

---

## 報 告

---

# メソ解析を用いた日本海における 月平均風ポテンシャルマップ作成の試み

近澤 昌寿\*

### 要 旨

海洋再生可能エネルギー発電の実際の運用や設置・維持管理に資する新しいポテンシャルマップを提案するため、気象庁で現業運用されているメソ解析を用いて、日本海における高度 80m で解像度 0.05 度 (約 5km) の月平均風ポテンシャルマップの作成を試みた。メソ解析については銚子沖の洋上風況観測タワーでの観測値と比較を行い、その変化傾向を概ね再現できていることを確認した。

今回、月平均風向風速図のほか、一例として洋上風力実証フィールドの気象要件の適否を示す月平均風速 7m/s 以上の出現月数分布図を作成した。その結果、新潟県や能登半島周辺、山陰地方西部などで洋上風力実証フィールドの気象要件を満たす海域が広く存在すること、また、事業用フィールドの適地とされる北海道宗谷地方では通年で風が強く、設置や維持管理に適した静穏な期間が短いことなどを確認した。

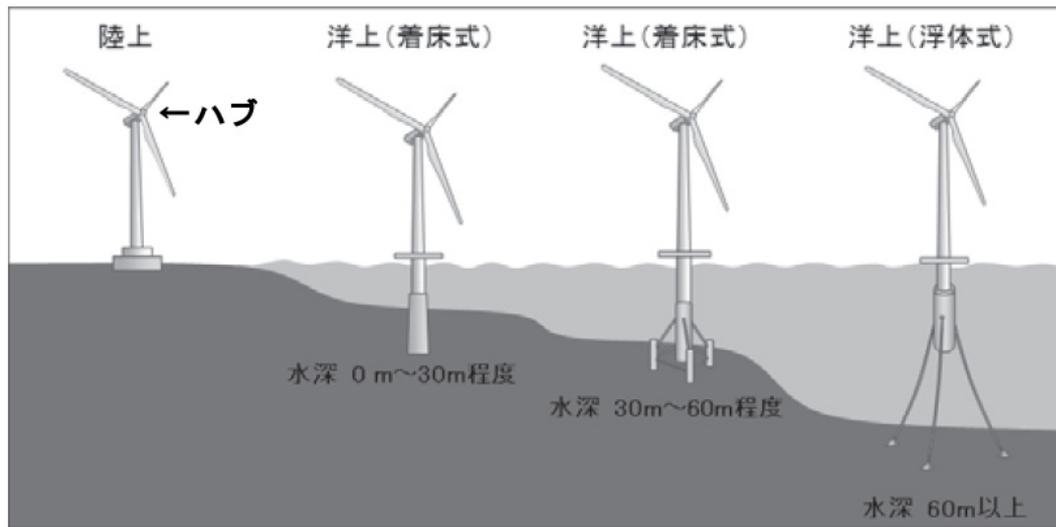
### 1. はじめに

近年、エネルギー安全保障や地球温暖化対策などの観点から、再生可能エネルギーの利用への関心が高まっている。特に、広大な排他的経済水域 (EEZ) を有する日本では、洋上風力、波力、海流、潮流、海洋温度差などの海洋再生可能エネルギーはエネルギー埋蔵量が大きいと考えられており、その実用化が期待されている (新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO), 2011)。このことに対応して、環境省や NEDO などの国の機関により、海洋再生可能エネルギー導入や普及の施策検討の基礎資料を目的として、海洋再生可能エネルギーポテンシャルに関する分布図 (以下、ポテンシャルマップ) が作成されてきた (環境省 (2010; 2015), NEDO (2011))。

特に洋上風力については、環境省 (2010; 2015) 以外にもこれまでも様々な洋上風況図が作成されてきた。これは世界的にもまだ実験段階である他の海洋再生可能エネルギーに比べて、洋上風力発電は日本でも実用化が近いと考えられるが、一方で、定常的な観測が極めて困難な洋上での、風車ハブ (風車羽根の付け根部分, 第 1 図) の高度 (60 ~ 80m) における風況の推定についての手法が模索されてきた面もある (大澤, 2005)。船舶などによる一時的な観測を除いた風況推定の手法には、a) マイクロ波放射計・散乱計、合成開口レーダーなどの衛星リモートセンシングを用いる手法、b) 気象機関の客観解析値や数値予報値を用いる手法、c) 気象機関などの客観解析値や数値予報値を入力として、物理モデル・気

---

\* 地球環境・海洋部日本海海洋気象センター



第 1 図 洋上風力発電の種類 (国立国会図書館調査及び立法考査局 (2013) の第 1 図を抜粋・加工)  
水深によって基礎部分が変わるが、洋上の風車はいずれも同じ。

