

# 해상풍력발전 현황 및 전망

## Current Status and Future Perspective of Offshore Wind Power



이 강 수\*

\* 한국해양과학기술원 선박해양플랜트연구소 선임연구원

### 1. 서 론

풍력분야는 태양광분야와 더불어 그리드 패리티(Grid Parity)에 도달되었다고 판단되며 지속적인 성장추세로써 에너지 고갈 위험에 대한 능동적인 대처와 온실가스 감축, 일자리 창출의 핵심수단으로 인식하여 치열한 시장선점 경쟁을 전개 중이다. 선진국을 중심으로 육상풍력에서 기술축적, 산업화가 달성되었으며, 연관사업 유발효과가 큰 해상풍력 시장이 향후 급성장할 것으로 예측되며 국내 풍력관련 기업들의 역량을 집결하여 조선·중공업, 플랜트, 첨단 IT 등 관련 산업경쟁력을 활용 시 단기간 내 세계 선두권 진입이 가능할 것으로 판단하고 있다. 풍력발전의 기술적 정의는 공기역학특성을 이용한 에너지원 생산기술로써 풍력에너지를 상업적 활용도 제고를 위하여 자원조사 및 분석, 단지 설계 및 시공, 육/해상풍력발전 시스템 개발, 시스템 운송 및 설치, 단지 운영 및 유지 보수, 계통연계 기술, 시스템 및 프로젝트 인증기술을 포괄하고 있다.

국외의 풍력정책 현황을 살펴보면 유럽의 경우 '20년까지 '90년 대비 20% 온실가스 감축 및 재생에너지 비중을 20%로 확대('09.4)예정이며, 20년 신재생에너지 보급 목표로 스웨덴 49.0%, 핀란드 38.0%, 덴마크 30.0%, 프랑스 23.0%, 스페인 20.0%, 독일 18.7%, 영국 15.0%하고 있다. 저탄소에너지 기술 실현을 위한 6대 유럽 산업 Initiative에 대한 저탄소에너지 기

술개발 투자계획(10년간 725억 유로)을 발표('09.10)하였고, 영국의 경우 2010년 승인된 대규모 해상풍력 단지를 통해 2020년 기준 25 GW(자국 내 총 발전량의 25%)를 해상풍력 발전을 통해 공급할 계획을 갖고 있으며 적극적인 정부지원이 성장 Drive로 작용할 전망이다. 최대 풍력시장 중 하나인 미국의 경우 PTC(Production Tax Credit - 풍력발전에 kW당 2.2 센트를 지원하는 세액공제제도) 연장안이 하원을 통과되었고('13.1), 현재 미국은 풍력시장에 대해 대체에너지 보급정책의 기조를 유지하고 있으며, 향후 10년간 청정에너지분야에 1,500 억불 투자, '25년 전력의 25%를 신재생에너지로 공급('09.4) 될 예정으로 있다. 일본의 경우 '20년까지 '90년 대비 25% 온실가스 감축 및 신재생에너지 비중 10%이 목표이며 2012년 '3·11 대지진'에 의한 후쿠시마 원자력발전소 사고 이후 일본정부는 후쿠시마 앞바다에 부유식 해상풍력 발전소 건설 타당성 조사비 125억엔(약 1800억원)을 계산한 바 있다. 일본 정부, 산업계, 학계로 구성된 공동사업팀은 2016년부터 2020년까지 모두 143기의 풍력발전기를 건설하여 100만 kW의 전력생산 계획을 발표하였고, 후쿠시마현은 각종 재생에너지 관련산업을 현안에 집중시키기 위해 보조금 및 세금 우대정책을 활용하기로 하였다. 중국의 경우 자국 시스템업체 경쟁력 상승을 기반으로 '풍력설비 자국업체 의무선정 정책'을 폐지했으나 재생에너지법에 의한 풍력발전비용 지원은 지속되고 있고 '20년까지 신재생에너지 비중 15%('07년 8%) 목표

및 '09년 한해에만 346억불을 신재생에너지에 투자할 예정으로 되어 있으며, '20년까지 7,400억불을 신재생에너지 산업에 투자하여 재생에너지를 대폭 확대할 예정이다. 위와 같이 과거와 현재의 해상풍력관련 기술 및 산업동향 분석을 통해 향후 전망과 예측을 하고자 한다.

## 2. 국내외 풍력산업현황

과거 유럽에서는 1991년도 이후 해상풍력발전 단지를 지속적으로 건설해 왔고 현재에도 건설 중이며 앞으로도 대규모 건설계획을 세워놓고 있다. 표 1은 2011년 말까지 전세계에 건설되어 운영 중인 해상풍력발전 단지를 소개하고 있다. 대부분 유럽 주도로 이루어졌으며 앞으로는 유럽의 강세가 이어지고 미국, 중국, 일본 등이 늘어날 추세로 전망되고 있다.

