

# 風エネルギーの局所集中効果による風力発電の高効率化

九大応力研 正会員 ○大屋裕二  
九大応力研 鳥谷 隆、深町信尊、渡辺公彦

## 1. はじめに

本研究は従来の風力発電に比べ、高い発電効率を有する新しいタイプの風力発電システムの開発を目的とした研究である。地形を過ぎる流れ、構造物周囲流や内部流の流体力学的性質をうまく利用して、風エネルギーを局所的に集中することができれば、発電能力は飛躍的に高まり、また発電適地は大きく増大し、発電可能日数も増えることが予想される。このように積極的に風のエネルギーを集めることは、従来ほとんど研究の対象とされてこなかった。風車による発電量は風速の3乗に比例する。弱い風でも集めて加速することができれば十分発電可能なシステムとなる。本研究では各種の中空構造体の内部あるいは周辺流れにおいて、乱流の連行作用、渦による取り込み、強い低圧域の生成など種々の流れ特性を応用し、局所的に風を集めて増速させ、近寄り風速の2倍以上の風速を得る集風加速装置を開発し、風力発電の高効率化を目指す。

## 2. 集風加速装置の開発

### 2.1 ディフューザータイプの集風加速装置

実験に用いた風洞は九州大学応用力学研究所の大型境界層風洞である。3.6m幅x2m高さx15m長さの測定部を有する。ウッドラック、アクリルあるいはアルミ板を使用して様々な中空構造体モデルを製作し、熱線風速計と静圧管を用いてその中心軸、あるいは断面内の風速分布、静圧分布を計測した。図1に実験概要を示す。

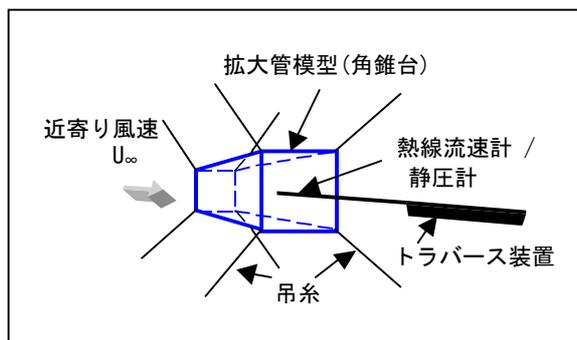


図1 実験概要

### ○基本形の選択

図2に示すように基本的な3種類の中空構造体の内

部流れを検討した。その結果、図3に示すように下流に向かって拡大するディフューザータイプのモデル(このケースは  $L/D=7.7$ 、 $D=12\text{cm}$ 、開き角  $3.7^\circ$ 、最大  $U/U_\infty \sim 1.8$  を示す)が集風・加速に大きな効果があることを見出した。この拡大タイプの最適な開き角度  $\phi$  を検討した結果、3度から4度の開き角が有効であることがわかった(図4に示す。 $U_i$  は入口での速度、 $D=24\text{cm}$ 、 $L/D=7.7$ )。また、拡大型モデルの長さ( $L/D$ )と内部での増速率との関係も調べた。図5に示すように  $L/D$  の増加とともに徐々に増速率は増加する(図中で  $U_{\max}$  はモデル内部での最大速度、 $D=40\text{cm}$  の角錐モデル)。

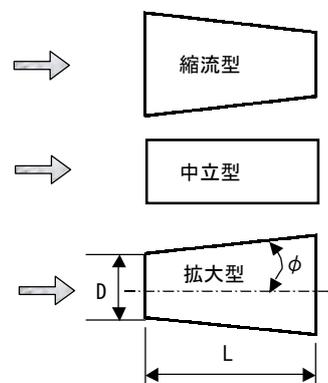


図2 3種類の中空構造体

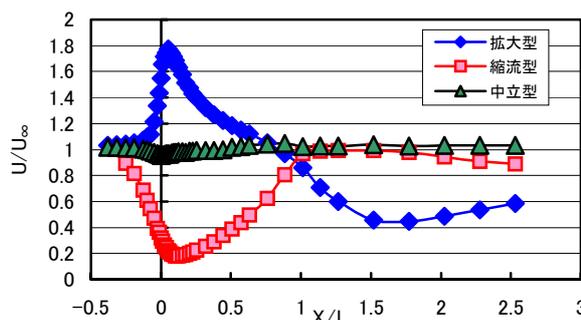


図3 中心軸上の風速分布図

### ○周辺付加物による性能向上

さらにこの拡大タイプモデル( $D=40\text{cm}$ )に適切な風を取り入れ口(インレットと呼ぶ)、また下流端外部周囲に渦形成用のつばを付加することによってさらに風を増速できることがわかった。つばの効果はモデル下流に強い低圧域を生成し、より大きな流れ込みを誘導する。

