

# 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) —

1. 世界の風力発電総設備容量は 27%の急成長 (2007 年)	
	— 米国、中国、スペインが市場を先導 — 1
2. ユーロ・バロメータ(風力/地熱)の掲載に当たって	
	(NEDO 技術開発機構 研究評価広報部) 6
3. 風力エネルギー・バロメータ 2008 年 (EU)	
	—EU の設備容量は 57GW、世界の設備容量は 93.7GW に— 10
4. 地熱エネルギー・バロメータ 2007 年 (EU)	
	—2006 年の総設備容量は 9,564.6MWth、854.6MWe に— 27
5. 風当たりの強まる風力発電、「奇跡かベテンか」(EU)	43
6. ドイツにおける風力発電の動向	47
7. バイオマス資源として注目されるミスカンザス (EU)	49
8. バイオガス・バイオディーゼルプロジェクト (イタリア)	52
9. バイオエネルギー・アカウントを導入 (イタリア)	55
10. 中国のバイオマスの現状 —「緑色電源」(クリーンな電源)となるバイオマス発電の開発の動き—	57

## II. 一般記事

1. エネルギー	
米国 DOE は連邦一州協力による先進基礎研究に 520 万ドルを投資 (米国)	60
2. 環境	
NASA が北極大気と大気汚染の航空調査を開始 (米国)	62
数世紀に跨る高解像度気候モデルシミュレーションを実施 (米国) —ローレンス・リバモア国立研究所—	65
3. 産業技術	
粒子治療分野の世界的リーダー、IBA 社 (ベルギー)	68
メタフィルムが無線機やレーダー装置を小型化 (米国)	70

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 技術開発機構 研究評価広報部 E-mail : [q-nkr@nedo.go.jp](mailto:q-nkr@nedo.go.jp) Tel.044-520-5150 Fax.044-520-5162  
NEDO 技術開発機構は、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。

【再生可能エネルギー特集】 風力発電

## 世界の風力発電総設備容量は 27%の急成長（2007 年）

－ 米国、中国、スペインが市場を先導 －

本年 2 月、世界風力エネルギー協会(GWEC)は、2007 年の世界の風力発電新規設置容量が 2 万 MW(20GW)を超えたと発表した。米国、中国及びスペインが市場を先導し、2007 年末の世界の総設備容量は 94,123MW(94GW)となった。2006 年末と比較すると約 27%の増加である。NEDO 海外レポートでは、再生可能エネルギー特集として、この GWEC の発表の概要を同協会の許可を得て紹介する。

「風力エネルギーの現在の成長率は、私達の最も楽観的な予測をも超えている」と GWEC の Steve Sawyer 事務局長は話す。「世界的に見ても、風力エネルギーは世界のエネルギー市場で主流のエネルギー源となり、重要な役割を果たすようになってきた。現在では、世界の 70 以上の国でエネルギー源として貢献している。」

### 米国

米国は 2007 年の新規設置容量を 5,244MW と発表した。これは 2006 年の 2 倍以上であり、米国経済に 90 億 US ドル（60 億ユーロ）を超える投資をもたらした。また、米国の 2007 年の新規発電設備容量（石炭火力、水力など他の電源を含む）のうち、新しい風力プロジェクトは約 30%のシェアを占め、これは米国の 150 万世帯への年間電力供給量に相当する。米国の風力発電総設備容量は 2007 年に 45%成長し、現在は 16.8GW である。2009 年末までにはドイツを上回り風力発電の首位の座を勝ち取ることが予測される。

「これは三年連続で過去最高の成長率であり、風力発電は米国の最大の新しい電力供給源の一つとして確立された」と米国風力協会(AWEA: American Wind Energy Association)の Randall Swisher 専務理事は話す。「この並外れた加速的成長は、強い需要と、好調な経済、そして、連邦政府が策定する風力発電の税控除政策(PTC: production tax credit)によって起こっている。」

### 中国

中国の 2007 年の新規設置容量は 3,449MW で、市場の成長率は 2006 年と比べて 156%を記録した。この結果 2007 年末時点の総設備容量は前年末比で 134%増加して 6,000MW(6GW)を超え、現時点で世界第 5 位である。中国の再生可能エネルギー産業連盟(CREIA: Chinese Renewable Energy Industry Association)は、現在の成長率に基づき、2015 年までに約 5 万 MW(50GW)の容量に達すると予測している。

「中国の風力発電市場の成長は風力タービンの国内製造も刺激しており、国内の風力タ

ービン関連企業は現在 40 社以上を数える。国内産タービンの年間市場占有率は、2006 年は 41%であったが、2007 年には 56%となった」と再生可能エネルギー産業連盟の Li Junfeng 事務総長は話す。

「この占有率は将来大幅に増加すると予測される。国内のタービン製造能力の合計は現在約 5,000MW であり、2010 年までに 10~12GW に達すると予測される」と GWEC の Arthouros Zervos 会長は話す。

## 欧州

欧州市場の大きな驚きはスペインであった。スペインは 2007 年に新たに 3,522MW を導入し、新規設置容量では米国に次いで世界第 2 位へと躍進した。スペインの現在の風力発電総設備容量は 15GW を超えている。

2007 年欧州全域で稼動に至った新しい風力タービンの能力は、8,662MW であった。2007 年末の風力発電総設備容量は 57,135MW となった。これは二酸化炭素の排出を年間で約 9,000 万トン防ぐことになり、平均的な風の強さの年(average wind year)で、119TWh<sup>1</sup>の発電量に相当する。「風力エネルギーは現在欧州のどの発電分野よりも増えており、新たに導入された設備容量の 40%を占めている」と EWEA<sup>2</sup>の Christian Kjaer 政策部長は話す。

欧州は今なお風力発電市場をリードしており、2007 年末の総設備容量 57GW 強はなお世界の 61%のシェアを占める。しかし 2007 年の新規導入量のシェアは世界の 43%しかなく、75%近くあった 2004 年から大幅にダウンした。新規導入量ベースでは数十年ぶりに欧州以外のシェアが 50%以上を占め、この傾向は今後しばらく続きそうである。

## その他の地域

欧州、北米及びアジアが風力発電設備容量の拡大に引き続き大きな貢献をしている一方で、中東や北アフリカ地域も風力発電の新規導入容量が 42%増加し、2007 年末時点で 534MW に到達した。新しく設備が増加したのは、エジプト、モロッコ、イラン、そしてチュニジアである。

インドも堅調に成長を続け、風力発電総設備容量は 2006 年の 6.2GW 強から 8GW に増加した。

太平洋市場は成長が鈍化していたが、2007 年に新たな勢いが出てきた。特にニュージーランドでは 2007 年に 151MW 導入された。オーストラリアでは、新たに選出された労働

---

<sup>1</sup> テラワットアワー=1 兆 Wh=10 億 kWh

<sup>2</sup> The European Wind Energy Association: 欧州風力発電協会

党政権が京都議定書を批准して、2020年までに再生可能エネルギーのシェアを20%にすると約束し、未来の風力エネルギー開発に楽観的見通しを打ち立てた。

2007年の世界の風力市場は、新しい発電設備について経済価値に換算すると、約250億ユーロ（360億USドル）に相当する。各種の指標については以下の図1～5を参照されたい。

図1：総設備容量トップ10（2007年末）

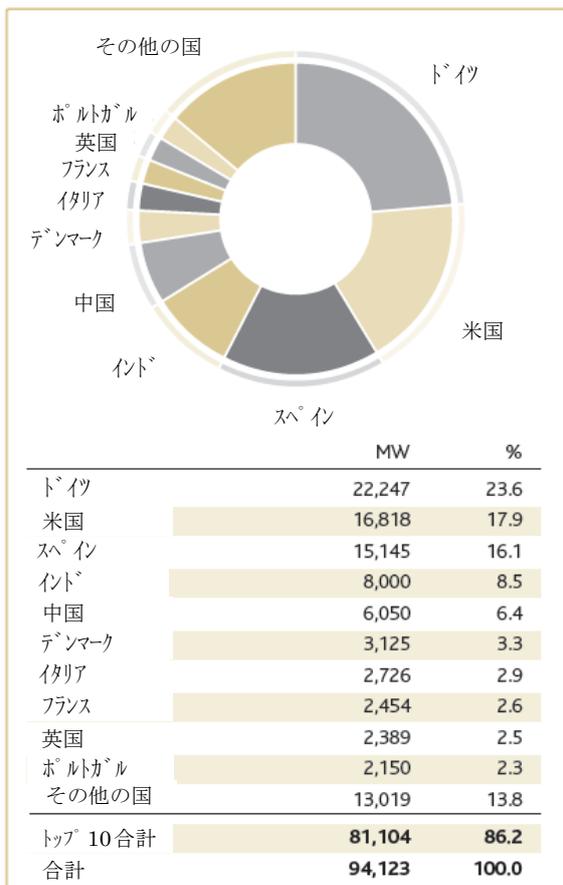


図2：新規設置容量トップ10（2007年）

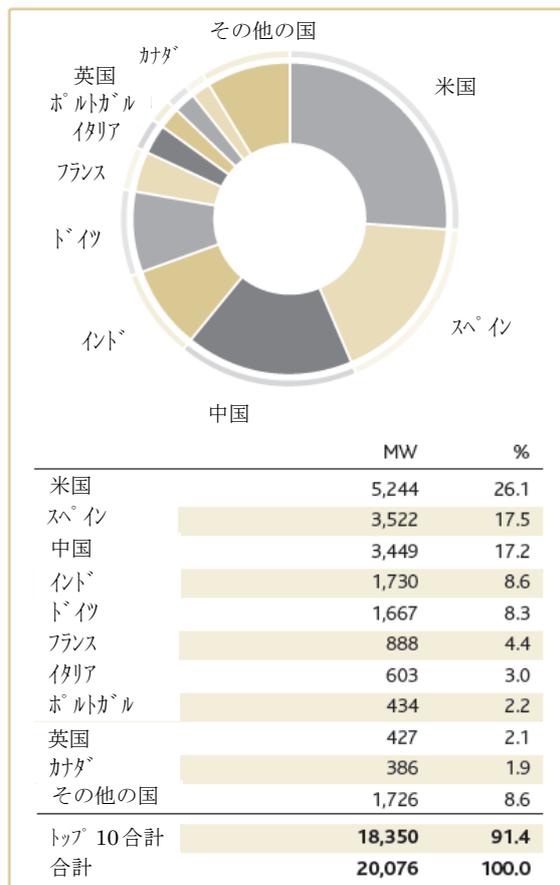


図 3 : 世界の総設備容量 (1996~2007 年)

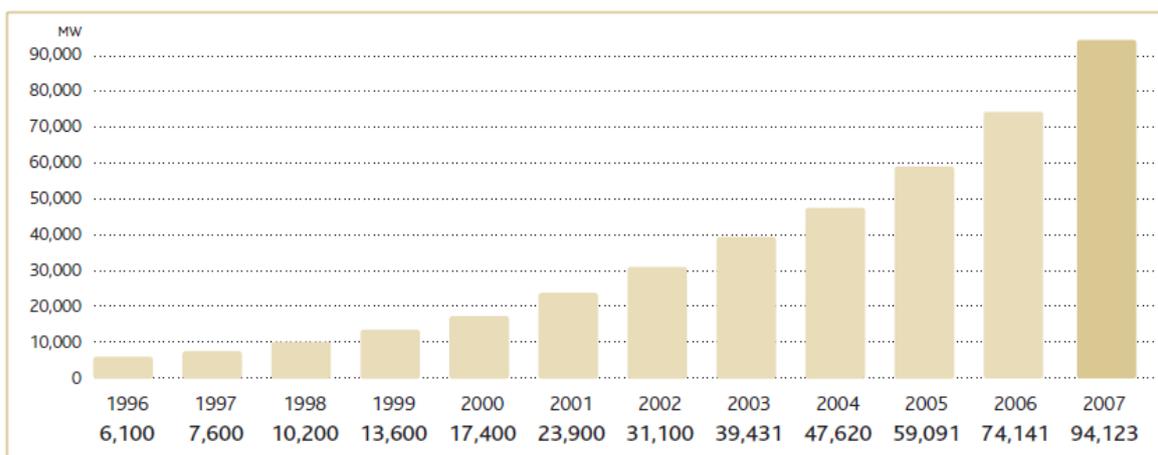


図 4 : 世界の新規設置容量 (1996~2007 年)

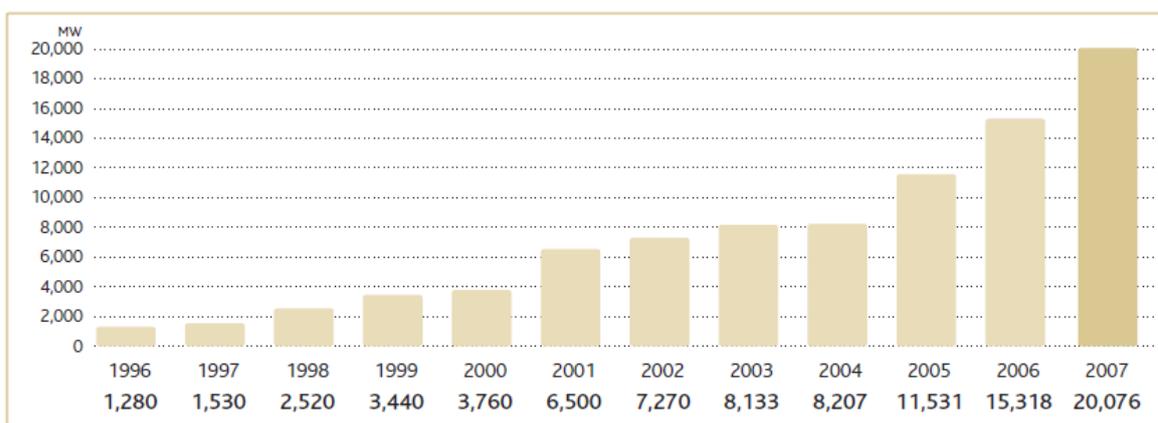
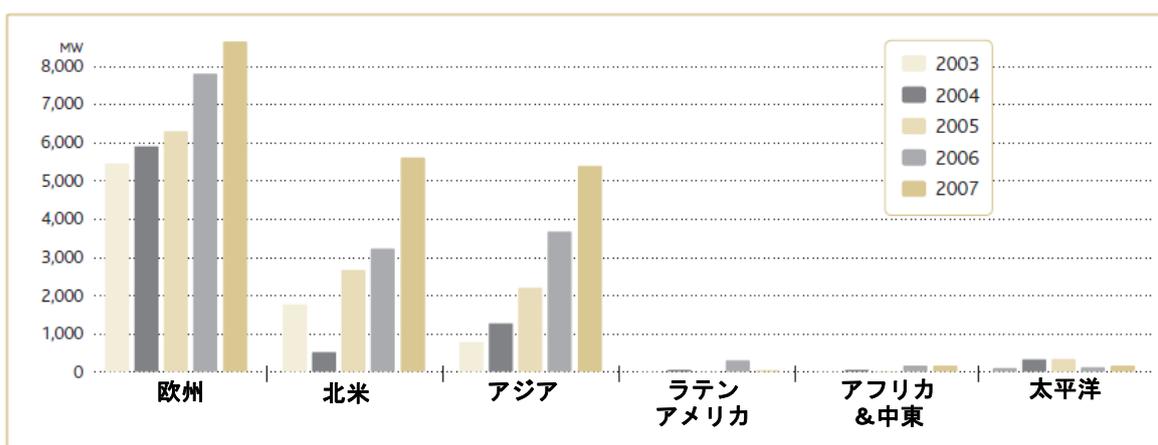


図 5 : 地域別の新規設置容量 (2003~2007 年)



## 風力発電と CO<sub>2</sub> 排出削減

風力エネルギーは温室効果ガスの排出回避や気候変動との闘いにかかなりの影響力を持っている。世界の風力発電の総設備容量 94GW で、毎年 CO<sub>2</sub> の排出を約 1 億 2,200 万トン防止できる。この量は約 20 施設分の大規模石炭火力発電所から排出される CO<sub>2</sub> 量に相当する。

「CO<sub>2</sub> を排出しない風力発電はすぐに配電網に接続することができ、気候保護の目標を達成する上で大きな役割を果たすはずである。もし私達が気候変動の最悪の影響を回避しようとするならば、温室効果ガスの排出量が山場を超えて減少を始めなければならない現在から 2020 年間の重要な時期に、風力発電が特に大きな役割を果たすだろう」と GWEC の Steve Sawyer 事務局長は話している。

「風力発電は、従来型の電源に対する経済的な競争力を増している。化石燃料の価格の不安定さが増し、エネルギー安全保障についての懸念が増していることは、風力発電がどの点から見ても、新しい発電設備として最も魅力的な選択肢であることを意味している」と GWEC の Arthouros Zervos 会長は話している。

「私達は現在、2020 年までに毎年 CO<sub>2</sub> を 15 億トン削減するという目標を達成する道のりの途上にいる」と Steve Sawyer は話した。「私達には、化石燃料からの脱却と気候の保護に真剣に取り組むという強いメッセージを、世界中の政府から送ってもらうことが必要である。」

原訳：大釜 みどり、編集：NEDO 研究評価広報部

出典：

[http://www.gwec.net/index.php?id=30&no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=139&tx\\_ttnews\[backPid\]=4&cHash=6691aa654e0](http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=139&tx_ttnews[backPid]=4&cHash=6691aa654e0)

[http://www.gwec.net/uploads/media/chartes08\\_EN\\_UPD\\_01.pdf](http://www.gwec.net/uploads/media/chartes08_EN_UPD_01.pdf)

[http://www.gwec.net/index.php?id=30&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5btt\\_news%5d=121&tx\\_ttnews%5bbackPid%5d=4&cHash=f9b4af1cd0](http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5btt_news%5d=121&tx_ttnews%5bbackPid%5d=4&cHash=f9b4af1cd0)

(GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - Copyright 2005 Used with Permission)

【再生可能エネルギー特集】 風力発電 地熱エネルギー

## ユーロ・バロメータ（風力／地熱）の掲載に当たって

NEDO 技術開発機構 研究評価広報部

オブザーバー社は毎年、欧州の再生可能エネルギーに関する報告を「ユーロ・バロメータ」として発表している。このうち風力発電について、NEDO 海外レポートでは 1010 号（2007.10.31 発行）で「風力エネルギー・バロメータ 2007 年」を特集記事として取り上げた。今年 2 月新たに「風力エネルギー・バロメータ 2008 年」が発行されたので、本号では「再生可能エネルギー特集」として、別稿にてその全文を掲載する。

また、いささか紹介が遅れたが昨年 9 月には「地熱エネルギー・バロメータ 2007 年」が発行されている（最新データは 2006 年）。こちらは 2005 年に発行されて以来 2 年ぶりである。NEDO 海外レポートとしてはこれを初めて取り上げ、同じく「再生可能エネルギー特集」として、別稿にその全文を掲載する。

本稿ではこの 2 つのバロメータのポイントを概説する。

### 1. 「風力エネルギー・バロメータ 2008 年」

#### 内容（構成）

- ①世界及び欧州の風力発電設備容量の推移
- ②普及に向けた欧州主要国の政策（インセンティブ）
- ③欧州の風力発電による発電量
- ④風力タービンの大型化
- ⑤市場及び競争の国際化（欧州企業の中国進出 vs. 中国企業の欧州進出）
- ⑥主要タービン製造企業の動向

このうち、①②③について以下にポイントを紹介する。風力発電設備容量および発電量の推移については、「風力エネルギー・バロメータ 2008 年」では直前の 2007 年及びその前年の 2006 年についてのデータのみが示されているので、参考までに 2007 年版バロメータによるデータを合成して、最近 3 年間の実績推移をとりまとめた。

#### ①世界及び欧州の風力発電設備容量の推移

バロメータでは最初に世界の風力発電設備容量の推移を示している。世界の風力発電設備容量はこの 3 年間に急速に拡大している（表 1 および本号別掲記事「世界の風力発電総設備容量は 27%の急成長（2007 年）」参照）。欧州はなお世界最大の風力発電市場であるが、米国、インド、中国などの伸びが著しいため、世界市場に占めるシェアは低下した。

欧州の中ではこれまでドイツ及びスペインが市場を牽引していたが、2007 年にはフランス、イタリア、英国などでも大きな伸びが見られ、欧州全体に市場が拡大する傾向にある。

また、欧州の関心は洋上風力発電へ向いており、新しい洋上ウィンドパークの試運転や建設計画が進められたことも紹介されている。

表1 世界の風力発電総設備容量(MW)

地域	2005 年末	2006 年末	2007 年末
EU	40,490	48,123	56,347
その他欧州	397	564	668
<b>欧州全体</b>	<b>40,887</b>	<b>48,687</b>	<b>57,015</b>
米国	9,149	11,603	16,818
カナダ	684	1,460	1,770
<b>北米全体</b>	<b>9,833</b>	<b>13,063</b>	<b>18,588</b>
インド	4,434	6,270	8,000
日本	1,150	1,394	1,400
中国	1,260	2,594	6,000
その他アジア諸国	254	392	392
<b>アジア全体</b>	<b>7,098</b>	<b>10,650</b>	<b>15,792</b>
その他	1,417	1,990	2,283
<b>世界全体</b>	<b>59,235</b>	<b>74,390</b>	<b>93,678</b>

\*操業が廃止されたウィンドファームは除外する。

出典：EurObserv'ER 2008、EurObserv'ER 2007 等より編集部で作成

表2 EU 主要国の風力発電総設備容量(MW)

国名	2005 年末	2006 年末	2007 年末*
ドイツ	18,415	20,622	22,247
スペイン	10,028	11,630	15,145
デンマーク	3,129	3,135	3,132
イタリア**	1,718	2,123	2,726
フランス	756	1,737	2,455
英国	1,332	1,961	2,388
ポルトガル	1,047	1,681	2,150
オランダ	1,224	1,559	1,747
オーストリア	819	965	982
その他	2,022	2,710	3,375
<b>EU27 カ国</b>	<b>40,490</b>	<b>48,123</b>	<b>56,347</b>

\*操業が廃止されたウィンドファームは除外する。

出典：EurObserv'ER 2008、EurObserv'ER 2007 等より編集部で作成

## ②普及に向けた欧州主要国の政策（インセンティブ）

この中では、2007年に著しい伸長を示したスペインの場合、「固定買取価格<sup>1</sup>」と「市場

<sup>1</sup> 固定買取価格：feed-in tariff. 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