象モデルを用いる手法などがある (大澤, 2005 ; 2012)

日本周辺海域を対象とした洋上風況図としては、a タイプでは、壺内ほか (2011) や大澤ほか (2009) のマイクロ波散乱計 QuikSCAT/SeaWinds による年平均風速図、大澤ほか (2009) で紹介されている永井らのマイクロ波放射計 SSM/I による年平均風速図などがある。また b タイプには、鈴木 (2012) の気象庁メソモデル解析値による洋上風力エネルギー分布図、大澤ほか (2006) の気象庁メソ解析による年平均風速図などがあり、c タイプでは環境省 (2010; 2015) の年平均風速図 (米国環境予測センター (NCEP) 再解析データを入力として、局地気象予測評価システム (LOCALS: Local Circulation Assessment and Prediction System) により解像度 1km で計算) や NEDO (2006) の年平均風速図 (気象庁領域解析値を入力として (鈴木ほか, 2003), 局所的風況予測モデル (LAWEPS: Local Area Wind Energy Prediction System) により解像度 500m で計算) などがある。このようにポテンシャルマップに関しては、まだまだ洋上風力が中心ではあるが、実用化に向けた基礎資料は充実してきているといえる。

一方で、日本の海洋再生可能エネルギー実用化はなかなか進んでいなかった。その原因として、

エンジニアリング振興協会 (2011) は、開発技術の発電効率や発電設備の耐久性についての実証試験が行うことが出来る実海域 (以下、実証フィールド) が存在しないことを挙げている。そして、海外に比べて実証フィールド整備が遅れているのは、海洋エネルギーに開発に対する政府の取組状況、海域の土地管理のあり方、海域利用に関する法規制の状況が問題であり、今後は産学官の連携や国と地方の協力が必要と提言している。そのような状況下で東日本大震災が発生し、従来のエネルギー政策見直しの必要から、内閣官房総合海洋政策本部 (以下、総合海洋政策本部) は、海洋再生可能エネルギー利用促進に関する今後の取り組み方針について決定し、国として実証フィールド整備などを積極的に進めていくことを明らかにした (総合海洋政策本部, 2012)。そして、2013 年 2 月には都道府県に対して実証フィールド整備に関する要件を提示し、その公募を開始した (総合海洋政策本部, 2013)。その後、7 県から 11 海域の提案があり、2014 年には新潟県粟島浦村沖、佐賀県加部島沖、長崎県久賀島沖、椛島沖、江島・平島沖、沖縄県久米島町の 6 海域が、2015 年には岩手県釜石市沖の 1 海域が実証フィールドに選定された (総合海洋政策本部, 2014 ; 2015)。このように、資源エネルギー庁などによる福島県沖

やNEDOなどによる銚子沖や北九州沖などの既存の洋上風力実証事業に加えて、ここ1～2年で実証フィールドの拡充が進んできている。

ここで、総合海洋政策本部（2013）による実証フィールドの気象・海象条件（第1表）では、従来の年平均値ではなく月平均値が条件として挙げられている。また、日本船舶技術研究協会（2013）は、洋上風力発電コストの4割程度を占めるとされる設置・維持管理費に係る基礎資料作成のため、気象庁の数値予報モデルや波浪モデルのGPVを用いて、日本沿岸の代表点における季節別の最大風速連続日数や最大波高連続日数などを調査している。実証事業や実証フィールドの拡充などに伴い、ポテンシャルマップは海洋再生可能エネルギー導入や普及の施策検討を目的とした年平均図ではなく、実際の運用や設置及び維持管理などに資するより実用的な季節平均図や月平均図が求められる段階になったと考えられる。そこで、日本海洋気象センターでは、気象庁が所有する数値予報モデルの初期値解析の一つであるメソ解析を用いて、日本海における月平均風ポテンシャルマップを試作した。今回、新たなポテンシャルマップを提案するとともに、現業データの二次的利用の一例として報告する。

## 2. 洋上風力を対象とした理由

主な海洋再生可能エネルギーは第1表に挙げたような5種類である。このうち、潮流、海流、海洋温度差の3種類は、日本海側では事業用フィールド、実証フィールドともに候補海域がかなり限定されると考えられることから調査対象外とした。具体的な理由は次のとおりである。いずれも対象海域が限定されるのは日本海の海洋気象環境によるものである。潮流は日本海側では満干の潮位差が小さく、海象条件を満たす海域がほとんどないと考えられ、海流は対馬暖流で安定して1m/s前後の流速が見込まれるのは津軽海峡周辺のみと考えられることから対象から外した。また、海洋温度差については、日本海固有水が存在するため海面水温が20℃を超える夏季には20℃以上の温度差が見込まれるが、実証フィールドでは既存の海洋深層水の取水施設が必須条件であり、事業用フィールドでは年平均20℃以上の温度差が要件として求められることから調査を見送った。

