

洋上風況マップ「NeoWins」の開発 —わが国の洋上風力発電の展望—

い き しんじ まつなが よしのり はっとり こ つばき たかひろ
壺岐 信二¹・松永 義徳²・服部 たえ子³・椿 貴博³

¹ アジア航測（株）国土保全コンサルタント事業部
（〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2）

² アジア航測（株）社会基盤システム開発センター
（〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2）

³ アジア航測（株）社会インフラマネジメント事業部
（〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2）

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術研究開発機構（NEDO）は洋上風力発電の開発支援にフォーカスし、導入拡大に必要な情報を一元化した洋上風況マップ（NeoWins）を開発し、2017年3月にホームページ上で公開した。NeoWinsは、「風況データ」、「自然・社会環境情報」、「発電量予測」という洋上風力発電の適地の検討に必要な情報を一つのマップ上で同時に見られるように実現した国内初のものである。筆者らは、この開発において基礎検討を行った後、「自然・社会環境情報の整備」と「閲覧システムの開発」を担当した。ここではNeoWinsの特徴と洋上風力の展望を報告する。

Key Words : NeoWins, Wind Survey, Bankable, fishing industry

1. はじめに

わが国では、2011年3月11日の東日本大震災以降、エネルギー供給の社会環境が大きく変貌した。原子力発電所の運転停止はもとより、現在主力である石炭火力とLNG火力の発電所は、世界的なCO₂の排出抑制の動きや燃料の多くを政情不安定な国に依存することから、原子力発電所と火力発電所の増設や新規建設は、今後大きな伸びは見込めない。一方、再生可能エネルギー、特に洋上風力発電はわが国において高いポテンシャルが見込まれるため、次世代を担うエネルギーとして期待されている。経済産業省によると、2030年度の洋上風力発電の導入目標を10GWに掲げており、これは原発10基に相当する出力である。また、これにより7100万t程度のCO₂を排出抑制すると言われて¹⁾。

洋上風力発電は、当初は港湾区域を中心に開発が進められていたが、海洋基本計画やエネルギー基本計画の閣議決定(2018)や海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律(2019)の法整備が進んだことから、風況が良好な一般海域へのシフトが加

速している。これには2017年3月にNEDOが開発したNeoWins²⁾の効果も大きい。筆者らは、NeoWinsに搭載する情報の整備とシステムの開発を担当しており、本稿ではその特徴と展望を述べる。

2. 基礎検討

NEDOでは2006年度に陸部の「局所風況マップ」を開発して、NEDOのホームページに公開していた。しかし、このマップは背景図の情報量が少なく、地図表示の範囲も小さいこと、風車高が最大70mと低いこと、完成から約10年を経過していることから、NEDOは海部のみを対象とした新たな風況マップ（NeoWins）を開発することとなった。

NEDOは、NeoWinsの開発に先立ち、開発指針を検討するため基礎検討を実施した。まず既存の海外の風況マップから風況モデルの種類や風況データの精度について分析した。海外の風況データ整備の一覧を表-1に示す。風況モデルは、オープンソースのメソ気象モデルが多く、

表-1 海外の風況データ整備の一覧³⁾

項目	整理・分析結果	一般的な手法・設定条件
風況データ 計算方法	メソスケール気象モデル（アメリカ、カナダ、イギリスなど） 観測データの内挿値（ドイツ）。	メソスケール気象モデルを用いている事例が多い。
計算実施期間	7年間（イギリス）、 48months（19年間より平年に近い期間を抽出） （フィンランド）、366日（15年間よりランダムに対象日を抽出）（アイルランド）。	長期の計算期間から平年値に近い期間を計算対象日として抽出している事例が多い。理由として、計算機資源の制約を理由として挙げている。
メソスケール気象モデルの水平解像度	最小 2km（フィンランド）、最大約 11km（イギリス）。	メソスケール気象モデルの水平解像度は 2km～11kmであった。
風況データの精度検証方法	海上ブイ等とのデータ比較（アメリカ、イギリス、イタリア、フィンランド）。	地上気象と併せて、海上観測データと比較を行っている事例が複数、挙げられる。
風況マップ上の風況データの水平解像度	最小 100m（アメリカ、スペイン）、最大 1km（ドイツ、イタリア）。	メソスケール気象モデルと統計的モデルの組み合わせによりメッシュを細密化。

分析した海外の風況マップ

- ① アメリカ (WINDEXchange)
- ② カナダ (Canadian Wind Energy Atlas)
- ③ イギリス (Atlas of UK Marine Renewable Energy)
- ④ ドイツ (Geoportal.de)
- ⑤ スペイン (Wind Atlas of Spain)
- ⑥ イタリア (ATLA ELICO)
- ⑦ フィンランド (FINISH Wind ATLAS)
- ⑧ アイルランド (SEAI Wind Atlas)