### ▶ 정책 및 제도적 현황 분석

국가적으로 신재생에너지 산업을 국가 신성장동력으로 육성하고자 하며 풍력산업을 제2의 조선산업으로 육성 2030년

표 1 세계 해상풍력발전 단지(source : BMT Consult 2012)

Project name (Country)	WTG's	MW	Type foundations	Construction
Vindeby (DK)	11 x 450 kW, Siemens	4.95	Concrete Caisson	1991
Lely (NL)	4 x 500 kW, Vestas	2.00	Drien Monopile	1994
Tune Knob (DK)	10 x 500 kW, Vestas	5.00	Concrete Caisson	1995
Dronen Iselemeer (NL)	28 x 800 kW, Vestas	16.80	Drien Monopile	1996
Bockstigen (S)	5 x 550 kW, Vestas	2.75	Drilled Monopile	1997
Ugrunden (S)	7 x 1.5 MW, GE Wind	10.50	Drien Monopile	2000
Blyth (UK)	2 x 2 MW, Vestas	4.00	Drilled Monopile	2000
Middelgrunden (DK)	20 x 2 MW, Siemens	40.00	Concrete Caisson	2000
Yttre Stengrund (S)	5 x 2 MW, Vestas	10.00	Drien Monopile	2001
Horns Rev1 (DK)	80 x 2 MW, Vestas	160.00	Drien Monopile	2002
Palludan Flak (DK)	10 x 2.3 MW, Siemens	23.00	Drien Monopile	2002
Nysted Havnaelspark	72 x 2.3 MW, Siemens	166.60	Concrete Caisson	2003
Arkiow Bank Phase I (IRL)	7 x 3.6 MW, GE Wind	25.20	Drien Monopile	2003
North Hoyle (UK)	30 x 2 MW, Vestas	60.00	Drien Monopile	2003
Soroby Sands (UK)	30 x 2 MW, Vestas	60.00	Drien Monopile	2004
Kentish Flat (UK)	30 x 3 MW, Vestas	90.00	Monopile	2005
Barrow (UK)	30 x 3 MW, Vestas	90.00	Monopile	2006
Egmond aan Zee (NL)	36 x 3 MW, Vestas	108.00	Monopile	2006
Buro Bank (UK)	25 x 3.6 MW, Siemens	90.00	Monopile	2007
Lillgrund (S)	48 x 2.3 MW, Siemens	110.40	Concrete Caisson	2007
Inner Dowsing (UK)	27 x 3.6 MW, Siemens	97.20	Monopile	2008
Lym (UK)	27 x 3.6 MW, Siemens	97.20	Monopile	2008
Q7 (NL)	60 x 2 MW, Vestas	120.00	Monopile	2008
Thornton Bank (BE)	6 x 5 MW, RePower	30.00	Concrete Caisson	2008
Greater Gabbard Phase I (UK)	42 x 3.6 MW, Siemens	151.20	Monopile	2009
Phyl Flats (UK)	25 x 3.6 MW, Siemens	90.00	Monopile	2009
Horns Rev2 (DK)	91 x 2.3 MW, Siemens	209.30	Monopile	2009
Hvind (NO)	1 x 2.3 MW, Siemens	2.30	Floating	2009
Great Belt (DK)	7 x 3 MW, Vestas	21.00	Concrete Caisson	2009
Alpha Ventus (GE)	12 x 5 MW, RePower/Aeva	60.00	Monopile	2009
Väneren Gäslingegrund (S)	10 x 3 MW, WinWinD	30.00	n.a	2009
Gunfleet Sands (UK)	48 x 3.6 MW, Siemens	172.80	Monopile	2009
Donghai Bridge (CN)	34 x 3 MW, Sinovel	102.00	Combination of gravity base and piles	2010
Robin Rigg (UK)	60 x 3 MW, Vestas	180.00	Monopile	2010
Redsand I (DK)	90 x 2.3 MW, Siemens	207.00	Concrete Caisson	2010
Thanet (UK)	100 x 3 MW, Vestas	300.00	Monopile	2010
Baltic 1 (GE)	21 x 2.3 MW, Siemens	48.30	Monopile	2010
Bligh Bank (BE)	55 x 3 MW, Vestas	165.00	Monopile	2010
BARDOshore 1 (GE)	12 x 5 MW, Bard	60.00	Triple	2010
Walney 1 Phase I and II (UK)	51 x 3.6 MW, Siemens	183.60	Monopile	2010
Greater Gabbard Phase II (UK)	31 x 3.6 MW, Siemens	111.60	Monopile	2010
Windfoat (PT)	1 x 2 MW, Vestas	2.00	Floating	2011
Ormonde (UK)	30 x 5 MW, RePower	150.00	Grounded: Jacket	2011
Sheringham Shoal (UK)	11 x 3.6 MW, Siemens	39.60	Monopile	2011
BARDOshore 1 (GE)	6 x 5 MW, Bard	30.00	Triple	2011
Walney 2 (UK)	10 x 3.6 MW, Siemens	36.00	Monopile	2011
Greater Gabbard (UK)	29 x 3.6 MW, Siemens	104.40	Monopile	2011
Rudong Intertidal project phase 1 (CN)	21 x 2.3 MW, Siemens	48.30	Multi-piles	2011
1 (CN)	17 x 3 MW, Sinovel	51.00	Monopile	2011
Donghai Bridge offshore wind phase 2 (CN)	1 x 3 MW, Sinovel	5.00	Combination of gravity base and piles	2011
2 (CN)	1 x 3.6 MW, Sewind	3.60	Combination of gravity base and piles	2011
<b>Totals:</b>	<b>Number of WTGs: 1427</b>	<b>3,367 MW</b>		

