

領域海洋モデルを用いた洋上風力発電施設の 適地選定システム開発に関する基礎的研究

玉井 駿壮¹・内山 雄介²・Xu Zhang³・増永 英治⁴・辻 一洋⁵・山崎 秀勝^{6,7}

¹学生会員 神戸大学 大学院農学研究科 食料共生システム学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

²正会員 神戸大学教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail: uchiyama@harbor.kobe-u.ac.jp (Corresponding Author)

³Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, Peking University (Beijing 100871, P. R. China)

⁴正会員 茨城大学講師 地球・地域環境共創機構 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

⁵(株)アルファ水工コンサルタンツ 技術開発センター (〒063-0829 札幌市西区発寒9条14丁目)

⁶東京海洋大学名誉教授 大学院海洋科学技術研究科 (〒108-0075 東京都港区港南4-5-7)

⁷(株)アルファ水工コンサルタンツ 東京本社技術開発センター (〒104-0045 東京都中央区築地3-9-9)

カーボンニュートラル実現に向けて洋上風力発電施設の拡充が社会的課題になっているが、その敷設を巡る日本特有の問題として、建設に際して漁業権者の同意を得る必要性が挙げられる。合意形成促進のために施設設置によって強化される鉛直混合による海洋表層への栄養塩供給とそれに伴う「漁礁効果」を定量的に評価する総合的なシステムの開発を最終目的に、システムのコア部分を構成するROMS-NPZD広域流動・生態系予測モデルの概要を紹介し、洋上風力発電施設の適地評価に向けた海域ごとの空間評価方法について検討した結果を報告する。

Key Words : *offshore wind farm, suitable site selection, biological productivity, ROMS-NPZD model*

1. はじめに

近年、地球温暖化抑止のための低炭素電力の主力として、洋上風力発電などの再生可能な海洋エネルギー資源の利用がめざましく進展している。特に北海やバルト海では 2000 年代に入って急速に洋上風力発電ファームの設置海域が拡大し、2018 年末までに欧州各国に設置された累計のタービン数は 4,543 基、累計出力 18,499 MW に達する¹⁾。洋上風力発電施設 (offshore wind power generation facility, or offshore wind farm : 以下では OWF と略記) の設置にあたっては、施工性・コスト・管理運用・環境負荷などが課題となっているが、日本特有の問題として漁業権者の同意を得る必要性が挙げられる。OWF の設置に適した我が国の沿岸 5 km 以内の海域のほぼ全ては共同漁業権などの漁業権が付与されている区域である。そのため、発電事業者と漁業権者が双方ともに潤う Win-Win 方式 (メリット共有方式) が OWF 事業における漁業協定の基本的考え方である。漁業協定施策としては OWF の多目的利用、例えば海洋牧場の整備など幾つかの方策があるが、最も達成可能であると考えられているのは OWF 敷設に伴う魚礁効果による漁獲量の増加である。

実際に、OWF 敷設後の調査によって魚礁効果が報告

されているが²⁾、事前に定量的な評価を行われた事例はない。そこで我々は、漁業協調および OWF 誘致に向けた合意形成促進のために、施設設置によって強化される鉛直混合による海洋表層への栄養塩供給とそれに伴う「漁礁効果」を定量的に評価する総合的なシステムを開発すべく、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の支援を受けて各種基礎研究を実施している。開発中の評価システムは大きく分けて 3 つのサブシステムから構成されている。それらは、日本沿岸全体を解析対象とし、海洋環境科学的に見た適地選定機能と OWF 周りの流動再現用の超高解像度モデルへの境界条件提供を行う「広域モデル」、OWF を解像して近傍場の流動・生態系環境を解析する狭領域向けの「超高解像度モデル」、予測された生態系に対するパラメータ (Chl. a など) と実際の水産有用種を主体とした魚類の集積効果を計測する「モニタリングシステム」である。

