

풍력발전의 국내·외 기술개발 현황과 향후 전망



류 지 윤
유니슨(주) 기술연구소 수석연구원

〈필자약력〉

- 영남대학교 공과대학 기계공학과(공학사)
- 영남대학교 대학원 기계공학과 열 및 유체전공(공학석사)
- 2001. 2 ~ 현재: 유니슨주식회사 기술연구소 수석연구원
- 산업자원부 풍력사업단 시스템분야 실무위원

1. 서론

풍력발전은 바람이 가지고 있는 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 에너지변환 기술로서 바람에너지를 기계에너지로 변환하는 기

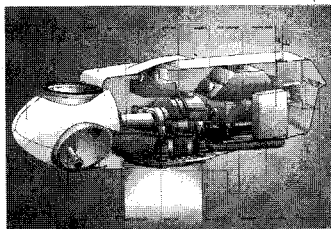


그림. 1 풍력발전시스템의 내부구조(예)

계장치부와 기계에너지를 전기에너지로 변환하는

전기·제어장치부로 구성되어 있다(그림 1).

풍력발전은 화석, 석탄, 원자력등과 경쟁가능한 경제성(Low cost), 연료가 고갈되지 않는 무한정의 자원성(sustainable energy), 연료가 필요없어 이산화탄소(CO2)의 배출이 없고, 해외 에너지 시장변동에 따른 위험회피기능과 에너지 안보성 확보가능, 소규모 단위기별 설치가능성과 건설기간의 단기성 그리고 발전단지 주변 토지이용이 가능(농업, 목축, 산업시설)한 토지이용성 제고 등의 특징을 갖고 있다.

특히 유럽풍력협회(EWEC)에 따르면 화석연료를 이용한 발전시설의 경우 1GWh의 전력생산에 평균 600톤의 CO2가 배출되는 반면, 2002년까지 풍력 발전을 통한 CO2저감량은 38.7백만톤에 이르고 2010년까지 1,157백만톤 2020년까지 10,921백만톤에 이를것으로 전망되고 있다. 경제성 측면에서도 생산단가가 4.0 € cents/kWh (유럽최적지역 경우, 2002년) 수준으로 보고되고 있으며, 이외에도 신재생에너지의 경제성을 환경비용이나 본질적 잇점을 고려하지 않고 화석연료나 원자력등과 직접적인 에너지생산가격만 비교할 경우 자칫 오해를 일으킬 수 있다. 지난 10년간 유럽연합 15개국의 발전원별 외부비용에 대한 연구결과, 1kWh 전력생산당 원자력(0.2~0.7 € cents), Gas(1~4 € cents), 석탄(2~15 € cents), 유류(3~11 € cents)등이 발전외적비용이 요구되는 반면 풍력발전은 0~0.25 € cents에 불과한 것으로 조사되었으며 원자력의 경우 공공책임성,

폐기물 처리 및 해체비용등을 고려할 경우 외부비용의 요인은 현저히 증대될 것으로 보고 되고 있다.

이와 같은 다양한 잇점으로 풍력발전은 미국과 유럽국가를 중심으로 확고한 에너지원이 되었으며 아시아, 호주 등 기타 국가들에서도 이용성이 날로 확대되고 있는 실정이다.

2. 풍력발전 이용 현황

2-1. 국외현황

덴마크의 풍력분야 전문통계기관인 BTM Consult Aps에 따르면 2004년말 전세계에 설치된

풍력발전설비는 약 47,912MW로 전세계 발전량 17,019TWh의 약 1.22%인 96.5TWh를 풍력을 통해 공급하고 있는 것으로 조사되었다[표.1].

현재 전세계 풍력에너지 사용국가중 상위 10개국이 전체 설비량의 82.2%를 차지하고 있으나 근래들어 아시아 국가와 남미국가들의 풍력에너지 이용량이 증가됨으로 그 비중은 2002년 91.5%, 2003년 90.7%로 점차 줄어들고 있는 실정이다[표2]

2004년에는 인도를 중심으로한 아시아국가들이 전세계 풍력이용량의 20.2%를 차지하는 등 유럽지역 다음으로 풍력발전시장이 성장하고 있다.

