



- 풍력 에너지 현황 분석 -

한미과학협력센터

- 목 차 -

1. 미국의 풍력에너지 활용 역사

2. 미국의 풍력에너지 현황 및 특징

가. 미국 내 풍력시장현황 및 전망

- 1) 설비 설치 현황
- 2) 산업부문동향
- 3) 가격·운영 및 유지비용·성과
- 4) 향후 풍력에너지 시장전망

나. 연방 주요 기구

- 1) 에너지부 EERE
- 2) NREL (National Renewable Energy Laboratory)
- 3) 기타 풍력에너지 관련 국가연구소

다. 풍력에너지 관련 주요 법령 및 정책

- 1) 풍력에너지 관련 주요 법령 및 정책 개관 (경기부양법 이전)
- 2) EERE 풍력프로그램 관련 계획

라. EERE 풍력에너지 프로그램

- 1) 프로그램 주요 분야
- 2) 풍력프로그램 예산
- 3) 풍력프로그램 주요성과

3. 미국의 최근 풍력에너지 관련 주요 정책동향

가. 경기부양법(ARRA)의 태양에너지 관련 내용

4. 한국과의 풍력에너지 협력 현황 및 발전방안

1. 풍력에너지 활용 역사

인류가 풍력에너지를 최초로 사용한 것은 기원전 5천년 나일강 인근 주민들이 사용하던 보트의 프로펠러이다. 이후 중국과 중동지역, 페르시아 등지에서는 기원전 2백년 경 풍력을 이용한 풍차가 등장, 물을 끌어올리거나 곡식을 빻는 일을 하는데 사용되었으며, 이후 인류의 풍력 에너지 사용은 지속적으로 확대, 11세기 경 중동지방의 주민들은 풍차를 식량 생산과 관련한 다양한 분야에 사용하였다. 한편, 중동지역의 이러한 광범위한 풍차 사용을 본 유럽의 무역상들은 돌아오는 길에 이를 유럽 각국에 전파하였으며, 이에 따라 네덜란드에서는 보다 개량된 형태의 풍차가 라인강 하구 주변에 건설, 주로 배수를 위한 용도로 널리 활용되었다.

중동지역에서 유래하여 유럽에 전파된 풍차 및 풍력에너지 관련 기술은 19세기 후반에는 북미 대륙으로 전파, 농장 및 목초지를 위한 관개시설 혹은 가정 및 산업용 전력 발전을 위해 사용되기 시작하였다. 그러나 산업혁명 이후 유럽과 미국 내 풍차의 사용은 증기엔진의 등장으로 인해 점차 감소하기 시작한 대신, 일부 대규모 풍차 시설에 대해서는 이를 통한 전력 생산 노력이 가속화되기 시작하였다. 일반적으로 풍력 터빈(wind turbine)이라고 불리는 이러한 시설들은 1890년 경 덴마크에서 최초로 등장하기 시작하였으며, 미국에서는 1940년대 당시 가장 큰 풍력 터빈이 버몬트주에서 운영되었다. 이 터빈은 당시 30mph의 풍속을 바탕으로 한 바람이 불 경우 1.25 메가와트의 전력을 생산, 실제로 2차 세계대전 당시 몇 달 동안 인근 지역에 생활용 전기를 공급하는 역할을 수행하였다.

한편, 풍력에너지에 관한 관심 및 인기는 역사적으로 석유 가격 변동과 비례하는 경향을 보여왔다. 일례로 2차 세계대전 직후 유가가 하락하였을 때 풍력 에너지에 대한 관심 및 연구개발 노력 또한 쇠락하는 경향을 보였으나, 반대로 1970년대 석유파동은 세계적으로 풍력 터빈에 대한 관심 급증이라는 결과를 야기하였다. 특히 1970년대 석유파동 이후 미국 연방 정부는 관련 산업부문과의 협력 하에 대규모 상업용 풍력 터빈의 개발 및 상용화를 목적으로 하는 다양한 풍력에너지 관련 R&D 프로그램을 수립, 본격적으로 지원하기 시작하였으며, 이러한 노력의 가장 선두에 섰던 연방 기관은 NASA였다. 오하이오 주 클리블랜드 소재의 NASA 루이스 연구센터(Lewis

Research Center)는 NASA의 연구센터들 중에서도 특히 성공적이었는데, 이 센터는 NSF와 에너지부(DOE) 등의 지원을 받아 13개의 풍력 터빈의 개발과 운용 및 관련 기술에 관한 프로젝트들을 진행하였으며, 이 프로젝트들을 통해 개발된 풍력 터빈 및 관련 기술들(steel tube towers, variable-speed generators, composite blade materials, partial-span pitch control 등)은 현재까지도 활용되고 있다. 한편 1980년대에는 캘리포니아 주정부에서 최초로 풍력에너지에 대한 세제혜택 (tax rebate)을 제공, 생활전력(utility electricity) 부문 풍력에너지 활용을 지원하기도 하였다.

1970년대 이후 풍력에너지에 대한 관심이 주로 석유 가격의 급변에 기인한 것이었다면, 2000년대 이후의 풍력에너지에 대한 관심은 주로 에너지 보안이나 지구 온난화, 화석연료의 고갈 등의 이슈에 관한 우려에서 촉발되었다. 이러한 이슈들에 대한 우려와 관심은 다양한 형태의 재생가능 에너지원 개발 및 활용 노력으로 이어졌으며, 특히 풍력에너지의 경우 해당 산업분야의 급속한 팽창으로 나타났다. 2000년 이후 미국 내 풍력에너지 산업부문의 경우 매년 평균 30퍼센트의 높은 성장률을 기록하고 있으며, 이는 주로 미국 내에서 풍력에너지의 잠재력이 매우 높고 관련 기술의 지속적 향상으로 말미암은 비용 절감에 기인한 것이다.

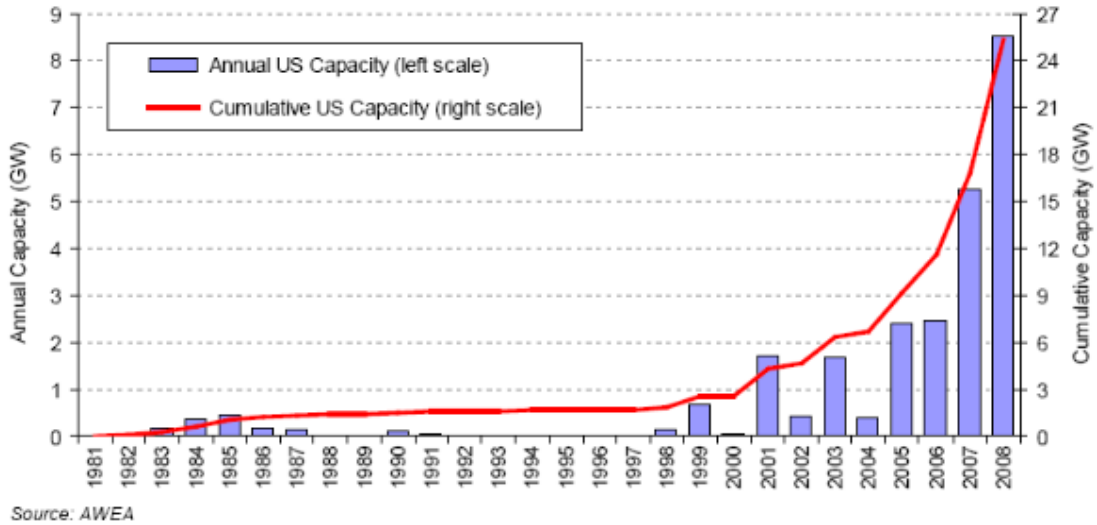
2. 미국의 풍력에너지 현황 및 특징

가. 미국 내 풍력시장현황 및 전망

1) 설비 설치 현황

2008년 미국의 풍력에너지 시장은 총 8,558 메가와트(MW) 용량의 신규 설비가 추가, 전체 누적용량 25,369MW를 기록하였다 (<그림 1>). 이러한 신규 설비 투자를 금액으로 환산하면 16.4십억불로, 1980년대 이후 시작된 풍력에너지 관련 누적 투자액은 2008년까지 45십억불을 기록하였다.

