

## 세계 풍력발전산업의 동향 및 전망\*

### 목 차

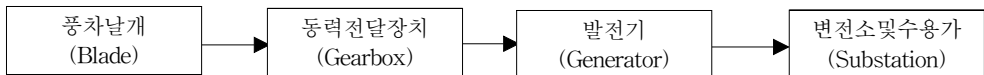
I. 풍력발전산업의 개요

II. 세계 풍력발전산업의 동향 및 전망

## I. 풍력발전산업의 개요

### 1. 풍력발전의 개념

- 풍력발전이란 공기의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환시키고 이로부터 전기를 얻는 기술을 말함
  - 즉, 풍력발전의 원리는 공기역학에 의해 날개처럼 생긴 로타(ROTOR)가 돌아가면서 발생하는 기계적 운동에너지를 발전기를 통해 전기에너지로 변환하는 것을 말함
  - 풍력발전산업은 에너지 산업 중에서 세계적으로 가장 빠르게 성장하는 산업임



- 풍력발전 시스템은 기계장치부, 발전기 등의 전기장치부, 제어장치부 등으로 구성됨

풍력발전 시스템의 구성

구 성	기 능
기 계 장 치 부	바람으로부터 회전력을 생산하는 Blade(회전날개)를 포함한 Rotor, 이를 적정속도로 변환하는 증속기(Gearbox) 등으로 구성
전 기 장 치 부	발전기 및 기타 안정된 전력을 공급토록 하는 전력 안정화 장치
제 어 장 치 부	풍력발전기가 무인 운전이 가능토록 설정, 운영하는 Control System 및 원격지 제어 및 지상에서 시스템상태 판별 가능케 하는 Monitoring System으로 구성

\* 본고는 산은경제연구소 이민식 수석연구원이 집필하였으며, 본고의 내용은 집필자의 견해로 당행의 공식 입장이 아님

## 2. 풍력발전의 특징

- 풍력발전은 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 적고, 국토의 효율적 이용이 가능함
  - 또한, 대규모 발전단지의 경우에는 발전단가도 기존의 발전방식과 경쟁 가능한 수준의 신에너지 발전기술임
- 반면, 풍력으로 발전하려면 평균 초속 4m 이상의 바람이 필요하므로 경제성을 확보할 수 있는 입지가 매우 제한적임
  - 또한, 입지에 따라 다르나, 설비 이용률이 타 발전원에 비하여 낮음

풍력발전의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연료비가 거의 없고, 대부분 무인 원격 운전되므로 유지보수 비용이 작음</li> <li>· 바람의 운동에너지 이용으로 화석대체효과가 커 단기적으로 화석연료와 대등한 가격경쟁력을 확보할 수 있는 대체 에너지는 풍력이 유일</li> <li>· 초기 투자비가 높으나, 건설 및 설치기간이 짧음</li> <li>· 설치높이가 높아 지상 토지를 농사, 목축 등과 같은 용도로 활용 가능</li> <li>· 일부지역의 경우 관광자원화 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 풍력 가능한 바람은 평균 초속 4m이상이 필요하므로 경제성을 확보할 수 있는 입지가 제한적임</li> <li>· 방해물 등의 자연환경 변화에 매우 민감할 수 있어 개발이 진행중인 지역에는 신중한 검토 필요</li> <li>· 입지에 따라 다르나, 설비이용률이 타발전원에 비해 낮음</li> <li>· 소음이 발생하므로 인가와의 적정 이격 거리가 필요</li> </ul>

## 3. 풍력발전기의 구분

- 풍력발전기의 구분은 크게 수평축(Horizontal Axis Wind Turbine)과 수직축 (Vertical Axis Wind Turbine)으로 분류할 수 있음
  - 수평축 풍차는 바람에너지를 최대한 받기 위한 바람추적 장치가 필요하며 시스템 구성이 다소 복잡하나 에너지 변환효율이 높아 현재 가장 안정적인 고효율 풍력발전으로 인정받고 있음
  - 수직축 풍차는 바람의 방향에 관계가 없어 사막이나 평원에 많이 설치하여 이용 가능하나, 그 소재가 비싸고 풍차에 비해 효율이 떨어지는 단점이 있음