本稿はこのうち「広域モデル」の開発と運用の方向性について報告するものである。広域モデルのベースとなるのは 3 次元海洋循環モデル ROMS を用いた JCOPE 2-ROMS ダウンスケーリングシステムに窒素ベースの物質循環・生態系モデルである NPZD (Nutrient Phytoplankton Zooplankton and Detritus) モデルをカップリングさせた

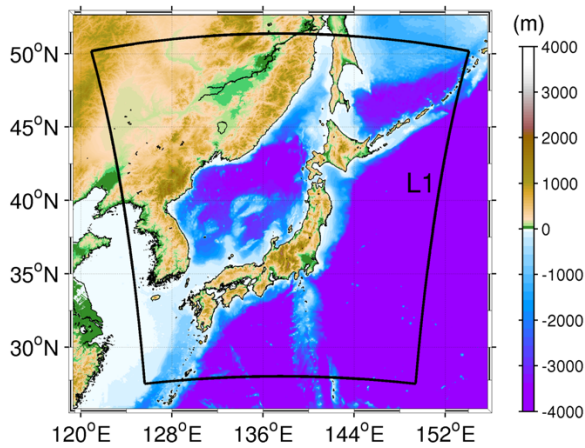


図-1 JCOPE2-ROMS ダウンスケーリングシステムによる ROMS-NPZD モデル領域 (JCOPE 2 から直接ネスティングさせた ROMS-L1 モデル領域: 黒枠) . カラーは標高および水深(m)である.

ROMS-NPZD モデル²⁾である. すなわち本研究は, OWF 設置に向けた合意形成促進のために, 施設設置によって強化される鉛直混合による海洋表層への栄養塩供給とそれに伴う「漁礁効果」を定量的に評価する総合的なシステムの開発を最終目的に, システムのコア部分を構成する広域流動・生態系予測モデルの概要を紹介し, 洋上風力発電施設の適地評価に向けた海域ごとのモデル再現性の空間評価方法について検討したので, その結果を報告するものである.

2. 研究方法

(1) JCOPE2-ROMS流動モデル

本研究では, 黒潮大蛇行等の間欠的な個別イベントを包含し, 時々刻々変化する海洋流動やそれに伴う生態系(一次生産)の変動をできるだけ精緻に表現することを目指し, 流動・生態系モデルともに可能な限り現実的なデータで駆動させる総観値(synoptic)解析を行う. 流動モデルでは, JCOPE2海洋再解析データ(水平解像度約10 km)の日平均値を初期条件・境界条件として, 領域海洋循環モデルROMSを用いた1-way offlineネスティングにより, 解像度3 kmのROMS-L1領域へとダウンスケーリングを行う(図-1, 表-1). 海上風応力には気象庁GPV-GSMの日平均値を, その他の海面フラックスにはCOADS05の月平均気候値を与える. さらに, 黒潮流路等メソスケールでの再現性を向上させるためにTS Nudging($\gamma=1/20 \text{ day}^{-1}$; Uchiyamaら³⁾を参照)を適用する. なお, 同一グリッドを用いた試行的な気候値(climatology)計算結果から, 本モデルのプロトタイプが対象海域の3次元海洋構造を良好に再現可能であることを確認済みである²⁾. ROMS-NPZDモデルでは, 助走計算期間を除く解

表-1 ROMS-NPZD モデル計算条件一覧.

計算期間	2015年1月1日~2015年12月31日
格子数	784×864×鉛直20層
風応力	気象庁JMA-GSM(日平均値)
T-S nudging	JCOPE2再解析値(10日平均気候値)
海面フラックス	COADS(月平均気候値)
海底地形	SRIM30_PLUS+J-EGG500
境界条件	JCOPE2再解析値(日平均値)
水平解像度	3.0km

析期間は2015年の1年間とした.

