



日本における風力発電と バイオマス利用の取り組み

世界的な不況の中、「グリーン・ニューディール」など緑の経済対策に注目が集まっている。太陽光発電や風力発電などの環境に優しい新エネルギーは経済効果だけではなく、持続可能な社会の実現に向けて不可欠の取り組みである。わが国でも、通称「新エネ法」などの法整備をはじめとして新エネルギーの開発と普及が進められている。今回はわが国における風力発電とバイオマス利用の現状を報告する。



国内最大クラスの出力を誇る福島・郡山布引高原風力発電所。(右) 発電機などが収納されたナセルの取り付け。(写真提供:電源開発(株))

日本の新エネルギー関連施策

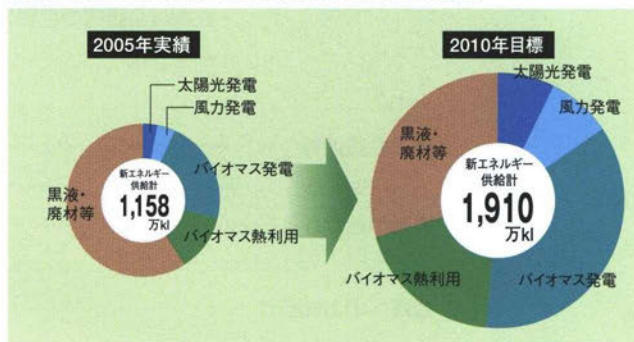
新エネルギーとは、自然のプロセスから絶えず生み出される太陽、風力、バイオマス、地熱、水力などの「再生可能エネルギー」のうち、コストが高いために普及の支援が必要なものをいう。エネルギー源の多様化や低炭素社会の実現に貢献が期待できる新エネルギーは、分散型のエネルギーシステムであり、地域経済の活性化効果も期待される。

わが国の新エネルギー関連の主な施策には、「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律(代エネ法)」、「長期エネルギー需給見通し」、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」の3つがある。「新エネ法」では、新エネルギーを「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの」と定義し、①太陽光発電、②太陽熱利用、③風力発電、④雪氷熱利用、⑤バイオマス発電、⑥バイオマス熱利用、⑦バイオマス燃料製造、⑧廃棄物発電、⑨廃棄物熱利用、⑩廃棄物燃料製造、⑪温度差エネルギー、⑫クリーンエネルギー自動車、⑬天然ガスコージェネレーション、⑭燃料電池の14種類を指定している。

2003年度の新エネルギー導入の実績は、原油換算で1,054万

■わが国の新エネルギーの導入量

原油換算による2005年度の導入実績と、2010年度の目標値。



(総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会資料より作成)

kl相当であったが、2010年度には約2倍の1,910万kl相当まで導入を進め、一次エネルギーの約3%を賄う計画である。今回は現在世界各国で急速に導入が進んでいる風力発電と、導入されている再生可能エネルギーの大部分を占めるバイオマス利用について、わが国の現状を見ていく。

伸び悩む日本の風力発電

クリーンエネルギーである風力エネルギーへの関心は世界的に高まり、各国で導入が進められている。世界風力エネルギー協会

(GWEC:Global Wind Energy Council)の最新の統計によると2008年末での世界の風力発電の設備容量は約120,798MWで、このうち導入量の上位3カ国(米国、ドイツ、スペイン)だけで約54%を占めている。日本の設備容量は約1880MWで、13位である。日本においても、風力発電設備の導入は急速に進んでいる。特に1990年代後半からは、地域新エネルギー等導入促進事業、新エネルギー等事業者支援対策事業、余剰電力購入メニューなどにより、風力発電の導入量は飛躍的に伸びている。2001年度以降の年間導入量は150MWを超え、2005年度には設置基数も1,000基を超えている。