## II. 세계 풍력발전산업의 동향 및 전망

### 1. 세계 풍력발전산업 동향

#### 가. 풍력발전의 산업구조

- 풍력발전산업은 부품·기자재 부문, 발전기 부문, 설치·시공 부문, 발전서비스 부문 등으로 이루어진 구조임
  - 부품·기자재 부문은 발전기 제작에 필요한 구성품 혹은 부품의 생산, 발전소 건립에 필요한 기자재를 생산하는 분야임
  - 발전기 부문은 발전기의 구성품을 조립하여 발전기를 제작하는 분야임
  - 설치·시공 부문은 발전소 건립을 위한 엔지니어링, 건설 등을 수행하는 분야이며, 발전서비스는 발전소를 운영, 발전하여 전력을 제공하는 부문임
- 세계 주요 발전기 제조업체들은 발전서비스 부문을 제외한 부품·기자재부터 발전기, 설치·시공까지 전 부문에 대한 제조역량을 보유하고 있음
  - Vestas(덴마크), GE Wind(미) 등 선도기업들은 발전기를 중심으로 발전설비 전 부문을 수직계열화하여 통합화·대형화를 추진하는 추세임

주요 발전기 제조업체의 부품 자체제작 역량보유 현황

	Vestas(덴)	GEWind(미)	Gamesa(스페)	Suzlon(인도)
Nacelle 조립	○	○	○	○
Gearbox		○	○	○
Generator	○	○	○	○
Controler	○	○	○	○
Rotor Blade	○	○	○	○
Tower	○	○	○	○

자료 : 각 사 자료

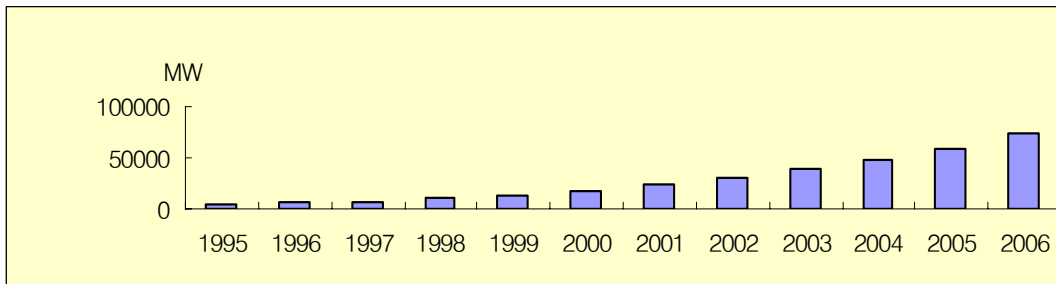
#### 나. 산업동향

##### □ 풍력발전산업의 성장

- 2006년 세계 풍력산업의 총발전용량은 74.2GW로 1995년 4.8GW대비 약 15배 이상 증가

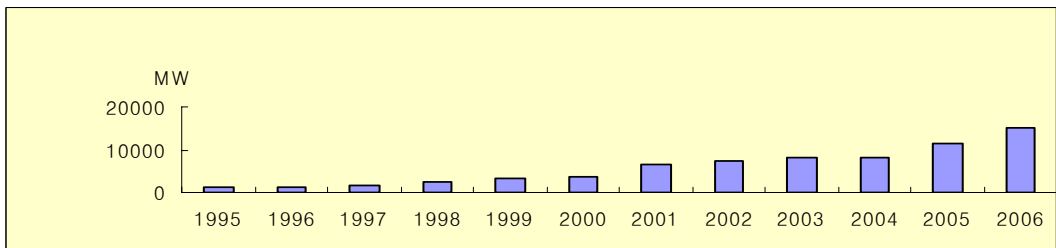
- 연간 신규 설치용량도 1995년 1.3GW에서 2006년 15.2GW로 연평균 27.2%의 증가율을 보임
  - 특히, 2005년 이후 신규 발전용량 증가율은 연평균 36%로 1995~04년 증가율 24%에 비해 약 1.5배 증가
  - 2006년 전체 발전용량 74.2GW의 36%가 2005~06년 기간 중 설치됨
- 최근 풍력발전산업의 고성장세에도 불구하고 각국의 전력생산에서 차지하는 비중은 여전히 미미함
  - 풍력발전산업의 선진국인 덴마크와 스페인이 각각 전체 전력생산량(2005년 기준)의 20% 및 8%의 비중으로 가장 높은 비중을 차지
  - 발전용량 기준 세계 1위인 독일의 풍력발전 비중도 전체 전력생산량의 5.5%에 불과하며 유럽전체로는 2%대에 머물고 있음

