

福島県沖 37km における洋上風況観測*

An Offshore Wind Observation at a Point of 37km off Fukushima Pref.

福本 幸成** 石原 孟*** 土谷 学****
 Yukinari FUKUMOTO Takeshi ISHIHARA Manabu TSUCHIYA

1. はじめに

日本の風力発電の導入量は、2004年度末に93万kWに達した。2000年以降の最近5年間では、新規導入量の年平均伸び率は37%で、年平均15万kWが導入されてきた。

一方、導入量の急速な拡大につれて、技術的課題も顕在化している。特に、風力発電の出力変動は、系統の電力品質を低下させる。また、風力発電の適地が、比較的、系統の小さな地域に偏在していることもあり、今後の更なる導入拡大の障害となりつつある¹⁾。

欧州では、すでに陸上の適地不足から、洋上風力発電の開発が進んでいる。日本でも、洋上風力発電であれば、系統が大きな電力の大消費地の近くに設置でき、導入量拡大の方策の一つとなりうる。以上のような観点から、洋上の風力エネルギーを推定する試みが多くなされてきた^{例として2) 3)}。中でも石原は、関東沿岸洋上の風力エネルギーを、東京電力の年間販売電力量なみの2,800億kWh/年と推定している⁴⁾。

しかし、これらは、数値シミュレーションによる推定値であり、実測による検証は行われていない。今後、本格的に洋上風力発電の開発を進めるためには、実測によって、洋上の好風況を確かめ、数値シミュレーションを検証することが不可欠である。このため、筆者らは、洋上の天然ガス掘削設備を利用して、十分に高い高度での洋上風況観測を実施した。本論文に、その結果を記す。

2. 計測システムの概要

風況観測位置を図1に示す。観測は、洋上と陸上の2箇所で行った。洋上観測は、福島県楢葉町沖37kmにある、洋上の天然ガス掘削設備である。海面からの高さ92mの掘削檣の頂上に、風向風速計を設置した(写真1)。洋上観測システムの仕様を表1に示す。

天然ガス掘削設備上は、防爆型電気機器の使用が義務付

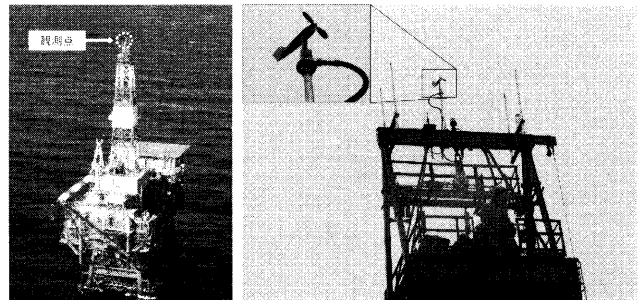
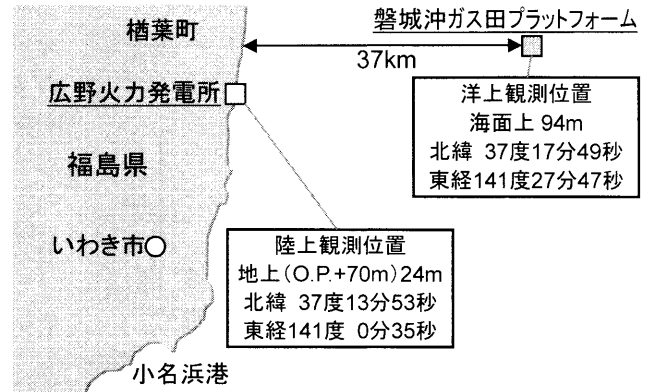


写真1 磐城沖ガス田プラットフォームと風向風速計

表1 洋上観測システムの仕様

風向風速計	メーカー	小笠原計器製作所
	形式	風車型風向風速計 WS-7671
	検出方式	7心光ファイバー方式
	風向	全方位0~540°方式
風速	0~60m/s	
データロガー	メーカー	NRG Systems
	形式	SYMPHONIE/2000-J
	サンプリング間隔	2秒
	取得データ	10分間平均風速、10分間平均風向 10分間最大風速、10分間最小風速 10分間風速標準偏差