しかし、日本が全世界の風力発電容量に占める割合は約1.5%であり、欧米諸国と比較してその導入量は少ないといわざるを得ない。わが国における、風力発電設備の導入を妨げる要因としてはまず、第1に風力発電設備を設置するための未開発の平坦地が少ないこと、第2は欧米諸国と比較して風況が悪く、風力発電に適した風況のほとんどが山岳地帯であること、第3は、落雷や台風、乱流など、わが国の自然条件は欧米諸国の自然条件と比較して、風力発電設備にとって厳しいことが指摘されている。そして、第2と第3の要因から、山岳地帯に厳しい自然条件に耐えうる風力発電設備を建設しなければならないために、建設コストが上昇することが指摘できる。その他にも、系統連携の制約が多いなど、複数の要因が重なり合ってわが国の風力発電の導入を阻害している。これらの阻害要因を解決するためには、中風速や低風速地域での発電効率を向上させ、風力発電設備の設置場所を拡大したり、風車の大型化による費用対効果の向上などに努めていく必要がある。

日本の気候や地形に適合する風力発電設備

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構が2008年に作成した「風力発電導入ガイドブック」では、立地調査、風況精査、基本設計、実施設計、建設工事、運転・保守の各段階での留意事項などが示されている。なかでも、日本の風況の特徴として他国では見られない強力な落雷と台風が挙げられている。また、複雑地形による乱流や、着氷・着雪、塩害なども故障原因となっており、風車故障原因の約36%がこれらの自然現象によるものといわれている。風力発電設備メーカーでは、日本の環境に適した風力発電設備の開発を進めており、複雑地形や山岳地の吹上風を捕らえることによる発電量の増加、耐風速性能の向上、IEC(国際電気標準会議)規格を超えた落雷への耐性の確保などをポイントに風車などの開発を進めている。

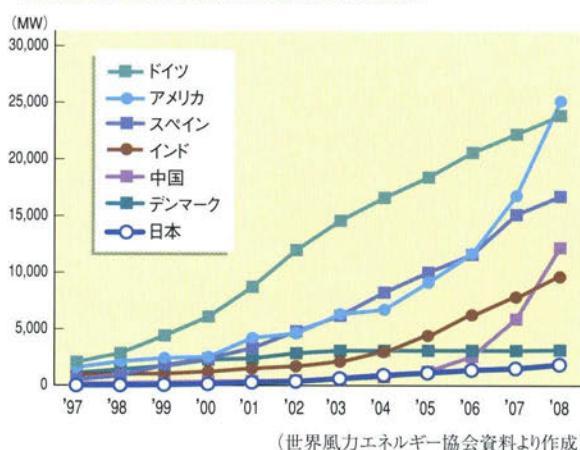
わが国特有の風況への対策の1つとして、「ダウンウインド」型風

世界各国の風力発電への取り組み

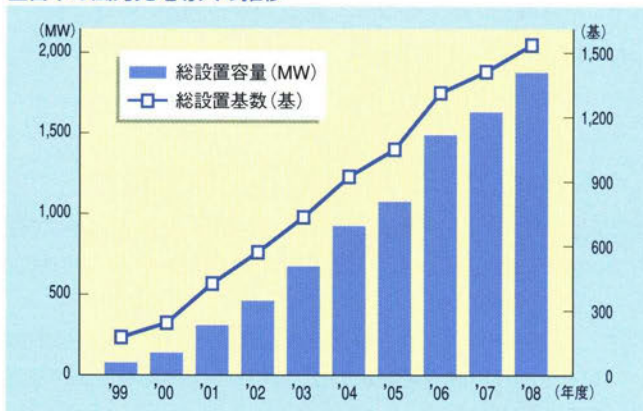
現在、風力発電設備容量の世界第1位は米国である(GWEC2008年報告書による)。1997年から2007年まで首位を守っていたドイツは順調に導入を拡大していたが、2007年と2008年に大幅に風力発電設備を新設した米国がドイツを追い抜いたのである。

この推進力となったのは、ブッシュ政権下で2005年に制定された「エネルギー政策法」による建設費の補助や税金の免除など手厚い保護政策だといわれている。全世界の風力発電の設備容量は、2020年には2008年の4.3倍に拡大するとの調査結果もあり、今後は欧州に代わり米国が風力発電の市場を牽引していくものと予想される。