「価格+割増金」の2本立ての選択肢を用意したことが推進力になったと分析している。反対にドイツでは固定買取価格が年を追うごとに低下する制度のため、伸びがスローダウンしている。

### ③欧州の風力発電による発電量

設備容量の増加に伴い、発電量も伸びていることが示されている。風力発電は現在、EUの発電量のうち3%を占めており、3,270万世帯の電力需要に相当する。

表3 EUにおける風力発電量(TWh<sup>2</sup>)

国名	2005年	2006年	2007年*
ドイツ	26.500	30.500	33.662
スペイン	20.706	22.924	28.771
デンマーク	6.609	6.108	6.114
英国	2.908	4.225	5.170
フランス	0.986	2.191	4.200
イタリア	2.338	2.971	4.184
ポルトガル	1.725	2.892	3.776
オランダ	2.067	2.734	3.500
オーストリア	1.325	1.738	1.950
その他		1.541	1.944
EU27カ国	69.138	81.589	98.005

\*推計

出典：EurObserv'ER 2008

## 2. 「地熱エネルギー・バロメータ 2007年」

### ①地熱利用の諸形態

「地熱エネルギー・バロメータ 2007年」では最初に、地熱エネルギーの利用にはいわゆるエンタルピー<sup>3</sup>の高さに応じた諸形態があることに触れている。

表4 地熱エネルギー利用の諸形態

地熱資源のエンタルピー	温度	用途
高	150～350℃	発電（地熱蒸気が直接タービンに送られる）
中	90～150℃	バイナリーサイクル発電 <sup>4</sup>
低	50～90℃	熱の直接利用（浴槽、地域暖房、ビル空調、温室など）
極低	30℃以下	地熱ヒートポンプ

とを送電事業者が義務付けた「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。

<sup>2</sup> TWh (テラワットアワー) = 1兆 Wh = 10億 kWh

<sup>3</sup> エンタルピー(H)は、ある系の内部エネルギー(U)と、圧力(P)と体積(V)を乗じたものの和。

$$H=U+PV$$

<sup>4</sup> 地下から汲み上げた熱水の熱を作動流体（アンモニアなど）に伝える。作動流体は水より低い温度で蒸発し、ここで発生した蒸気を利用して発電を行う。

## ②発電設備容量と発電実績

2007年（稼働予定を含む）の世界の地熱発電総設備容量は9,737MW（約10GW）であるが、これを風力発電の設備容量（約94GW）と比較するちょうど1桁小さい。世界の中でシェアが高いのは米国、フィリピン、インドネシア、メキシコである。

欧州全体の設備容量は2007年（稼働予定を含む）で約860MWで全世界に占めるシェアは10%に満たない。欧州の中ではイタリアのシェアが圧倒的で、イタリアは世界第5位である。（別掲「地熱エネルギー・バロメータ2007年」の表1及び表2参照）。

## ③熱生産（直接利用）

低エンタルピーの地熱エネルギーは、発電用には使えず、浴槽、プール、温室、地域暖房ネットワークなど熱の直接利用の形態で使用される。2006年の欧州全体での設備容量は2,491MW、石油換算約79万トン／年であった。欧州の中ではハンガリー、イタリア、フランス、スロバキアが主要な生産地である（別掲「地熱エネルギー・バロメータ2007年」の表3参照）。

## ④地熱ヒートポンプ

極低エンタルピーの地熱エネルギーは、地熱ヒートポンプを使って建物の暖房、空調用に利用する。多数の国が市場の正確な統計を有していないが、欧州はこの技術を開発した世界の主要地域のひとつである。欧州では2006年末時点で、約60万台が設置されていると推定され、設備容量では、7,328.6MWに相当する（別掲「地熱エネルギー・バロメータ2007年」の表4参照）。熱の直接使用の約3倍の規模である。

欧州内ではスウェーデンのシェアが高く、ドイツ、フランス、デンマーク、フィンランド、オーストリアなどがこれに続く。

## ⑤主要ヒートポンプメーカー

現在、ヒートポンプ産業は、地熱エネルギー産業の中で最大かつ最も活力のある分野である。EUには数十のメーカーがあるが、主要なものは、スウェーデン、ドイツ、フランス、オーストリア、スイスなど主要なヒートポンプ市場にある。


**【再生可能エネルギー特集】風力発電**
**風力エネルギー・バロメータ 2008年(EU)**

-EUの設備容量は57GW、世界の設備容量は93.7GWに-

需要が生産容量を上回る状況が続く中、2007年の一年間で8,328.2MWが新たに欧州に導入された。またこの年、グローバル化の傾向はさらに進み、世界市場における欧州のシェアは2006年の50.9%から43.5%に下がった。欧州の関心は洋上風力発電へ向いており、新しい洋上ウィンドパークの試運転や建設計画が進められた。

表1 世界の風力発電総設備容量(MW)

地域	2006年末	2007年末	増減*
EU	48,122.7	56,346.9	8,224.2
その他欧州	564.0	668.0	104.0
<b>欧州全体</b>	<b>48,686.7</b>	<b>57,014.9</b>	<b>8,328.2</b>
米国	11,603.0	16,818.0	5,215.0
カナダ	1,460.0	1,770.0	310.0
<b>北米全体</b>	<b>13,063.0</b>	<b>18,588.0</b>	<b>5,525.0</b>
インド	6,270.0	8,000.0	1,730.0
日本	1,394.0	1,400.0	6.0
中国	2,594.0	6,000.0	3,406.0
その他アジア諸国	392.0	392.0	0.0
<b>アジア全体</b>	<b>10,650.0</b>	<b>15,792.0</b>	<b>5,142.0</b>
その他	1,990.0	2,283.0	293.0
<b>世界全体</b>	<b>74,389.7</b>	<b>93,677.9</b>	<b>19,288.2</b>

\*操業が廃止されたウィンドファームは除外する。

出典：EurObserver 2008 (European Union figures)/AWEA 2008 for United-States, Wind Power Monthly 2007 and GWEC (others)

世界の風力発電容量はさらに著しく増加し（2006年比+25.9%）、その総設備容量は93,677.9MWとなった（表1、図1）。欧州は引き続き風力発電市場で優位を守ったものの（世界市場の43.5%）、一方で北米（同28.5%）とアジア（同26.5%）もシェアを大きく伸ばした（図2b）。今後統計データが整理されれば、アジア市場が急激に成長していることが明らかになるだろう。AWEA<sup>1</sup>によれば、米国では新たに5,244MWが導入されて総設備容量が16,818MWとなり、同国は世界の風力発電市場において優位な立場を維持した。この成長は2008年も持続しており、年頭の時点で3,500MWを超える設備がすでに建設中である。PTC<sup>2</sup>の期限を2008年12月31日まで延長するという政府の決定は、米国に大きな利益をもたらしている。また、アジア市場も目覚ましい成長を見せている。2007

<sup>1</sup> American Wind Energy Association（米国風力エネルギー協会）

<sup>2</sup> Production Tax Credit（生産税控除）

年、中国は世界の風力発電市場で第3位に付き（前年比+約3,406MW）、今後急速に世界の主要市場に成長する可能性がある。インドもまた非常に好調であり、2007年の新規設置容量は約1,700MWであった。

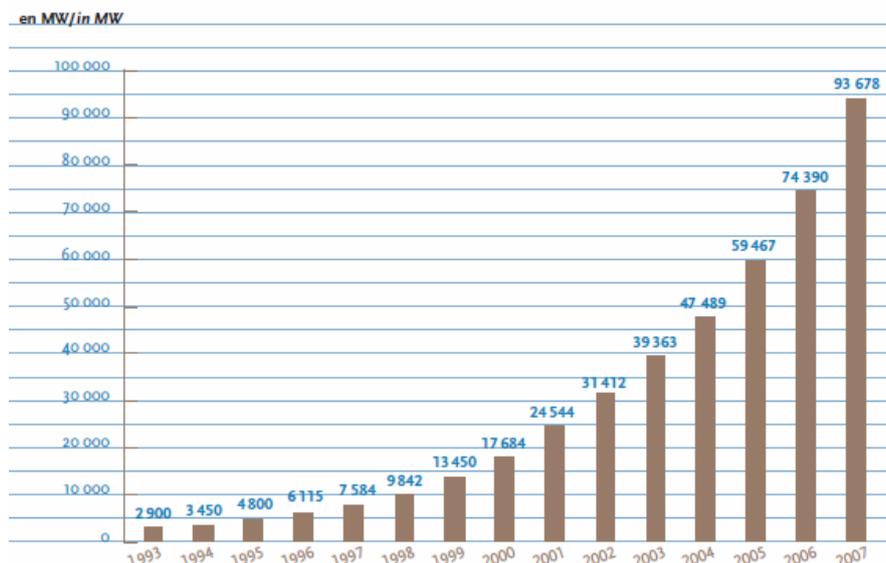


図1 世界の風力発電総設備容量(MW)

出典：EurObserv'ER 2008

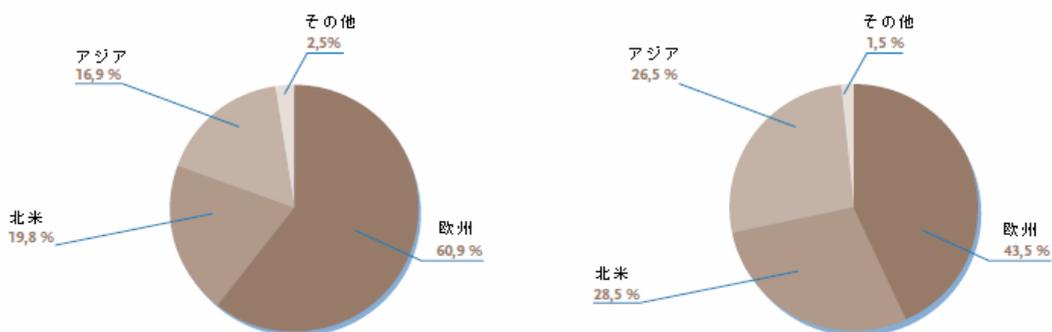


図2 世界の地域別風力発電設備容量 (2007年末) 図2b: 世界の地域別風力発電実績 (2007年)

出典：EurObserv'ER 2008

### EUの総設備容量は56,346.9MWに

米国とアジアの目覚ましい成長がEU市場に不利に働くことはなかった。2007年、EU市場はさらに成長し、8,332MWが新たに導入された（2006年は7,461.1MW）。これにより総設備容量は56,346.9MWとなった（表2）。EUの新規設備市場全体のうちスペイン市場が42.2%、ドイツ市場が20%を占めているが、欧州市場は多様化が進んでおり、これら

2 ヶ国への依存は減少している。人口あたりの設備容量で見た場合、上位 5 ヶ国はデンマーク、スペイン、ドイツ、ポルトガル、アイルランドの順である（図 3）。

表 2 EU 各国の風力発電設備容量(MW)

国名	2006 年末	2007 年末*	2007 年の新規設置*	操業廃止
ドイツ	20,621.9	22,246.9	1,667.0	42.0
スペイン	11,630.2	15,145.1	3,514.9	-
デンマーク	3,135.0	3,132.1	2.5	5.4
イタリア**	2,123.4	2,726.1	633.3	30.6
フランス	1,736.9	2,455.1	718.2	-
英国	1,961.4	2,388.4	427.0	-
ポルトガル	1681.0	2,149.6	468.6	-
オランダ	1,558.9	1,747.0	210.0	21.9
オーストリア	964.5	981.5	19.5	2.5
ギリシャ	746.5	871.0	124.5	-
アイルランド	746.0	803.4	57.4	-
スウェーデン	519.0	653.0	134.0	-
ベルギー	194.3	286.9	92.6	-
ポーランド	152.6	262.0	109.4	-
フィンランド	86.0	110.0	24.0	-
チェコ共和国	43.5	100.0	56.5	-
ハンガリー	61.0	65.0	4.0	-
リトアニア	26.2	60.8	40.0	5.4
エストニア	32.0	56.0	24.0	-
ルクセンブルク	35.3	35.3	0.0	-
ブルガリア	32.0	32.0	0.0	-
ラトビア	27.0	27.0	0.0	-
ルーマニア	3.0	7.6	4.6	-
スロバキア	5.2	5.2	0.0	-
スロベニア	0.0	0.0	0.0	-
キプロス	0.0	0.0	0.0	-
マルタ	0.0	0.0	0.0	-
EU27 各国	48,122.7	56,346.9	8,332.0	107.8

\*推計

\*\*イタリアでは操業廃止はなかったが、合計容量 30.6MW に相当する風力タービンが、修復されて利用されている。  
出典：EurObserv'ER 2008

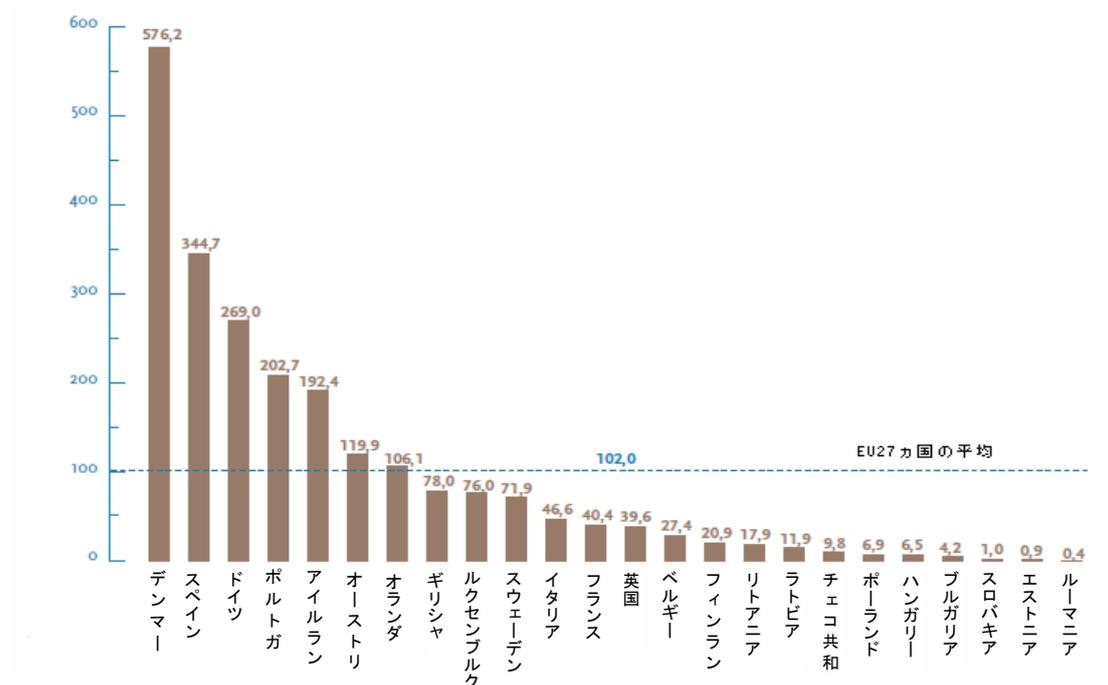


図3 欧州における人口1,000人当たりの風力発電容量 (2007年、kW)

注：スロベニア、マルタ及びキプロスは風力発電設備を持たない。 出典：EurObserv'ER 2008

### 洋上風力発電の設備容量が1GW以上に

EU市場の健全さを示すもうひとつの兆候として、洋上風力発電の重要性が増していることが挙げられる。洋上風力発電は、欧州における風力発電の将来を担う分野である。昨年、英国のBurbo Bank (90 MW)とMoray Firth (10 MW)、およびスウェーデンのLillgrund(110 MW)という3つの新しい洋上ウィンドファーム<sup>3</sup>が送電系統に連結された。これらの新しいウィンドファームの導入により、EU全体での洋上発電の総設備容量は1ギガワットを超えた(試験段階のプロトタイプ設備も含めて1,122.5MW)(表3)。

表3 EU各国の洋上風力発電\*設備容量(MW)

国名	2006年末	2007年末
デンマーク	426.4	426.4
英国	303.8	403.8
スウェーデン	23.5	133.5
オランダ	126.8	126.8
アイルランド	25.0	25.0
ドイツ	7.0	7.0
EU27カ国	912.5	1,122.5

\*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。

出典：EurObserv'ER 2008

<sup>3</sup> ウィンドファーム：複数の風力発電設備を設置した集合風力発電所のこと。ウィンドパークとも呼ばれる。

スペインは新しい目標を設定

2007年、スペインでは3,514.9MWが新たに増設され、同国は2006年に引き続き、新規設備の導入においてEU内で首位の座を守った。これにより、同国の総設備容量は15,145.1MWに達し、徐々にドイツの設備容量レベルに迫りつつある。この成功の要因のひとつは、2004年から実施されているインセンティブ制度にある。この制度では、風力発電業者は固定買取価格<sup>4</sup>を適用するか、あるいは割増金を上乗せした市場価格で電力を売却するかを選択することができる(表4)。割増金は平均電力価格の40%相当とされ、毎年新たに設定される。電力の市価が高騰していることから、これまで特に後者の制度は発電業者にとって有利に働いてきた。しかし、この制度はもはや現状に即していないという判断から、風力発電部門の関係者との長期にわたる話し合いの末、政府はこの制度を修正し、新しい勅令661/2007を制定した。新しい制度においても、発電業者は固定買取価格と割増金のどちらかを選ぶことができる。ただし、固定買取価格は7.32c€(セントユーロ)/kWh(これまでは6.8c€/kWh)に増額された。この価格は20年間維持され、その後6.1c€/kWhに減じられる。一方「市場価格+割増金」の方では、7.1275c€/kWhの最低価格と、8.4944c€/kWhの最高価格が設定された。これは、風力によって発電された電力に対する過剰な優遇を防ぐためである。市場価格が上限価格に達した時点で割増金は打ち切られる。

スペイン政府は、今年から導入される新しいインフラ計画の枠組みの中で、2016年に29GWの容量を達成するという新しい目標を設定する予定である(2011年に20GWという初期目標からの移行)。また、2030年以降には風力発電の設備容量は40GWに到達する可能性があるという見込みがあり、それだけの設備容量を送電系統に統合するために必要となる手段や資金について、現在、調査・検討が行われている。今後、洋上ウィンドパークが増えていくことは、ますます明白かつ確実になっている。昨年7月20日に制定された新しい勅令では、洋上ウィンドファームを建設する際の承認の手順と基準が定められ、さらにそれらの承認を実施する機関も指定された。

ドイツでは洋上への移行にはまだ時間が必要

ドイツ市場が2006年の躍進の後、低迷することは予想されていた。しかしその低迷は予想を超えたものとなり、ドイツにおける2007年の新規設置容量は1,667MWにとどまり、総設備容量は22,246.9MWとなった。ドイツの風力発電市場では、陸上部門から洋上部門への移行がまだ進んでいない。しかしこの状況は一時的なものに過ぎず、ドイツで初めての洋上ウィンドファームが、今年、ボルクム島近くのAlpha Ventusで着工されることになっている。この実験施設は5MWの風力タービン12基によって構成され、2社の発電業者が各自の設備をテストできるものとなる。ドイツで洋上風力発電が重要性を増すのは2010年以降になると考えられている。

<sup>4</sup> 固定買取価格：feed-in tariff. 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。

表4 風力発電を推進するために各国が採用している優遇制度（買取価格）

国名	制度	適用年数	陸上風力発電(c€/kWh)			洋上風力発電(c€/kWh)		
			2006	2007	2008	2006	2007	2008
ドイツ*1	FIT (固定価格買取)	5年(陸上) 又は 12年(洋上)	8.4	8.2	8.0	9.1	9.1	8.9
		最長20年 (陸上・洋上)	5.3	5.2	5.1	6.2	6.2	6.1
フランス	FIT	15年(陸上) 又は 20年(洋上)	8.2(最初の10年)、2.8~8.2(11年め以降の5年。設備負荷により金額が異なる。)			13(最初の10年)、3~13(11年め以降の10年。設備負荷により金額が異なる。)		
オーストリア	FIT	10年 (その後減額されて2年)	7.8	7.6	n.a.	-	-	-
スペイン	FIT	20年	6.9	7.3 (20年経過後6.1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	割増金+ 市場価格		-	7.1(最低) から 8.5(最高)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
ギリシャ	FIT-本土	20年	7.3	7.6	n.a.	9.0	9.3	n.a.
	FIT-離島		8.5	8.7	n.a.	9.0	9.3	n.a.
オランダ	割増金(MEP)*2	10年	7.7/6.5/0*3	0	n.a.	9.7	0	n.a.
	2008年以降、 基準価格(SDE) (市場価格を含む)	15年	-	-	7.1	n.a.	n.a.	10.7/10.6
ポルトガル	FIT	15年	7.4/7.5	7.4/7.5	7.4/7.5	7.4/7.5	7.4/7.5	7.4/7.5
英国	ROC (再生可能エネルギー 義務証明書*2)	-	5.6	6.6	7.1	5.6	6.6	7.1
イタリア	グリーン認証*2	-	13.9	13.7	n.a.	13.9	13.7	n.a.