(2) NPZD生態系モデル

Fashamら⁴⁾による窒素ベースの低次生産NPZDモデルを用い, Gruberらの設定⁵⁾を参考に, 北太平洋海域向けに各種パラメータの調整や計算条件の設定を行った. 本NPZDモデルでは, 栄養塩(N:硝酸塩 NO_3^- , アンモニウム塩 NH_4^+), 植物プランクトン(P), 動物プランクトン(Z), デトライタス(D)の5要素を考慮する. 初期・境界条件にはWorld Ocean Atlas 2015(WOA)による硝酸塩(NO_3^-)の3次元分布の季節平均気候値(深層は年平均気候値), MODIS/Aquaによる海表面Chlaデータの月平均値に対してMorel & Berthon⁶⁾による鉛直分布モデルを適用して得られる3次元Chla分布, Chlaに比例させた動物プランクトン濃度初期分布を与え, 初期デトライタス, アンモニウム塩はゼロとした総観値計算を行う. なお, 低解像度のWOAでは沿岸域での NO_3^- 分布を十分に表現できないため, 水深500m以浅の海域に対しては水深500mでの NO_3^- 鉛直分布を岸に向かって水平方向に線形外挿した値を初期分布として与えた. 初期条件に含まれる不確実性は1年間の助走計算中に解消され, 2年目以降では各生態系変数は初期条件によらずに内因的な物質収支にしたがって変動することを確認している²⁾.

(3) 数値モデル再現性の評価指標

ROMS-NPZDモデルを含む数値モデルが現実の海洋状態をどの程度再現できているのかを客観的に評価する方法について検討する. モデルの評価法には実に様々なアプローチがあるが, 本研究では, 平面的に得られる人工衛星データとの比較を念頭に, 二乗平均平方根誤差(RMSE)と, Willmottの適合度指標⁷⁾(skillと呼称)を用いることとする. 両指標の定義は以下の通りである.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_{model} - X_{obs})^2} \quad (1)$$

$$skill = 1 - \frac{\sum |X_{model} - X_{obs}|^2}{\sum (|X_{model} - \bar{X}_{obs}| + |X_{obs} - \bar{X}_{obs}|)^2} \quad (2)$$

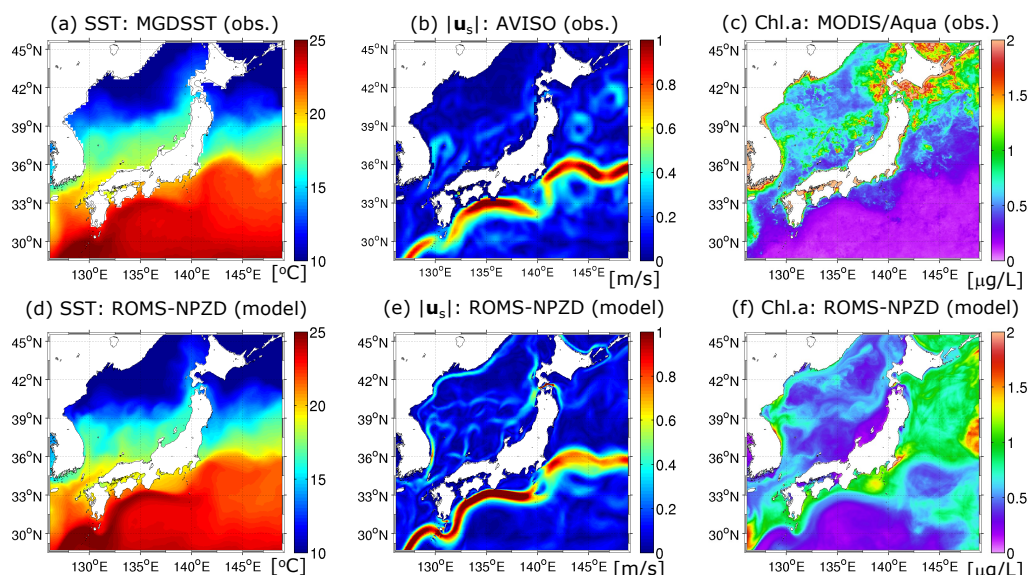


図-2 広域ROMS-NPZDモデルの再現性確認結果の一例(2015年1年分の平均値)。a, dは海表面水温 SST (°C), b, eは表面流速絶対値 $|u_s|$ (m/s), c, fは海表面 Chl.a 濃度 ($\mu\text{g/L}$)。上段は対応する衛星観測データであり, a: 気象庁 MGDSST による海表面温度, b: AVISO 海面高度計データによる表層地衡流速, c: MODIS/Aqua 海色センサーによる海表面クロロフィル a (Chl.a) 濃度。下段は対応する ROMS-NPZD モデル計算値。