●各国の風力発電設備の累積導入量の推移

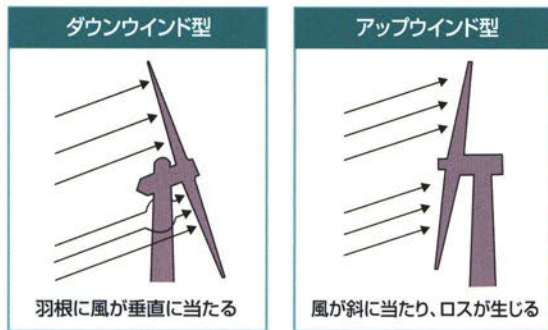


■日本の風力発電導入の推移



車の採用がある。山岳部に建設されることの多いわが国の風力発電設備の場合、風車が受ける風は、低い場所から地形に沿って吹き上がってくる高風速の「吹上風」となる。従来の風車は「アップウインド」型と呼ばれ、羽根が発電機に対して風上側にある。このタイプでは羽根が風を受けてしなり、タワーと衝突することを防ぐために、羽根の回転面がやや上向きに設置されている。このため、下からの吹上風を効率よく捕らえることが難しい。これに対して、近年導入され始めた「ダウンウインド」型では、発電機に対して羽根が風下側にあるために吹上風を効率的に捕らえることが可能になる。

■アップウインド型とダウンウインド型の風車への風の捕らえ方
ダウンウインド型のローターは、吹上風を効率的に捕らえることができる。



●ダウンウインド型の風力発電機

発電機を納めるナセル部分(写真下)は、風向を考慮して風上側に流線型になっている。風はいずれも写真の右から左に向かって吹いている。



((株)日立製作所「日立評論2009年3月号」より)

風況に対するもう1つの対応として、台風と乱流対策が挙げられる。台風に対する風力発電システムの安全要件はIEC 61400-1やJIS C 1400-1で風速と乱流強度により4つのクラスと特別クラス(Sクラス)が定められている。最も厳しいクラスIの基準風速は50m/sであるが、例えば日本で開発された離島向けの風車は80m/sの風に耐えるSクラスで設計されている。さらに、乱流に対しても、わが国特有の風況への対応が進んでいる。現在、世界で稼働する大部分の風力発電設備では、風車の回転を増速機で引き上げ、誘導発電機を回すことで発電を行っている。しかし、わが国のように風向きや風速が猫の目のように変化する場合には、増速機の歯車やベアリングに大きな負担がかかり、摩耗が進む原因となる。そこで現在導入が進められているのが、増速機を使用しない同期発電機を採用した風力発電システムである。この方式では風車と発電機を直結するために、発電効率の向上も期待できる。

わが国の落雷、特に冬季雷にはエネルギーが非常に大きいと

いう特徴がある。これは、雲底が低いために一度の落雷で大きなエネルギーが放出されるためである。風力発電設備の雷保護については、IEC 62305-1がピーク電流や電荷などによりI~IVの保護レベルを定めているが、わが国の冬季雷では最も厳しい保護レベルI(電荷量:300C)をはるかに超える落雷例が報告されている。このような大容量の落雷対策として、ブレードの先端にアルミ鋳物製大型レセプタクルなどの大容量の着雷部を設けるなどの対策が講じられている。

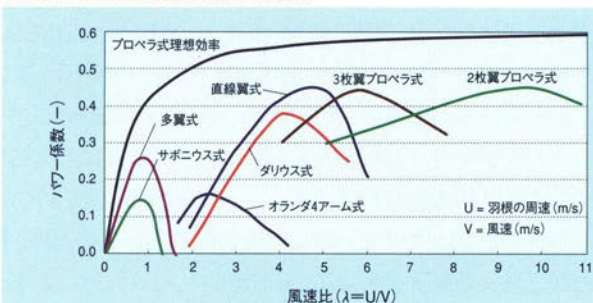
このほか、山岳部での建設コストの削減も普及のための大きな課題である。運搬コストを削減するために、ナセルやタワーを分割して搬送し、現地で組み立てる工法が採用されている。円錐形の管状の鋼製タワーやナセルを20m前後、40t程度の部品に分割することで、搬入路の幅幅などを不要にしている。また、建設時に必要な整地面積を削減するために、タワー上でブレードをハブに取り付ける工法も開発されている。