세계풍력발전 시장은 지난 5년간 연평균성장율이

표. 1 연도별 전세계 발전용량 및 풍력발전 공급량

Generation Year	Wind Power ¹⁾		Annual growth % of TWh	All electricity generation capacity ²⁾		Annual growth % of TWh
	Capacity GW	Energy TWh		Capacity GW	Energy TWh	
1996	6.07	12.23	-	(3,148)	(12,938)	(IEA2004)
1997	7.64	15.39	25.8%	3,229	13,416	3.7%
1998	10.15	21.25	38.1%	3,312	13,912	3.7%
1999	13.93	28.18	32.6%	3,397	14,427	3.7%
2000	18.43	37.30	32.0%	3,478	14,960	3.7%
2001	24.93	50.27	34.8%	3,562	15,514	3.7%
2002	32.04	64.81	28.9%	3,719	16,074	2.9%
2003	40.30	82.24	29.6%	3,811	16,540	2.9%
2004	47.91	96.50	17.3%	3,906	17,019	2.9%
2014(est.)	234.9	535.1	18.7%	5,000	22,547	2.8-2.9% ³⁾
Average Annual growth 1996 through 2014			23.4%			3.1%

Source : BTM Consult Aps - March2005

¹⁾ World Market Update, BTM-C (Chapter 2&4), ²⁾ IEA World Energy Outlook 2004 - General Projection, ³⁾ Decline from 2011

표.2 풍력에너지 이용 상위 10개국의 설비용량 및 성장률

Country	Accu. end 2001	Accu. end 2002	Accu. end 2003	Accu. end 2004	Growth rate 2003-2004%	3 years average %
Germany	8,734	11,968	14,612	16,649	13.9%	24.0%
Spain	3,550	5,043	6,420	8,263	28.7%	32.5%
USA	4,245	4,674	6,361	6,750	6.1%	16.7%
Denmark	2,456	2,880	3,076	3,083	0.2%	7.9%
India	1,456	1,702	2,125	3,000	41.2%	27.3%

Source : BTM Consult Aps - March2005

표.3 풍력에너지 이용 상위 10개국의 설비용량 및 성장률

Country	Accu. end 2001	Accu. end 2002	Accu. end 2003	Accu. end 2004	Growth rate 2003-2004%	3 years average %
Italy	700	806	922	1,261	36.7%	21.7%
Netherlands	523	727	938	1,081	15.3%	27.4%
Japan	357	486	761	991	30.2%	40.5%
UK	525	570	759	889	17.1%	19.2%
P.R.China	406	473	571	769	34.7%	23.7%
Total "Ten"	22,952	29,329	36,545	42,735	16.9%	23.0%

28%를 기록하였으며, 그 증가 추세는 매년 더욱 늘어날 것으로 전망되어 2010년에는 약 126,000MW, 2020년에는 267,000MW 2030년에 426,000MW에 달할 전망이며, 2014년에 전 세계 소비전력량의 2.37%를 풍력발전을 통해 공급할 것으로 전망되고 있다. 특히 스페인, 독일, 덴마크등 유럽15개국 및 중국, 일본 등의 아시아 국가, 미국등은 2010년 또는 2020년까지 장기계획을 수립하여 보급을 추진중에 있으며 이중 유럽 15개국은 2010까지 재생에너지 공급비중을 전체 전력량의 22%까지 공급할 계획을 추진중에 있다.

2-2. 국내현황

우리나라의 신·재생에너지 개발보급 정책은, 1987년 12월 「대체에너지 개발촉진법」을 제정하고 “대체에너지 기술개발 기본계획”을 수립한 이후, 2002년 3월에 「대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법」으로 개정하여 대체에너지 발전가격 고시 및 차액지원 제도를 수립하였다. 특히 신재생에너지 11개 분야(재생에너지 8개분야, 신에너지 3개 분야)중 풍력, 태양광, 소수력발전 3개 분야에 대한 생산전력의 의무구매 및 시장가격과의 차액을 보전해 주는 방안을 마련하면서 국내 신재생에너지 보급확대에 발판을 마련하게 되었다.

또한, 2004년 12월 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」으로 개정하여 차액보전 대상을 조력발전, 매립지 가스, 폐기물소각 으로 확대하고 민간부문 지원제도와 공공부문 지원제도를 정

비하고 공공건물에 신재생에너지 사용을 의무화하는 공공의무화 사업을 도입하였다.