까지 세계시장 점유율을 20%로 확대하는 목표를 설정하였다 (그린에너지로드맵). 2008년 이후 대형 국내 대형조선사들은 사업다각화의 일환으로 기술도입 및 인수합병을 통해 풍력발전설비 시장에 진입하였고, 2019년까지 10.2조원의 민관 합동 투자로 2.5GW 규모의 해상풍력 단지를 개발하여 세계 3대 해상풍력 강국 진입을 추진하고 있다. 정부의 적극적인 투자 계획과 신재생에너지 공급의무화제도(RPS) 시행으로 국내 풍력발전시장은 점진적으로 확대될 전망으로 탈화석 연료를 위한 국내의 대체 에너지 보급정책 기조를 유지하고 있다. 해상풍력 시장을 선도하고 있는 영국의 경우 2010년 승인된 대규모 해상단지를 통해 25GW의 설비보급 계획하고 적극적인 정부지원이 해상풍력산업의 성장 Drive로 작용하고 있고 탈화석 연료를 위해 정부, 금융기관, 기업 간 협력모델 구축이 필요하다. 전력 수요량 증가에 따른 최소 전력 예비율 확보가 필요하며 지식경제부와 전력거래소 등을 따르면 적극적인 수요 관리 정책 추진없이 2015년까지 설비 예비율(전력 공급 능력 예비율)이 3.7~6.6%에 불과해, 안정권인 15%에 훨씬 못 미치는 것으로 분석되었다.

### ▶ 경제 및 사회적 현황 분석

해상풍력발전 단지 경제성 입증에 따른 대규모 단지화 노력 확대가 이루어지고 있으며 국내 총 발전량 462,343GWh에서 풍력발전량이 차지하는 발전량은 신재생에너지원 중 가장 높은 858GWh에 달하나 전체 발전량 대비 비중은 약 0.19%로 매우 낮은 수준이다(2011년 기준). 국내 해상풍력 단지는 서남해권을 중심으로 민관합동 투자로 2019년까지 2.5GW가 건설될 전망이며 신재생에너지 보급 목표달성에 가장 큰 비중을 차지할 것으로 예상되고 있다. 2011년 세계 해상풍력 시장은 전년 대비 마이너스 성장한 415MW가 설치되었으나, 유럽의 재정위기에도 불구하고 해상풍력 단지건설은 차질없이 진행되어, 2012년 이후 본격적으로 성장이 가시화될 것으로 예상되며 풍부한 자원 및 안정적인 발전이 가능한 해상풍력의 장점으로 2015년까지 매년 30%이상의 고성장이 지속될 것으로 예상되고 2015년까지 해상풍력 시장의 80%이상은 유럽시장이 주도할 것으로 예상되며, 2014년 이후로 아시아 시장이 본격적으로 형성될 전망이다. 해상풍력의 에너지생산비용은 LCOE기준 현재 180EUR/MWh 수준이나 단계적으로 완화되어 2020년에는 20%이상 절감될 것으로 예상되어 해상풍력은 금융기관에 생소한 분야로 높은 리스크 요인들로 인해 금융지원이 쉽지 않은 분야이다. 현재 해상풍력 시장은 초기 단계인 관계로 민간금융기관보다 EIB등 공적 금융기관들의 참여가 활발하다. 해상풍력 프로젝트 파이낸싱은 Equity 비중이 30~60%로 아직은 타 발전 프로젝트 대비 높은 수준이나

점진적으로 완화되고 있다. 해상풍력발전 기술에 대한 기술 검증이 점차 이루어지면서 상업 금융기관들의 참여가 증가하는 추세, 프로젝트 파이낸싱 수요는 점차 확대될 전망이다. 해상풍력발전 확대에 따른 고용효과 증대로 대표적인 대중소기업 상생협력 분야로 조선-플랜트산업 등의 경쟁력을 바탕으로 '10년 풍력산업 규모는 '07년 대비하여 제조업체 수는 39% 증가한 32개였다.