風車の形状と出力係数

風力エネルギーを風車によって機械的動力に変換する場合の理論値は最大で約60%(Betzの理論)といわれるが、実際には空気抵抗や粘性による損失のため、40%程度であるといわれている。

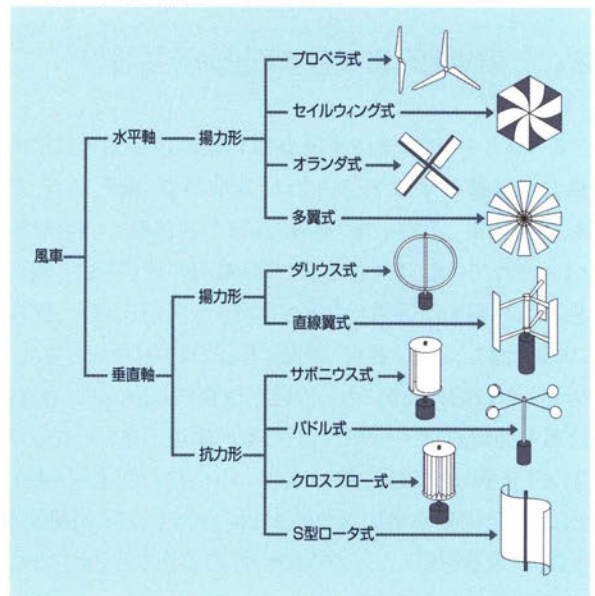
風力発電の場合にはさらに機械系伝達損失と発電機の損失が加わり、増速機を介した誘導発電機の場合で約30%、直結駆動させる同期発電機で約37%とされる。

●風車の種類と出力係数の関係



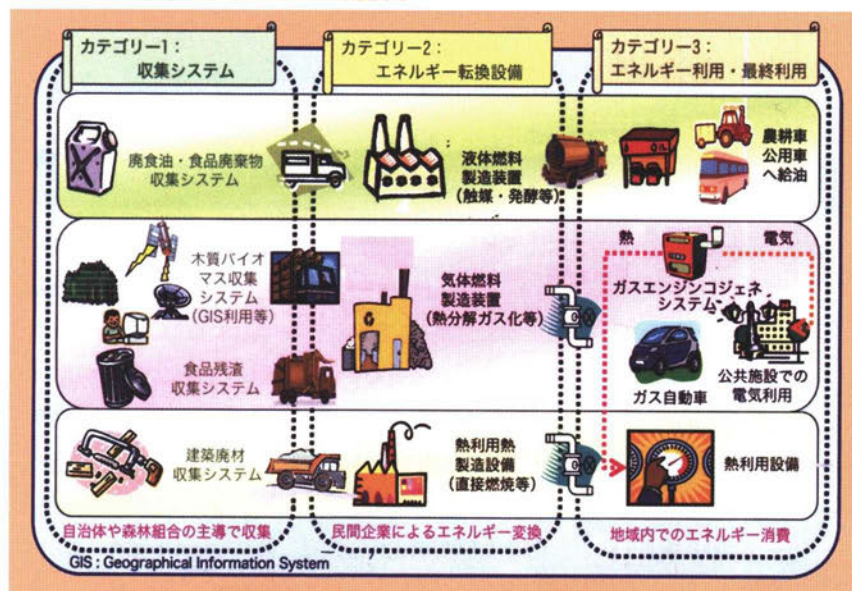
((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構「風力発電導入ガイドブック」2008年度版より)

●風車の種類と形状



(資源エネルギー庁「風力発電 A to Z」パンフレットより)

