ISSN 1348-5350

独立行政法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構
〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミューザ川崎セントラルタワー
http://www.nedo.go.jp

2010.4.22 1062

NEDO 海外レポート

Ⅰ. テーマ特集:再生可能エネルギー特集

1. 風力発電バロメータ 2010 年(EU) 1
2. 米国風力資源の賦存量が新評価で3倍に 29
3. 海洋温度差発電、塩分濃度差発電(世界) 31
4. 太陽光発電装置の設置状況をモニターするツール(米国) 47
5. 高速パイプラインによるバイオマス解析(米国) 52

Ⅱ. 一般記事

エネルギー

6.家庭用温水器や暖房器具に対するより厳しい省エネ基準(米国) 57
7.世界最少の消費電力量のデータ処理システム(独) 59

URL : http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/

《本誌の一層の充実のため、掲載ご希望のテーマ、ご意見、ご要望など下記宛お寄せ下さい。》

NEDO 総務企画部 E-mail : g-nkr@nedo.go.jp Tel.044−520−5150 Fax.044−520−5204

NEDO は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称です。

Copyright by the New Energy and Industrial Technology Development Organization. All rights reserved.

【再生可能エネルギー特集】風力発電

風力発電バロメータ 2010 年（EU）

－2008 年～2009 年の EU の風力タービン市場の成長は 13.3%－

本稿は、フランスの Observ'ER（Observatoire des énergies renouvelables：再生可能エネルギー観測所）が作成した「風力発電バロメータ」を、同観測所の許可を得て全訳・掲載するものである。内容は、2009 年の世界の概況、EU の代表的な国々の状況、風力発電の欧州における経済的な側面、主要タービンメーカーの動向などから成る。

目次

1. はじめに
 1.1 世界の概況
 1.2 2009 年末時点で世界の風力発電総設備容量は 158GW、EU は 74.8GW
 1.3 中国の記録的な新規設置容量
 1.4 オバマ大統領は米国市場をリニューアル
 1.5 EU の新規設置容量は 10GW 弱
 1.6 風況の悪さが発電量を制限
2. 主要欧州市場のニュース
 2.1 スペイン政府は市場の成長を抑制へ
 2.2 ドイツは再び増加へ
 2.3 イタリアは新規設置容量の記録を更新
 2.4 規制が進むフランス市場
 2.5 英国市場の洋上への挑戦
3. 風力エネルギー産業は危機に挑戦する
 3.1 新たな環境への適応が必要
4. 主要タービンメーカーの動向
 4.1 ヴェスタス社（Vestas）
 4.2 GE エナジー社（GE Energy）
 4.3 ガメサ社（Gamesa）
 4.4 エネルコン社（Enercon）
 4.5 シノベル社（Sinovel）
 4.6 シーメンス社（Siemens）
 4.7 その他のメーカー
5. EU－2010 年は、11,000MW 以上の見込み

1　はじめに

写真 1：中国は 2009 年に 13,000MW を設置し、世界を先導

1.1　世界の概況

我々の一回目の推計によると、世界の風力発電市場は、金融危機という制約をはね返しただけでなく、37GW の新規設置容量を記録した。これは 2008 年の新規設置容量を 10GW近く上回るものだった。特に、中国および米国が安定した成長を見せ、欧州連合（European Union：EU）もこれまでの新規設置容量記録を更新し、成長の勢いを増した。

1.2　2009 年末時点で世界の風力発電総設備容量は 158GW、EU は 74.8GW

2009 年の風力発電の拡大は目覚ましかった。一回目の推計によれば、世界の風力発電総設備容量は 158GW 近くに達した。同年の新規設置容量は約 37GW である（表 1 および図 1）。

世界風力エネルギー協会（Global Wind Energy Council：GWEC）によれば、2009 年、アジア市場の新規設置容量は 14,639MW に達し、同地域における風力発電総設備容量を 38,909MW に押し上げ、世界市場を牽引した。北米市場の成長も著しく、新規設置容量は 10,872MW に達し、欧州市場の 10,102.1MW を少し上回った。この結果、2009 年末までの総設備容量は、北米は 38,478MW、欧州は 76,185.2MW となった。

今日、風力発電は世界各地で利用されている。2009 年、世界の風力発電設備の新規設置容量のうち、欧州のシェアは 27.3%と、アジア市場（39.5%）および北米市場（29.4%）のシェアを下回った（図 2）。それにもかかわらず、2009 年末での総設備容量では、欧州のシェアはおよそ半分（48.2%）を占め、アジア市場（24.6%）および北米市場（24.4%）を引き離している（図 2-A）。その他の地域はわずか 2.8%のシェアだった。

1.3　中国の記録的な新規設置容量

GWEC による中国市場の新規設置容量についての一回目の推計は、物議を醸し出した。中国市場では 2009 年、他の市場を大きく上回り、13,000MW が設置された。これは 2008 年の新規設置容量の 2 倍以上（109.9%増）であり、中国の風力発電総設備容量を 25,104MW

へ押し上げた。これにより中国は、米国とドイツに次ぎ、国別の風力発電設備容量の第 3 位となり、スペインを第 4 位に追いやった。第 2 位のドイツとの差は、わずか数百 MW である。中国再生可能エネルギー産業協会（Chinese Renewable Energy Industries Association：CREIA）の事務総長によると、中国政府は、経済発展による CO_2 排出量を抑制すべく、毅然とした責任ある立場をとっており、昨年、風力発電の 2020 年目標を 30,000MW から 50,000MW へ引き上げた。同協会は、こうした新規設置容量の伸びを考えると、2020 年までに上述目標の 3 倍（150,000MW）の風力発電が可能になるだろうと確信している。

表 1　世界の風力発電総設備容量(MW)

地域	2008 年末	2009 年末*	新規設置容量（2009 年）	操業廃止分（2009 年）
EU	65,172.3	74,800.2	9,739.1	111.2
その他欧州	1,022.0	1,385.0	363.0	0.0
欧州全体	66,194.3	76,185.2	10,102.1	111.2
米国	25,237.0	35,159.0	9,922.0	0.0
カナダ	2,369.0	3,319.0	950.0	0.0
北米全体	27,606.0	38,478.0	10,872.0	0.0
中国	12,104.0	25,104.0	13,000.0	0.0
インド	9,655.0	10,926.0	1,271.0	0.0
日本	1,880.0	2,056.0	178.0	2.0
その他アジア諸国	633.0	823.0	190.0	0.0
アジア全体	24,272.0	38,909.0	14,639.0	2.0
その他	2,931.0	4,360.0	1,429.0	0.0
世界全体	121,003.3	157,932.2	37,042.1	113.2

*推計

出典：EurObserv'ER 2010 (EU 諸国)、AWEA 2010（米国）、GWEC 2010 (欧米以外)

写真 2：米国は 2009 年に約 10,000MW を設置し、新規設置容量で第 2 位に

1.4　オバマ大統領は米国市場をリニューアル

アメリカ風力エネルギー協会（American Wind Energy Association：AWEA）によれば、米国の 2009 年の新規設置容量は、2008 年の 8,425MW に対し、10,000MW 近く（正確には 9,922MW、2008 年比 17.8%増）に達し、世界で第 2 位となった。これにより、同国の総設備容量は 35,159MW となった。AWEA によれば、この 4 分の 1 以上（9,410MW）がテキサス州に設置され、米国の 970 万世帯の電力を賄うことができ、6,200 万トンの CO_2 排出量を削減できる。

2009 年初頭の米国の風力発電業界の予測では、2009 年の新規設置容量は 2008 年比でマイナス 50%であったが、実際はこの予測とは反対に前年を簡単に上回った。予想が逆転したのは夏の間で、オバマ大統領がクリーン・エネルギー分野での雇用創出を確約し、米国再生・再投資法（American Recovery and Reinvestment Act：ARRA）の実施を進めるために投資家への補助金が授与された時であった。さらに同法がきっかけとなり、米国市場は、第 4 四半期に 4GW 以上の新規設置容量を記録し、目覚ましい回復を見せた。

EU 域外で、2009 年の新規設置容量が大きかった市場は、インド（1,271MW）、カナダ（950MW）、オーストラリア（406MW）およびブラジル（264MW）だった。

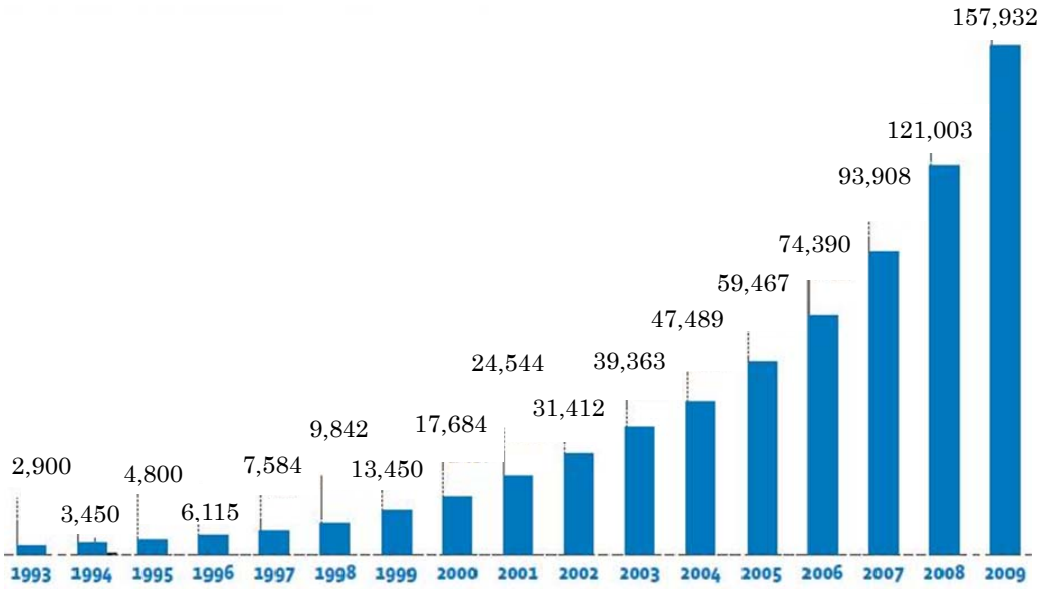


図 1　1993 年以降の世界の風力発電総設備容量(MW)*
* 推計

出典：EurObserv'ER 2010

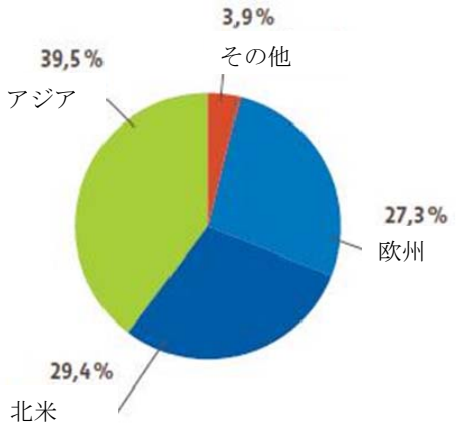


図 2　新規設置容量の地域別シェア
（2009 年）
出典：EurObserv'ER 2010

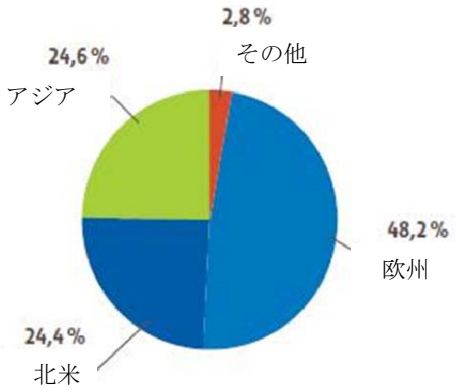


図 2-A　地域別風力発電総設備容量
（2009 年末時点）
出典：EurObserv'ER 2010

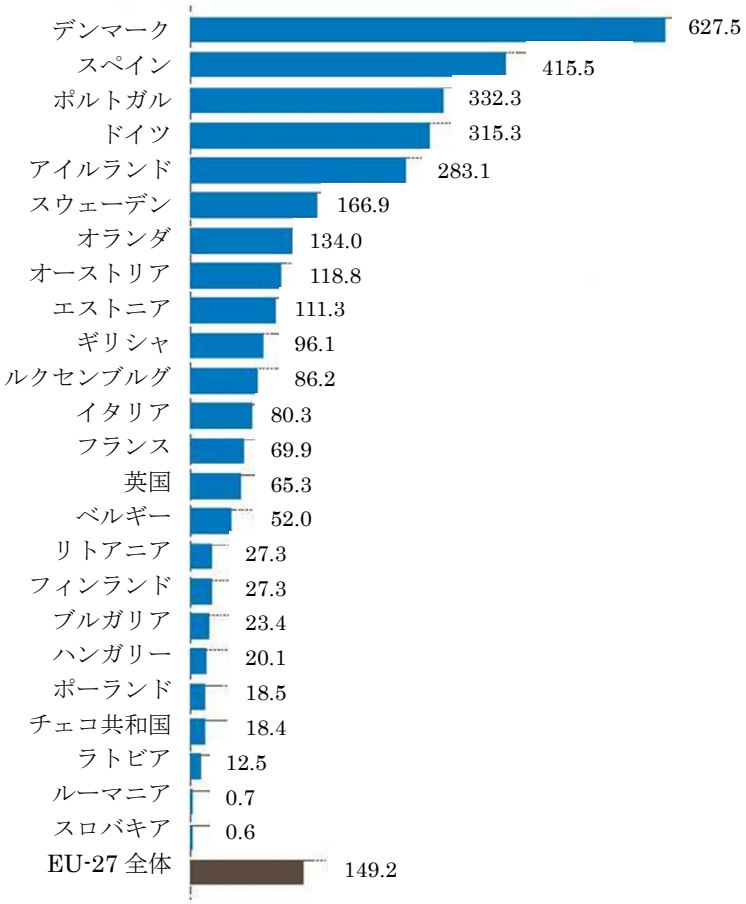


図 3　欧州における 1,000 人当たりの風力発電総設備容量（2009 年、kW/1,000 人）
* 推計

出典：EurObserv'ER 2010

1.5　EU の新規設置容量は 10GW 弱

EU 市場の金融危機からの立ち直りは、特に早かった。EurObserv'ER によれば、2009 年の EU 市場における新規設置容量は、2008 年比 13.3%増加の 9,739.1MW（2008 年は 8,594.5MW）に達し、年間記録を更新した（**表 2**）。操業廃止分を引くと、2009 年末までの総設備容量は 74,800.2MW に拡大した。2009 年、スペインおよびドイツは、風力発電市場でのリーダーシップを確かなものにした。イタリア、ポルトガル、スウェーデン、アイルランドおよびベルギーなど、他の成熟市場の大半は非常に上向きだったが、フランスおよび英国はいくらか停滞した。同年のニュースとして、洋上風力発電がデンマークの市場回復につながったこと、ポーランド、ハンガリー、エストニアおよびブルガリアなど、多数の中欧市場の設備容量が拡大したことも挙げられる。一方、特にオーストリア、オランダ、フィンランドおよびその他の 6 つの EU 諸国などの市場は前年とほぼ同じだった。

人口当たりの設備容量に換算した場合、上位 5 ヵ国はデンマーク、スペイン、ポルトガル、ドイツおよびアイルランドである（**図 3**）。

1.6　風況の悪さが発電量を制限

発電量の増加は、設備容量の増加と比例していない。一回目の推計によると、[2009 年の] 欧州の風力発電量は 128.5TWh [注1]で、2008 年対比 8.6%の増加（**表 4**）となった。2009 年時点で EU の総設備容量の 3 分の 1 以上を占めているドイツで、卓越風[注2]の風況が悪かったことが、伸びが低迷した一因である。さらにもうひとつの要因として、グリッド（送電網）の一時的過負荷により風力発電を系統から解列（切り離し）したことが挙げられる。各国の発電構成における風力発電のシェアの拡大は、送電線や配電線の拡充および新しいグリッドインフラへの投資に左右される。陸上であれ洋上であれ、このような投資が、今後の風力発電分野の成長の可能性を形作る。