水平解像度は最も細密なもので2km、最も大きいものでは約11kmで設定されていた。これを踏まえ、NeoWinsでは気象モデルはWRFを採用した。次に閲覧システムに搭載する自然・社会環境情報については、事業化の検討段階から実施までの段階で必要となる情報を64件抽出した後、重要性やデータ形式から42件のデータを選定した。NeoWinsのマップ情報として得られる42件の要素を表-2に示す。最後に閲覧システムについては、利用者ニーズと利便性の観点から操作性の良さと機能が充実するように検討した。

3. NeoWins の特徴

(1) 風況マップ情報

風況情報はわが国の沿岸から排他的経済水域(EEZ)付近までの広域を、離岸距離別に3種類のデータから作成した(図-1)。離岸距離30kmまでは500m格子解像度の気象モデルWRFの値、離岸距離30kmから50kmまでは

表-2 構成要素の一覧²⁾

	構成要素
風況	年平均風速（60,80,100,120,140mの高度別） → 詳細風況情報へ
自然環境情報	藻場
	干潟
	サンゴ礁
	水深（50mまで）
	等深線（20,50,100,150,200m）
	ウミガメ産卵地
	哺乳類生息地
	離岸距離（30kmまで）
	鳥類生息地
	有義波波高（年・月平均）
	有義波エネルギー周期（年・月平均）
	海洋地質図（表層堆積物）
	海洋地質図（海底地質図）
	底質
社会環境情報	国立公園区域
	国定公園区域
	海域公園区域
	港湾区域
	漁港区域
	航空制限区域
	漁業権（共同・区画・定置）
	史跡・名勝・天然記念物
	海上障害物
	航路（海交法・港則法）
	沈船
	海底障害物
	指定錨地・検疫錨地
	投棄区域
	港則法びょう地・港則法区域
	海底輸送管
海底ケーブル	
米軍演習区域・米軍関連施設	
自衛隊関連施設	
船舶通航量	
地図	写真・白地図・標準地図

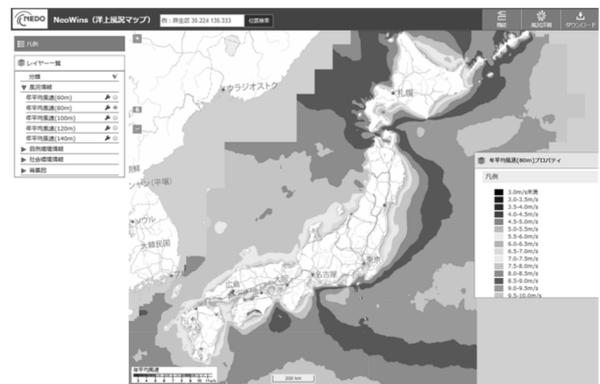


図-1 NeoWins²⁾

WRF と人工衛星による風速を結合した値、離岸距離 50km から EEZ 付近までは人工衛星による値を基に解像度 10km 及び 20 年分のメソ気象モデルの計算結果を用いて平年値補正した値を用いた。風況データの入力値は、気象庁のメソ客観解析値で近年比較的平年値に近いと判断された 2009 年、2012 年、2014 年の 3 年を用いた。年平均風速は風車の大型化を見据えて、海面上 60, 80, 100, 120, 140m の 5 段階で選択可能とした。

また、WRF によるシミュレーションの精度は、北九州沖洋上風況観測タワー（高さ 80m）、銚子沖洋上風況観測タワー（同 80m）、能代港風況観測タワー（同 50m）、及び、港湾空港技術研究所波崎海洋研究施設棧橋（ライダー観測、同 87m）の 4 地点の観測値を用いて検証した。その結果、北九州沖、銚子沖、能代港、波崎棧橋での風車ハブ高さにおける年平均風速の相対誤差は、それぞれ +0.3%、+1.2%、-2.9%、+4.5%であり、本システムの開発目標の±5%以内を達成していることを確認した。

(2) 詳細風況情報

詳細風況情報は、入力値として 500m 格子毎に風配図、風速階級別出現頻度、ワイブル分布、月平均風速、鉛直プロファイル、ベキ法則、年平均風速の長期変動を整備した。これらのデータはシステムの表示速度を向上させるために、事前に計算した結果をサーバ内に格納（作り置き）して、呼び出す方式を採用した。また、事業計画の検討のために、計画する洋上風力発電の設置予定場所を画面上でクリックして、風車の出力曲線を入力することで、その地点の風況情報を基に発電電力量の簡易予測計算ができる機能を設けた（図-2）。

