

## 三菱重工の新型風車（MWT-1000A，MWT-S2000）の開発と運転実績

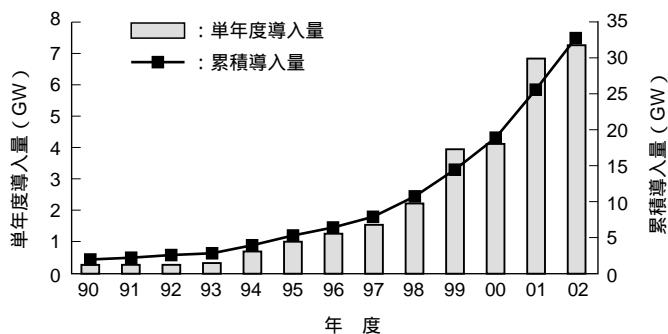
Mitsubishi New Wind Turbines, MWT-1000A & MWT-S2000

上田 悅紀 伊高英彦 井上厚助

風力発電の国内導入量は40万kWを超えた。電力会社に新エネルギー導入を義務付けるRPS法案が2003年4月に施行され、港湾・国有林・公園での風力発電に対する規制緩和も関係省庁による検討が始まった。2010年の導入目標300万kWに向けて、まさに官民一体で風力開発が促進されている。こうした追い風にこたえて、三菱重工業も次々に新型風車の開発を進めている。ここでは昨年12月に米国で運転を始めた高性能1000kW風車MWT-1000Aと、日本初の2000kW風車であるMWT-S2000の特長と運転実績を紹介する。

### 1.はじめに

地球環境保護の動きに伴い、世界の風力発電ビジネスは、毎年30%を超える勢いで成長している（図1）。国内導入量も2002年末には約42万kWになった。さらにRPS法案施行、港湾・国有林の規制緩和の動きが出てきた。



当社はこのような市場ニーズに合った新型風車を開発して、日本の環境問題解決の一助とすべく努力してきた。今回は、高性能新1000kW風車MWT-1000Aと日本初の2000kW風車MWT-S2000を紹介する。それぞれの仕様を表1に示す。

### 2.高性能新1000kW風車MWT-1000A

#### 2.1 開発のねらい

今までの風車では採算が難しかった比較的風の弱い地域（平均風速約6～8m/s）でも十分な発電量が得られるように低風速域用の風車を開発した。

今までに132台納入して高い信頼性が実証されている従来の1000kW風車をベースに、翼長のみ26.8mから29.5mに伸ばしてロータ径を拡大し、低風速域での出力を約25%向上させた（図3）。これにより年平均風速6m/sの場合、年間発電量は約22%向上する（表1、図4）。

表1 新型風車と従来風車の比較

機種	MWT-S2000 (大型風車)	MWT-1000 (低風速域用風車)	MWT-1000 (従来風車)
定格出力 (kW)	2000	1000	1000
発電機形式	永久磁石式 多極同期発電機	誘導発電機 (4極/6極)	誘導発電機 (4極/6極)
推定年間発電量 (年平均風速6m/sの場合)	約2倍	22%増	基準
ロータ径 (翼長) (m)	75 (36)	61.4 (29.5)	57 (26.8)
タワー高さ (m)	60	60/68	60
回転数 (rpm)	8～24	19.8/13.2	21.0/14.0
定格風速 (m/s)	13.0	12.5	13.5
カットイン風速 (m/s)	2.5	2.5	3.5
Wind Class 参照平均風速 (m/s)	Class I 10.0	Class II 8.5	Class I 10.0



図2 MWT-1000A  
(米国テキサス州)