[注1] 1TWh（テラワットアワー）＝1,000GWh＝100 万 MWh=10 億 kWh

[注2] ある地域・地方で、ある期間に最も頻繁に現れる風向きの風。大規模なものでは偏西風・貿易風など。

表２　EU 各国の風力発電総設備容量(MW)

国名	2008 年末	2009 年末*	2009 年の 新規設置容量*	操業廃止
ドイツ	23,896.9	25,777.0	1,916.8	36.7
スペイン	16,689.4	19,148.8	2,459.4	0.0
イタリア	3,736.5	4,850.0	1,113.5	0.0
フランス**	3,542.0	4,521.0	979.0	0.0
英国***	3,406.2	4,050.9	645.2	0.5
ポルトガル	2,862.0	3,535.0	673.0	0.0
デンマーク	3,162.8	3,480.6	350.7	32.8
オランダ	2,216.0	2,220.7	39.1	34.4
スウェーデン	1,048.0	1,560.0	512.0	0.0
アイルランド	1,027.0	1,260.0	233.0	0.0
ギリシャ	985.0	1,087.0	102.0	0.0
オーストリア	994.9	994.9	0.0	0.0
ポーランド	451.1	705.3	259.4	5.2
ベルギー	392.5	563.0	171.1	0.6
ハンガリー	127.0	201.0	74.0	0.0
チェコ共和国	150.0	193.3	43.3	0.0
ブルガリア	120.0	177.0	57.0	0.0
エストニア	85.2	149.2	64.0	0.0
フィンランド	143.0	146.0	4.0	1.0
リトアニア	54.0	91.0	37.0	0.0
ルクセンブルク	43.3	43.3	0.0	0.0
ラトビア	27.0	28.0	1.0	0.0
ルーマニア	9.5	14.0	4.5	0.0
スロバキア	3.1	3.1	0.0	0.0
スロベニア	0.0	0.0	0.0	0.0
キプロス	0.0	0.0	0.0	0.0
マルタ	0.0	0.0	0.0	0.0
EU27 ヵ国	65,172.3	74,800.2	9,739.1	111.2

*推計　　**海外県および海外準県を含む　　出典：EurObserv'ER 2010

***2008 年末の推計はエネルギー・気候変動省（DECC）提供。

2009 年末の推計は英国風力エネルギー協会（BWEA）提供。

表 3　EU 各国の洋上風力発電*総設備容量(MW) **

国名	2008 年末	2009 年末
英国	586.0	688.2
デンマーク	423.4	663.9
オランダ	246.8	246.8
スウェーデン	133.7	163.7
ベルギー	30.0	30.0
アイルランド	25.2	25.2
フィンランド	24.0	24.0
ドイツ	12.0	72.0
イタリア	0.1	0.1
EU27 ヵ国	1,481.1	1,913.8

*沿岸域のプロジェクトおよび風力タービンの洋上での試運転も含む。
**推計　　出典：EurObserv'ER 2010

表 4　EU 各国の風力発電電力量(TWh)

国名	2008 年	2009 年*	国名	2008 年	2009 年*
ドイツ	40.600	37.500	ベルギー	0.622	0.834
スペイン	32.200	36.188	フィンランド	0.262	0.275
英国	7.097	9.259	チェコ共和国	0.244	0.300
デンマーク	6.976	6.716	ハンガリー	0.204	0.352
ポルトガル	5.695	6.639	ブルガリア	0.122	0.361
フランス	5.689	7.800	エストニア	0.133	0.172
イタリア	5.055	6.087	リトアニア	0.123	0.145
オランダ	4.256	4.800	ルクセンブルク	0.061	0.065
アイルランド	2.473	2.955	ラトビア	0.055	0.056
オーストリア	2.000	2.100	ルーマニア	0.011	0.017
スウェーデン	1.996	2.519	スロバキア	0.008	0.008
ギリシャ	1.700	2.107	EU27 ヵ国	118.373	128.504
ポーランド	0.790	1.250			

*推計　　出典：EurObserv'ER 2010

2　主要欧州市場のニュース

2.1　スペイン政府は市場の成長を抑制へ

スペイン風力エネルギー協会（Spanish Wind Energy Association : AEE）によれば、2009 年の同国の新規設置容量は 2,459.4MW で、欧州でのトップの座を奪回した。これは、1,609.1MW が設置された 2008 年より、850.3MW 多く（2008 年対比 52.8%増）、総設備容量を 19,148.8MW に押し上げた。しかし、勅令 6/2009（Royal Decree 6/2009）により、事前の割当登録（Registry of preliminary assignment）が必要になることから、AEE は 2010 年、風力発電分野の活動を大きく減速しようと舵を取っている。この新しい手続の下では、生産支援制度（Production aid system）による便益を受ける予定の風力発電プロジェクトは、中央政府から事前に承認を得なければならない。このため操業ライセンスを授与する権限が、地方政府から中央政府へ移行された。政府の狙いは、すでに約 14GW のプロジェクトが進行中であることから、**表 5** に示されている現行の固定買取価格（2012 年まで継続予定）[注3]が近い将来改訂されることから生ずる、新規プロジェクトの駆け込みに対応することである[注4]。さらに政府は風力発電所の開発を、2012 年までに 6GW まで抑制しようとしている。

2.2　ドイツは再び増加へ

金融危機は、ドイツ市場の成長への復帰過程を減速させるに留まった。ドイツ風力エネルギー研究所（German Wind Energy Institute : DEWI）によれば、ドイツ市場では、2007 年の 1,666.8MW、2008 年の 1,667.1MW に対し、2009 年は 1,916.8MW（2008 年比 15%増に相当）が新たに設置された。再設置市場（すなわち、第一世代の風力タービンの交換）は 136.2MW に上った。軍用レーダー問題がなかったならば成長はさらに大きくなっていただろう。現在、1,500MW 近いプロジェクト（20 億ユーロの投資）が、軍の承認待ちとなっている。

ドイツの洋上市場は、昨年 60MW の Alpha Ventus 洋上ファーム（**写真 5 を参照**）の系統連系と共に、スムーズに幕を開けた。6 基の Repower 5M タービンと 6 基の Multibrid M5000（5MW）タービンが導入された同ファームは、RWE 社、E.ON 社およびバッテンフォール社（Vatttenfall）から成るコンソーシアムにより、沖合 45km に設置された。昨年 9 月、政府は北海およびバルト海での 40 の洋上ファームの設置を許可したので、さらに多くのプロジェクトが後に続くだろう。政府の目的は、2020 年までにおよそ 30 のウィンドファームを連系し、総設備容量を 25,000MW にすることである。

しかし、2009 年は特に風況が悪かったため、新規設置容量は発電量を後押ししなかった。連邦エネルギー・水利経済連盟（Bundesverband der Energie- und

[注3] 再生可能エネルギー源によって生産された電力を一定の価格で全量買い取ることを送電事業者に義務付けた「固定価格買取制度（feed-in tariff（FIT）システム）」で定められている買取価格。

[注4] 2012 年以降のプロジェクトに対しては、固定買取価格が下げられることが予想されるため、それまでに駆け込みでプロジェクトを立ち上げようとする動きが出る。

Wasserwirtschaft e.V.：BDEW）によれば、発電量は、2008 年の 40.6TWh から 2009 年の 37.5TWh へ、3TWh 以上減少した。しかし、再生可能エネルギーの中で、風力が最も供給・消費されており、全体の消費電力量の 6.4%のシェアを占めている（再生可能エネルギー全体のシェアは 16%）。風力エネルギー業界は、同国が国家目標（2020 年までに 45,000MW）を達成できる能力を持っていると確信している。同業界の今後は、再生可能エネルギー法（Renewable Energy Act：EEG）が持続することにより保証されているように見える。同法により 2009 年、タービン価格の上昇を反映するため、風力発電の固定買取価格が上方修正された。

写真 3：デンマーク沖の Horns Rev 2
世界最大の稼働中の洋上ウィンドファーム

写真 4：スペインは 2009 年に 2,459MW を設置し、欧州トップの座を奪回

2.3　イタリアは新規設置容量の記録を更新

イタリア市場は、風力エネルギー業界の予測と一致し、成長傾向を取り戻した。イタリア風力発電協会（the Italian national Wind Energy Association : ANEV）によれば、2009年のイタリアの新規設置容量は 1,113.5MW で、2008 年の 1,010.4MW から、約 100MW の増加となった。これにより、同国の総設備容量は 4,850MW に達し、欧州で第 3 位となった。同分野の関係者は、厳しい経済事情にもかかわらず、良い結果が得られたことに満足しており、現在の成長ペースが 2020 年の EU の国別目標達成に向け、順調なものであると考えている。関係者の声明は、イタリア市場の安定成長により、産業部門がうまく構成され、雇用が創出され、同国の産業・経済発展に貢献したと述べている。また、風力発電（電力インフラの環境への適応、単一のライセンス制度、地域ごとの設備容量割当義務）を管理する法的枠組みをまとめるよう、当局にも働きかけている。さらに、グリッドの一時的過負荷により、発電電力の約 10%を利用することができないという問題があった。グリッドオペレーターのテルナ社（Terna）は、6.1TWh の発電量を確認しているが、上述のようなことがなければ、これは 6.7TWh であっただろう。

2.4　規制が進むフランス市場

2009 年のフランスの風力発電市場は、2008 年対比マイナス 8.6%とさえない年になった。フランス環境・エネルギー管理庁（ADEME）によれば、2009 年のフランス（海外県と海外領土を含む）の風力発電総設備容量は 4,521MW へ増加した。2009 年の新規設置容量は 979MW で、2008 年の 1,060MW を少し下回った。期待外れのこの数値は、最高行政裁判所が 2008 年 8 月、風力発電に対する固定価格買取条件を規定した法令を、形式的な理由により破棄したことが原因の一つだと思われる。ADEME は、2008 年 12 月、新規定（2006 年 7 月 10 日付の当初の規定を改訂したもの）を発表し、この状況を修復した。

2010 年のフランス市場の成長見込みは不明瞭である。これは、政府が 2010 年 1 月 1 日付で風力タービンのライセンス制度を改正し、同制度を環境保護指定施設（Classified installation for the protection of the environment：ICPE）の範囲内に含める意向を発表したためである。今後、ウィンドファームの拡大が認識・予測されていることから、特別施政方針を伴った、より厳しい管理体制の設立が求められていることがその根拠となっている。

ICPE 体制に風力タービンを含めることで、すでに建設許可を受けている設備の設置にバランスがもたらされる。2010 年 2 月初めに議会に提出予定の「グルネル第 2 法案」として知られる国家環境政策法案は、ICPE 体制の下、上記のウィンドファーム・デベロッパーが、ゼロから申請を提出し直さなければならないのかを明確にするだろう。このため、多数の新規風力タービン・プロジェクトが地方自治体レベルで保留されており、のるかそるかの投票を待ち受けている。政府は新たな仕組みの実施により、風力発電プロジェクトの申請が合理化され、申請の手直しの可能性が減ると見ている。さらに、各省庁は ICPE

の手順を完全に把握しており、申請を速く処理することができる。

この新たな手順は、複数年にわたる電力生産投資計画（2009 年 12 月 15 日付の規定）が予定通りに進めば、まもなく適用されるだろう。2012 年 12 月 31 日時点で 11,500MW（10,500MW の陸上ウィンドファームと 1,000MW の洋上ウィンドファーム）という目標は、すでに危ういと思われ、2020 年 12 月 31 日の目標（25,000MW、内 19,000MW は陸上ウィンドファーム、6,000MW は洋上ウィンドファーム）も見通しは立っていない。洋上市場に関しては、ウィンドファームの建設を継続的事業にするには買取価格が低すぎるため、環境省は 2,000MW の設備の入札を 3 回（段階）行う意向である。第 1 段階は、少なくとも 300MW の設備容量を持つウィンドファームに対するもので、2011 年初めに発表されるだろう（**Le Journal des Énergies Renouvelables 195 号の“Systèmes Solaires” p.78 を参照のこと**）。

写真 5：
Alpha Ventus：ドイツ初の大規模
洋上ウィンドファーム、2009 年末に北海に設置

写真 6：Champfleury ウィンドファーム（フランス、オード県）

写真 7：Lillgrund 洋上ウィンドファームの変電所（スウェーデン）

表 5　国別の Feed-in tariffs（固定買取価格）、他の支援制度（c€/kWh）

		陸上風力			洋上風力			市価上乗せ
	支援制度	期間	2009 年	2010 年	期間	2009 年	2010 年	価格
ドイツ[1]	Feed-in Tariff	1-5 年目	9.2	9.11	1-12 年目	13	13	なし
	Feed-in Tariff	6-20 年目	5.02	4.97	13-20 年目	3.5	3.5	なし
スペイン[2]	Feed-in Tariff	1-20 年目	7.32	7.32				なし
	Feed-in Tariff	20 年目以降	6.12	6.12				なし
	Feed-in Premium +市価	20 年間	最低 7.13-最高 8.49	最低 7.13-最高 8.49	20 年間	最低 8.43-最高 16.4	最低 8.43-最高 16.4	含まれる
イタリア	グリーン証書 Green certificate：GC		8.89 （1GC/88.91€/MWh）	N.A.		―	―	あり
フランス	Feed-in Tariff	1-10 年目	8.2	8.2	1-10 年目	13	13	なし
	Feed-in Tariff	11-15 年目 （負荷率による）	2.8-8.2	2.8-8.2	11-20 年目 （負荷率による）	3.0-13	3.0-13	なし
英国	再生可能エネルギー使用義務証明書 （平均市価） Renewable Obligation Certificate：ROCs （average market price）		5.9-5.2[3] （1ROCs/MWh）	N.A.		11.8-10.43[3] （2ROCs/MWh）	N.A.	あり
ポルトガル	Feed-in Tariff （2008 年）	15 年間	7.4-7.5	7.4-7.5		N.A.	N.A.	なし
デンマーク	買取価格助成金	22,000 時間 （約 10 年間）	3.3	3.3		申請	申請	あり
オーストリア	Feed-in Tariff	10+2[4]	7.53	N.A.		―	―	なし
オランダ	SDE[5] 基準価格	15	9.41	9.41		申請	申請	なし
	SDE[5] 基準価格 （>6MW タービン）	15	―	9.61		申請	申請	なし

N.A.：　該当なし、適用せず（例：対策・制度がない場合または設置予定がない場合）　　*推計　　出典：EurObserv'ER 2010

1：　稼働開始後の複数年間（陸上は 5 年間、洋上は 12 年間）、（陸上の場合）低い発電量、（洋上の場合）沿岸までの距離または水深により、異なるレベルの FIT（固定買取価格）を利用できる。　2009 年の EEG（再生可能エネルギー法）の特徴は、風力タービンはふくそう（混雑）状態でも、送電網に電力供給できるべきだとしている。新しいタービンの初期費用は、€0.05/kWh 増加した。　システムサービス装置を伴った既存タービンには、€0.07/kWh の補助金が支払われる（装置が 2011 年までに稼働している場合）。

2：　事業者は限度額内で、FIT または市価上乗せ価格+補助金のどちらかを選択できる。

3：　2009 年、ROCs 市場価格は£51.81-£45.52 の間で変化した。

4：　11 年目および 12 年目は、FIT が下がる。

5：　過去に遡って、卸売価格に調整される。

表 6　主要タービンメーカー上位 10 社（2008 年）

企業名	国名	供給量(MW) 2008 年	シェア (%)	売上高 (百万ユーロ)	供給量(MW) 2009 年*	従業員数 (2009 年)
Vestas	デンマーク	6,160	19.2	6,035	6,131	20,730
GE Wind	米国	5,239	16.4	n.a.	n.a.	3,000
Gamesa	スペイン	3,684	11.5	3,651	3,300-3,600	7,200
Enercon	ドイツ	2,806	8.8	2,800	3,100-3,300	12,000
Suzlon	インド	2,311	7.2	2,113	1,900-2,100	14,000
Siemens Wind Power	ドイツ	1,947	6.1	2,092	2,500	5,500
Sinovel	中国	1,403	4.4	n.a.	3,300	2,000
Acciona	スペイン	1,290	4.0	1,784**	n.a.	629
Goldwind	中国	1,132	3.5	n.a.	n.a.	1,130
Nordex	ドイツ	1,075	3.4	1,136	n.a.	2,200
その他		4,955	15.5			
合計		32,002	100.0			