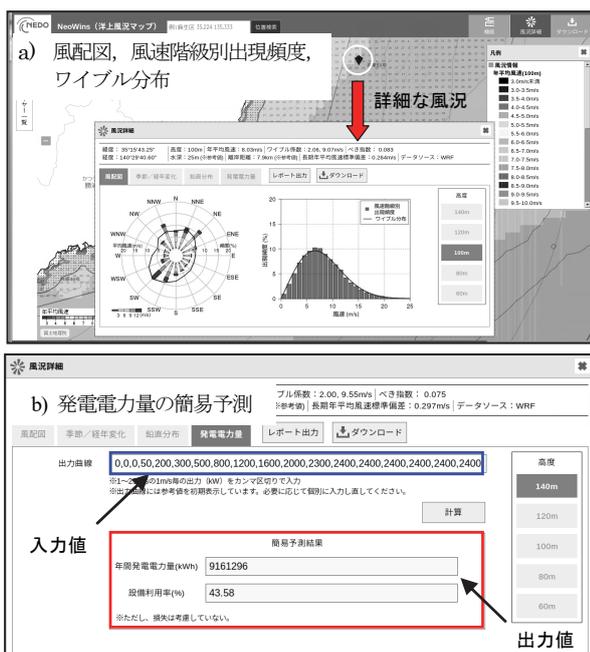


図-2 詳細風況情報²⁾

(3) 自然・社会環境情報

自然・社会環境情報は、海上保安庁（海洋台帳）、国土交通省（国土数値情報）、環境省（自然環境調査 Web-GIS）等からご提供いただき、表-2 に示す各種データが簡単な操作でレイヤー表示が可能とした（図-3）。適地選定で重要な情報となる「水深値」は海上保安庁から入手したが、このデータは海岸線から数千 m までデータが 500m メッシュで整備されておりデータ量が膨大であった。このため、水深値の表示を着床式風車を見据えた水深 50m 以下に限定し、沖合は等深線（50,100,150,200m）で補うようにして、操作性の確保やサーバへの負担を軽減させた。

また、搭載した構成要素のうち、国土地理院の「地理院地図」と産業技術総合研究所の「海洋地質図」は、インターネットで公開しているデータをマッシュアップして、付加価値の高いシステムとした。

(4) 閲覧システム

閲覧システムの開発では、NeoWins を多くの利用者に満足いただけるマップとするために、まず、風況データを千葉県沖に限定した「デモ版」を 2015 年度末に NEDO のホームページ上で公開し、ニーズや利便性、操作性等に関する意見を外部からメールやヒアリングで収集した上で、それらを反映した最終版を 2017 年 3 月に公開した。機能としては、情報閲覧の他に、風況情報をテキストと GIS データのダウンロード、マップ上へのポイント登録、距離計測、表示中のマップ印刷を可能とした。

閲覧システムの構造は、GIS ソフトウェアを使わずに、OpenLayers 等複数の Javascript ライブラリを利用したシンプルなものとした。このため、データはタイルキャッシュ、GeoJSON 形式等のオープンなフォーマットで整備した。

(5) コンストレイン情報の追加

NeoWins の公開以降、ユーザーから、事業化に際して制約となる（コンストレイン）情報の追加に係る要望が多数あった。このため、関係省庁から航空制限区域、沈船、海底ケーブル、船舶通航量、自衛隊・米軍関連施設等 11 項目の情報をご提供頂き、2018 年度末に NeoWins の改訂版を公開した。図-4 によると、共同漁業権区域の外側には船舶の航路が沖へ続いており、我が国の沿岸は高度利用されていることがわかる。