一方、洋上風力は、日本海においても発電事業の適地が多数存在することは従来の調査で確かめられており（環境省（2015）、NEDO（2006））、実証フィールドであれば、適地がさらに広がることが容易に想像できる。波力については、日本

第1表 海洋再生可能エネルギー実証フィールドの気象・海象及び水深条件（総合海洋政策本部（2013）より抜粋及び一部加工）

エネルギーの種類	気象・海象条件	水深条件
浮体式洋上風力	高さ80mでの風速で、月平均値で7m/s以上の月が年間で3か月以上	200m以浅
波力	有義波高で、月平均値が1.5m以上の月が年間で3か月以上	200m以浅
潮流	最大流速（大潮時）が1.5m/s以上	20m～200m
海洋温度差	深層と表層の海水の温度差が、月平均値で20℃以上の月が年間で3か月以上 ※	なし
海流	平均流速が1m/s以上	なし

※ 既存の海洋深層水取水設備の利用を前提とする

海には事業用フィールド適地として期待される 2m 以上の年平均有義波高の海域は存在しないが (NEDO (2011)), 月平均有義波高では, 沿岸波浪計の気候値により日本海側では 12 月~2 月には 1.5m を超えていることが確認できており (杉本・近澤, 2008), 実証フィールドであれば広い範囲で気象要件を満たすことが見込まれる. 一方, 発電設備の設置及び維持管理を考慮すると風速や波高が小さい期間も必要な情報となってくる (日本船舶技術研究協会 (2013)). 以上より, 洋上風力及び波力については月々の情報として月平均ポテンシャルマップを作成する価値があると考えた.

次に, 洋上風力及び波力を調査するための気象庁における解析用データセットの状況について述べる. まず洋上風力については, 衛星マイクロ波散乱計の観測値のほか, 数値予報モデルの初期値となる客観解析値や気候モデルによる長期にわたる再解析値などが存在する. ただし, 実用的なポテンシャルマップは主に沿岸域が対象として想定され, ある程度の解像度が求められることから, 解像度が 5km より高く現業運用されている数値予報システムの客観解析値が適していると考えられる. そのような客観解析としては, 局地解析, メソ解析, 毎時大気解析があり, その選択については次章で説明する.

月平均有義波高については, 2007 年 5 月に高解像度化した沿岸波浪モデルは解像度 0.05 度 (約 5km) で, 数値予報モデルの客観解析とほぼ同程度の解像度である. しかし, 沿岸波浪モデルはデータ同化を 2012 年 10 月に開始したばかりで, 客観解析値としてのデータ蓄積期間が短いため, 波浪のポテンシャルマップについては今回作成を見送った.

月平均風ポテンシャルマップを作成するに当たっては, 総合海洋政策本部が提示した浮体式洋上風力実証フィールドの気象条件及び水深条件 (第 1 表) を参考とした. これら気象条件及び水深条件の内容について確認しておく. なお, 総合海洋政策本部 (2013) には気象条件及び水深条件ともに根拠が示されていないので, 環境省 (2010) を参考にした. まず気象条件の高度 80m は, 最近

の主な風車のハブ高さを念頭においたものとみられる. 風速については, 発電事業用の最低条件は年平均風速 6.5m/s であり, 夏季に風速が小さくなる日本においては, 発電事業用の適地 (年平均風速 8m/s 以上) とされる北海道や東北地方以外では条件を満たさない可能性が高い. 実証フィールドとして広く立候補を促すために条件を緩くしたものとする. 水深条件 200 m は, 風車を備え付ける基礎部分の条件であり, 現状では水深 200m 程度が限界のようである. なお基礎部分はその経済性から, 海底に直接基礎を設置する「着床式」(50 ~ 60m 以浅) と浮体を基礎として係留等で固定する「浮体式」(50 ~ 60m 以深) とで使い分けられるが, 風車自体は変わらない (第 1 図, 国立国会図書館調査及び立法考査局 (2013)).