\*1 ドイツでは、運転開始後最初の数年間(陸上は5年、洋上は12年)はより高額のFITを得られる。

\*2 発電電力量に対して定められた割増金が市価に上乘せされる。

\*3 2006年7月1日までは7.7c€/kWh、同8月18日までは6.5c€/kWhが適用された。この後者の日付以降、予算の都合により割り増しは0(ゼロ)c€/kWhに定められた。 出典：EurObserv'ER 2008

陸上風力発電市場の低迷を引き起こしている原因は、ひとつには建設地として適した土地を新しく見つけるのが困難だということにある。2004年7月21日の再生可能エネルギー法の改正により、技術的な進歩とこれまでに掛けてきた準備期間の影響を踏まえて固定買取価格が次第に減額されることになったため(毎年-2%)、コストダウンのためには十分な風力を確保できる土地を見つけていることが不可欠になっている。陸上風力発電に対して20

年間保証される最低買い取り価格は、2007年に導入された設備に対しては5.17c€/kWhであったが、今年は5.07c€/kWhに下がった。ただし最初の5年間は、各設備の発電量に応じて買取価格が増額される可能性がある（2007年は最高8.19c€/kWh、2008年は最高8.03c€/kWh）。固定買取価格は洋上風力発電に対しても定められているが、今のところこの分野の市場が存在しないこと、またコストの低減が見込まれることから、現在は利用されていない。

昨年11月7日、再生可能エネルギー法は議会による評価を受け、適切なものであると認められた。この評価は、設備容量の指標、CO<sub>2</sub>排出の予防量、雇用の創出数などに基づいて実施され、議会による報告書では、再生可能エネルギーの占有率を2010年までに27%に増やすことが推奨された。この報告書ではまた、陸上・洋上風力発電などの特定の技術に対して固定買取価格を調整する必要性が指摘された。独環境省は、洋上については最初の12年間を14c€/kWhとし、それ以降、金額を大幅に下げて3.5c€/kWhとすることを提案している。

#### 英国の大いなる野心

英国は2007年の終わりに、これまでになく大規模な風力発電プロジェクトを発表した。2020年までに、同国の約2,500万世帯のすべてで消費される量に相当する電力を7,000基の洋上風力タービンによって発電するというものである。この政府プロジェクトでは、すでに計画されている8GWに加えて、発電業者が洋上風力タービンを利用して最大で25GW分の電力を生産できるようになるという。この野心的な計画は、洋上風力タービンの開発における企業の自信や戦略を強化するという効果をもたらしている。BWEA<sup>5</sup>によれば、2007年の新規設置容量は、洋上部門の100MWを含めて427MWであった。今年、この成果を遙かにしのぎ、風力の重要性が目に見えて高まるはずである。現在1,290.8MWの設備が建設中である（うち457MWは洋上部門）ほか、すでに実施が決定されている117のプロジェクトによって4,911.9MW（うち洋上のプロジェクトは8件で、総設備容量は2,664MW）が導入される予定である。

英国では、グリーン認証制度である「再生可能エネルギー義務証明書制度(Renewable Obligation Certificates System : ROCS)」によって、再生可能エネルギーによる発電が支えられている。この制度では、一定の割当量に対して、電力市場価格にグリーン証書価格を上乗せした価格が適用される（すべての再生可能エネルギー種が対象とされる）。割当量は法令により毎年引き上げられ、2007～2008年には7.9%であるが、2015年には14.5%とされる予定である。電力供給業者は、証書で定められたエネルギーを自身で生産するか、市場メカニズムを通して再生可能エネルギー生産業者から直接これらのエネルギーを購入するか、あるいはその両方を組み合わせるかのどれかを選択しなければならない。十分な数の証書を提示することができなかった場合、この制度の規制母体であるOFGEM<sup>6</sup>に対して違約金（購入価格）を支払うことが義務付けられる。違約金の金額は、OFGEMが毎年、

<sup>5</sup> British Wind Energy Association（英国風力エネルギー協会）

<sup>6</sup> Office of Gas and Electricity Markets（ガス電力市場局）．英国内の電力・ガス供給事業を監督する政府機関。

小売物価指数<sup>7</sup>に応じて決定する。2007年4月1日から2008年3月31日までの期間は、この金額は5c€/kWh(34.3ポンド/MWh)に定められている。OFGEMは、証書を提示した業者に対してこれらの資金を分配し、それぞれの発電量への支払いとする。証書で定められた最低価格は、2007年には6.6c€/kWh(46ポンド/MWh)であった。政府は現在、新技術を支援するとともに、経済効果を超えた技術助成を防ぐために、制度改正に向けて議論を進めている。2007年5月末に政府が提案した新制度には、1MWhの風力発電に対し、陸上発電の場合には1枚の証書、洋上発電の場合には1.5枚相当の証書を発行するという内容が含まれている。

### 市場の育成に苦戦するフランス

フランスは、欧州で2番目に大きな風力資源を持つ国であると見なされているものの、今のところ市場成長の維持に苦戦している。2007年の同国の新規設置容量は718.2MW(フランス本土が712.7MW、海外県が5.5MW)にとどまり、2006年の981.3MWを下回った。この導入により、フランスの総設備容量は2,455.1MWとなった(コルシカ島およびフランス海外県、海外準県を含む)。総設備容量の内訳はフランス本土が2,363.5MW、コルシカ島が18MW、海外県が40.8MW、海外準県が32.7MWである。2006年のフランスの総設備容量のデータは、ウィンドパークと配電網の接続を管理しているEDF Distribution<sup>8</sup>によるデータの修正と、前回の推計に含まれていなかった、RTF<sup>9</sup>の管理する送電網に直接接続されている複数のウィンドパークのデータ(設備容量は27.5MW)が反映されて、上方修正されている。

フランスでは、バランスのとれた固定価格買取制度が採用されている。2006年7月10日の指令で定められた陸上風力発電の買取価格は、風力タービンの運転年数によって異なっている。最初の10年間は8.2c€/kWh、その後の5年間は2.8~8.2c€/kWhである(年間の標準運転時間により異なる)。洋上風力発電の買取価格も風力タービンの運転年数によって異なり、最初の10年間は13c€/kWh、その後の10年は3~13c€/kWhである。

フランス市場の低迷をもたらしている要因としては、タービンなどの引き渡しが遅れがちなことや必要な設備の入手が難しいことなどがある。また「風力発電開発地域(Wind Power Development Zones : ZDE)」が積極的に導入されていることも要因のひとつとなっている。昨年7月14日以降、ウィンドパークを建設する場合に、固定価格買取制度の恩恵を受けるためにはZDEの中で建設されなければならないことになった。これらの地域の範囲は市町村(あるいはその連合体)によって定められ、県の承認を受けることになっている。ZDEの導入により、これまでウィンドファームに対して課せられていた12MW未満というサイズの制限<sup>10</sup>がなくなるという利点をもたらされている。その結果、新しい

<sup>7</sup> 小売物価指数：Retail Price Index (RPI)。英国の経済用語で、消費者が実際に購入する段階での商品の小売価格(物価)の変動を表す指数。日本や米国では「消費者物価指数(customer Price Index: CPI)」という用語が使われている。

<sup>8</sup> フランス電力公社(EDF)の配電部門。

<sup>9</sup> Réseau de Transport d'Electricité。フランス電力公社(EDF)の送電システム管理部門。

<sup>10</sup> 2000年に導入された法律により、フランスでは12MW未満の規模の設備で発電された再生可能エネルギー電力に対してのみ購入義務が定められていたため、EDFはこれまで12MW以上発電する風力発電所からは

規制を利用するために複数の企業がプロジェクトの延期、見直しを行っている。ウィンドファームのサイズが大きいほど高い収益を上げられるためである。

#### イタリアの魅力的なグリーン認証制度

2006年の停滞の後、イタリア市場は再び著しい成長を見せ、2007年には633.3MWが新たに導入された(うち30.6MWは古くなったタービンを廃棄せずに修復したもの)。2007年の年末時点で総設備容量は2,726.1MWとなった。この復活は、グリーン認証の価格上昇により実現されたといえる。再生可能エネルギーを使った発電への支援をとりまとめているGSE<sup>11</sup>によれば、グリーン認証の平均価格は2007年には13.749 c€/kWhに達したという。イタリア政府は、欧州委員会に向けた報告書の中で、再生可能エネルギー分野における抱負を示している。風力に関しては、うまくいけば2020年には設備容量が12,000MWに達し、このうち2,000MWは洋上風力発電が占めることになると政府は推定している。このシナリオが実現した場合、再生可能エネルギーによって発電された電力は最終エネルギー消費中の15%を占めることになる。ただしこの値は、EU全体に対して加盟国が設定している全体目標よりは低いものである。

#### 100TWhに迫る欧州の発電量

2007年には、陸上および洋上風力発電によって約98TWhの電力が供給された。これは、2006年と比べて20.1%の成長である(表5)。風力発電は現在、EUの発電量のうち3%を占めている。一世帯の年間平均電力消費量が3,000kWhであることを考慮すると、この発電量は3,270万世帯の電力需要に相当する量である。

#### 平均的なサイズは2MW程度に

欧州の主要市場で見られるように、風力タービンの平均的なサイズは大型化が進んでいる(表6)。スペインはEUでもっとも大きな風力発電市場であるが、意外なことに風力タービンのサイズはもっとも小さい。これは、1メガワット未満の容量の風力タービンが商業化されていることが原因である。しかし、スペインでも風力タービンのサイズは目に見えて大きくなっており、2006年の平均が1,375kWであったのと比べて2007年の平均は1,562kWとなった。一方、英国では、2007年を通して風力タービンの平均サイズが2MWを超えていた。これは、平均風速が高く、より容量の大きな風力タービンを設置できる土地が存在することによる。またもうひとつの理由として、Burbo Bank ウィンドパークに25基設置された3.6MW容量の独シーメンス社製風力タービンなど、新しい洋上設備の試運転が始まったことも挙げられる。ドイツもまた、風力タービンの平均サイズが大きい市場である(1,888kW)。これは、利用可能な土地をできるだけ有効に使うために、より強力で高さのある風力タービンが市場によって求められていることに起因している。

---

電力を購入していなかった。

<sup>11</sup> Gestore Servizi Elettrici. イタリアの国営電力サービス会社。

表5 EUにおける風力発電量(TWh<sup>12</sup>)

国名	2006年	2007年*
ドイツ	30.500	33.662
スペイン	22.924	28.771
デンマーク	6.108	6.114
英国	4.225	5.170
フランス	2.191	4.200
イタリア	2.971	4.184
ポルトガル	2.892	3.776
オランダ	2.734	3.500
オーストリア	1.738	1.950
ギリシャ	1.541	1.944
アイルランド	1.622	1.901
スウェーデン	0.987	1.179
ベルギー	0.378	0.457
ポーランド	0.257	0.450
フィンランド	0.153	0.190
チェコ共和国	0.049	0.125
ハンガリー	0.085	0.118
エストニア	0.080	0.072
リトアニア	0.010	0.069
ルクセンブルク	0.058	0.058
ラトビア	0.051	0.051
ブルガリア	0.020	0.040
ルーマニア	0.006	0.014
スロバキア	0.009	0.010
EU27カ国	81.589	98.005
*推計	出典：EurObserv'ER 2008	

表6 主要5カ国の設置年別風力タービン平均出力(kW)

年	ドイツ	スペイン	フランス*	イタリア	英国
1999	919	619	135	569	617
2000	1,101	423	376	600	795
2001	1,281	716	509	635	941
2002	1,397	952	713	776	843
2003	1,650	951	795	802	1,773
2004	1,696	1,123	1,162	918	1,637
2005	1,723	1,342	1,132	1,198	1,732
2006	1,848	1,375	1,689	1,149	2,103
2007	1,888	1,562	1,752	1,347	2,063

\* 海外県および海外準県を含む。

出典：EurObserv'ER 2008

<sup>12</sup> TWh (テラワットアワー) = 1兆 Wh = 10億 kWh

## 産業レベルでの動き

### 産業による富と雇用の創出

風力部門の売上高については、網羅的な調査が行われていないため不明である。一方、EWEA<sup>13</sup>の推定によれば、2006年の風力タービン販売額は約90億€であった（1MWの設備導入あたり120万€）。この同じ比率をあてはめると、2007年の風力タービン販売額は100億€程度と考えられる。EWEAはまた、風力発電部門によってEU内に15万近い数の雇用が創出されたと見ている。国内の風力部門に関してもっとも正確なデータを持っているのはドイツとデンマークである。BWE<sup>14</sup>の報告書では、ドイツ風力発電産業の2006年の売上高を56.26億€、2007年の売上高を57.73億€と推定している。この調査によれば、2006年に風力発電部門で雇用された人数は7万4,200人であり、2007年にはさらに8,000の新しい雇用が生まれる見込みだという。また、デンマーク風力産業協会<sup>15</sup>は、2006年のデンマーク風力産業の売上を約43.74億€であったと推定している。デンマーク企業が他国に持つ生産拠点の分を含めると、その売上高は65億€に達した。同国の風力発電産業で働く人の数は2万1,612人である。

### 欧州風力発電産業における将来を見据えた動き

欧州の風力発電産業は、世界市場の成長を最大限に享受している。大手メーカーの多くは2年以上先まで注文でいっぱいであり、業界は現在、需要を完全に満たすことができない。この風力タービンの不足は、特に人件費の安い国の企業が欧州市場に参入しやすい状況を作り出している。中国は2007年にこの市場で記録的な成長を見せ、現在ますます重要な存在になりつつある。欧州諸国は中国で市場シェアを獲得して生産コストを削減することに夢中になっているが、この国では外国企業が直接会社を設立することができないため、製造拠点を獲得する目的で地元企業との合弁会社を立ち上げている。またこれと並行して、中国企業側では、自分たちで風力タービンを生産するために欧州メーカーのブランドライセンス（リパワー社、ファーレンダー社、Vensys社、デウインド社など）を購入している。2007年には、民間および国営の20社ほどの小企業がそれぞれ自社の風力タービンをすでに開発していたほか、「メガワット級」の試作品もすでに15種類ほどが日の目を見ている。

Sinovel社、Goldwind社、Mingyang社などいくつかの中国メーカーは、1.5MWの容量を持つ風力タービンの商業化を進めると同時に、数メガワット級の風力タービンへ関心を示している。たとえばSinovel社はすでに、3MWの試作機を今年、また5MWの試作機を2009年に設置する計画を立てている。中国製の風力タービンが国内で設置され始めれば、これらの中国企業は欧米市場からも注目されるようになる。たとえば中国メーカーのひとつMingyang社は、中国企業として初めて米国に風力タービンを輸出することが決まっており、今年後半には72基のタービンが米国に納入予定である。

<sup>13</sup> European Wind Energy Association（欧州風力エネルギー協会）

<sup>14</sup> German wind power association（ドイツ風力発電協会）

<sup>15</sup> Danish Wind Industry Association

欧州市場に参入してきたこれらの新勢力の影響で、一部の欧州メーカーでは、近い将来、これまで以上に洋上部門に力を入れるようになる可能性がある。洋上部門では、陸上部門よりも高い技術が必要とされるからである。現在この市場分野には限られた競争しか存在しておらず、2~3.6MWの範囲にある風力タービンの市場は、ヴェスタス社とシーメンス社によってほぼ占有されている。しかしドイツなどでは、海岸から50km以上離れた場所にウィンドファームを建設するプロジェクトの影響で、さらに大きな容量を持つ風力タービンの生産が推進される流れが起きている。リパワー社とマルチブリッド社の2社は5MWクラスの風力タービンをすでに試作しており、商業化に向けて大量生産を開始する計画を進めている。リパワー社はまた、スコットランドの北方沖合にあるBeatrice油田近くの水深40メートル以上の場所にこれらのタービンを2基すでに設置済みである。同社はこのタービンを、Alpha Ventusのテストサイトに6基納入するほか、ベルギー沿岸に建設が計画されているC-Power社によるThornton-bankプロジェクトにおいても第一段階で6基納入する予定である。

仏アレバ社の傘下にあるマルチブリッド社<sup>16</sup>は、リパワー社よりは少し遅れているものの、すでに2基の陸上風力タービンの試作機をドイツ、ブレーマーハーフェン近くに設置している。同社はさらに、6基のタービンをAlpha Ventusのテストサイトに納入する予定である。また、北海に建設されるBorkum West2洋上ウィンドパークにも、同社のM5000風力タービンが80基設置されることになっている(2010~2011年に納入予定)。このタービンはまた、アラバスター海岸の沿岸に建設が予定されているフランス初の洋上ウィンドパークにも設置される。

## 主要なタービン製造企業

### >ヴェスタス社(Vestas)

ヴェスタス社は風力タービン市場最大のメーカーであり、2006年には26.5%のシェアを占めた。同社は現在進んでいる市場のグローバル化に完全に適応している。ヴェスタスグループの昨年(2007年)の従業員数は1万4,607人であった。同社の生産拠点はデンマーク、スウェーデン、ノルウェー、ドイツ、インド、スペイン、イタリア、中国、スコットランド、英国など、さまざまな国に所在している。今年はまだ、さらに米国にも新たな拠点が建設される。同社は、世界的な需要に対応するため生産能力を50%増やす計画を立てており、これが実現されれば年に1,300基の風力タービンを製造することが可能になる。一方で、予備部品の不足や品質不良といった問題もあり、これらは依然として会社の成長の妨げとなっている。しかし同社では、経営状態が良好であることから、新しい生産設備に対する投資を惹きつけることができると期待している。同社の売上高は順調に伸びており、2006年には38億€、2007年には45億€に達したと見られている(表7)。さらに同社の経営陣によれば、2008年には25%の成長を実現し、57億€の売上をあげる予定だという。

<sup>16</sup> アレバ社は2007年10月に、7,500万ユーロでマルチブリッド社の株式を51%獲得した。

### >ガメサ社(Gamesa)

スペインのガメサ社は、生産設備の大幅な拡張を進めている。2006年、同社は1億400万€の費用をかけて新しく7カ所の生産拠点を設けた(スペインに2カ所、米国に4カ所、中国に1カ所)。この投資からは、目覚ましい成長の続く市場でシェアを勝ち取ろうとする同社の野心が読み取れる。現在設置されている同社製品の設備容量は約3,000MW(2006年比+800MW)であり、この数字は今年(2008年)の年末には3,600MWに増える見通しである。2007年の売上高はまだ明らかになっていないものの、著しい伸びが見込まれている。同社の風力タービン部門は、2007年の最初の9カ月間で、2006年の同期間と比べて67%増の19.51億€の売上を実現した。同時に、従業員数もまた5,420人から7,246人に増加した。今後も順調な成長が見込まれており、2008年~2010年の期間に7,000MWの設備を納入することがすでに決まっている。

表7 主要タービンメーカー上位10社(2006年)

企業名	国名	2006年販売量 MW	市場占有率 %	2006年売上高 百万ユーロ	従業員数
Vestas	デンマーク	4,239	26.5	3,854	12,309
Gamesa	スペイン	2,346	14.7	2,401	5,420
GE Wind	米国	2,326	14.5	n.a.	n.a.
Enercon	ドイツ	2,316	14.5	1,900	8,000
Suzlon	インド	1,157	7.2	n.a.	n.a.
Siemens	ドイツ	1,103	6.9	n.a.	2,350
Nordex	ドイツ	505	3.2	514	1,005
Repower	ドイツ	480	3.0	459	772
Acciona	スペイン	426	2.7	n.a.	n.a.
Goldwind	中国	416	2.6	n.a.	n.a.
その他		689	4.3		

出典: EurObserv'ER 2008

### >エネルコン社(Enercon)

ドイツの主要メーカーであるエネルコン社は、6MWの風力タービン「E-126」の新型機が2007年11月にエムデン(ドイツ)付近に設置されたことで話題になった。この新しい風力タービンは、回転翼の直径が126メートル、塔の高さが131メートルという巨大なもので、その構造から従来製品よりも生産性が高い。エネルコン社は、このタービンによる発電量は1,800万kWh以上になると予測している。これは、4,500世帯の家庭における電力需要を満たすことのできる量である。現在のところ、これらの風力タービンは洋上発電用に特別に開発されたものではない。2007年にどれだけ売上高が伸びたかはまだ明かされていないが(2006年の売上は19億€)、同社が雇用する従業員数は2007年末で1万人を超えている。

### >シーメンス社(Siemens)

シーメンス社は2004年末にボーナス社<sup>17</sup>を買収したが、これは同社にとって意義あるものであった。シーメンス社は、2007年にはBurbo Bank ウィンドパークに風力タービンを設置し、記録的な早さで洋上部門のリーダーとなった。2007年の一年間に同社はタービン488基(1,446MW相当)を受注し、うち340基(1,106MW相当)は洋上プロジェクト向けのものであった。これらの注文の中には、Greater Gabbard Offshore Winds Ltdとの間に結ばれた3.6MWのタービン140基の予約契約も含まれる。昨年12月、シーメンス社はデンマークのHorns Rev ウィンドパークの拡張に向けて、2.3MWのタービン91基を納入する契約を結んだ。同社はさらに、ノルウェーのハイドロ社と共同で、ハイドロ社のHywind コンセプトに基づいた「水面に浮かぶ風力発電所」の開発に取り組んでいる。このプロジェクトが成功すれば、陸地から遠く離れた水深の深い場所にも風力タービンを設置できるようになり、洋上風力発電の可能性が大きく広がることになる。

### >ノルデックス社(Nordex)

ドイツのノルデックス社もまた非常に好調な成長が見込まれている。確定済の注文と追加注文を合わせると現在25億€の注文を受けており、これによって2009年までの生産は安泰である。同社は、2007年には容量750MWに相当するタービンを製造して7億6,000～7億7,000万ユーロの売上を目指す計画である。また、今年は売上を10億€近くまで伸ばすことを見込んでいる。技術面では、新しい2.5MWの風力タービン「N100」(2.5MWタービン「N90」の後継機)がラインナップに加わった。N100は、平均風速がより低い場所にも対応できる、直径約100メートルの回転翼を持つタービンである。同社はまた、ドイツで最初の洋上ウィンドパークとなるBaltic 1に2.5MWのタービンを21基納入することになっている。Baltic 1は2009年に着工が予定されている。

### >リパワー社(Repower)

昨年6月に風力タービンメーカーのスズロン社に買収されたリパワー社は、ドイツ第3位のメーカーである。同社の製品ラインナップは1.5～5MWの5種類の風力タービンであり、それぞれ70～126メートルの回転翼を備えている。リパワー社の「5M」は、現在、世界でもっとも強力な商業用タービンであり、陸上と洋上の両方の市場をターゲットとした製品である。昨年5月、同社はベルギー初の洋上パークとなるThornton Bankに設置される5MWのタービンを6基受注した。また昨年12月には、ドイツの洋上パークNordergründe用に18基のタービンを受注した。2007年全体で、同社は800基以上(容量1,700MW以上に相当)の風力タービンを受注した。同社の2007年の売上は6億5,000万€程度であったと考えられる。

<sup>17</sup> Bonus Energy A/S. 2004年にドイツのシーメンス社に買収されたデンマークの風力発電設備メーカー。1991年にデンマークのビネビュ(Vindeby)に建設された世界初の洋上ウィンドパークに風力発電設備を供給した。

#### >アクシオナ社(Acciona)

アクシオナ社は 2003 年に風力タービン分野に参入したばかりであるが、3 年でエコテクニア社(Ecotècnia)を抜き、スペインで第 2 位、世界でも第 9 位のメーカーに成長した。同社はすでに風力タービンの生産拠点を 3 ヲ所（スペインに 2 ヲ所、中国に 1 ヲ所）持っているが、現在、米国にもう 1 ヲ所建設中である。また現在、タービン翼（ブレード）の生産拠点の建設も進められており、この設備は今年中に運転が開始される予定である。同社の製品は 1.5MW のタービン 1 種類のみであるが、現在、100 メートルの回転翼を備えた 3MW のタービンの開発が進められている。同社は 2007 年、618MW の容量に相当する風力タービンを受注した。

