

気象・海象シミュレーションを利用した洋上風力発電所の施工稼働率の評価

東京大学 正会員 ○菊地 由佳

東京大学 正会員 石原 孟

1. はじめに

洋上風力発電所を建設するには、施工稼働率の算定が重要である。施工稼働率の評価手法として、気象・海象シミュレーションを用いた手法が提案されてきたが、波周期の予測精度に課題があるとともに、風車が建設される外洋での観測データが存在せず、予測精度の検証が課題だった。また、建設実績がないため、作業限界値が不明であった。一方、近年、気象・海象シミュレーションの予測精度が向上するとともに、2012年、銚子沖洋上風力発電所および北九州沖洋上風力発電所が建設され、観測データが得られるとともに、具体的な施工方法が明らかとなった。そこで、本研究では最新の気象・海象シミュレーションの予測精度を銚子沖洋上風力発電所における観測データを用いて検証するとともに、銚子沖洋上風力発電所において気象・海象シミュレーションを用いた施工稼働率の予測精度を明らかにする。

2. 気象・海象条件の予測精度の検証

本研究では、風速の時系列データを得るために、メソスケールモデル WRFVer3.4.1(Weather Research and

Forecasting)を用いた。ここで、気象データとして NCEP の全球解析データ、地形データとして国土地理院 50m メッシュ標高データおよび国土数値情報 100m メッシュ土地利用データ、海面水温データとして英国気象庁の OSTIA を用いた。また、波高及び波周期の時系列データを得るために、WW3 Ver3.4.1(Wave Watch III)を用いた。解析の詳細は文献[1], [2]を参照されたい。

予測精度の検証に用いる風・波浪観測データは銚子沖洋上風力発電所に設置されたライダーによって計測された高さ 80m 地点における 10 分間平均風速、および波高計によって観測された 20 分間平均有義波高と 20 分間平均有義波周期を用いた。予測および観測期間は 2013 年 2 月から 2014 年 1 月である。

図 1 および図 2 に、予測による時系列と月別平均値の観測値との比較を示す。風速について、約 3 日周期のサイクルをよく再現しており、予測値の月別平均値は、春季、秋季に高く、夏季に低くなる特徴を再現している。月別相対誤差は-2.7~9.3%の範囲にあり、月別相対誤差の絶対値の年平均値は 4.3%であった。有義波高について、季節風による高波高の周期的変化の特徴を概ね再現しているが、波高 1m 以下の低波高領域で観

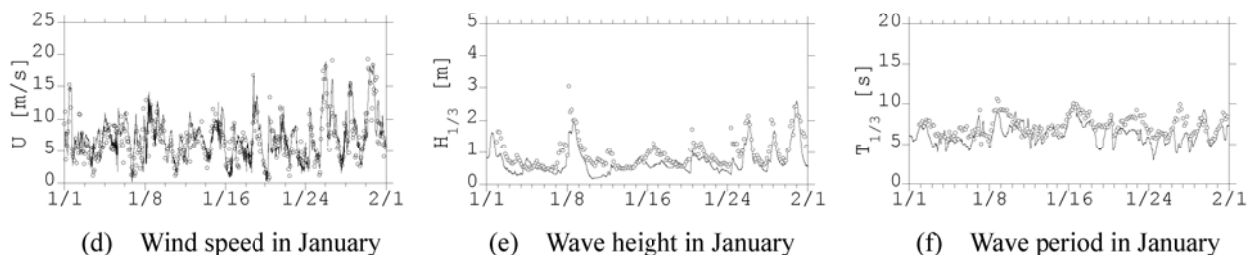


図 1 時系列の予測値と観測値との比較

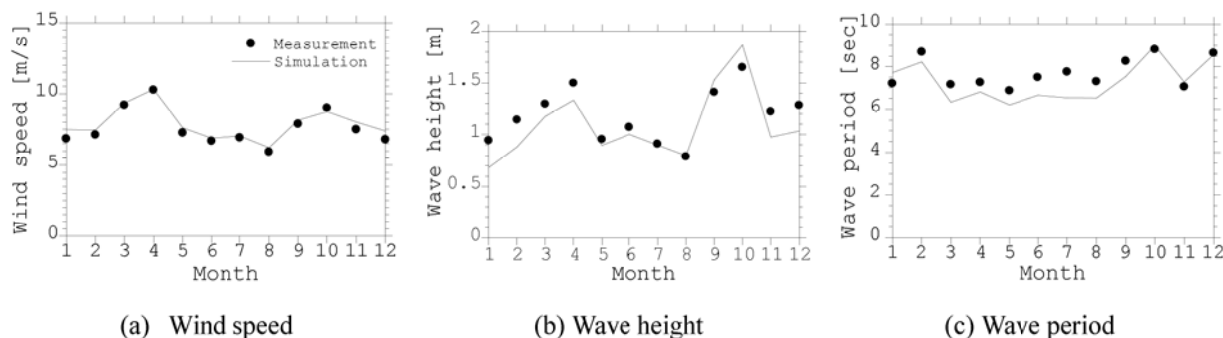


図 2 予測値と観測値との月別平均値の比較

キーワード 洋上風力発電所, 気象・海象条件, 数値予測, 施工稼働率

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 橋梁研究室 03-5841-1146

測値を過小評価した。月別相対誤差は-27.7%~13.3%の範囲にあり、絶対値の年平均値は12.3%であった。有義波周期について、観測値を概ね再現しているが、短周期において過小評価している。月別相対誤差は-15.9~6.9%の範囲にあり、絶対値の年平均値は7.8%であった。低波高・短周期領域にみられた予測値の過小評価を改善するため、波高と波周期の予測値に対して、それぞれ0.25m, 1秒ごとのビン毎に評価した予測値の平均値と観測値の平均値の差であるバイアスを最小二乗法で近似し、次式によってバイアス補正を行った。また、平均化時間の補正も行った。