▶ 기술적 현황 분석

비용 저감화를 통한 가격경쟁력 확보 노력이 지속될 것으로 판단된다. 대부분의 풍력 주요 부품의 생산용량은 수요를 초과한 과잉공급 상태이나, 베어링 등 일부 부품은 기술적 난이도로 인한 높은 진입 장벽으로 공급이 타이트한 상황이다. 아시아 업체들의 설비 투자 확대로 2014년까지도 주요 부품들의 공급과잉문제는 지속될 것으로 예상되며, 원자재 값 상승에도 불구하고 가격경쟁에 의한 부품가격 하락은 지속될 전망이다. 터빈가격 약세에 따라 고정비용을 줄이기 위한 수직계열화 확대추세 및 과다 경쟁상태에서 제품의 신뢰성 하락은 손실로 이어지기 때문에 품질관리에 집중한 신뢰성 기반 기술개발 확대될 전망이다. 해상풍력 시장은 수증기초 및 전력망 기반시설에 대한 높은 비용 비중으로 인해 향후 경제성 확보를 위한 기술개발이 집중될 것으로 예상되며 대형 직접 구동형 풍력발전기 개발 확대가 될 전망으로 풍력발전기 대형화 및 해상풍력발전 확대에 따라 신뢰성 문제를 해결하기 위한 직접구동형 발전기 개발 경쟁을 확대하고 기계적 구동부가 최소화되어 유지보수가 용이하므로 해상풍력발전 적용 시 신뢰성 저하문제를 해결할 수 있다. 92년 독일 Enercon의 500 kW 급 상용화 성공 이후 성숙된 기술로 발전하여 블레이드가 발전기에 직결된 구조로 높은 중량의 요소부품에 대한 최적의 구조 배치 및 하중설계가 요구되고 있다. 독일의 Enercon, Siemens, 미국의 GE Energy 프랑스 Alstom 등 선진 유럽 제조사들을 중심으로 6MW 이상급 대형 직접구동형 발전기 개발이 확대한 추세이며, 연구자식 수급 안정화 및 발전기 가격 문제는 해결해야 할 과제로 남아있다. 해상풍력단지 시공을 위한 건설기술 확보가 시급한 것으로 판단된다. 유럽 선진사를 중심으로 육상풍력의 성장둔화로 이용률이 1.6배 이상 높고 발전단지의 대형화가 용이한 해상풍력발전 단지를 확대 중으로 현재 가동 중인 해상풍력 단지의 평균수심은 12m로 전체의 65%가 단일지주 방식이며, 23%는 자중식을 채택하고 신규 조성중인 해상풍력발전 단지의 평균수심은 21.8m로 점차 깊어지고 있는 추세이며, Tripod 및 Jacket형태의 수증기초 방식이 확산되는 추세이다. 건설과 조선 산업이 발달한 우리의 산업구조 때문에 산업인력의 숙련도가 높아 산업기반의 단기간

구축이 가능하지만, 해상풍력 단지에 맞는 건설 기술을 확보하는 것이 중요하며 심해 또는 부유식 풍력 발전을 위한 기반 기술 확보하는 것이 필수적이라 판단된다. 유럽 선진사들을 중심으로 풍량이 우수하고, 민원발생이 적은 심해 풍력단지를 개발하기 위해 부유식 수증기초 기술을 개발 중으로 심해나 부유식 풍력 발전은 염해나 바다의 바람의 세기를 견디지 못하는 경우가 많으므로 이에 맞는 설비나 기반기술 확보가 필요하다.

3. 국내외 시장동향

전 세계 풍력발전 누적설치용량은 2000년 17,400MW에서 2008년 120,798MW로 약 7배 규모로 증가하였고, 최근 3년간 매년 신규 설치용량이 2008년 27,051MW, 2010년 38,865MW로 급격히 증가하는 추세에 있다. 해상풍력은 2008년 한 해에만 350MW가 신규 설치되었고, 2008년까지 누적용량 1,473MW가 운영 중이며, 99%이상이 유럽에 설치되어 있으며, 유럽 풍력협회(EWWA, European Wind Energy Association)의 목표에 따르면 2020년까지 전 세계 전력소비량의 12%를 풍력에너지로 대체할 예정이며, 약 70GW까지 해상풍력발전을 늘릴 계획 진행 중이다. GWEC는 지금부터 3년 후인 2014년까지 총 누적 용량이 332GW에 달할 것으로 예측하고 있으며 2014년 한 해 56.3GW 신규 설치될 예정이다(2008년 규모의 2배).

