

風と光の未来風車

(ペロブスカイトソーラー翼回転式風力発電装置)

はじめに

ソーラーセルの翼を風力発電の翼として一体化する発想は世界初の試みでありその開発状況について紹介する。

風車の翼をそのままソーラーセルの翼として併用することにより、それぞれ性質の異なる2つのエネルギーを1枚の翼で同時に捕らえることが可能となり、昼夜問わず光と風の電力融合や相互補完が行われ効率的でより身近な電力供給源となることが期待される。本報では開発に至る経緯について概要を報告する。

1. 概要

本装置は垂直軸回転型のフレキシブルソーラーセルスイング翼からなる風と光のハイハイブリッド発電装置である。

特に、20 kW以下の小規模発電を対象にしたもので、翼はヨットの帆や凧の原理を応用し翼の面積を大きくとり、軽く・薄く・しなやかに強く、更に低風速でも素早く発電出来るようにした。特徴は駆動側翼（風に押され発電に寄与する翼）のトルクを最大限に引き出すため向かい風方向に回転する相対翼面を風の流れと平行にさせて風圧抵抗を低減する機能にある。本方式は抗力駆動方式のため翼の回転速度は風速以上にはならないが高トルクであるため小型であっても増速ギヤによる発電が可能となる。これにより翼の風切り音や振動・破損・バードストライク等のリスクを避けることが出来る。テスト装置の一例を図1に示す。

翼面のソーラーセルに関して、翼がスイングするため、日の出から日没までの太陽の位置に大きく影響を受けず発電量はほぼフラットな特性を示す。トータル的にみて固定式と比べほぼ同等の発電量となる。また降雪時でも翼がスイングするためセル上に積雪しにくく発電の低下を抑える効果がある。

また、最大の特徴は強風時における周辺への安全配慮や翼の保護のため、風速がある設定した制限値を超えた場合は風自体の力で翼の固定装置が外れ、吹流し状態となり翼を破損から守る。やがて風速が制限値を下回るとパッシブに翼が元の状態にロックされ、再起動する機構とした。これは保守やメンテナンス等の管理上の軽減にもつながるであろう。

このようなハイブリッドシステムにより、小規模な独立電源システムとして昼夜を問わず、手軽に身近なところで活用が可能と思われる。主な用途として、系統電力供給困難地域（農地、山岳、海岸、公園、無人島、僻地等）、電気自動車用充電スタンド、ディスプレイ用電源、モニュメントを兼ねた電源、緊急時のバックアップ電源等が対象となるであろう。風力とソーラーセルを兼用した翼は現在市場には存在せず、また機能的にも未知な要素が多い。未だ実験的段階ではあるが所定の機能を満足する結果が得られている。実用化に向けては長期間に亘る構造上の信頼性や軽量薄型化製法の確立、低コスト化等を今後の課題として取り組む必要がある。

2. 技術開発の内容

風力発電用翼の風上に向かう側の翼の風圧抵抗を低減させること。及び、風力翼とソーラーセルを一体化したものは現在市場に存在せず未知な要素が多いため、構造上の信頼性や薄型・軽量化製法の確立、低コスト化等、様々な課題を克服する必要があるが、第一ステップとしてテスト装置による動作確認を実施した。



図1 ソーラー翼回転式発電装置のテストモデル

本提案は、水平方向に放射状に延びた複数のアーム（標準は4本）に翼を左右対称に設置し、翼面の角度をパッシブに可変可能な構造とした。風上に向かう翼面は軽い風圧でもブレード面の迎角が水平になるようにし、向かい風の抵抗を極力抑え、軸トルクを高め発電効率を改善する。

抗力駆動方式故、翼の回転速度は風速の約1/3の時が最大パワーとなることから、この低回転性は抗力型の典型的な欠点でもあるが、その反面機械的リスクや騒音が少なく更に、受風面積を大きくとることが可能となりパワーアップを図り、低風速でも高トルクが得られ、増速ギヤにて効率的な発電を可能とした。

翼受風面を薄肉軽量化させ、ソーラーセルと一体構造にすることにより、翼面の有効活用が図られ、来見られた別置きによる設置スペースの拡大や2重設備に対するコスト削減を図ることを可能とした。

風力と太陽光のハイブリッド発電により、不安定な電源イメージのから、より安定した継続性のある発電を可能とする。

特に、制限風速を超えた場合の翼のロック解除と制限風速が下回った際の再ロック機構を装備し、突風による破壊を防ぐ機能をもたせた。

装置の停止状態は図1に示すように、翼面が45度傾く構造になっている。動作時は図2、図3に示すように、0時方向のブレードは翼のフラップ部により揚力を得て翼を垂直にさせる効果と回転トルクを得る。

また、3時の翼は追い風の抗力によりトルクを受け主動力となる。一方、6時方向の翼はフラップの揚力を受けて水平に移行（向かい風の前に水平にすることがポイント）、9時の位置（風上回転）の翼は風圧を最少の状態でも水平滑空のまま風上に向け回転し、やがてフラップの揚力効果と重力バランスで再び0時の垂直位置に戻る行程を辿る。

1) 発電量800WクラスのCd値と発電特性

抗力型の風力発電装置は風上方向への回転翼の抗力係数と受風投影面積の積をいかに小さくするかがポイントとなる。風上に回転する翼（風の流れと平行状態）の受風投影面積を実際の試験モデルに基づき翼の全面積の20%とし、更に翼の抗力係数を0.05~1.7に変化させた場合の翼回転数と発電量の関係を図4に示す。