* 平成17年11月25日 第27回 風力エネルギー利用シンポジウムにて講演

** 非会員 東京電力株式会社 技術開発研究所 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町4-1
 *** 会 員 東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構 〒113-8656 東京都文京区弥生2-11-16
 **** 非会員 鹿島建設株式会社 環境本部 〒163-1029 東京都新宿区西新宿3-7-1

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。

観測データは、一旦データロガーに記録し、毎日1回、携帯電話による通信にて陸上に送信した。

2004年9月から計測を開始し、来年2005年2月まで継続する予定である。

3. 洋上風況の計測結果

2004年9月6日から2005年8月30日までの、約1年間の洋上風況の計測結果を述べる。ここで、平均風速の表示は、洋上と陸上との比較を容易にするために、特記したもの以外は、海面高さ（地上高さ）80mの高度補正後の数値とする。補正式を以下に示す。

$$V_{\text{洋}80} = V_{\text{洋}94} \left(\frac{80}{94} \right)^{0.1} \quad \text{式1}$$

$$V_{\text{陸}80} = V_{\text{陸}24} \left(\frac{80}{24} \right)^{0.2} \quad \text{式2}$$

$V_{\text{洋}80}$: 高度80mに補正後の「洋上」風速, $V_{\text{洋}94}$: 「洋上」の計測風速,

$V_{\text{陸}80}$: 高度80mに補正後の「陸上」風速, $V_{\text{陸}24}$: 「陸上」の計測風速

また、「洋上」および「陸上」とは、それぞれ、前章で述べた、磐城沖ガス田プラットフォーム観測位置と陸上観測位置を意味する。

3.1 平均風速

洋上の年平均風速は、7.4m/sであった。また、陸上の年平均風速は4.4 m/sであり、洋上は陸上の68%増となった。

月平均風速の変化を図2に示す。本図に示すとおり、洋上の風速は、おおむね、冬季に高く、夏季に低い。特に1月から5月は、月平均風速が8m/sを超える好風況であることがわかった。また、1月の平均風速が最も高く8.86m/sを記録した。なお、陸上も、冬季に高く、夏季に低い傾向は変わらない。

一方、6,7月は、月平均風速が6m/sを下回り、年平均風速7.4m/sに対し、24%低くなった。月平均風速の最低は、7月の5.70m/sであった。

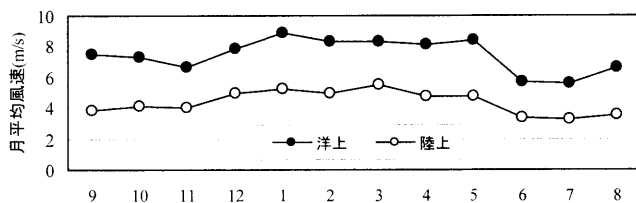


図2 月平均風速の変化

図7, 8 (4ページ目) に、時間平均風速（高度補正なし）の年変化と、時間平均風速（高度補正なし）の月変化の例を示す。なお、2005年4月は、月平均風速が年平均風速に近いものの例として選定した。

3.2 風速の乱れ強さ

洋上の風速の乱れ強さは8.1%（高度補正なし）であり、極めて乱れの少ない安定な風況であることがわかった。陸上の乱れ強さは24.0%（高度補正なし）であり、洋上は陸上の1/3となった。ただし、陸上の乱れ強さ24.0%は、地上高24mの値であり、洋上の値に比べ、地表面による擾乱を多く受けた値である。月平均乱れ強さの変化を図3に示す。

