도에 제주 월령에 180kW 규모의 신·재생에너지 시범단지를 한국 에너지기술연구원에서 조성
 - 1996년도부터 풍력자원 실측, 분석 및 D/B 화와 관련한 기술개발 진행
 - 제2단계(1997-2000)
 - 2001년 (주)효성 660kW급 풍력발전기용 중속기 및 발전기 개발
 - 2002년 전기연구소 직접구동용 풍력발전시스템 제어 및 계통연계 장치 개발
 - 한국에너지 기술연구원 풍력발전 단지 개발 타당성 조사
 - 제3단계(2002-2005현재)
 - (주)효성 750kW급 기어형 풍력발전시스템 개발 진행
 - (주)유니슨 750kW급 직접 구동형 풍력발전시스템 개발진행
 - 코원텍 1MW급 Dual Rotor형 풍력발전 시스템의 국산화 진행
- 향후 우리나라의 기술개발 추진계획 및 기본 계획을 살펴보면 다음과 같다.
- 풍력발전시스템 구성에 필요한 요소기술개발 및 시스템 개발 지속 추진
 - 국산 기술개발
 - Gearing Type 풍력발전시스템 제어 및 계통연계장치 개발
 - Gearless Type 동기발전기 개발
 - 요소 기술간 System Integration 기술개발
 - 풍력단지 용량별 계통연계 및 설비 표준화
 - 표준성능시험 기술 개발
 - 1MW급 이상 대용량 발전 시스템 개발

6. 풍력발전 시장 확산전략 및 결론

6.1 풍력발전 시장 확산전략

풍력에너지는 가장 실용성을 갖춘 재생에너지로서 우리나라 지역적 여건을 고려한 에너지자원 확보 및 부존자원 측면에서 경제성을 가진 유망한 대안으로 적극적인 개발이 추진되어야 한다. 이에 부응하여 국내 개발 기술 또는 도입기술이 혼용된 형태로 성장과 보급 확산이 이루어지고 있으며 최근 들어 대기업을 중심으로 풍력설비에 대한 국산화 사업이 진행되고 있어 그 결과가 주목된다.

풍력발전 시장의 확산을 위해서는 다음과 같은 전략적 정책 추진이 필요하다.

첫째, 풍력발전의 보급 활성화를 실용화 기반 구축이 우선되어야 한다. 기술인증과 성능평가의 우수성이 갖추어지지 않을 경우 풍력발전은 시장진입이 어려울 것이다. 이를 보완하기 위해 정부의 보급 드라이브 정책이 선행되어야 한다. 인증제도 및 성능평가 시스템을 갖춘 후 다양한 실증연구단지의 활성화를 조성하는 노력과 함께 시장 확보 전단계로 Green Village 조성 및 연계사업화가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 제도기반 구축이 기업의 시장 메카니즘 내에서 경쟁력을 가질 수 있도록 유도해 나아가야 한다. 특히 발전차액 보전문제, 설비자금 융자 지원 추진 등과 함께 우선적으로 공공기관을 통한 대체에너지 설비의무화 강화와 신재생 발전 의무 할당제 등에 대한 시행 등이 요망된다.

셋째, 대규모 풍력단지(wind farm)의 조성이다. 우리나라의 자원여건상 우수한 지역을 중심으로 정부 주도의 10MW 급 이상 대규모 풍력단지를 시범 대상 범위로 선정하여 국내기술 시장 진입을 위한 pilot wind farm을 가동하여 경제적, 지리적, 환경적, 기술적 수준을 확보하기 위한 시험대를 마련하여 풍력시장의 선진화를 유도해 주어야 할 것이다.

넷째, 기술개발 측면에서 자체 연구개발의 강화와 함께 부품설계 및 제작기술의 기술향상이 요망되며 선진기술과의 접목을 통한 시스템 통합기술 확보가 적극적으로 추진되어야 한다. 이를 위해 중점화된 기술개발 강화로 발전기 개발과 실증 및 보급을 중점적으로 추진하여야 한다.

다섯째, 실용화 기반조성과 보급 활성화를 위한 자원DB 구축과 함께 대형 풍력단지를 민간 중심으로 조성할 수 있도록 유도하여야 한다.

마지막으로 풍력발전 시장 확산을 위한 보급 다변화를 도모하여야 한다. 삼면이 바다로 둘러싸인 지리적 특성을 감안하여 해상풍력 개발에 보다 많은 투자와 집중이 이루어져야 할 것이다.

6.2 결론

본 논문에서는 풍력에너지 보급 확산을 위한 방편의 일환으로 풍력발전 시장 및 기술 동향을 분석하였고 확산 전략을 제시하였다.