*暫定データ・推計　** Acciona の全エネルギー部門（風力のみでない）　出典：EurObserv'ER 2010

2.5　英国市場の洋上への挑戦

英国風力エネルギー協会（British Wind Energy Association：BWEA）によれば、英国の2009年末での総設備容量は、洋上の688.2MWを含め、4,050.9MWに達し、4GWの大台を超えた。前年に発表されたエネルギー・気候変動省（Department of Energy and Climate Change：DECC）の数値と比較すると、新規設置容量は約645MWだった。しかし、BWEA発表の総設備容量には、完成間近だった2つの洋上ウィンドファームの部分的連系が含まれていなかったため、上方修正される可能性がある。これは、欧州風力エネルギー協会（European Wind Energy Association：EWEA）の最近の研究によると、Robin Riggウィンドファームの60基のタービンのうち30基（合計90MW）と、Gunfleet Sandsウィンドファームの48基のうち29基（同104.4MW）が2009年末時点で稼働していたためである。BWEAは、2009年末の洋上風力の設備容量が約882.8MWだと仮定し、さらに英国沖で建設中または承認済みの4,598MWの洋上プロジェクトを考慮すると、英国の洋上風力の設備容量は2020年までに20,000MWに達する可能性があるとしている。

昨年12月に発表された2010年財政法案は、洋上ウィンドファームのデベロッパーを安心させた。同法案は、認定ウィンドファームに対し、2014年まで、メガワット時当たり2ROCs

（2ROCs/MWh）[注5]を保障し、洋上風力による電力の価値を支持している。2009年のROCの平均コストは約50ポンドで、年末に向け下降傾向にあった（2009年1月13日の51.81ポンドから、2010年1月19日の46.25ポンドへ低下）。昨年4月に可決された2009年予算により、洋上風力による電力の価値は、メガワット時当たり1.5 ROCsから2 ROCsに増加した。これは、2009年~2010年の会計年度（2009年4月~2010年3月末）にタービンを発注した全てのプロジェクトに適用された。DECCは、洋上風力タービンの製造および設備の試験プラントに対し、5,000万ポンド相当の支援を行うことを決定し、風力エネルギー業界を大いに喜ばせた。BWEAは、積極的な支援政策があれば、風力発電分野は、60,000人の雇用および英国全体の電力の30%に相当するとしている。

DECCは2月初め、新たな取組みを発表した。これは特別な固定価格買取制度の導入で、2010年4月から適用される。自ら再生可能な電力の生産を希望する一般家庭や地方自治体が対象である。電力の供給者には、自家使用分を含めた発電量に対し、経済的補償が与えられる。この買取制度はインフレに対応するため、毎年調節される。買取価格は発電容量により変化し、1.5kW以下の場合のキロワット時当たり34.5ペンス（€0.394/kWh）から、1.5~5メガワットの場合の4.5ペンス（€0.051/kWh）までである。2011年4月からは、再生可能エネルギー燃料の暖房器具購入のため、同様の仕組みが導入される予定である。この目的は、住宅委員会（Council housing authority）を通し、一般家庭および低所得者の光熱費を減らし（または追加的な収入を与え）、国家目標達成に向け、積極的に取組むことである。DECCは、このような小さな設備により、2020年までに国内の電力需要の2%を満たすと考えている。

3　風力エネルギー産業は危機に挑戦する

3.1　新たな環境への適応が必要

現状では、世界の風力発電産業（先導的企業は**表6**に記載）が、経済危機による信用収縮の影響を受けることは比較的少ない。また、同産業は温室効果ガス削減の国家的取組みおよび雇用創出の観点から、政治的支援を集め続けている。多くの国々でインセンティブシステムが構築され、関連金融リスクを緩和しているため、投資家および銀行は、風力発電をインフレ防衛策として見ている。対照的に、金融パッケージおよびプロジェクトの収益性はさらに厳しく評価され、高リスクまたは低採算のベンチャー事業が棚上げされている。一部のプロジェクトは中止を余儀なくされ、メーカーの販売業績は多大な影響を受けている。

他の市場動向としては、風力発電市場が過去4~5年間で、徐々に大手投資家（公共事業、石油会社、大手独立事業者）の手中に陥ったことが挙げられる。信用収縮により、独立事

[注5] 再生可能エネルギー使用義務証明書（Renewable Obligation Certificates：ROC）で市場価格に供給割当ての価値が上乗せされる

業者の中には資産の一部を欧州の大手エネルギー企業（RWE社、Dong Energy社、Vattenfall社、Statkraft社、Iberdrola社、Enel社、EDF社、EDP社、E.ON社）に譲渡せざるを得ない企業が現れた。主にこうした独立事業者の犠牲により、上述の大手エネルギー企業は衝撃を和らげることができた。

欧州メーカーが危機打開のために考えた解決策の一つは、米国、中国またはインドなど風力発電市場が成長著しい国での、新しい風力発電所への投資である。一部メーカーは、欧州での生産能力の一部を、こうした新規市場へ移転することを余儀なくされた。

一方、欧州産業は、前途有望な欧州の洋上市場において非常に良い立場にある。同市場では専門メーカーが、新しく、よりパワフルで、高性能で、整備に手間の掛からない機械を開発した。このようなメーカーは、技術分野での有利なスタートを利用し、欧州市場での事業拡大を目指している。

4　主要タービンメーカーの動向

4.1　ヴェスタス社（Vestas）

2009年、デンマークのヴェスタス社は、3,320基のタービン（容量6,131MW）を製造・販売し、前年（容量6,160MW）とほぼ同じであった。この結果、同社は有力な競合相手にマーケットシェアを奪われた。同社の売上高は目標値を下回ってはいたが、2008年対比で10%増加の66億ユーロ（2008年は60億ユーロ）、営業利益は28%増加の8億5,600万ユーロとなった。最終利益は、2008年対比で13%増え、5億7,900万ユーロだった。2009年末の同社の従業員数は、欧州では14,161人、アジア・太平洋地域では4,316人、南北アメリカでは2,193人で、全世界で20,730人だった。

写真８：ヴェスタス・グループのブレード製造工場で働く従業員（中国）

ヴェスタス社は、2010年の成長見込みを引き下げ、売上げ予測を（当初予測の70~80億ユーロに対し）70億ユーロ、営業利益率を10~11%とした。一部の正式な注文（8~9GWに相当）が年末になり、2010年に計上される売上の一部を縮小させるとしている。

また、ヴェスタス社は、生産の一部をデンマークから、好況な米国と中国の2市場へ移転するなど、採算性を保つための戦略的選択を強いられた。2009年、1,150人のデンマーク人従業員を解雇し、さらに425人の失業を伴う英国のブレード製造工場閉鎖を余儀なくされた。すでに、米国コロラド州にある4つの工場（このうち、2つがブレード工場、1つがナセル工場、もう1つがタワー工場）に10億ドルの投資を行っている。今年、これら工場が稼働開始すると、それぞれの年間生産量は、ブレード4,000個、ナセル1,400個、タワー900個である。2010年には、北アメリカで約4,000人の雇用を予定している。さらに、中国の天津経済技術開発区（Tianjin Economic　Technological Development Area : TEDA）の製造センターにも多額な投資を行っている。同センターは、最初のブレード工場が建設された2006年に開設され、今では本格的な風力タービン生産拠点（ナセル、発電機、ブレード、制御システムなど）となっている。新規投資は2億2,000万ドルで、同センターへの投資総額は3億8,000万ドルに上る。2009年末までには、同社の中国での投資総額は4億3,900万ドル（30兆元）を超えた。

ヴェスタス社は欧州洋上市場では大きく注目されており、2009年末時点の市場シェアは約40%であった。昨年8月には、55機のV90-3MWタービン発電機の新規注文を確定した。これら発電機は、ベルギーのゼーブルッヘの沖合46kmに建設予定であるBligh Bank洋上ウィンドファームで使用される。

技術開発では、2009年2月に、新機種のV100-1.8MWタービンおよびV112-3MWタービンのマーケティング活動を開始した。これらタービンは、2010年および2011年に、風況が中~低程度の現場への設置準備が整う予定である。また、風速が最大9.5m/sの時ベストの状態になる、V112-3MWタービンの洋上バージョンも利用可能である。2009年4月には、V60-850kWタービンの新しいプロトタイプ（試作品）が発表された。同タービンで最初に受注したものは、内モンゴルのフフホト市にあるヴェスタス社施設で製造され、2009年12月に設置された。同社は現在、6MW洋上風力タービンの開発に取り組んでいるが、発売日はまだ公表されていない。

4.2　GEエナジー社（GE Energy）

米国のGEエナジー社は、世界のリーダーシップをヴェスタス社と競い合っている。GEエナジー社は、2009年の米国内市場で40%以上のシェアを持ち、指導的地位にある（約4GWを新たに設置）。同社は2009年の主要メーカーランキングがまとめられている時期に、2010年の大きな注文を幾つか確定した。これには、オレゴン州にある米国最大のウィンドファームへの、風力タービンの納入も含まれる。845-MWの設備容量を持つ同ファームへの投資額は14億ドルに上り、同社の新しい基幹製品であるGE2.5xlタービンが設置される。また、ルーマニアに欧州最大の陸上ウィンドファームを建設予定のCEZグループ[注6]には、101基のタービンを納入する。設備容量が600MWとなる同ファームは11億ユーロという多額の投資を求めている。GEエナジー社は中国市場でも事業を行っている。今年1月12日には、中国の主要風力タービンデベロッパーの1つであるHECICニューエネルギー社（HECIC New Energy）と、88基の1.5MWタービンの納入契約を交わしたと発表した。この契約により、HECIC社 の3つの陸上ウィンドファームの総設備容量は132MWに達する。GEエナジー社は、これまでに中国で895基の1.5MWタービンを供給してきた。さらに、将来性のあるインド市場への参入も決定し、チェンナイ市（かつてのマドラス、インド南東部）近くに、最初の工場を建設中である。同工場の年間タービン生産能力は450MWである。これには、2010年の第2四半期から生産が開始される、GE1.5MW風力タービンの生産が含まれる。2003年（アイリッシュ海にアークローバンク洋上ウィンドファームが建設された年）に、洋上市場から撤退した同社だが、昨年10月、ノルウェーのメーカーであるScanwind社を1,500万ユーロで買収し、洋上市場に新たな関心があることを表明した。同社は、主に部品の損耗という点で同市場において多くの優位性を持つ「直結形：ダイレクトドライブ（Direct drive）」技術の獲得に関心を持っている。

写真９：GE エナジー社の GE2.5xl タービン
ヴェスタス社と世界第１位の座を争っている

4.3　ガメサ社（Gamesa）

スペインのガメサ社の2009年の業績は、予測をわずかに下回った。2009年第3四半期の売上げを、3,684MWから3,300~3,600MWへ下方修正する予定である。同社は2010年、主要な新興市場での地位を確立する計画である。その方針に従って、インドのチェンナイで最初の生産拠点の建設に着工した。当初生産能

注6　チェコの大手電力会社。

力は200MWである。インドや近隣諸国の急増する市場ニーズを満たすことを目標としている。また、米国および中国の生産プラントの生産能力を大幅に増やすことにより、各市場に特有のニーズに対応し、提供する製品の調整も行っていく。米国では、初めて2MW G90ユニットの製造を開始し、第3四半期には米国での生産能力を1,200MWへ引き上げた。同時に、ナセルとタービンの組立工場の調整や、ブレードとギアボックスの供給を目的とした中国現地での戦略的提携の追求により、中国での2MW G8xタービンの工業開発も推し進めた。この開発は、2010年第1四半期に終了し、中国の天津にある2つの生産プラットフォーム（0.85-MW G5xと2-MW G8x）の生産能力を1,000MWに押し上げるだろう。中国市場には大きな将来性がある。昨年6月、ガメサ社と同社の中国のパートナーであるChina Guangdong Nuclear Wind社は、山東省地域での253MWの風力開発プロジェクト協定を締結した。同プロジェクトは2009年~2011年にかけて実施される。これを受け、Huadian New Energy Development社とも、300MW（850-kW G5xと2.0-MW G8x）のタービン納入につき契約を交わした。タービン納入は2009年~2013年にかけて実施される、内モンゴル自治区のプロジェクトに対するものである。

欧州に目を転じてAEE（スペイン風力エネルギー協会）によれば、ガメサ社は2009年、国内市場の成長を最大限に活用し、新たに845.2MW（マーケットシェアは34.4%）を設置した。同社はまた、イタリア市場でも非常に良い位置にあり、同市場は戦略的市場の1つだとしている。2009年、イタリアのエンパワー・スリー社（Enpower 3）と2つの契約を交わし、カットリカ・ウィンドファームとレルカーラ1・ウィンドファームへ、49基の2MWのG8xタービンの納入と設置を約束した。また、ルーマニア市場でも足場を築いており、ドブロジャ地方の3つのウィンドファームに、52基の2-MWタービンを販売した。技術開発では、2009年6月に、4.5MWクラスの風力タービンの新プロトタイプ（4.5-MWのG10x）を発表した。これにより、3,000世帯以上の年間消費電力量と同等の電力供給を行う。ローターの直径は128メートル、タワーは高さ120メートルである。

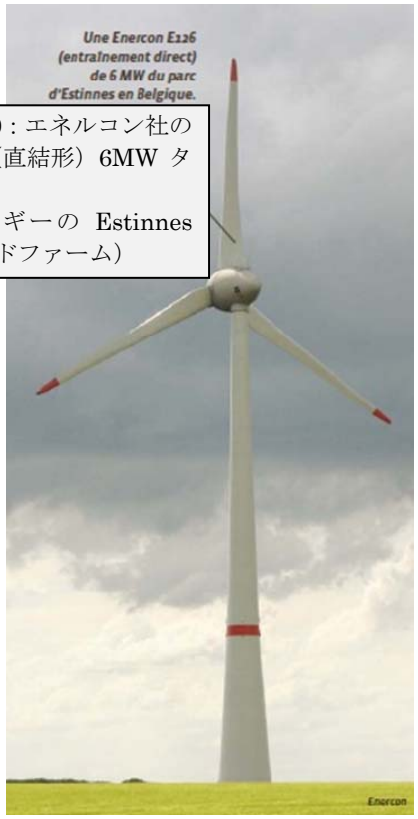


写真 10：エネルコン社のE126（直結形）6MW タービン
（ベルギーの Estinnes ウィンドファーム）

4.4　エネルコン社（Enercon）

ドイツのエネルコン社は大手独立風力タービンメーカーだが、非上場会社であるため、同社の事業に関するデータは入手困難である。しかし、国内市場のシェアが拡大したこと

が一つの理由となり、2009年はプラス成長を保ったはずである（DEWIによれば、2009年のマーケットシェアは60.4%）。また2009年11月には、ベルギーのEstinnesウィンドファーム（**写真10を参照**）で、最初の「直結形」6MWのE126風力タービン5基の稼働を開始し、大きく取り上げられた。最終的には、11基のタービンが設置される。同ファームは、現在販売されている中で、最大の出力の風力タービンが設置されていることで有名である。さらに、これらのタービンは、実能力よりも低く評価されており、公称容量は7MW程度かもしれない。同社のクライアントであるWindVision社によれば、このウィンドファームでは年間187GWh[注7]の電力が作り出される。これは50,000世帯の電力を賄うのに十分な量である。同社は、世界市場（カナダ、インド、オーストラリア）で確固とした足掛かりを築いており、ドイツの生産施設（アウリッヒ、エムデンおよびマグデブルク）に加え、インド、ブラジル、スウェーデン、ポルトガルおよびトルコにもプラントを所有している。