### 3. 月平均風況図の作成データ及び方法

気象庁現業で運用されている解像度 5km 以下の客観解析には, 第 2 章で挙げたように局地解析, メソ解析, 毎時大気解析がある. いずれも解像度 5km であるが, 用いる第一推定値, データ同化手法, 同化される観測データなどが異なる (第 2 表). このうち, 今回の風況図作成にはメソ解析を使用した. 以下はその理由である. まず毎時大気解析値は, 即時用のため毎時データが存在し, メソ解析にはないアメダスの風と気温が同化されている点がメソ解析より優れている. 一方で, 同化手法, 同化される観測データの種類・数についてはメソ解析の方が優れており, また, 毎時大気解析でのアメダスデータの同化は, 海上にはあまり影響が出ないように設定されていることから (永田, 2014), 同じ第一推定値であれば, メソ解析を用いれば十分と考えた. 次に局地解析は, データ同化の手法や種類はメソ解析に劣るものの, アメダスの気温と風が同化され, また, 第一推定値には解像度 2km の局地モデルの予報値が用いられている. 陸上では地上付近の風速はメソモデルに比べ, 局地モデルの方が観測値に近いことが報告されており (平原, 2010), 沿岸域海上においても同様の傾向が期待される. このことから局地解析がメソ解析に比べて観測値に近いことが期待されるが, 局地解析は運用開始が 2013 年 5 月からで

あり、データ蓄積期間が短い。

これまでポテンシャルマップに用いられてきた年平均風速であれば年ごとの差が小さくなるため、ある年を代表値とすることがある程度可能である(鈴木(2012), NEDO(2006), 大澤ほか(2006)など)。一方で、月平均風速では年ごとの差が年平均風速に比べて大きくなり、ある年の値に代表性を持たせるのは困難であると考えられる。第2

図は、第4章で検証を行った銚子沖(北緯 35.65 度, 東経 140.85 度, 高度 80m)における月平均風速及び年平均風速の時系列である。データにはメソ解析を用いた。年平均風速では年々差が 0.5m/s 程度なのに対して、月平均風速では月によってはその差が 2m/s 以上に広がっている。このことから、1~2年のデータで月平均風速の代表値とするのは難しいと考え、今回は局地解析の使用を見

第2気象庁で現業運用されている解像度 5km の客観解析(永戸(2014)を抜粋・加工)

(a) 各客観解析の主な諸元

客観解析名	データ期間※1	第一推定値	時間間隔	データ同化	観測待受時間
局地解析	2013/05/29~	局地モデル	1時間	3次元変分法	30分
メソ解析	2009/04/07~	メソモデル	3時間	4次元変分法	50分
大気毎時解析	2006/03~	メソモデル	1時間	3次元変分法	20分

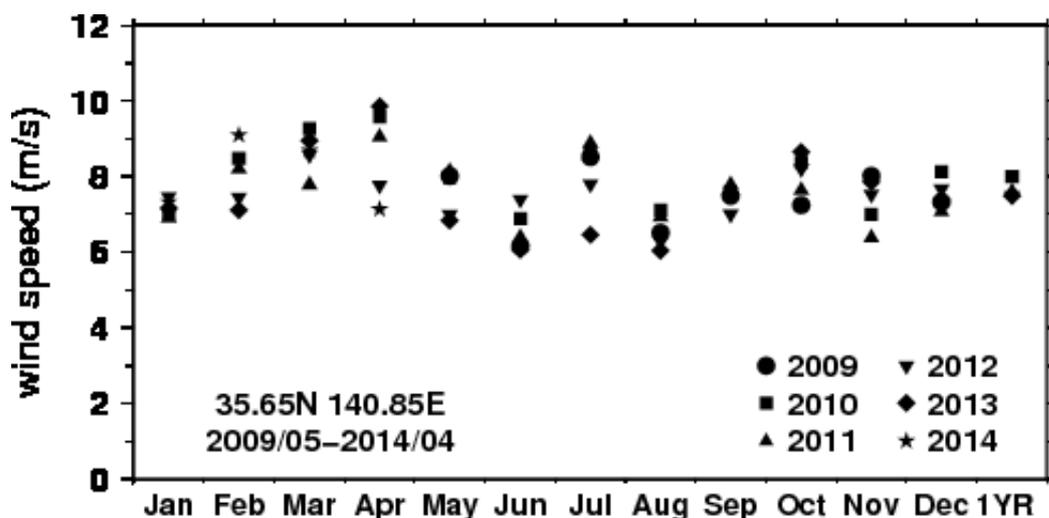
※1 解像度5kmになってからの期間

(b) 同化される観測データ(衛星可視赤外イメージャ以外の衛星データ除く)