풍력발전의 경우, 정부의 지원제도 수립에 따라 그간 정부의 시범사업이나 지역에너지사업을 통한 보급구조에서 탈피하여 민간사업자의 참여가 가능하게 되었다. 2004년까지 설치된 국내 풍력발전 설비용량은 총 69MW로 2003년까지 21MW에 불과하던 설비용량이 2004년 한해에만 48MW가 증가하는 실적을 보였다. 2004년말 현재 국내 설치된 풍력설비의 권역별 현황이다[그림 2].

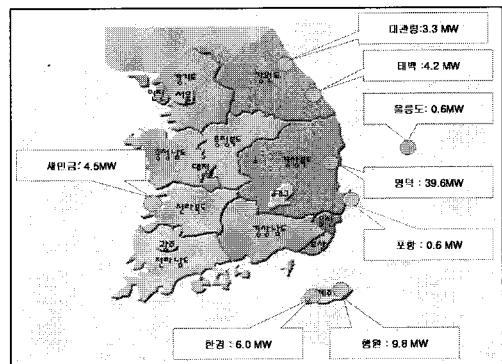


그림.2 국내 권역별 풍력발전설비 보급현황

이 가운데 국내 총 설비용량의 57%를 차지하는 「영덕풍력발전단지」(2004. 12 건설완료)의 경우가 국내 처음으로 국내 및 국외 자본유치를 통해 건설된 민자풍력발전단지로서 향후 국내 풍력발전산업 발전의 좋은 방향을 제시하게 될 전망이다.

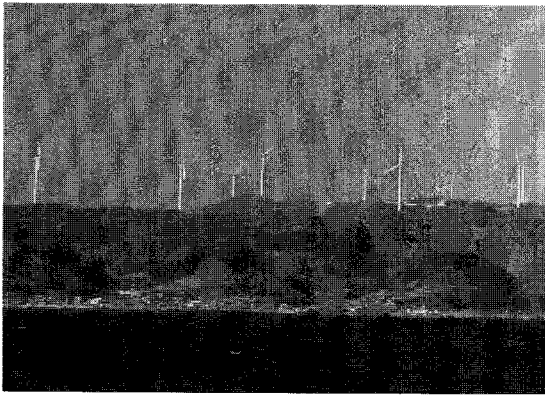


그림3. 영덕풍력발전단지 전경(설비용량:39.6MW)

또한, 우리나라 정부는 2003년 12월 【제2차 신·재생에너지 기술개발·보급기본계획】을 수립하여 2011년까지 국내 1차에너지 총사용량의 5%를 신·재생에너지 공급할 중장기 계획을 발표하였다. 이 중 풍력발전은 2012년까지 2,250MW의 설비를 건설할 계획이다.

3. 풍력발전기술 동향

3-1. 해외 풍력기술의 동향

풍력발전과 관련된 기술은 풍력발전시스템(wind turbines or wind power generation system) 분야와 풍력발전단지(wind park 또는 wind farm) 분야로 구별할 수 있다. 풍력발전시스템 분야는 풍력발전시스템의 설계, 제조, 운용 및 평가기술을 포함하고 있으며, 블레이드, 발전기, 기계장치, 제어장치 등 구성부품의 설계 및 개발분야를 포함하고 있다. 풍력발전단지분야는 풍력자원의 측정기술과 잠재량 평가, 단지설계기술, 에너지생산량 예측기술, 전력계통연계기술, 단지운용·평가 기술을 포함하고 있다.

이중 풍력시스템 기술은 지속적인 풍력발전시스템의 대형화, 가변속(variable)운전방식 채택, 동력 전달장치의 단순화 시도, 해양풍력발전기술의 접목으로 대표될 수 있다.

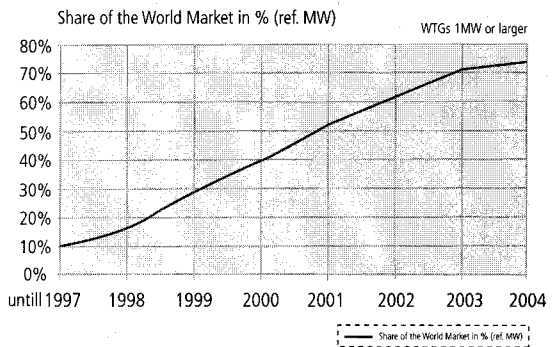
특히, 1990년대부터 지속적으로 추진되어온 풍력발전시스템의 대형화 경향은 2000년대 들어 더욱 가속화 되고 있어 2004년 한해동안 설치된 풍력발전기 1기당 평균용량이 1,248kW이며 1,000kW를 초과하는 풍력발전기의 공급비중이 2004년에는 70%를 초과하고 있다[표.3, 그림 3].