세계의 총발전용량



자료 : Global Wind 2006 Report, GWEC(Global Wind Energy Council), 2007.2

세계의 연도별 신규발전용량



자료 : Global Wind 2006 Report, GWEC, 2007.2

- 최근에는 해상 풍력발전 건설도 전세계적으로 추진 중

- 전세계 5개 국가 15개소에 총 600MW 정도 규모의 단지가 조성되어 있으나 아직까지는 보급시작 단계에 불과
    - 시스템 상용화에 성공한 나라는 덴마크이고 해상풍력 발전을 추진중인 나라는 독일, 미국, 프랑스, 스페인, 중국 등임
    - 덴마크는 2030년까지 해상풍력으로 전력의 20%(4,000MW)를 생산한다는 목표이며 독일은 2010년까지 10,000MW 생산을 목표로
  - 최근 해상풍력사업이 본격 추진되는 이유는 풍속이 크고, 풍향의 변화가 적어 대형화와 고속화에 적합하며 육상 풍력발전과 같은 공간적 제약이 없기 때문
    - 반면, 배를 이용한 수송 및 송전선의 문제로 투자비용이 크고, 접근의 어려움으로 인한 유지보수비용의 과다 및 어업권 등의 문제가 있음
- 풍력발전기 시장은 2005년 140억 달러에서 2006년 230억 달러로 64.3% 성장
- 이는 2005년 이후 풍력발전시장의 급성장에 따른 수요의 급증으로 공급부족이 발생, 풍력발전기 가격이 급상승한데 기인
- 풍력발전기 시장은 덴마크, 독일과 미국 등 풍력발전산업이 발달한 선진국 상위 6개 업체에 의해 과점화되어 있음
- Vestas(덴마크), GE Wind(미), Enercon(독), Gamesa(스페인), Siemens(독) 등 상위 6개 업체가 전체 시장의 86%를 차지
  - 특히, Vestas(덴마크)가 2005년 기준 전세계 풍력발전설비 시장의 약 33%를 차지하며 풍력발전시스템 시장을 선도함
  - 그밖에 Enercon, Gamesa 등의 풍력발전기 전문업체와 GE, Siemens 등의 종합에너지업체 등이 시장을 양분
- 세계 풍력발전기산업의 선도기업인 Vestas, GE Wind 등은 경쟁력 강화를 위해 M&A를 추진, 세계적인 풍력발전회사로 성장해 옴
- 1996년 이후 M&A가 활발히 진행되어 15개 기업이 8개 기업으로 통합됨
  - Vestas는 2004년 세계 3위 NEG Micon과 합병하여 점유율이 크게 확대되었으며, GE Wind는 2001년 Enron을 인수하여 세계 2위 기업으로 성장

## 주요 풍력업체의 M&amp;A 추이

업 체	주요 M&A 사례
Vestas	· NEG Micon(2004년)
GE Wind	· Enron(2001년)
Gamesa	· Made(2003년)
Siemens (Wind Power)	· Bonus(2004년) · Winergy(2006년)
REpower	· Jacobs Energie(2001년) · BWU(2001년)
Suzlon	· Hensen(2006년)
Nordex	· Babcock(1996년) · Subwind(1998년)

