風力発電システム

進む国家プロジェクト

風力発電は世界的に年成長率20%以上の勢いで導入が進められており、今後もますます増えていくと予想される。これまで平野部に設置されてきた風車は山岳部にも導入され、それに伴い、乱れの大きな風に対応するための技術が必要となってきた。近年、大型の洋上風車も増えてきており、大型化に必要な高強度で軽量な部品や材料も開発されている。また、電力消費地である都市部へ小型風車を分散設置するためのシステム作りも進められている。これら風力発電に関する世界的な取り組みの中で、国内でも国家プロジェクトが進められている。

三重大学大学院 工学研究科
機械工学専攻　教授
前田　太佳夫

国内外の導入量

昨年、38ギガワット新設

風力発電は、再生可能エネルギーの中でも最も経済性や効率に優れたエネルギー源であるために世界で導入が進められている。風力発電設備は2010年末までに世界中に197ギガワット（1億9700万キロワット）が設置されている。10年の1年間だけでも38ギガワットが新規に設置され年間で20―30%増の勢いで導入が進められている。原子力発電所1基の目安を1ギガワットとすれば世界には原発200基相当の容量の風車が設置されていることになる。

世界的に風力発電の導入が進められている背景には経済性のほかに雇用創出効果が大きいことが挙げられる。風力産業は自動車産業に似て、すそ野が広い産業である。大型風車は約2万点の部品で構成されており、素材も含めてその技術・経済的波及効果は自動車産業に劣るものではない。特に大型風車は大きな部品で構成されるため、自動生産ではなく、人手で生産されるものも多くあることが雇用の増大につながっている。

日本の風力発電は10年末の累積導入量で2・3ギガワットであり、先進国の中では最低レベルにある。しかし、輸入風車に頼っていた国内導入量について言えば、10年単年度では国産風車のシェアが40%を超えた。風力産業で成功している各国を見ると、国産風車の国内導入量が増えると国内の風力産業が急速に拡大する傾向にある。そのため、12年7月から始まる再生可能エネルギーの固定価格買取制度における風力発電電力の買い取り価格次第で、今後の風力発電導入量が大きく左右され、それにより国内風力関連産業の発展にも大きく影響する。

すでに国産のパワーエレクトロニクス部品や軸受の多くが海外風車メーカーに採用されており、日本に設置されている海外製風車内の部品の多くが日本製であることも珍しくない。今後はさらに再生可能エネルギー普及を後押しする買い取り価格の設定により、国産風車の導入も促進し、風力関連産業を拡大させることが期待される。

風力発電技術の現状

来年、洋上風車を実証

欧州における洋上風力発電の導入促進が「大型風車」の技術開発を推し進めている。一方、陸上でも山岳地の高風速地点などは風力未開発地として残されているため、乱れの大きな地点に対応した「複雑地形対応の風車」のための技術開発が行われ、標準化が計画されている。また、電力需要の大きな都市部に必要数の小型風車を分散設置できる「都市部や建物の上などにも設置可能な小型風車」の導入促進のための技術要件も研究されている。

洋上風車は陸上よりも風速が高く乱れが少ない海上を吹走する風を利用することがメリット。しかし、風車基礎、送電線および維持管理のコストが高くなるため、風車を大型化して単機の出力を大きくするとともに、一カ所にたくさんの風車を設置した「ウィンドファーム」を建設することにより、プロジェクト全体の規模を大きくしてコストのスケールメリットを生み出している。国内でも新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のプロジェクトにより、千葉県銚子市沖に国内初の本格的な洋上風車の実証試験が計画されており、12年に建設される予定である。

洋上風車の基礎にはさまざまな方法があり、水深30メートル程度までの浅い海ではコンクリート基礎を海底に沈める重力式やタワーを海底に打ち込むモノパイル式、それより深く60メートル程度までであれば石油掘削基地のような櫓（やぐら）を組むトリポッド式やジャケット式などがある。さらに深い海には風車を海に浮かす「浮体式洋上風車」がある。