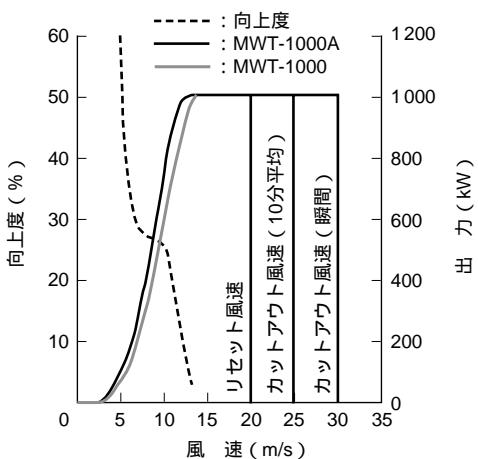


図3 MWT-1000Aのパワーカーブ

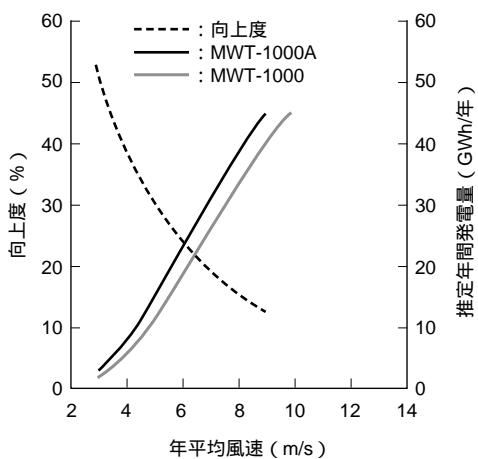


図4 MWT-1000Aの推定年間発電量

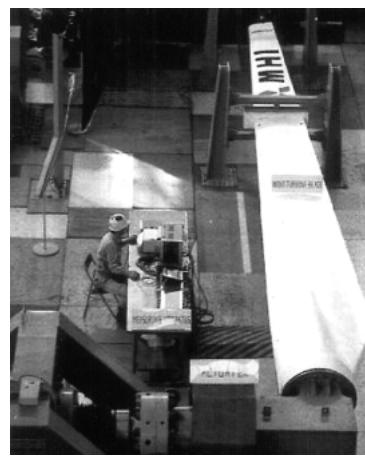


図7 29.5 m翼の疲労試験



29.5m翼の応力解析例



図6 29.5 m翼の最大荷重試験

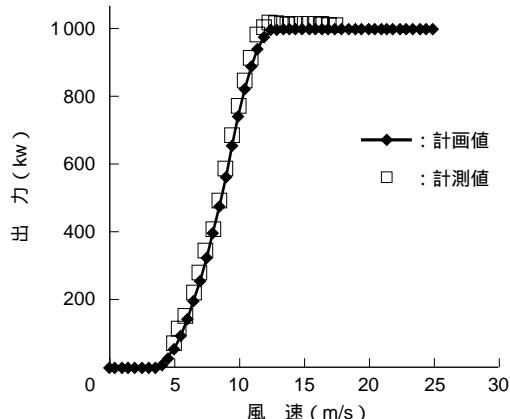


図8 MWT-1000Aの性能試験結果（米国テキサス州 / NREL 報告）

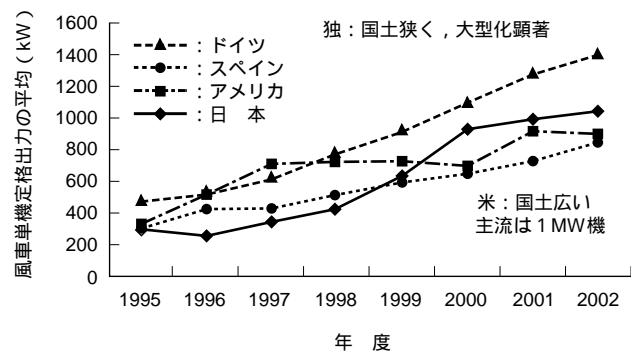


図9 平均単機定格出力の推移

## 2.3 初号機の運転と性能試験

MWT-1000A初号機は、2002年12月26日に米国テキサス州のWhite Deer Siteにて運転した（図2）。

IEC61400に則り第3者機関（NREL）によって性能計測を行った結果を図8に示す。すべての風速域で計画以上の性能が得られていることが分かる。

日本では、2003年10月に運転する愛媛県の瀬戸ウインドヒル向けが、MWT-1000Aの国内初号機になる。

## 3.2 2000 kW風車 MWT-S2000

### 3.1 MWT-S2000の位置付け

欧州では、洋上風力発電を視野に入れて、風車は急速に大型化しつつある（図9）。当社も将来の大型化を考慮して開

## 2.2 新29.5 m翼の設計と強度試験

低風速で高性能を保ち、かつ風車に加わる風荷重に対して十分な強度を持つように、新たにMWT-1000A向けの29.5m翼を設計した（図5）。この翼は以下に示すような設計工夫により、翼長を伸ばしたにもかかわらず重量を従来翼と同程度に抑えることに成功した。