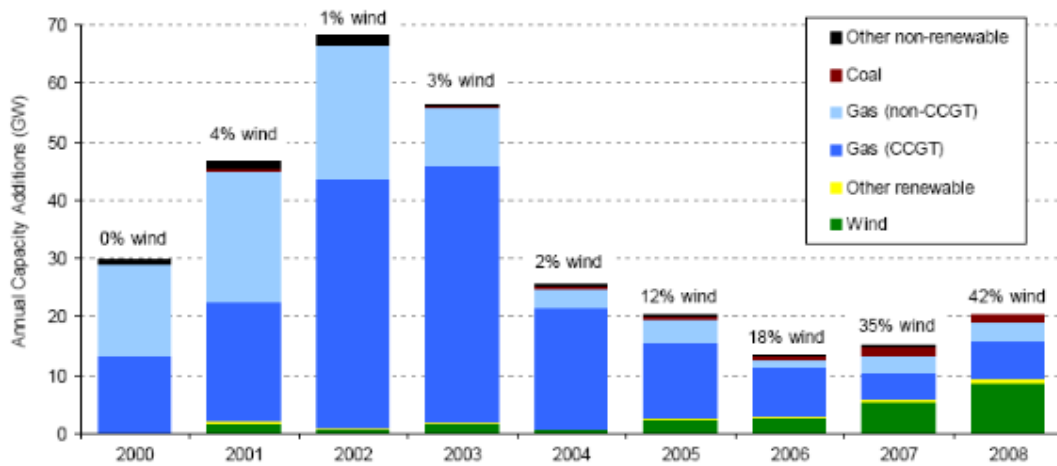
<그림 1> 미국 내 풍력에너지 설비 신규설치 및 누적용량 현황 (2008년)



이와 같은 2008년 미국 내 풍력에너지 관련 설비 증축 현황은 2007년 대비 60퍼센트 증가한 것으로, 역대 최고 증가율을 기록하였다. 이러한 2007년 대비 급격한 증가세는 주로 2008년 말 만료될 예정이었던 연방 정부의 관련 세제혜택(tax credit) 및 미국 내 몇몇 주에서 시행 중인 RPS (renewables portfolio standards) 등의 정책에 힘입은 것일 뿐 아니라 글로벌 기후 변화 및 미래 에너지 비용에 대한 불안 등이 복합적으로 작용한 것으로 보인다.

한편, 2008년 동안 미국 내 증설된 전력생산설비용량 중 풍력이 차지하는 비중 또한 42퍼센트로 9,700MW의 신규 천연가스 관련 설비에 이어 2위를 차지하였다. new coal은 1,400MW로 3위를 차지하였다 (<그림 2>).

<그림 2> 에너지원별 연간 설비 증축 현황 (2000-2008)



Source: EIA, Ventyx, AWEA, IREC, Berkeley Lab

이와 같은 최근의 급격한 풍력에너지 설비 증축 추세에 힘입어 세계 풍력에너지 시장 내 미국의 입지 또한 강화되고 있다. 2008년 전 세계 풍력에너지 시장 내 신규 추가된 용량은 약 28,000MW로 연간 증가량으로는 사상 최대를 기록하였으며, 이로 인해 누적 용량은 122,000MW로 늘어났다. 신규 설비 증축 현황과 관련, 미국은 4년째 1위 자리를 고수하였으며, 세계 풍력에너지 시장 내 점유율 또한 2006년의 16퍼센트에서 2007년 27퍼센트, 2008년 약 30퍼센트로 지속적인 증가세를 보였다 (<표 1>). 미국의 뒤를 이어 중국, 인도, 스페인, 독일 등의 점유율 또한 높게 나타났다.

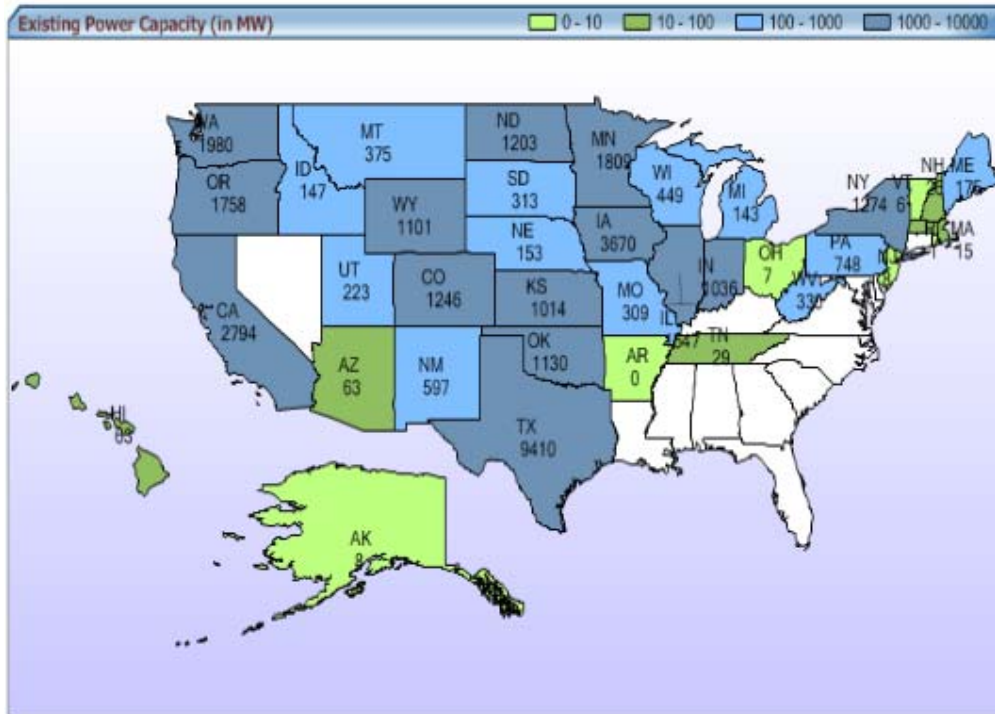
<표 1> 국가별 세계 풍력에너지 부문 순위 (2008년 말 현재, 연간 및 누적)

Annual Capacity (2008, MW)		Cumulative Capacity (end of 2008, MW)	
U.S.	8,558	U.S.	25,369
China	6,246	Germany	23,933
India	1,810	Spain	16,453
Spain	1,739	China	12,121
Germany	1,665	India	9,655
France	1,200	Italy	3,731
Italy	1,010	France	3,671
U.K.	869	U.K.	3,263
Portugal	679	Denmark	3,159
Australia	615	Portugal	2,829
<i>Rest of World</i>	3,999	<i>Rest of World</i>	18,106
TOTAL	28,390	TOTAL	122,290

Source: BTM Consult; AWEA for U.S. capacity

한편, 미국 내 주별로는 텍사스가 압도적인 우위를 보이는 가운데 다른 주들의 풍력에너지에 대한 관심 또한 점차 증가하고 있는 추세이다. 2008년 대규모 풍력 터빈을 신규 설치한 주는 약 27개 주에 달하였으며, 2008년 동안 텍사스 한 곳에서 새로 늘어난 전력발전용량은 2,671MW를 기록, 2007년 1,708MW에 비해 높은 증가세를 보였다. 텍사스 이외에는 아이오와, 미네소타, 캔사스, 뉴욕, 와이오밍, 노스다코타 등의 주에서 풍력에너지 기반 발전용량 증가가 높게 나타났으며, 총 11개 주에서 2008년 동안 200MW 이상의 설비 증축이 있었다. 한편, 각 주 내에서 풍력에너지 기반 발전의 비중이 높은 곳은 아이오와와 미네소타로, 2008년 총 발전량 중 풍력энер지를 기반으로 하는 경우의 비중이 각각 13.3퍼센트와 10.4퍼센트를 기록하였다. 미네소타와 아이오와 주 외에도 총 6개 주 (사우스다코타, 노스다코타, 캔사스, 콜로라도, 오레곤, 텍사스) 내 총 전력 발전량 중 풍력에너지 기반 발전 비중이 5퍼센트를 넘는 것으로 나타났다 (<그림 3>).