■バイオマス利用の地域システムの概念図



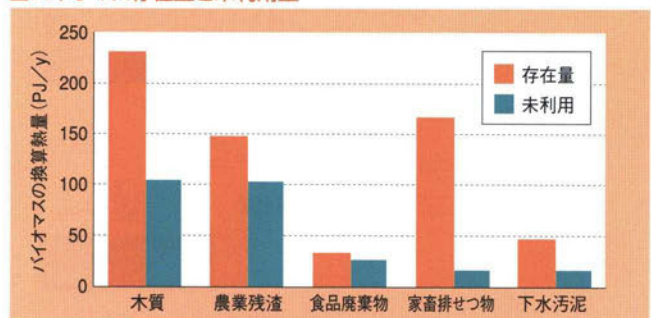
((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」パンフレットより)

■各地で実施されたバイオマス等未活用エネルギー実証試験



((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマス等未活用エネルギー実証実験」パンフレットより作成)

■バイオマス存在量と未利用量



(農林水産省「バイオマス・ニッポン総合戦略」資料より作成)

わが国の未利用バイオマス活用の取り組み

バイオマスも風力と同様に、人類が太古から利用してきたエネルギーであり、現在でも、薪、木炭、家畜の糞などが燃料として利用されている。バイオマスエネルギーは、光合成によって生物の体内に蓄えられた太陽エネルギーを活用するもので、特に植物由来のバイオマスはカーボンニュートラルなエネルギーとして注目されている。バイオマスはそのまま燃料として熱エネルギーを利用する他に、バイオエタノールの原料として利用したり、発電用エネルギーとしても利用される。

わが国の「バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議」では、地球温暖化の防止や循環型社会の形成、農林漁業、農村・山村・漁村の活性化などを期待して、未利用バイオマス活用などによる「バイオマスタウン」構築の加速化と、バイオマス輸送用燃料の利用促進が閣議決定されている。

バイオマスタウンとは、市町村が中心となって、地域のバイオマスの発生から利用までを効率的なプロセスで行い、バイオマス利用を安定的に行うシステムの構築を目指すもので、平成22年で

300市町村の指定を目標に掲げている。バイオマスタウンでのバイオマス利用プロセスは、自治体や森林組合などの主導で行われる「収集システム」、民間企業によりエネルギーへの変換が行われる「エネルギー変換設備」、地域内でエネルギーを消費する「エネルギー利用・最終利用」の3つのカテゴリーに分類されている。これらのカテゴリーが効率的に連携することによって、バイオマスの地産地消・地域循環型社会の実現を目指している。

わが国のバイオマスエネルギーの存在量は原油換算で約2,900万kl相当と見積もられている。これに対して2010年の導入目標はバイオマス発電が586万kl相当、熱利用が308万kl相当の合計894万kl相当で、バイオマスの存在量は十分であり、未利用バイオマスの活用が課題である。未利用バイオマスのうち最も利用が進んでいないのは、林地残材や製材工場残材、建設発生木材などの木質と、稲藁や籾殻などの農業残渣である。バイオマス利用を促進するためには、利用可能量の3分の1を占める木質バイオマスの利用促進が効果的である。最近では、木質チップの需要が伸び、一部で不足するケースも発生している。

未利用バイオマスなどを活用する実証試験は、全国各地で行われている。例えば(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構が行うバイオマスエネルギー地域システム化実験事業が、全国7箇所で行われている。これは地域毎の特性に合わせて、バイオマスエネルギーの転換の上流(収集・運搬技術)から下流(転換エネルギー利用技術)までを通したトータルシステムの確立を目指す取り組みである。これらのなかには、地域システムとして成立する見通しが立っている事業も現れ始めている。

バイオマス利用のもう一方の柱である輸送用燃料の利用促進では、さまざまな課題が指摘されている。耕地の確保、バイオ燃料に適した資源作物の開発が必要となるほか、収集・運搬コストの低減が大きな課題である。さらに、効率的なエタノール転換技術と