#### >エコテクニア社(Ecotècnia)

2007 年の重要ニュースのひとつに、フランスのアルストム社(Alstom)によるエコテクニア社の買収があった。この買収は 11 月に完了し、買収金額は 3 億 5,000 万€ であった。エコテクニア社の製品はすべて 1.3MW(Ecotècnia 62)~2MW(Ecotècnia 80)の範囲内にあるが、現在、3MW の風力タービン(Ecotècnia 100)の開発が進められている。エコテクニア社は 765 人の従業員をかかえており、スペイン国内に 3 ヲ所の生産拠点を持っている。同社の 2007 年の売上は 3 億 5,000 万€ であり、うち 50%は輸出製品によるものであった。

### 2010 年には 89,000MW を達成か？

フランス市場の停滞にも関わらず、EU における風力部門の前途は引き続き非常に明るいものとなった。欧州の風力発電設備容量は、欧州白書(European White Paper)<sup>18</sup>の目標値の 2 倍となる見込みがますます強まっている。現在の市場の成長と、いくつかの洋上プロジェクトが具体化していることから、EurObserv'er では、欧州の総設備容量は 2010 年には 89,000MW に達すると見ている（図 4）。

この目標を達成できるかどうかは、納入の遅れを引き起こす原因となっているいくつかの主要部品の不足をうまく解決できるかどうか大きく左右される。また、市場のグローバル化が進んでいることも、欧州の成長を鈍化させる要因となりうる。目覚ましい成長を見せる外国市場において、不足するものがあったとしても、欧州企業は引き続きその地位を維持していかなければならない。

これらは市場適応に関連した問題であり、長期的には解決可能なはずのものである。EWEA では、今後施行が予定されている再生可能エネルギーの消費に関する欧州指令に関連して、すでに新しい目標を定めている。同組織は、2020 年には EU 全体の設備容量は 180,000MW に達し、電力需要の 13%を満たすようになると予想している。

<sup>18</sup> Energy for the future: renewable sources of energy（再生可能エネルギー白書）  
[http://ec.europa.eu/energy/library/599fi\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/library/599fi_en.pdf)

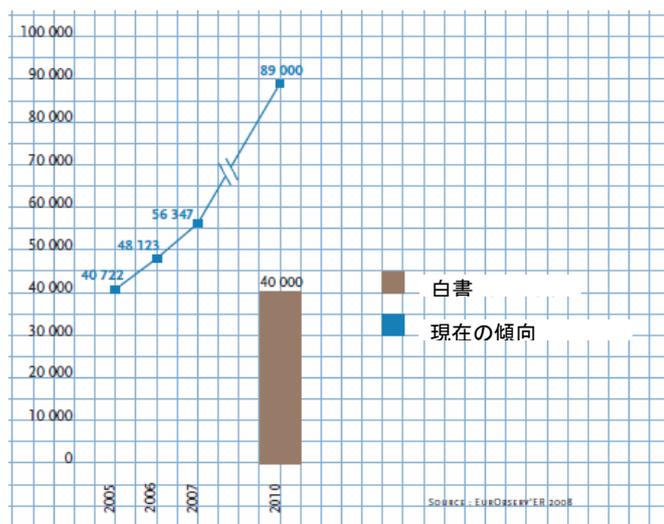


図4 現在の傾向と白書の目標の比較(MW)  
出典：EurObserv'ER 2008

以上  
翻訳：桑原 未知子

表2の出典：BWE/DEWI, AEE, ENS, ANEV, BWEA, DGGE, INEGI, EDF-distribution, RTE, Vergnet, WSH, IG Windkraft, HWEA, IWEA, EirGrid, Elforsk, APERE, EC/BREC, VTT, Lithuanian Wind Power Association, Ministry of Industry and Trade of Czech republic, Estonian Wind Power Association, Latvian Association of Wind Energy, Energy Centre Bratislava, APEE, Romanian Agency for Energy Conservation.

出典：WIND ENERGY BAROMETER 57 GIGAWATTS IN EUROPE 93.7 GIGAWATTS WORLDWIDE

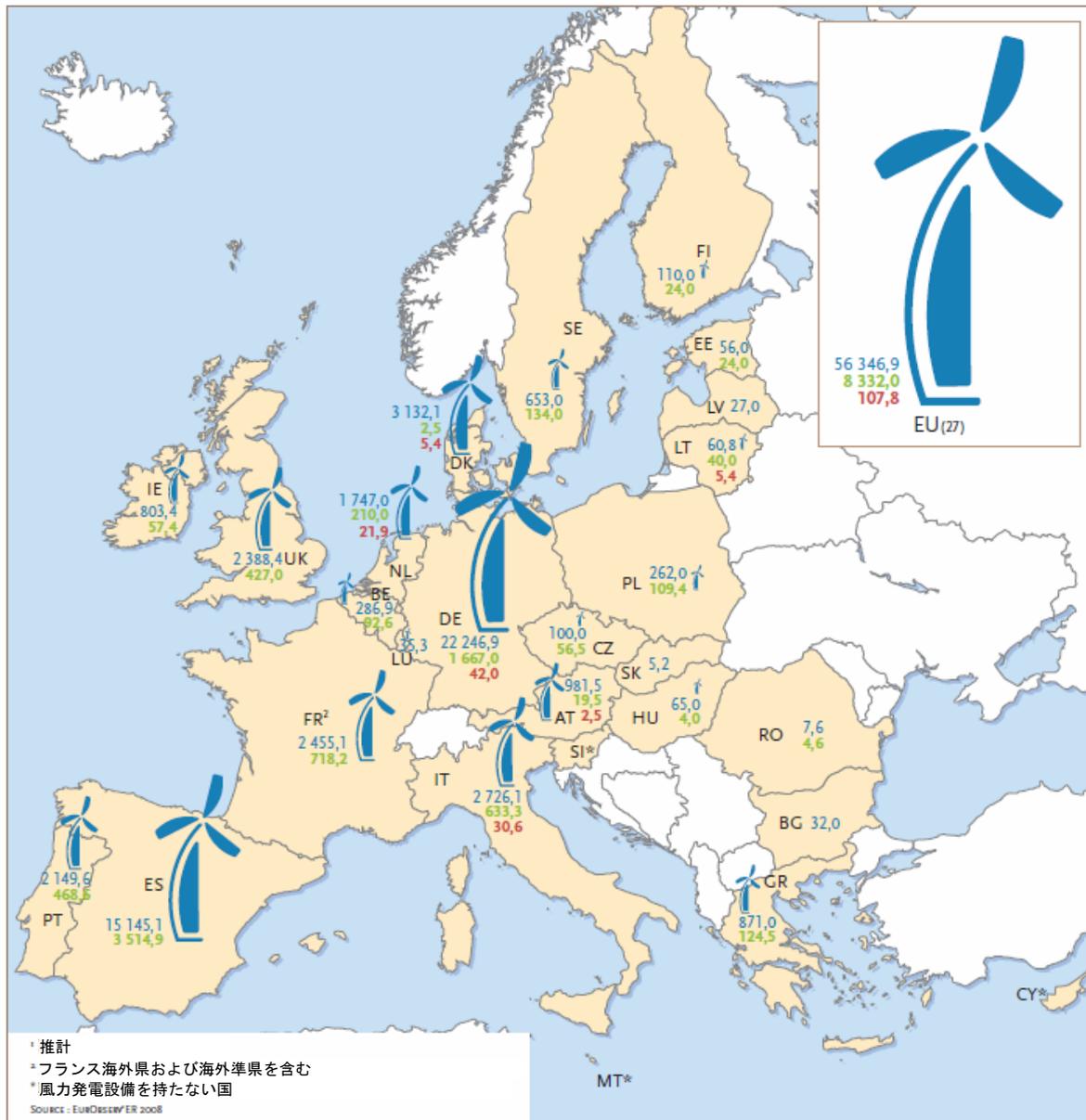
[http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro183.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro183.pdf)

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, ECN, Eclareon, I.E.O, Jozef Stefan Institute, with the financial support of the Ademe and DG Tren (“Intelligent Energy-Europe” programme), and published by Systèmes Solaires – Le Journal des Énergies 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.

EU27 カ国の風力エネルギー設備容量(MW)



LÉGENDE/KEY

56 346,9 EU における 2007 年末時点の総設備容量(MW)

8 332,0 EU における 2007 年の新規設置容量(MW)

107,8 2007 年の操業廃止分(MW)

出典 : EurObserv'ER 2008


**【再生可能エネルギー特集】地熱エネルギー**
**地熱エネルギー・バロメータ 2007年(EU)**

 -2006年の総設備容量は 9,564.6MWth<sup>1</sup>、854.6MWe<sup>2</sup>に-

2006年7月、ドイツのウンターハヒング市にて地熱に関する欧州会議が開催された。これを受け、オブザーバー社は「地熱エネルギーバロメータ2007年」を発行し、地熱エネルギーの現状を概観し、様々な地熱資源とその利用方法を検証した。EU加盟国の総設備容量は2006年末時点で854.6MWe（発電）、9,564.6MWth（熱）である（地熱ヒートポンプ7,328.3MWthを含む）。

地熱資源の温度（地熱資源のタイプ）は、地熱利用方法の決定要因となる。火山帯や構造プレート境界では、いわゆるエンタルピー<sup>3</sup>の高い資源がある。これらの資源は、通常、地下500～1500メートルの深さにあり、150～350℃の地熱流体を含んでいる。このようなエネルギーは電力として利用され、抽出された地熱蒸気は、直接タービンに送られる。

一方、同じ火山地域でも、別の資源がある。それは90～150℃と、さほど高温ではない中エンタルピー資源であり、バイナリーサイクル発電に利用される。この形式の発電所では、地下から汲み上げた熱水の熱を作動流体（アンモニア、アルカンなど）に伝える。作動流体は水より低い温度で蒸発し、ここで発生した蒸気を利用して発電を行う。

別の地熱資源、つまり高温乾燥岩体（深部地熱エネルギー）を発電に利用することに関しては、現在実験中の段階である。このタイプの地熱エネルギーは、地表面の3,000m以上下部にある乾燥岩体の熱を、加圧水を注入して利用する。地熱による発電には、熱電併給プラント（CHP：combined heat and power plant）による熱利用が含まれる。

広大な堆積盆地の地下1,000～3,000メートルの深さのところには、50～90℃の帯水層がある。これは低エンタルピー資源の利用であり、その用途は熱利用である（浴槽、プールの暖房、都市の地域暖房、ビルの空調、温室、水産養殖等）

地表に近いところでは、地熱ヒートポンプを利用して、建物の暖房、空調に地熱資源を利用することができる。これは、極低エンタルピー資源の利用である。地熱ヒートポンプは、建物を直接暖房するか、または暖房網に熱供給を行う。熱は、地下水面（深度100mまで、温度は30℃まで）から抽出することができる。あるいは、長さ数十～数百mの垂直プローブにより地下から直接抽出する。1m程度の深さの地熱を水平センサーにより利用す

<sup>1</sup> MWth: megawatt thermal（メガワットサーマル）。ワットサーマルは熱出力の単位。

<sup>2</sup> MWe: megawatt electrical（メガワット電気力）。ワット電気力（ワット）は電力の出力単位。

<sup>3</sup> エンタルピー(H)は、ある系の内部エネルギー(U)と、圧力(P)と体積(V)を乗じたものの和。

$H=U+PV$

るヒートポンプでは、地中からよりも地面を加熱する太陽から、より多くのエネルギーを受け取る。この深さでは地温勾配<sup>4</sup> (2~3°C/100m) の効果は、非常に低い。このため、地表面の下に埋設されたセンサーを備える地熱ヒートポンプは、EUのすべての国で地熱利用と見なされているわけではない。欧州地熱エネルギー評議会 (EGEC : European Geothermal Energy Council) はこの点に関し、「地熱エネルギーは地下センサー付きの全てのヒートポンプを含む」との定義を採用している。これにより、地熱エネルギーとは、地表の下に「熱」として貯蔵された再生可能エネルギー源だと定義できる。本バロメータに掲載された指標はこの定義を採用しており、したがって全ての地下センサー付きヒートポンプは、地熱ヒートポンプの一部として扱っている。

## 発電

### 全世界で約 10,000MWe

2007年の欧州地熱会議 (EGC2007) は、2007年の世界の地熱発電総設備容量を9,737MWeと評価した。これは2005年と比較して、804.3MWeの増加である (表1)。これらの統計値は2007年に稼働予定の設備容量を含む<sup>5</sup>。

表1 世界の地熱発電の総設備容量 (2005年と2007年)

国名	総設備容量MWe (2005年)	総設備容量MWe (2007年)	稼働設備容量 MWe (2007年)
米国	2,564.0	2,687.0	1,935.0
フィリピン	1,930.0	1,969.7	1,855.6
インドネシア	797.0	992.0	991.8
メキシコ	953.0	953.0	953.0
イタリア	791.0	810.5	711.0
日本	535.0	535.2	530.2
ニュージーランド	435.0	471.6	373.1
アイスランド	202.0	421.2	420.9
エルサルバドル	151.0	204.2	189.0
コスタリカ	163.0	162.5	162.5
ケニア	129.0	128.8	128.8
ニカラグア	77.0	87.4	52.5

<sup>4</sup> 地下温度が深さとともに増加する割合の事。

<sup>5</sup> 本報告書の発行日は、2007年9月である。

国名	総設備容量MWe (2005年)	総設備容量MWe (2007年)	稼働設備容量 MWe (2007年)
ロシア	79.0	79.0	79.0
パプアニューギニア	6.0	56.0	56.0
グアテマラ	33.0	53.0	49.0
トルコ	20.0	38.0	29.5
ポルトガル	16.0	28.0	28.0
中国	27.8	27.8	18.9
フランス	14.7	14.7	14.7
ドイツ	0.2	8.4	8.4
エチオピア	7.3	7.3	7.3
オーストリア	1.2	1.2	0.7
タイ	0.3	0.3	0.3
オーストラリア	0.2	0.2	0.2
世界合計	8,932.7	9,737.0	8,595.4

注) 2007年に稼働開始予定の建設中の発電所を含む。

出典: ENEL (PROCEEDINGS EGC 2007) SAUF。但し、ポルトガルはDirecção Geral de Energia e Geologia、オーストリアはE-Control。

総設備容量は必ずしも稼働設備容量と一致するわけではないことを指摘しておかなければならない。既存の設備は、保守他の理由で、操業を停止していることがあり得る。世界の稼働中の地熱発電設備容量は、8595.4MWeと推定される。米国の2007年の総設備容量は2,687MWe(2005年比で123MWeの増加)であり、引き続きリーダーである。続いてフィリピン1,969.7MWe(同39.7MWe)。インドネシア992MWe(同195MWe)は生産能力を著しく増加させ、メキシコ953MWe(同、変化無し)を追い越して世界第三位となった。過去2年間に最も活動的であった国はアイスランドであり、総設備容量が2倍以上に増えて421.2MWeになった。このように急激に増えた理由は、アルミニウム生産能力を増強するためである。新しく建設された設備は、Nesjavellir、Hellisheidi、Reikyanesにある。アイスランドは電力の99.9%を再生可能エネルギーから生産している。

## EUでは854.6MWe

EU全体で地熱発電設備容量は2006年に854.6MWeに達し(2005年比で10MWeの増加)、2007年中には862.8MWe近くに達するだろう。地熱発電量は2006年に3.6%増加し、5,693GWhになった(表2)。

表2 EUの地熱発電の状況(2005年と2006年)

国名	2005年		2006年	
	総設備容量 MWe	発電量 GWh	総設備容量 MWe	発電量GWh***
イタリア*	810.5	5,325.0	810.5	5,527.0
ポルトガル	18.0	71.0	28.0	85.0
フランス**	14.7	95.0	14.7	78.0
オーストリア	1.2	2.0	1.2	3.0
ドイツ	0.2	0.2	0.2	0.4
合計	844.6	5,493.2	854.6	5,693.4

\* 稼働中のものは711 MWe

出典：EurObserv'ER2007

\*\* グアドループ島(カリブ海の西インド諸島にあるフランスの海外県)

\*\*\* 予測値

イタリアにはEUの主要な高温熱資源がある。大規模な生産地域は、Larderello、Travale/Radiconli、Monte Amiataであり、設備容量はイタリア全体で、810.5MWeである。2006年に、二つの新しい設備(設備容量は約60MWe)がLarderelloに設置された。この設備は旧式の設備のリプレース(置き換え)である。Terna社(イタリアパワーグリッド幹事会社)によれば、稼働中の設備(711MWe)の発電量は、5,527GWhと推定される。再生可能なエネルギー生産割当を導入するグリーン認証システムの枠組みの中で、イタリアは2010年までに、約100MWの建設(追加)を計画している。電力サービス管理会社(GSE: Gestore dei Servizi Elettrici)によれば、2006年のグリーン認証の価格は、13.91cユーロ<sup>6</sup>/kWhであった。

ポルトガルでは、発電用の地熱資源は、火山群島のAzores、San Miguel島に開発された。地質・エネルギー総局(DGGE: Direccao Geral de Energia e Geologia)によれば、地熱発電設備容量は、Pico Vermelhoの二番目の発電設備(容量:10MWe)の稼働により、2006年に28MWeに達した。2006年の発電量は、85GWhと推定される(2005年比で、14GWhの増加)。これらは、2006年のこの地域における固定価格買取制度<sup>7</sup>(6cユーロ/kWh)の恩恵を受けている。

フランスでは、高エンタルピー資源の利用は、海外領土でのみ可能である。フランスは

<sup>6</sup> セントユーロ(100セントユーロ=1ユーロ)

<sup>7</sup> 固定買取価格: feed-in tariff. 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。

グアドループ島の Bouillante に、発電所を二つ持っている。この設備容量は 2005 年以来 14.7MWe で一定しており、エネルギー・原料総局 (DGEP) によれば 2006 年の発電量は 78GWh である。フランスの都市部では、深部地熱エネルギーの実験的なプログラム (Soultz-sous-Forêts) が 2008 年初頭に設備容量 1.5MWe に到達するものと思われる。欧州の主要な深部地熱エネルギー資源は、ハンガリー、ブルガリア、オーストリア、イタリア、ポルトガル、フランス、そしてドイツ、スイスにある。フランス政府の 2006 年 7 月 10 日の指令により、新たに建設されるフランスの発電所は、地熱発電電力に対する固定価格買取制度 (プレミアム付) の恩恵を受ける。この日から、フランス都市部で価格は 12c€/kWh、海外県で 10c ユーロ/kWh となり (15 年間、有効)、これにエネルギー効率プレミアムが最大 3c€/kWh まで追加される。これらの条項は指令の発行前に行われた契約には適用されない。そこで、Bouillante 第一、第二発電所では、買取価格は 7.62c€/kWh、最大 0.3c€/kWh のエネルギー効率プレミアム追加の状態に据え置かれることとなる。

オーストリアには、バイナリーサイクル技術を利用した二つの発電所がある。Altheim 発電所 (1MWe) は 106°C の地熱流体を利用、Blumau 発電所 (180kWe) は 110°C の地熱流体を利用しているが、両方とも熱電併給システムである。E-control<sup>8</sup>によれば、これらの二つの発電所は、2006 年に 3GWh を発電し、固定価格買取制度 (7c ユーロ/kWh) の恩恵を受けた。2006 年 10 月 1 日より新しい固定価格買取制度が施行されたが、この制度は新たな契約に対してのみ適用される。有効期間は 10 年、2007 年の買取価格は 7.3c ユーロ/kWh である。

ドイツは、2003 年に最初の地熱発電所を Neustadt-Glewe に建設した。このバイナリーサイクル発電所は設備容量 230kWe であり、再生可能エネルギー統計作業部会 (AGEEStat) によれば、2006 年の発電量は 0.4GWh で、98°C の地熱流体を利用している。2007 年に、新しい 3 つの発電所が稼働を開始する予定である。それぞれ、Landau/Pfalz (3.8MWe)、Bruchsal (1MWe)、Unterhaching (3.2MWe) であり、合計で 8MWe の追加となる。これらの新しい発電所の発電電力は、新しい固定価格買取制度の適用 (5MWe 以下の設備で、15c ユーロ/kWh) の適用を受ける。固定価格買取制度はもっと規模の大きい発電所に対しても定められている。それは 14c ユーロ/kWh (10MWe 以下)、8.95c ユーロ/kWh (20MWe 以下)、7.16c ユーロ/kWh (20MWe<) であるが、投資家は 5MWe 以下の発電所の開発に、より多くの金銭的興味を持っている。2010 年 1 月 1 日に新しい買取制度が開始され、この日以降、稼働開始年により固定価格は前年比で 1% ずつ減少する。

## 熱生産

### 中低エンタルピーアプリケーション

<sup>8</sup> オーストリアの電力規制当局

EUでは、主に地熱直接利用アプリケーションが開発されており、25カ国中16カ国が中低エンタルピーの地熱エネルギーを使用している（表3）。

**表3 EUの地熱エネルギー直接利用（2005年と2006年）**  
（地熱ヒートポンプを除く）

国名	2005年		2006年*	
	総設備容量 (MWth)	エネルギー利用 (ktoe <sup>9</sup> )	総設備容量 (MWth)	エネルギー利用 (ktoe)
ハンガリー	715.0	189.1	725.0	189.6
イタリア	486.6	168.5	500.0	176.7
フランス	291.9	130.0	307.0	130.0
スロバキア	186.3	72.2	186.3	72.2
ドイツ	104.6	17.0	177.0	28.8
ポーランド	92.7	8.9	92.9	8.9
ギリシャ	69.8	12.5	69.8	12.5
オーストリア	52.0	18.6	52.0	18.6
スロベニア	44.7	14.7	44.7	14.7
ポルトガル	30.4	9.2	30.4	9.2
スペイン	22.3	8.3	22.3	8.3
リトアニア	17.0	8.7	17.0	8.7
チェコ共和国	4.5	2.1	3.9	2.6
ベルギー	3.9	2.6	3.9	2.6
UK	3.0	1.9	3.0	1.9
アイルランド	0.4	0.5	0.4	0.5
EU25カ国合計	2,125.1	664.7	2,236.3	685.3
ルーマニア	145.1	67.9	145.1	67.9
ブルガリア	109.3	39.8	109.3	39.8
EU27カ国合計	2,379.5	772.4	2,490.7	793.0