<그림 3> 미국 내 각 주별 풍력에너지 발전현황 지도 (2009년 12월 현재)

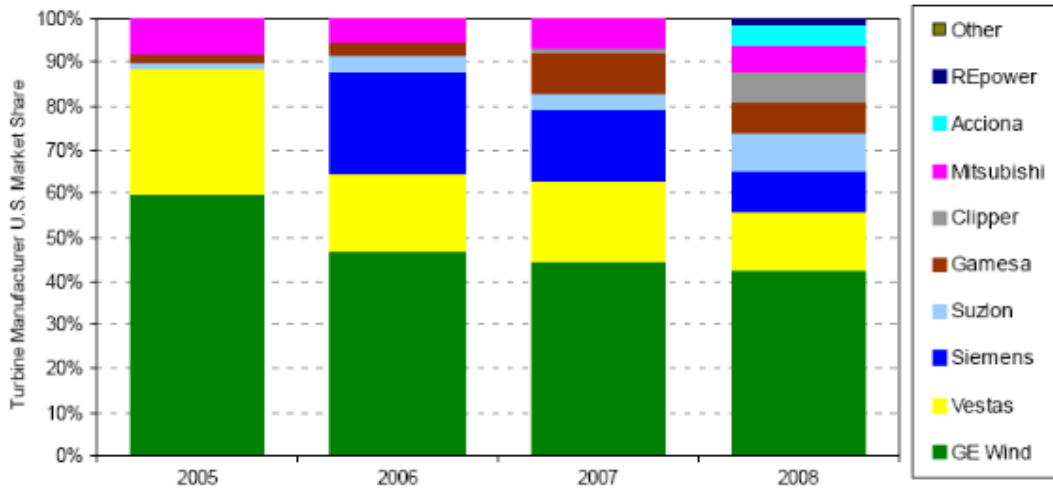


* 출처: 미 풍력에너지협회(AWEA)

2) 산업부문동향

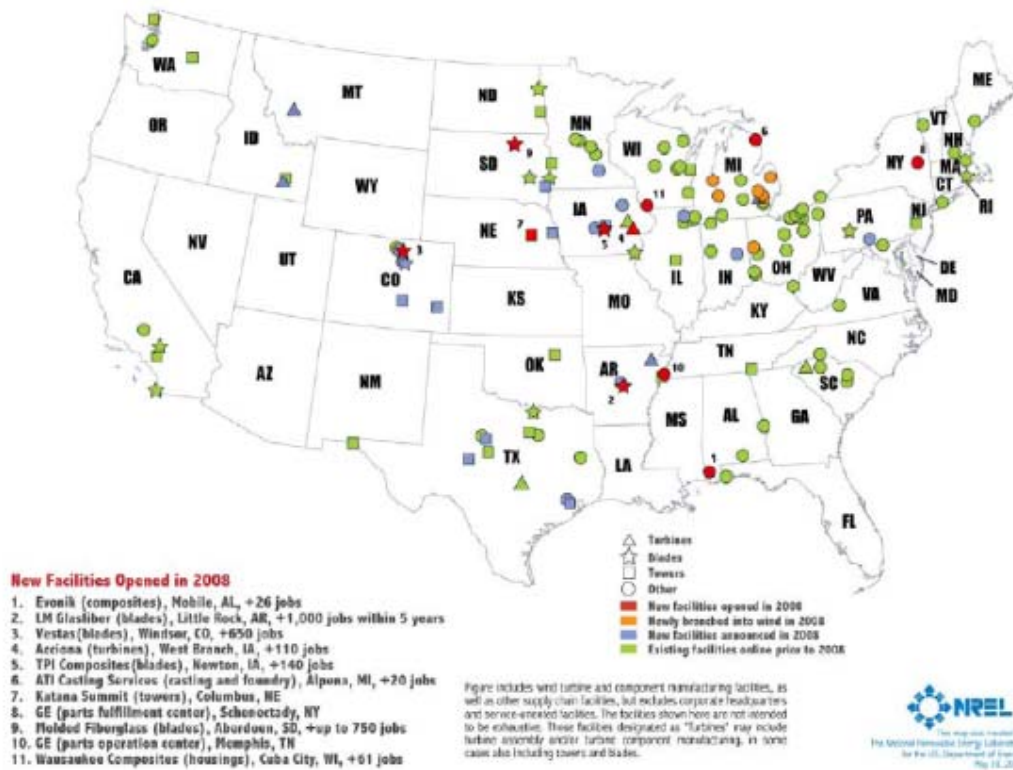
먼저 풍력터빈 제조기업부문 현황과 관련, 미국 내 풍력에너지 시장내 GE Wind의 점유율이 가장 높은 것으로 나타났다. GE Wind의 점유율은 2006년 47퍼센트에서 2007년 45퍼센트, 2008년 43퍼센트로 다소 낮아지는 추세이다. GE Wind의 뒤를 이어 Vestas (13퍼센트), Siemens (9퍼센트), Suzlon (9퍼센트), Gamesa (7퍼센트), Clipper (7퍼센트) 등의 기업들의 미국 풍력시장 점유율이 높게 나타났다 (<그림 4>). 한편 풍력터빈 설치 증가 추세와 맞물려 2007년과 2008년 동안 모든 풍력터빈 제조사들이 급격한 매출 신장을 기록한 가운데 Siemens사(社)만이 유일한 매출 감소를 기록하였다.

<그림 4> 미국 내 풍력터빈 제조기업별 연간 시장 점유율 (2005-2008)



Source: AWEA project database

<그림 5> 미국 내 풍력에너지 설비 입지 및 증설예정 현황 (2008년)



출처: EERE (2009b)

미국 내 풍력에너지 시장에서 풍력터빈의 평균 크기 및 신규 설치된 풍력터빈의 수 모두 지속적인 증가세를 보였다. 풍력터빈의 규모와 관련, 2008년 미국 내에 설치된 풍력터빈의 발전용량은 평균 1.67MW를 기록, 2007년의 1.65MW 및 2006년의 1.60MW에 비해 다소 증가추세를 보였다. 이는 최근 설치되고 있는 풍력터빈의 용량이 증가하고 있는 것과 무관하지 않다. 실제로 2008년 기간 동안 미국 내에 새로 설치된 모든 풍력터빈 중 19.9퍼센트가 발전용량이 2.0MW를 초과하는 것으로 나타났으며, 이와 같은 점유율은 2007년의 16.5퍼센트나 2006년의 16.2퍼센트에 비해 다소 높아진 것이다 (<표 2>).

<표 2> 크기별로 본 풍력터빈 설치 현황 (1998-2008)

Years:	1998-99	2000-01	2002-03	2004-05	2006	2007	2008	
# MW:	1,018	1,758	2,125	2,776	2,454	5,249	8,558	
# turbines:	1,425	1,987	1,757	1,960	1,536	3,190	5,132	
Turbine Size Range (MW)	0.00-0.5	1.3%	0.4%	0.5%	1.8%	0.7%	0.0%	0.5%
	0.51-1.0	98.5%	73.9%	43.4%	18.5%	10.7%	11.2%	10.1%
	1.01-1.5	0.0%	25.4%	43.5%	56.0%	54.0%	49.2%	53.4%
	1.51-2.0	0.3%	0.4%	12.5%	23.6%	18.4%	23.1%	16.1%
	2.01-2.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	16.2%	15.2%	17.5%
	2.51-3.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	1.3%	2.4%

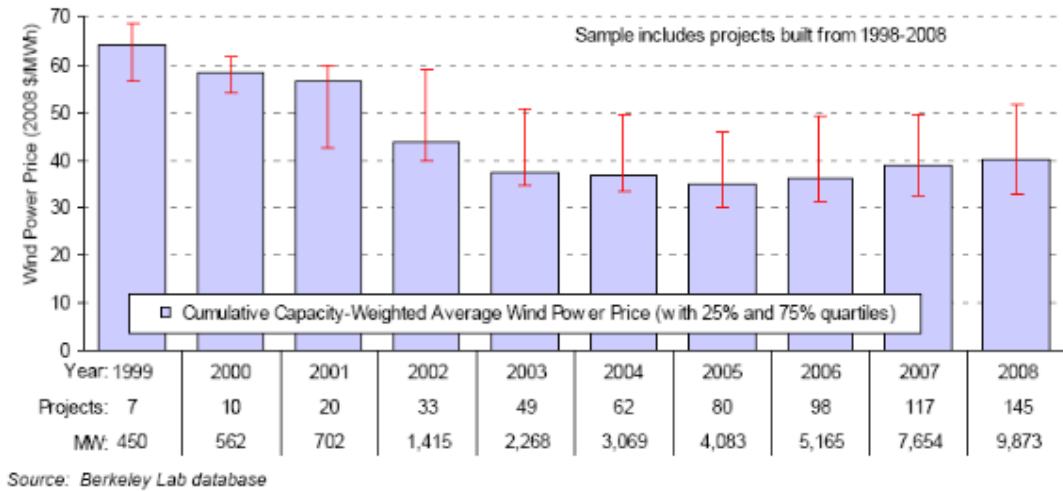
Source: AWEA project database

한편, 풍력프로젝트의 평균 규모와 관련, 2008년에는 2007년의 프로젝트 평균 규모인 120MW에 다소 못미치는 83MW를 기록, 프로젝트당 평균 규모가 다소 줄어든 것으로 나타났다. 이는 최근 미국 시장이 겪고 있는 경기 침체에 기인한 것으로 보인다.