バイオマスエネルギー地域システム化実験事業

高知県仁淀川流域エネルギー自給システムの構築

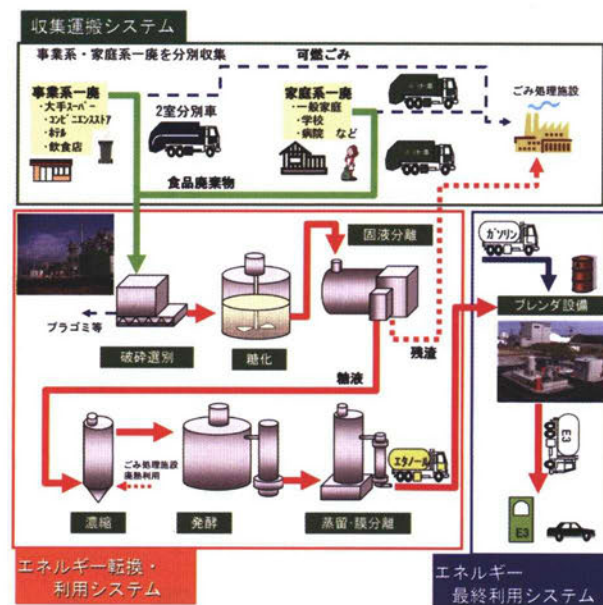
高知県仁淀川町では、46,400haの広大な森林の年間成長量は28万 m^3 にもおよび、その利用量は年間1万 m^3 にも満たない。これは、バイオマスを山から運び出す経済的な仕組みがないこと、森林資源をエネルギーとして捕らえていないこと、バイオマスエネルギーの需要設備が普及していないことが理由である。そこで、バイオマスの収入が林業の収入源の一部となるシステムを構築し、将来的には地域に必要なエネルギーを自給できるシステムの構築を目指している。



バイオマスエネルギー地域システム化実験事業

食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業

日本では年間約2,000万tもの食品廃棄物が排出されているが、そのほとんどは未利用のままである。この実験では、食品廃棄物中の炭水化物を選択的に糖化するプロセスを活用することで、異物が混入していてもリサイクルが可能なシステムを構築することを目標としている。生成した糖化液を濃縮・発酵させて無水エタノールを製造し、最終的にはガソリンにバイオエタノールを3%混合した「E3ガソリン」として利用する。



((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」パンフレットより)

して、セルロース系原料からのバイオエタノール製造技術の開発が重要と考えられており、大学や研究機関のほかプラント製造会社などが研究を進めている。

また、バイオマスから輸送用燃料を製造する際にトウモロコシなどを原料とする場合には、食料との競合が問題になってくる。現在注目されているのが「第二世代」と呼ばれる非食料系の原料であり、代表的なものに、木質や稲藁などのセルロース系原料がある。第二世代のバイオエタノールが普及するためには、繊維を分解して糖に変える酵素や、糖をエタノールに発酵させるプロセスが重要であり、バイオ、発酵技術、プラント技術など、わが国のプラント製造会社、エンジニアリング会社の総合力に期待が持たれるところである。

地域分散型のエネルギー社会の実現を目指して

現在、地域システムとして成立しているバイオマス利用は、熱利用や発電などがほとんどで、バイオ燃料の利用は進んでいない。熱利用についても季節により需要に変動があるため、1年を通じて安定的な需給バランスを確立する必要がある。

バイオマスを始めとして、一般的に新エネルギーはエネルギー密度が低いため、まとまったエネルギーを供給するためには広大な面積が必要になる。さらに天候などの自然条件にも大きく左右され、供給の安定性に欠ける面があることは否定できない。

しかしその一方で、CO₂排出量が少なく、枯渇する恐れがない新エネルギーは、地域分散(地産地消)型のエネルギーとしてその役割がますます大きくなっていくことは疑いない。電力として利用していく場合には、スマートグリッドなどの新しい系統連携の仕組みの確立も必要になる。エネルギー自給率の低いわが国においては、新エネルギーの利用拡大は避けて通ることのできない課題である。技術開発に加え、社会システムとしてどう確立するかを十分に議論していく必要がある。わが国は太陽電池、燃料電池、蓄電池をはじめとして新エネルギー利用に大きな技術的ポテンシャルを有している。新エネルギー分野の積極的な技術開発は、わが国の産業戦略としても重要な位置を占めている。

●取材協力 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、(株)日立製作所
●文 杉山 香里