## □ 성장 배경

- 기술의 발달로 풍력에 의한 발전단가가 하락하여 최근에는 기존의 화석연료를 이용한 발전방식과 경쟁이 가능한 수준까지 낮아짐
  - 풍력에 의한 발전단가는 효율이 높은 복합발전보다는 다소 높은 수준이나 석탄 화력 발전보다는 낮은 수준
    - 반면, 해상 풍력의 발전단가(79유로/MWh)는 초기 설치비가 높은 수준
  - 풍력발전의 에너지밀도는 다른 발전기술에 비해 높은 편
    - 풍력발전은 타 대체에너지에 비해 상대적으로 좁은 면적에서도 많은 양의 에너지 생산 가능
    - 또한, 풍력의 발전소요면적은 1,335m<sup>2</sup>/GWh로 석탄 3,642m<sup>2</sup>/GWh, 태양광 3,237m<sup>2</sup>/GWh에 비해 경쟁력이 있음

## 주요 기술별 발전단가(2006년)

(유로/MWh)

기존 및 화석에너지		신·재생에너지	
기술	단가	기술	단가
원자력	38	풍력(육상)	54
석탄화력	60	지열	53
가스복합발전	50	바이오매스	71
가스화단일발전	76	태양광	265

자료 : HSBC, "Power for a new generation", 2007. 3

- 온실가스 감축을 의무화한 교토의정서<sup>1)</sup>가 2005년 2월에 공식 발효 됨에 따라 무공해 에너지원으로서의 풍력발전에 관심이 증폭

1) 지구온난화 방지를 위한 국제적인 기후변화협약의 구체적 이행방안으로 1997년 채택

- 교토의정서는 지구온난화를 유발하는 이산화탄소 등 6종의 온실가스 배출량을 대폭 줄이자는 것임
  - 선진 38개국과 EU 해당국가는 2008년부터 2012년까지 전체 온실가스 배출량을 1990년보다 평균 5.2% 줄일 것을 의무화함
- 풍력발전은 바람이 주에너지원으로 온실가스 배출 등의 환경오염 문제가 전무
  - 풍력발전으로 400MWh 발전시(200kW급 풍력발전 1년간 운영), 석탄 120~200톤을 대체하는 효과

풍력발전에 따른 환경오염 감축 효과

(톤)

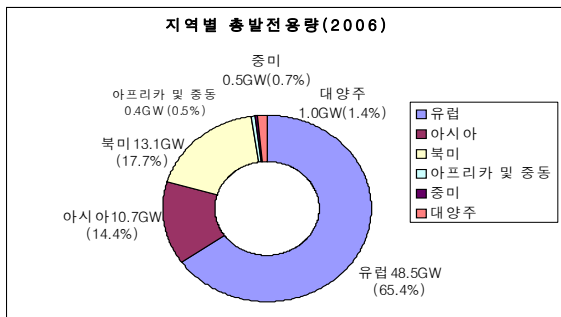
	아황산가스(SO <sub>2</sub> )	질소산화물(NO <sub>2</sub> )	이산화탄소	슬래그와 분진
감축량	2 ~ 3.2	1.2 ~ 2.4	300 ~ 500	16 ~ 28

주 : 풍력발전으로 400MWh 발전시(200kW급 풍력발전 1년간 운영) 감축되는 오염물질  
 자료 : 산업자원부, 『신재생에너지 백서』, 2005

□ 지역별 풍력발전 현황

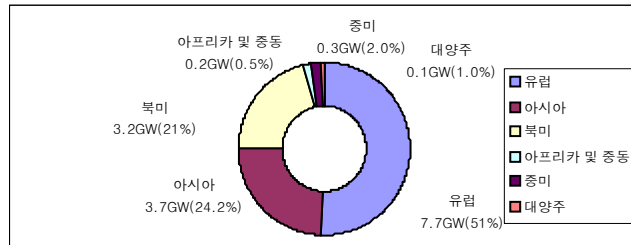
- 2006년 세계 풍력산업의 총발전용량 74.2GW 중 유럽이 48.5GW 규모로 65.4%를 차지하여 전체 시장을 주도
  - 2006년 신규로 설치된 용량도 유럽이 7,708MW로 전체 신규 총용량 15,197MW 중 50.7%를 차지
- 북미와 아시아의 풍력발전 용량은 2006년 13,062MW 및 10,667MW로 세계 총발전용량 중 17.6% 및 14.4%를 차지하는 등 최근 고성장세를 보임
  - 2006년 북미와 아시아의 신규 설치 용량 증가율은 32.9% 및 52.6%를 기록해 동 지역의 투자규모가 급격히 증가하고 있음