\* 予測値

出典：EurObserv'ER2007（EGC2007より）

ブルガリアとルーマニアは欧州連合に2007年1月1日加盟したが、これらの国々も、このタイプの資源を利用している。25の加盟国全体で、地熱直接利用（地熱ヒートポンプを除く）の総設備容量は2,236MWthであり、685.3ktoeのエネルギーが利用された。総設備容量は111.2MW増加し、2005年比で5.2%の増加である。

<sup>9</sup> ktoe = 石油換算千トン

地熱エネルギーの統計は、それぞれの機器についての正確で定期的な集計がなく、また欧州連合各国共通の方法論がないために、確定することは大変難しいことを指摘しておかなければならない。このことは浴槽、プール、温室の暖房に関して、特に言えることである。なぜならば、これらのアプリケーションに使用されるエネルギーは、組織的に計数されていないからである。このことはハンガリーによく当てはまるようであり、総設備容量から見てエネルギー利用量が過小評価されているように思われる。これらの様々な理由により、設備容量と利用されたエネルギーの比率は国によって異なる（表3）。

ハンガリー鉱業地質省によれば、ハンガリーの2006年の総設備容量は725MWth（2005年比で10MWth増）であり、地熱エネルギーの最大の利用者である。地熱エネルギーの最大の用途は、浴槽、プール、温室、地域暖房ネットワークである。イタリアもこれらの中エンタルピー資源を利用しており、総設備容量500MWthで第二位である。イタリアにおける主要な用途は、重要な順に、産業利用、浴槽、プール、地域暖房ネットワークを通じたビルの暖房、温室、養魚である。

フランスの2006年の総設備容量は307MWthであり、第三位である。フランス環境・エネルギー管理庁（ADEME）によると、2006年に新しい事業（設備容量15MWth）が実施されている。これは4,000世帯分に相当する。低エンタルピー資源の主な用途は、パリとアキテーヌ堆積盆地の家庭暖房用である。フランスはまた、地熱を、温室、養魚、浴槽、プールに利用している。成長の見込みは大変明るい。産業省は、まもなく発表される熱PPI（pluriannual programming of investments：年複数回の投資計画）の中で、地熱エネルギー（地熱ヒートポンプを除く）を、「2015年までに500ktoe」と規定した。これは現在の3倍以上である。迅速な開発を促進するために、ADEMEは既設のネットワークの拡張助成金として、二酸化炭素排出削減トン数（二酸化炭素1トンあたり400ユーロ）を提供している。イルドフランス地域<sup>10</sup>では、地域議会は、助成金をプロジェクトの規模に応じて、150ユーロあるいは350ユーロ（二酸化炭素1トン当たり）増額した。

スロバキアは総設備容量186.3MWth（この中には浴槽、プール用の118.3MWth、温室用の31.8MWth、暖房ネットワーク用の31.6MWth、養魚用の4.6MWthが含まれる）であり、EUの上位を占める。

### 極低エンタルピーアプリケーション

地熱ヒートポンプの設置台数は増加し続けているが、現在、台数を数えることは難しい業務である。オランダやベルギーなどいくつかの国々では、地熱ヒートポンプを、空気をエネルギー源として使用するヒートポンプから区別していない。多数の国が市場の正確な

<sup>10</sup> フランス中部の北寄りにある地域圏

統計を有していない。設備容量についてはなおさらである。

そこで、専門家やヒートポンプを推進する産業界によって行われた推定を参照することが時に必要となる。

地熱ヒートポンプの様々な形式もまた、計数を困難にしている要因である。地熱ヒートポンプには、個人住宅の冷暖房用か、ビル用か、地域暖房ネットワーク用かにより様々な容量のものがある（数 kWth～数百 kWth）。

もう一つ困難なことは、欧州連合の国毎に、地熱ヒートポンプの指定が同じではないことである。多数の国が、エネルギーを取得する資源に応じて、ヒートポンプを区分している。つまり地熱（水平地熱利用、垂直地熱利用<sup>11</sup>）、水熱源（地下水、地表水）、あるいは空気熱源である。これらの内、最後のタイプは、地熱ヒートポンプには数えられていない。EUはこの技術を開発した世界の主要地域のひとつである。2006年末時点で、約60万台が設置されていると推定され、総設備容量は、7,328.6MWthに相当する（表4）。

表4 EUの地熱ヒートポンプ総設置台数と設備容量\*（2005年、2006年）

国名	2005年		2006年	
	総設置台数	総設備容量 (MWth)	総設置台数	総設備容量 (MWth)
スウェーデン	230,094	2,070.8	270,111	2,431.0
ドイツ	61,912	681.0	90,517	995.7
フランス	63,830	702.1	83,856	922.4
デンマーク	43,252	821.2	43,252	821.2
フィンランド	29,106	624.3	33,612	721.9
オーストリア	32,916	570.2	40,151	664.5
オランダ	1,600	253.5	1,600	253.5
イタリア	6,000	120.0	7,500	150.0
ポーランド	8,100	104.6	8,300	106.6
チェコ共和国	3,727	61.0	5,173	83.0
ベルギー	6,000	64.5	7,000	69.0
エストニア	3,500	34.0	5,000	49.0
アイルランド	1,500	19.6	1,500	19.6
ハンガリー	230	6.5	350	15.0
イギリス	550	10.2	550	10.2
ギリシャ	400	5.0	400	5.0
スロベニア	300	3.4	420	4.6
リトアニア	200	4.3	200	4.3
スロバキア	8	1.4	8	1.4
ラトビア	10	0.2	10	0.2
ポルトガル	1	0.2	1	0.2

<sup>11</sup> 水平：採熱管を水平に地中配管する方式。  
垂直：採熱管を垂直に地中配管する方式。

国名	2005年		2006年	
	総設置台数	総設備容量 (MWth)	総設置台数	総設備容量 (MWth)
EU25 カ国	493,236	6,158.0	599,511	7,328.3
ブルガリア	19	0.3	19	0.3
EU27 カ国	493,255	6,158.3	599,530	7,328.6

\* 推定値

出典： EurObserv' ER 2007

2006年に、地熱ヒートポンプ市場は、初めて販売数量10万台を超えた（表5）。

表5 EUの地熱ヒートポンプの販売台数（年毎）\*

国名	2003	2004	2005	2006
スウェーデン	31,564	39,359	34,584	40,017
ドイツ	7,349	9,593	13,250	28,605
フランス	9,000	11,700	13,880	20,026
オーストリア	3,633	4,282	5,205	7,235
フィンランド	2,200	2,905	3,506	4,506
エストニア	n. a.	1,155	1,310	1,500
チェコ共和国	n. a.	600	1,027	1,446
ベルギー	n. a.	n. a.	1,000	1,000
ポーランド	n. a.	n. a.	100	200
スロベニア	n. a.	35	97	120
ハンガリー	n. a.	n. a.	80	120
合計	53,746	69,629	74,039	104,775
スイス**	3,558	4,380	5,128	7,130

\*推定値。

\*\*スイスはEU加盟国ではないが、情報として掲載した。

出典： EurObserv' ER 2007

スウェーデンはEUで最大の総設置台数を有し、EUの地熱ヒートポンプの約半分がこの国に設置されている。SVEP（スウェーデンヒートポンプ産業協会）によると、2006年末で、27万台以上が設置されており、1台あたり9kWthと仮定すると、総設備容量は、2,430MWthとなる。2005年の販売台数は34,584台であったが、2006年の市場は著しく増大して40,017台（360MWth相当）となり、2004年のレベルと並んだ。

ドイツの市場はEUで第二位であり、9万台以上が2006年末時点で設置されている。これは、スウェーデンの三分の一にあたる。この推定は、1994年以来、BWP（連邦ヒートポンプ連盟）から発表されている売上高（販売数量）に基づく。欧州地熱会議2007（EGC 2007）の場で発表されたドイツにおける地熱エネルギーに関する報告書によると（著者：R.Schellschmidt）、ドイツの地熱ヒートポンプの容量は、一台あたり8～15kWth程度であり、平均10～12kWthである。この平均値を使用すると、ドイツの総設備容量（推定）

は、1,000MWth よりもわずかに少ない。ドイツ市場は、現在、急速に成長している。2006年の地熱ヒートポンプの販売台数は28,605台であり、2005年の13,250台の二倍以上である。成長の力強さにより、ドイツは地熱ヒートポンプでフランスを追い越した。オブザーバによれば、2006年のフランス市場は、20,026台と推定され、総設置台数は、83,856台になった。

もうひとつ重要な市場はオーストリアであり、運輸・開発・技術省の意向を受けて実施された調査によれば、2006年は、7,235台の地熱ヒートポンプが新規に設置された。これは、2006年と比較して2,030台の増加である。ファンインガー教授は、この調査報告書の著者であるが、オーストリアのヒートポンプ総設置台数を40,151台と推定している（設備容量で664.5MWth相当）。

フィンランド市場も大変活発であり、フィンランドヒートポンプ協会（Sulpu）によれば、2006年の地熱ヒートポンプ販売台数は4,506台であった（2005年比で1,000台の増加）。Sulpuは、2006年のフィンランドにおける稼働中の地熱ヒートポンプ台数は、33,612台と推定している（設備容量で721.9MWth相当）。

### 地熱産業は地熱ヒートポンプが支える

EGECによれば、ヨーロッパの地熱エネルギー産業（暖房及び空調向け）は、多数の雇用を生み出しており、約2万5千人のフルタイム雇用に相当する。2010年には3万人、2020年には7万人と推定している。現在、ヒートポンプ産業は、地熱エネルギー産業の中で最大かつ最も活力のある分野である。EUには数十のメーカーがあるが、主要なものは、スウェーデン、ドイツ、フランス、オーストリア、スイスなど主要なヒートポンプ市場にある（表6）。

表6 EUの代表的な地熱ヒートポンプメーカー

会社名	国名	出力範囲(kW)
Nibe Heating	スウェーデン	6~40
IVT Industrier	スウェーデン	4~65
Thermia Värme AB	スウェーデン	4~45
Ochsner Värmepumpen	オーストリア	2.4~950
Thermatis Technologies (Sofath)	フランス	2.3~31
France Géothermie	フランス	2.6~47
Satag Thermotechnik (Viessmann group)	スイス	4.8~106.8
Alpha-Innotec	ドイツ	5~107*
Stiebel Eltron	ドイツ	5~44
Waterkotte	ドイツ	4.6~485

\*5台が連結された場合は最大 800kW。

出典： EurObserv' ER 2007

各メーカーは、固有の技術分野と容量の機器を開発している。地熱ヒートポンプ産業は、空気対空気ヒートポンプ産業（これも又、EUのヒートポンプ市場で非常に大きなシェアを占める）と多くの場合共通である。この産業は、暖房市場と空調市場に跨って急速に成長している。ヒートポンプ市場の力強い成長は、輸出の拡大、自国内産業の主導権把握を指向する主要企業の戦略によるものである。

企業は、下記の3種類に分類できる。

- ① ヒートポンプ製造に特化した独立した中小企業
- ② ヒートポンプ製造に特化しているが、大企業の管理下にある企業
- ③ 暖房に特化した大企業グループ

IVT Industrier AB社はスウェーデンのメーカーで、スカンジナビアの主要なヒートポンプメーカーである。従業員は300人、売り上げは約8,000万ユーロであり、TranasとKatrineholmに生産ラインがあり、年間25,000台のヒートポンプを製造している。製造するヒートポンプの種類は多岐にわたり（地熱、空気対空気）、機器容量は4kWth~65kWthである。IVTは、2004年末に、ヒートポンプ市場での拡大を指向するドイツの巨人BBT Thermotechnikグループの子会社になった。

スカンジナビア市場の企業には、他にスウェーデンの多国籍グループNibe Industrier AB（従業員：5,000人、年間売上高：7億9,000万ユーロ）に属するNibe Heating社があり、家庭用暖房設備分野で北欧諸国（スウェーデン、ノルウェー、フィンランド、及びデンマーク）のリーダーである。

また、Thermia Varme社は、多国籍グループDanfoss（デンマーク）に属する企業であるが、スウェーデンで3番目に大きい。この企業は欧州のヒートポンプ市場の成長の恩恵を十分に受けて、2005年8月~2006年8月で、売り上げを117%も増加させた。ヒートポンプの販売台数は公表されていないが、売り上げは5,900万ユーロ、従業員は250人である。

オーストリアのOchsner Wärmepumpen社はヒートポンプ生産を1978年に開始した先駆者である。売り上げ高は1,280万ユーロ(2005年)から2,550万ユーロ(2006年)へと倍増、同様に、従業員も87人(2005年)から156人(2006年)へと増加している。ヒートポンプの生産台数は3,312台(2005年)、4,306台(2006年)であり、2.4kWth~950kWthのヒートポンプを製造している。Ochsner社は、AWP Wärmepumpen社やThermo-Energie社といった子会社を、オーストリア、ドイツ、ポーランドに持っている。オーストリアでの売り上げは26%にすぎないが、ドイツ市場での存在感は大きい。またヒートポンプ(地熱、水熱源、空気熱源)を、上記以外の欧州の国々に多数販売している。

欧州のもう一つのメーカーはドイツのStiebel Eltron社である。この会社も完全な製品系列(地熱、水熱源、空気熱源ヒートポンプ)で、容量5~44kWthの製品を製造している。2007年初頭より、Holzmindenに新しい生産ラインを開発した。1,000万ユーロの投資を行ったこの生産ラインでは、25,000台/年のヒートポンプ製造能力がある。

さらに、フランスのThermatis Technologies社はSofath社ブランドでヒートポンプを製造しているが家庭向けに特化しており、機器容量は、2.3~31kWthの範囲である。2006年の売上高は2,500万ユーロ(地熱ヒートポンプ4,950台)、2005年は3,320台である。フランス市場のもう一つの有力メーカーはFrance Geothermie社である。2006年に4,055台(内、3,696台が地熱ヒートポンプ)、売上高は、約1,150万ユーロであり、2005年は2,658台(内、2,536台が地熱ヒートポンプ)であった。

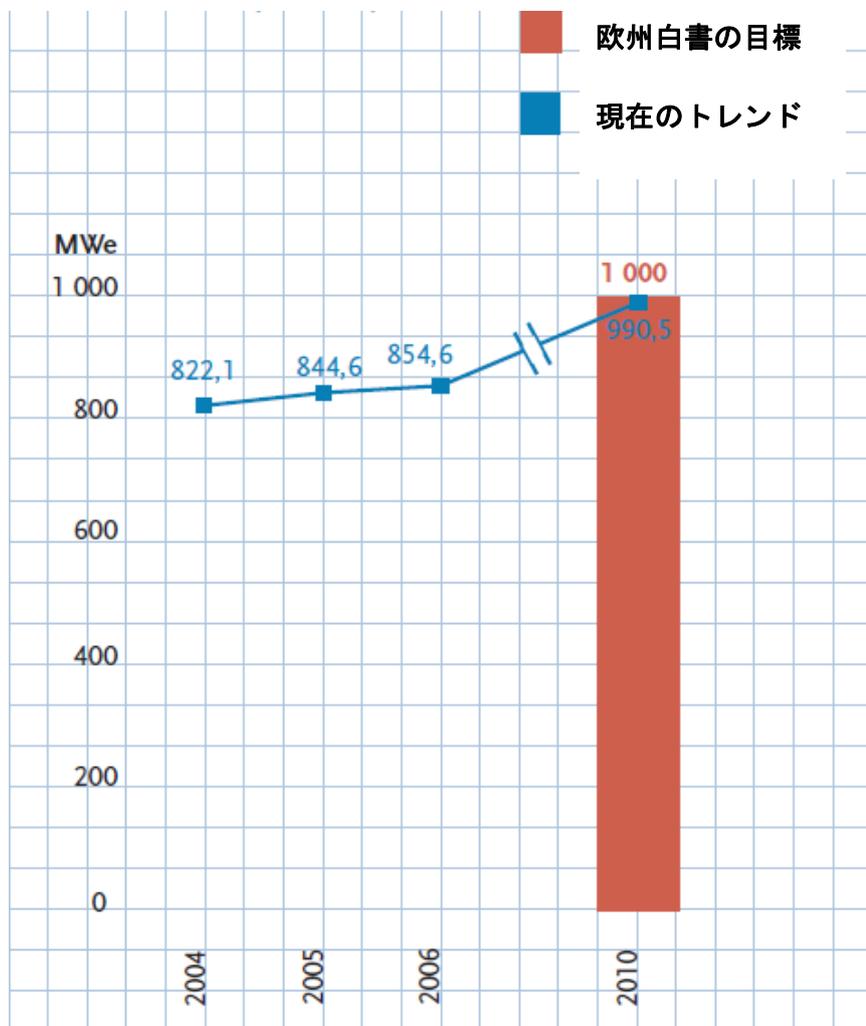
これまで述べてきた以外のメーカーで目立つものと言えば、Satag Thermotechnik社である。この会社は、Viessmann AGグループの企業である。

### 欧州地熱エネルギーの将来は有望

電力生産の主要国は、設備容量の拡大を図っている。イタリアは新規に100MWの増設を計画しており、これが完成すると総設備容量は910MWeへ上昇することとなろう。フランスは、三番目の発電所であるBouillanteと、Soulz-sous-Foretsの深部地熱パイロット発電所の建設により、総設備容量が36.5MWeへ増加すると思われる。ポルトガルの総設備容量は約35MWe、ドイツは8.4MWeと思われる。オーストリアは、総設備容量は現状と変わらないであろう。

以上の推定に基づき、EUの総設備容量は、990.5MWeほどになろう(グラフ1)。

これは、欧州白書(European White Paper)<sup>12</sup>が設定した目標値（1,000MWe）と数MWeの差となる。



グラフ1 電力生産のトレンドと欧州白書の目標値の比較 (MWe)

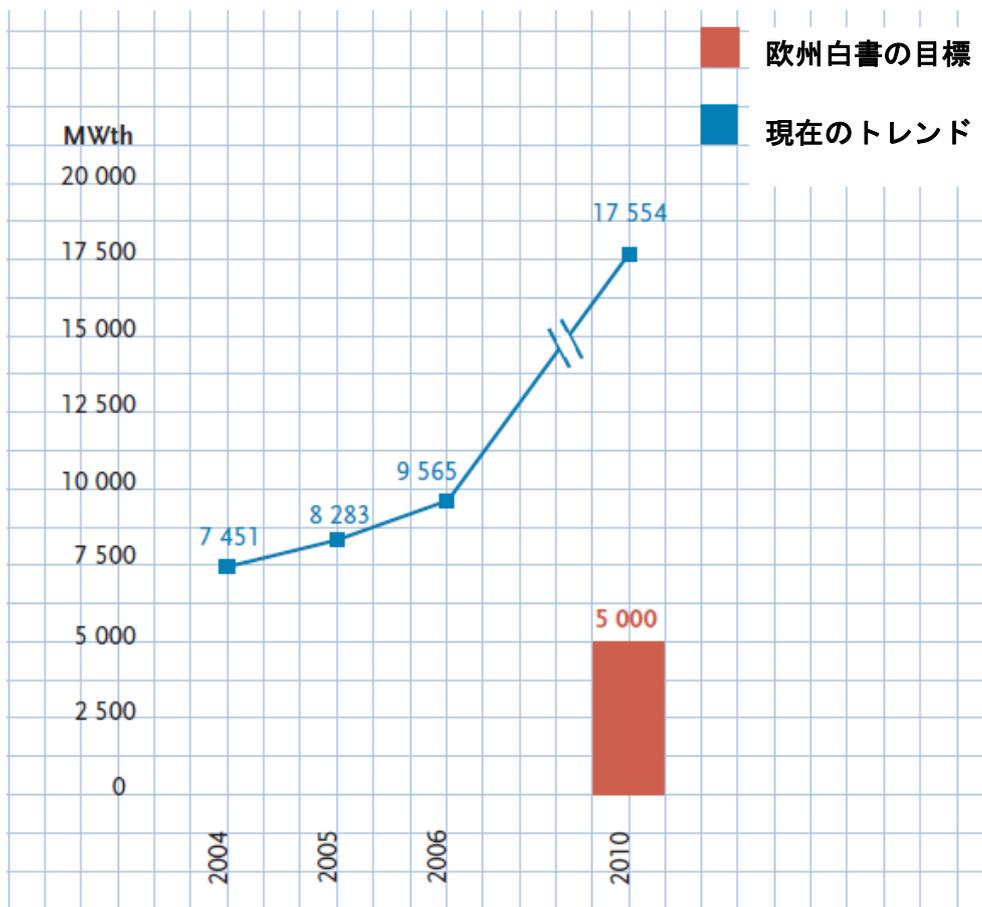
出典：EurObserv'ER 2007

熱生産の予測は、中低エンタルピーの地熱エネルギーによる熱生産計画の包括的ビジョンが無いので難しい。しかし、2005年と2006年の新規設置容量が156MWthであったことを考慮すれば、2010年まで78MWth/年の増加は妥当な推定であろう。この容量増加により、中低エンタルピーの地熱エネルギー総設備容量は、ほぼ2,800MWthへ上昇することに

<sup>12</sup> Energy for the future: renewable sources of energy (再生可能エネルギー白書)

なる。この予測では、ルーマニアとブルガリアが2007年1月1日にEUに加盟したことを考慮している。

極低エンタルピーの状況はさらに有望である。もし、この分野で2010年までの間、20%の成長を維持することができれば、ヒートポンプ一台の容量を11kWと仮定して、総設備容量は14,751MWth（130万台のヒートポンプ相当）に達するだろう。そうすれば、熱応用全体の熱設備容量は、2010年に17,554MWthに達することができるだろう。（グラフ2）。



グラフ2：熱生産のトレンドと欧州白書の目標の比較（MWth）

出典：EurObserv' ER 2007

地熱分野の現在の活力は、欧州委員会の「欧州の持続可能なエネルギーキャンペーン 2005~2008」の目標と一致している。この目標では、2005年~2008年で、25万台の新規の地熱ヒートポンプの設置、15の発電所の新規設置、そして10の新規の中低温設備の設置を要求している。