풍력발전은 국가 정책의 개입 없이는 새로운 발전업자가 이미 선점된 기존 전력시장을 시장 경쟁에 의하여 진입한다는 것은 거의 불가능한 특성을 지니고 있다. 이와 같은 이유로 선진국의 경우 국가적 차원으로 시장 창출, 조성, 유지를 관리하여왔고, 국내의 경우도 정부의 개입이 지속적으로 필요하다고 판단된다.

경제적 측면에서 풍력발전 단가의 급격한 저감은 개발 가능성이 높기 때문에 나타나는 현상으로 타 신재생에너지 보다 경쟁력이 우월한 것으로 판단된다.

선진국의 경우 향후 10년간 설비비는 765\$/kW에서 529\$/kW로 31%, 발전단가는 3.61센트/kWh에서 2.5센트/kWh로 40%가 감소되고, 평균시설 용량은 915kW에서 1,500kW로, 최대 상품화 용량은 2,500kW에서 5,000kW로 증가할 것으로 전망된다.

주요 제작사별 시장 점유율은 덴마크의 VESTAS, NEG사 등이 51.1%, 독일의 ENERCON사 등 15.8%, 스페인의 MADE사 등이 17.8%, 기타 15.3%로 덴마크의 풍력발전설비 제작사들이 높은 점유율을 보였다. 이 가운데 선진 10개사가 90% 내외, 특히 선진 5개사의 시장점유율이 70% 이상으로 조사되었다.

국내의 경우 1988년 대체에너지 기술개발 기본계획이 수립되면서 본격적인 연구개발이 시작되었으나 기술개발 및 시장 성숙도의 괴리로 시스템의 상용화는 여전히 성공적이지 못하다. 그동안 정부 위주의 기술개발 투자가 이루어져왔으며, 풍력 발전 기술개발에 참여하고 있는 기업은 일부업체에 불과하다.

국내 풍력에너지 잠재량은 대략 660TWh/year이며 이는 2004년도 총 발전량 367TWh의 1.6배로 추정된다. 현재 90여기가 보급되어 있으며 시설 용량별 발전량은 600kW급 이상이 60여기로 발전량의 대부분을 차지한다.

2001년 기준 국내 풍력발전설비 초기 투자비는 765\$/kW로 선진국 대비 고가이며 2012년 신규 투자규모는 400백만\$에 이를 것으로 예상된다.

풍력발전 시장의 확산을 위해서는 다음과 같은 전략적 정책 추진이 필요하다.

- 실용화 기반 구축 우선을 통한 풍력발전 보급 활성화
- 제도기반 구축 기업의 시장 경쟁력 우위 선점 유도
- 대규모 풍력단지(wind farm) 조성
- 자체 연구개발, 부품설계 및 제작기술 향상
- 실용화 기반조성 및 보급 활성화를 위한 자원DB 구축
- 민간 중심 대형 풍력단지 조성 유도
- 풍력발전기술 보급 다변화

References

- [1] 과학기술부, 국가기술지도, 2003. 1.
- [2] 김진오, 대체에너지 보급목표 달성을 위한 세부 실행계획 수립연구, 산업자원부 보고서, 2003. 7
- [3] 유광택, 풍력발전 산업화를 위한 기술개발·보급전략, 신재생에너지 산업 활성화를 위한 정책세미나 프로시딩, 2003. 6. 27, pp77-92
- [4] 이수갑, 풍력발전의 기술현황 및 전망, 한국신재생에너지학회지 Vol.1, No1, 2005. 3. pp15-23
- [5] 장문석, 청정에너지자원 '풍력' 이용기술, 지역난방 21-스페셜 특집, 2003. 11
- [6] American Wind Energy Association, Global Wind Energy Market Report - Wind Energy Industry Grows at Steady Pace, Adds Over 8,000MW in 2003
- [7] EREC, Renewable Energy Target For Europe 20% By 2020.
- [8] European Wind Energy Association, WIND ENERGY - THE FACTS
- [9] Gary L. Johnson, WIND ENERGY SYSTEMS, December 10, 2001
- [10] 55rd IEA Wind R&D EXCO Meeting Presentation, 2005. 6. 7
- * EU-funded R&D in Wind Energy
 - * Review of recent national R&D activities on wind energy system - Denmark
 - * Wind Energy in Germany 2004
 - * Wind Energy in Switzerland Research and Development Activities 2004/2005,
 - * Ireland: National Report May 2005
 - * SPANISH Presentation
 - * Wind Energy R&D Activities in Norway
 - * Italy Presentation
- [11] Projected electricity consumption and wind electricity output, IEA
- [12] Thomas Ackermann, An overview of wind energy-status 2002, Renewable and Sustainable Energy Reviews 6(2002) 67-128
- [13] Wind Force 12, EWEA, GREENPEACE, May 2004
- [14] Wind Force 12, GWEC, GREENPEACE, June 2005
- [15] <http://www.kwedo.or.kr>
- [16] http://racer.kemco.or.kr/inc/index_frame