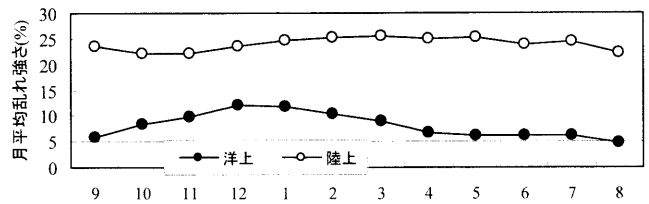
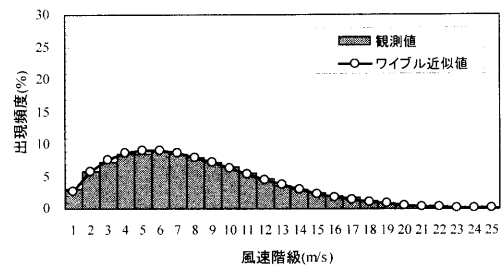


図3 月平均乱れ強さの変化

図9, 10 (4ページ目) に、乱れ強さ（時間平均）の年変化と月変化を示す。洋上の乱れ強さは、おおむね、10%前後を推移している。一方、陸上の乱れ強さは、20%~40%の間に広く分布しているように見える。

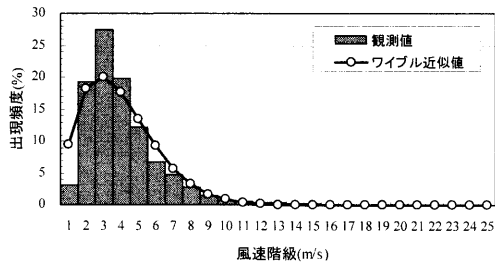
3.3 風速の出現頻度

洋上と陸上の風速出現頻度とワイブル近似値を、図4に示す。洋上の風速の出現頻度は、陸上に比べ、分布形状がなだらかで、高風速の出現頻度が高い。洋上の近似ワイブル近似の形状係数 k は1.67、尺度係数 c は8.5となった。また、風車の定格風速を12m/sとすると、定格風速以上の風速が出現する頻度は17%で、陸上の2%に比べ非常に大きな値となった。



(1) 洋上

図4 風速出現頻度とワイブル近似値



(2) 陸上

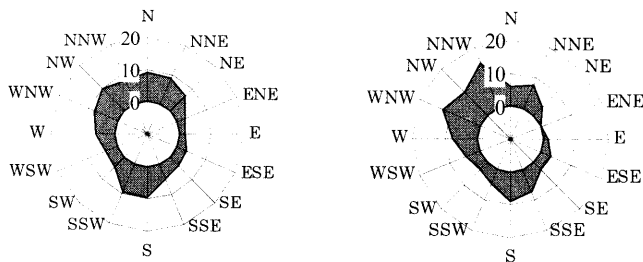
図4 風速出現頻度とワイブル近似値

34 風向の出現頻度と風力エネルギー密度

図5に洋上と陸上の風向の出現頻度を示す。風向の出現頻度には、特に顕著な傾向は見られなかった。洋上の最多出現風向は北西(NW)風の9.4%であった。北西(NW)風から北北東(NNE)風が7.8%~9.2%で、南(S)風も9.3%観測され、比較的、南北方向の風の出現頻度が高いことがわかった。

陸上の最多出現風向は北北西(NNW)の14.8%で、西北西(WNW)から北北西(NNW)は、10.0%から14.8%出現しており、おおむね北西(NW)方向の風の出現頻度が高かった。

また、洋上、陸上とも、季節別には、冬季に北西(NW)方向の風が多く出現しており、冬季の季節風と思われる。

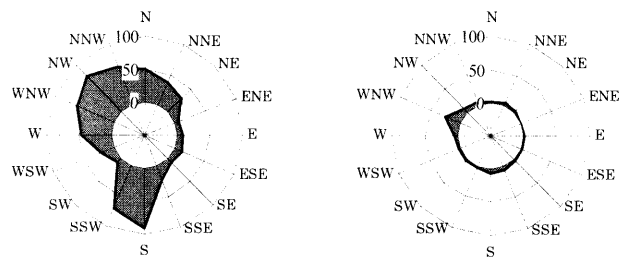


(1) 洋上

(2) 陸上

図5 風向の出現頻度

図6に洋上と陸上の風向別の風力エネルギー密度を示す。平均風速が68%大きいため、洋上の風力エネルギー密度は大きく、陸上の9.8倍となった。また、風向と同様に、北西(NW)風および南(S)風の風力エネルギー密度が大きい。