### b 翼の内部構造の改良

b 翼材料（GFRP：ガラス繊維強化プラスチック）の改良

### b 翼の根元部の構造改良

設計完了後に翼工場にて翼の試作を行い、最大荷重試験と疲労試験を実施して、長期使用に耐える強度を確認した。（図6、図7）

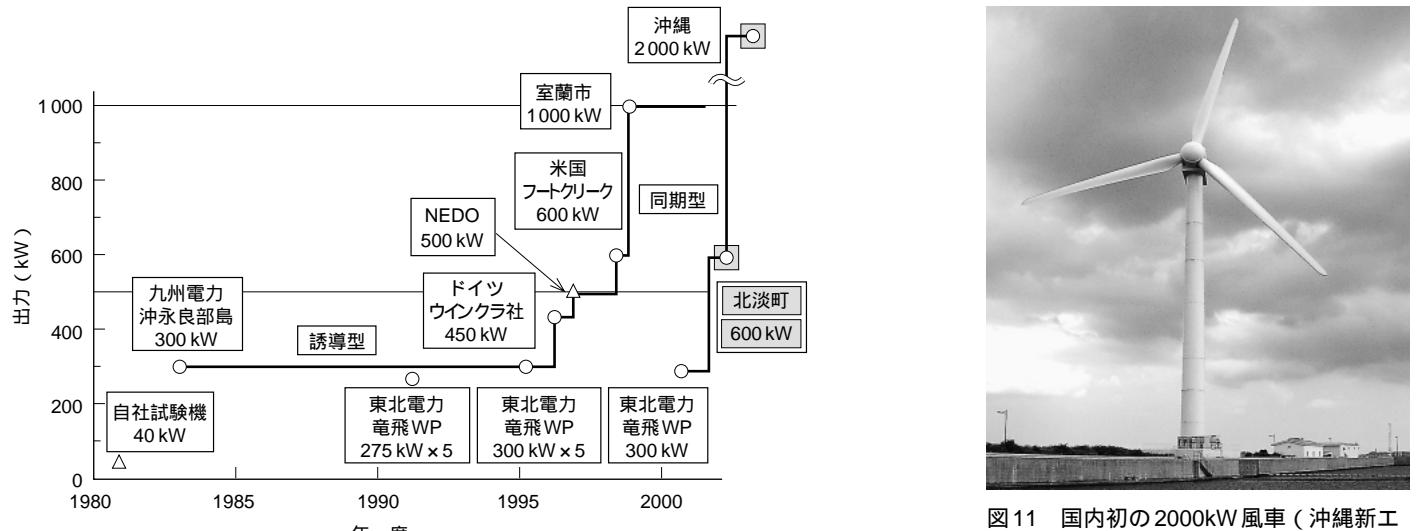


図12 新エネ大賞受賞式（2003年2月6日東京ビックサイト）

発を進めてきたが（図10），今回，国内初の2000kW風車を沖縄新エネ開発（株）向けに建設して，2003年2月から実証運転を開始した（図11）。

このMWT-S2000（仕様は表1に示す）は，当社と三菱電機が共同で開発している三菱同期風車（Sシリーズ）の最新型である。この風車は欧州以外の風車メーカーが開発した初めての2000kW以上の大型風車であるとともに，永久磁石式同期発電機を用いた世界最大の商用風車である。

MWT-S2000を含む三菱同期風車（Sシリーズ）は，技術的独創性と電力系統への負担が少ない利点が高く評価されて，今年2月6日に（財）新エネルギー財団から第7回新エネ大賞の“経済産業大臣賞”を受賞した（図12）。

### 3.2 開発のねらい

MWT-S2000は，大型機が望まれる単機商談やウインドファーム，陸上より強風である洋上といった各市場の需要を考えた戦略機種として開発した。パワーカーブと推定年間発電量を図14，図15に示す。

まず定格出力の2000kWは，世界の商用機の動静と国内の配電線連系（上限が2MW）の単機売り市場の両観点から定めた。

次に風車の体格（表1，図13参照）は，輸送・据付け上



図11 国内初の2000kW風車（沖縄新エネ開発（株）向けMWT-S2000，沖縄県具志川市）

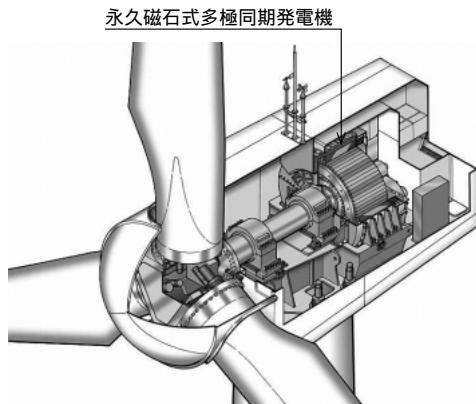


図13 MWT-S2000の構造（可変速ギアレス同期風車）

の制約と，台風に耐え得るIEC Class Iの強度を確保する要請に基づいて決定した。特に国内の道路輸送の制限（トンネル・歩道橋）から，同期発電機の直径を4.2m以下にコンパクトにまとめるという厳しい目標を設定した。

第3に可変速ギアレス永久磁石式同期発電機型という風車の方式は，風力発電の弱点である発生電力の変動の克服と将来の洋上風力発電への適用を考慮した構造の簡素化による信頼性向上をねらって採用した。