표.4 과거 3년간 풍력발전기 용량별 설치비중

Year	2002	2003	2004
Total MW supplied	7,416	8,062	8,508
Product (size range)	% of total MW		
"small WTGs" ,750 kW	13.7%	6.9%	5.4%
"mainstream" 750-1500kW	55.7%	55.8%	50.9%
"MW-class" 1501-2500 kW	30.0%	36.4%	42.8%
"Multi-MW Class">2500KW	0.6%	0.9%	0.9%
Total	100.0%	100.0%	100.0%

Source : BTM Consilt ApS-March 2005

그림.4 MW급 풍력발전기의 공급비중



또한, 최근들어 정격용량 4MW~5MW의 대형풍력발전기 개발되었고, 현재 가장 큰 풍력발전기는 정격용량 5MW, 로터직경 120m가 넘는 풍력발전기가 독일 Repower사 및 Prokon Nord사에서 개발되어 시험중에 있다.

이외에도 2MW~3MW급 풍력발전기가 여러 제작사들에서 개발되어 시장에 공급중에 있다[표.4]

표5. 상용 MW급 풍력발전기의 종류와 운전특성

Technical Spec.: Name/types	Capacity kW	Rotor diam. m	Control Features	Comments
Bonus 2MW	2000	70-77	Active Stall(C)	2-speed Combistall
Bonus 2.3MW	2300	82.4	Active Stall(C)	CombiStall
DeWind. 1.25MW	1250	62	Pitch(V)	IGBT-inverter
DeWind. 2.0MW	2000	80	Pitch(V)	IGBT-inverter
Ecotechnica 1.67MW	1670	74	Pitch(V)	
Enercon E66, 1.5MW	1500	66	Pitch(V)	Multipoled generator
Enercon E66, 1.8MW	1800	70	Pitch(V)	Multipoled generator
Enercon E66, 2.0MW	2000	71	Pitch(V)	Multipoled generator
Fuhrlander MD77	1500	77	Pitch(V)	
Nordex N60/N62	1300	60/62	Stall(C)	2-speed Switchable poles
Nordex S77	1500	77	Pitch(V)	
Nordex 2.5MW	2500	80	pitch(V)	
REPOWER MM70	2000	70	pitch(V)	
REPOWER MM82	2000	82	pitch(V)	IGBT-inverter
GAMESA G80	2000	80	pitch(V)	IGBT-inverter
GAMESA G83	2000	83	pitch(V)	IGBT-inverter
GAMESA G87	2000	87	pitch(V)	IGBT-inverter
GE Wind 1,5	1500	70.5-77	pitch(V)	IGBT-inverter
GE Wind 3.6	3600	104	pitch(V)	IGBT-inverter/Offshore Application
VESTAS V66	1750	66	pitch(V)	Variable Frequency Control System
VESTAS V82*	1650	82	Active Stall(C)	1or 2 speed
VESTAS V80	2000	80	pitch(V)	Variable Frequency Control System
VESTAS V90-1.8/2MW	2000	90	pitch(V)	Variable Frequency Control System
VESTAS V90	3000	90	pitch(V)	Variable Frequency Control System

Source : BTM Consilt ApS-March 2005

또한, 해상풍력발전단지 건설의 기대가 증가하고 해상풍력을 공급하려는 제작사들이 증가함에 따라, 해상기초구조물(foundation)에 대한 연구가 증가되고 해상풍력발전시스템의 설계기준과 인증 기준들이 제정중에 있다

3-2. 국내 풍력발전기 개발동향

국내에서는 1990년 들어 풍력발전기의 블레이드, 발전기, 기어박스, 전력변환장치 등의 부품개발을 시도한 바 있으며, 2001년 12월부터 정부지원을 통해 국내 기업들이 750kW~1MW급 풍력발전시스템

