

目的

洋上風力発電量を正確に評価するためには風況予測が必要である。ドイツ沖50kmに位置する観測タワー-FINO1を対象にメソスケールモデルWRFを用いた風況予測が行われ、年平均風速の予測誤差が1%であると報告されている。¹⁾しかし、日本は欧州と異なり遠浅の海岸が少ないため、洋上風力発電の開発は地表面の状態が複雑な沿岸部となり、沿岸地形、地表面粗度、海面水温の影響が重要である。

そこで、本研究では、千葉県銚子沖を対象に、WRFを用いて通年の風況予測を実施し、洋上風況観測タワーの観測結果と年間および季節スケールで比較することで、地表面粗度および海面水温が洋上風況の予測精度に与える影響を明らかにするとともに、予測に含まれる不確かさを定量的に評価する。

洋上風況観測の概要

本研究では、検証用データとして、銚子沖約3.1kmにおける洋上風況観測タワーに設置されたドップラーライダーにより計測した8高度での10分間の風向・風速データと、平均水位下2mの水温計により計測した水温データを用いた。観測タワーは風車の東側約285m地点に位置しており、水深は約11.9mである。



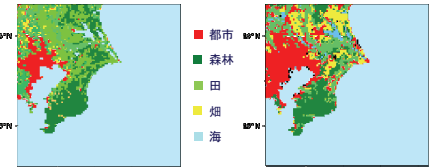
風車と観測タワーの概観

気象シミュレーションの概要

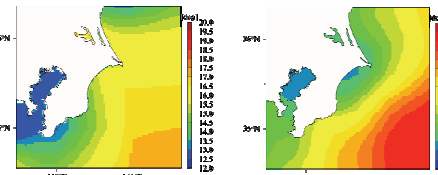
洋上風況予測を行うために、メソスケールモデルWRFを用いて2013年2月から2014年1月までの1年間の計算を行った。

モデル構成

水平解像度	18km, 6km, 2km
水平格子数	100×100
鉛直層数	45層 (200mまでに11層)
大気境界層	Mellor-Yamada-Janjic (Eta) TKE level 2.5
接地境界層	Monin-Obukhov (Janjic Eta) scheme

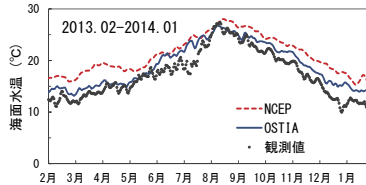


USGS (水平解像度1km) GSI (水平解像度100m)
各データベースの土地利用分類の比較



NCEP (水平解像度1°) OSTIA (水平解像度0.05°)
各データベースの海面水温分布の比較

- GSI (国土地理院および国土数値情報)データにより都市部の再現性が大きく向上した
- OSTIAにより黒潮の接岸や親潮の流れ込みが再現された



各データベースの海面水温の季節変化

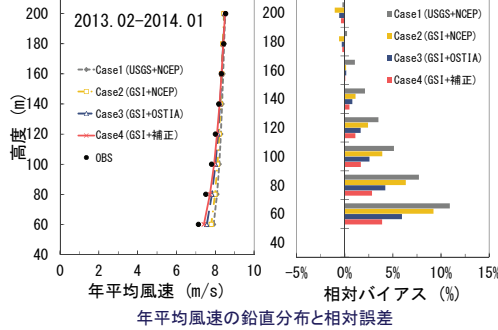
- NCEPは海面水温を過大評価したが、OSTIAにより予測精度が大きく向上した。しかし、冬季の誤差は依然として残った
- OSTIAの水温分布が保存されると仮定して、OSTIAの水温と銚子における観測水温とのバイアスを一律に補正した

標高・土地利用と海面水温による影響

項目	標高・土地利用	海面水温	観測データ
Case1	USGS	NCEP	-
Case2	GSI	NCEP	-
Case3	GSI	OSTIA	-
Case4	GSI	OSTIA	銚子の水温データ

風況予測と観測による検証

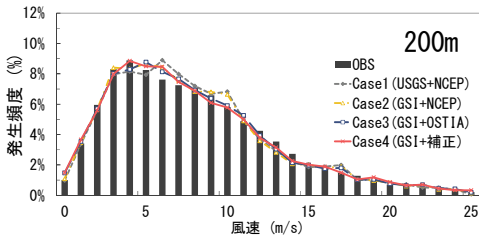
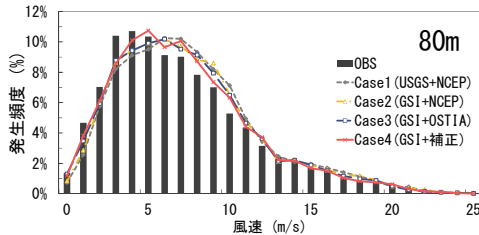
■ 風況の通年予測



