

風力発電ビジネスへの今後の取り組み

♫ 再生可能エネルギー，風力発電

* 金田裕敏 Hirotooshi Kaneda * 宗橋 豊 Yutaka Munehashi * 小石川洋平 Yohei Koishikawa

概 要

風力発電の導入拡大が世界的な進展を遂げる中、我が国でもそのニーズが高まっている。当社は、風力発電に関する広い分野に対し積極的に取り組んでいる。まず、秋田県三種町など国内の3地点において売電事業を行っている。また、ドイツ製風力発電設備の販売代理店として同設備を販売してきた。さらに風力発電用に発電機・コンバータ・監視制御装置・電気二重層キャパシタを開発し、販売してきたことに加え、風力発電設備の監視やメンテナンスサービスにも取り組んできた。



八竜風力発電所

1. ま え が き

近年、環境問題意識の高揚や地球温暖化対策の一環として、風力・太陽光・バイオマスなどの再生可能エネルギーの有効利用が期待されている。特に2011年3月の東日本大震災による原子力発電所事故の発生や、2012年7月から再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始されたことを受け、その期待は急速に高まっている。再生可能エネルギーの中でも、風力発電は単機あたりの発電量が大きいことや比較的発電コストが低いことなどから期待度が大きく、我が国でも急速に普及しつつある。

本稿では、風力発電ビジネスへの当社の取り組みと将来的な展望について紹介する。

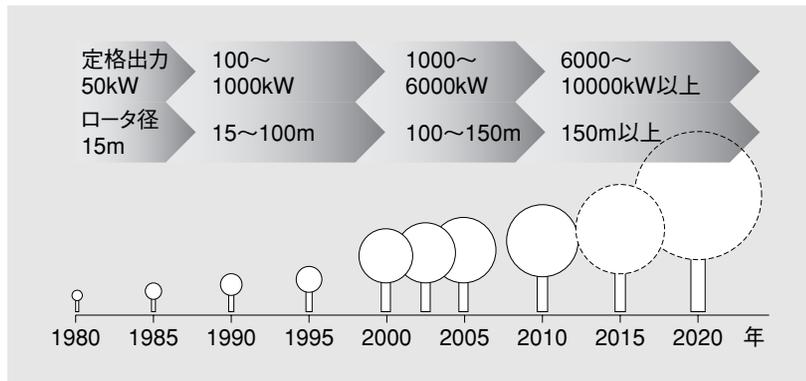
2. 市 場 動 向

2.1 風力発電設備の大形化

世界的に風力発電の歴史は古いが、その開発が本格化したのは1970年代以降であり、当時の定格出力は50kW程度、ロータ径は15m程度であった。その後、急速に大形化が図られ、2000年以降には洋上向けを視野に入れ、定格出力が数MWクラス、ロータ径が100mを超える風力発電設備が量産化されている。今後、2020年頃までには定格出力が10MW以上の超大形設備の開発が期待されている。**第1図**に風力発電設備の大形化の変遷を示す。

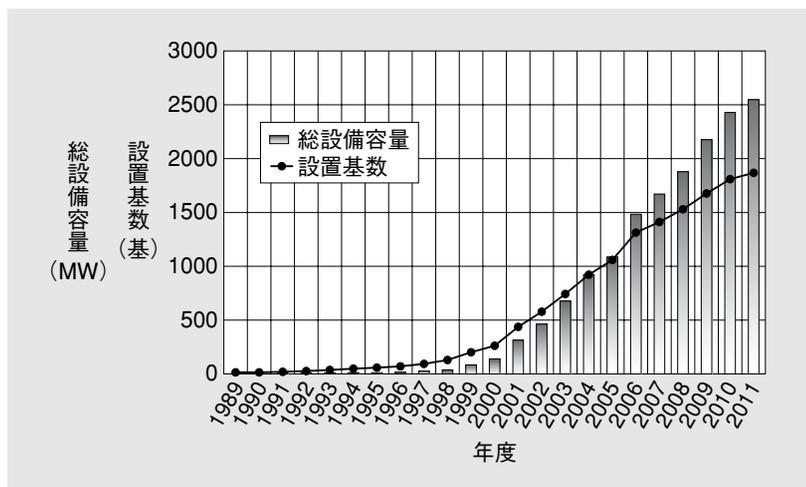
2.2 日本における風力発電導入量

日本における風力発電の導入量は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のフィールドテスト事業や地域新エネルギー導入促進事業をはじめとする補助金制度によって、1990年代中