ここに, X_{model} : モデル出力, X_{obs} : 対応する観測データ, \bar{X}_{obs} : 観測データの空間平均値, N : 比較を行うデータの総数であり, 総和 Σ は N 個の要素に対して求める。RMSE は比較するデータと同じ次元を有し, 値が小さいほどモデルの精度が良いことを表す。一方, skill は無次元量であり, 1 に近いほどモデルと観測値の一致度が高く, 一般的には 0.6 程度以上で高精度とされる。

以下の解析では, 観測データと計算結果の時刻を統一した(例えば2015年1年間平均値をそれぞれに対して求めた)うえで, 観測データをROMS-NPZDの計算格子点に線形写像し, 陸域を除外した全海洋計算格子点に対してRMSEとskillを計算し, 評価に供した。

3. 計算結果と考察

(1) モデルの再現性検証: 現地観測データセット

ROMS-NPZDモデルの再現性評価を行うために, 人工衛星データと, 船舶観測による気象庁東経137度定線における水温・塩分データを用いる。衛星データは, 気象庁によるMGDSST海表面水温データ(解像度1/4度), ECMWF CopernicusによるAVISO海面高度偏差データから理論的に計算される表層地衡流速分布(解像度1/3度), NASAのAqua衛星MODIS(中分解能撮像分光放射計)海色センサーから推定されるChl.a(約5 km間隔に格子化されたデータセット)を用いる。MGDSSTとAVISOはいずれも複数衛星の観測値に対して最適内挿法を適用して客観解析・格子化されたデータである。東経137度定線データは年数回の観測船によるCTDキャスト観測結果を季

節平均気候値として独自に取りまとめた鉛直断面データである。

(2) モデルskill・RMSEによる再現性評価

ROMS-NPZDモデルの再現性を確認するために, 2015年1年分の計算結果(年平均値)を対応する衛星観測データと比較した(図-2)。海表面水温(SST)と表面流速の絶対値に関しては黒潮流路やそれに付随する水温フロント構造などの大規模な空間構造をよく再現しており, 全体的に低波数成分の一致度は極めて高い。一方, 海面Chl.a濃度に関しては, 太平洋沿岸, 中国・ロシア沿岸, 東北・北海道海域などでChl.aが増大するなどの全般的な空間パターンについては表現できているが, 黒潮流路, 黒潮続流域およびその北側などでChl.aを過大評価している。反対に日本海側では全体的に過小評価傾向にあり, 北緯39~40度のユーラシア大陸から本州にかけて発達する極前線周辺でのChl.aの再現性は必ずしも十分ではない。

次に, 衛星観測データに対するROMS-NPZDモデルのRMSEと適合度指標skillを求めた(表-2)。海表面水温SSTはRMSE: 0.5982度, skill: 0.9981, 海表面流速はRMSE: 0.1257 m/s, skill: 0.8933, Chl.aはRMSE: 0.8679 $\mu\text{g/L}$, skill: 0.3228であり, 特に物理場の再現性が非常に高いことが定量的に示されている。一方で, 図-2の空間分布から予見されるように, 生物量であるChl.aの誤差は大きく, 改善の余地がある。

鉛直構造の再現性確認のために, 気象庁東経137度定線観測による水温・塩分データとの比較を行なった(図-3)。ここでは紙面の都合上, 夏季(7-9月)に対する季節平均値の比較のみを示す。表層の季節

表-2 衛星観測データに対する ROMS-NPZD モデルの再現性指標値一覧. 水温, 流速絶対値, Chla 量は全て海表面での値である.

	水温 SST	流速絶対値	Chla
RMSE	0.5982 (°C)	0.1257 (m/s)	0.8679 (µg/L)
skill	0.9981	0.8933	0.3228

表-3 気象庁東経 137 度定線観測データに対する ROMS-NPZD モデルの再現性指標値一覧 (季節平均気候値).