4. 展望

(1) 現地観測

NeoWins を利用することで、任意海域の洋上風況を面

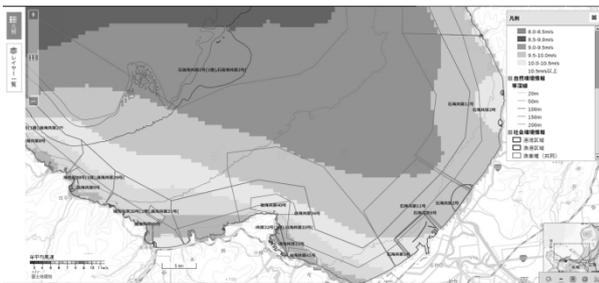


図-3 NeoWinsによる各種情報の重ね合わせ例²⁾

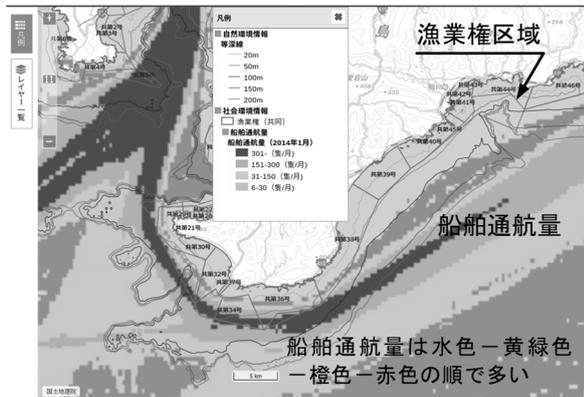


図-4 NeoWinsによる船舶通航量の表示例²⁾

的に把握するという第一段階の風況調査は完了する。第二段階では、風況マップで選定した候補海域で現地観測を行うことで、バンカブルな（銀行が融資できる）質の高い風況データを取得することが目標となる。従来の洋上観測は、計画地に高さ100m程度の固定式風況観測タワーを建設して行われてきた。しかし、この方法では莫大な経費がかかること、漁業者・船主との交渉や建設に相当な時間を要すること、水深や地質により建設場所が限定されること等から、洋上風況観測タワーの建設は進んでいない。

このため、現状では①海岸や港湾に風況観測タワーを設置、②海岸や港湾に垂直式または水平式ライダーを設置、③浮体式ライダーを設置する方式を、単独または組み合わせた風況観測を行っている。その中でも浮体式ライダーは、Seawatch Wind LiDAR Buoy（フグロ社）等が「Pre-Commercial」の認証を取得したことから、欧州では浮体式ライダーの風況観測データを用いて、事業性判断や金融機関との交渉が行われている⁴⁾。これより、今後の世界的なトレンドとして、浮体式ライダーによる風況観測が増えると予想される。

(2) 課題

わが国の沿岸には、海岸線より沖合2~3kmまで漁業権が設定されており、その中で養殖業や沿岸漁業が行われている。また、漁業権区域の外側では曳網漁、まき網漁、底曳網漁、たこつば漁等の国や知事による許可漁業

が盛んであるため、洋上風力発電と水産業の共存は特に欠かせないものとされる。一方、昨今の水産業は漁獲量や漁獲高の低下、海水温上昇による魚種交代、従事者の高齢化や後継者不足等の問題を抱えている。これらを踏まえ、水産業の共存策として、洋上風車の周囲に魚礁を設置して魚を蝟集させること、洋上風力発電を養殖業の自動給餌やモニタリングシステムへ電源供給すること、水温や波浪、潮流の海象情報をリアルタイムにスマートフォンへ送る等ICT技術の活用が案としてあげられる。

また、わが国では洋上風車の建設・保守専用船（自航式JUV、非自航式JUB、SEP）は極端に少なく、国内の船のみでは不足することが予想される。さらに、港湾インフラは欧州の洋上風力の拠点港に比べて、地耐力が小さく、ヤード面積も狭い等の能力不足が否めない。

以上、これら課題を解決するためには、水産業との協調やインフラ整備を並行して行うことが望ましい。

5. おわりに

2019年、NEDOはNeoWinsの500m格子に格納された水深、離岸距離、風速、地質等の制約条件から、風力発電コスト(LCOE: Level Cost of Electricity)を算出したポテンシャルマップを開発予定である。これは、洋上先進国である英国の政府特殊法人クラウンエステートが「洋上風力の将来的なコスト及び市場規模は表裏一体の関係」と報告したように²⁾、今後は政府の計画的、継続的な洋上風力発電の推進が重要となる。

このような状況下で、NeoWinsが洋上風力発電を検討する事業者や自治体等に広く有効活用され、さらに各地で風況調査の第二段階となる「質の高い現地開発」が行われることにより、適正規模の事業計画の立案と事業の迅速化に少しでも貢献できればと筆者は考えている。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本風力発電協会(JWPA):洋上風力発電の導入推進に向けて 再生可能エネルギー大量導入の早期実現, 2018.
- 2) NeoWinsは、NEDOの「風力発電等技術研究開発/洋上風力発電等技術研究開発/洋上風況観測システム実証研究(洋上風況マップ)」で得られた成果である.
- 3) アジア航測:NEDO平成26年度成果報告書, 風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業(洋上風況マップに関する基礎検討)に係る委託業務, 2015.
- 4) 壱岐信二・梅津慶太:洋上風況調査の第二ステージ 浮体式ライダーについて, 日本風力エネルギー学会, 風力エネルギー 41(2), pp.296-298, 2017.