$$\beta_{H1/3} = 0.16H_{1/3, pred} - 0.25 \quad (1)$$

$$\beta_{T1/3} = 0.34T_{1/3, pred} - 3.01 \quad (2)$$

4. 施工稼働率の予測

銚子沖および北九州沖洋上風力発電所における施工方法と作業中止条件をそれぞれ施工方法1, 施工方法2として調査した結果を表1に示す。海底工事では、方法1では波高の影響が少ない水中バックホウ工法を用いる一方、方法2では水平精度が求められる起重機船による重錘均しを用いている。支持構造物の設置では、支持構造物の重量の違いにより、大きさの異なる起重機船を用いている。風車の設置では、SEP船への作業員のアクセス方法がクライテリアとなっており、銚子沖ではサプライポートとバスケットで吊移動する特殊な手法を用いている一方、方法2ではアクセス船で接舷し、はしごを登る手法を用いている。

銚子沖洋上風力発電所において、補正した気象・海象シミュレーションによる予測値と調査した作業限界値を用いて、施工稼働率を評価した。予測した施工稼働率は、観測値と調査した作業限界値を用いて評価した施工稼働率をよく再現し、精度の高い気象・海象条件の予測と適切な作業限界値の設定により洋上風力発電所の施工稼働率を精度よく評価できることが示された。また、銚子沖・北九州沖の2海域で、気象・海象条件の観測値を用いて、施工方法1および2を用いた場合の施工稼働率を評価した。銚子沖では方法2の施工稼働率が方法1に対して大幅に低くなっているのに対し、北九州沖では方法1, 2による施工稼働率の差は少ない。このように、2海域の海象条件の違いによって施工方法が施工稼働率に与える影響が大きく異なることが示された。

表1 洋上風力発電所の施工方法と作業限界値

	施工方法1	施工方法2
海底工事	$H_s \leq 1\text{m}$ 水中バックホウ	$H_s \leq 0.8\text{m}$ 重錘均し
支持構造物設置	$H_s \leq 1.25\text{m}$ 起重機船 1600t 吊	$H_s \leq 0.5\text{m}$ 起重機船 3700t 吊
風車設置	$H_s \leq 2.5\text{m}, U \leq 10\text{m/s}$ バスケット輸送	$H_s \leq 1\text{m}, U \leq 10\text{m/s}$ 接舷

出典：NEDO 洋上風力発電システム実証研究（銚子沖，北九州沖）

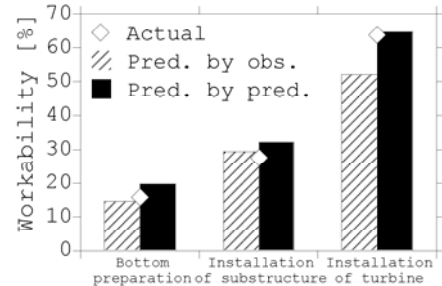
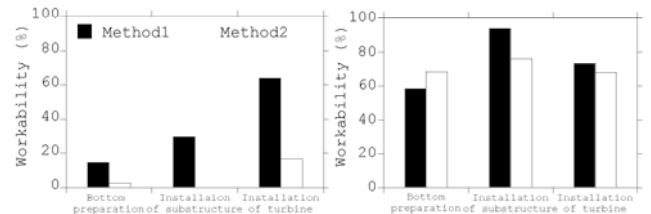


図3 予測値と観測値による施工稼働率の評価



(a) 銚子沖

(b) 北九州沖

図4 施工方法が施工稼働率に及ぼす影響

5. まとめ

本研究では、気象・海象シミュレーションによる風速、波高、波周期の予測精度を、観測値を用いて検証するとともに、低波高、短周期における予測誤差を低減するバイアス補正式を提案した。補正した予測値と作業中止条件を用いて、銚子沖洋上風力発電所の施工稼働率を精度良く予測できることを示した。また、海象条件の違いによって施工稼働率に与える影響が大きく異なることを示した。

謝辞 本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託業務で得られた研究成果を用いて行ったものである。調査に際して、電源開発株式会社の坂本登様、川崎昌三様、東京電力株式会社の福本幸成様に多大なご協力を頂いた。関係者の皆様に深く感謝申し上げる。

参考文献 [1] 福島雅人, 山口敦, 石原孟: メソスケールモデルを用いた洋上風況予測と不確実性の評価, 第36回風力エネルギー利用シンポジウム, 2014. [2] 種本純, 石原孟, 波浪推算モデルと合成風速場を用いた風波とうねりの数値予測, 風力エネルギー学会論文集, No.112, 2015.