4.5　シノベル社（Sinovel）

中国のシノベル社は、国内市場の驚異的な拡大に支えられて（このように言うべきであろう）、市場全体と同様に瞬く間に成長した。2009年には、2008年の2倍の、3,300MWを納入したとしている。マルチメガワットクラスの風力タービンの技術面で遅れを取っていた同社は、その遅れを取り戻すため、約200名が勤務するR&D施設を拠点とし、大規模な研究開発を行った。昨年は、「上海東海プロジェクト（Shanghai East Sea project）」で、初めて洋上に3-MWクラスの風力タービンを設置し、さらに30基が出荷・認証された。同社は、海外市場でのシェアを獲得するため、実績あるSL-1500タービン同様、この技術モデルに期待している。

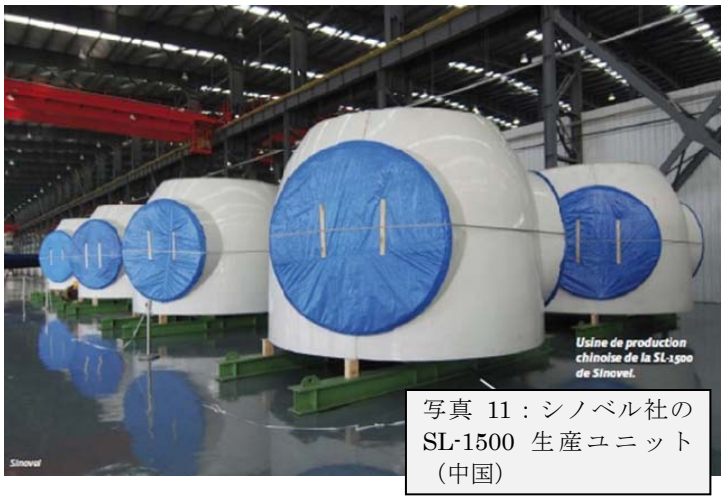


写真 11：シノベル社のSL-1500 生産ユニット（中国）

4.6　シーメンス社（Siemens）

ドイツのシーメンス社では、約5年前のボーナス社（Bonus、デンマーク）買収の成果が現れた。本社をデンマークからドイツのハンブルグに移転したシーメンス社は、2009年の売上げを30億ユーロ弱（正確には、29億3,500万ユーロ）と推定し、2008年の売上げ（20億9,200万ユーロ）からの力強い成長を証明した。2009年の新規設置容量は、2008年の2,000MW弱に対し、2,500MWだった。昨年は、少なくとも1,225基、能力では（陸上と洋上で）4,000MW超の風力タービンを受注したので、同社の注文控元帳は健全とみなすこと

[注7] 1GWh（ギガワットアワー）＝1,000MWh=100 万 kWh。

ができる。今後数年間で急成長が予想される洋上市場において完璧な位置にある同社は、3.6-MWの第2世代洋上風力タービン（SWT-3.6-120タービン）の成功に期待している。同社は多数の注文を受けており、例えばGreater Gabbard洋上ウィンドファームに、SWT-3.6 MW-107タービンを140基供給する。このファームは、2011年に稼働が始まると、今まで建設された中で最大の洋上ウィンドファームとなる。さらに、ロンドンアレイ洋上ウィンドファームへも、3.6-MWタービンを175基設置予定である。また、陸上市場でも積極的である。昨年9月、エアトリシティ社（Airtricity、スコットランドの公共事業会社）と、スコットランドのクライドにあるウィンドファームに、350MWを設置（2.3-MWクラスのタービン）する契約をまとめた。米国では、イリノイ州のエルジンに2番目のプラント（ギアボックスと他の部品）を開設し、同国での足場を下支えした。同プラントは2,000万ドルを投じて建設され、300人を雇用予定である。また、カンザス州の中南部に、米国初の組立工場を建設中であり、2.3MWクラスの風力タービンを年間650基納品する予定である。同社は、500万ドルの米国内投資支援資金（公的資金）を利用して、5,000万ドルを投資し、200人以上の雇用を創出する。アイオワ州にはブレード製造工場も所有している。シーメンス社はこうして世界各地で事業を行っている。中国にも6,000万ドル投資し、上海港東部に位置するLingang市に、工場を建設中である。同工場では、中国市場および海外市場向けの、2.3-MWと3.6-MWタービン用のナセルの組立て、ブレードの生産が行われる。技術面においては、デンマークのブランデ市に、ギアボックスを持たない新しいタービンである（直結形の）SWT-3.0-101 DDのプロトタイプを設置し、エネルコン社の独占状態に挑戦した。

4.7　その他のメーカー

他のメーカーも、欧州市場および世界市場で良い位置付けにある。中国のシノベル社、ゴールドウィンド社（Goldwind）およびドンファン社（Dongfang）は、国内市場で足掛かりを築いている。これはインドのスズロン社（Suzlon）にも当てはまり、国内市場に加え、米国市場にも足場を持っている。同社はさらに、91%の株式を保有するドイツのリパワー社（Repower）の成長も巧く利用している。陸上および洋上市場に参入しているリパワー社は、2009年にいくつかの大型契約をまとめた。これには、EDF エネルギー・ヌーベル社（EDF Énergies Nouvelles）およびRESカナダ社（RES Canada）からの、954MW（477 MM/82/92 風力タービン）の受注も含まれる。これらタービンは2011年から2015年の間に、ケベック州のウィンドファームに設置される。リパワー社は、洋上市場にも積極的に取り組んでおり、すでに市場に出ている同社の5M技術に基づいた、6.15MWの新タービンを開発している。この新タービンは、2009年2月に、RWEイノジー社（RWE Innogy）から洋上用250基の注文を受け、将来が約束された。2010年2月には、48基の6.15-MWタービンを初めて受注した。これらタービンは2011年~2013年の間に、Nordsee Ostファーム（295MW）に設置される。

言及すべき他の欧州メーカーには、アクシオナ・ウィンドパワー社（Acciona Windpower）もある。同社は、2GW以上の生産能力を持つ、タービン製造施設を3つ所有している（このうち、2つはスペイン、1つが米国のアイオワ州）。すでに1.5-MWタービンを2,200ユニット製造・販売し、第一級の3MWタービン（3-MW AW 1500）を今年初めて発売する。さらに、ドイツのノルデックス社（Nordex）にも言及すべきである。同社は、2009年に715MWを設置したフランス市場で強固な足掛かりを築いている。中国にも地盤を持ち、特に中国市場向けの1.5および2.5-MWクラスのタービンを生産している。まもなく、米国のアーカンソー州にも生産設備を所有する予定であり、同設備には、初めてとなる専用施設が併設される。750MWの生産能力を持つこのナセル組立工場は、今年後半に操業を始め、2012年に本格稼働する。

写真 12：インドの
スズロン社製タービン
（西インドのグジャラート州）

5　EU－2010年は、11,000MW以上の見込み

経済危機をよそに、EUの風力発電市場は、新規設置容量の記録を更新し、全ての予測を実現してきた。難しい経済状況が続いているにもかかわらず、今年もプラス成長を維持するとされている。主要な欧州市場は、温室効果ガス排出削減の必要性に対する市民の意識により、今でも大きく支えられている。さらに、多くの中欧市場（ルーマニアとポーランド）の急成長や、洋上風力から1GW以上がグリッド連系されることが見込まれており、これらも市場が堅調な一因となるだろう。他には、2009年から始まり、2010年に加速が予想される、タービン価格の低下がある。これは、原材料価格の大幅な低下（例えば、鉄鋼価格は2008年7月から2009年7月で半減した）や、市場で強い財務力を持つ買い手（大手電力会社など）の存在感が強まったことにより生じた。こうした電力会社はタービンを大量注文し、価格に対する圧力を行使している。この価格低下は、原材料価格が上昇し、需要が絶えず供給を超えていたために機械価格が数年間着実に上昇（2004年から2008年の間に40~50%増加）した後には、起きると予測されていた。EurObserv'ERは、2010年のEU市場の成長率を引き続き15%と推定しており、この結果、総設備容量は約86,000MWになると推定している**（図4参照）**。

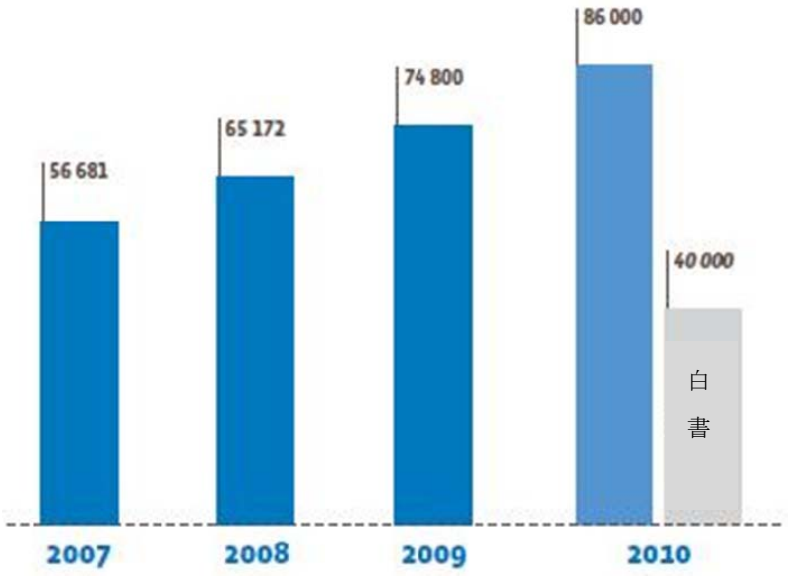


図 4　現在の傾向と白書の目標の比較(MW)

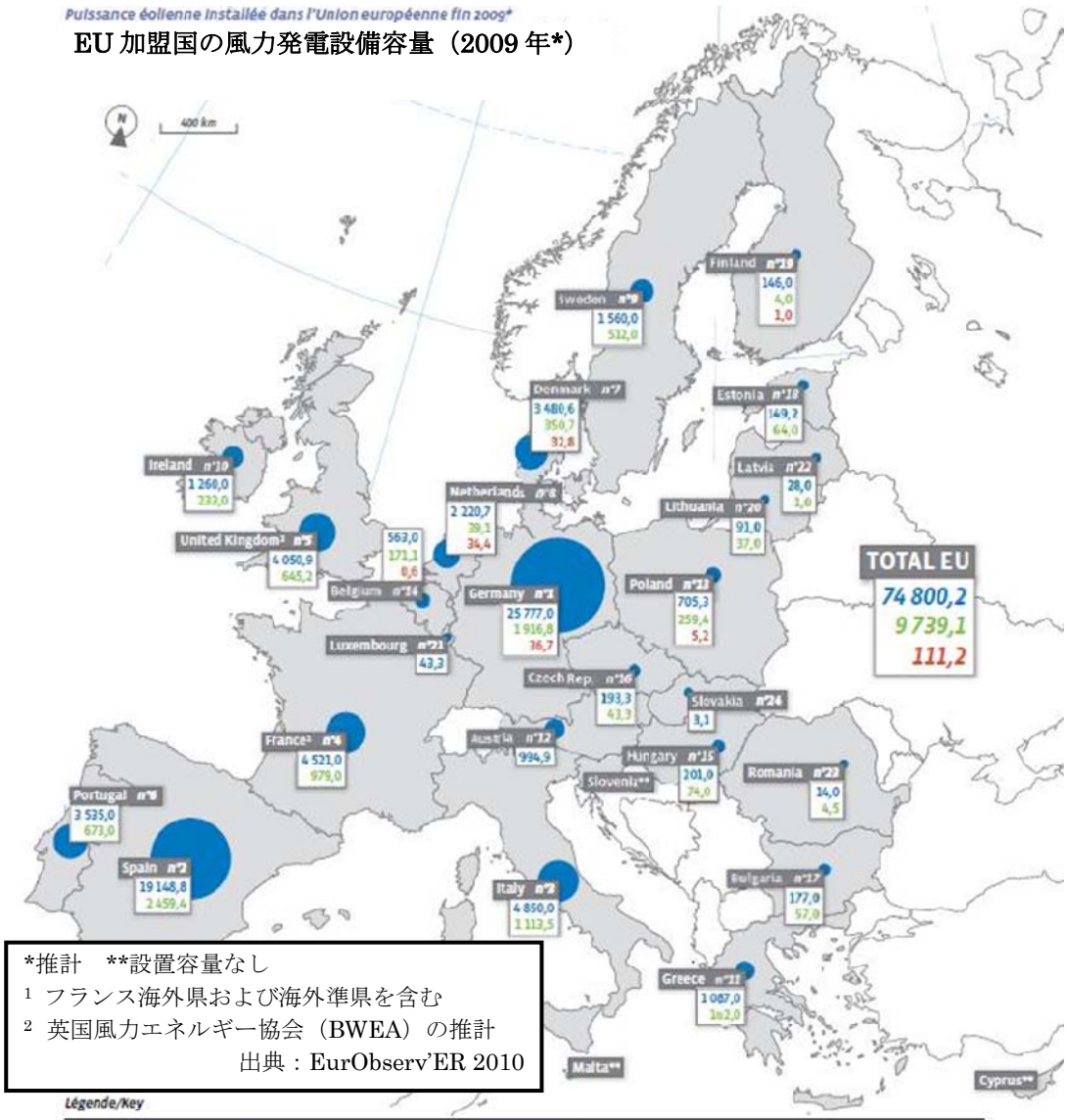
出典：EurObserv'ER 2010

風力エネルギー業界は、より長期的な見込みについて、さらに楽観的である。EWEAは、新たな欧州指令（European directive）の適用を受けて、2020年のEU目標を再評価した。また、2009年12月発行の同協会誌「Pure Power」で、以前の目標値180GWに対して、2020年までに230GW（そのうち40GWが洋上風力）の発電設備容量が設置可能だとしている。理論的には、582TWh（陸上風力が433TWh、洋上風力が148TWh）が供給可能であり、欧州の1億3,100万世帯の平均消費電力量に匹敵する。また、欧州の電力需要の14.2%を満たすのに十分であり、年間3億3,300万トンのCO_2を削減することになる。さらにEWEAは、2030年の目標を300GWから400GW（そのうち150GWが洋上風力）へ引き上げた。これは、1,155TWh（陸上風力が592TWh、洋上風力が563TWh）の生産、欧州の2億4,100万世帯の平均消費電力量に相当し、EU諸国の26~34.7%の電力需要を満たす。そして、大気中に放出されるCO_2を年間6億トン削減することになる。

この大きな成長により、陸上だけでなく洋上のグリッドインフラへも、欧州規模の莫大な投資が必要になるだろう。陸上市場を連携させることにより、洋上市場も欧州市場の成長を後押しするだろう。EWEAのもう一つの協会誌「Oceans of opportunities」は、既存または今後設置予定の洋上ウィンドファームの電力生産能力を100GWとしている。これは、欧州の10%の電力を賄うことができ、年間2億トンのCO_2を削減できる。EWEAによれば、この規模の発電容量を設置するには、北海やバルト海にある様々なウィンドファームを相互に連系する、欧州全体のグリッドの創設が必要になる。このようなグリッドにより、相互に連系された国々は電力の交換量（融通量）を増やすことができ、より安定した供給を行うことができるようになる。これらの目標は前途遼遠のようだが、今後数ヵ月で下される決定次第である。これは、今後数年間のグリッドインフラへの投資が、風力エネルギーの成長率および新たな欧州指令の目標への貢献を決定するからである。

写真 13：Repower 6-M
タービンのプロトタイプの設置

写真 14：シーメンス社のタービンで働く整備工
（スウェーデン沖、Lillgrund 洋上ウィンドファーム）



EU 加盟国の風力発電設備容量（2009 年*）

*推計　**設置容量なし
[1] フランス海外県および海外準県を含む
[2] 英国風力エネルギー協会（BWEA）の推計
出典：EurObserv'ER 2010

2009 年末の EU 各国の総設備量

2009 年の EU 各国の新規設置容量（MW）

2009 年の操業廃止分

表2の出典：DEWI (Germany), AEE (Spain), ANEV (Italy), ENEA (Italy), Ademe (France), DECC (United kingdom), BWEA (United kingdom), ENS (Denmark), WSH (Netherlands), Svensk Vindenergi (Sweden), IWEA (Ireland), HWEA (Greece), IG Windkraft (Austria), EC BREC I.E.O (Poland), APERE (Belgium), Hungarian Wind Energy Association, Ministry of Industry and Trade (Czech Republic), Estonian Wind Power Association, VTT (Finland), WEC/Romanian National Committee, Jozef Stefan Institut (Slovenia), EWEA, GWEC.