技術的に最も新しい浮体式風車は09年にノルウェーで2メガワット（2000キロワット）級の浮体式風車の実証試験が開始された。ノルウェーの浮体式風車は魚釣りの棒ウキの先端にブレードを付けたような形状で、水面下に100メートルの長さの浮体が付いている。国内でも以前から海上技術安全研究所をはじめ、さまざまな機関において各種の浮体式風力発電の研究が行われている。また、福島県沖に大規模な浮体式洋上風力発電の計画があり、早ければ13年から着手される予定である。

現在の風車設計規格では、平坦地または勾配（こうばい）がわずかな斜面（斜度8度以下）に風車が設置されることを前提としているが、国内の好風況地域は山岳部などの複雑地形上に多く、それらの地点では規格の想定を超える斜度になる。このような地点に風車を設置すると、風速と風向の変動によって風車には繰り返し荷重に基づく疲労が発生する。

また、台風のように、特殊ではあるが毎年必ず襲来する暴風によって風車には極めて大きな荷重が作用する。これら変動風や極値風に対応するため、NEDO次世代風力発電技術研究開発の成果によって、日本発の風車設計のための風特性を国際電気標準会議（IEC）に提案している。

小型風車は大型風車と比べて単位出力当たりのコストが高いため、いかに低コストで発電させるかが課題となる。また、多様なラインアップの小型風車からユーザーが希望の機種を選べるように、発電量、騒音、耐久性などを表示するラベリング制度が世界的に検討されている。

国内においても小型風車の安全性や信頼性を確保するための技術要件がNEDO次世代風力発電技術研究開発の下に検討されている。

世界的には水平軸風車が主流であるが、日本では小型の垂直軸風車が数多く設置されている。小型風車の設計規格には垂直軸風車の具体的要件が示されていないため、世界に先行して日本から垂直軸風車の設計手法について国際提案の準備を行っている。

要素技術と周辺技術

主流は5メガワット級風車

風車の構成部品は風からのエネルギー抽出の末端にある部材から順にブレード、ナセル（機械室）、タワー、基礎である。ナセルの中には主軸、増速機、発電機などの機械・電気機器が収納されている。

疲労荷重を軽減するために最も重要なことはブレードを軽量化することである。現在主流の2メガワット級では長さ40メートル程度であるが今後主流となる5メガワット級風車では長さ60メートル以上にもなる。従来の風車ブレードはガラス繊維に樹脂を含浸させて製作されているが、この繊維と樹脂については強度と軽量化のトレード・オフを克服するための研究が続けられている。現在、航空機に炭素繊維が使用されつつあるが、炭素繊維の大量生産によりコストが下がれば、風車ブレードに炭素繊維を使用して大幅な軽量化を達成できる可能性がある。

現在主流となっている2メガワット風車では毎分20回転程度で非常にゆっくり回転する。しかし一般の発電機は毎分数千回転の高速でないと発電できない。そのためローター回転数を発電機の手前で増速機によって回転数を約100倍に高速化しているが、風車の増速機には風速変動に応じた変動負荷が作用するため高度な設計が要求される。

また、増速機は故障の頻度が高いため、増速機を使用せずに低回転数のままで発電できる多極式発電機も開発されている。世界的には系統連系に有利な永久磁石式同期発電機が注目されているが、レアメタル市場の高騰が永久磁石の価格を押し上げ、風車価格の高騰の要因となっている。一方、非常にコンパクトに作れる超電導発電機はコストが高くなることが予想されるが次世代技術としては魅力がある。

風車設置前に年間発電量を精査するために、従来はマストを建てて風速計を設置し、風況観測を行ってきた。しかし、現在主流の2メガワット風車でもブレード先端が上空100メートルを越している。今後ますます大型化する風車に対応させる場合、高層マストの設置は設置コストや設置面積、60メートルを超える工作物の建築確認などの点などから困難である。