(1) 洋上

(2) 陸上

図6 風向別の風力エネルギー密度

35 考察

洋上の年平均風速は、7.4m/sであり、高風速の出現頻度が高いことから、同地点に風車を設置した場合は35%以上の設備利用率が期待される。

冬季の月平均風速8m/s以上の好風況に対し、夏季、特に6,7月は、月平均風速が6m/sを下回っており、2m/s以上の差があることがわかった。

また、風速の年平均乱れ強さは8.1%と極めて小さいことがわかった。風速の乱れ強さが小さければ、ブレードや風車機器の耐久性が向上するため、風車の洋上立地のメリットが1つ実証された。

想定風車による設備利用率の評価や、乱れ強さが風車の耐久性に与える影響については、今後、引き続き検討していきたい。表2に、洋上と陸上の風況をまとめる。

表2 洋上と陸上の風況の比較

	洋上	陸上
年平均風速	7.4 m/s	4.4 m/s
年平均乱れ強さ (高度補正なし)	8.1 %	24.0 %
最大瞬間風速 (高度補正なし)	39.0 m/s	37.5 m/s
Weibull尺度定数: <i>c</i>	8.46	3.88
Weibull形状定数: <i>k</i>	1.67	1.70
最多出現風向	NW 9.4%	NNW 14.8%
風力エネルギー密度	613.0 W/m ²	62.8 W/m ²

4 まとめ

福島県楢葉町沖合い37kmにある洋上天然ガス掘削設備を利用して、海面上94mの風況を1年間計測した。その結果を以下にまとめる。

- 1) 洋上の年平均風速(80m高度補正值)は7.4/sで、同時に計測した陸上沿岸(80m高度補正值)の68%増となった。
- 2) 洋上の年平均乱れ強さは8.1%(高度補正なし)で、同時に計測した陸上沿岸(高度補正なし)の約3分の1となった。
- 3) 月平均風速は、おおむね冬季に高く、夏季に低い。とくに6,7月の平均風速は年平均風速に対し20%以上低下する。

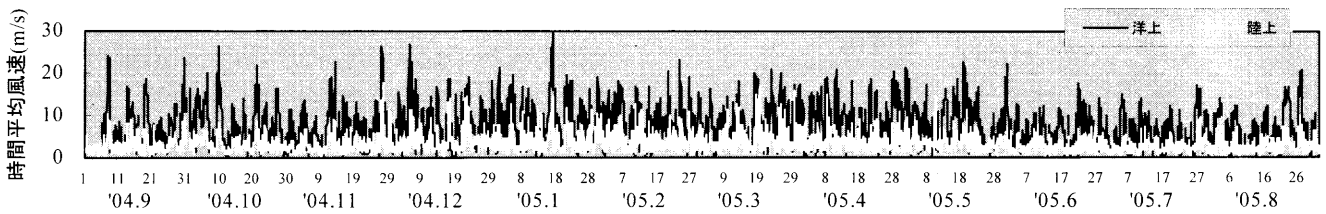


図7 時間平均風速の年時系列 (高度補正なし)

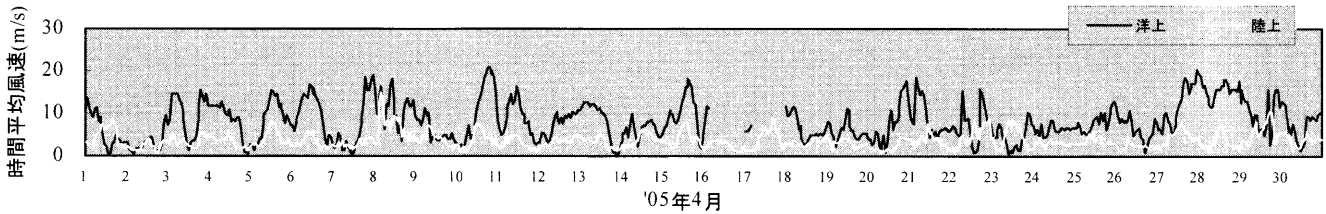


図8 2005年4月の時間平均風速の時系列 (高度補正なし)