세계 풍력시장은 보수적 상황 속에서도 지속적 고성장을 통해 2015년 233GW, 2020년 352GW에 달할 것으로 보이며, 2011년 풍력시장은 신규투자 확대 및 기저효과 영향으로 전년 대비 23% 증가한 44.8GW이나, 2012년 이후 성장세는 10%대로 둔화될 수도 있는 전망이며 2030년까지 최소 497GW에서 최대 2,375GW까지 전망하고 있다. 유럽연합(EU)은 안정적인 에너지 확보와 환경문제의 해결이 지속적인 성장을 위한 필수 요건이라 보고 신재생에너지의 보급을 EU차원에서 추진하고 있다. 또한, EU는 2001년 “재생가능 에너지원에서의 전기 생산 촉진”을 위한 지침서를 제정하였는데, 이 지침의 핵

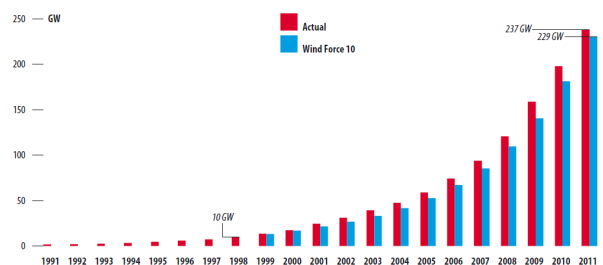


그림 1 풍력터빈 총 설치용량 (source : GWEC outlook 2012)

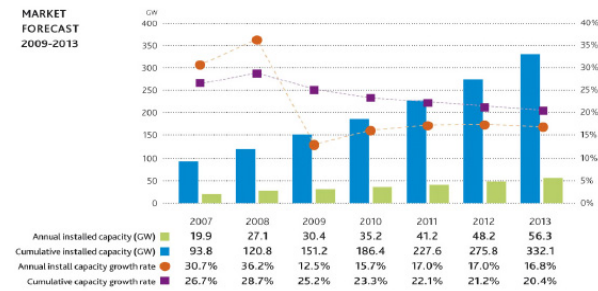


그림 2 풍력 시장규모 추이 단계예측  
(source : Global Wind 2008 Report, GWEC)

십은 2010년까지 국가별로 할당된 재생가능 에너지원으로부터의 전기생산 비율을 달성하는 것이다.

세계 풍력시장은 보수적 상황 속에서도 지속적 고성장을 통해 2015년 233GW, 2020년 352GW에 달할 것으로 보이며, 2011년 풍력시장은 신규투자 확대 및 기저효과 영향으로 전년 대비 23% 증가한 44.8GW이나, 2012년 이후 성장세는 10% 대로 둔화될 수도 있는 전망이다. 2030년 까지 최소 497GW에서 최대 2,375GW까지 전망하고 있으며, 유럽연합(EU)은 안정적인 에너지 확보와 환경문제의 해결이 지속적인 성장을 위한 필수 요건이라 보고 신재생에너지의 보급을 EU차원에서 추진하고 있다. 또한, EU는 2001년 “재생가능 에너지원에

서의 전기 생산 촉진”을 위한 지침서를 제정하였는데, 이 지침의 핵심은 2010년까지 국가별로 할당된 재생가능 에너지원으로부터의 전기 생산 비율을 달성하는 것이다. 표 2는 주요 국가의 풍력보급 목표를 보여주고 있다. 국내 신재생에너지 중 풍력 비중은 2006년 2.42%에서 2010년 2.56%로 증대, 신재생에너지 발전량 중 풍력 발전량 비중은 2010년 0.17%수준이며 우리나라의 풍력산업에 대한 투자액은 2009년의 4,381 억원에서 2011년에는 5,256억원에 이를 것으로 전망되고, 풍력산업의 수출액은 2009년의 762억원에서 2014년에는 2,132 억원으로 크게 증가할 것으로 전망하고 있다. 국내 풍력발전 설치용량은 2,857MW로 예상되며 시장규모는 848억원에 이를 것으로 전망된다.

#### 4. 국내외 기술동향

1980년대 초부터 풍력발전의 제작기술이 급속히 발전하여 독일의 Germanischer Lloyd, 덴마크의 DNV 및 RISO 등에서 설계인증검증, 성능평가기준을 제시하고 있으며, IEA에서는 풍력발전에 관한 국제규정을 마련하고 있는 단계에 있다. 해상풍력발전기는 효율증대 및 인프라 시설비용 절감을 위해 빠른 속도로 대형화되고 있으며 유럽을 중심으로 해상풍력발