そのためには高層マストを使わなくても、地上に設置した装置から発射する可聴音やレーザー光によって風観測ができるリモートセンシング装置（ソーダ、ライダー）が注目されている。これらは平坦地形においては一定の成果が出されているが、風の変動や歪みが大きい複雑地形上などの観測ではいまだ精度に関して研究開発の途上にある。NEDO次世代風力発電技術研究開発では複雑地形上のリモートセンシング装置の観測精度向上のための研究が行われている。

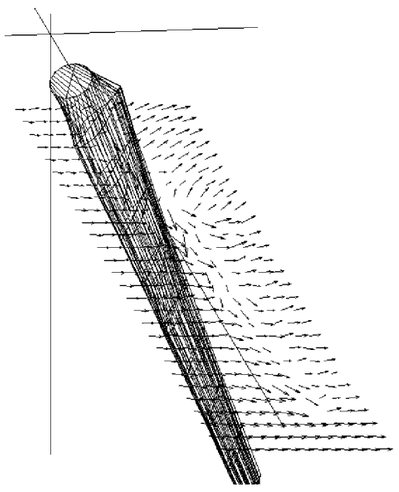
国際標準化に向けて

国際エネルギー機関（IEA）では、参加国による風力の国際共同研究が進められている。日本も「風力大量導入時の電力システム設計・運用」「小型風車ラベリング」「風力発電の社会受容性」「風車空気力学」「洋上風車解析コード検証」「ウィンドファームモデル」「リモートセンシング技術」などの各種研究分科会に参加している。

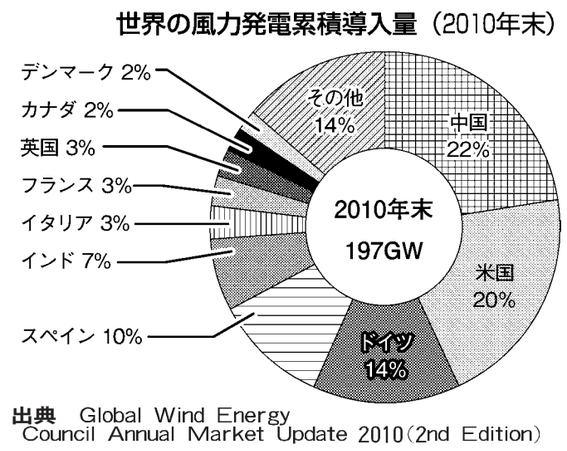
これまでの国際規格の成り立ちを振り返ると、IEAによる国際共同研究の成果を基礎として、IECの風力規格に発展させることが米国や欧州などの風力先進国の戦略である。今後、日本における風力産業の振興、風力導入量のさらなる発展のためには、IEAとIECを両輪として、国際的な対応・戦略を積極的に進めることが重要である。

国内の浮体式洋上風力発電研究（海上技術安全研究所提供、ダウンウィンド形式、2－5MW級、海面下長さ77.5－85.4m、対象水深200m）

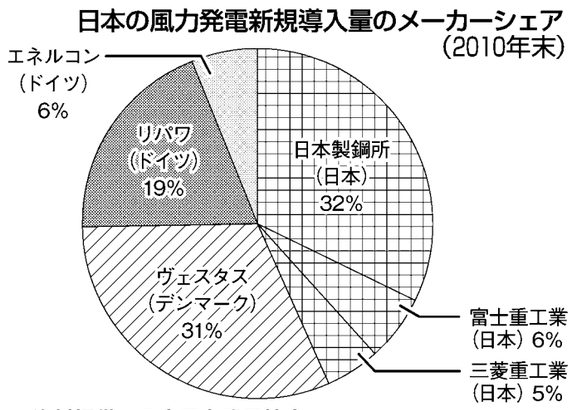
国産風車が設置された複雑地形上ウインドファーム（シーテック提供、ウィンドパーク笠取、日本製鋼所製2MW風車）