第1図 風力発電設備の大形化の変遷

1970年代以降、世界的な風力発電設備の開発が本格化し、近年、急速に大形化が進んでいる。



第2図 日本における風力発電導入量の推移

1990年代中期以降、国内の風力発電の導入量は増加し、2011年度の総設備容量は約2555MW、総設置基数は1870基に達している。



第3図 八竜風力発電所全景

秋田県三種町（1500kW×17基=25,500kW）で順調に稼働中の八竜風力発電所を示す。

期以降増加し、2011年度の総設備容量は約2555MW、総設置基数は1870基に達している。第2図に国内における風力発電導入量の推移を示す。2012年7月1日から再生可能エネルギーの固定価格買取制度がスタートしたことを受け、今後は風力発電の更なる増加が期待される。

3. 風力発電ビジネスへの当社の取り組み

風力発電設備は、ブレード・ハブ・ナセル・タワーなどの主要構造物で構成され、発電機・電力変換装置・主軸・軸受・増速機などを備えた大形構造物である。このことから風力発電に関わる産業は、数万点に上ると言われる風力発電設備用部品と、その材料の製造・販売といった広い裾野を有するとともに、風力発電所による売電事業、風力発電設備の監視・メンテナンスサービスなどの風力発電に関わるビジネスは多岐にわたっている。

風力発電ビジネスへの当社の取り組みは2000年の4月に遡り、13年が経過した。以下にその取り組みを紹介する。

3.1 売電事業

1997年に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3、京都会議）で、先進国及び市場経済移行国の温室効果ガス排出の削減目標を定めた京都議定書が採択されたことで、風力発電への期待が高まる中、当社は売電事業化を目指し、風力発電ビジネスへの取り組みを開始した。

現在、当社の関連会社である(株)エムウインズが、秋田県三種町（1500kW×17基=25,500kW、第3図）、千葉県銚子市（1500kW×2基=3000kW）、及び石川県輪島市（2000kW×10基=20,000kW）の3地点で売電事業を行っている。自ら売電事業を行うことで売電事業化と運用ノウハウを蓄積し、事業者の視点に立った風力発電ビジネスにも取り組んでいる。

3.2 風力発電設備の販売

当社は、ドイツ風力発電設備メーカーのREpower

第1表 REpower製風力発電設備の納入実績

ドイツ風力発電設備メーカーREpower製風力発電設備を国内に68基納入した。

納入先	形式	容量 (kW)	ハブ高 (m)	台数 (基)	運転開始年月
秋田県潟上市	MD70	1500	65	1	2003年3月
長崎県雲仙市	MD70	1500	65	1	2003年9月
千葉県銚子市	MD70	1500	65	2	2003年12月
静岡県静岡市	MD70	1500	65	1	2004年2月
鹿児島県いちき串木野市	MD70	1500	65	1	2004年9月
石川県七尾市	MD77	1500	65	6	2004年11月
鳥取県大山町	MD77	1500	80	1	2005年2月
鳥取県北栄町	MD77	1500	65	9	2005年11月
千葉県銚子市	MD70	2000	65	1	2006年3月
秋田県秋田市	MD77	1500	65	1	2006年4月
秋田県秋田市	MD77	1500	65	1	2006年4月
秋田県三種町	MD77	1500	65	17	2006年10月
愛知県田原市	MM82	2000	80	1	2006年12月
石川県輪島市	MM82	2000	69	11	2010年12月
福島県田村市	MM82	2000	69	14	2011年2月

Systems（以下、REpower）と風力発電設備の販売代理店契約を締結し、2009年の契約解消までの間、国内に68基を納入した（第1表）。現在はREpowerとの新たなサービスサポート契約の下、納入した風力発電設備の耐用年数まで確実に保守サービスを実施している。

3.3 風力発電設備用電気品開発

当社は、2009年から重電機メーカーとしての本業である「ものづくり」に舵を切り、(株)日本製鋼所製風力発電設備向けに電気品を開発した。以下に開発した電気品を紹介する。