표 2 주요 국가의 풍력보급 목표

국가	주요내용
유럽연합	- 2001~2010년 풍력 40GW 보급되었으며 EU 2020 달성을 위해 15%의 에너지를 풍력으로 공급해야 하며 33GW의 추가 설치가 요구됨 (현재 - 4.5%) - 2020년까지 전체 에너지 중 신재생에너지 20% 보급 ※ 풍력 2.4%, 수소 2.1%, 태양광 0.2%, 바이오매스 13%, 지열 0.8%, 태양열 24% - 2020년까지 1990년 대비 20% 온실가스 감축, 재생에너지 비중을 20%(2007년 7%)로 확대(2009.4).
중국	- 2020년까지 수소 300GW, 바이오매스 30GW, 풍력 30GW(누적 200GW), 태양열 1.8GW, 에탄올 매년 1천만 톤, 바이오디젤 2백만 톤 보급 - 2020년까지 신재생에너지 비중 15%(2007년 8%)목표 - 누적설치 총량은 62,412MW로 세계 2위 시장인 미국에 비해 30% 이상 높은 수치 임
미국	- 2010년까지 300만kW 태양광 보급 - 2022년까지 매년 360만 갤런의 바이오 연료 생산 - 2025년 전력의 25%(2009년 10.4%)를 신재생에너지로 공급 (2009.4) - 2030년까지 전력의 20%를 풍력으로 공급 - 누적설치 총량은 47,084MW 설치로써 17%증가함
영국	- 재생에너지를 2020년까지 15%(최종 에너지 대비) - 2020년까지 해상풍력 32GW 보급 - 누적설치 총량은 7,155MW 설치, 영국은 세계최대의 해상풍력시장임
독일	- 재생에너지를 2020년까지 18%(최종 에너지 대비) - 재생에너지 이용 전력 비율을 총 전력 대비 38.6%(2020년까지) (육상 풍력 45GW, 해상풍력 10GW 예상) - 누적설치 총량은 29,248MW로써 세계 3위시장을 기록함 - 2011년 기준으로 독일 전력수요의 10.6%를 풍력발전으로부터 공급
일본	- 2020년까지 14GW, 2030년까지 53GW규모의 태양광에너지 수용 능력 확보 - 2020년까지 신재생에너지로 20%의 전력수요를 공급할 것을 선언함 - 2020년까지 온실가스 총 배출량을 1990년 대비 25% 삭감 - 후쿠시마 원전사태 이후 새로운 풍력활성화 정책수립 계획에도 불구하고 '11년 설치율은 저조함(166MW)

전기를 기반으로 한 대형화 추세이다. 제작사별로 3MW급 (Vestas, Enercon, GE Wind 등)이 기술개발 완료되어 생산, 5MW급도 실증운전 진행 중이며, 10MW급 이상도 개념설계 단계에 있고 독일은 풍력발전 선두국가로 7MW를 개발 시험 중에 있으며 '06년 세계 설치용량의 28%(약 20,652MW, 1.8 만기, 독일전력수요 5%)를 보급 중이며, 미국에 이어 세계 2위의 설비시장을 점유(14.9%)하여 세계시장을 리드하고 있다. 또한, 독일 등 7개 국가에서 해상풍력 용량의 증가율이 20% 이상을 기록하였으며, 2006년 912MW급, 2007년 1,122MW의 해상풍력발전단지가 조성되었고 유럽은 4세대 터빈 상용화에 성공하여 시장에 진출하였고, 아시아는 10여개 제조사들이 5~7MW급 개발 중이다(한, 중, 일). 일본의 경우에는 풍황조건이 좋은 해역의 경우 대부분 대수심(50m 이상)의 부유식에 적합한 조건으로 현재 후쿠시마 인근에 실증단지 건설 중이다. 국내의 경우 '88년부터 2007년까지 98과제에 1,015억 원을 투자하였으며 그 중 701억 원을 정부에서 지원하고 '90년대 초에 대학과 연구원 중심으로 기초연구 및 소형 풍력시스템 연구 시작하여 '90년대 중반부터 본격적 기술개발 수행하고 있다. 1단계('88~'91) 사업으로 전국 64개 기상청 산하 기상관측소, 일부 지역의 도서 및 내륙 일부 지역에서 관측된 풍속과 풍향자료를 이용한 풍력자원 특성분석 이루어졌고 '93년부터 한국에너지기술연구소가 제주 원령에 풍력, 태양광 및 태양열 시설을 포함한 신재생에너지 시범단지를 조성, 100kW 풍력발전기 1기와 30kW 풍력발전기 2기를 설치, 계통선에 연계 실증운전 중이다. 1단계 사업기간에 한국과학기술원이 20kW 소형 수평축 풍력발전기를 국산화하려는 연구개발을 시도하였고, 2단계('92~'96) 사업기간에는 복합재료 분야의 전문업체인 한국 화이바가 한국형 중형급 수직축 300kW 풍력발전기 개발한 실적이 있고 한국 화이바에서 중대형급(750kW급) Gearless Type(Direct Drive Generation) 수평축 풍력발전기(블레이드) 개발완료(2001년)하였으며 현재 3대 중점기술개발과제로 (주)유니슨(Gearless Type)에서 750kW급 풍력발전기 기술개발 및 실증 연구를 통해 상용화 완료하였으며, (주)효성(Geared Type)은 '08년 완료하여 상용화되었다. 2MW급 중대형 풍력발전 시스템 개발 및 실증 연구 수행 중(2004년~)이며 해상풍력 실증연구단지 조성연구 수행 중이다. 3MW급 해상용 풍력발전시스템 개발(두산중공업, 2006.8 ~ 2009.7)완료되었고 국내 풍력발전시스템 기술개발은 '대체에너지개발 촉진법'에 따라 체계적으로 진행 중이다. 국내에는 '10년 기준으로 10여개 시스템 제작사를 포함하여 총 50여 곳의 풍력터빈 관련 업체가 존재하고 있고 국내의 글로벌 기업을 중심으로 풍력발전기 개발을 위한 집중적 투자 활성화 및 상용화 단계진입하고자 한다. 중견기업 중심의 정부 프로