지역별 총발전용량(2006)



자료 : Global Wind 2006 Report, GWEC, 2007.2

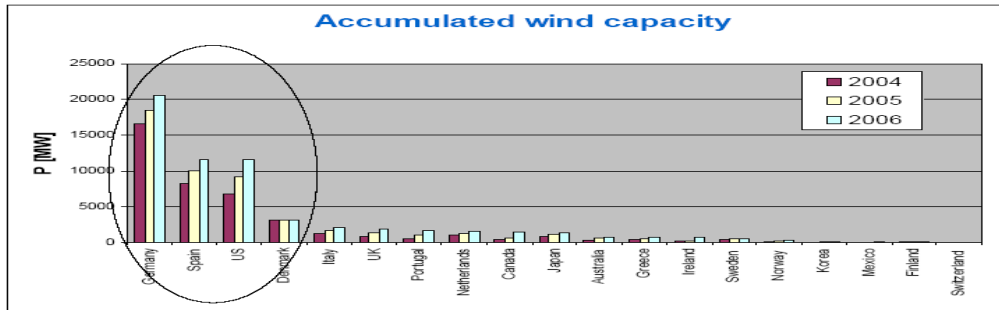
지역별 신규발전용량(2006)



자료 : Global Wind 2006 Report, GWEC, 2007.2

- 국가별로 보면, 2006년 중 독일, 스페인 및 미국 3개국의 발전용량이 43,840MW를 기록해 세계 풍력발전용량의 59.1%를 차지하고 있어 세계 풍력발전산업의 성장을 주도
  - 독일은 20,622MW의 발전용량을 기록해 세계 총발전용량의 27.8%를 차지
  - 그 뒤를 이어 스페인과 미국이 각각 11,615MW 및 11,603MW를 기록해 세계 풍력산업 총발전용량의 15.6%를 각각 차지
  - 2006년 신규 설치용량을 보면 미국이 전세계 신규설치 총용량 15,197MW 중 2,454MW(16.1%)로 가장 비중이 높았으며 그 뒤로 독일(2,233MW, 14.7%), 스페인(1,587MW, 10.4%)이 높은 비중을 차지
  - 최근에는 고도성장에 따른 발전 수요 증가로 인도 및 중국의 풍력발전산업이 급성장하고 있음
    - 인도는 2006년 1,840MW를 증설해 총 6,270MW의 발전용량을 보유하면서 풍력 산업 선진국인 덴마크를 제치고 세계 4위로 부상
    - 중국도 2006년 1,347MW를 증설하면서 설치용량 기준 세계 6위로 올라섬

국가별 누적발전 용량



자료 : IEA(International Energy Agency), 2007년



## 다. 기술개발 동향

### □ 풍력발전기의 대형화

- 풍력발전기는 현재 제작사별로 3MW급(Vertas, Enercon, GE Wind)이 기술개발 완료하여 생산 중에 있으며 5MW급(Repower 등)은 개발 후 실증 테스트 중
- 이같은 발전기의 대형화 추세는 대형화를 통해 에너지 효율의 증대 및 단위 용량당 건설비 및 설비비 절감이 가능하기 때문임

### □ 해상 풍력발전 기술 개발

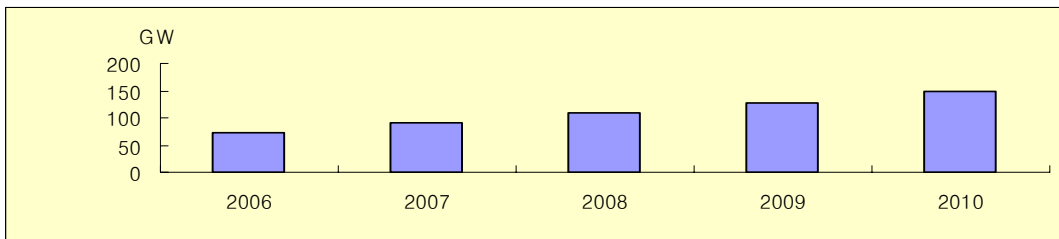
- 해상 풍력발전 기술은 아직 초기 응용 단계로서 현재 덴마크의 Vertas 등 일부 업체에서만 2~3MW급 규모의 해상풍력발전 시스템을 상용화한 상태임
- 미국의 GE가 3.6MW급을 상용화하였으며 5MW급 풍력 발전기는 덴마크의 2종과 독일의 4종이 시험 중에 있음