	夏季水温	夏季塩分	冬季水温	冬季塩分
RMSE	0.4100 (°C)	0.0350 (psu)	0.2862 (°C)	0.0331 (psu)
skill	0.9987	0.9843	0.9989	0.9855

成層の構造や岸方向への傾斜など, 全体的な密度構造は両者ともに良好に一致していることが分かる.

図-3の結果に冬季の結果もあわせてRMSEとskillを求めた(表-3). 水温・塩分は夏季・冬季いずれにおいてもRMSEは非常に小さく, skillはほぼ1に近く, 物理場に関しては水平分布だけではなく鉛直構造の再現性も極めて高いことが示されている.

(3) 生物量再現性向上への方策

生物量再現性の改善策としては, ①生態系モデルの精緻化・複雑化, ②境界条件の高精度化, ③高解像度化などの方策が考えられる. ①に関しては, 本 NPZDモデルの各種パラメータを調整したり, 比較的低次の窒素収支モデルを超えた, より高度な物質循環モデルを用いること, ②についてはWOAなどの気候値ではなく何らかのデータ同化再解析値を側方境界条件に用いることや, 今回は考慮していない河川などからの陸域負荷を正確に導入すること, ③については, 例えば極前線構造の再現には水平解像度1 kmが必要と言われており³⁾, 非地衡乱流の効果を導入すること, などの対策が精度向上つなると期待される. いずれも今後の重要な課題としたい.

4. 洋上風力発電発電施設適地選定に向けた評価

(1) 新しいブロック評価指標の提案

3. で検討した観測データに対する RMSE や skill は, 原義的には計算領域全体で空間平均された指標であり, 計算領域全体でのモデルとデータの適合性を評価するものである. 洋上風力発電施設の適地選定に応用するには, まずは再現性の空間分布を評価する方法を開発する必要がある. そこで本研究では, 任意の水平座標を中心とした正方形ブロック状の分割領域に対して指標評価計算を行い, 計算グリッド上に写像して空間的に表示・評価す

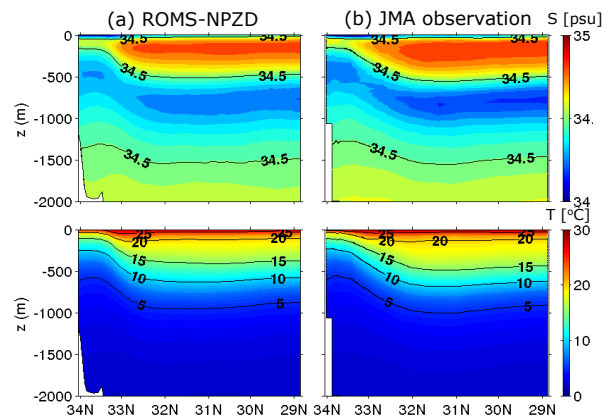


図-3 東経 137 度ラインにおける鉛直断面内の塩分 (上段) と水温 (下段). (a) ROMS-NPZD モデル計算値, (b) 気象庁観測船による実測値, いずれも夏季 (7-9 月) に対する季節平均気候値である.

ることを試みる. 例えば, ブロック化された RMSE は以下のように定式化される.

$$RMSE(\mathbf{x}_{m,n}) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^{imax} \sum_{j=1}^{jmax} (x_{model}^{mm+i,nn+j} - x_{obs}^{mm+i,nn+j})^2} \quad (3)$$

ここで, $\mathbf{x}_{m,n}$ は ROMS-NPZD モデルの任意の水平格子点座標, $x_{model}^{m,n}$ と $x_{obs}^{m,n}$ は格子点番号 (m, n) における計算値と観測値, $M = imax \cdot jmax$, $mm = m - imax/2$, $nn = n - jmax/2$ である. skill についても同様な総和を取ることでブロック化 skill を求めることができる.