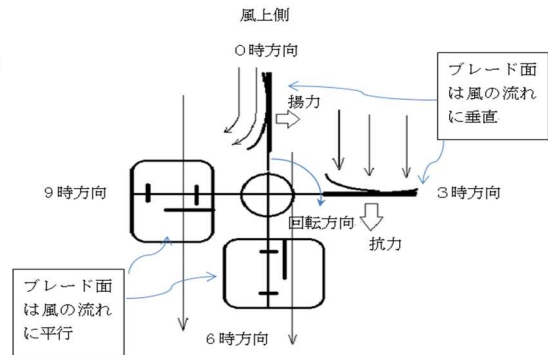


図2 翼の動作状態イメージ図



図3 机上スト機による翼の動作状態写真

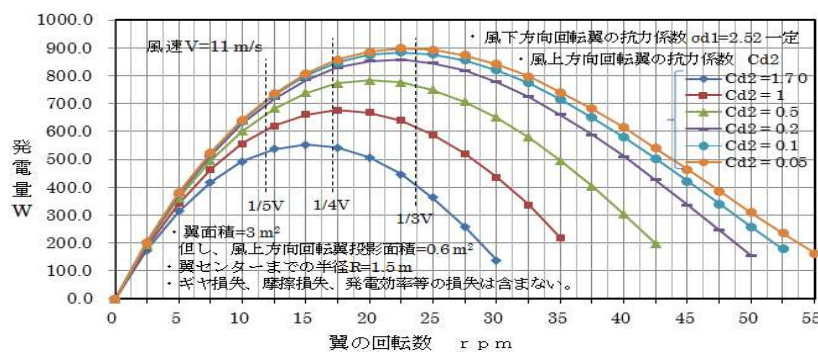


図4 風上方向回転翼の抗力係数と発電量の関係 (抗力成分のみ)

Cd値によって発電量ピーク値が異なり、Cd値が0.05ではほぼ風速の1/3に近い回転数付近で最大となる。この抗力係数の範囲では発電量の差が最大40%となり、現状の風上方向回転翼のCd値は1.7であるが、今後、受風面積の削減とCd値を下げる構造設計が必要となる。

2) スイング翼ソーセルの発電特性データ

風力による高効率な発電と同時にその翼自体に太陽光発電機能を持たせたことで日中は風力とソーラーで発電し夜間は風力にて発電する高い電力供給が可能なハイブリッドな発電が可能となる。アモルファス系フレキシブルソーラーセル翼面での発電状況について調査した。図5に示す3種類の天候状態の電圧変化をみると天候(日射量)に敏感に影響される状況が見られる。晴天時の8時~15時までの間の特性を見る限り、ほぼフラットな特性となる。

これらの結果は定格値の20%負荷条件のため、スイング翼による太陽光の受光効果については引き続き調査が必要である。ソーラーセルが取り付けられた翼面は、回転位置毎に風の力のみで0度~90度の範囲で可動する。通常、固定式ソーラーパネルの発電量は太陽の位置に大きく影響を受け、真上の時点で発電量は頂点となるが、本装置は動作中に翼の面が常に変化し、固定式のような極端なピーク現象は発生しなかった。なお、回転するソーラーセルからの電力はスリッピングを通しコントローラ系へ供給した。

3 結論

動作結果として、風力によるソーラー翼の回転は非常にスムーズに回転した。また、回転中のソーラー翼からの発電も不具合なく動作し風と光のハイブリッド発電が可能であることが確認出来た。強風時の制御も十分機能することが確認出来た。降雪時のソーラーセル面への積雪に関しては、特に無風時に積雪した状態からやがて風が吹き、回転することにより翼の振幅運動によりソーラーセル表面に付着した雪が剥離・脱落することが確認出来た。結果的に集光機能が回復し発電機能を確保することが出来た。このことから今後、本装置の実用化を見据えれば、従来降雪地域では不利なソーラーパネルに比べ降雪地域での優位性も期待できる。

なお本装置の実用化・製品化については今後さらなる調査・研究・実証実験等が必要であり現段階では未定である。

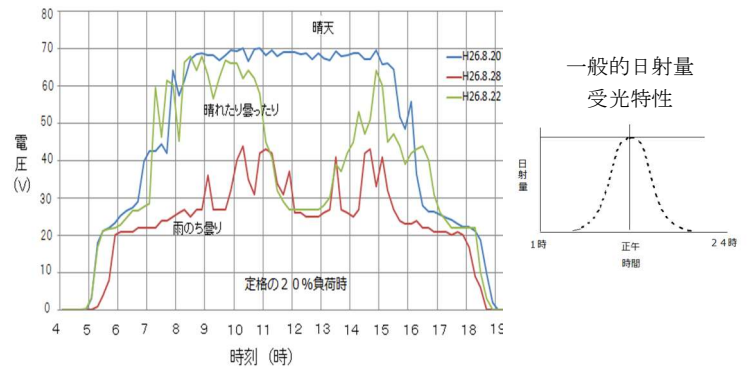


図5 スイング翼片面フレキシブルソーラセル受光特性

熱流体機器開発工房

Web: <http://eneflow.but.jp>

Mail: takayasu@deluxe.ocn.ne.jp