編集・翻訳： NEDO 研究評価広報部

出典 : GEOTHERMAL ENERGY BAROMETER

-9564.6 MWITH AND 854.6 MWE IN 2006-

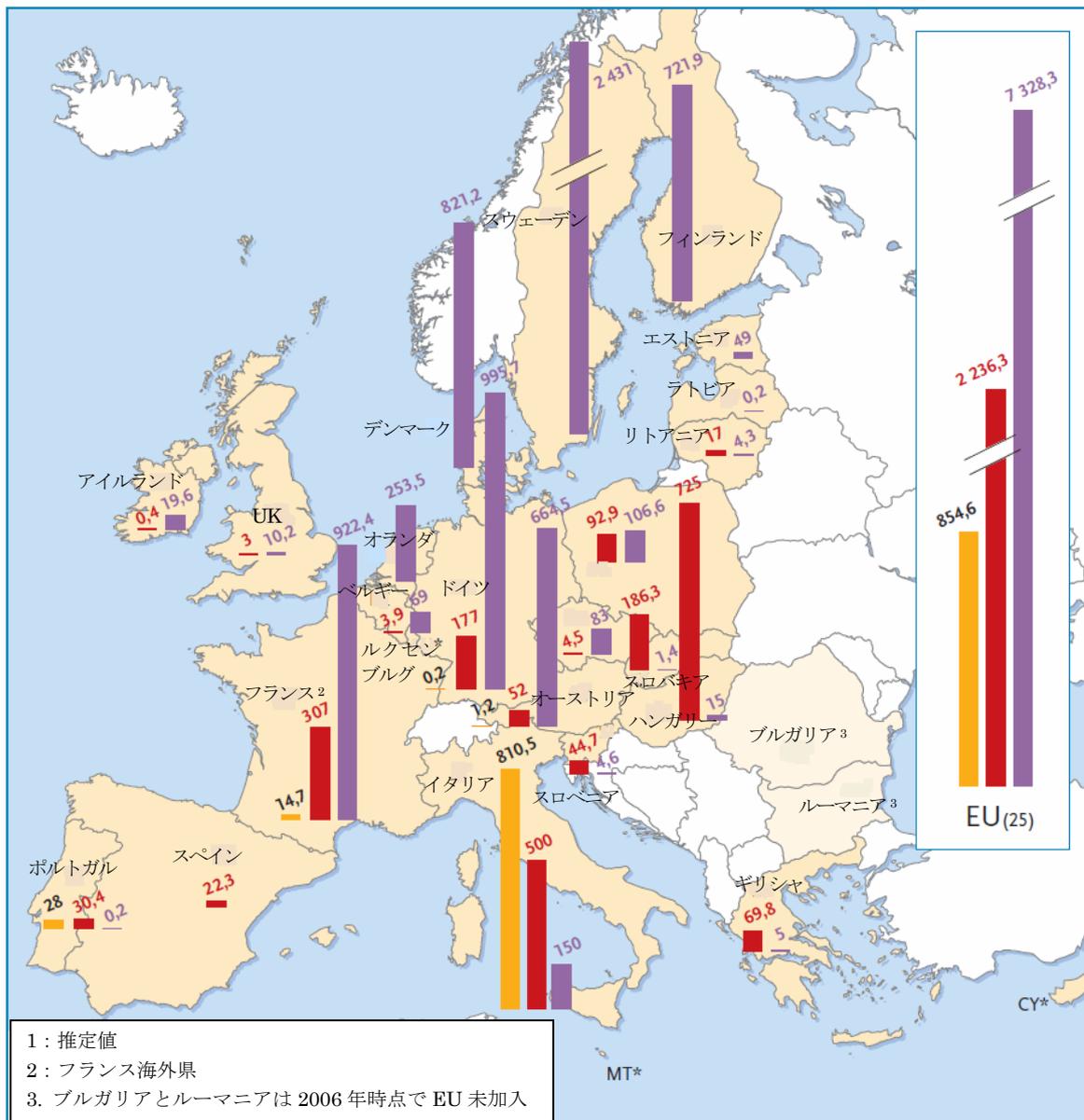
[http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro181.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro181.pdf)

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, Eurec Agency, Erec, Jozef Stefan Institute, Eufores, with the financial support of the 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.

EUの地熱エネルギー総設備容量<sup>1</sup>



LÉGENDE/KEY

- 総設備容量 MWe (2006年末時点)
- GHP (地熱ヒートポンプ)を除いた地熱直接利用の総設備容量 MWth (2006年末時点)
- GHP (地熱ヒートポンプ)の総設備容量 MWth (2006年末時点)

出典: EurObserv'ER 2007

**【再生可能エネルギー特集】 風力発電****風当たりの強まる風力発電、「奇跡かペテンか」(EU)**

欧州連合（EU）は、排出権取引制度や再生可能エネルギーの利用促進などを通じ気候変動との闘いに積極的に取り組んでいる。欧州委員会は、地球の温暖化に起因する自然災害や食糧危機などが、世界の安全保障や安定への深刻な脅威となると判断しているほか、気候変動との闘いが多くの欧州企業にとりビジネスの好機となると見ている。

欧州委員会は、2008年1月23日、排出権取引制度や再生可能エネルギーに関する一連の法案「気候・エネルギー・パッケージ」や二酸化炭素の回収・貯蔵（CCS）に関するコミュニケーションを公にし、「温室効果ガスの排出を2020年までに20%削減する」、「エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%に引き上げる」、「輸送に使用される燃料に占めるバイオ燃料の割合を2020年までに10%にする」、といった野心的な目標を掲げた。

欧州委員会のバローゾ委員長は、「気候変動との闘いは、我々の世代の最大の政治的課題である。我々の使命は、欧州経済を環境に優しい経済に変え、地球環境保護の国際レベルでのイニシアティブを維持することにある。欧州委員会が提案する措置は、この課題に対する回答であるだけでなく、エネルギー供給の安全保障問題に対する解決策をもたらし、欧州での企業創設や雇用創出の可能性をも提供する。我々に与えられた好機を逃すべきではない」と語っている。

しかし、バイオ燃料の利用拡大に各方面から懸念の声が挙がっている。バイオ燃料生産のための作物の増産で環境が破壊される可能性があるほか、輸送に使用される燃料に占めるバイオ燃料の割合を2020年までに10%に引き上げることにより、温室効果ガスが削減されるかどうか不透明だとの指摘もある。ドイツでは、ガブリエル環境相が2008年2月22日、二酸化炭素の排出量を確実に削減できることが確認できるまで、バイオ燃料の利用拡大に向けた取り組みを一時中止することを明らかにしている。

また、風力発電に関しても二酸化炭素の排出削減にはつながらないのではないかという疑問の声が聞かれる。フランスのFigaro Magazine誌（2008年2月9日号）は、「風力発電、奇跡かペテンか？」という刺激的な表題の特集を組んでいる。この特集では、風力発電機の増設が二酸化炭素排出の削減に実際に寄与しているのかという疑問が投げかけられている。

フランスでは、2006年7月10日の省令によりフランス電力公社（EDF）が、風力発電で生産された電力を一定の価格で購入することを義務づけられている。電力生産が少ない

ほど購入価格が高くなるシステムが導入されており、風力による電力生産者は、風のあまり吹かない場所に風力発電施設を設置する、あるいは風の良く吹く場所に施設がある場合は電力生産を加減することで「儲ける」ことができ、投資を簡単に回収できることになる。このため、風力発電施設の建設許可申請が増えている。2007年7月13日以降は、指定ゾーンに建設される風力発電施設しか、EDFの買い上げ価格の恩恵を受けられなくなったが、同日以前に提出された建設許可に関しては、例外措置がとられる。風力発電会社は、いわば「金のなる木」で、スエズ（エネルギー、水処理等）やアレバ（原子力発電）のようなフランスのエネルギー大手もこうした「金のなる木」を求めて、風力発電会社の買収に乗り出している。一方、風力発電施設の建設地となる地方自治体は、事業者の支払う事業税で潤うことになる。

フランスの持続可能な環境連盟（FED）は、風力発電は風の強弱により出力が変動し、恒常的な電力供給を保証できないことから、風力発電施設を増やせば増やすほど、電力生産の安定を図るための火力発電施設が必要となり、二酸化炭素の排出削減にはつながらないと警鐘を鳴らしている。FEDは、フランスでは原子力発電が中心であることから、エネルギー部門の二酸化炭素排出は少なく、風力発電よりも省エネ技術の開発や省エネの実施により同部門の二酸化炭素排出を削減すべきだとしている。

FEDは2007年12月、ドイツ、スペイン、デンマーク、フランスを対象にした風力発電に関する調査「風力発電：EUの統計から透けて見える失敗」を公にしている。この調査では、EUの統計機関EUROSTATの統計データをもとにこれらの国々の二酸化炭素の排出量の推移を比較している。

風力発電で世界をリードするドイツは、2005年末の時点で1万8,400MWの風力発電施設を所有していたが、電力生産全体に占める風力発電の割合は4.4%に留まった（住民一人当たり330kWh）。風力発電に投入される予算に比べ、生産される電力は非常に少ない上、エネルギー部門の二酸化炭素排出量は減少せず、2000年に比べ1.2%の増加を記録している。ドイツは、EU内でも二酸化炭素排出量が多い（2005年：住民一人当たり10トン）。ドイツは2020年までに、電力生産の26%を占める原子力発電を全面的に停止する予定だが、風力発電がこれに取って代われる可能性は低い。

デンマークでは、2005年の電力生産に占める風力発電の割合は18%に達し（住民一人当たり1220kWh）、エネルギー部門の二酸化炭素排出量も2000年に比べ11%減少した。しかし、これは風力発電による減少というより、火力による電力生産を8.1%縮小したことによるところが大きい。デンマークは火力による電力生産の減少をバイオマスによる発電と近隣諸国からの電力輸入で補完した。電力輸入は2000年に比べ倍増しており、FEDは、デンマークは恒常的な電力供給を保証できない風力発電を補完するため、近隣諸国で二酸化炭素排出を増やしたただけだとしている。

スペインは、世界で2番目の風力発電施設を持つ(2005年:住民一人当たり489kWh)。スペインはデンマークと異なり、風力発電による電力生産の不確実性を輸入に頼らず、自国の火力発電を強化して補完する道を選んだ。電力生産全体に占める風力発電の割合は7.2%にしかすぎないが、2000年に比べ二酸化炭素の排出量は10%増加している。

FEDは、「風力発電には、政府援助や巨額の投資が行われ、景観が破壊されるのに、生産される電力は僅かなものであり、二酸化炭素の排出削減にはあまり貢献しない上、化石燃料の消費増をもたらす」と結論している。

ドイツやスペインに比べ再生可能エネルギーの利用で遅れをとるベルギーでも風力発電施設が乱立し始めている。北海で海上風力発電施設の建設が進められているほか、ワロン地域<sup>1</sup>でも高速道路沿いを中心にすでに80基あまりの風力発電機が設置され、さらに84基の建設許可がおりている。

世論は概ね風力発電に好意的だが、景観破壊や近隣住民の健康への影響を懸念する声も少なくない。2008年2月29日には、「風力発電のアナーキーな展開に反対するワロン地域プラットフォーム」が、ワロン地域首相や環境相宛に公開書簡を送り、風力発電施設の建設モラトリアム<sup>2</sup>を要請した。

同プラットフォームは、地域政府が国土整備の責任者としての役割を果たさず、優遇措置に引かれて風力発電施設の建設に乗り出す事業者のなすがままになっていると批判、「景観の破壊」、「近隣住民への騒音公害」、「風力発電施設の存在による不動産価値の下落」、「観光事業への脅威」、「鳥類への危険」などを問題点として挙げている。さらには、風のない時に火力発電による補完が必要となり、最終的には二酸化炭素の排出減につながらないとも指摘している。

プラットフォームのメンバーである環境団体「理性の風」は、「風力発電施設を設置するのに適した場所での展開を促進すべきだ。例えば北海でなら、ワロン地域での風力発電に比べ発電効率は2倍だ」としている。また、「理性の風」は、優先課題はエネルギー消費の削減であることを強調、「地球の温暖化との闘いにおいては、まず建物や輸送手段の改善による省エネに投資すべきだ」としている。

参考資料・出所

FED:

<http://environnementdurable.net/>

FEDの調査:

<sup>1</sup> ベルギーの連邦構成主体である3つの地方行政区分のうち、国土の南半分を占める地域圏。5つの州で構成される。

<sup>2</sup> 先送り、猶予、延期といった意味。

[http://environnementdurable.net/documents/pdf/FED\\_Europe\\_Echec  
Eolien\\_0712021.pdf](http://environnementdurable.net/documents/pdf/FED_Europe_Echec_Eolien_0712021.pdf)

Figaro Magazine の特集 :

[http://environnementdurable.net/documents/pdf/LeFigaro\\_Eolien\\_Miracle\\_Arnaque\\_0  
802091.pdf](http://environnementdurable.net/documents/pdf/LeFigaro_Eolien_Miracle_Arnaque_0802091.pdf)

「風力発電のアナーキーな展開に反対するワロン地域プラットフォーム」の声明 :

<http://ventderaison.com/frame.php>

【再生可能エネルギー特集】風力発電

## ドイツにおける風力発電の動向

### 急成長から安定成長へ

ドイツにおける風力発電の発電量は2006年には305億kWhとなり、総発電量の5%を占めるまでに成長した。これは96年の14倍、2001年の3倍である。2007年も引き続き成長して337億kWhとなったが、風力発電量の増加は2004年以降鈍化しており、2007年の発電量は2004年比で32%の伸びであり、一頃の爆発的な伸びから安定成長の軌道に乗った感がある。

### 設備の大型化と制御装置、ローター材料の変化

過去の風力発電設備の技術的な動向を見ると、1996年において風車1基当たりの平均発電出力が約530kWであったのに対し、2005年には約1,723kWと、1基当たりの出力は3倍以上に増大した。現在では、既に5MW機も設置され、ローター径は最大115mにまで大型化している。

こうした設備の大型化に伴い、風力発電設備は、ブレードのピッチ角（取付け角）を固定し、風速がある一定の基準を超えた時にブレードの空気特性によって起こる失速現象を利用して出力を制御するストール制御から、風速と発電機出力からブレードのピッチ角を変化させて出力を制御する可変ピッチ制御へと移行する傾向が見られるようになった。可変ピッチ制御型は、1996年には37%程度であったが、2005年には82%にまで拡大している。

さらに、ローターの材料も、ガラス繊維強化型プラスチックと炭素繊維強化型プラスチックを組み合わせた複合材が使用されるようになり、ブレードを一枚一枚移動調整できるものが拡大している。なお、ローターに炭素繊維強化型プラスチックだけを使用するのは、現在のところは不可能だと見られている。

こうした風力発電設備の大型化は将来も続き、7MWや8MWクラスの設備の登場も予測されている。

### ようやく端緒についた洋上風力発電

こうした風力発電設備の大型化に伴い、設備の立地場所が陸地から、立地場所を確保しやすく、より安定した風力発電が期待できる洋上へと移行していくものと予測されていた。ドイツで風力発電拡大の大きな要因となってきたのは、再生可能エネルギー法により、電力会社に再生可能エネルギーで発電された電力を買い取ることを義務付け、その最低買い取り価格を規定する法律を制定したことであった。2004年の同法改正では、洋上風力発電の最低買い取り価格を手厚くするなど、洋上風力発電と既存設備のパワーアップ（リパワリング）を優遇する措置が導入された。

しかし、風力発電の設備容量は、2007年末時点で22,000MWを超えたものの、洋上風力発電設備はまだひとつも稼働しておらず、リパワリングされた設備もわずかにとどまっている。こうした洋上風力発電、リパワリングの遅れが、風力発電の成長が2004年以降鈍化した要因ともなっている。

現時点において、ドイツで最初に稼働すると見られる洋上風力発電設備は、ドイツ電力大手の欧州 Vattenfall と Eon、それにドイツ北西部を拠点とする地方電力会社 EWE が、ドイツ北西部の北海に共同設置する予定のウィンドパークで、ウィンドパーク全体が完成するのは2009年夏になる見込みである。

連邦環境省は現在、こうした洋上風力発電やリパワリングが進まない現状を打開するため、たとえば洋上風力発電された電力の最低買い取り価格（設備設置後の初期買い取り価格）を、1kWh 当たり現在の 8.74 セントユーロから 11~14 セントユーロに引き上げるほか、最低買い取り価格を毎年引き下げる累減率を現在の 2%から 1%に引き下げ、洋上風力発電をより優遇することを検討している。また同時に、リパワリングした施設で発電された電力の最低買い取り価格を引き上げることも検討している。

参考資料：

- = Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien, F – Windenergie、2007年7月、再生可能エネルギー第4次エネルギー研究事業評価、風力、連邦環境省委託調査
- = Erfahrungsbericht 2007 zum Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG)Tiefe Geothermie Strom und Wärme、2007年7月、再生可能エネルギー実績レポート、連邦環境省委託調査
- = Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2006、2007年6月、連邦環境省委託調査
- = Bericht zur Windenergiemesse Husumwind 2007、FAZ紙2007年9月19日付け
- = Die Zukunft der Windenergie liegt auf dem Wasser、ターゲスシュピーゲル紙2007年10月6日付け
- = Gabriel bevorzugt Windkraft auf See、ハンデルスブラット紙2007年10月12日付け
- = Neues Kraftwerk nutzt Windenergie effizienter、ハンデルスブラット紙2007年10月15日付け

## 【再生可能エネルギー特集】 バイオマス

## バイオマス資源として注目されるミスカンザス(EU)

欧州連合 (EU) では、バイオマス資源としてイネ科の植物「*Miscanthus giganteus*<sup>1</sup> (以下、ミスカンザス)」に大きな期待が寄せられている。ミスカンザスは、*Miscanthus sinensis* (イネ科ススキ属ススキ) と *Miscanthus sacchariflorus* (イネ科ススキ属の多年生在来植物オギ) から作られたハイブリッドな新品種で、農業の新たな多様化の必要性や、再生可能エネルギーの利用促進及び二酸化炭素の排出削減といった環境上の要請にも対応できる可能性を秘めている。

EU レベルでは、1997年に農業・漁業に関するプログラム「FAIR」の枠内でミスカンザスの工業的な潜在性に関する加盟国間の情報交換のための協調行動が実施され、EUでのミスカンザスに関する研究を行う産業部門と研究者間のネットワーク「European Miscanthus Network (以下、欧州ミスカンザス・ネットワーク)」の構築、拡大が図られた。

加盟国レベルでは、英国でミスカンザスの栽培が盛んに行われており、すでに商業化の段階に達している。中心となるのは1998年に農業従事者により設立された BICAL 社 (Biomass Industrial Crops Ltd.) で、2006年の収穫量は約40万トン、2005年度の売上は600万ユーロだった。

BICAL社はフランスにも進出しており (BICAL BIOMASSE FRANCE)、2004年にブルターニュ地方でミスカンザスの栽培を開始した。2006年春に初めて刈り取りが行われたが、40ヘクタールで500トンあまりの収穫があった (12.5トン/ヘクタール)。これらの収穫は全て Lafarge Ciments (セメント) 社が購入した。同社は、ミスカンザスの発熱量が約4,700kWh/トンと、木片の3,300kWh/トンを大きく上回っていることに注目した。

ミスカンザスは、火力発電所や工業用ボイラーに使用される石炭の50%を、技術的な変更を施さずに代替できるほか、家庭用のボイラーやストーブ用の木材に取って代わることもできる。しかもミスカンザスは、根茎に二酸化炭素の一部を貯蔵するため、燃焼の際の二酸化炭素の排出が少ない。また、栽培の際に殺虫剤や殺菌剤などを使用する必要がないほか、根茎を切って植える方法で繁殖させるため、種子の拡散により生態系に影響を及ぼすこともない。

<sup>1</sup> 英語表記では Giant Miscanthus。 *Miscanthus giganteus* は学名。  
なお、NEDO海外レポート第969号の下記記事等も参照。  
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/969/969-04.pdf>

ベルギーのワロン地域<sup>2</sup>も再生可能エネルギー源としてのミスカンザスに注目している。欧州ミスカンザス・ネットワークのメンバーである SORGHAL (非営利団体) が長年、ミスカンザスに関する研究を続けているほか、バイオマスの有効利用を促進する団体 ValBiom も、「エネルギー源の多様化に確かな展望を提供する」としてミスカンザスの栽培に期待を寄せている。

2007年には、ベルギーやルクセンブルクでのミスカンザスの栽培、利用の促進を目的とする会社 Promis Bical Belux 社が設立された。同社は、ベルギーにおいて今後 5~6年で 1,000ヘクタールあまりの土地にミスカンザスを植えることを希望している。ミスカンザスは汚染された土地でも栽培可能なことから、同社は農地だけでなく、ベルギー国鉄 (SNCB) や水道会社の所有する広大な土地での栽培の可能性を探る。同社はミスカンザスの用途として、断熱材などの建設資材の材料としての使用や、1ヘクタール分のミスカンザスが 7,000リットルの燃料油に相当することから企業が製造過程で必要とする化石燃料の代替燃料としての使用を挙げている。ベルギーの企業 Carmeuse 社 (石灰) は、天然ガスを燃料として使用しているが、ミスカンザスを燃料として使用することに興味を示している。

また、フランスとの国境に近いベルギー南西部の Havinnes では、地元の農業従事者がミスカンザスの栽培を行っている。この農業従事者は、栽培する農作物の「防風林」としてミスカンザスを植え始めたが、ペレット燃料の需要増とともに、ミスカンザスのエネルギー源としての利用を思いついた。現在、他の数人の農業従事者とともに約 7ヘクタールの土地でミスカンザスの栽培が行われている。すでに 2トンのサンプルを、Granubois 社 (ペレット製造) に提供している。

ワロン地域議会のムロー議長 (ワロン系社会党) は、「ミスカンザスはエタノールの生産に適している。栽培に殺虫剤などが不要で環境にも良い。ミスカンザスは、ワロン地方の農業にとり好機となる」ことを強調している。

なお、ミスカンザス栽培の問題点としては、植え付けのコストが 3,000~3,500ユーロ/ヘクタールと高いことや、乾燥させた 1トンのミスカンザスは 6~7m<sup>3</sup>となり、かさばることから貯蔵や輸送に問題が生じることが挙げられている。

参考資料・出所

欧州委員会：

<http://ec.europa.eu/research/agro1.html>

<http://ec.europa.eu/research/agro/fair/en/index.html>

<sup>2</sup> ベルギーの連邦構成主体である 3つの地方行政区分のうち、国土の南半分を占める地域圏。5つの州で構成される。

<http://ec.europa.eu/research/agro/fair/en/ie1707.html>

<http://www.eeci.net/>

ValBiom:

[http://www.valbiom.be/popup/Bioenergies/bioenerg\\_miscanthus.html](http://www.valbiom.be/popup/Bioenergies/bioenerg_miscanthus.html)

<http://www.valbiom.be/popup/Membres/membresorghal.html>

Promis Bical Belux :

<http://www.promisc.be/Le Miscanthus : la ressource de l'avenir.html>

その他 :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Miscanthus\\_g\\_ant](http://fr.wikipedia.org/wiki/Miscanthus_g_ant)

<http://www.novethic.fr/novethic/site/article/index.jsp?id=102117&titre=Le miscanthus, combustible biomasse prometteur>

**【再生可能エネルギー特集】 バイオガス バイオディーゼル****バイオガス・バイオディーゼルプロジェクト(イタリア)**

現在イタリアでは、自動車等の燃料添加物となるべき農業生産物によるバイオディーゼルやバイオエタノール、山林の伐採等によって出される木材バイオマス、牛や豚等の家畜の糞尿によるバイオガス研究開発が実施されている。「2008年度予算法」で推進されるような農畜産業活動から派生するバイオガスによる電力・熱生産設備設置も目下増加傾向にあり、バイオガス設備を製造する企業も増えている。更に、まだ研究段階にあるが海草からバイオディーゼルの製造する革新的研究も押し進められている。現在実施されている主なプロジェクトについて紹介する。

イタリア北部、オーストリアとの国境近くのアルトアディジェ自治県のボルツァーノ市に本拠を置くバイオガスプラントの企画と製造を実施しているシュマック・バイオガス社 (Schmack Biogas Srl) は、イタリア中北東部のフェッラーラ県ボンデーノ市の農業企業、エネルギー・リニュー社 (Energy Renew) のために目下 4.5MW、イタリアで最大のバイオガス設備設置プロジェクトを推し進めている。

本設備は、年間電力生産量 3,200 万 kWh (約 8,000 戸の家庭の電力需要を賄うことのできる電力量) を生産し、従来のバイオガス発電設備より 10%高い 45%のエネルギー高効率を実現した革新的バイオガス生産設備である。本設備の革新性は、モーターの排気ガスを利用した ORC (Organic Rankine Cycle) 技術の適用にあり、また乾燥物質が多く含まれている農業バイオマスを処理できる革新的アナエロビク消化 (嫌気性微生物蒸解 /Anaerobic Digestion) プロセスを利用している。

本設備は、1,416kW のコージェネレーター3基、350kW の ORC タービンで構成される。バイオガスは、通常メタン (CH<sub>4</sub>) 約 55%、CO<sub>2</sub> 約 35%、蒸気残留物、微量のガスによって構成されている。まず原材料 (例: とうもろこし、小麦、家畜の糞尿等) は、アナエロビク消化プロセスを生じさせる発酵器に入れられ、バイオマスに含まれるエネルギーがメタンをベースにした燃料ガスであるバイオガスに変換される。バイオガス燃料から出される CO<sub>2</sub> は、天然光合成プロセスによるもので温室効果ガスではない。プラントから最終的に出される排出物は、生物学的に安定した無臭のオーガニック物質で農業用堆肥として利用される。

シュマック・バイオガス社は、更にまた 2007 年 11 月にベネトングループの農業企業 2 社のために 625kW のバイオガス発電設備を 2 基設置する契約を結んでいる。1 基はローマ県フィチーノ市にあるマッカレーゼ (Maccarese) 社、もう 1 基はカゼルタ県ピアーナ・モンテ・ヴェルナ市にあるチリオ・アグリコーラ (Cirio Agricola) 社に設置され、乳牛の糞尿でバイオガス電力を生産する (少量の農業生産物も加えられる)。

バイオガス発電設備を製造しているイタリア企業は目下増加傾向にあるが、イタリア北西部クーネオ県ボルゴ・サン・ダルマッツォ市に本拠を置く MEG 社 (Marcopolo Environmental Group /マルコポーロ環境グループ) は、25 年前から家畜糞尿によるバイオガス設備を企画・製造している。同社は、資本金 1,060 万ユーロ (2007 年 1 月時点)、グループの総従業員数 150 人、バイオガス電力年販売高 4,000 万ユーロであり、イタリアにおいてはバイオガス部門として比較的規模の大きい会社である。同社は、独自開発の特許名 MESBG - EC (Marcopolo Ecotone System Biogas Cogeneration) と命名されたプロセスによるバイオガス発電設備を既に 36 基設置しており、また現在でも 10 基建設中である。

MEG 社開発による MESBG - EC は、排出閉鎖装置が統合された複雑なガス捕獲メカニズムをベースにしており、バイオガスは化学 - 物理プロセスを通して浄化システムに向かい汚水とガス状物質が浄化される。浄化されたバイオガスは、平均約 40% のエネルギー効率を獲得することができる 8 サイクルの特殊吸熱モーターを通してコージェネされる。生産された電力は国内電力網に流され、熱エネルギーは遠隔暖房として利用される。必要であれば排気ガスは更に、酸化窒素 (NO<sub>x</sub>) 除去のための触媒システム、一酸化炭素 (CO) 除去のためのポスト燃焼システムによって処理される。MEG 社では、バイオマス部門だけでなく、他の新エネ部門・風力・太陽光発電設備・ミニ水力発電所・コージェネレーション部門における活動も実施している。

近年、自動車の燃料となりえるバイオディーゼル生産のために微小のマイクロ水草栽培が合衆国や欧州において注目されている。イタリアにおいても現在マイクロ水草栽培研究が推進されており、フィレンツェ大学の農業バイオテクノロジー部が光合成によるバイオディーゼル生産に適したマイクロ水草株を究明する研究を実施している。同学部はこの度、その研究結果を明らかにした。

研究結果によれば、生産性の高い水草は、脂質が一番少ない水草株という意外なものであったが、いずれにしてもバイオディーゼル生産の可能性の高い水草株を究明した。それは脂質 30% を 60% に増大できる窒素が不足しているマイクロ海草であった。野外の「グリーン・ウォール・リアクター (Green-wall reactor)」で栽培されたマイクロ海草は、窒素ストレス後 1 日約 8 g/m<sup>2</sup> の株の生産性、つまり分かりやすく説明するとトスカーナ州の気候条件 (栽培有効日数を 250 日とした場合) において年間 1 ヘクタール 20 トン相当のオイルを生産できるという結果が出された。

この生産性は、現在自然に存在する植物でも首位に位置するが、「『市場に出せる段階にある』という研究結果にはまだ至っていない」とフィレンツェ大学の農業バイオテクノロジー部は言っている。「何故ならば単純にエネルギー計算をした場合、『グリーン・ウォール・リアクター』を建設するための建材に含まれるエネルギーや栽培に必要なエネルギーと栽培された海草のバイオマスに含まれるエネルギーとを比較した場合、栽培された海草エネルギーは、栽培に必要なエネルギーの半分以下しかないからである」と説明して

いる。

海草栽培は、汚水処理・温室効果ガス排気削減・新エネルギーの生産を可能とする多大な潜在性を持っているが、まだ市場に出せる段階に至っていない。しかしながらイタリアの炭化水素部門の大企業 ENI は、この潜在性に賭けており、海草によるバイオ燃料生産研究に投資することを発表している。ENI は、新エネ・代替エネ研究のために 2007 年～2010 年の 4 年として 3 億 5,000 万ユーロの予算を計上している。優先される新エネ研究は、バイオエネルギー、ソーラーエネルギーであるが、海草エネルギー研究のようなフロンティア研究も実施すると ENI は表明している。

ENI のパオロ・スカローニ会長は、「ENI では、マイクロ生物利用をベースにした研究活動を実施しており、特にバイオ燃料生産のための海草に照準を合わせている。海水でも淡水でも流水によって非常に速いスピードで成長することのできる海草が存在している。海草は、成長のために我々が除去を欲している CO<sub>2</sub> を栄養とする。イタリアは、海に囲まれており、耕地面積が少ないために海草によって生産されるバイオ燃料は食糧用農産物と競合することなく獲得できる。特殊な海水プールでの海草栽培による解決策は、非常に面白いものである」とコメントしている。

出所：シュマック・バイオガス社サイト ([www.schmackbiogas.it](http://www.schmackbiogas.it))、MEG 社サイト ([www.marcopolo-e.com](http://www.marcopolo-e.com))、GSE サイト ([www.gse.it](http://www.gse.it))、他

【再生可能エネルギー特集】 太陽光発電 バイオマス グリーン証明書

## バイオエネルギー・アカウントを導入(イタリア)

イタリア政府は、太陽光発電設備普及のために「2008年度予算法」において、従来の「エネルギー・アカウント」措置を画期的に改善した「新エネルギー・アカウント」優遇料金措置を導入して太陽光発電設備の普及を図った。これにより早くも2007年末時点において太陽光発電設備の普及促進が図られたとの非常にポジティブな結果が得られた。イタリア政府は、2008年においてはバイオマス・エネルギー促進に照準を合わせることにし、バイオマス・エネルギー普及のために2007年12月21日に国会で承認された「2008年度予算法」において「バイオエネルギー・アカウント」優遇料金措置を導入した。

本予算法では、優遇料金が適用されるバイオマス・エネルギー条件が明確に定義されている。すなわち「農畜産業活動から派生されるバイオマス・エネルギー」かつ「短距離ゾーンにおいて生産されるバイオマス・エネルギー」でなければならないとしており、バイオマス・エネルギー（電力や熱）生産設備から70kmの範囲において利用・消費されるバイオマス・エネルギーのみが特別優遇料金の対象となると定めている。これは熱や電力の運送等におけるCO<sub>2</sub>放出を最少に押さえるためである。適用される優遇料金の種類は2つあり、バイオマス電力・熱生産設備の出力が1MW以上の設備の場合は、以前から存在している新エネのための「グリーン証明書」優遇料金が適用され、出力1MW以下の設備は「バイオエネルギー・アカウント」方式による優遇料金が適用される。

「グリーン証明書」は、1999年のベルサーニ法（1999年の法律79号）によって制定されたもので、新エネルギー生産者に与えられるものである。同時にベルサーニ法では、火力発電等によるガス、石油、石炭等の伝統的エネルギー源によって電力を生産している者に対して、前年度の電力総生産量の2%（2004年3月時点 / この率は年々0.35%ずつ増加される）に相当する量の新エネルギー源電力を国内電力網に供給することを義務付けている。このため、義務を達成できない電力生産者は、対価を支払った上で「グリーン証明書」を購入する必要がある。なお、「2008年度予算法」では、2009年～2012年の4年間における新エネ電力国内網流出義務の年増加率を従来の0.35%ずつではなく、0.75%に増加させている。現在「グリーン証明書」の購入と販売は、GSE（Gestore Servizi Elettrici / 電気サービス運営会社。旧名GRTN/伊電力網管理会社）社が運営している。

GSEは、出力1MW以上のバイオガス設備で生産された電力については、「グリーン証明書」によって定められる通常の新エネ電力購入に係る優遇料金よりも更に80%割高の優遇料金で購入する。更に、この優遇料金は15年間保証される。なお、「2008年度予算法」では、工業廃棄物等によるバイオマスで生産された電力についても「グリーン証明書」優遇料金を適用することとされ、この場合の優遇料金は10%割高とされている。

一方、出力1MW以下のバイオマス設備の場合は、市場の動向に左右されない「バイオエネルギー・アカウント」方式が採られ、固定料金が適用される。優遇料金は、0.3 ユーロ/kWh (1MW300 ユーロ)で15年間保証される。電力を生産すればするほど設備投資金額を早く償却できる仕組みとなっている。この優遇料金は、経済活動大臣によって3年ごとに見直される。短距離ゾーンで生産されないそれ以外の農産業活動から派生するバイオマス・エネルギーの料金は0.22 ユーロである。

更にまた「2008年度予算法」では、「グリーン証明書」や「バイオエネルギー・アカウント方式」の優遇料金を得ることになってもバイオマス設備設置総投資額の40%以上を超えなければ国・州・市・EUが支給する別の種類の補助金も重複して得られると規定されている。本措置によって農業経営者は、電力生産者にも成り得る。

これらの優遇料金は、2008年1月1日から適用されるが、具体的にこれらの政策を実施するための実施法令を2008年2月末までに制定する必要がある。特に優遇料金が適用されるバイオマスの原材料や生産された電力の行方等(70kmの範囲)を確認する方法を明確に規定する経済活動省・環境省・農林省の共同提出省令の制定が待たれる。

出所：2008年度予算法

【個別特集】 **バイオマス**

## 中国のバイオマスの現状

－「緑色電源」（クリーンな電源）となるバイオマス発電の開発の動き－

NEDO 技術開発機構  
北京事務所 曲 暁光

近年、中国の急速な経済成長と国際的な石油価格の高騰などにより、適正な価格で必要なエネルギーを確保することが一層困難となりつつある。世界最大の産炭国として中国は従来から石炭の輸出拡大を奨励してきたが、現在経済成長に伴い増加する自国のエネルギー需要への対応を最優先し、政策的に中国産石炭の海外輸出を大幅に減らして、新たに石炭の輸出規制を加える動きが見られる。

特に、石炭火力が大半を占める中国では、国内の石炭価格が石油価格の急騰及び、石炭の国際価格との連動により、顕著な上昇傾向にある。また、山西省、内蒙古など北西部の産炭地から、主要消費地となる東南部への長距離の石炭輸送は鉄道輸送能力の問題もあり、効率的に行われていないのが現状である。

このような価格上昇と鉄道輸送のボトルネックを背景に、電力会社にとって必要な燃料を低コストで確実に確保することは極めて重要である。中国五大電力を代表する華能集団、大唐集団は鉄道輸送枠の拡大を確保しつつ、大手石炭会社と石炭供給の長期契約を締結するとともに、豊富な資金力を駆使して内陸部で自前の炭田確保に努めている。



華電集団の傘下にある山東省二十里泉バイオマス混焼発電プラント（設備容量 140MW）

一方、中国ではトウモロコシ、麦ワラや綿花の茎などの農・林業廃棄物は年間 6.8 億トン程度発生すると言われる。大部分は土地の生産性を向上させるための有機肥料、農民の生活用燃料として利用されるが、活用されないワラの余剰量は毎年 1.4 億トンに達し、活用方法についての決め手に欠き、処理に手を焼いている。政府当局が野焼きを禁止している

にもかかわらず、農村部ではワラの野焼きが随所に見られる。その結果、野焼きで発生する煙は著しい大気汚染を生じ、飛行機の離着陸に大きな支障を来すケースもあると言われる。

## 1. バイオマス発電は「緑色電源」として史上空前のブーム

農・林業廃棄物である麦ワラ等は低品位燃料だが、その「緑色」のイメージ、低廉な価格、長距離輸送の必要性もないことから、長期的かつ安定的に利用できる再生可能エネルギー源として都市ゴミ同様に注目を集めている。2006年末に都市ゴミ焼却・発電、サトウキビ発電、稲ワラ発電を含めた中国のバイオマス発電の設備容量は220万kWに上っている。2006年以降のワラ発電プロジェクト開発においてもスピードに衰えは見え、新規開発案件が大幅に伸び、政府承認の新規プロジェクトは総数39件で、総設備容量は130万kWに達している。

政府が発表した「再生可能エネルギー中長期発展ビジョン」によれば、2008年末までに、ワラと木っ端を燃料とする20万kW規模のバイオマス発電実証プラントをそれぞれ1基ずつ新たに建設することになっている。2010年のバイオマス発電事業の総設備容量は400万kWで、2020年には、原子力発電の大規模プラント24基分に相当する、2,400万kW規模にまで拡大する壮大な開発計画が盛り込まれている。

2006年11月には、国家电网公司を筆頭株主とする国能バイオマス発電有限公司が、山東省で綿花の茎等を燃料とするバイオマス発電プラント(25MW)について、デンマークの技術を導入することにより、ボイラー効率、発電効率をそれぞれ90%、28.5%まで上げることに成功している。

このプロジェクトは中央政府が承認した中国初のバイオマス発電モデルプロジェクトである。同社はその後、バイオマス発電の新規プロジェクトを22件計画し、その内、14件について建設に着手した。2010年には、同社だけでバイオマス発電設備能力が200万kWに拡大し、全国シェアの36%を占めるに至った。また、同社は将来バイオマス発電プラントを200基、設備容量を500万kWに増設し、バイオマス発電分野での世界のトップ企業を目指すという野心的な目標を掲げている。

現在国家电网公司のほか、五大電力の中国電力投資集団、華電集団、大唐集団等が競ってバイオ資源に恵まれる地域でバイオマス発電に適した好立地の確保を続けている。五大電力各社は、穀物生産の拠点である黒龍江省、河北省、山東省、江蘇省、安徽省、貴州省等でバイオマス発電のプロジェクトを多数手がけており、史上空前のバイオマス発電開発ブームを迎えようとしている。

## 2. バイオマス発電にかかる優遇措置と課題

2006年1月1日に再生可能エネルギーの利用拡大を狙いとする「再生可能エネルギー法」が施行された。同法ではバイオマス発電事業の開発を加速させるため、ナショナル・グリッドの運営・管理に責任を持つ国家電網会社と南方電網会社に対して、ワラ等のバイオマス発電所からの電力の全量買取義務を課すとともに、国産化できないバイオマス発電の関連機器類の輸入関税と増徴税（付加価値税）を免除する優遇措置を明文化している。

また、中国政府がエネルギー消費量の多い企業に省エネの数値目標を課したため、目標達成に向けて化石燃料から、制度上廃棄物と同じ扱いとされるバイオマス等へ切り替えるなど、中国企業の間で再生可能エネルギー利用のモチベーションが高まっている。電力会社にとってバイオマスは化石燃料転換時の有力な選択肢であり、特に、電力政策の中核となる「上大圧小」政策（政府による、小規模な発電所の廃止と大規模な発電の新設による発電効率向上施策）により、石炭を燃料とする多くの小規模な火力発電プラントのボイラーを改造し、燃料をワラ等未利用エネルギーに切り替えることにより、政府から「資源総合利用型」発電プラントの認定を受ければ、プラントの廃止を免れ、増徴税（付加価値税）の半減、及び長期的な操業継続が可能になるという大きなメリットがある。

しかし、バイオマス発電は多数の大きな課題を抱えている。まず、ワラの効率的な収集方法の確立が非常に困難である。現在稼働中の25MW級のバイオマス発電プラントはワラの消費が年間25万トンに達すると言われる。ワラは比重とカロリーが低いため、通常の燃料より容積が大きく、輸送距離が短いものの、その収集と保管にコストがかかる。現在、地元の農民が自前のトラクター等にワラを積み、発電所へ届け、発電所はワラの重量に応じて代金を支払うという単純な方法で必要な量のワラを確保するケースが多く、収集効率はかなり低いのが実情である。

また、ワラのボイラーへの効率的な投入も技術的に難しい。例えば12MWのバイオマス発電プラントの場合、1時間内にボイラーにワラ75トン投入しなければならない。

更に、中国企業は未だ高度なワラ燃焼技術を有しておらず、特に、ボイラー技術はデンマークのBWE社がほぼ独占しているため、多くの中国企業は同社に高いロイヤリティを払い続けている。

一方で最近、バイオマス発電プラントのフル稼働により、ワラの消費量が大きく伸びている。しかしその結果、一部地域で地元農民がワラの値上げを目論み売り惜しみを生じている。

バイオマス発電事業のより健全な発展を図るためには、政府の優遇策、技術力向上のみならず、社会システムの構築、地域住民の理解、民度の向上等も必要不可欠な要素である。

【エネルギー】 **新エネルギー技術** **研究開発**

## 米国 DOE は連邦－州協力による先進基礎研究に 520 万ドルを投資

米国エネルギー省(DOE)は、米国内の 12 大学の基礎研究プロジェクトに関して 520 万ドルを投資すると発表した。これは今後とも米国が科学研究と革新に関する世界のリーダーとしての地位を確実に保つための取り組みであり、選ばれた大学はその専門技術を最大限にするために DOE 傘下の国立研究所とペアを組む。

先進太陽電池から水素エネルギー・システムまでに及ぶこれらの研究計画は、DOE の「競争研究を促進する実験プログラム(EPSCoR : Experimental Program to Stimulate Competitive Research)」の一部であり、連邦－州協力プログラムである。増加する米国のエネルギー需要を満たす方向に社会を導くために、米国においてエネルギー関連の研究開発の競争を促進させることを目的としている。

「DOE は、これらの計画への資金提供により、大学社会と協力するために DOE 研究所の科学的な強さとリーダーシップを喜んで提供し、より強い学問研究の取り組みおよび経済競争力の開発に寄与する」と DOE 科学担当次官のレイモンド L.オーバハ博士は述べた。

EPSCoR は、DOE が実施する科学技術プログラムの広範囲に及ぶ基礎研究活動を支援し、またブッシュ大統領がかかげる国家、経済またエネルギー安全保障を前進させる目標を支援するために、エネルギー関連領域の科学者およびエンジニアの数を増加させることをめざしている。

選ばれた大学と提携 DOE 研究所は次のとおりである、

－オーバーン大学(オーバーン、アラバマ州)

DOE 研究所：パシフィックノースウエスト国立研究所

プロジェクト：コーティングの特性と性能に対する固体電解質燃料電池の相互接続とコーティングの相互作用の影響

－クレムソン大学(クレムソン、サウスカロライナ州)

DOE 研究所：サバンナリバー国立研究所

プロジェクト：原子力発電所での水素生産のハイブリッド硫黄プロセスのために開発中の電解槽で使用される、高伝導性で低二酸化硫黄クロスオーバを持った新しいフルオロアイオノマー電解質

－カンザス州立大学(マンハッタン、カンザス州)

DOE 研究所：国立再生可能エネルギー研究所

プロジェクト：自然光合成複合体とマメ科植物葉緑素の励起エネルギー転送：複合

体/マメ科植物のホールバーニング分光と単体分光研究

ールイジアナ州立大学(バトンルーージュ、ルイジアナ州)

DOE 研究所：ロスアラモス国立研究所

プロジェクト：不均一無秩序ディラックフェルミオン：重フェルミ粒子超電導体からグラフェンへ

ーサウスダコタ鉱山・技術大学(ラピッドシティ、サウスダコタ州)