データを利用している場合は○, していない場合は×とし、同じ観測機器でも利用している項目が異なる場合にはそのデータセットを1, 2と割り振った。

データ名	局地解析	メソ解析	毎時大気解析
地上(1:気圧, 比湿, 2:気圧, 積雪深)	1	2	×
アメダス(1:気温, 風, 2:積雪深)	1	2	1※2
船舶・ブイ(気圧)	○	○	×
ラジオゾンデ(気圧, 気温, 湿度, 風)	○	○	×
航空機(風, 気温)	○	○	○
ウィンドプロファイラ(風)	○	○	○
空港気象レーダー(1:ドップラー速度, 2:解析雨量, ドップラー速度, 相対湿度)	1	2	1
気象レーダー(ドップラー速度)	○	○	○
衛星可視赤外イメージャ(大気追跡風)	○	○	○
台風ボーガス(海面更正気圧, 風)	×	○	×

※2 アメダス観測については、解析値を観測値に強く寄せる設定。海岸付近のアメダス観測の強い影響が海上に及ばないように解析後にフィルターを適用



第2図 千葉県銚子沖（北緯 35.65 度，東経 140.85 度）における期間中各月の月平均風速及び年平均風速

月平均風速はメソ解析から算出した高度 80m の風速より求めた。期間は 2009 年 5 月～2014 年 4 月。図の右端は年平均風速で，2010～2014 年の 4 年分。

送った。

メソ解析の解析時間間隔は 3 時間と局地解析などの 1 時間に比べて長い，大気境界層下層での風速の日変化は再現できており（後藤・大塚，2011），時間分解能としては問題ないと考えられる。また，アメダスの風や気温データは同化されていないが，地上や海上，高層の直接観測から衛星リモートセンシングまで多種多様な観測値が 4 次元変分法によって同化されている。そして，高解像度化による解析は 2009 年 4 月に始まってからすでに 6 年以上経過しており，今回の目的の月平均風ポテンシャルマップ作成に最も適した客観解析と考えた。

ここで，現業運用される数値予報モデルや客観解析は，精度向上や不具合解消のため，モデルや解析の改善や取り込む観測データの変更などが常に行われており，長期データの統計については，手法の変更などに注意が必要である（大澤，2005）。メソモデル・メソ解析においても，2009 年 4 月の非静力学格子モデルに基づく 4 次元変分法の導入及び高解像度化以降にも，比較的大きな変更として 2013 年の対

象領域の拡大や予報時間の延長のほか，2010 年 11 月にはメソモデルの対流スキームの変更，2014 年 11 月にはメソ解析での積雪域解析手法の改良，2015 年 5 月にはメソモデルの境界層過程の改良等がなされている（気象庁予報部，2010；2014；2015）。このうち，対流スキーム変更については，その変更に伴い地上付近では毎時風速の平均誤差が最大で 0.1m/s 程度増加していることが報告されているが（成田・森安，2010），月平均風速の年ごとのばらつきよりも十分に小さいため，このスキーム変更前後のデータについては均一データとして扱うことにした。一方，2014 年 11 月以降の変更については，本調査時点でそれらが海上風に与える影響についての資料がなかったため使用を見送った。

最後に，メソ解析を元に作成した今回の調査用データセットについて説明する（第 3 表）。今回採用した浮体式洋上風力の実証フィールドの気象条件である高度 80m は，メソ解析には該当する層がない。このため，この高度の風速をどのように推定するかが一つのポイントになるが（大野，2012），本調査では地表面（高度 10m）や指定気

圧面の値ではなく、モデル面上の上下の層の値から内挿することで算出した。また、メソ解析はランベルト座標系であることから、解像度0.05度(約5km)の等緯度経度座標系への変換を行った。今回、月平均値作成にあたり、各月を1日00UTC～末日21UTCとした。また上述のように、風速の年々変動の影響を小さくするために、2009年5月～2014年4月の5年間のデータを用いて平均処理を行なった。今回の月平均風ポテンシャルマップは観測値の代替が目的であるため、月平均風速は風速の絶対値を平均して算出している。また、月平均風向は実証フィールドの気象条件には含まれていないが、参考情報になると考え、森(1983)で述べられているように風配ベクトルの平均風向を求めることで「風向の平均」として算出した。

#### 4. 結果及びその検証

NEDOにより2012年10月からは福岡県北九州市沖で、2013年1月からは千葉県銚子沖で、洋上風況観測タワー(以下、観測タワー)での海上風観測が行なわれている。福島ほか(2014)では、銚子沖の観測タワー高度80mでの2013年2月～2014年1月の月平均風速が示されている。そこで日本海域外ではあるが、その観測値と今回の解析値の比較することで、月平均風速の再現性につ