3.3.1 永久磁石式同期発電機

風力発電設備のロータと発電機間をギヤ無しで直結するギヤレス風車用永久磁石式同期発電機を開発した。第4図に外観を、第2表に仕様を示す。永久磁石式の採用で励磁電流供給用のスリップリングやブラシを備えた励磁装置を不要とし、メンテナンス性の向上を図っている。原理上、永久磁石式の電動機や発電機では無通電時にコギングトルクが発生するが、永久磁石の配置にスキューを施し、磁石形状を最適化することで低減を図った。また、大形回転機で大きくなるコイルの熱伸縮による溝内コイル絶縁の内部ストレス、固定子巻線へのサージ電圧、及び海浜環境で使用した場合の湿気や塩分などに配慮した高信頼性設計としている。



第4図 風力発電用永久磁石式同期発電機
風力発電用多極三相永久磁石式同期発電機を示す。ギヤレス風車用の低速回転の発電機である。

第2表 風力発電用永久磁石式同期発電機の仕様

風力発電用永久磁石式同期発電機の基本仕様を示す。

項目	仕様
出力	2110kW
電圧	660V
周波数	9.5Hz
力率	0.925
効率	95.0%
極数	60



第5図 風力発電用コンバータ
風力発電用水冷式コンバータを示す。小形化するとともに耐環境性やメンテナンス性に配慮した設計としている。

3.3.2 水冷式コンバータ

風力発電機による発電電力を電力系統に安定供給するための水冷式2000kWフルコンバータを開発した。第5図に外観を、第3表に仕様を示す。

スペースの限られたナセル内やタワー内への搭載を実現するため、冷却方式に水冷式を採用することで小形化するとともに、風車の沿岸部や洋上

第3表 風力発電用コンバータの仕様

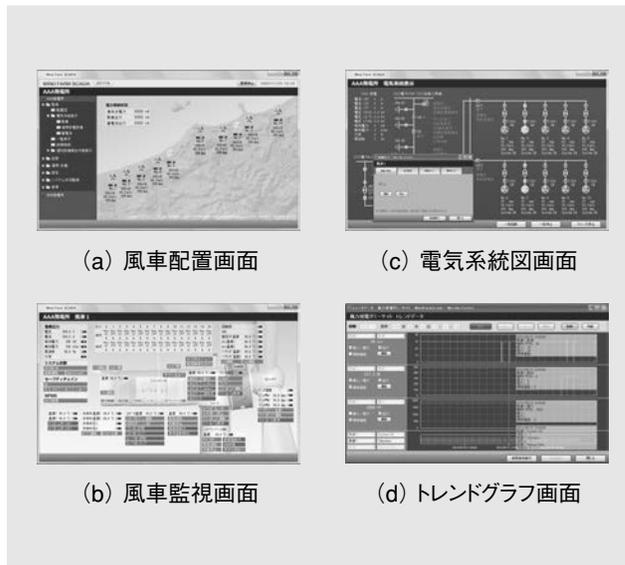
風力発電用コンバータの基本仕様を示す。

項目	仕様
出力	2060kW
電圧	660V
周波数	50/60Hz
力率	Lead0.9~1.0~Lag0.9
効率	96.5%
冷却方式	水冷
保護等級	IP54

への設置を視野に入れ、盤の保護等級は塩害に強いIP54とした。また、発電機制御方式としてセンサレスベクトル制御方式を適用することで、前述した永久磁石式同期発電機への回転速度センサの設置を不要とした。またインバータユニットの長寿命化や故障診断・遠方Web監視などの機能を搭載することで、メンテナンス性の向上やライフサイクルコストの低減を図っている。さらに高調波ガイドライン対応フィルタ回路を内蔵することで、電力品質に配慮した設計としている。

3.3.3 監視制御装置

監視制御装置は風力発電メーカーから供給されることが一般的であるが、風力発電が欧州を中心に発展してきた経緯から、その監視制御装置の機能は必ずしも日本の要求を満足しているとは言えない。そこで当社は国内の要求を踏まえ、インターネット・ブラウザで風力発電所の監視・制御ができる装置を開発した。第6図に画面例を、第4表に機能を示す。この監視制御装置で同一発電所に設置される複数の風力発電設備の監視・制御ができることに加え、オプションでスケジュール機能やグルーピング機能、及び変電所監視機能の追加が可能であり、発電所全体の一元管理が可能となる。また、煩雑な発電所の運用管理業務を軽減するため、汎用表計算ソフトと連動させた柔軟な帳票機能を設けるほか、モバイル