DOE 研究所：国立再生可能エネルギー研究所

プロジェクト：高効率太陽光発電用の格子不適合 III-V エピ層

ーアラバマ大学(タスカルーサ、アラバマ州)

DOE 研究所：ローレンス・リバモア国立研究所

プロジェクト：エピタキシャル金属間階層システムの交換相互作用

ーアラスカ州立大学(フェアバンクス、アラスカ州)

DOE 研究所：ロスアラモス国立研究所

プロジェクト：地域気候システムモデルにおける北極海硫黄の生物地球化学に対する海氷の影響

ーネブラスカ大学(リンカーン、ネブラスカ州) - 2 プロジェクト

DOE 研究所：アルゴンヌ国立研究所

プロジェクト：分子強誘電性材料およびナノ構造の合理的設計

DOE 研究所：フェルミ国立加速器研究所

プロジェクト：DOE フェルミ研究所の D ゼロ実験の光度測定

ーニューメキシコ大学(アルバカーキ、ニューメキシコ州)

DOE 研究所：ロスアラモス国立研究所

プロジェクト：生態系規模での植生変化と炭素および水循環変化へのリンク：米国南西部の広範囲なピニオン松の枯死の影響

ーウェストバージニア大学(モーガンタウン、ウェストバージニア州) - 2 プロジェクト

DOE 研究所：オークリッジ国立研究所

プロジェクト：生物エネルギーのための土地改良：辺縁地域へのポプラのゲノム適合

DOE 研究所：ロスアラモス国立研究所

プロジェクト：パラジウム基盤ナノ構造の水素吸蔵

これらのプロジェクトは、DOE のミッションを支援する研究分野に関して、EPSCoR プログラムの各州の学术界および産業界の研究者と DOE の国立研究所の研究者の間の協力を促進し強化するための要請の結果である。

詳細は、DOE の EPSCoR ウェブサイトを参照：<http://www.sc.doe.gov/bes/EPSCoR/index.html>

(出典：<http://www.energy.gov/news/6148.htm>)

【環境】 大気汚染 地球温暖化

## NASA が北極大気と大気汚染の航空調査を開始（米国）

2008年4月、NASA（米国航空宇宙局）は北極の下層大気の化学反応の調査としては史上初の大規模なフィールドキャンペーン（実地調査）を開始した。このミッションは、大気汚染が北極の気候変動に与える影響はいかなるものかを科学者達が特定するのを支援しようというものである。

近年の海氷の減少は地球温暖化によって北極が重大な環境の変化を受けていることの一つの表れである。NASA とそのパートナーは、「飛行機と衛星を用いた北極の対流圏組成調査(ARCTAS: Arctic Research of the Composition of the Troposphere from Aircraft and Satellites)」のフィールドキャンペーンで、気候の影響を受けやすい北極地域における大気の役割を調査する予定である。

「北極に行き、急速な気候の変化が起きている場所で大気が温暖化にいかに関与しているかを理解することは大変重要なことである」と NASA 本部（ワシントン）の対流圏化学プログラム(Tropospheric Chemistry Program)に従事する Jim Crawford は話す。「普段ほとんど観測されなくても気候変動の理解には欠かせない地域について、私達は年代を特定した最も完全な特徴付けを行い、提供できる立場にある。」

今回の調査は、アラスカのフェアバンクスで4月の第一週から始まった。NASA の航空機 DC-8、P-3 及び B-200 が今後 3 週間研究室と化し、大気汚染ガス、エアロゾル、及び太陽放射を計測するための機器を搭載する。特に関心が寄せられているのは、春の時期に形成される北極煙霧層(arctic haze)である。春になって北極に太陽光が戻ってくる<sup>1</sup>ことにより、冬の間到低緯度地域から長距離を運ばれてきて蓄積された汚染物質の化学反応が促進される。

「北極は地球の気候変動のシンボリック地域だが、その急速な変化が起きているプロセスはまだ分かっていない」とハーバード大学（マサチューセッツ州ケンブリッジ）の科学者で ARCTAS プロジェクトに従事する Daniel Jacob は話す。「北極に起きている変化をより深く理解することが必要だ。私達はそのために調査に行く。」

ARCTAS とは、国際極年(IPY: International Polar Year)<sup>2</sup>の活動の一環として NASA が北極の国際的フィールド調査に貢献するものである。米国海洋大気庁(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)と米国エネルギー省(DOE: Department of

<sup>1</sup> 北極地方では冬の間は日照時間がゼロに近い。

<sup>2</sup> 北極と南極に重点を置いた大規模な科学プログラム(期間：2007年3月～2009年3月)。

Energy)も NASA との共同で、2008 年 4 月に行われるフェアバンクスからの調査フライトに出資している。

収集された大量のデータによって、地球大気化学と気候の研究に使用されるコンピューターモデルが改善されるだろう。最終的には、汚染物質が北極とその周辺にどのように運ばれているか、そしてそれが環境と気候にどのような影響を及ぼしているかについて、科学者達はより理解を深めることができるだろう。

「私達はこれまで総合的な方法で汚染の移動を観察したことがなかった」と NASA エイムズ・リサーチ・センター (カリフォルニア州モフエット・フィールド) 科学者で ARCTAS プロジェクトに従事する Hanwant Singh は話す。「私達は北極煙霧層が到来したことを観察できるが、その組成やどのように到来したかについては理解していない。ARCTAS の目標の一つは北極地域のエアロゾル組成や化学反応、気候への影響について、総合的な理解を提供することである。」

新たに航空機による観測が行われることで、北極を周回する NASA の衛星 (Aura 衛星、Terra 衛星、CALIPSO 衛星等) からのデータを研究者達が分析するのも役立つだろう。北極についての衛星のデータを分析することは難しい場合がある。雲が広域を覆っていたり、雪や氷から強い反射があったり、地表の温度が低いためである。例えば、研究者達が衛星データを見て、雲による反射光と白い氷層による反射光の識別を行うことは難しい。

「これまで NASA は気候変動の影響を測ることができる衛星に多くの資源を投資してきた」と Jacob は述べる。「衛星は北極界隈を広範囲に幾度も周回する。しかし本当に必要なのは、衛星が伝えてくることをより深く理解できるように航空機での観測を行うことだ。」

衛星のデータと併せて、北極の大気を新たに空中からも観測することによって、科学者達は大気の間から気候問題の理解を深められるだろう。

「私達に関心を持っているのは、各種のモデルが現在の大気状態をもっと上手く特徴付けすることを支援するデータである。こうしたデータは各モデルの指標となり、それらのモデルが北極の将来の温暖化を予測する能力を有しているという信頼性を我々に与えるものである」と Crawford は話す。

ARCTAS フィールドキャンペーンの第 2 段階は 2008 年夏にカナダ・アルバータ州のコールド・レイクで行われる。このフライトでは、森林火災からの排出物の測定に重点が置かれる。研究者達の調査目的は、低緯度地域における人間活動による汚染と、カナダのこの地域で自然発生した火災が及ぼす影響とを比較することである。北極の将来の気候を予測するためには、それぞれの相対的影響を理解することが重要である。

ARCTAS フィールドキャンペーンについての詳細は以下の URL を参照されたい：  
[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/arctas](http://www.nasa.gov/mission_pages/arctas)

翻訳：NEDO 研究評価広報部

出典：<http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NasaNews/2008/2008040126374.html>

【環境】地球環境

数世紀に跨る高解像度気候モデルシミュレーションを実施(米国)

—ローレンス・リバモア国立研究所—

ローレンス・リバモア国立研究所(LLNL : Lawrence Livermore National Laboratory)の気候科学者達は、最新のスーパーコンピューターを用いて、400年間にわたる高解像度の地球海洋大気シミュレーションを行った。その結果は、観測された実際の地上風と海面温度に近似した結果となった。

LLNLの大気科学者 Govindasamy Bala が先導したこの研究は雑誌「気候ジャーナル (Journal of Climate)」の4月1日号で発表された。

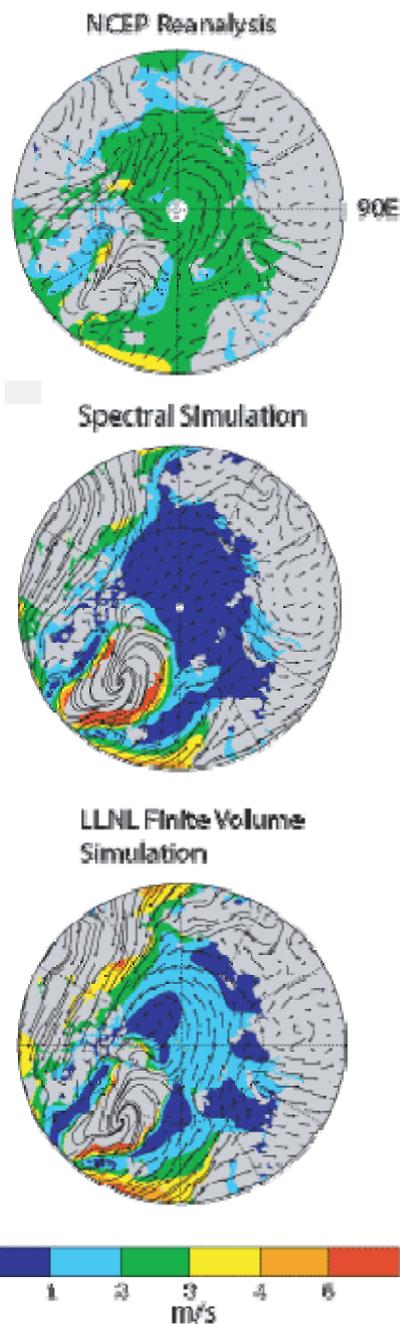
右の各図は夏季の北極における地上風の循環を示したものである。

一番上のパネルは観測された風を示している。

中央のパネルはスペクトルモデルシミュレーション (spectral model simulation)。

一番下のパネルは LLNL の新たなシミュレーション結果であり、動的有限体積法 (finite volume dynamical method) を用いている。低気圧性循環 (cyclonic circulation) が新しいシミュレーションでは正確にシミュレートされている。(出所: LLNL)

同研究者達は、国立科学財団 (NSF: National Science Foundation) と米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy) が資金援助している「コミュニティ気候システムモデル (CCSM: Community Climate System Model)」を使用した。CCSM は地球の気候をシミュレートするために設計された地球海洋大気モデリングフレームワークであり、大気、海洋、氷及び陸地の複雑なサブモデルからなる包括



的な大循環モデルである。これまでのバージョンでは、蒸気輸送、気温、大気運動の解明に利用できたのはスペクトル法(spectral method)であった。

今回の LLNL のシミュレーションの中で研究者達は、Ricky Rood (ミシガン大学の研究の共著者) と Shian-Jiann Lin (米国海洋大気庁 (NOAA)) が NASA で開発した、大気移動調査用の新しい動的手法の性能を評価した。新しい手法の名称は有限体積輸送法 (finite volume transport) である。

リバモア研究所チームは世界の地上風と海洋表面温度のシミュレーションで大きな改善を果たした。さらに研究メンバーは、太平洋の熱帯地域の変動、北極の海氷厚の分布、そして環南極海流(Antarctic Circumpolar Current)の海流循環のシミュレーションについても大幅に進展したことを報告している。

「今回の結合モデルは、気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)の評価に使用されるクラスのシミュレーション能力を兼ね備えた、最先端の気候モデルであることが判明した」と Bala は話す。

シミュレーションは LLNL のスーパーコンピューター「Thunder」で実施された (このシミュレーションに使用されたのは約 500 の演算処理装置であり、Thunder の能力の 10% 強である)。3 カ月にわたって実施された 400 年間分のシミュレーションは、LLNL のグランドチャレンジ・コンピュータープロジェクトの一環で行われた。今回のシミュレーションでは大気表示に約 100km の解像度が使われており、これまでで最も高い解像度の数世紀に跨る CCSM シミュレーションとなる。



気候科学者達は LLNL のスーパーコンピューターThunder を用いて高解像度の気候モデルシミュレーションを実施した。

出所：LLNL

この研究者達は以前、同じグランドチャレンジ・コンピュータープロジェクトの下で、産業革命以前の気候の1,000年間分のシミュレーションを実施した。これによって科学者達は、米国西部の冬日<sup>1</sup>、積雪量及び流量における気候ノイズ(climate noise)<sup>2</sup>を推測することができた。今年雑誌サイエンスで発表された LLNL とスクリップス海洋研究所の共同研究は、同地域の水流減少の原因が人間によるものであることを突き止めた。

本研究は LLNL、ミシガン大学、スクリップス海洋研究所及び米国大気研究センター(NCAR)により共同実施されている。LLNL の他の研究者は以下のとおりである：Art Mirin、Julie McClean、Dave Bader、Peter Gleckler 及び Krishna Achuta Rao (Krishna は現在インドのデリー技術研究所に勤務)。

翻訳：NEDO 研究評価広報部

出典：[https://publicaffairs.llnl.gov/news/news\\_releases/2008/NR-08-04-01.html](https://publicaffairs.llnl.gov/news/news_releases/2008/NR-08-04-01.html)

---

<sup>1</sup> 最低気温が 0℃未満の日。

<sup>2</sup> 長期変動のうち、予測できない部分。

## 【産業技術】 ライフサイエンス

## 粒子治療分野の世界的リーダー、IBA 社（ベルギー）

ベルギーでは、毎年5万5,000人あまりの癌患者が発生するといわれる。連邦政府も癌対策に本腰を入れており、オンケリンクス連邦健康相が「国民癌行動計画」の策定を進めている。こうしたベルギーにおいて、癌の治療、診断分野で躍進著しい企業が存在する。

この企業は、Ion Beam Applications (IBA) 社で、1986年にルーバン・ラ・ヌーブ大学 (UCL) のサイクロトロン研究センターのスピン・オフ<sup>1</sup>として設立された。ワロン地域 (仏語圏) のルーバン・ラ・ヌーブ市に本社 (敷地面積 5,000m<sup>2</sup>) を置き、欧州のみならず、米国、インド、中国などに進出、世界中で1,200人あまりを雇用している。2006年度の売上は1億7,000万ユーロ (前年比25%増) で、営業利益は9,800万ユーロだった。ルーバン・ラ・ヌーブにあるIBAの研究開発施設 (2,000m<sup>2</sup>) には100人あまりの研究者がいるが、同社は売上の8%を研究開発に注ぎ込んでいる。

IBAは、粒子治療分野 (プロトン治療) の世界的リーダーで、世界のプロトン治療施設の半数以上に治療ソリューション<sup>2</sup>を提供しているほか、放射線治療のソリューションや癌治療の精度を増すための線量測定装置の開発を行っている。また、同社は、医療用映像のための放射性薬剤や、医療器具の殺菌、食品の低温殺菌、ポリマーの特性改善などのための産業用殺菌、イオン化分野にも進出している。同社はいずれの分野でも世界なリーダーで、輸出が売上の98%を占めている。

IBAは、2007年に250人あまりの雇用を創出したほか、300万ユーロ以上を投じてルーバン・ラ・ヌーブの生産施設の拡充を行った。これにより年間8つのプロトン治療システムの生産が可能になった。一方、フルーリュスにある放射性薬剤の生産施設には同年、既存のサイクロトロンに比べ10倍の能力を持つ1,400万電子ボルトのサイクロトロンが設置された。IBAはこれで、欧州中での大規模な臨床テストに十分対応しうる放射性薬剤を提供できる。

同社は、2006年6月、地元の大手シーメンス社を破ってドイツのエッセン大学病院へのプロトン治療システムの納入契約 (約5,000万ユーロ) を獲得している。同システムは2009年からの稼働が予定されている。欧州でIBAのプロトン治療システムを設置するのは、同センターが初めてとなったが、同年11月には、フランスのキュリー研究所のプロトン治療センターが、施設の拡大に伴いIBAのプロトン治療設備 (約3,000万ユーロ) を

<sup>1</sup> 分離・独立させること

<sup>2</sup> 病院の抱えているニーズや課題を聞き出し、治療・診断用の設備、コンピュータネットワーク、ノウハウ提供を含む最適なシステムを提案し、納入すること。従来のような機器納入のみに留まらない総合的なサービス (ソフト・ハード) を提供すること。

発注した。2007年には、米国のハンプトン大学プロトンビーム治療センターとの大規模なプロトン治療システムの納入契約が成立した。長期的なメンテナンスなども含むこの契約は、総額4,500万～5,000万ユーロに達する。同システムは2010年に稼働する予定。

同社は、2006年に3,000万電子ボルトのサイクロトロン「Cyclotron 30」をベトナムに売却しているが、2007年2月にはインドの核エネルギー庁が同タイプのサイクロトロンを購入した。契約額は500万～1,000万ユーロと見積もられている。インドは、2009年にも、この装置を稼働させ、医療用ラジオ・アイソトープを生産する。また、2007年12月には、サウジアラビアのファイサル国王専門病院・研究センター（King Faisal Specialist Hospital and Research Center）が、やはり医療用アイソトープ生産のため、同タイプのサイクロトロンの購入を決めている。

IBAはまた、ブラジル、日本、マレーシア、オーストリアの4カ国からロードトロンタイプの粒子加速器の注文を受けている。総計1,000万～1,500万ユーロの契約となるが、2008年から2009年にかけて納入が行われる。ロードトロンは、産業用の電子ビーム粒子加速器で、医療器具の殺菌、食品の低温殺菌、ポリマーなどの特性改善に使用される。

2008年2月7日には、IBAとフランスのバス・ノルマンディー地方のARCHADE（Advanced Resource Centre for Hadrontherapy in Europe）とのハドロン治療の新システムのプロトタイプ開発に関する協力合意が成立した。この合意に基づき、同地方のカーン市に「欧州ハドロン治療研究開発センター」が開設され、IBAは約4,000万ユーロを投じ、ルーバン・ラ・ヌーブでハドロン治療用の新しいタイプのサイクロトロンのプロトタイプ（4億電子ボルト、プロトン+炭素イオン12の加速）を製造し、同センターに納入する。一方、バス・ノルマンディー地方は、1,100万ユーロの予算で、同サイクロトロンを設置する1,500m<sup>2</sup>あまりの施設を建設する。

IBAのモテCEOは、「IBAは、癌治療のソリューションの開発においていつも先駆者であったが、今日、プロトン治療分野のリーダーとなった。IBAはすでに数年前から、テクノロジーの精確さや柔軟さを維持しながら、プロトンビームに炭素イオン使用の利点を加味することを可能にする新粒子加速器の開発を行っている。ARCHADEとのパートナーシップは、世界の物理学関係者や放射線治療関係者全体に広範な影響を及ぼすことになると確信している」と語っている。

#### 参考・出典

IBA：<http://www.iba.be/>

[http://www.iba.be/about-iba/investor-relations/download-pdf/IBA-CORPO\\_FRWeb.pdf](http://www.iba.be/about-iba/investor-relations/download-pdf/IBA-CORPO_FRWeb.pdf)

バス・ノルマンディー地方：

<http://www.region-basse-normandie.fr/communiqué.php?id=372&am=200802>

**【産業技術】 電子情報技術****メタフィルムが無線機やレーダー装置を小型化 (米国)**

米国立標準技術研究所(NIST)の最近の研究で、屈折率、誘電率、透磁率のような電磁波特性の特殊な組み合わせを提供するために開発された人工複合材料であるメタ材料(一般の物質を超えた材料の意)で作られた薄膜が、マイクロ波を発生する共振回路の寸法を縮小することができることを実証した。この研究は、携帯電話、無線機およびレーダー装置のような電子機器をより小型化させる世界的な探究における大きな進歩である。

メタ材料は、ステルスジェット戦闘機がレーダーを回避するのを支援する低反射率コーティングに似たように、錯覚の不可視性を作り出すために、覆い隠しをする可能な方法として最もよく知られているかもしれない。

新しい論文に記述されているように\*、NIST の研究者と共同研究者は、金属のパッチや誘電体のパッチから構成された「メタフィルム」と呼ばれる 2 次元表面材料についての計算とシミュレーションを行った。これらのメタフィルムの振動粒子は、入射電磁エネルギーに独特なやり方で応答するようにさせる。

研究者チームは、マイクロ波が絶え間なく前後に反射するキャビティーで、通常の形式の共振器内部の中心を横切ってメタフィルムを置いた場合の効果を推測した。共振器空洞は、特定周波数を放射あるいは検知するマイクロ波システムの同調に使用される。共振させるためには、キャビティーの主要寸法は希望の周波数の少なくとも半分の波長でなければならない。したがって、1 ギガヘルツの周波数で作動する携帯電話については、共振器は長さ約 15cm になる。

他の研究グループが、キャビティーの一部を大量のメタ材料で満たすことで、共振器を通常の寸法限界を越えて縮小させることが可能であることを示している。

NIST のチームは、一枚のメタフィルムで同じ効果を達成することができることを示した。このことは、より少ない空間しか占拠しないので、より少ないエネルギー損失と同様に、より小さな共振器を可能とする。より精巧なメタフィルム設計は、この効果をさらに高め、その結果、論文によれば、共振器は原理的に限りなく小さくすることが可能である。

電磁波がメタフィルムを通り抜ける時に、電磁エネルギーの位相を移動させることにより、あたかもキャビティーの真中で空間が膨張しているかのように、共振器がその小さな物理的寸法よりも長いという錯覚をメタフィルムが作り出す、ということを第一著者のクリス・ホロウェーは説明する。

この現象は、メタフィルムの散乱構造が、従来の誘電体や磁性体材料中の原子や分子のように、電気・磁気エネルギーを局所的に閉じ込めることにより生じている。マイクロ波は、キャビティー内で安定した共振条件を達成するために、その位相を調節することにより、この特殊なエネルギー状況を作りあげる。

不利な面として、メタフィルム内の損失により、より小さな共振器はより低い Q 係数またはより低いエネルギー蓄積能力しか持たないことを研究者は見つけている。従って、論文によれば、動作周波数、共振器寸法および Q 係数に関しては、デバイス設計の中での兼ね合いが必要である。

\* C.L. Holloway, D.C. Love, E.F. Kuester, A. Salandrino and N. Engheta. Sub-wavelength resonators: on the use of metafilms to overcome the  $\lambda/2$  size limit. IET Microwaves, Antennas & Propagation, Volume 2, Issue 2, March, 2008, p. 120-129.

(出典 : [http://www.nist.gov/public\\_affairs/techbeat/tb2008\\_0318.htm#metafilms](http://www.nist.gov/public_affairs/techbeat/tb2008_0318.htm#metafilms))