この操作の意味するところは極めて単純であり, 計算領域の全てではなく, 任意の $imax \times jmax$ のサイズにブロック化された分割領域を定義し, その中に含まれるデータだけで RMSE と skill を計算するということである. 以下の解析では, $imax = 100$, $jmax = 100$ とすることにより約 300 km 四方の分割領域を定義するとともに, 格子点番号 (m, n) を 2 ステップずつ (6 km ずつ) 移動させることにより, 東西南北の全方向に対して 6 km おきにブロックをスライドさせながら各ブロックの周囲約 300 km 四方についての RMSE と skill を求める. したがって, 移動ステップや影響範囲を変化させることにより, 任意の地点における任意の空間スケールでの「再現性」が評価可能となる. この考え方を RMSE や skill だけではなく適地性に関する様々な評価指標に対して適用することにより, モデルの結果を用いて洋上風力発電施設の適地性を定量的に空間評価することが可能になる.

(2) ブロック再現指標によるモデル再現性の空間評価

これまでモデルの RMSE や skill は表-2 のような評価しかできなかったが, ブロック指標の導入により再現性が空間評価できるようになる. まず, ブロック化された SST の skill 分布 (図-4a) を見ると, 全領域 skill

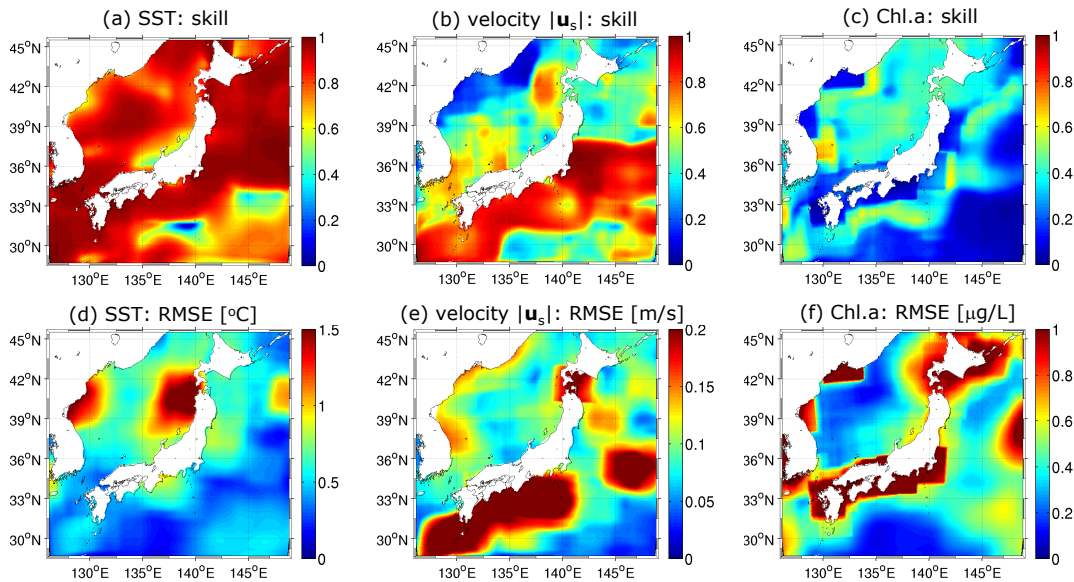


図4 図-2の計算値と観測値から求められるブロック化 skill (上段 a-c) とブロック化 RMSE (下段 d-f) の空間分布。a, dは海表面水温 SST (°C), b, eは表面流速絶対値 (m/s), c, fは海表面 Chl.a濃度 (μg/L)