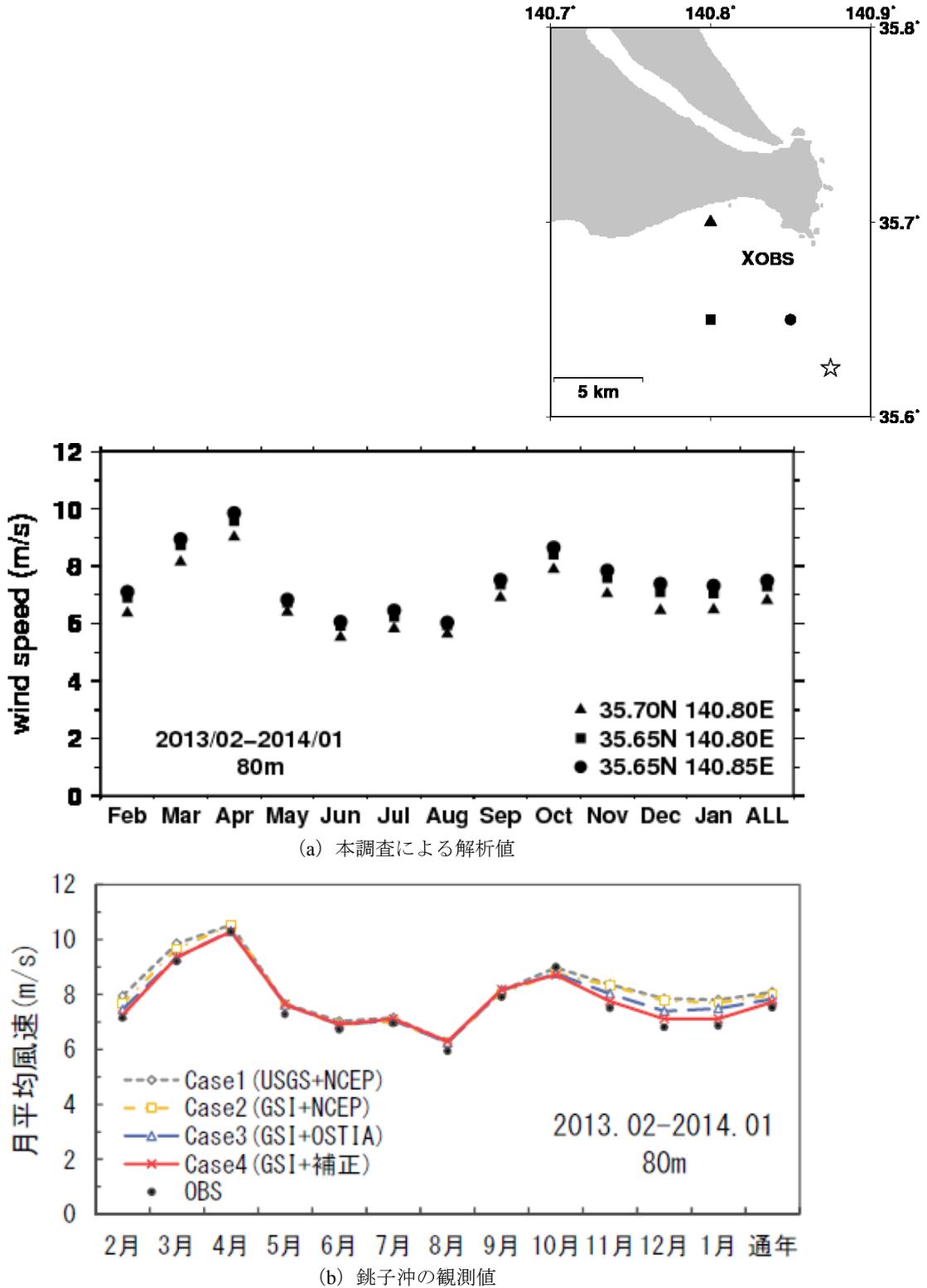
いて確認を行った(第3図)。なお、比較は銚子沖の観測タワー近隣3地点の解析値をそのまま用いた。

第3図によると海岸に近い北緯35.70度、東経140.80度の点では、沖側2地点に比べ期間を通して0.5～1m/s程度の負バイアスが見られる。これは海岸に近い陸上の地表面粗度の影響が現れているものと考えられる。沖側の2点については、期間を通して概ね観測タワーの平均風速と同程度であり、その誤差も各月で最大で0.7m/s程度、通年では0.3m/s程度で収まっている。

ここで、見崎ほか(2014)は和歌山県白浜沿岸海域を対象に、メソ解析の結果を米国大気研究センター(NCAR)で開発されたメソ気象モデル(WRF: weather research and forecasting model)によりダウンスケーリングして得られた高度10m風について、沿岸の観測塔及び約18km沖のブイでの観測値で検証した。見崎らの結果は、メソ解析では観測値に比べて沿岸付近で0.6m/s、約18km沖でも0.4m/s程度風速が小さくなること、及びそのバイアスがメソ気象モデルWRFによるダウンスケーリングで改善されることを示している。地形や卓越風向及び観測高度が異なるが、銚子沖でも同様な影響が考えられる。今回の解析値が観測タワーの月平均風速をある程度再現できている