젝트 수행을 통한 개발체제로부터 탈피, 자체 투자를 통한 고유모델 개발 활성화 되었고 지식경제부 해상풍력추진단과 한국전력주도로 2019년까지 호남지역 서해안에 2.5GW 규모의 해상풍력발전단지 개발 프로젝트가 진행 중이다. 풍력발전은 풍황에 의해 경제성이 결정되므로 풍황이 가장 중요한 선정 기준이 되며, 부유식 해상풍력의 경우 기기설치에 용이한 수심 및 항구이격거리 등이 경제성 확보 및 유지관리 측면에서 추가적인 핵심 요소로 작용하고 있다.

## 5. 경쟁국 전략분석

풍력터빈 공급과다 문제를 해결하기 위한 수익성 확보 노력이 이루어지고 있다. 유럽 업체들의 일부는 생산비 문제로 아시아지역으로 생산거점을 이전. 중국시장 성장 및 저렴한 제조단가로 중국을 포함한 아시아 지역으로 생산시설 이전이 확대되고 있으며 터빈가격 약세에 따라 고정비용을 줄이기 위한 인원감축 및 수직계열화가 확대되고 있으며, 이머징 마켓으로 신규시장을 개척하여 수익성을 확보하기 위한 노력이 지속되고 있다. 제품의 신뢰성 하락은 손실로 이어지므로 업체 간 품질관리 노력이 강화되고 있다. 충분한 신뢰성을 확보하지 못한 일부 중국 터빈업체들의 경우 품질상의 문제로 영업이익이 크게 감소하고 있고, 주목할 만한 것은 중국 풍력터빈 업체들의 해외진출 노력이 가시화되고 있는데, 중국 내 자국산 풍력발전기 의무 설치 정책의 철폐로 자국 내 시장점유율 하락 전망이다. 낮은 가격을 기반으로 한 중국 풍력발전설비 업체들은 유럽시장 진입을 위해 15년 유지보수 및 성능보증을 포함하여 0.6m EUR/MW의 낮은 가격을 제시하며 유럽시장 진출을 추진 중이다. 중국 업체들의 미국, 캐나다, 칠레 등 미주 시장으로의 터빈수출은 가시화되고 있다. 해상풍력산업의 신성장 동력화에 따라 연간 30%에 가까운 지속적인 고성장이 예상되는 해상풍력 시장의 주도권 확보를 위해 풍력 선진업체가 경쟁이 더욱 치열해 질 전망이다. 해상풍력 시장의 첫 번째 성장 동력으로 해상풍력 상용화를 위한 정부지원이 확대되고 있다. 해상풍력시장을 주도하고 있는 영국의 경우 2020년 영국 총 발전량의 25%를 해상풍력발전을 통해 공급할 계획을 갖고 있으며, 적극적인 정부지원이 성장 Drive로 작용하고 있다. 해상풍력발전 리스크 경감 노력에 따라 해상풍력 설치비용에서의 가격경쟁력 강화를 위해 해상 설치선박 공급 증가를 통한 경제성 확보노력이 가시화되고 있으며, 비용비중이 높은 전력선 인프라 및 유지보수기술 가격 저감화를 위한 연구개발 노력이 추진되고 있다. Siemens(독), Vestas(덴) 등 해상풍력 선진업체를 중심으로 풍력발전기제작, 운송, 설치, 유지보수 등 해상풍력발전 전 영역에 대한 Total solution

service 제공을 통한 가격경쟁력 강화노력 중이며 해상풍력 단지 개발업체가 대규모 투자나 사업 리스크 부담을 경감할 수 있도록 파이낸싱, 단지설계, 설치시공 등 서비스를 통합해서 제공할 수 있는 사업모델을 갖춘 제조업체가 시장을 주도할 전망이다.