3) 가격·운영 및 유지비용·성과

먼저 풍력에너지 평균가격과 관련, 1998년부터 현재까지 총 145개 풍력에너지프로젝트 기반 전력 판매 가격을 데이터베이스화 하여 보유·분석하고 있는 Berkeley Lab의 자료에 따르면 해당 기간 동안 미국 내 풍력에너지 기반 전력가격은 최근 비록 다소 약한 상승세를 보이고 있기는 하나 대체로 안정적인 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다 (<그림 6>).

<그림 6> 풍력기반 전력 가격 추이 (1999-2008)



한편, 풍력 프로젝트별 성과 측면과 관련, Berkeley Lab가 1983년부터 2007년 사이 건설된 183개 프로젝트에 대한 설비이용률(CF: capacity-factor)을 조사한 결과 14,155 MW로 상당히 높은 것으로 나타났으며, 특히 이와 같은 설비이용률은 주로 2000년대 이후의 풍력 프로젝트들에 힘입은 것으로 분석되었다. 풍력 프로젝트의 운영 및 유지비용 또한 최근까지 지속적으로 감소, 1980년대 건설된 프로젝트들에 대한 평균 유지 및 관리 비용이 \$32/MWh 나타난 반면, 1990년대에는 \$22/MWh, 2000년대에는 \$8/MWh로 특히 2000년 이후 크게 감소하였다. 전반적으로 운영 및 유지비용은 풍력터빈의 건설시기 및 용량에 의해 결정적으로 좌우되는 것으로 나타났다.

4) 향후 풍력에너지 시장 전망

향후 미국 내 풍력에너지 시장 전망과 관련, 비록 2008년 이루어진 대규모 설비 확충에도 불구하고, 최근의 경기 불황이 풍력에너지 산업부문에 영향을 미칠 것으로 예상되었다. 이와 관련, 2008년 말 현재 풍력에너지 관련 신규 프로젝트 및 신규 풍력터빈 주문량은 점차 감소하고 있으며, 비록 경기부양법(ARRA 2009)이나 긴급경제안정화법(EESA 2008) 등이 최근의 풍력에너지 프로젝트 관련 자금조달의 어려움을 해소하기 위한 다양한 제도 및 정책을 시행하고 있음에도 불구하고 2009년 및 2010년에 대한 시장 전망은 그리 밝지 못한

편이다. 이와 관련, 아래의 <표 3>은 풍력에너지 관련 미국 내 각종 기관의 향후 시장전망에 관한 내용을 요약하여 제시하고 있다. 먼저 미풍력에너지협회(AWEA: American Wind Energy Association)에 따르면 2009년 신규 증설될 미국 내 풍력설비는 5천MW 이상으로 예상되었으며, BTM Consult의 경우 6천MW로 예측하였다. 이밖에도 EER (Emerging Energy Research)는 6,500MW, NEF (New Energy Finance)는 4,900-6,800 MW 등의 설비 증축이 2009년 동안 이루어질 것으로 예상하였다.

그러나 2010년 이후에는 2009년에 비해 경기부양법을 통한 예산 지원이 보다 본격적으로 이루어지면서 신규 프로젝트에 대한 자금 조달 어려움이 상당부분 해소, 2012년까지 급속도로 설비 증설이 이루어질 것으로 전망되었다.

<표 3> 기관별 향후 풍력에너지 시장 전망 (2009-2012)

Source	2009	2010	2011	2012	Cumulative Additions 2009-2012
EIA	4,400	10,400	11,900	13,700	40,400
BTM	6,000	8,500	10,000	13,000	37,500
EER	6,500	9,000	11,000	10,000	36,500
NEF	4,900 – 6,800	na	na	na	na
AWEA	> 5,000	na	na	na	na

Source: EIA (2009), BTM (2009), Hays (2009), NEF (2009), AWEA (2009a)

연방정부의 RPS 입법이나 기후변화 관련 제도 정비, 관련 정책의 수립 등 각종 정책적 지원, 풍력 터빈의 가격 하락 추세, 프로젝트별 운영 및 유지비용 감소 트렌드 등도 또한 향후 풍력에너지 시장 내 지속적인 설비 확충에 대한 전망을 밝게 하는 요소들이다. 그러나 한편으로는 현재의 재정 및 경제 위기가 향후 얼마동안 더 지속될 것인지에 대한 높은 불확실성, 경기부양법 등 정부의 각종 금전적·제도적 지원이 풍력에너지 산업이 현재 직면하고 있는 위기 상황 해소에 얼마나 영향을 미칠 것인지의 여부 등에 대한 보다 면밀한 예측이 필요하다.

나. 연방 주요 기구

1) 에너지부 EERE (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy)

(1) 개관

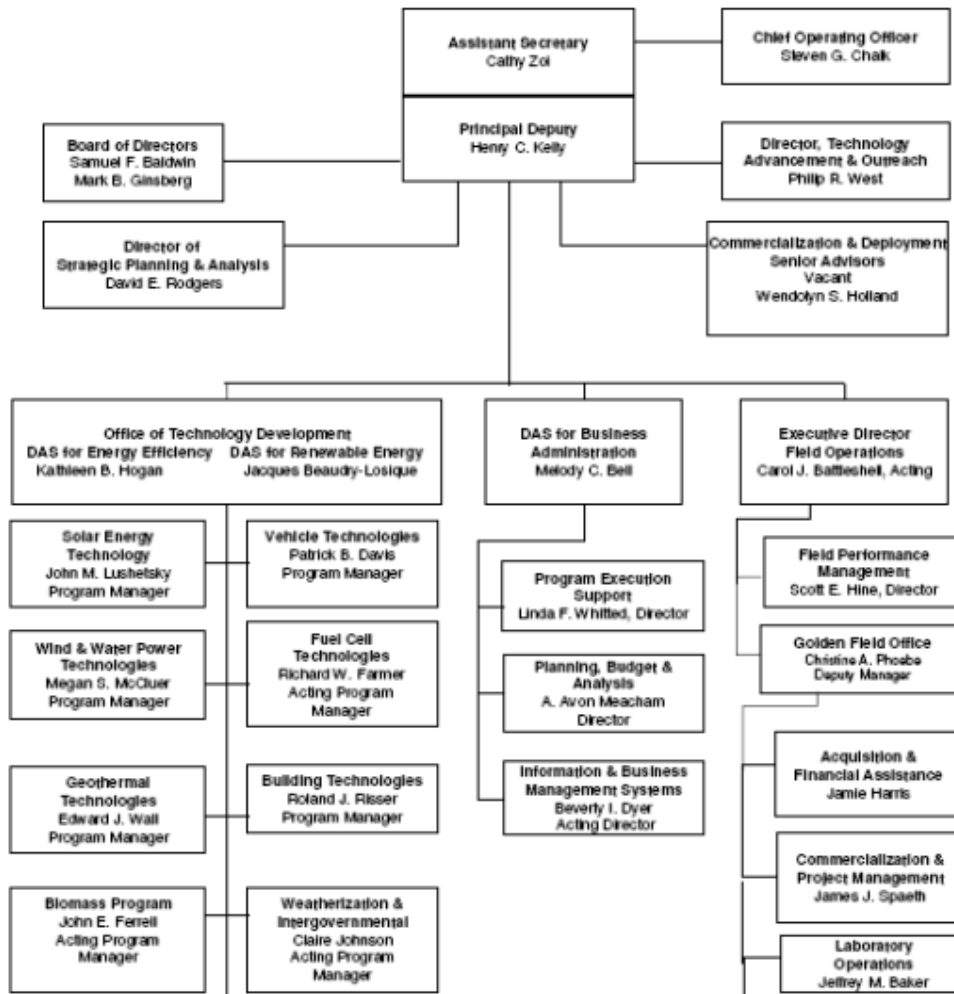
에너지부 내 에너지효율성및재생가능에너지국(EERE)는 미국의 에너지 안보, 환경보호, 공사파트너십의 경제적 활성화 등을 목적으로 하는 조직으로, i) 에너지효율성 및 생산성 제고, ii) 깨끗하고 믿을 수 있는 에너지의 저렴한 제공, iii) 삶의 질 향상 및 사용 가능한 에너지 선택폭의 확장을 통한 미 국민의 복지 증진 등과 관련한 다양한 활동을 통하여 위의 조직 미션 달성을 위해 노력하고 있다.