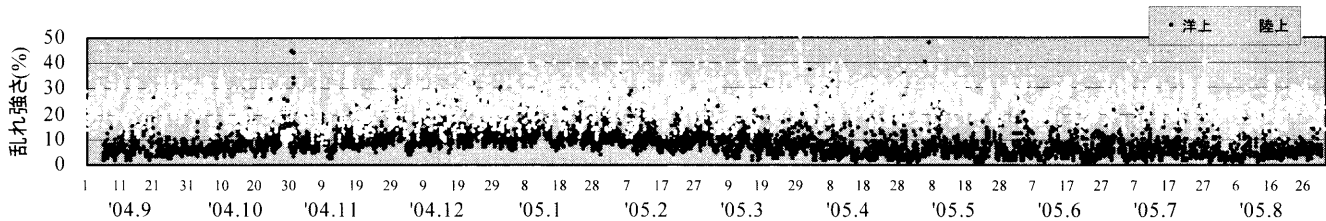


図9 時間平均乱れ強さの年時系列 (高度補正なし)

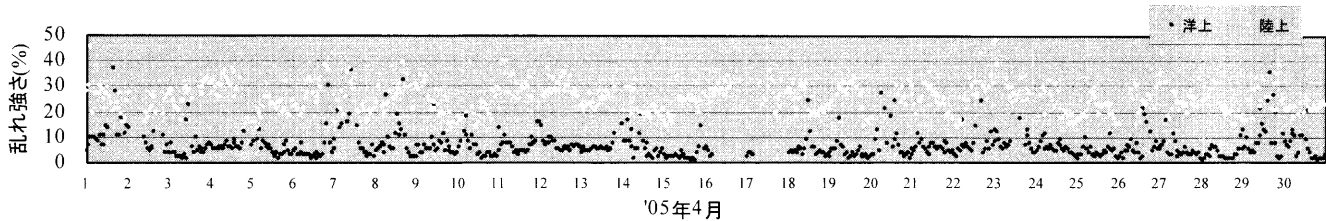


図10 2005年4月の時間平均乱れ強さの時系列 (高度補正なし)

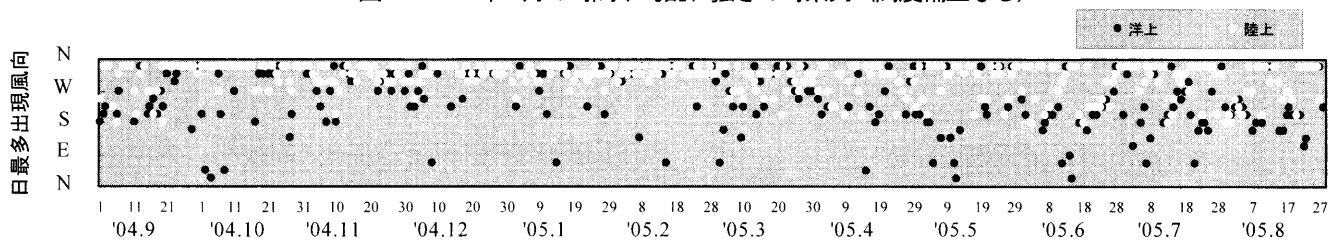


図11 日最多出現風向の年時系列 (高度補正なし)

文献

- 1) NEDO：平成 16 年度風力発電利用率向上調査委員会風力発電ロードマップ検討分科会，2002.
- 2) NEDO：日本における洋上風力発電の導入可能性調査，1998.
- 3) 長井浩，中尾力：地理情報システムを用いた洋上風力発電賦存エネルギー量の推定，第 26 回風力エネルギー利用シンポジウム，pp291-294，2004.
- 4) 石原孟：関東沿岸における風況特性と洋上風力賦存量の評価，第 2 回洋上風力発電フォーラム講演集，pp80-84，2005.