### 6. SWOT분석 및 향후 전망

표 3은 풍력산업의 강점, 약점, 기회요인, 위협요인을 식별하고 이를 통해 향후 전략적으로 집중해야 하는 기술, 지원책, 요건 등을 분석하였다.

향후 전망으로써 크게 3개의 대주제로 분류할 수 있다. 우선 중소중견기업이 상생할 수 있는 부분과 미래형 원천기술 확보를 위한 아이템 발굴, 마지막으로 초대형 터빈 개발 등으

로 나눌 수 있다. 설계원천기술 확보율은 매우 낮은 것으로 평가되나, 단조 및 타워의 경우 세계시장 점유율이 높아 주요 부품을 전략적으로 중견중소기업 상생을 위한 전략적 지원이 필요하다고 판단된다. 미래형 원천기술로는 부유식 풍력발전기에 대한 시장이 형성되지 못하고 초기단계에 있으나 해외에서는 급속히 성장하고 있는 기술이므로 조선해양기술을 접목하여 시급히 시장에 대응할 필요성이 있으며 원천기술 확보가 필요할 것으로 전망된다. 또한, 부유식 해상풍력 기초의 경우 수심이 깊어질수록 고정식 해상풍력 하부지구조물과 비교하여 매우 높은 경제성을 확보할 수 있으며, 천이구간인 40~50m 사이에서의 실해역 실증을 통하여 최소한의 경제성을 확보함으로써 향후 대수심에 적용 시 보다 경제성을 크게 높일 수 있는 기반을 마련할 수 있어 이와 관련한 설치/시공비를 절감할 수 있는 기술을 개발하는 것이 필요하다고 판단된다. 그리고 향후 시장을 지배할 가능성이 높은 10MW급 이상의 5세대 풍력발전기 개발을 우선해야 할 필요성이 있을 것으로 전망된다.

표 3 SWOT분석

	강점(S)	약점(W)
기회요인 (O)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선진국과의 국제 공동연구를 적극 활용한 국내 풍력 핵심 원천기술 고도화 (핵심부품 등)</li> <li>· 신재생에너지(풍력) 산업육성을 위한 정부 지원정책 강화 (RPS, 세금혜택 등)</li> <li>· 해상풍력 해외시장 진출 기반 구축을 위한 Track Record 조기확보 지원</li> <li>· 차세대 풍력기술(부유식 해상풍력, 초전도 발전기 등)에 대한 선제적 R&amp;D 및 산업화 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 대형 풍력발전기의 가격 경쟁력 확보 및 국제경쟁력 제고를 위한 핵심부품 Supply Chain 구축 지원</li> <li>· 국내 인증기관의 국제 상호인증 체계 구축</li> <li>· 국내 풍력산업 육성을 위한 관계부처 협력체계 구축 및 인허가 절차 합리화</li> <li>· 해상풍력 건설기술 및 운용경협 조기확보를 위한 국내업체의 해외 단지개발 프로젝트 참여</li> </ul>
위협요인 (T)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 차세대 풍력발전기 (부유식 해상풍력, 초전도 발전기 등) 기술개발에 관한 기술적/지정학적 진출기반 마련</li> <li>· 국내 해상풍력 지지구조물 제작 및 건설업체의 유럽시장 프로젝트 참여에 따른 풍력발전기와는 별도의 사업모델 구축</li> <li>· 유럽 및 주변 아시아국가로부터의 국내 풍력시장 보호를 위한 제도적/기술적 방어전략 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 핵심 및 원천기술의 기술자립도 확보를 위한 선진 기술그룹과의 기술교류 확대 방안 마련</li> <li>· 국제 기술표준화에 대한 주도적 참여로 향후 해외시장 주도를 위한 기반 마련</li> <li>· 국제적 수준의 인증기관 육성을 위한 구체적인 방안 마련</li> </ul>

### 참 고 문 헌

1. 그린에너지 전략로드맵, 2011
2. 산업기술로드맵 - 신재생에너지 전기(한국산업기술진흥원), 2012
3. 발전전략보고서 - 풍력(한국산업기술진흥원), 2011
4. 에너지 국제공동연구 7대분야 전략보고서(한국에너지기술평가원), 2012
5. 2014년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안), 2013
6. 신재생에너지산업 발전전략(제9차 녹색성장위원회 보고자료), 2010
7. 제6차 전력수급기본계획, 2013
8. 박근혜 정부 국정과제, 2013
9. The Economics of Wind Energy(EWEA), 2009
10. 신재생에너지 산업기반 강화계획(제5차 녹색성장위원회), 2009
11. Global Wind Statistics(GWEC), 2013
12. World Market Update(BTMconsult), 2012 

[담당 : 노명일 편집위원]