キーワード: 風力発電、風洞実験、集風構造体

〒816-8580 春日市春日公園 6-1 九州大学応用力学研究所 Tel:092-583-7777, Fax:092-583-7779

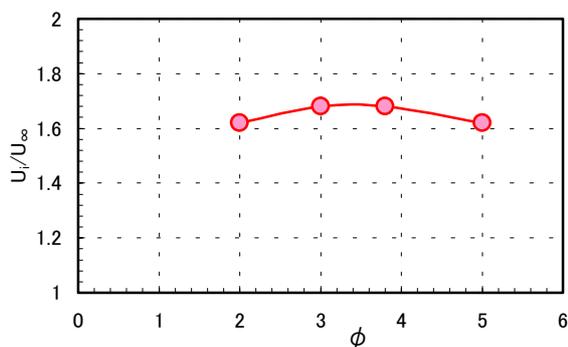


図4 開き角度による入口速度の違い

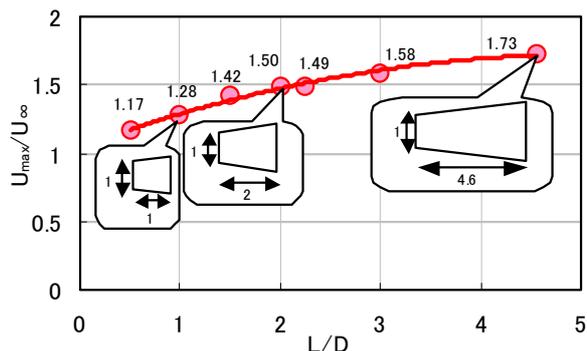


図5 長さに対する最大風速の変化

図6に示すように(インレット+つば10cm幅)の場合は基本形だけの場合を超えて近寄り風速  $U_\infty$  の1.7倍~2.4倍の増速率を達成し、大きな集風高速化が得られることを見出した。以上の実験は模型製作上、主として角型のディフューザタイプで行ったが、円形ディフューザでも、角型とほぼ同等かあるいはやや良好な加速性能を示すことが分かった。

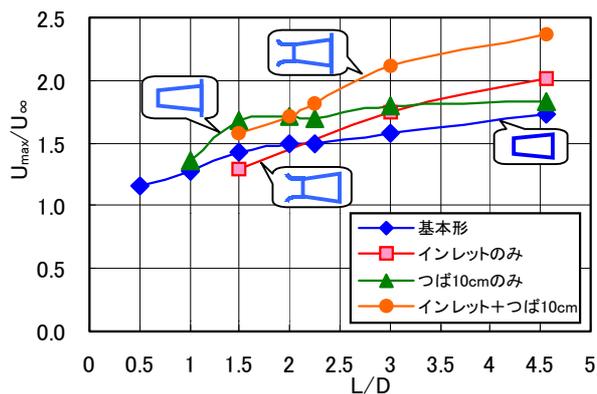


図6 付加要素による最大風速の増加

## 2.2 発電性能の実証実験

実際に小型風車に対しディフューザタイプ構造体を適用し、発電量がどれだけ増加するかを検討した。実験風景を図7に示す。実用化を目指す場合、ある程度コンパクトな構造体とする必要がある。本実証実験では  $L/D=1.5$  の短い円形ディフューザタイプ ( $D=60\text{cm}$ 、開き角4度)を用いた。使用した小型風車は比較的簡単に

製作できる2種類の平板翼タイプでローターの直径は55cmとした。これらを用いて集風構造体の有り無しで発電性能を比較した。実験方法は風車にトルク計を接続し、負荷としてはACトルクモーターを用いて無負荷から徐々に負荷をかけた状態での風車のトルク  $Q(\text{N}\cdot\text{m})$  および回転数  $f(\text{Hz})$  を計測し、発電性能曲線を求めた(仕事率  $W=Q\cdot 2\pi f$ )。

風速  $8\text{m/s}$  の結果を図8に示す。通常の風車だけの場合に対し、コンパクトなつば付きディフューザ型構造体の中へ置くと、いずれの翼についても2-3倍の発電量の増加(罫30と表現している●、■の曲線)を示しているのがわかる。より大きな構造体を使用すれば3-5倍の発電量が得られる見通しである。発電量増加の割合は、内部に設置する風車の翼性能、枚数、ナセル部の構造などに大きな依存性があり、今後、この構造体の中で最適な風車の形状を検討する必要がある。



図7 実験風景

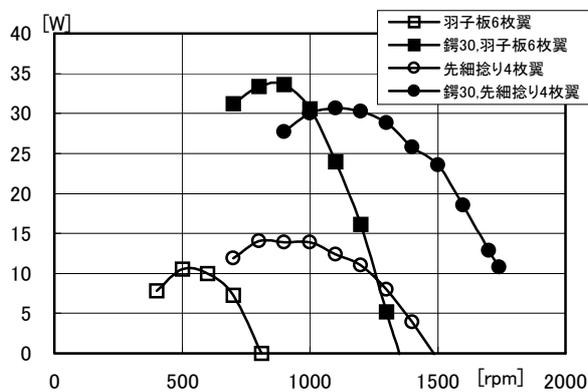


図8 平板翼タイプの出力特性

## 3. まとめ

風エネルギーの集中化を図り、風速を局所的に増大させて風車にあてる集風加速装置の開発を行った。近寄り流速の1.6-2.4倍の増速が実現でき、コンパクトな装置を用いて実証実験を行った結果、風車のみの場合と比べて2-3倍の発電量増加が達成できた。

謝辞:この研究は九州電力の受託研究並びに九州大学風レンズ研究プロジェクトの支援のもとに行われた。