EERE는 다음과 같은 10개의 에너지 관련 프로그램을 중심으로 조직되어 있으며, 이중 풍력 에너지와 관련한 프로그램으로는 "Wind and Hydropower Technologies" 프로그램이 있다. 이밖에도 EERE는 같은 에너지부 산하의 Golden Field Office 및 에너지부 소속 국가연구소(National Laboratories)와 다양한 분야에서 긴밀한 협력관계를 유지하고 있다:

- Biomass Program
- Building Technologies Program
- Federal Energy Management Program
- Geothermal Technologies Program
- Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructure Technologies Program
- Industrial Technologies Program
- Solar Energy Technologies Program
- Vehicle Technologies Program
- Wind and Hydropower Technologies Program**
- Weatherization and Intergovernmental Program

(2) EERE 조직도

<그림 7> EERE 조직도 (2010년 1월 현재)



* 출처: EERE 웹사이트

(3) 풍력/수력프로그램

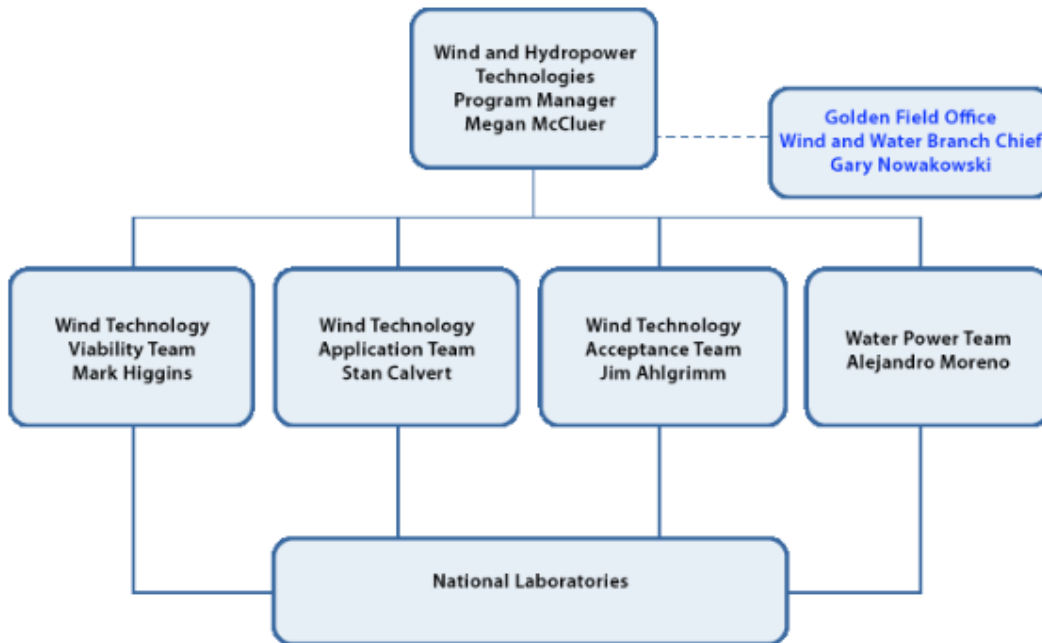
에너지부 EERE 내 기술개발국 (Office of Technology Development)에 소속되어 있는 풍력/수력프로그램은 국내 재생에너지 생산 및 소비 활성화와 관련, 안정적이고 친환경적이며 지속가능한 풍력 및 수력 에너지기술의 개발과 적용, 국가 에너지 자원의 책임 있는 관리를 목표로 하고 있으며, 이를 위하여 국가연구소 뿐 아니라 주/지방정부, 관련 연방 부처, 이해관계자 등 다양한 풍력 및 수력에너지 관련 기관 및 단체, 개인과 긴밀히 협력하고 있다. 이 프로그램은 또한 특히 풍력에너지와 관련, 다음과 같은 목표들의 실현을 위해 노력하고 있다:

- 풍력에너지 기술 확산: 미국 전력시장 내 풍력터빈 (1KW-1MW용량) 배치를 2007년 현재 2,400기에서 2015년까지 그 5배인 12,000기로 증강.
- 대규모 풍력기술시스템 확산을 통한 전력비용 절감: 2012년까지 풍력에너지(전력) 비용을 2002년의 5.5센트 (킬로와트 당, 시간당 15.7-16.8마일 풍속 기반)에서 3.6센트/kWh로 절감.
- 재생가능시스템간 상호연계 (Renewable Systems Interconnection): 2012년까지 풍력에너지가 국가 에너지 수요에 보다 적절히 부응할 수 있도록 하기 위한 각종 프로그램 관련 활동의 식별 및 전력시장 제도 정비
- 기술수용(Technology Acceptance): 2010년 말까지 최소 100MW의 풍력에너지 설비를 30개 주 내에 설치 완료하고 특히 15개 주에 대해서는 2018년까지 최소 1천 MW 이상의 설비 구축을 완료.

한편, 풍력에너지프로그램과 관련 에너지부 EERE에서는 전략기획의 수립과 검토 및 수정을 목적으로 하는 프로그램전략기획모임을 개최하고 있으며, 이러한 전략기획모임에는 산업계와 학계, 프로그램 동료평가위원회 등을 대표하는 전문가들이 참석, 예산지원프로세스 및 향후 전략방향, 향후 연구기획 수립 등에 대하여 논의한다. 풍력에너지와 관련, 2008년 2월 전략기획모임이 개최된 바 있으며, 이 자리를 통해 2030년까지 풍력에너지의 비중을 국가 전체 전력시장의 20퍼센트까지 높이는 방안에 대한 기술적·경제적 실현 가능성을 검토하는 보고서가 공개된 바 있다.

풍력/수력프로그램의 운영과 관련, 아래의 <그림 8>은 프로그램 운영구조를 도식화하고 있으며, 프로그램의 성공적이고 효율적인 운영을 위하여 Golden Field Office 및 아래에서 보다 자세히 언급될 NREL을 포함한 관련분야 국가연구소들(National Laboratories)과 긴밀히 협력하고 있음을 보여준다.

<그림 8> EERE 풍력/수력프로그램 조직도



* 출처: EERE 웹사이트

2) 국가재생가능에너지연구소 (NREL)

(1) 개관

1977년 태양에너지연구소(Solar Energy Research Institute)로 처음 시작된 NREL(National Renewable Energy Laboratory)은 현재 에너지부(DOE) 내 EERE(Energy Efficiency and Renewable Energy)의 주무 연구소(principal research laboratory)로서의 기능을 수행할 뿐 아니라 에너지부 과학국(Office of Science) 및 EDER (Office of Electricity Delivery and Energy Reliability)에 대한 연구 자문활동을 수행하고 있다. NREL의 실질적인 운영 책임은 Alliance for Sustainable Energy가 맡고 있으며 에너지부(DOE)가 최종 책임을 진다. 2009 회계연도의 기관 전체 예산은 521.1 백만달러를 기록하였다.

(2) 풍력에너지 부문: 국가풍력기술센터 (NWTC)

NREL 내 국가풍력기술센터(NWTC)는 풍력에너지 관련 기술의 개발 및 상업화와 관련, 산업계와의 긴밀한 협력을 바탕으로 관련 활동을 수행하고 있으며, 현재 진행 중인 R&D 프로젝트 중 일부분은 에너지부(DOE)의

풍력에너지기술프로그램의 지원으로 이루어지고 있다. 주요 활동으로는 산업 테스트 및 분석, 중간규모 풍력터빈개발 프로젝트, 소규모 풍력터빈 인증 (independent test) 프로젝트, 소프트웨어 툴 개발, 풍력시스템 통합, 풍력에너지 관련 분기별 전자뉴스레터(「Up to Wind Speed」) 발행 등이 있다.