国内研究成果のIEA風力研究開発への発信（三重大学、風車翼周りの流れ解析）



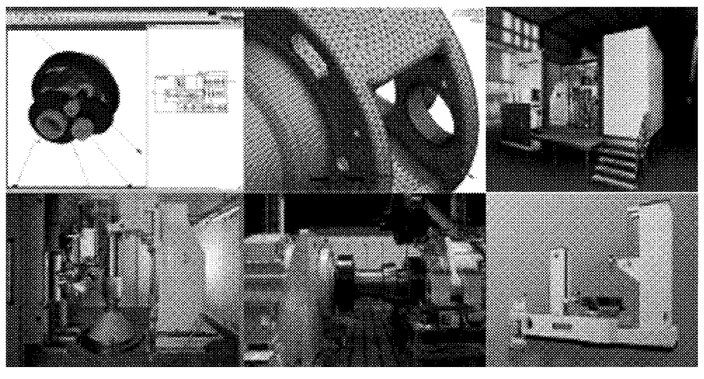
出典　Global Wind Energy Council Annual Market Update 2010(2nd Edition)

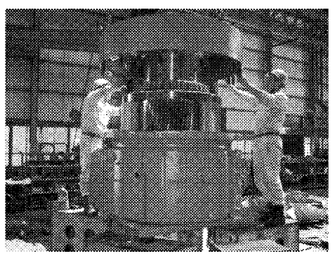


資料提供　日本風力発電協会

MITSUI MIIKE
三井の風車用増速機

GL認証取得!!　高効率・低騒音・軽量化実現





●設　計　ISO規格に準拠し、国際的な風力タービンの認証機関である Germanischer Loydのガイドラインに対応した設計。2.0MWのGL認証取得。
●製造品質　歯車製造の核となる 熱処理、歯切、研磨の設備を社内に有しているため確実な工程管理及び品質管理を実施。
●整　備　他社増速機も修理・改造・整備を承ります。
※小型から大型までの増速機の相談に応じます。

株式会社三井三池製作所
URL　http://www.mitsuimiike.co.jp
E-mail　gear-m@mitsuimiike.co.jp
本社　〒103-0022 中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井二号館　電話03(3270)2003㈹　FAX03(3245)0203
■札幌支店　電話011(817)3700㈹　■大阪支店 電話06(6448)6851㈹　■福岡支店 電話092(271)8871㈹
■広島営業所　電話082(247)4548㈹　■名古屋営業所 電話052(895)5381

ISHIBASHI OPTIMUM SOLUTION AND MOBILITY
ISHIBASHI GIHANN ㈱石橋製作所製歯車装置販社

高精度風車用歯車増速機シリーズ

◆工場ショウルーム化計画を実施 (2004年より)
◆ISO9001 (1997年)、ISO14001認証取得済 (2005年)
◆高精度な機械加工の量的、新機械工場建設し、漸次最新鋭機導入中
◆歯車要素技術の地道な改善の他、各種試運転ブースを増設中(2009年より)
◆寒冷地対応機試験用大型冷凍庫設置(2010年)
◆米国テキサスサービス工場稼働開始(2011年)
◆中国アッセンブリ工場稼動開始(2011年)

米国テキサスサービス工場

中国寧夏組立工場

永続的な改善・改革を続け、お客様に信頼される製品の提供に努めてまいります
アフターサービス分野にもメーカノウハウを生かしたご提案を行ってまいります

最新鋭歯車研削盤

非破壊検査ブース

寒冷地対応機試験用大型冷凍庫

負荷試験装置(回生式)

㈱石橋技販のウェブサイトはこちら →http://www.ishibashi-mfg.com/

株式会社石橋製作所／株式会社石橋技販
本社工場／福岡県直方市大字上頓野4636-15（直方工業団地内）〒822-0003　TEL0949(26)3711㈹　FAX0949(26)3902
東京支店／東京都港区芝大門1-4-4（ノア芝大門5F）〒105-0012　TEL03(5473)7850㈹　FAX03(5473)7849
大阪支店／大阪市中央区南本町2-1-1（本町安達ビル4F）〒541-0054　TEL06(6268)3071　FAX06(6268)8082
長崎支店／長崎県西彼杵郡時津町左底郷703-8　〒851-2106　TEL095(886)8881　FAX095(886)8887