フランスのObserv'ER（Observatoire des énergies renouvelables：再生可能エネルギー観測所）が作成した刊行物を許可の基に翻訳・掲載した。この刊行物は「EurObserv'ERプロジェクト」の成果であり、その詳細は下記のとおりである。

Intelligent Energy Europe

This barometer was prepared by Observ'ER in the scope of the "EurObserv'ER" Project which groups together Observ'ER (FR), ECN (NL), Eclareon (DE), Institute for Renewable Energy (EC BREC I.E.O, PL), Jozef Stefan Institute (SL), with the financial support of Ademe and DG Tren ("Intelligent Energy- Europe" programme), and published by Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables. The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not represent the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

翻訳：NEDO（担当　総務企画部　飯塚　和子）

出典：WIND POWER BAROMETER +13.3% EU WIND TURBINE MARKET GROWTH BETWEEN 2008 AND 2009, 158 GW OF WIND POWER INSTALLED ACROSS THE WORLD, 74.8 GW OF WIND POWER INSTALLED IN EU AT THE END OF 2009
（http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro195.pdf）

【再生可能エネルギー特集】 風力発電

米国風力資源の賦存量が新評価で 3 倍に

米エネルギー省(DOE)はこのほど、米国の風力発電量について、前回見積もられた国家レベルの風力資源規模の 3 倍に相当する最新の発電量概算値を発表した。国立再生可能エネルギー研究所(NREL: National Renewable Energy Laboratory)と AWS Truewind [注1]が行った新しい研究により、隣接 48 州(本土)[注2]で年間最高 3,700 万 GWh(ギガワット)時の電力を生産できる可能性があることがわかった。これとは対照的に、風力を含むすべての再生可能エネルギー資源からの米国の電力生産量総計は、2009 年には約 400 万 GWh 時であった。この概算値は、米国の風の強い地域で、既存の風力タービン技術を利用して発電できる、潜在的なエネルギー収量の総計を示している(この概算値は、何が可能であるかを示すものであり、何が実際に開発されるかを示すものではない[注3])。

各州の潜在的な風力エネルギーの概算値に基づいて、NREL と AWS Truewind は、米国の風況マップ(wind resource map)[注4]を作成したが、これには、高さ 80 メートルにおける平均風速の予測値が示されている。この風況マップおよび概算値から、地域、州、全米の政策決定機関は、それぞれの地域や国全体の風力資源の特性に関する正確な情報を把握でき、これにより、それぞれのコミュニティにおける風力エネルギーに関し、詳細な情報を得た上での決断が下せるようになる。

最新の概算値は、1993 年に DOE が行った風力資源評価以来の風力タービン技術の大幅な進歩を反映している。たとえば、前回の風況マップは、高さ 50 メートルでの平均風速予測値を示したもので、この高さは、当時の大半の風力タービンタワーの高さに相当する。

最新のマップでは、高さ 80 メートルでの平均風速予測値を示しており、この高さは、今日のタービンの高さに相当する。風速は、一般的に高さに応じて増加するため、高いタワー上に設置されたタービンほど、より大きなエネルギーを捕らえ、より多くの電力を生産できる。最新の概算値はまた、風力タービンの設計および性能の改善を反映した、新しい設備利用率(capacity factor)[注5]を使用して算出されている。

注1 AWS Truewind(予測会社)　http://www.awstruewind.com/

注2 米国は、北アメリカ大陸中央部の大西洋と太平洋に挟まれた本土(48 州とワシントン DC)、アラスカ、ハワイ島から成るが、この場合の本土を指す。出典：Wikipedia
http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%A1%E3%83%AA%E3%82%AB%E5%90%88%E8%A1%86%E5%9B%BD

注3 「理論的に算出された風力エネルギー資源量ではあるが、土地用途などの制約条件を考慮したものではない」という意味と考えられる。

注4 風力資源マップ　http://www.windpoweringamerica.gov/wind_maps.asp

注5 ある期間中における風車総発電量の、同期間中に定格出力で運転したと仮定して風車が発生可能な発電量に対する比。出典：NEDO 風力発電導入ガイドブック(2008 年 2 月改訂第 9 版)

翻訳：NEDO (担当　総務企画部　原田　玲子)

出典：
“Department of Energy Releases New Estimates of Nation's Wind Energy Potential”
http://www.nrel.gov/wind/news/2010/816.html

【再生可能エネルギー特集】海洋温度差発電　塩分濃度差発電

海洋温度差発電、塩分濃度差発電（世界）

本稿では、表題に関して、米国ストラテジック・ビジネス・インサイト社（SBI : Strategic Business Insights, Inc.）のレポートを編集・翻訳して紹介する。

アプローチ

米国ストラテジック・ビジネス・インサイト社（SBI：Strategic Business Insights）のエクスプローラ・プログラム（Explorer programs）は海洋エネルギー技術の発展について詳述しているが、これは同社のデータベースを出発点として使用している。この海洋エネルギー技術分野においてさらなる活動が進行中であることを確認するために、二次的検索ツールを利用した調査を行った。ウェブサイトの検索および追加検索により、最近の知的財産（IP）、研究出版物および自由に入手可能な企業情報全体から研究開発活動を調査した。調査では研究グループおよび技術開発者に関わる最近の活動に注目した。下記に調査方法を列挙する。

- **エクスプローラ・スキャン（Explorer and Scan）**：出発点。SBI エクスプローラ・スキャン・プログラムに関する情報の要約
- **ウェブサイト**：特定の海洋エネルギー技術を取り上げた企業や組織のウェブサイト
- **研究出版物**：過去 10 年間に出版された興味深い研究論文を特定するため、Google Scholar を利用しターゲット検索
- **特許活動**：esp@cenet と Google Scholar を利用し、過去 10 年間に申請された特許の検索

はじめに

波力エネルギーと潮汐エネルギーシステムの研究開発は、過去数十年間で急速に進展した。さらに研究者やプレーヤー達は、下記のように海洋エネルギーを利用するための別の方法を模索している：

o　海洋温度差発電　海は温水という形で太陽からのエネルギーを貯蓄する世界最大の太陽熱収集器である。海洋温度差発電（Ocean thermal-energy-conversion : OTEC）システムは発電タービンを駆動させるために、海洋表面の温水と深海の冷水の温度差を

利用する。OTEC 技術は、表層の温水と深海の冷水の温度差が約 20℃（華氏 36 度）の場所で最も効果的である。ハワイや他の熱帯地域がこの条件を満たしている。3 種類の OTEC 技術がある。クローズドサイクル OTEC では、熱交換器が表面の温水からアンモニアなどの低沸点の液体へ熱エネルギーを伝導する。アンモニアは蒸発すると膨張し、これによりタービン発電機が回り、電力が作り出される。冷たい深層水が蒸気を液化しサイクルが完了する。オープンサイクル OTEC では温かい海水を低圧室に入れ、蒸発・気化させる。膨張した蒸気が発電機に取り付けられたタービンを駆動させる。冷たい深層水が蒸気を液化すると純水を得ることができる。ハイブリッドシステムは上記アプローチを組み合わせたものである。温かい海水を真空室に入れ、フラッシュ蒸発により蒸気に変換する。蒸気が低沸点の液体を気化させ発電タービンを駆動する[1]。過去数十年間にわたり、複数のプレーヤーが OTEC システムを開発している：東芝（日本）と米国の Sea Solar Power 社は試作システムを開発した[2]。重要な技術開発には、佐賀大学（日本）の上原春男氏と池上康之氏により開発されたウエハラサイクルが含まれる。上原氏は 2005 年 4 月、OTEC 促進のため、独立研究組織である NPO 法人海洋温度差発電推進機構（Organization for Promotion of Ocean Thermal Energy Conversion：OPOTEC）を設立した[3]。

o 海洋濃度差発電（塩分勾配発電、浸透膜発電とも呼ばれる）。　浸透膜発電は海水と淡水の塩分濃度の差を利用し電気を作り出す。2 種類の水が近接する場所では浸透圧を利用して電気を作り出せる可能性がある。こうした場所、河口は世界各地に存在する。塩分勾配発電には、風力や太陽エネルギーなどの再生可能なエネルギー源に優る一つの利点がある。それは、予測不可能な風力や日中のみ運用可能な太陽光とは異なり、河川は常に流れており、いつでも発電可能だという点である。また、この発電方法ではダムは必要ない。さらにインフラは堤防下に設置することができ、景観を損なったり、野生生物に悪影響を及ぼす可能性がある潮力や波力のインフラとも異なっている[4]。欧州では 2 企業が競争技術を開発している：Statkraft 社（スウェーデン、オスロ）は浸透膜発電（pressure-retarded osmosis:PRO）を、Redstack 社（オランダ、スネーク）は逆電気透析（reverse electrodialysis:RED）を開発している。研究者達は約 50 年前に上述の技術を理論化しているが、より良い費用対効果の方法で、膜技術によりある程度の発電が可能になったのは比較的最近になってからである[4]。主力プレーヤーである Statkraft 社は「浸透膜発電はクリーンで、再生可能なエネルギーである。世界的に 1600-1700 TWh（テラワット時）のポテンシャルがあり、これは中国の 2002 年の消費電力量に相当する」としている。
同社のウェブサイトから、浸透膜発電について詳述した多数の資料をダウンロードできる[5]。

SBI のエクスプローラおよびスキャンプログラム[注1]より

SBI エクスプローラ研究プログラムはすでに様々な形式で海洋エネルギーの詳細を取り上げている。最近の活動の要約は以下の通りである：

- 2009 年 11 月 24 日、Statkraft 社はノルウェーのトフテに 500 万ドルを投じ、世界初となる浸透膜発電所、PRO 実証プラントを開設した。同プラントはテニスコート程のビル内に 2,000 平方メートルの表面積を持つ浸透膜を格納、使用している。発電電力は 4 キロワットと微々たるもので、その 5 分の 1 の電力は同プラントへの揚水のため使用される。可能であれば、この揚水用のエネルギーを削減するため重力が利用されるかもしれない。約 3 キロワットの電力とは家電製品を 2, 3 台動かせる程度であるが、同社は 2015 年までに 25 メガワットを発電可能な大規模な工場の建設を計画している。フットボールスタジアムの規模となるこのプロジェクトは、500 万平方メートルの浸透膜から成る。同社はいずれ PRO 発電がノルウェー全体の電力需要の 10%を供給するだろうと構想している。世界各地の多くの河川とは違い、ノルウェーの通常の河川には泥やシルト（沈泥）がない。PRO 発電前に水を浄化するには莫大な費用がかかる可能性があり、これが多くの国で PRO 発電を実現不可能にしている要因かもしれない **[4,5]**。

- RED が他の再生可能エネルギーに対抗するためには、浸透膜価格を現在の 1 平方メートル辺り 100 ドル超から 1 ドルほどにまで、低減させる必要がある。しかし Wetsus 社（Dutch center for sustainable water technology）は 20W の電力を作り出す RED 装置の試作品を開発し、この技術を商業化するため RED stack 社を設立するに至った。Redstack 社と Wetsus 社は共同でハーリンゲン（オランダ）の岩塩坑に、数 kW の電力を作り出すパイロットプラント（試験施設）を開発した**[4]**。

ウェブサイト

- 国立再生エネルギー研究所（NREL：米国）の研究者らは幾つかの重要な分野において OTEC 技術の改善に取り組んでいる。NREL のウェブサイトによると、目標は「①適切な規模の実証プラントにおける OTEC プラント稼働についてのデータ取得　②冷水パイプ技術を開発・特徴付けし、材料・デザイン・展開・設置についての情報データベースの作成　③伝熱性能改善とコスト削減のため熱交換器システムについてのさらなる研究の実施　④オープンサイクル・システム用大型機械のための革新的なタービン構想を研究　⑤海洋温度差エネルギー抽出の先進概念の確認・評価」である。研究者らは「ある経済分析では、今後 5~10 年で、海洋温度差発電（OTEC）プラントが

注1 非公開（有料）データベース。

競争力を持つかもしれない。しかし、これはハワイや南太平洋など孤立した地域に限ってだ」と述べている[6]。

- 海洋エネルギー協議会（Ocean Energy Council：フロリダ、ウェストパームビーチ）は「1929 年にようやくフランス人技術者の George Claude 氏がキューバ沿岸に 22kW の機械を建設した。OTEC の新しいデザインはまだほとんどが実験的なもので、小規模なもののみが建設された。最大の容量は、100kW の電気を作り出す日本近辺に建設されたものである。他の小規模な OTEC はハワイ沿岸にあり、50kW の電気を作り出している。うまくいけば、OTEC は 2MW の電力を作り出すとされている。しかし本格的な OTEC の建設には何百万ドルというコストがかかり、建設自体が非常に難しいだろう」としている[7]。

- Lockheed Martin Corporation 社（米国）は OTEC 開発において中心的プレーヤーである。ニューヨークタイムズ紙の 2009 年 4 月の記事は「この技術はまだ研究段階にあるものだが、大規模化に成功すれば、最終的には重要な手段となるだろう。同社と Makai Ocean Engineering 社との共同アプローチでは、海の表層水を使用し加圧液体（通常はアンモニア）を温かい海水よりも少し低い温度で温め沸騰させる。ここで得られたガスにより、タービン発電機を駆動させる。そして大きなパイプを通して深海から冷水をくみ上げ、ガスを液化する。このサイクルが繰り返される」としている[8]。

- ハワイに 10MW の海洋温度差発電（OTEC）パイロットプラントを開発するため、2008 年に Lockheed Martin 社と台湾工業技術研究院（Taiwan Industrial Technology Research Institute：ITRI）が新規提携を結んだ。Lockheed Martin 社は 30 年以上にわたり OTEC 技術を開発・研究している。このプロジェクトは 600,000 ドルという多大な額の資金援助を、米国エネルギー省（DOE）から受けた[9,10]。

- さらに 2009 年 9 月、Lockheed Martin 社は重要な OTEC システムコンポーネントの開発およびパイロットプラントのデザイン向上のため、米海軍と契約を交わした。これは大規模なユーティリティプラント開発における段階的ステップの一つである。プラントデザイン向上の中核には、システムの冷水パイプとプラットフォーム間のインターフェースの開発が含まれる。本契約は 800 万ドルを少し上回る。インド国立海洋技術研究所（National Institute of Ocean Technology：NIOT；インド、チェンナイ）はすでに冷水をくみ上げるためのパイプを設計している。Lockheed Martin 社はここ数年、このパイプ技術活用のため NIOT と協議を行っている[11]。

- Energy Recovery 社（米国）は淡水化アプリケーション用に PX 圧力交換器を開発したが、同社の技術は浸透膜発電アプリケーション用としても注目を浴びている[12]。

- デルフト工科大学（Delft University of Technology：オランダ）電気化学分野の教授である Hans de Wit 氏は RED エネルギーに対して批判的である。Royal Dutch Academy of Science に持続可能なエネルギーについてのレポートを作成した同氏は「RED エネルギーを効率的に稼働するには多大な努力が必要である。しかし貢献度の少ない技術に対して、大きな努力を払うことは全く意味を成さない」と述べる[33]。

文献調査

ウェブサイトの調査と同様に、Google Scholar を利用して、過去 2 年間（2010 年 2 月 5 日まで）に発行された研究論文を対象に、タイトル[TI] や概要[AB]に関連検索用語が含まれる記事の検索を行った。

表 1 は、研究機関が海洋熱技術に関し発行した代表的なもの 5 件を示しており、“OTEC ocean” “ocean thermal energy” というフレーズを含む記事から選択したものである。表 2 は、浸透圧発電を取り上げ最近発行されたもの 5 件を示しており、“osmotic power” “salinity gradient power” というフレーズを含む記事から選択したものである。