第6図 監視制御装置画面例

国内ニーズを踏まえ、操作性に配慮した監視制御装置画面の一例を示す。

第4表 監視制御装置機能

標準的な風力発電設備の監視機能のほか、スケジュール・グルーピング・変電所監視などのオプション機能で発電所の一元管理を実現した。

	項目	機能	概要
標準機能	監視	配置図表示	発電所内設備の位置表示
		制御出力	風車に対する運転/停止制御
		状態一覧表示	発電所内設備の現在状態の一覧表示
		継続故障一覧	発生中の故障項目表示
		個別設備表示	風車個別の現在状態の詳細表示
		警報鳴動	異常発生時の警報鳴動
	記録	メッセージ検索	ログ管理
		パワーカーブ表示	風車パワーカーブ
		トレンドデータ	リアルタイムトレンド(1分・10分・1時間)
		発電量表示	発電電力量グラフ表示
稼働履歴表示		日間・月間	
帳票表示		日報・月報・年報	
データダウンロード		CSVデータ出力	
システム監視	装置状態一覧	各装置の状態表示	
	システムメッセージ	システムメッセージ表示	
管理	お客様設定	お客様設定(パスワード・ロール)	
メール配信	STATUSメール	ステータス・コード発生時のメール配信	
	監視メール	ステータス・コード以外のメール配信	
メンテナンス	ダウンロード	Webサーバのアクセスログのダウンロード	
オプション機能	風力発電所一括監視制御	制御項目設定	制御モード設定 発電機出力制限設定
		スケジュール設定	風車グループに対する出力制限・力率・停止・運転パラメータ設定のスケジュール制御
		ロード・マネジメント設定	風向・風速条件設定による停止・出力制限設定
		カットイン設定	風車のパラメータ設定
メール	スケジュール開始通知メール	スケジュール開始連絡メール配信	
変電所監視	電気系統表示	変電設備の状態・故障表示	



第7図 ハードケース付き電気二重層キャパシタ
風力発電設備内の過酷な環境を考慮し、金属製ハードケースに収納している。



第8図 カスタマーセンターのオペレータールーム
24時間365日サービスを提供。風力発電設備の運転支援として、リモート監視業務と運転管理業務を提供している。

第5表 ハードケース付き電気二重層キャパシタの仕様

様々な要求電圧に対応できるように、充電電圧が異なる3機種を用意している。

形式	600S3-58C-WA	600S3-64C-WA	600S3-74C-WA	
特性	推奨充電電圧 (V DC)	118~125	130~138	150~160
	静電容量 (F)	5.9	5.3	4.7
	内部抵抗 (Ω)	0.61	0.67	0.78
	最大電流 (A) ※非連続	50 (20秒), 100 (1秒)		
構造	外形寸法 (mm)	W295×L391×D50	W295×L391×D53	W295×L391×D58
	質量 (kg)	8.4	8.8	9.4
	耐振動	1G~5~150Hz (JIS C 60068-2準拠)		
	耐衝撃	15G-11ms (JIS C 60068-27準拠)		
使用環境	使用温度範囲 (°C)	-25~+60 (温度により寿命が変わる)		
	保管温度範囲 (°C)	-40~+60 (長期保管時は、5~35°Cを推奨)		
	耐久性能 期待寿命 ※保証値ではない	118V充電時 温度40°C- 10年	130V充電時 温度40°C- 10年	150V充電時 温度40°C- 10年

パソコンからの監視・制御も可能とした。

3.3.4 電気二重層キャパシタ

近年の風力発電設備は、ロータの回転速度を調整又は停止させるために、運転状況に応じてブレードの角度（ピッチ角）を自動制御するピッチ制御装置を備えていることが一般的である。ピッチ制御装置は、停電の発生で制御電源が喪失した場合でも、ピッチ角を制御し、風力発電設備の運転を確実に停止させる必要があるため、電動ピッチ制御装置は必ずバックアップ電源を備えている。これまでバックアップ電源として鉛蓄電池が使用

