

浮体式洋上風力発電に関する研究（その1）

洋上風況の観測と予測

○ 東京大学	正会員	山口 敦
東京大学	正会員	石原 孟
東京大学	正会員	助川 博之
東京電力(株)	正会員	福本 幸成

1. はじめに

日本の風力発電の最近 3 年間の新規導入量の伸び率は 33.6%で、年平均 22 万kWが導入されてきた。一方で、導入量の急速な拡大により、風力発電の適地の減少が今後の更なる導入拡大への障害となりつつある。

この状況は、風力開発の先進国である欧州についても当てはまり、既に欧州では洋上風力発電の開発が始まっている。日本においても今後の風力発電拡大には、洋上風力発電を推進することが重要であると考えられる。

こうした中、東京大学と東京電力は、関東地方の太平洋沿岸に存在する膨大な風力エネルギーの利用を目的として浮体式洋上風力発電に関する共同研究を開始した。本報ではその研究の成果を報告する。その1では、洋上風況の観測と予測について、その2では浮体の動揺解析の結果について、その3では浮体の動揺実験について述べる。

2. 風況観測

風況観測は、福島県楢葉町沖 37km の洋上にある磐城沖ガス田天然ガス掘削設備の海面からの高さ 92m の掘削櫓の頂上に風向風速計(海面上 94m)を設置して行った(図1)。天然ガス掘削設備上では、防爆型電機機器の使用が義務付けられているため、風向やプロペラの回転数を光信号で検出する光ファイバー形式の風車型風向風速計を採用した。データはサンプリング間隔 2 秒で取得し、10 分平均値、10 分最大値、10 分最小値および標準偏差をデータロガーに記録し、毎日 1 回、携帯電話通信網を利用して陸上に送信した。

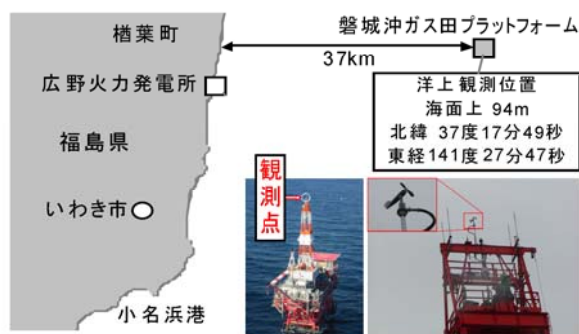


図1 風況観測位置と計測状況

図2に観測された風速から求めた年間の風配図および風

速階級別出現頻度を示す。主風向は大きく北北東から西北西にかけての北風を中心とした風向と、南風を中心とした風向があることがわかる。東風はほとんど観測されない。風速階級別の出現頻度を見ると、10m/s を超える風が頻繁に観測されていることがわかる。この結果、年平均風速は 7.46m/s であった。

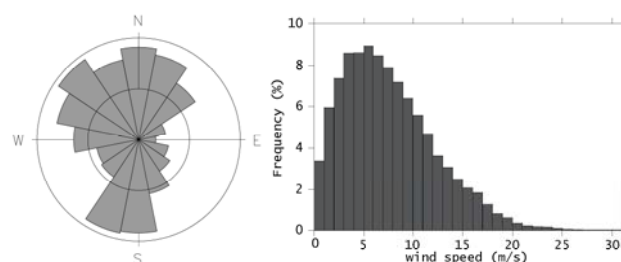


図2 年間の風配図および風速階級別出現頻度

観測された風況からロータ直径92m、定格出力 2.4MW の風車を仮定し、年間設備利用率を推定した結果、年間設備利用率は 35.1%となり、極めて高い設備利用率が期待できることがわかった。

3. 後流の影響を考慮した設備利用率

本研究では図3に示すような3基の風車を1台の浮体に搭載する装置を提案している。本浮体は、風車同士が近接しているため、風向と浮体の方向によっては後流(ウェイク)の影響を大きく受けると考えられる。

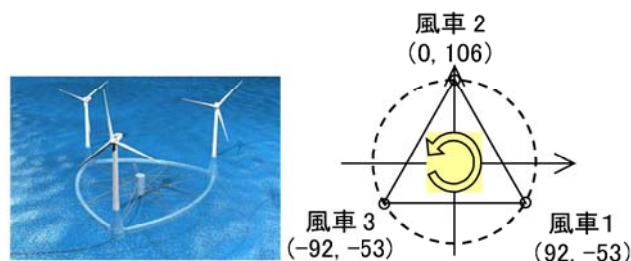


図3 セミサブ型浮体

図4 風車位置座標

そこで、観測された年間の風況を仮定し、浮体の方向を変化させ、後流による発電量の損失の程度をウェイクモデルを用いて定量的に評価した。図4に浮体の方向の定義を示す。図4のように3基の風車のうち2基が東西に一直線となりその北側に残り1基の風車が位置する状態を0度とし、角

度が増えるに従い、浮体を反時計回りに回転させる。120度回転した時点で浮体の向きは0度と一致するため、浮体の角度としては0度～120度のみを考える。ウェイクモデルとしては Katić et al.により提案されたモデル¹⁾を用いた。