表１：最近の研究出版物（OTEC）

大学/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
Lockheed Martin （米国）	「海洋温度差発電：再生可能な高信頼性エネルギー」**[13]**	“Using its globally renowned expertise in engineering and systems integration, Lockheed Martin is successfully pioneering new ways to utilize solar, wind, and wave energy as an alternative to fossil fuels. One project, Ocean Thermal Energy Conversion, or OTEC leverages the temperature difference between surface water and deeper ocean troughs in tropical and sub-tropical oceans. Though the fundamental technology behind OTEC is proven, the use of OTEC on a large, utility scale, as an economically viable option, must still be demonstrated. Lockheed Martin hopes to prove the viability of the system in the next few years.” **[13]**
Cheju National University （韓国）	「海洋温度差発電（OTEC）：原子力発電所の冷却器排水の利用」**[14]**	“This paper evaluated the thermodynamic performance of the OTEC power system. Computer simulation programs were developed under the same conditions but with various working fluids for a closed system, a regeneration system, an open system, a Kalina system, and a hybrid system. The results showed that the regeneration system using R125 showed a 0.17 to 1.56% increase in system efficiency. Moreover, the system can generate electricity when the difference in temperature between the warm and cold seawater inlet temperatures is greater than 15 °C. In addition, the system efficiency of OTEC power plants using the condenser effluent from a nuclear power plant instead of surface water was increased by approximately 2%.” **[14]**

大学/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
Offshore Infrastructure Associates （米国）	「海洋温度差発電（OTEC）：技術上の実現性、コスト予測、開発戦略」**[15]**	“Due to the recent progress in systems design, heat exchangers efficiency, the high costs of fossil fuels experienced in 2008, combined with the fluctuations in the oil world market, several companies have re-evaluated the use of OTEC…. One of OTEC’s greatest advantages is that it allows the co-production of potable water, in addition to electric power through desalination.” **[15]**
Makai Ocean Engineering, Inc. （米国、ハワイ州）	「海洋温度差発電：コスト低減への挑戦」**[16]**	“The OTEC process is straightforward, is technically feasible, and has been demonstrated several times. However, OTEC has not been commercialized due to high capital costs and competition from cheap fossil fuel… For validation of this model, a conceptual design and cost estimate of a 100MW plant was completed and costs were included based on similar offshore structures built today. The study concluded that OTEC is attractive; the background on this study and conclusions are provided in this paper.” **[16]**
長岡技術科学大学 （日本）	「太陽熱利用（Solar-boosted）海洋温度差発電所の性能シミュレーション**[17]**	“This paper describes the performance simulation results of an OTEC plant that utilizes not only ocean thermal energy but also solar thermal energy as a heat source. This power generation system was termed SOTEC (solar-boosted ocean thermal energy conversion). In SOTEC, the temperature of warm sea water was boosted by using a typical low-cost solar thermal collector.” **[17]**

出典：SBI

表 2：最近の研究出版物（浸透圧発電）

大学/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
University of Nevada Reno（米国）	「浸透膜発電：実験的研究および理論的研究」 **[18]**	“Pressure retarded osmosis (PRO) was investigated as a viable source of renewable energy. In PRO, water from a low salinity feed solution permeates through a membrane into a pressurized, high salinity draw solution; power is obtained by depressurizing the permeate through a hydroturbine…. Maximum power densities of 2.7 and 5.1 W/m^2 were observed for 35 and 60 g/L NaCl draw solutions, respectively, at 970 kPa of hydraulic pressure.” **[18]**
VITO（Flemish Institute for Technological Research；ベルギー）	「逆電気透析による塩分勾配発電：電気出力に関するモデルパラメータの影響」 **[19]**	“Salinity gradient power (SGP) is based on the chemical potential difference between concentrated and dilute salt solutions. Reverse electrodialysis (RED) can thus be used to produce electricity by a SGP-RED unit. In principle,a highly concentrated solution can be recovered from a seawater desalination unit (SWDU) and its concentration further increased using solar energy.” **[19]**
The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology（SINTEF；ノルウェー）	「浸透膜による塩分勾配からの発電可能性」**[20]**	“A large amount of potential renewable energy can be extracted from the mixing of freshwater and seawater. Two membrane processes can be used to extract this energy, namely pressure retarded osmosis (PRO) and reverse electrodialysis…. It appears that PRO exhibits a significant potential for power production and future developments may further improve this. A specific power in the order of 5 W/m2 of membrane seems possible and approximately 40 per cent of the potential mixing energy of freshwater with infinite amount of seawater can be converted to mechanical energy.” **[20]**

大学/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
Wetsus, Centre of Excellence for Sustainable Water Technology（オランダ）	「逆電気透析：50セルスタックの、海水および河川水混合の性能」**[21]**	"With a stack of 50 cells (of 10 cm × 10 cm), a power density of 0.93 W/m^2 was obtained with artificial river water (1 g NaCl/L) and artificial sea water (30 g NaCl/L), which is the highest practical value reported for RED. This value is achieved due to an optimized cell design using a systematic measurement protocol... With 3 stages a cumulative energy efficiency of 18% is achieved. A fourth stage did not increase this value." **[21]**
University of Twente, Institute of Mechanics, Processes and Control Twente（IMPACT; オランダ）	「逆電気透析：発電電力増加用イオン伝導スペーサ」**[22]**	"Reverse electrodialysis (RED) is a sustainable energy source that converts the free energy of mixing of two solutions with different salinity directly into electrical energy. High power outputs are predicted theoretically, but the practical power output and the efficiency of the process are still relatively low. Next to concentration polarization phenomena, especially the spacer shadow effect, which occurs due to the use of non-conductive spacers, has a high impact on the net power output…. In this work we developed and applied ion conductive spacers for RED, which eliminates the spacer shadow effect and obviously improves the overall process performance" **[22]**

出典：SBI

特許活動

特許活動を見ると、技術進化に関する情報が明らかになる。表 3 は、過去 5 年間において公開された、タイトル[TI]や概要[AB]欄のいずれかに"OTEC" というフレーズを含む特許を示している。表 4 は、2010 年 2 月までに公開された、浸透圧発電に関する特許を記載している。

表 3：最近の特許活動（OTEC）

企業/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
Energy Island Ltd. （英国）	「海洋温度差発電」**[23]**	“An open cycle ocean thermal energy conversion (OTEC) plant generates electricity and desalinated water…. relatively warm ocean water is pumped into the vacuum containing chamber where it is evaporated, the vapour passing through a turbine , which generates electricity, to the other of the chambers where it is condensed into desalinated water using relatively cold ocean water.” **[23]**
Sustainable Resources, Inc. （米国）	「海洋温度差発電における熱伝導」**[24]**	“For OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion), rather than transfer huge quantities of cold water from deep in the ocean to the surface to provide a heat sink for a heat engine or for desalination, this invention provides a method of using small masses of low- boiling-point fluids to absorb heat in a heat exchanger near the ocean surface using the latent heat of evaporation and then depositing the latent heat of condensation in a deep ocean heat exchanger, using the cold seawater as a heat sink. The condensed liquid is pumped back to the ocean surface. The heat engine (turbine) and generator can be at the ocean surface, or it can be in deep ocean. By using a fluid that transfers heat by evaporation and condensation, much larger quantities of heat can be moved per kilogram of fluid than can be transferred by moving the same mass of seawater.” **[24]**

企業/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
Hawaii Oceanic Technology, Inc. （米国）	「自動位置調整機能を持つ外洋向け水中プラットフォーム」**[25]**	“An open-ocean fish-growing platform has a submersible cage structure for growing fish… and an ocean thermal energy conversion (OTEC) system for generating electric power for thruster units to maintain the cage structure in the target geostatic position.” **[25]**
Lockheed Martin （米国）	「石油製品を用いる熱電エネルギー変換システム」**[26]** 「OTEC 冷水パイプシステム」**[27]**	“A system for generating electrical energy based on a temperature differential between petroleum products extracted from a geothermal reservoir and water from a region of a body of water is disclosed. Some embodiments comprise a submerged pump and a submerged OTEC system, wherein the OTEC system provides locally generated electrical energy to the pump.” **[26]** “A system for relieving the stress on an Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) cold water pipe includes a slidable joint that couples the OTEC cold water pipe to a surge tank at an opening in the surge tank. The system can further include a first flotation device that is coupled to the OTEC cold water pipe below the surge tank, and a second flotation device that is coupled to the OTEC cold water pipe within the surge tank.” **[27]**

出典：SBI；　esp@cenet

表 4：最近の特許活動（浸透圧発電）

企業/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
Statkraft （ノルウェー）	「浸透圧発電における半透膜の利用」**[28]**	“The present invention concerns a semi-permeable membrane for use in osmosis consisting of one thin layer of a non-porous material (the diffusion skin), and one or more layers of a porous material (the porous layer)... Further a method for providing elevated pressure by osmosis as well as a device for providing an elevated osmotic pressure and electric power is described.” **[28]**
三菱電機 （日本）	「浸透圧発電システム」**[29]**	“To provide stable power generation output, in an osmotic pressure power generation system for generating electric power by rotating a hydraulic turbine by a flow generated when fresh water permeates into seawater via a semipermeable membrane.” **[29]**
Yale University （米国）	「浸透熱機関」**[30]**	“A method of converting thermal energy into mechanical work that uses a semi- permeable membrane to convert osmotic pressure into electrical power.” **[30]**
VITO （ベルギー）	「海水淡水化プラントおよび塩分勾配逆電気透析発電プラントの組み合わせ、及びそれらの利用」 **[31]**	“The plant has a sea water intake, a desalination unit comprising a reverse osmosis or a thermal desalination unit, a fresh water outlet and a brine outlet. A salinity gradient power unit has a brine inlet that receives brine as a high salinity feed from the brine outlet of the desalination unit, a seawater inlet, and a mixed water outlet. A solar power heater is located between the brine outlet and the brine inlet. The power unit is used as an energy source for the desalination plant. Seawater or a combination of seawater and fresh water is used as a low salinity feed to the power unit.” **[31]**

企業/研究機関	文献名 [参考文献]	概要からの抜粋
ecOcean renewable（スコットランド）	「波を利用する発電、および飲用水生産システム」[32]	“The invention pertains to a device and method for generation of electrical power from sea waves, with either simultaneous or no desalination of seawater.” [32]

出典：SBI　；　esp@cenet

まとめ

上記の情報および分析内容に加えて、各海洋エネルギー技術の全体的なまとめを以下に示す。

OTEC：

- OTEC 技術は以前から存在しているものである。しかしこれまで開発された最大のシステムでも約 100kW と、他の海洋エネルギー技術と比較すると低出力である。この技術はパイロットプラントで検証されてきたが、ここ 10 年間の動向を見る限りでは競争力がないと思われる。
- しかし現在、研究者やプレーヤー達は OTEC 技術の再評価・見直しを行っており、多くの研究出版物は技術そのものよりも新たな実現可能性を論じている。専門家達は、特に水不足およびエネルギーコストの高騰を考慮した場合、OTEC 技術が商業的に実現可能になりつつあると確信している。
- 近年、OTEC 技術では重要な技術が開発されていない。プレーヤーらは熱交換器などのサブシステムの最適化を行っている。
- しかし研究者達は、太陽エネルギーを利用して出力を増大させ、効率改善の研究を行っている。
- OTEC が効果的に機能するためには温水が必要である。プレーヤー達は温水源近くでの OTEC システムの展開を研究している。（例：原子力発電所の排水口）
- 世界的な水供給問題から、一部のプレーヤーは OTEC および海水淡水化（脱塩）システムの組み合わせを開発している。
- 資金調達は最小限：Lockheed Martin 社は 100 万ドルをはるかに下回る、限られた予算で技術開発を行っている。
- 一部のプレーヤーは、外洋航行浮体構造(ocean-going floating structure)と共に使用する OTEC システムの開発を提案している。これは、もっぱら発電に利用するため、あるいは水産養殖に利用するためのものである。
- 上記から、日本および米国は OTEC の技術開発において世界のリーダーである。

浸透膜発電：

- 浸透膜発電の概念は基本的には以前から存在しているが、実際には今でも比較的新しい技術である。
- そしていまだに多くの技術的および経済的課題が存在する：浸透膜は不純物などで詰まったり、適合膜の多くが非常に高価である。
- 試作システムの出力は、わずか数 kW と極端に低い。システムはまだ概念実証段階にある。
- すでに一部のプレーヤーは、最終的には世界のエネルギー需要の大部分に相当するほどのエネルギー生産が可能な、大規模なシステムを提案している。しかし浸透エネルギーがそこまで成功を収めることができるかどうか、専門家達は異論を唱えている。
- 研究者達は発電システムの全体的な効率改善のため、発電用浸透膜スタックを開発し、浸透膜のみでなくスタック内の他のコンポーネントについても研究開発に取り組んでいる。
- 浸透膜発電の開発においては欧州がリーダーであることは明らかであり、特にノルウェー、オランダおよびベルギーで開発が進んでいる。

参照文献

1. SBI Explorer Polymer Matrix Composites Viewpoints, October 2007 (http://www.strategicbusinessinsights.com/explorer/PMC/PMC-2007-10.shtml)
2. Sea O2 Web site (http://www.seao2.com/?a=otec)
3. OPOTEC web site (http://www.opotec.jp/)
4. SBI Explorer Membrane Separation Viewpoints, November 2009 (http://www.strategicbusinessinsights.com/explorer/MS/MS-2009-11.shtml)
5. Statkraft Web site article and resources on Osmotic Power (http://www.statkraft.com/energy-sources/osmotic-power/)
6. NREL Web site (http://www.nrel.gov/otec/)
7. Ocean Energy Research Council, OTEC Energy summary, (http://www.oceanenergycouncil.com/index.php/Ocean-Thermal-OTEC/OTEC.html)
8. “Generating Energy From the Deep,” New York Times, 29 April 2009 (http://www.nytimes.com/2009/04/30/business/energy-environment/30thermal.html?_r=1)

9. Renewable Energy World Web article, December 2008. (http://www.renewableenergyworld.com/rea//news/article/2008/12/hawaii-announces-10-mw-ocean-thermal-energy-partnership-54296)
10. Livemint Web site, 23 Febuary 2009. (http://www.livemint.com/2009/02/23213951/Ocean-power-Lockheed-seeks-In.html)
11. OTEC News Web site (http://www.otecnews.org/)
12. Osmotic Power, Inc. (http://osmoticpower.com/index.html)
13. Ocean News & Technology. Vol. 15, no. 4, pp. 30-32. June 2009 (http://md1.csa.com/partners/viewrecord.php?requester=gs&collection=TRD&recid=200910230125187CE&q=OTEC+ocean&uid=788375570&setcookie=yes)
14. International Communications in Heat and Mass Transfer, Volume 36, Issue 10, December 2009, Pages 1008-1013 (http://dx.doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2009.08.001)
15. Offshore Technology Conference, 4-7 May 2009, Houston, Texas (http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetropreview?id=OTC-19979-MS&soc=OTC)
16. Offshore Technology Conference, 4-7 May 2009, Houston, Texas (http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetropreview?id=OTC-20190-MS&soc=OTC)
17. Renewable Energy, 2009, vol.34, No 7, pp.1752-1758 (http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=21289838)
18. Journal of Membrane Science, Volume 343, Issues 1-2, 1 November 2009, Pages 42-52　(http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2009.07.006)
19. Desalination, Volume 237, Issues 1-3, February 2009, Pages 378-391 (http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2008.10.003)
20. Journal of Membrane Science, Volume 335, Issues 1-2,15 June 2009, Pages 103-110 (http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2009.03.003)
21. Journal of Membrane Science, Volume 327, Issues 1-2, 5 February 2009, Pages 136-144 (http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2008.11.015)
22. Journal of Membrane Science, Volume 347, Issues 1-2, 1 February 2010, Pages 101-107 (http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2009.10.011)
23. Patent GB 2444731 (also see www.energyisland.com)
24. Patent WO2007147035 (also see http://www.sriglobal.org/)
25. Patent WO2009032836 (also see www.hioceanictech.com/)
26. Patent US2010000214
27. Patent US2009178722

28. Patent US2009250392
29. Patent JP2009047012
30. Patent MX2009004911
31. Patent NZ566081
32. Patent WO2008074810
33. Ode Magazine, March 2009,
(http://www.odemagazine.com/doc/61/blue-energy/)