第3表 月平均風況図用に作成したデータセット

元データ	メソ解析
データ期間	2009年5月～2014年4月
各月の期間	1日00UTC～末日21UTC
座標系	等緯度経度座標系(ランベルト座標系より変換)
水平解像度	0.05度(約5km)
高度	80m(モデル面の上下の層から内挿)
月平均風速	風速の絶対値の平均
月平均風向	風向の平均(風配ベクトルの平均風向)



第3図 本調査での解析値 (a) と千葉県銚子沖の洋上風況観測タワーの高度80m観測値 (b) との比較 (bは福島ほか (2014) の第10図から抜粋)

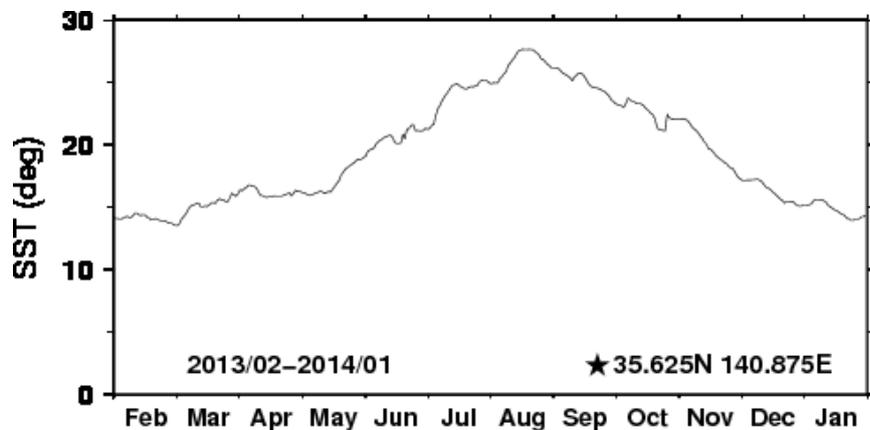
右上地図上のXはNEDOの洋上風況観測タワーの位置。比較のための解析値はその近隣の3点を採用した (地図中の●, ▲, ■とaの記号は対応)。対象期間は2013年2月～2014年1月で、図の右端は対象期間の年平均風速。bは黒点が観測値、各折れ線は土地被覆及び海面境界を変更した場合のメソ気象モデルWRFを用いた比較実験の結果で、いずれも福島ほか (2014) による。なお、地図上の☆は第4図で用いたMGDSSTの格子点。

のは、観測タワーよりも沖合の値を採用したためとみられる。

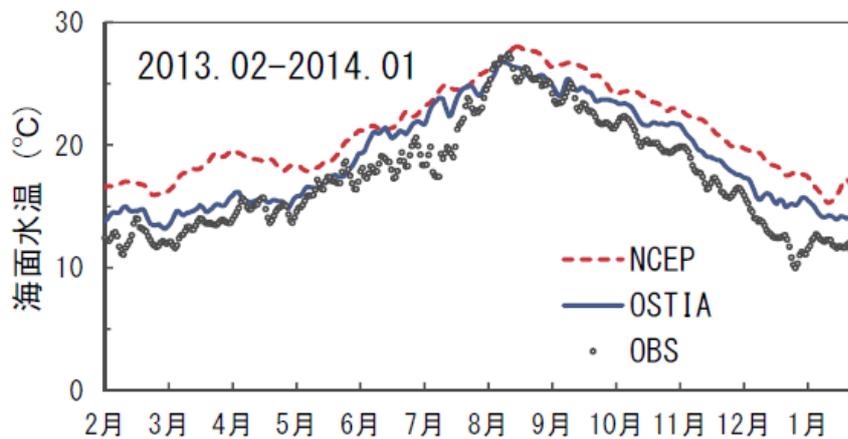
福島ほか (2014) では、銚子沖の観測タワー高度 80m 風況を対象としたメソ気象モデル WRF による比較実験により、地表面粗度や海面水温 (SST) が冬季の風速の再現精度に寄与していることを示した。メソモデルの海面境界である気象庁全球海面水温解析 (MGDSST, 栗原ほか (2006)) の SST の再現性は、福島らが用いた英国気象局の OSTIA と遜色がないことから (第 4 図), 今回

の冬季の解析値が持つ海面水温による風速の誤差は、福島らの OSTIA による実験結果 (第 3 図 b の case3 と case4 の差) と同程度の 0.5m/s 程度と考えられる。