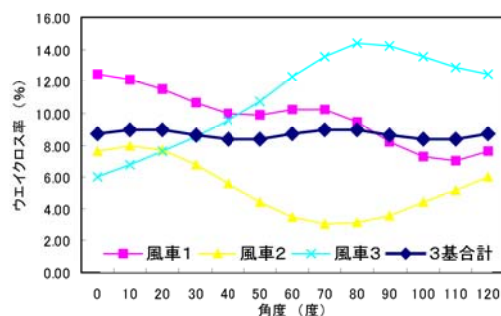


図5 本研究で提案した浮体の方向別ウェイクロス率

図5に浮体の方向別のウェイクロス率を示す。個々の風車のウェイクロス率は浮体の方向により大きく変化するが、3基の合計では角度によってほとんど影響しない。またウェイクを考慮しない場合と考慮する場合では、設備利用率は35.1%と32.2%でウェイクにより2.9%低下することが明らかになった。

4. メソスケール気象モデルによる洋上風況予測

広域の風況特性を明らかにするためには、メソスケール気象モデルが有効であるが、洋上において予測精度が検証された例はほとんどない。本研究では洋上においてメソスケール気象モデルによる予測の有効性を示すために、メソスケール気象モデル RAMS²⁾を使用し、磐城沖ガス田天然ガス掘削設備における風況を予測した。

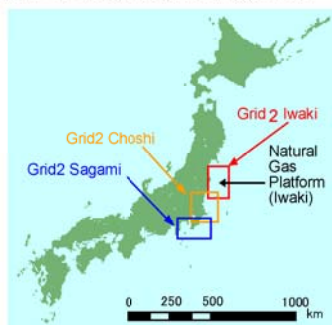


図6 本研究で使用した計算領域

RAMS は非静水圧力学方程式を基礎とし、メソスケールの気象現象に支配的な影響を与える放射過程、雲、土壌のモデルが組み込まれている。地表面の境界条件としては、大気の流れと地面の放射吸収量に影響を与える地形、熱と力学的な境界条件を与える土地利用、海水面温度を与える。本研究では地形は国土地理院の50mメッシュ数値地図、土地利用は国土交通省による国土数値情報「KS-202-1」、海水面温度は全球1度グリッドの気候値を用いた。メソスケールの現象を適切に再現させるため、2重にネスティングさせた格子を用い、双方向に計算結果を反映

させながら計算を行った。本研究で対象とする水平解像度2kmのグリッド2を図に示す。

メソスケール気象モデルにより予測された月平均風速と観測された月平均風速の比較を図7に示す。メソスケール気象モデルにより予測された風速が観測値をよく再現している。また、年平均風速に関しては観測値が7.46m/s、予測値は7.04m/sであり、年平均風速の予測誤差は5.6%であった。

図8はメソスケール気象モデルによる計算結果を元に作成した関東地方沿岸での洋上風況マップを示す。陸からの距離が遠くなるにつれ風況がよくなるが、陸からの距離が同じでも場所により風況に大きな違いがあることがわかる。

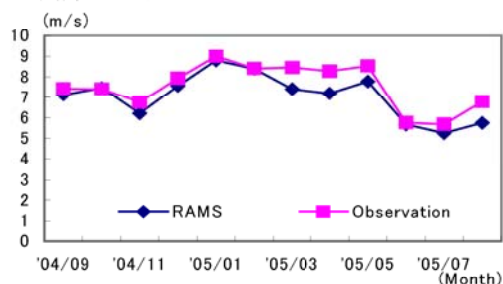


図7 磐城沖ガス田における月平均風速

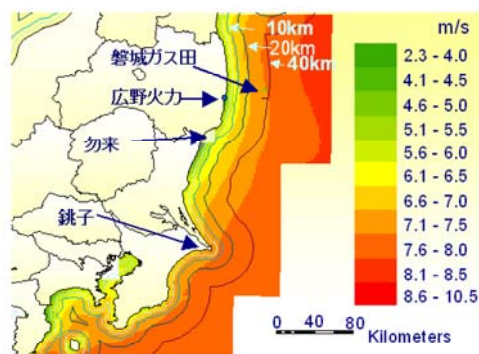


図8 関東地方沿岸の風況マップ

5. まとめ

本研究では、洋上において風況観測を実施するとともに、メソスケール気象モデルにより洋上の風況を予測し、以下の結論を得た。

- 1) 磐城沖ガス田の海上94mにおいて風況観測を実施した結果、年平均風速が7.46m/sに達した。
- 2) この風況の下で2.4Mw風車を建設すると仮定した場合、設備利用率は35.1%に達した。
- 3) 提案した浮体を用いた場合、ウェイクによる発電量の損失を考慮した設備利用率は32.2%となった。
- 4) メソスケール気象モデルにより予測した洋上の風況は観測と極めてよく一致し、年平均風速の予測誤差は5.6%であった。

参考文献 1) I. Katić et al.: A Simple Model for Cluster Efficiency, *Proc. European Wind Energy Conference*, Rome, Italy, 1986 2) R.A. Pielke et al.: A Comprehensive Meteorological Modeling System - RAMS, *Meteorol. Atmos. Phys.*, Vol. 49, pp. 69-91, 1992