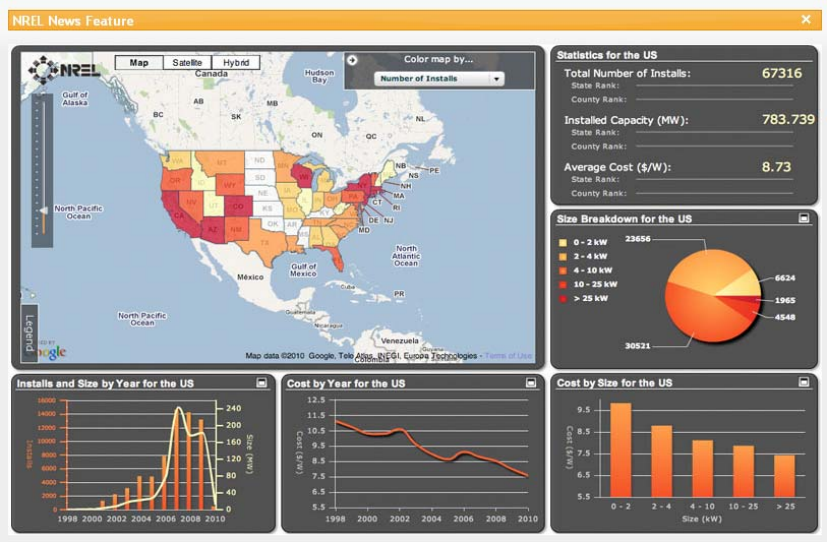
編集：NEDO（担当　総務企画部　久我　健二郎）
翻訳：NEDO（担当　総務企画部　飯塚　和子）

出典：Strategic Business Insights, Inc

【再生可能エネルギー特集】太陽光発電

太陽光発電装置の設置状況をモニターするツール（米国）

現在、太陽光発電(photovoltaic: PV)市場には、驚くようなマップとチャートが相互に関連し合った集約ツールが存在する。どこに PV パネルが設置されているのか、どのぐらいの規模か、いくら費用がかかり、どのぐらいの速さでこの産業が発展しているのか等を誰でも知ることができる。



「オープン PV」のマップ・メイカーによって、米国全体から郵便番号別のレベルまで、多種多様なグラフを使って、ユーザがデータを取り出せる。

米国内のどこに PV が設置されているのか、時の経過とともに、どのように PV 市場が成長しているのか興味はあるだろうか？　興味があれば、再生可能エネルギー研究所（National Renewable Energy Laboratory：NREL）　のウェブサイト[注1]上で、1998 年から 2009 年の間、米国内での PV 設置状況を表わす動的(dynamic)タイムマップを見てみよう。

ウィスコンシン州またはカリフォルニア州では、どのくらいの速さで 1 ワット当たりのコストが下がっているのかを知りたいだろうか？その場合は、上記のサイトの「Explore」ボタンをクリックして、「PV マーケット・マッパー(PV Market Mapper)」のアプリケーションを開き、米国のどの州でもよいので呼び出し、その州の長期に渡る PV 設置数、コスト、容量のグラフを見てみよう。

NREL の地理学者達が「オープン PV コミュニティ」を着想

オープン PV データベースは、NREL の戦略エネルギー分析センター(Strategic Energy

注1　http://openpv.nrel.gov/

Analysis Center[注2]内のデータ分析及び可視化グループ(Data Analysis and Visualization Group)の地理学者達の頭脳の産物である。

「私たちは PV 設置に関する情報のシェアに協力的なユーザのコミュニティを作っているところだ。」と地理情報システム(GIS)の開発者であり、オープン PV プロジェクトのプロジェクト・マネジャーのクリストファー・ヘルム氏は語った。「プロジェクトは生き物であり、呼吸をしている動的(dynamic)データベースである。人々が米国の PV 市場探索に使うので、リアル・タイムであることが必須だ。」

NREL の地理学者であるクリス・ヘルム氏とテッド・クィンビー氏が、ソーラー業界の人々が PV の設置、電力容量、コストに関して最新情報に通じていられるようにフリーソフト・ツール「オープン PV」を開発した。
Credit: Bill Scanlon

クリストファー・ヘルム氏と、GIS の開発者であり、「オープン PV プロジェクト」チームの特別研究員であるテッド・クィンビー氏は電力・水道・ガス会社、地方自治体、州政府、公的機関、一般市民からのデータのアップロードを受け入れている。

「このプロジェクトを立ち上げる上で大きな焦点となるのは、さらなるデータ・シェアリングに向かって拍車をかけることである。」とクィンビー氏は語った。「私たちは、このデータの収集と維持のために、コミュニティを発展させていきたい。」

現在までに、オープン PV は 64,000 以上のシステムの情報を有してしており、総設備電力容量は約 733 メガワットとなっている。

彼らは世間にはもっと多くのシステムが存在していることを知っている。しかし、データ・シェアリング化によって、PV 設置業者、政府職員、電力・水道・ガス会社の間での理解が増し、登録システム数は急上昇していくことを確信している。

ソーラー業界団体が「オープン PV」を受け入れ

二大ソーラー業界団体である、米国太陽エネルギー産業協会(Solar Energy Industries Association)と米国太陽エネルギー電力協会(Solar Electric Power Association)は、オープン PV プロジェクトの支持者であり、協会員たちのビジネスを成長させるツールとしてマップとグラフを活用することを奨励している。

注2　http://www.nrel.gov/analysis/

PV 設置業者はデータを使って、市場における自身の位置を調べることができる。データをシェアするようになれば、それに従って、彼らの知名度が増し、利益を得ることができるだろう。

「もし人々が近所の上位3位､あるいは上位5位までのPV設置業者を知りたいとする。その場合､マップのズームイン機能で画面を拡大して見つけることが可能だろう。」クィンビー氏は語った。「もし、自分が住む地方の設置業者を知りたいのなら、それも探すことが可能だろう。」

ユーザが米国内や地元のトレンドを探すことが可能に

オープン PV の「マーケット・マッパー(Market Mapper)」の導入は、ユーザにとって一種の時空連続体(time-space continuum)を体験するようなものだ。

ユーザはマップ上の自分の州の上をクリックして、他の州と、あるいは米国全体と、コスト、設置数、成長等を比較することが可能である。同様に、それぞれの州の郡や郵便番号別で比較することもできる。

「このアイデアによって、とても詳細なレベルまで情報を掘り下げることが可能になる」とクィンビー氏は語った。「人々は間もなくコメントを加えたり、彼らのシステムの写真をアップロードすることさえ可能になるだろう。」

ユーザは郡の名前か郵便番号をクリックするだけで、「コロラド州、ルイビルには設備が 42 ヵ所に設置されていることがわかる」とクィンビー氏は語った。「住所程度のデータがあれば、マップ化することもできる」

このプロジェクトの新しい検索ツールを使って、複雑な質問を問い合わせることが可能だ。例えば、ニュージャージー州で 10 キロワット以上のシステムはいくつあるか？州内のどこに存在するのか？　ユーザはいくつかの州のデータを次々と調べていき、彼ら自身の疑問への答えを見つけることが可能だ。たとえば、マサチューセッツ州では、1 ワット当たり、2002 年の 15 ドルから 2009 年太陽光発電装置の設置状況をモニターするツールの約 7 ドルまで、コスト削減を享受できたことがわかる。

「私たちは PV 市場と市場の変化の様子を本当に理解するため、時間と空間を変化させることができるデータベースを構築したのだ」とヘルム氏は語った。

データを提供したい人はアカウントを設定し、「シェア・データ(Share Data [注3])」のページを閲覧することができる。

ある設置業者は 200 軒の家に PV を設置した情報をアップロードするかもしれない。あるいは、郡のエネルギー委員会は 3 ヵ月間のトータル設置件数を報告するかもしれない。

最近、マサチューセッツ州は、NREL からの助成を一切受けずに 1,500 ヵ所に PV が設置されたという情報をアップロードした。

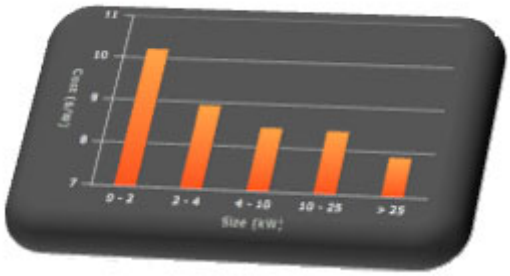
「このようなデータは雪だるま式に増え始めている」とクィンビー氏は語った。「初期の頃のように、外に出て自分でデータを聞きまわったりする必要がなくなってきている」

注3 http://openpv.nrel.gov/share

焦点を絞ったデータ

オープン PV プロジェクトには、カリフォルニア州だけで 50,000 ヵ所以上に PV が設置

「オープン PV」のグラフは通常、プロジェクトの規模が増すに従って、1 ワット当たりの設置コストが下がることを示している。



されたと記録されている。これは米国の総数の 4 分の 3 以上にあたる。

ニュージャージー州は 3,192 か所で 2 位となっている。その後、マサチューセッツ州、ニューヨーク州、アリゾナ州、コネチカット州と続く。

「人々はズームイン機能で自分たちのシステムを見たがる」とヘルム氏は語った。そのために、これはとても素晴らしいツールだが、集計された形でデータを見て、より大きな全体像を把握することはさらに素晴しいことだ。」

「オープン PV」によって、大幅なコスト削減を達成

サイト内の棒グラフの一つを見ると、2000 年から 2007 年にかけて、設置された PV システムの 1 ワット当たりの平均コストがかなり下がっているのがわかる。

オバマ大統領は「2015 年までにソーラー・エネルギーが化石燃料に対し競争力を持つ」という目標を掲げた。「このツールによってグリッド・パリティ(grid parity [注4])に向けたメカニズムの進捗をトラッキングすることが出来るだろう」とヘルム氏は語った。

「たった 5 年間でどのぐらい PV 電力コストが下がってきたか見て欲しい」とヘルム氏は付け加えた。「もう準備は整っているが、達成するまでには、もう数年間かかるだろう。」

オープン PV プロジェクトは 2009 年 10 月にオンライン化された。

「全般的な反応はポジティブなものであった」とヘルム氏は語った。「このサイトの素晴らしいところは、それ自体が PV データの主要なデータ・レポジトリ[注5]と位置付けられ、将来の PV 設置はもっと簡単にトラッキングと記録が可能になるだろう。」とヘルム氏は続けた。「PV 市場は確実に拡大するだろう。今後数年間でたくさんの PV システムが設置され

[注4] 風力発電や太陽光発電といった新たなエネルギー源による発電コストが既存の電力の価格（電力料金）と同等になること
http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B0%E3%83%AA%E3%83%83%E3%83%89%E3%83%91%E3%83%AA%E3%83%86%E3%82%A3

[注5] http://www.sophia-it.com/content/%E3%83%AC%E3%83%9D%E3%82%B8%E3%83%88%E3%83%AA

るだろう。」
　ヘルム氏とクィンビー氏は、風力、温水、地熱等、他の発電システム設置についても、時間と空間に跨るオープンデータベースを作っていきたいと思っている。

NREL のマーケット分析グループ(Market Analysis Group と太陽光発電研究(Photovoltaic Research)の詳細情報は以下のサイトで参照できる。
http://www.nrel.gov/analysis/market_analysis.html
http://www.nrel.gov/pv/

翻訳：NEDO（担当　総務企画部　髙村　祐子）

出典：
“Tool That Tracks Solar Installations is Open to All”
http://www.nrel.gov/features/20100312_openpv.html

【再生可能エネルギー特集】バイオマス　バイオ燃料　ハイスループット・パイプライン

高速パイプラインによるバイオマス解析（米国）

米国立再生可能エネルギー研究所（National Renewable Energy Laboratory: NREL）では、新パイプラインで 1,000 のバイオマスサンプルを同時に分析しており、適切な酵素を加えたときにどのサンプルが最も早く糖化され、バイオ燃料に変換されるかを発見しようとしている。

スイッチグラス、ポプラ、他の再生可能なバイオマスから車やトラック用の燃料を 360 億ガロン（1,362 億 6,000 万リットル）生産することになっている期限まで、あと 12 年に迫っている。

エネルギー自立・安全保障法には、米国は 2022 年までに 360 億ガロンのバイオ燃料を生産するという目標が記されている。これが実現すれば、現在ガソリンが独占している年間の輸送用燃料の 3 分の 1 が、バイオ燃料で占められることになろう。オバマ大統領は 2010 年 2 月に、同法を重視していると表明し、この法律により海外の石油に対する米国の依存度が低下し、公害が軽減し、国家安全保障が高まり、クリーンエネルギー関連の高給与の雇用が増加するであろうと述べた。

これを実現するのが大量のバイオマスであり、酵素が最も簡単に発酵性糖に分解できる樹木や植物を求めて、草原、森林、研究所に頻繁に出かけることになる。1 年前には、再生可能燃料になる可能性がある少数の樹木や植物を分析するのに、何十人もの大学生を動員して残業させても一週間かかったものだった。しかし今では、NREL の科学者やそのパートナーたちのお陰で、以前なら数種類のみの検査にかかっていたのと同じ時間で、1,000 以上のサンプルを検査できるようになったのである。同様に重要なことは、NREL の最新のハイスループット[注1]・パイプラインにより、原料とそれを分解する酵素の両方を選別して、バイオマスの糖化に最適な組み合わせを見つけ出せるということである。

驚異的な分析能力：新しく、不可欠

ハイスループットのバイオマス難分解性パイプライン（Biomass Recalcitrance Pipeline）は、バイオエネルギー科学センター（BESC）[注2]で生産されつつある大量のポプラ、スイッチグラス、他のバイオマスサンプルを分析するために建設された。BESC は、大学、企業、国立研究所からの 20 のパートナーが連携して、バイオマス原料の糖化を決定する要因についての基本的な理解を進めるためのものである。同センターは、エネルギ

注1 ハイスループット（high throughput）スクリーニングとは、自動化装置・ロボットなどを利用して迅速な物性評価を行う方法で、試料ライブラリの設計、合成、評価、情報処理等の段階から成るシステムである。
注2 BioEnergy Science Center: BESC（http://bioenergycenter.org/）

一省（Department of Energy: DOE）のエネルギー効率および再生可能エネルギー局のバイオマスプログラム[注3]、および同省の生物環境研究局[注4]のプログラムの支援の下で建設された。BESC で NREL が果たすべき役割の一つは、植物の細胞壁の難分解性を克服するためのヒントを求めて、数千もの異なる植物を選別するという気の遠くなるような作業を担当することである。

数年前には聞いたこともなかったようなパイプラインの驚異的な分析能力は、極めて重要である。なぜなら、単に適切な種類のポプラを探し出すという問題ではなく、干し草の山から針を探し出す（膨大な数の樹木の中から、遺伝子や化学的構造の理由で酵素を加えると糖化が起こり易くなるたった一本の木を探し出す）ようなものだからである。この木が見つかれば、農業用森林で成長の早い新しいポプラを生育し、再生可能な輸送用燃料向けに持続的に収穫できるのである。

バイオ燃料の収量が最も多い植物を見つけるために、科学者は小規模な醸造所をつくり、植物の細胞壁を壊すために酵素を加える。すると糖鎖が分離され、さらに微生物の助けを借りて発酵を経てバイオ燃料になる[注5]。

特定の植物が糖化に強く抵抗を示すことを、難分解性（recalcitrance）という。隠れた遺伝子や難分解性が最も小さな植物の科学的性質を見つけ出す NREL の取り組みは、複数の分野で海外の専門家たちの注目を集めた。彼らは、NREL や同研究所の最新鋭ハイスループット分析が植物の化学的性質、遺伝子、難分解性を迅速かつ同時に分析することに期待を寄せている。

NREL 化学・触媒科学グループのロブ・サイクス氏は、新たなハイスループット・パイプラインでの高速分析用にバイオマスのサンプルを回転トレーに置いている。**Credit: Pat Corkery**

現段階では、彼らはまだ調査を始めたにすぎないが、BESC で研究する NREL の研究者と NREL のパートナーは、最初の 1,000 本のポプラを分析した結果、自然状態では予想外に高い 25%という難分解性の差異があることを発見した。