3) 기타 풍력에너지 관련 국가연구소

(1) INL (Idaho National Laboratory)

INL 내 풍력에너지 프로그램은 주로 에너지부(DOE)가 미국 내 풍력 에너지의 활용 대폭 확대를 목적으로 추진하고 있는 프로그램인 「Wind Powering America (WPA)」 지원을 주로 하고 있으며, 이밖에 풍력에너지 관련 홍보(Outreach) 프로그램으로 재생가능에너지 관련 교사와 학생들을 위한 커리큘럼 개발이나 관련 프로젝트 수행 (「Energy for Educators」, 「Wind for Schools」, 「CAES Skystream Wind Turbine」) 노력을 들 수 있다. INL은 또한 인근지역인 아이다호와 유타, Vandenberg Air Force 기지 내의 풍력에너지 발전 현황에 대한 데이터를 제공하는 한편, 홈페이지를 통하여 풍력에너지 관련 데이터 분석 소프트웨어를 무료로 다운로드 받을 수 있도록 하고 있다.

다. 풍력에너지 관련 주요 법령 및 정책

1) 풍력에너지 관련 주요 법령 및 정책 개관 (경기부양법 이전)

미국 내 풍력에너지 산업부문의 역사적 발전과정을 살펴보면 다양한 정책적 지원에 힘입은 바가 크다는 것을 알 수 있다. 특히 1992년 에너지정책법(Energy Policy Act of 1992)에 의거하여 최초로 도입된 연방정부의 세제혜택(PTC: Production Tax Credit)은 이후 해당 법의 개정 및 관련 법(경제안정화법, 경기부양법 등)을 통해 지속적으로 유지되어 오면서 풍력산업 부문의 지속적이고도 급격한 확대에 가장 큰 영향을 미쳤다.

이밖에도 최근에는 2005년에 개정된 에너지정책법(Energy Policy Act of 2005)를 통해 신설된 CREB (Clean Renewable Energy Bond) 프로그램은 재생가능에너지프로젝트들이 무이자로 자금을 융자받을 수 있도록 하고

있으며, 이 프로그램은 2008년 2월에 발표된 미 국세청(IRS)의 조사 결과에 의하면 약 400백만불의 기금을 조성, 102개 풍력 프로젝트에 총 170백만불의 자금을 지원한 바 있다. 이밖에도 미 농무부(USDA) 또한 일부 재생가능에너지 및 에너지효율성 관련 프로젝트들을 대상으로 보조금 지급 및 정부보증대출프로그램을 운영하고 있다. 일례로 2008년 USDA는 44백만불 예산의 보조금 및 정부대출보증프로그램 계획을 발표하였으며, 여기에는 상당수의 풍력프로젝트도 포함되어 있다.

한편, 에너지부 EERE 내 풍력에너지 프로그램과 관련해서는 2001년의 국가에너지계획(National Energy Plan), 2005년 에너지정책법(Energy Policy Act of 2005), 2006년의 선진에너지사업 (AEI: President's 2006 Advanced Energy Initiative) 등 세 가지가 가장 결정적인 영향을 미친 정책 및 법령이라 할 수 있다. 이 세 법령 및 정책은 풍력에너지를 활용한 청정에너지 발전 확충을 통하여 미국 내 기존의 에너지 공급방식을 획기적으로 전환하는 것과 관련된 국가 전략의 토대를 마련했다는데 그 의의가 있다. 특히 선진에너지사업(AEI)의 경우 풍력에너지가 미국 내 전력공급에서 최대 20퍼센트의 비중을 차지할 정도의 잠재력을 보유하고 있음을 최초로 언급, 국가 에너지 문제의 해결책으로 풍력에너지의 중요성을 인식하게 한 바 있다.

2) EERE 풍력프로그램 관련 계획

(1) 장기계획: 20% Wind Energy by 2030

2008년 에너지부(DOE)에서 출간된 보고서이자 풍력에너지 관련 장기계획으로, 2030년까지 국가 전력수요의 20퍼센트를 풍력에너지로 충당한다는 시나리오와 관련, 기술적 실현가능여부 및 이로 인한 파급효과 추정, 구체적인 실현을 위한 필요한 조치, 풍력에너지발전 입지선정 전략, 잠재적 환경적 영향 등 관련 내용을 광범위하게 다루고 있다.

보다 구체적으로 이 보고서에서는 미국이 현재 풍력에너지를 충분히 보유하고 있는지의 여부, 어떠한 유형의 풍력에너지 관련 기술 개발과 활용이 필요한지, 국가 전체 전력 수요의 20퍼센트를 풍력에너지로 충당하기 위해 필요한 제조역량을 해당 산업이 갖추고 있는지, 시나리오의 실현과 관련, 어떠한 주요

영향 및 파급효과가 나타날 것이며 이러한 시나리오가 실현 가능한지 등에 대한 내용을 담고 있다.

이 보고서의 작성 및 평가를 위해서 에너지부(DOE) 내 EERE, OE (Office of Electricity Delivery and Energy Reliability), PMAs (Power Marketing Administrations) 등이 참여하였으며, 에너지부 산하 국가연구소 중에서는 NREL, 버클리랩(Lawrence Berkeley National Laboratory), SNL (Sandia National Laboratories) 등이 평가 과정에 참여하였다. 관련 산업계에서는 AWEA (American Wind Energy Association) 및 협회 회원사들이, 컨설팅 회사인 Black & Veatch Engineering & Consulting Firm 등이 참여하였다.

(2) 중기계획: Wind Energy Multiyear Program Plan for 2007-2012

2007년 수립된 풍력에너지프로그램 5개년계획은 에너지부 EERE 내 풍력에너지 프로그램 관련 중기계획이라 할 수 있으며, 크게 i) 그리드 통합 및 환경관련 이슈에 있어서의 풍력에너지 부문이 직면하고 있는 문제점의 극복, ii) 국가 에너지 인프라 확충을 통한 풍력 에너지 기술 활용기반 확대, iii) 풍력터빈 성능 및 신뢰성 향상 노력, iv) 소규모 풍력터빈 기술 개발 노력 지속 및 커뮤니티 풍력프로젝트/터빈활용 노력 지원 등을 통한 풍력에너지 기술시장 관련 프로그램 활동 확대, v) 비용분담 공사파트너십 형태의 대규모 풍력시스템 개발 및 구축을 줄이는 대신 비용중립적 협력R&D (CRADA: Cost-neutral Cooperative R&D Agreement)의 활성화를 통한 프로그램 투자 효율성 향상을 도모, vi) 천해풍력기술(offshore wind technology) 개발 관련 프로그램 영역을 축소하는 대신 관련 잠재적 시장 규모 및 기술적 과제 식별 및 평가활동을 수행 등 6가지 중기 우선순위 및 이를 바탕으로 한 장기 비전, 중장기 비전 실현을 위한 과제 식별, 식별된 과제의 해결을 위한 관련 프로그램 활동, 성과지표 등에 관한 내용을 서술하고 있다.

라. EERE 풍력에너지 프로그램

1) 프로그램 주요 분야

현재 미 에너지부 EERE 내 풍력에너지 관련 R&D 주요 분야로는 대규모 풍력발전(Large Wind Technology), 해상풍력발전(Offshore Wind Technology), 송전기술 (Distributed Small Wind Technology), 풍력터빈제조지원(Supporting Wind Turbine Manufacturing), 재생가능시스템상호연계(Renewable Systems Interconnection), 풍력프로젝트 입지선정 및 그 환경적 영향(Environmental Impacts and Siting of Wind Projects), 풍력에너지교육홍보(Wind Power Outreach and Education) 등 총 일곱 가지가 있다.

(1) 대규모 풍력발전

주로 대규모 풍력에너지 기술 및 기술프로젝트의 성과 및 신뢰도 향상을 도모하는 동시에 비용 절감을 목표로 관련 산업부문과 긴밀한 협력을 바탕으로 진행되고 있으며 주요 분야로는 Prototype 개발, 부품개발, 연구용 터빈 기반 프로젝트 (Utility-Scale Research Turbine) 등이 있다. 특히 연구용 터빈은 2009년 콜로라도 주 Boulder 소재 국가풍력기술센터 내에 설치된 GE사(社)의 1.5MW급 풍력터빈으로 에너지부가 소유한 최초의 대규모 풍력터빈이다. 이 터빈은 실제 연구센터에 전력을 공급하는 한편, 성능 테스트이나 터빈 관련 데이터 분석, 터빈 부품 설계 향상 등 다양한 풍력R&D프로젝트들에 대한 플랫폼 기능도 수행한다.