されることが一般的であったが、数量が多くなる傾向にあることや寿命が短いことから、電気二重層キャパシタが適用されつつある。当社の電気二重層キャパシタは、複数セルを積層して一体化したバイポーラ積層構造を採用し、薄形でスペース効率が高く、また繰り返しサイクル寿命が長いという特長を有しており、ピッチ制御装置に適している。また、風力発電設備における過酷な環境下での使用を考慮し、ハードケースに収めることで耐振動性能や耐衝撃性能の向上を図っている。**第7図**に外観を、**第5表**に仕様を示す。

3.4 24時間監視サービス

第8図にオペレータールームを示す。

風力発電設備は、事故の波及や二次的な問題の発生を未然に防ぐために、異常を確実に検知して運転を停止するフェールセーフ機能を備えた安全な設備である。その反面、日本の複雑な地形では比較的頻繁に起こりうる風速の急変など、安全上問題のない条件であっても風力発電設備の運転が停止されてしまう場合がある。事業者にとって、風力発電設備の停止は事業性の悪化に直結するため、安全上問題がなければ一刻も早い運転の再開が望まれるが、事業者自身が絶えず風力発電設備を監視することは困難である。当社のカスタマーセンターでは、事業者の管理業務の軽減と風力発電設備の稼働率向上のため、定時監視・警報受信／復旧対応・関係者との連絡・業務記録の作成／提出といったリモート監視業務、及び作業に伴う風力発電設備の停止／起動操作・作業員の出入構管理・作業予定の記録／管理といった運転管

理業務を24時間365日実施する風力発電設備運転支援サービスを提供している。

3.5 メンテナンスサービス

風力発電設備は、多くの電気品と機械品が複雑に組み合わさった設備であり、また厳しい自然環境の中、制御が難しい風エネルギーを原動力として発電し続ける設備である。そのため、稼働率の低下を防ぎ、かつ安全に運転を継続するためには、適切なメンテナンスが必要不可欠である。当社は重電機メーカとして長年培ってきた広範で高いメンテナンス技術と、前述の風力発電ビジネスへの取り組みから得た経験や知見の活用及び全国のメンテナンスネットワークやカスタマーセンターとの連携によって、風力発電事業者に満足していただけるメンテナンスサービスを提供している。

3.6 洋上風力発電

風力発電に対し、洋上は陸上と比較して安定した風を得やすく、輸送上や景観上の制約が少ないという利点があり、比較的遠浅の海域が多い欧州を中心に大形の洋上風力発電プロジェクトが展開されている。我が国ではこれまで港湾を中心として風力発電設備の設置が進められてきたが、昨今の再生可能エネルギーへの期待の高まりなどを受け、福岡県北九州市沖や千葉県銚子沖などで洋上風力発電実証研究計画が本格的に進められている。これらの計画のうち、福岡県北九州市沖には(株)日本製鋼所製の風力発電設備が導入される予定であるが、当該風力発電設備向けの永久磁石式同期発電機・水冷式コンバータ・監視制御装置・電気二重層キャパシタは、当社製品が採用される見込みである。当社は、洋上風力発電設備に向けた製品を製作するのは初めてであり、特に永久磁石式同期発電機と水冷式コンバータについては、前述の陸上用製品をベースに、これまで培った経験や知見を活用し、主として耐環境性に配慮した仕様とした。

4. 将来展望

世界的に陸上用には3MWクラスの風力発電設備が量産化されており、洋上用には10MWクラスを目指した開発が進められている。このような中、当社はこれまでの実績を生かし、まずは陸上用に世界クラスの永久磁石式同期発電機と水冷式コンバータを開発する計画である。洋上用には、風力発電以外の市場も見据えつつ、世界の風力発電市場の流れに追従していく。

5. むすび

当社は、売電事業、風力発電設備の販売、陸上と洋上に向けた風力発電設備用電気品の開発、24時間監視サービス、メンテナンスサービスなど豊富な経験によって培われた技術と知見に基づき、風力発電業界の発展と環境問題の解決に貢献していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



金田裕敏 Hirotohi Kaneda
風力発電設備に関わるエンジニアリング業務に従事



宗橋 豊 Yutaka Munehashi
風力発電設備に関わるエンジニアリング業務に従事



小石川洋平 Yohei Koishikawa
風力発電設備に関わるエンジニアリング業務に従事