表-4 ブロック化されたモデル再現性指標 PI (Predictability Index) の評価に用いた重みパラメータの一覧。

	$i=1$: SST	$i=2$: 流速絶対値	$i=3$: Chl.a
α_i	20	20	25
β_i	10	10	15

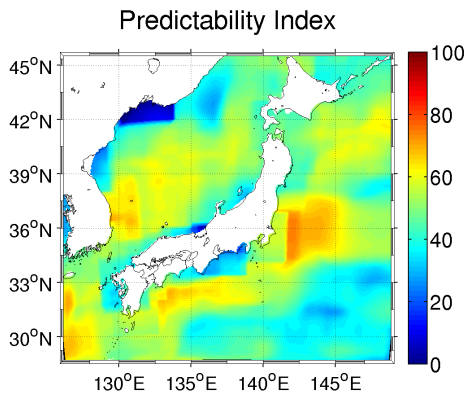


図-5 モデル再現性指標 PI (Predictability Index) の空間分布。表-4の重みを使用した。

値0.9981に対応して、大部分の海域で0.9以上と評価されている。SST分布の比較(図-4a, d)から、領域全体で skill が高い一方で、太平洋側の黒潮流路周辺で skill が低下するなど、ROMS-NPZDモデルの再現性の空間的な評価が可能となったことが確認される。

表層流速の比較(図-4b, e)を見ると、流速再現性は日本海側より太平洋側の方が良好であり、黒潮流路周辺で skill が最大値を取っている。しかしながらこの海域では RMSE が極めて大きくなっており、一致度(skill)は高いものの、流速値そのものが大きい(図-2b, e)ため誤差の絶対値が大きくなる(図-2b, e)ことが示されている。また、

Chl.aに対するブロック化 skill・RMSE分布(図-4c, f)から、黒潮流軸の南側領域で skill が低いことや、沿岸域で RMSE が大きく skill が小さいことが分かる。Chl.a分布計算値の比較(図-2c, f)より、計算値には約 $0.2\mu\text{g L}^{-1}$ のバイアスがあるなど、再現性に課題が残されていることが改めて再確認される。

(3) ブロック結合指標の提案

OWF設置海域の適性をROMS-NPZDモデルの格子点ごとに数値化するための前準備として、モデルの再現性を総合的かつ空間的に評価する指数を提案する。ここでは将来実施する漁礁効果の計測を念頭に、水温・流速・Chl.aのブロック化 skill と、ブロック内平均値で無次元化した RMSE の重みつき線形和によって再現性指標(Predictability Index, PI)を定義する。

$$PI = \sum \alpha_i S_i + \sum \beta_i E_i \quad (4)$$

ただし、式(4)の下付き添字 $i=1, 2, 3$ はデータの種類を表し、 $i=1$: SST, $i=2$: 表面流速, $i=3$: Chl.aである。また、 S_i は skill (0~1)であるが、 E_i は式(5)のようにモデルと観測値の平均値で RMSE を標準化した無次元の指標で、平均値に対する RMSE の割合に関連し、この相対誤差が小さいほど1に近づく。

$$E_i = 1 - \frac{RMSE}{\frac{1}{2N} \sum (X_{model} + X_{obs})} \quad (5)$$

α_i, β_i は S_i と E_i に対する重みである。PIを100点満点で評価すること、物理量よりも生物量に、RMSEよりも skill に重みを置くことなどを念頭に、試行的に

表-4 の組み合わせを用いる。これは単なる一例であり、当然ながらユーザーのPIに対する思想に応じて他の組み合わせを用いても全く構わない。

このような着想のもとに定義されたPIの空間分布を求めたところ(図-5)、太平洋側・日本海側を含む日本沿岸の大部分でPIは60点以上となり、関東沖で最大値を取る。物理-生物結合指標PIは、広域モデルは良好な再現性を有しているものと評価される。

5. おわりに

本研究では、広域モデル・超高解像度モデル・モニタリングシステムを統合した洋上風力発電施設(OWF)の適地選定・評価システムのコア部分である広域モデルを開発し、現地観測データとの比較による再現性検証を通じて、海域ごとの空間評価方法を検討した。広域モデルはJCOPE2-ROMSダウンスケーリング海洋循環モデルをベースに窒素循環モデルを統合したROMS-NPZDモデルであり、日本沿岸の任意の海域での物理量および生物・化学量の定量化が可能となった。特に物理量の再現性は水平・鉛直方向ともに非常に高いものであった。

