

サボニウス風車列の遮風効果と発電特性

九州工業大学 学生会員 ○静 正太郎 九州工業大学大学院 学生会員 才木 慎也
九州工業大学 正会員 木村 吉郎 久保 喜延 加藤 九州男

1. 研究の背景と目的 山間部や海岸部など強い横風が車両に作用する地点では、横転事故や運転ミスによる事故が誘発されることがある。横風による事故を防止するために遮風壁を設置することがあるが、見方を変えると、強い横風が問題となる場所は、風力エネルギーのポテンシャルが高いと考えられ、遮風壁の代わりに垂直軸型風車のサボニウス風車を密に配置することにより、遮風と発電を同時にさせることを考えている。本研究では、風洞内にサボニウス風車を密に配置し、その回転特性と風車下流側における風速分布を調べた。

2. 実験方法 模型風車は既往の研究¹⁾に基づき、風車高さ $H=529[\text{mm}]$ 、風車直径 $2R=215[\text{mm}]$ 、バケット直径 $C=123[\text{mm}]$ とし、回転軸は風車の両側で支持した。実験では、九州工大所属の境界層型波浪風洞（測定断面幅 $2400 \times$ 高さ 1800mm ）を用いた。模型風車は3台風洞内に等間隔で設置し、3台同方向回転（風洞上方からみて反時計回転）の場合と中央の風車のみ逆回転させる場合の2パターンについて、風車間隔 $d/2R$ を1.5, 2.0, 2.5と変化させたときの後流側の風速分布をスプリットフィルムプローブを用いて測定した。座標の原点は中央風車の中央高さ位置とし、風車下流側に x 軸、風向直角水平方向に y 軸（右岸側を正）、バケット高さ方向上向きに z 軸とする。接近風速は模型風車が周速比 $\beta=0.8$ で安全に回転すると考えられる風速 $V=6.0[\text{m/s}]$ とした。風速測定位置は風車から後流側へ $x/H=0.5, 2.0, 4.0$ の地点とし、測定範囲は $x/H=0.5, 2.0$ のとき $800 \times 800[\text{mm}]$ とし、 $x/H=4.0$ のとき $1600 \times 800[\text{mm}]$ とした。なお、測定範囲の中央は模型風車の中央と一致させ、測定点間隔は、 $x/H=0.5, 2.0$ のとき縦 $100[\text{mm}]$ 、横 $50[\text{mm}]$ 、 $x/H=4.0$ のとき縦 $100[\text{mm}]$ 、横 $100[\text{mm}]$ とし、計153点とした。

3. 実験結果及び考察 最も遮風効果が高かった風車設置間隔 $d/2R=1.5$ のときの、3台同方向回転の場合の $x/H=0.5, 2.0, 4.0$ の地点、中央逆方向回転の場合と風車停止時（測定断面において風車面積が最も大きくなるように設置）の場合の $x/H=2.0$ の地点での無次元平均風速分布（平均風速を接近風速で割ったもの）を図1、図2、図4にそれぞれ示す。また、風車設置間隔 $d/2R=1.5$ で3台同方向回転、周速比 $\beta=0.6$ 、 $x/H=2.0$ の地点と風車設置間隔 $d/2R=2.5$ で3台同方向回転、 $x/H=2.0$ の地点での無次元平均風速分布を図3、図5に示す。図1から、風速は風車近傍で最も低減し、その後 x/H が増加するに伴い、低減効果は小さくなるのがわかる。図1の $x/H=0.5$ の地点では、中央風車による遮風域では風速は最大75%程度低減している部分もあるが、 y 軸方向位置によっては10%程度しか低減していない部分もあり、一様な遮風効果を得ることはできていない。 x/H が大きくなると、風速分布は y 軸方向にほぼ一様となり、 $x/H=2.0$ の地点では、ほぼ一様に50%程度以上の風速低減が見られた。また、風速の低減領域は左岸側に移動しているが、これは風車の回転により生じる回転方向の流れが、低減域を左岸側に移動させたためであると考えられる。次に、図1と図2より、風車回転方向による比較をしてみる。3台同方向回転の方が中央逆方向回転より一様な遮風域が得られていることがわかる。これは、風車の風速低減領域が風車の回転方向側に移動するという性質のために、中央逆方向回転の場合、中央風車と左岸側の風車の遮風域が集ってより大きな遮風効果を生じるが、右岸側では十分に遮風されないからである。次に周速比の影響についてみると、図1の $x/H=2.0$ の地点（ $\beta=0.8$ ）では図3（ $\beta=0.6$ ）と比べて遮風域の左岸側への移動量が大きく、50%の低減範囲は広い。一方、25%の低減範囲は両者でほとんど変わらない。 β によって低減範囲のこうした特性が生じる原因については、さらに検討していく必要がある。また、風車停止時の場合（図4）は、回転時よりも高い遮風効果が得

キーワード：サボニウス風車、風洞実験、遮風効果、発電効率

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL (093) 884-3466 FAX (093) 884-3100