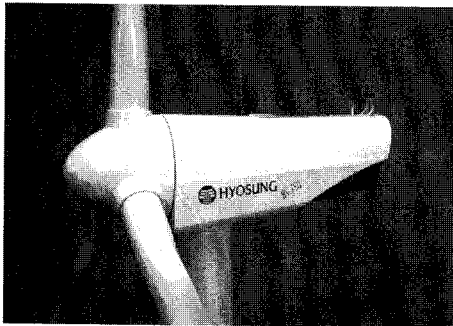
의 국산화 개발을 추진하였다. 2004년말 현재 750kW Gearless 풍력발전기(유니슨(주) 주관)와 Geared형 풍력발전기(주효성 주관) 각각의 시제품이 개발완료되었고 각각 성능시험을 준비중에 있다 [그림 5]. 이런 성과를 바탕으로 메가와트급 풍력발전기의 국산화 개발 또한 추진되고 있으며, 해외 선진기술과의 기술격차 해소를 위해 해외전문 설계기관과의 공동연구가 여러 방면에서 추진중에 있다. 또한, 시제품개발시 설계기술의 신뢰성 확보와 검증을 위해 해외 전문인증기관을 통한 설계인증 (design certificate)을 받는 등 개발품의 상업화를

위한 시도가 추진 중에 있다. 표. 5는 현재 국내에서 추진중인 중대형급 풍력발전시스템 개발현황이다.

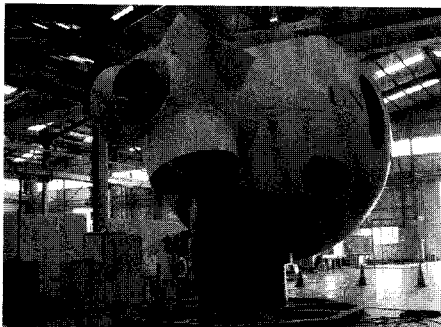
표.6 국내 중대형급 풍력발전시스템 개발현황

No	개발과제명	개발기관	개발기간	비 고
1	750kW Gearless형 풍력발전시스템 개발	유니슨(주)	2001. 12~ 2004. 12	시제품 개발완료
2	750kW Geared 형 풍력발전시스템 개발	(주)효성	2001. 12~ 2005. 4	시제품 개발완료
3	1MW급 Dual-rotor 풍력발전시스템 개발	(주)코원텍	2003. 7~ 2006. 6	개발중
4	국제 기술제휴 및 협력에 의한 2MW급 풍력발전 시스템 상용화 개발	(주)효성	2004. 4~ 2007. 3	개발중
5	2MW급 Multibrid형 풍력발전시스템 개발	유니슨(주)	2004. 9~ 2007. 8	개발중
6	해상용 3MW이상 개념 및 기본설계	서울대		개발중

그림 5. 국산개발된 750kW 풍력발전시스템 전경



5-a[750kW Geared 형 - (주)효성]



5-b[750kW Gearless형 - 유니슨(주)]

4. 결론

살펴본 바와 같이 세계적으로 풍력발전은 이미 에너지 공급원 중 일원으로 자리를 잡고 있고 세계 에너지 시장에서의 그 역할과 기여도는 더욱 증가될 것으로 전망되고 있으며, 지속적인 기술개발과 시장 개발을 통해 경제성 또한 점차 증대되고 있다. 유럽 지역 일부국가와 같이 육상풍력발전 설치 여건이 점차 어려워짐에 따라 지난 수년간 추진되어온 해상 풍력발전단지(offshore)의 개발과 1980년대에 설치된 소형풍력발전시스템(450kW 미만)을 철거한후 동일지역에 수MW급 대형풍력발전기를 대체 설치하는 Repowering 프로그램 등이 풍력발전의 이용 가능 잠재량을 더욱 증대시키고 있다.

우리나라의 경우도 이제 제주도, 영덕, 대관령 등 일부지역만이 개발되어 풍력 발전을 이용하고 있어 해안 및 산간지역의 추가 개발 잠재성이 높고, 해상 풍력의 잠재성평가를 통한 개발가능성 또한 높은 형편이다. 특히, 산간지역에 활용성이 높은 중소형 (<750kW) 풍력발전기 개발이 완료되었고, 풍력 부존자원량을 증대시킬수 있는 증저풍속형(low wind speed region)풍력기술 개발과 2MW급 풍력발전기의 개발 등으로 다양한 시장환경에 대응가능한 국산기술의 개발이 급속히 추진중에 있고, 국가차원의 지원제도 보완 및 정착, 국가보급프로그램의 수립을 통한 확고한 장기 비전의 제시 등이 이루어지면 이를 통한 풍력발전의 이용가능성이 상당히 증대될 전망이다.