

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 次世代浮体式洋上風車開発
プロジェクトリーダー	: 株式会社大林組
所属機関	
研究責任者	: 秋元 博路(大阪大学)

### 1. 研究開発の目的

浅海の少ない我が国では、着床式よりも浮体式洋上風車の必要性が高い。しかし現在の主流である水平軸型風車は、重量物を高いタワー頂に搭載するデザインであり、波浪中で直立を維持するために高コストの大型浮体を必要とする。浮体は搭載する風車の 2 倍のコストがかかるため、地面/海底にタワーを固定できない浮体式には、新しい発想が必要である。

そこで、洋上風力の発電コストを大幅に削減するコンセプトとして、新しい浮体式垂直軸型風車の実現性を検証する。垂直軸型風車は低重心で、大きな傾斜角も許容できるため浮体が小型となる。これを円筒浮体に固定し、浮体と一緒に回転させる事で軸受け開発の困難を回避する。垂直軸型の採用に伴う風車面積の拡大、回転する円筒浮体の流体摩擦損失を考慮しても、本コンセプトは十分なコスト競争力を持つ。

### 2. 研究開発の概要

#### ①成果

提案する浮体式垂直軸型風車の実現性を検証するため、風車と浮体の仕様を固め、水槽模型実験により実機の波浪中動揺を実用的な範囲に抑えられる事を確認した。また、回転する円筒浮体の傾斜と動揺を許容する出力取出機構の実現性を水槽実験とモデル実験により検証した。最終的には、製造・保守を含めた風力発電の総コストを評価し、コスト競争力がある事を確認した。

また垂直軸型風車は、ブレードの全長を一体成形する必要がなく、断面形状も一定である。このため熱可塑性繊維強化プラスチックによる高速連続成型がコスト削減に寄与する。

研究開発目標	達成度
① 風車の傾き(復原性) 定格風速 12m/s、有義波高 3.2m で、平均傾斜 30 度、動揺振幅 5 度以内。暴風風速 70m/s、有義波高 12m で傾斜角 45 度以内とする。	① 実験結果に基づき、5MW 実機換算で、最大波高の規則波中の傾斜角を評価した。定格運転時の有義波高 3.2m(最大波高 6m 想定)で最大傾斜 23.2 度、暴風時の有義波高 12m (最大波高 18m 想定)で 29.6 度の評価となり、目標を達成している。定格時の傾斜角 20 度の復原力設計で、必要な安定性が得られる事が確認できた。
② 確実に出力を取り出す ②-1 伝達能力確保: 回転する円筒浮体から、タイヤ摩擦によって出力を取り出す仕組みに	②-1 摩擦による伝達能力を検討するため、回転試験台を製作して試験を行い、濡れ面での摩擦係数の測定実績 0.25 を得た。単純な

<p>において、濡れ状態でもタイヤがスリップしない。</p> <p>②-2 追従性確保: 浮体システムは、回転する円筒浮体と、それをローラー機構で中心に保持する係留浮体から構成される。二つの浮体間相対上下動を 波高の 1/2 以下、ローラー機構の角度変化速度を 2 度/秒以内とする。</p> <p>③ 係留システム 発電機浮体が一緒に回らないようにする 浮体式の垂直軸型風車は、発電に伴う反動トルクを係留索が吸収する。反動トルクに伴うヨー回転を 60 度以内、係留索の俯角は 45 度以上とする。</p> <p>④ コスト優位性の確保と確認 実証機想定(500kW)発電コストで 36 円/kWh、商用大型機(5MW)で 20 円/kWh</p>	<p>ローラー形状だけの実験であるが、実機においてはこれより低い摩擦係数 0.20 を採用し、濡れ面でもスリップせず定格出力を伝達できるようにし、タイヤ数の仕様を定めた。</p> <p>②-2 追従性については、浮体間の相対的な上下動振幅は大型の係留浮体で波高の 0.56 倍、小型浮体で 0.57 倍であり目標を達成しない。発電機機構の角度変化率は 4.5 度/秒(1MW クラス)、2.9 度/秒(5MW クラス)となった。大きな相対上下動によりローラー機構の角度変化は想定より大きい、ローラーの追従に問題は無いことを確認できている。</p> <p>③ スラスト力が働いている定格出力時の計算上のヨー回転角は 6.32 度であり、実験におけるヨー回転角 4-8 度で、目標値 60 度以内を達成できている。 ヨー角は、回転中心と係留点の距離(レバー長)により変動し、今回の模型ではヨー角に余裕があったので、レバー長を短くできることが確認できた。 係留索の俯角は風上側 30 度、風下側 50 度で、風上側が目標の「45 度以上」を達成していないが、係留システムが占有する海面積を小さくする観点では大きな問題はない。</p> <p>④ 実証機でのコストは、台数が多ければ 0.5MW 機で発電コストが 33.8 円/kWh になり、目標値 が達成可能。5MW 機では 24.2 円/kWh で目標値に達しないが、2MW 機では 19.7 円/kWh で達成が見込まれる。</p>
--	--

## ②今後の展開

本垂直軸型浮体式風車は、重量、排水量が少なく軽量化できており、また、係留力も少なく済むので、係留コストも安価となる。さらに、ブレードの全長を一体成形する必要がなく、断面形状も一定であるため熱可塑性繊維強化プラスチックによる高速連続成型がコスト競争力をより高めることができる。以上より、2MW クラスで発電コスト 20 円/kWh の達成が見込まれるので、まずは 2MW を目指して展開したいと考える。

## 3. 総合所見

当初目標の一部が達成できなかったが、今後の取組み次第ではイノベーション創出の可能性はある。

実機を模擬した検討を精力的に実行し、課題点がクリアになってきたことは評価できる。ただ、次のステージに向けては、課題の要因分析がまだ不十分と思われる。電力取り出し方式等、既存技術に対する新規性、優位性を明らかにする必要がある。

洋上風力発電のコスト低減は重要な課題であり、イノベーション創出に繋げられることを期待する。