## 2. 세계 풍력발전산업의 전망

### 가. 산업 전망

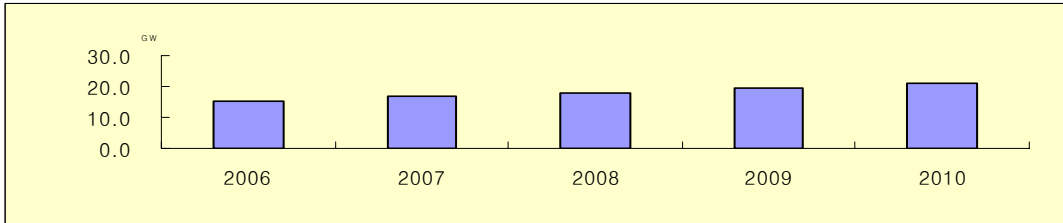
- GWEC(Global Wind Energy Council : 글로벌풍력위원회)에 의하면 세계 풍력발전용량은 2006년 74.2GW에서 2010년에는 149.5GW에 달해 연평균 19.1% 증가할 전망
- 신규설치용량은 2006~2010년 중 연평균 8.4%의 증가율을 보여 2006년 15.2GW에서 2010년에는 21GW에 달할 전망

세계의 총발전용량 전망



자료 : Global Wind 2006 Report, GWEC, 2007.2

세계의 신규발전용량 전망



자료 : Global Wind 2006 Report, GWEC, 2007.2

- 풍력발전기는 향후 육상용은 2~3MW급, 해상용은 3.5~5MW급이 시장추세일 것으로 예상
- 풍력발전기 시장은 2006년 230억 달러에서 2010년 390억 달러로 연평균 14% 성장 전망
  - 최근 풍력발전기의 공급부족 상황은 2009년에는 해소될 것으로 보여 가격상승은 2008년 이후 안정화될 전망

## 나. 지역별 전망

- 세계 풍력발전산업에서 주도적인 위치를 차지하고 있는 유럽은 성장이 지속될 전망이나 비중은 다소 줄어들 전망
  - 세계 풍력발전산업에서 2006년 현재 누적 발전용량 기준 48.5GW로 65%의 비중을 보이고 있는 유럽은 2010년에는 다소 낮아진 54.8%(82GW)의 비중을 보일 전망
  - 신규 발전용량면에서도 2006년 50.7%(7.7GW)의 비중에서 2010년 44.3%(9.3GW)로 낮아질 전망
- 북미지역은 누적 발전용량 기준 2006년 13.1GW에서 2010년 31.6GW로 약 2.4배의 급격한 성장을 보일 것으로 전망
  - 특히 미국은 2006~2010년의 기간동안 매년 3.5GW의 신설이 예상되고 있어 2010년에는 누적 발전용량이 약 25.6GW에 달할 전망
- 아시아지역은 누적 발전용량기준 2006년 10.7GW에서 2010년 29GW로 연평균 28.3%의 높은 성장률을 기록할 전망

- 또한, 누적 발전용량 기준 세계 풍력산업에서 아시아 지역이 차지하는 비중은 2006년 14.4%에서 2010년 19.4%로 확대될 전망
- 특히, 중국 및 인도는 누적 발전용량 기준 2006년 2,604MW 및 6,270MW에서 2010년 각각 5,000MW, 16,270MW로 크게 증가할 전망
  - 풍력발전에 양호한 입지조건을 가지고 있는 양국은 인센티브 제도 도입 등을 통해 풍력발전산업을 적극 육성하고 있음
  - 특히 중국은 기술제휴·도입을 통한 기술축적을 위해 외국의 풍력생산설비 유치에 적극 지원하고 있음