られている。しかし、風車の投影面積が最も小さくなる位置で停止させた場合の測定結果では、ほとんど遮風効果がみられなかった。次に、図1と図5より、風車設置間隔による比較をしてみると、風車設置間隔は狭ければ狭いほど様な遮風効果が得られていることがわかる。図6に出力係数と周速比の関係を示す。出力係数の測定は、風車1台、風車3台同方向回転、風車3台中央逆方向回転の3通りで行った。図6より、風車3台同方向回転の場合が最も大きな出力係数が得られていることがわかる。サボニウス風車では、 C_p の最大値は $\beta=0.8$ 程度で得られる例が多いが、本測定では $\beta=0.4$ 程度となっており、 C_p の値も小さい。この差は、模型が小さく摩擦力が大きいことなどに起因すると考えられるが、明らかではない。しかし、複数台密に配置しても、単独風車と比べて発電効率が下がらないことは示せていると考えられる。

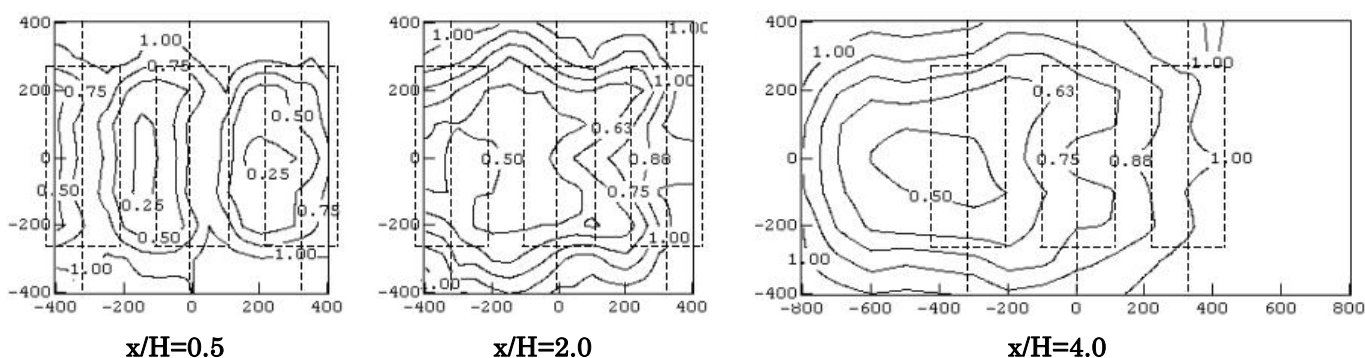


図1 無次元平均風速分布 (3台同方向回転, $d/2R=1.5$)

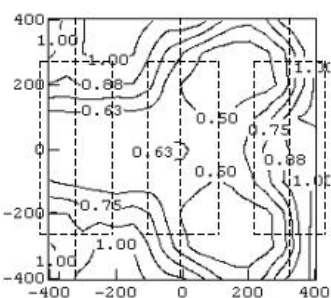


図2 無次元平均風速分布 (中央逆方向回転, $x/H=2.0$, $d/2R=1.5$)

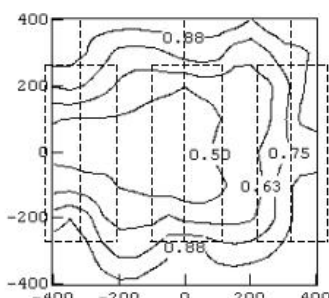


図3 無次元平均風速分布 (3台同方向回転, $\beta=0.6$, $x/H=2.0$, $d/2R=1.5$)

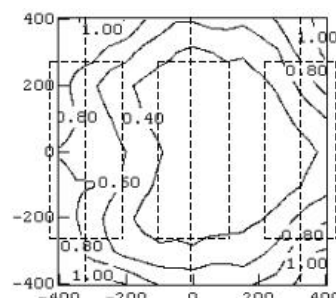


図4 無次元平均風速分布 (風車停止時, $x/H=2.0$, $d/2R=1.5$)

4. まとめ 風車回転方向を同方向回転にし、風車間隔を密にすることで高く、様な風速低減領域が得られることがわかった。また、風車を複数台密に配置しても、単独風車と比べて発電効率は下がらないと考えられた。

【参考文献】 1) 牛山・長井・篠田, 日本機械学会論文集, 52-480, B (昭 61-8), pp2973-2981

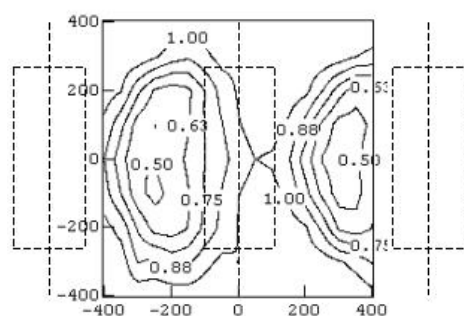


図5 無次元平均風速分布 (3台同方向回転, $x/H=2.0$, $d/2R=2.5$)

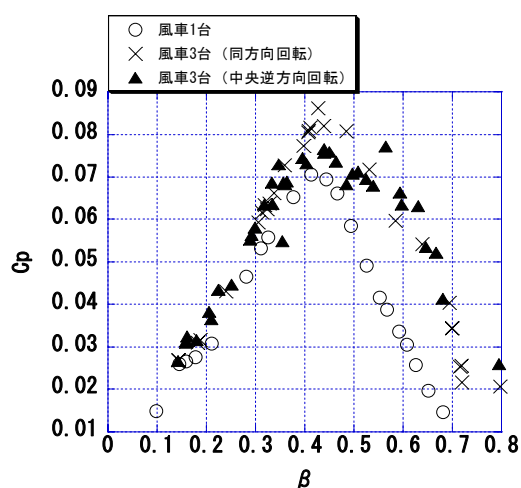


図6 出力係数—周速比 ($d/2R=1.5$)