注3 再生可能エネルギー局：Office of Energy Efficiency and Renewable Energy（EERE）バイオマスプログラム→http://www1.eere.energy.gov/biomass/

注4 生物環境研究局：Office of Biological and Environmental Research（http://www.er.doe.gov/Program_Offices/BER.htm）

注5 セルロース（多糖類に属する物質。グルコース分子がいくつもつながって構成されており、この構造を糖鎖と呼ぶ。）が酵素の働きによりグルコースに分離される（糖化という）。さらにグルコースが微生物の働きによりエタノールに変換される（発酵という）。このようなプロセスを説明した文章である。

再設計されたプレートで複雑な分析の処理が可能

NREL での重要なブレークスルーは、難分解性を検査し、しかも数百本（数本ではない）の木を同時に検査するのに必要な過酷な温度、圧力および pH 条件に対処し得る分析・評価（assay）システムを考案したことである。

「これはユーレカ[注6]といっても過言ではない。」NREL バイオ科学センターのディレクター、ジム・ブレイナード氏は、財布程度の大きさの 96 ウェル（96-well）[注7]プレートを持ち上げながら、こう述べた。一般的に、こうしたプレートは、液体を分注したり、サンプル調査を行ったりするときに使用されるが、NREL のチームはプレートを再設計することにより、極限の分析・評価条件でも分析を実施し、ウェルの中にバイオマスを正確に投入する作業をロボットに覚えさせる方法を見つけた。ポプラのサンプル（小さなビニール袋に入ったおがくず）がパシフィック・ノースウェスト研究所から NREL に届き、ロボットが各小袋からサンプルをひとつまみして、それを注意深くプレートのウェルに入れる。NREL のプレートの最もユニークなところは、バイオマスの前処理（酸および熱）用の反応器としても、その後の化学反応（サンプルに加えた酵素の働きによるグルコース、キシロース、他の糖への分離）用の装置としても機能することである。

NREL の上級科学者スティーブ･デッカー氏は、ロボットがポプラのサンプルに酵素を加えるのを注視している。これは、植物が糖化される方法を分析するハイスループット･プロセスの一部である。
Credit: Pat Corkery

NREL の研究者たちは、新たなハイスループット･パイプラインを用いて分析されたポプラが、確実に各ウェルにちょうど 5mg 入るよう注意を払う。
Credit: Pat Corkery

通常、プレートにある 96 のウェルのそれぞれには、バイオマスのサンプルを 5mg 投入する。プレートは 20 枚積み上げることができるので、約 2,000 のサンプルを同時に分析することもできるのである。サンプルが一つの器具から別の器具へ移動しながら、どのように酵素がサンプルから糖を分離し、結晶セルロースを分解するかが分析される。

注6 ユーレカ（eureka）とは、ギリシャ語で「見つけた」という意味。アルキメデスが、アルキメデスの原理を発見したときに発した言葉であると言われている。
注7 写真では、プレート上に穴が開けられている。これを、well（井戸）と呼んでいると思われる。

同時に、各サンプルの一部を用いて難分解性の一因となる細胞壁の化学的性質や遺伝子の特徴が分析される、と NREL 化学・触媒科学[注8]グループのマーク・デービス主席マネージャーが語った。これらの結果が、サンプルが採集された場所や環境などに関する情報に追加された時、あるいはこうした情報と関連づけられた時、「どの遺伝子が難分解性を決定しているかが明らかになり始めるのだ」デービス氏はこう語った。

最良の酵素と植物の発見には遺伝学と化学が必要

「NREL の高速パイプラインを用いた分析は、単に奇跡をもたらすような植物を見つけるのではなく、奇跡をもたらすような酵素を発見することでもある」とデービス氏は述べた。また、ハイスループット分析・評価により「結晶セルロースを分解できる酵素のライブラリ（library）の調査が可能になり、新たな酵素のカクテル（組み合わせ）を開発し易くなる」とのことである。目標とするのは、自然の状態で難分解性が最も低い植物を見つけることだけでなく、バイオマス原料と酵素の組み合わせを最適化できる検査法を開発することである。

NREL 化学・触媒科学グループのクリステン・グラコム氏は、研究所の最新鋭のハイスループット・パイプラインで分析される予定の 48 のポプラのサンプルを検査している。酵素がどのように細胞壁を壊して糖化させるかを理解することは、輸送用燃料用に最も費用効果的なバイオマスを発見するのに極めて重要である。
Credit: Pat Corkery

難分解性の化学的性質が解明されたとき初めて、栽培する植物を一か八かの賭けで決める事態から脱し、より高い商業的利益を上げることができるのである。

デービス氏のグループは、他の大学や BESC の研究者と協力しており、すでに量的形質座位（Quantitative Trait Loci: QTL）と呼ばれる染色体上にある点を確認する優れた方法を発見した。QTL を確認したということは、DNA という 2 万の遺伝子から成る二重鎖の片方の鎖にある約 100 の遺伝子内で何か興味深いことが起きていることを示している。ひとたび研究者のチームがホットスポット[注9]を絞り込むと、その後は遺伝学者がこれを引き継ぐことができる。遺伝学者たちは 100 程度の遺伝子を迅速に選別し、特異な値を示す一つの遺伝子を発見する。これが、不本意にも酵素に降伏して糖化するよう植物の細胞壁に指示を出す遺伝子である。

注8 Chemical and Catalyst Science（http://www.nrel.gov/biomass/chemical_catalyst_science.html）

注9 ゲノムの複製を阻害することにより，その阻害部位近傍の組み換えが活性化されるとき、組み換えが活性化した領域を「組み換えのホットスポット」という。（参照：「進化多様性生物学領域」、大学共同利用機関法人　自然科学研究機構　基礎生物学研究所、要覧 2006、p.38（http://www.nibb.ac.jp/catalogue/2006/pub_3839.pdf））

それでも、これらすべての主要サンプルを獲得するために働いた哀れな大学生たちの問題が残る。デービス氏によれば、原料の採取やサンプルの準備は「以前は実験の中でも簡単な部分であったが、今では労働集約的な部分になっている」という。

研究所の科学者たちは遺伝子に焦点を絞っているため、彼らはおそらく、糖化を促進する遺伝子だけでなく、細胞壁の厚さや高分子組成の違いに関連するかもしれない遺伝子も見つけるであろう。「このパイプラインの本当にすごいところは、それが非常に長いことである。植物生態学者や環境学者から、植物生育者や分子生物学者、分析化学者や酵素学者、バイオ情報科学者（bioinformaticist）、植物の細胞壁構造の専門家まで、幅広い領域の科学者が関わる。これらすべての科学者が協力しなければ、この任務を遂行することはできないだろう」とデービス氏は言う。

「企業や大学からサンプルが送られてくるお陰で、今年、我々の研究は本格的に進んでいる」デービス氏はこう続けた。NREL のパートナーには、オークリッジ国立研究所[注10]（最初の 1,000 本のサンプルの遺伝子を分析）や ArborGen（奇跡をもたらすような木を探査する産業界のパートナー）といった企業が含まれている。

デービス氏およびブレイナード氏は、バイオマスの可能性は非常に大きいと言う。「バイオマスは大気中から二酸化炭素を吸収するため、大気中の温室効果ガスの増加を抑制し、場合によっては温室効果ガスを減らすこともできるかもしれない。バイオマス原料は自己組織化[注11]し、自己修復し、自己再生する。確かに水や土地の使用といった注意すべき問題はあるが、バイオマスは今後 20 年で再生可能な輸送用燃料の第一候補になると考えている」とブレイナード氏は述べた。

NREL のバイオ科学およびバイオマスに関する研究の詳細はウェブサイト[注12]から参照できる。

翻訳： NEDO（担当　総務企画部　　吉野　晴美）

出典：High-Speed Pipeline Revs Up Biomass Analysis
（http://www.nrel.gov/features/20100308_pipeline.html?print）

注10 Oak Ridge National Laboratory （http://www.ornl.gov/）

注11 自己組織化（self-assembly、self-organization）とは、生物のように他からの制御なしに自分自身で組織や構造をつくり出す性質のことである。(引用：「自己組織化」、ウィキペディア (http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E5%B7%B1%E7%B5%84%E7%B9%94%E5%8C%96))

注12 バイオ科学→http://www.nrel.gov/basic_sciences/technology.cfm/tech=16
バイオマス→http://www.nrel.gov/biomass/

【エネルギー】省エネ

家庭用温水器や暖房器具に対するより厳しい省エネ基準(米国)

消費者が30年間で最大100億ドル節約できる新基準

2010年4月1日、ワシントンに於いて、エネルギー省(Department of Energy: DOE)のスティーブン・チュー長官は、暖房器具の主要商品群に対して、さらに厳しい基準を設けることを決定した。これにより消費者は、30年間で最大100億ドル(総計)を節約できるようになり、二酸化炭素の排出量を最大16,400万トン抑制できる。家庭用温水器、プールヒーター、および ガス暖炉のような暖房器具向けのこれらの新基準により、大気汚染を減らし、有害な窒素酸化物や水銀の大気への放出を防ぐ。これは、年間4,600万台の車を路上から排除することに相当する。

「これらの省エネ家電の基準は、全国規模で家庭やビジネスにおける省エネを図り行政機関が行う全体的な取り組みの中で、決定的に重要な部分である。我々が日常的に使う家電のエネルギー効率要件をひき上げることで、米国の家庭や企業の経費を節約し、炭素汚染を減らし、この先数十年間にわたってエネルギーセキュリティを高めることになるだろう。」とチュー長官は述べた。

3月31日に公表された新基準では、これら3種類の家庭用暖房製品に対する現行の省エネ基準がさらに厳しく設定されたが、これは、全米の家庭のエネルギー使用量の約18%を占める。この新基準の導入で、これらの製品のエネルギー消費量は大幅に減少し、たとえば大型電気温水器で47%、大型ガス湯沸かし器で30%以上の消費量が節約される。温水器の基準は2015年に有効となるが、プールヒーターや、ガス壁暖房、床暖房、暖炉などの暖房器具の基準は、2013年以降に製造される製品から適用される。

オバマ政権の下、エネルギー省は新家電基準の決定を早め、これらの重要な基準の強化を受け、新たな資金を投じてこれを重要視している。オバマ大統領が就任以来、エネルギー省は20を超すさまざまな製品について新省エネ基準を公表、または体系化した。これにより、消費者のエネルギー経費の負担が、2030年までに2,500億～3,000億ドル減ることになる。

- 2009年 3月– 皿洗い機、白熱電球、家庭用洗濯機など、2007年エネルギー自立・安全保障法(Energy Independence and Security Act of 2007:EISA 2007)に定められた基準で製造された家庭用および業務用製品14品目。
- 2009年 4月－ 電子レンジ、調理用オーブンレンジ

- 2009年 7月－ 蛍光灯および白熱反射灯
- 2009年 7月－ 業務用暖房器具、エアコン、温水暖房設備
- 2009年 8月－ 飲料自動販売機
- 2009年12月－ 業務用洗濯機
- 2010年 2月－ 小型電気モーター
- 2010年 3月－ 家庭用温水暖房器具、暖房器具、プールヒーター

この最新基準の適用を早めることに加え、オバマ政権は、現行の省エネ規制を大幅に強化した。たとえば同省は3月29日、AeroSys, Inc.[注1] に対し、独自に行った試験結果が、連邦エネルギー消費効率基準で許容されているエネルギー消費量を超えた空調装置およびヒートポンプの販売流通を止めるよう命じた。この家電基準ができる限り効果的なものになるように、同省は引き続き、一貫して積極的に全米の省エネ基準を強化する取り組みを行っていく。

詳細情報は、4月1日に決定した基準から参照できる[注2]。

翻訳：NEDO　(担当　総務企画部　原田　玲子)

出典：
“Secretary Chu Announces More Stringent Appliance Standards for Home Water Heaters and Other Heating Products”
http://www.energy.gov/news/print/8816.htm

注1 http://www.aerosysinc.com/
注2 http://www1.eere.energy.gov/buildings/appliance_standards/residential/pdfs/htgproducts_finalrule_notice.pdf

【エネルギー】省エネルギー　電子・情報

世界最少の消費電力量のデータ処理システム（独）

ドイツのコンピュータ科学者たちは、最少の消費電力量で大容量データ処理が可能になるシステムを開発し、その世界記録保持者となっている。その記録は、「ソート（並べ替え、分類）・ベンチマーク」のカテゴリーである「JouleSort[注1]」の中にリストアップされている。「JouleSort」は、1998 年、米国の著名なコンピュータ科学者であるジム・グレイ氏により、初めて定義され、支援と管理を受けた一連の性能計測標準である。「ソート・ベンチマーク」の中でトップの位置を確保したことは、小型でパワー効率の良いデータ処理システムとして大勝利を収めたことを示している。

優勝者はゲーテ大学(Goethe University)とカールスルーエ工科大学(Karlsruhe Institute of Technology: KIT)出身であり、前回のスタンフォード大学(Stanford University)のコンピュータ科学者チームが持つ記録を塗り替えた。この省エネ・データ処理システムはゲーテ大学の Ulrich Meyer 教授と KIT の Peter Sanders 氏の指導の元、KIT の後期博士課程(PhD candidates)在籍の Johannes Singler 氏とゲーテ大学の Andreas Beckmann 氏によって開発された。

このコンペティションのために研究者達は、各 100 バイトのデータセットから成る 10GB (gigabytes)、100GB、1TB (terabyte)の 3 種類のデータをソートしなければならなかった。最大 1TB（10 キロメートルの高さに山積みされた書類に相当する）のデータ量を処理するために優勝チームが使ったエネルギーは、わずか 0.2 キロワット時（およそ、水 2 リットルを沸騰させるのに必要なエネルギー量）だった。

優勝したシステムは、高い電力を必要とするサーバー・プロセッサーを使う代わりに、元々はノートパソコン用に開発されたマイクロ・プロセッサー（例えばインテル社のアトム・プロセッサー Atom Processor 等）を採用するという、斬新なアプローチをとっている。

科学者たちは、ソート効率の高いアルゴリズムを用い、また大量に電力を消費するハード・ドライブの代わりにソリッド・ステート・ディスク[注2] (Solid State Disks: SSD)を使用した。SSD は超高速で低消費電力という性能がある。

「長い目で見れば、現在使われている大型システムから、数多くの小型で消費電力が少

注1 「Joulesort は、システムのエネルギー効率の最適化に取り組む設計者のガイドラインとなるベンチマークである。」　引用：http://eetimes.jp/article/22189/
参考：http://csl.stanford.edu/%7Echristos/publications/2007.jsort.sigmod.pdf

注2 http://e-words.jp/w/SSD.html

なく、協調して動作するシステムに入れ替わっていくだろう」と Sanders 教授は語った。このような小さなシステムを使って世界記録を達成することで、世界中の IT 分野においてどのくらいの量のエネルギーが節約できるのかを証明した。

科学者たちはコンピュータ・サイエンスにおいて基礎的な課題のひとつであるデータ・ソーティングに焦点を絞って研究プロジェクトのアプローチを行った。例えば、インターネットに接続されているコンピュータが大量のデータを生成する場合などである。データを分析するためには、特定の基準でソートされなければならない。効率の良いデータのソーティングは、検索エンジンとデータベースにとっては重要な意味を持つ。そのため、コンピュータ・サイエンスの分野では重要な課題となっている。

2007 年以来、「ソート・ベンチマーク」は委員会により管理されている。このコンペティションの委員会メンバーには、オーディナル・テクノロジー社の Chris Nyberg 氏、ヒューレット・パッカード社の Mehul Shah 氏、マイクロソフト社の Naga Govindaraju 氏が含まれている。

詳細情報は下記のサイトで参照できる。

Sort Benchmark:　http://sortbenchmark.org/

Goethe University Frankfurt:　http://www.uni-frankfurt.de/english/index.html

Karlsruhe Institute of Technology:　http://www.fzk.de/fzk/

翻訳：NEDO（担当　総務企画部　髙村　祐子）

出典：
“German scientists break world record with novel data processing system”
http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=EN_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=31933