さらに、新たなブロック評価指標を提案し、計算モデルによる膨大なデータから様々なパラメータを抽出して格子点ごとに定量的に評価する簡便な枠組みを提示した。提案されたブロック評価指標を応用することで、OWF構造物を敷設した際により高い漁礁効果が見込まれる海域を定量的に評価でき、さらにこれらを得点化することにより、適地を事前スクリーニングすることさえも可能になる。その際、例えば、施工や維持管理の容易さに関わるOWFに作用・関連する直接的な物理外力(水深・風速・波高など)に加えて、生物・化学量分布に関連す

る海底勾配・流速振幅・沖合亜表層の高栄養塩層までの水平距離・鉛直混合強度などを合理的に組み合わせで指標化することなどが考えられる。このように、今後は本研究の成果を進展させ、どこの海域がOWFとしての適地になりうるかを定量的に得点化して評価する枠組みに展開させていくことを考えている。

謝辞：本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)技術研究開発事業(課題番号：20356011)、科学研究費(課題番号：18H03798)の援助を受けた。

参考文献

- 1) 中田英昭：洋上風力発電に伴う環境影響の調査と評価～欧州の事例をもとに今後を展望する～, *Ocean Newsletter*, 460号, 海洋政策研究所, 2019.
- 2) Uchiyama, Y., Suzue, Y. and Yamazaki, H.: Eddy-driven nutrient transport and associated upper-ocean primary production along the Kuroshio, *J. Geophys. Res. Oceans*, Vol. 122, pp. 5,046–5,062, 2017.
- 3) Uchiyama, Y., Kanki, R., Takano, A., Yamazaki, H. and Miyazawa, Y.: Mesoscale reproducibility in regional ocean modeling with a 3-D stratification estimate based on Aviso-Argo data, *Atmosphere-Ocean*, Vol. 56, No. 4, pp. 212–229, 2018.
- 4) Fasham, M. J. R., H. W. Ducklow and S. M. McKelvie: A nitrogen-based model of plankton dynamics in the oceanic mixed layer, *J. Mar. Res.*, Vol. 48, pp. 591–639, 1990.
- 5) Gruber, N., H. Frenzel, S.C. Doney, P. Marchesiello, J.C. McWilliams, J.R. Moisan, J.J. Oram, G.-K. Plattner and K.D. Stolzenbach: Eddy-resolving simulation of plankton ecosystem dynamics in the California Current System, *Deep-Sea Res. I*, Vol. 53, pp. 1483–1516, 2006.
- 6) Morel, A. and Berthon, J.F.: Surface pigments, algal biomass profiles, and potential production of the euphotic layer: Relationships reinvestigated in view of remote-sensing applications, *Limnol. Oceanogr.*, Vol. 34, pp. 1545–1562, 1989.
- 7) Willmott, C.J.: On the validation of models, *Phys. Geogr.*, Vol. 2, pp. 184–194, 1981.

(Received March 17, 2022)

(Accepted July 21, 2022)

DEVELOPMENT OF AN EVALUATION SYSTEM FOR SUITABILITY OF OFFSHORE WIND FARM SITES AROUND JAPAN BASED ON A REGIONAL OCEAN CIRCULATION–BIOGEOCHEMICAL MODEL

Toshitake TAMAI, Yusuke UCHIYAMA, Xu ZHANG,
Eiji MASUNAGA, Kazuhiro TSUJI and Hidekatsu YAMAZAKI

Expansion of offshore wind power generation facilities (or offshore wind farm; OWF) has become a social issue for achieving carbon neutrality. One of the problems unique to Japan is the necessity to obtain the consent of fishing rights holders before constructing OWFs. The ultimate goal of the present study is to develop a comprehensive consensus-building system by quantitatively evaluating the nutrient supply to the ocean surface layer by enhanced vertical mixing associated with OWF facilities, which is often referred to as a "fishing bank effect" to provide gathering places for fishes. This manuscript particularly introduces a core component of the proposing system based on ROMS-NPZD regional circulation-biogeochemical model that further drives an embedded high-resolution model around the OWFs. Some results on the spatial evaluation method for each coastal and oceanic area to seek for suitable OWF sites are reported.