### 3.3 MWT-S2000の設計と強度試験

ギアレス化設計では発電機の回転数が減少するので，直径拡大と多極化で補う必要がある。このため，欧州メーカーの同期風車は巨大な円板型の発電機を背負う形のものが多い。しかしこの構造では国内輸送は難しい。そこで以下のようないくつかの構造により，三菱電機（株）と共同で2000kWという大型同期発電機を直径4m未満に仕上げることに成功した。

b 強力なネオジム磁石（フェライトの10倍）

b 強制通風による冷却強化

b ロータと発電機を対向配置（図13参照）

MWT-S2000用に開発した36m翼と同期発電機は，具志川サイトへの出荷前に工場内で各種確認試験を行った（図16，

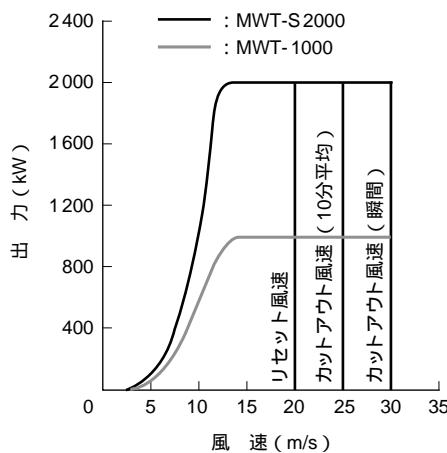


図14 MWT-S2000のパワーカーブ

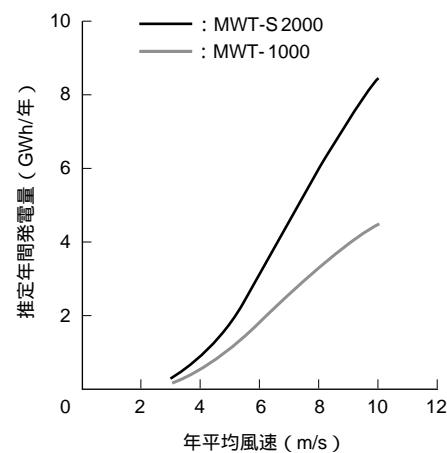


図15 MWT-S2000の推定年間発電量



図16 2000kW用36m翼の最大荷重試験

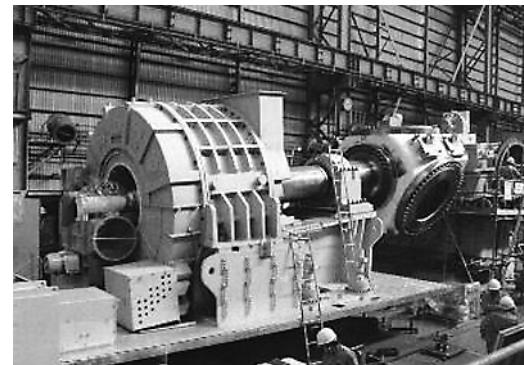


図17 2000kW用同期発電機の工場試験

図17).

### 3.4 据付けと試運転

MWT-S2000初号機は沖縄電力(株)の具志川発電所の堤防の上に2003年1月24日に据付けを完了した(図11)。2月に試運転を始め、3月末に施主に引渡して4月から営業運転を開始した。

試運転では、同期風車の利点である出力変動が小さいことを確認した。性能確認は、ナセル風速計基準では良好な結果が得られており、今後は参照風況ポールを立てて、より詳細に計測する予定である。

## 4. 今後の展望

4月に沖縄で国内初の2000kW風車が運転を始めたことで日本も本格的な大型風車の時代を迎えた。しかし大型風車導入には風車本体の開発以外に、

- b 長大部品の輸送：約40mの長さの翼を運べる幅広で屈曲と傾斜の少ない道路があること。
  - b 据付用クレーン：重量100トン以上のナセルを約70mのタワー上に上げる能力のある大型クレーンが安価に利用できること。
- というインフラ整備の問題が残っている。

日本における2000kW級風車の適用は、北海道の原野や輸送の便利な港湾周辺部を中心となっている。大型風車の国内本格導入は、分割翼等の新技術や洋上風力発電の開発が必要である。当面は技術が確立済みで経済性も高い、MWT-

1000Aのような1000kW～1500kW級の中型機が風力導入の主流になると思われる。

2003年4月のRPS法施行を受けて、日本の風力開発は益々加速しており大型ウインドファームが続々と開発されている。当社は国産唯一の大型風車メーカーとして、人と環境が調和した明るい未来を築くために、今後とも技術開発と新製品の提供を続けていく所存である。

### 参考文献

- (1) 藤川卓爾ほか、三菱重工技報 Vol.39 No.3、原動機特集、三菱高性能大形風力発電設備
- (2) 上田悦紀、火力原子力発電、2002年8月号、最近の風力発電の動向
- (3) 伊高英彦、上田悦紀、月刊エコインダストリー2003年7月号、国内初の2000kW風力発電機の開発
- (4) BTM Consults World Market Update 2002(図9出典)



上田悦紀  
原動機事業本部  
タービン技術部  
タービン技術開発課  
主席



伊高英彦  
長崎造船所  
風力・船用機械設計部  
風力機械設計課主席

井上厚助  
原動機事業本部  
タービン技術部  
タービン技術開発課