風車ハブ高さにおける年平均風速の相対誤差

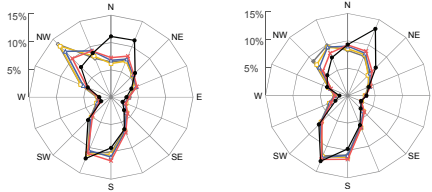
項目	Case1	Case2	Case3	Case4
年平均風速の相対誤差	7.7%	6.3%	4.2%	2.8%

- 地表面粗度および海面水温の精度を高めることにより、海面付近の風速の予測精度が大きく向上し、ハブ高さでの年平均風速の予測誤差は7.7%から2.8%まで低下した
- 地表面粗度や海面水温による影響が小さい高度200mでの予測精度は非常に高く、銚子の水温データを用いたバイアス補正を行った場合、予測誤差は-0.4%であった



ハブ高さおよび200mにおける風速階級別発生頻度分布

- ハブ高さにおける風速階級別発生頻度はよく再現できており、地表面粗度と海面水温の精度を高めることにより、風速の予測精度が向上した
- 200mにおける風速階級別発生頻度分布は非常によく再現できており、発生頻度がピークとなる際の風速が一致した。

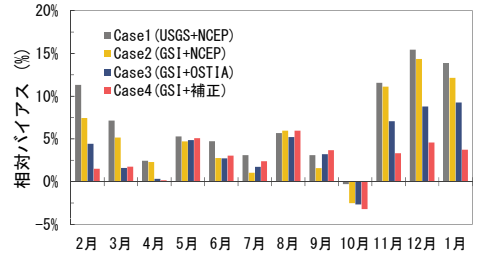
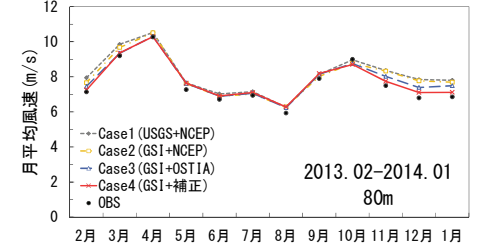


80m 200m
Case1(USGS+NCEP) Case2(GSI+NCEP)
Case3(GSI+OSTIA) Case4(GSI+補正)
OBS

ハブ高さおよび200mにおける風配図

- 海面水温の精度を高めることにより、陸海間の局所循環が正確に再現された結果、風向の予測精度が大きく向上し、ハブ高さにおける北西方向の出現頻度の誤差が5.9%から2.3%に低下した

■ 季節変化の予測



ハブ高さにおける月平均風速と相対誤差

本研究では、予測の不確かさは月平均風速のバイアスの標準偏差として定義した。

ハブ高さにおける月平均風速の不確かさ

項目	Case1	Case2	Case3	Case4
月平均風速の不確かさ	5.0%	5.0%	3.5%	2.5%

- 銚子市街地の粗度長が正確に再現されたことにより、北風が卓越する冬季における予測精度が向上した
- 冬季における海面水温の過大評価によって大気の状態が不安定になり過度に対流が発生したことで、予測風速を大きく過大評価していたが、海面水温の精度を高めることにより、風速の予測精度が大きく向上し、12月では予測誤差が15.4%から4.6%まで低下した
- 海面水温の精度を高めることにより、月平均風速の不確かさは5.0%から2.5%に低下した

結論

本研究では、メソスケールモデルWRFを用いて通年の洋上風況予測を行い、洋上風況観測タワーの観測結果と比較することにより、以下の結論を得た。

- 通年の風況予測では、地表面粗度および海面水温の精度を高めることで予測精度が向上し、風車ハブ高さでの年平均風速の相対誤差は7.7%から2.8%まで低下し、北西方向の風向の出現頻度の誤差は5.9%から2.3%まで低下した。また、地表面粗度や海面水温による影響が小さい高度200mでの予測精度は非常に高く、年平均風速の予測誤差は-0.4%であり、風速階級別発生頻度分布および風配図もよく再現した。
- 風速の季節変化では、既存のデータベースを用いた場合、冬季に10%以上の大きな誤差が生じたが、地表面粗度および海面水温の精度を高めることで、風速の予測精度が大きく向上し、12月では予測誤差が15.4%から4.6%まで低下した。また月平均風速の不確かさは、地表面粗度および海面水温の精度を高めることにより、5.0%から2.5%まで低減した。

謝辞

本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務「洋上風況観測システム技術の開発」で得られた研究成果である。ここに記して関係者の皆様に感謝の意を表す。

参考文献

- E. Berge et al.: Modelling of offshore wind resources. Comparison of a meso-scale model and measurements from FINO1 and North Sea oil rigs. Proceeding of EWEC 2009, 8p., 2009.