(2) 해상풍력발전

대규모 천해(shallow water: 수심 100피트 이하)풍력시스템을 이용한 전력발전비용을 2014년까지 kWh 당 7센트로 (6등급 풍속 시속17.9-19.7 마일 기준) 절감하는 것을 목표로 하는 프로그램이다. 주요 내용으로는 천해풍력발전 관련 기술 개발, 천해풍력자원의 정확한 측정, 국가연구소 및 관련 산업부문과 공동으로 천해풍력발전 관련 국가 안전기준 평가 및 검토, 해상풍력발전이 환경 및 인류에 미치는 영향 및 리스크 평가 등이 있다.

(3) 송전기술/소규모 풍력발전

소규모 풍력터빈(1kw~1MW) 관련 성능 및 신뢰도 향상을 목적으로 하는 프로그램으로 주로 관련 기술개발 및 테스트, 풍력터빈 인증(certification) 등을 중점으로 한다. 2015년까지 현재의 소규모 풍력터빈수를 2007년 기준

2,400개에서 5배 늘어난 12,000개로 늘리는 것을 목표로 관련 제반 활동을 지원한다.

(4) 풍력터빈제조

미국 내 풍력터빈 제조 기업들과 협력, 풍력발전기 회전날개 설계 및 성능향상을 도모하며 이밖에도 제조기술 및 자동화 프로세스 등과 관련된 프로그램이다. 최근에는 주로 블레이드 제조 관련 연구에 중점을 두고 있으며 보다 효율적인 터빈구조 개발 및 설계, 응력집중(stress concentration) 최소화, 보다 저렴한 블레이드 부착기기 개발 등이 대표적이다.

(5) 재생가능시스템상호연계

재생가능시스템상호연계는 2012년까지 풍력에너지가 국가 에너지 수요에 부응하는데 필요한 각종 제반여건, 즉 전력시장제도, 상호연계영향력, 운영전략, 시스템 기획 등과 관련한 다양한 활동을 수행하는 것과 관련이 있으며 이와 관련, 풍력발전예보(wind forecasting), Grid Planning, 그리드 운영 관련 영향분석, 풍력에너지와 수력에너지 관련 기술의 통합 등과 관련한 다양한 프로젝트를 수행하고 있다.

(6) 입지선정 및 환경영향평가

풍력에너지 발전과정 및 발전소와 관련된 생태계 파괴와 비용효과성 사이의 균형점을 모색하는 것을 목적으로 하며, 주로 환경단체 및 풍력에너지 제조업 부문 기업들과의 파트너십을 통한 연구 및 관련 활동을 수행한다. 가장 최근에는 2009년 5월 총예산 2백만달러의 풍력에너지 개발로 인한 주요 동식물 및 서식지 파괴 위험 최소화와 관련한 환경관련 연구보조금 지급계획을 발표한 바 있다.

(7) 풍력에너지 교육 및 홍보

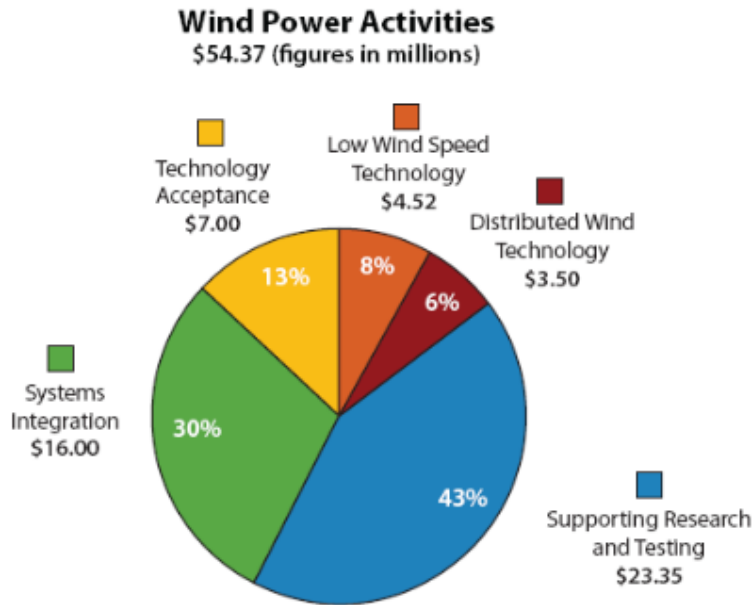
국가적 혹은 주·지방 차원의 다양한 시장 및 규제적 장애물의 극복과 관련한 다양한 외부 홍보 및 교육활동을 모두 포함하며, 국내 혹은 주·지방 내 풍력에너지 기술 발전 및 확산을 위한 풍력에너지 관련 각종 정보의 수집 및

공유, 「Wind Powering America」 캠페인 전개, 풍력에너지 부문 인력 계발 및 교육활동 수행 및 타 연방기관의 관련부문 활동 지원 등이 대표적이다.

2) 풍력프로그램 예산

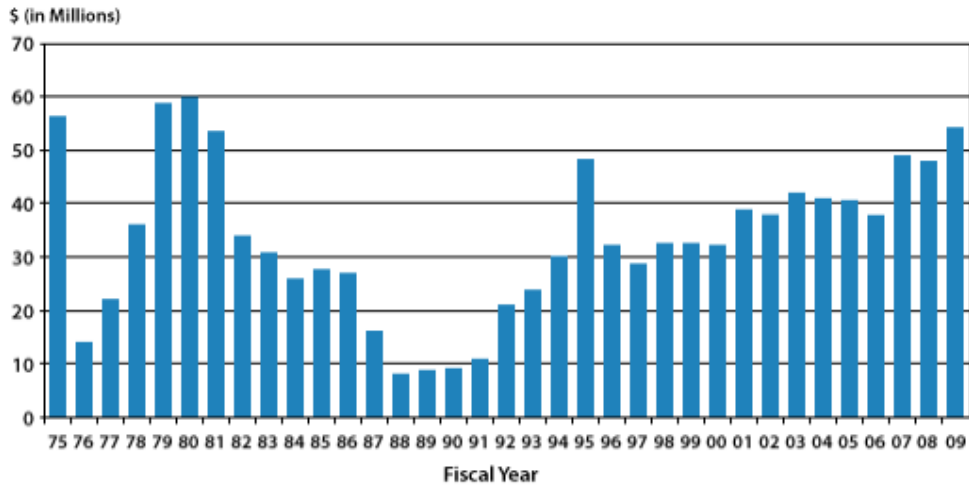
2009 회계연도 풍력/수력프로그램 내 풍력에너지 관련 활동에 대한 예산은 총 54.37백만달러를 기록하였으며, 이 중 연구 및 테스트 지원활동 관련 예산이 전체의 43퍼센트를 차지, 가장 높은 비중을 기록하였다. 이밖에 시스템 통합 관련 예산 비중 또한 16백만불로 상당히 높게 나타났다(<그림 9>).

<그림 9> 풍력/수력프로그램 내 풍력에너지 주요 분야 예산 (FY2009)



* 출처: EERE 웹사이트

<그림 10> 풍력에너지 예산변동추이 (FY1975 - FY2009)



* 출처: EERE 웹사이트

한편, <그림 10>은 FY1975부터 최근까지의 풍력에너지 관련 예산배분의 역사적 변동 추이를 보여주고 있으며, 특히 70년대부터 2000년대 초기까지 풍력 에너지에 대한 연방정부의 관심 및 지원 노력이 석유파동 등 국제 석유가격의 변동과 직결되어있음을 반영하고 있다.

3) 주요 성과

EERE의 풍력프로그램의 성과와 관련, 에너지부(DOE)에서는 주요 풍력에너지 분야별로 프로그램 활동 결과 혹은 예산지원으로 실현된 각종 기술 및 주요 활동을 요약·정리하여 다음과 같이 소개하고 있다:

(1) 풍력터빈발전

에너지부(DOE)의 풍력에너지 프로그램은 풍력에너지의 실질적 활용을 야기했다는 측면에서 그 의미가 크다. 일례로 프로그램 시행 초기 개발된 풍력 터빈들은 대규모 터빈 기술의 실현가능성을 입증하였으며 오늘날의 메가와트급 풍력터빈 개발 노력에 밑거름으로 작용하였다. 이밖에도 풍력에너지 프로그램 관련 연구진 (주로 국가연구소)들은 1990년대 이후 GE Energy 사(社) (구 Zond, Enron Wind)와의 긴밀한 협력을 통하여 블레이드 및 발전기, 통제시스템 등의 발전설비 테스트를 진행하여 왔으며, 이와 같은 노력은 GE의 1.5메가와트급 풍력터빈의 개발로 결실을 맺기도 하였다. 2007년

말 현재 이 터빈은 미국 내에 총 6,500여개가 설치, 미국 내 풍력발전의 표준으로 자리잡았다.

이밖에도 이 프로그램을 통하여 2006년 경량급 풍력터빈인 Clipper 2.5메가와트급 Liberty 풍력터빈 시리즈가 개발·소개되었으며, 주로 주거용 소규모 풍력발전을 위한 최초의 "plug and play" 형태의 풍력에너지 시스템인 Southwest Windpower 1.8킬로와트급 Skystream 또한 풍력에너지 프로그램의 지원을 받아 개발된 것이다.

(2) 관련산업부문 지원 활동

풍력에너지프로그램은 이밖에 산업부문 발전을 위해서도 다양한 지원활동을 수행하여 왔는데, 가장 대표적으로는 2000년 시작된 NASA 내 대규모 풍력터빈 설치 및 테스트 노력을 들 수 있다. 이러한 테스트의 결과로 수집된 정보는 미국 뿐 아니라 유럽 내 풍력터빈 제조사들에게도 풍력터빈 설계 및 공기역학 관련 소프트웨어 모델의 수립 및 성과 향상에 크게 기여하였다. 풍력프로그램은 이밖에도 차세대 풍력 터빈 블레이드 및 기타 부품 설계에 도움을 줄 일련의 컴퓨터 코드를 개발, 가상 블레이드 및 시스템을 수립하고 시연할 수 있게 하였다.

(3) 풍력에너지 활용 확산 관련 노력

풍력에너지프로그램 연구자들은 또한 최신 기상예측모형과 실시간 데이터를 바탕으로 새로운 고해상도의 풍력자원지도를 작성하여 이를 자원개발담당 및 정책입안자들에게 제공함으로써 어떠한 지역이 풍력에너지 개발에 가장 적합한지에 대한 정확한 의사결정을 할 수 있도록 돕고 있다.

3. 미국의 최근 풍력에너지 관련 주요 정책동향

가. 경기부양법(ARRA)의 풍력에너지 관련 내용

2009년 2월 17일 최종 확정승인된 바 있는 미 경기부양법(ARRA: American Recovery and Reinvestment Act of 2009)은 풍력에너지 관련 투자 장려와 관련, 생산자세제혜택(PTC: Production Tax Credit)을 2012년 12월 말까지로 연장하는 내용을 포함하고 있을 뿐 아니라, 이밖에도 다음과 같은 다양한

풍력에너지 산업부문 지원 관련 내용을 담고 있다:

- 현금보조금 (Cash Grant) 지급: ARRA는 2010년 말까지 서비스를 시작하거나 혹은 2010년 말까지 건설이 완료되어 2012년 말까지 서비스를 시작하는 풍력프로젝트에 대하여 한시적으로 재무성(U.S. Department of Treasury)을 통한 현금보조금을 지급할 수 있도록 하고 있다.
- Double Dipping 페널티 면제: 30퍼센트의 투자세제혜택(ITC: Investment Tax Credit) 또는 현금보조금을 지급받는 풍력프로젝트에 대하여 ARRA는 기존에 프로젝트에 대한 ITC의 수준을 낮추는 역할을 해왔던 "double dipping" 페널티를 면제해주고 있다.
- 정부대출보증프로그램 (Loan Guarantee Program) 확장: ARRA는 또한 기존의 DOE 대출보증프로그램이 상업용 프로젝트 및 전송(transmission) 관련 프로젝트에도 적용될 수 있도록 적용대상을 대폭 확대하는 한편, 프로그램의 원활한 집행을 위하여 6십억불의 예산을 배정하였다.
- CREB (Clean Renewable Energy Bond) 확대: ARRA는 CREB 활동 지원을 위하여 관련 예산으로 1.6십억불의 예산을 신규 편성하는 한편, 기존에 경제안정화법(EESA 2008)을 통하여 제공되어 오던 CREB 예산에 800백만불의 예산을 추가 지원하고 있다.
- 주정부 보조금 지원 (State Grants Program): ARRA는 또한 에너지부(DOE)에 3.1십억불의 예산을 제공, 각 주 정부에서 시행하고 있는 에너지 효율성 및 재생가능에너지 관련 프로그램에 대한 지원을 확대하고 있다.
- 풍력제조업부문에 대한 세제혜택 확충: ARRA는 재생에너지 및 에너지 효율성 관련 기술부문 제조기업들에게 새로이 30퍼센트의 투자세제혜택(ITC)을 제공하는 내용을 담고 있으며, 이를 위하여 관련 예산으로 2.3십억불을 책정한 바 있다.
- R&D 예산 증액: ARRA는 또한 재생가능에너지 관련 R&D를 위하여 상당금액의 관련 예산을 증액한 바 있다.

4. 한국과의 풍력에너지 협력 현황 및 발전방안

한·미간의 풍력에너지분야의 연구개발 협력은 시작 단계로 주로 산업체 및 응용개발 분야의 협력이 추진되고 있는 실정이다. 그것은 다른 신재생 에너지분야보다 KW당 발전단가가 유일하게 현재 화력발전소 발전단가와 가격

경쟁력을 가지며 따라서 기초분야의 연구보다는 응용 풍력개발 기술이 시장에 쉽게 적용할 수 있기 때문이다.

미국의 오마바 정부는 3년 내에 신재생에너지 생산을 두 배로 늘리겠다는 공약 내용안에 미국의 에너지성이 2008년 5월에 제시한 2030 풍력 비전을 반드시 실현시키겠다는 의지를 표명한 바 있다. 2030 풍력 비전이란 2030년까지 미국내 전체 전력 공급의 20%을 풍력으로 조달하는 목표를 의미한다.

이를 달성하기 위해서는 우선적으로 높은 초기 설치비용을 절감하여야 하며 공급지역과 수요지역간의 전력 거래를 원활히 이루어지게 하여야 한다. 미국의 재생가능 에너지 협회는 이러한 문제점을 극복하기 위해 미국의 지역적 특성을 고려한 풍력 발전 터빈의 성능과 기능 향상을 추진해야 한다고 지적하고 있다. 즉 발전 터빈의 효율성을 높이기 위한 연구와 해상 풍력을 위해 수중에 설치되는 터빈이나 수면 위에 뜰수 있는 터빈을 개발하기 위한 연구가 급선무로 지적되고 있다.

따라서 한국의 풍력 개발 연구를 위해서는 미국과의 긴밀한 정부간의 대화 채널을 통해 국가 연구소간의 중점 연구 과제 발굴 및 산학연 파트너십을 통해 기초 연구, 원천 기술 및 응용 개발까지 일괄적으로 공동 연구가 이루어져야 할 것이다.

<참고문헌>

US DOE (2006), 「US Department of Energy Strategic Plan」, from <http://www.cfo.doe.gov/strategicplan/docs/2006StrategicPlan.pdf>

US DOE EERE (2007), 「Wind Energy Multiyear Program Plan for 2007-2012」, from <http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/pdfs/40593.pdf>

US DOE (2008), 「20% Wind Energy by 2030: Increasing Wind Energy's Contribution to U.S. Electricity Supply (summary report)」, from <http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/pdfs/42864.pdf>

US DOE EERE (2009a), 「Fiscal Year 2010 Budget-in-Brief」, from http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/pdfs/fy10_budget_brief.pdf

US DOE EERE (2009b), 「2008 Wind Technologies Market Report」, from http://www.windpoweringamerica.gov/pdfs/2008_annual_wind_market_report.pdf

<웹사이트>

에너지부 재생가능에너지국 (EERE): www.eere.energy.gov/

Wind & Hydropower Technologies Program: www1.eere.energy.gov/windandhydro/

국가재생에너지연구소 (풍력에너지): <http://www.nrel.gov/wind/>

에너지정보국(EIA: Energy Information Administration): <http://www.eia.doe.gov/>

미 풍력에너지협회(AWEA): <http://www.awea.org/>

국가풍력기술센터(NWTC): <http://www.nrel.gov/wind/>