また、6、7 月には観測値に比べて 0.7m/s 程度の負バイアスが見られる。同じような負バイアスは 8 月には見られないので一時的である可能性もあるが、今後は、もう少し統計期間を延ばして夏季に系統的に生じるものではないかについて確認する必要がある。



(a) メソモデルで用いられている MGDSST 速報値の季節変化



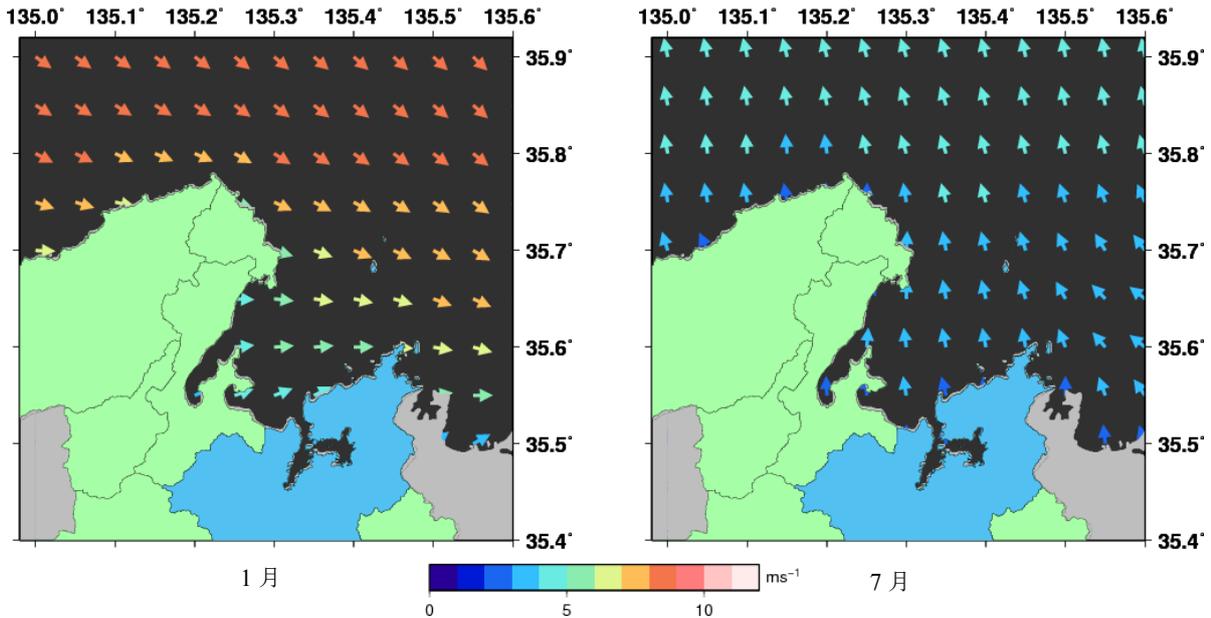
(b) 観測タワーでの観測値, NCEP-FNL, OSTIA の季節変化

第 4 図 千葉県銚子沖の海面水温の比較 (b は福島ほか (2014) の第 5 図から抜粋)

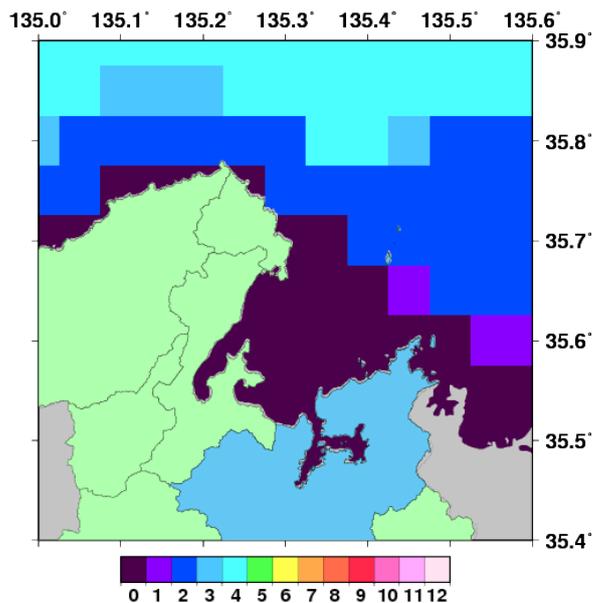
a は気象庁全球 SST 解析 (MGDSST) による銚子沖 (北緯 35.625 度, 東経 140.875 度) における海面水温の 2013 年 2 月～2014 年 1 月の季節変化. b は福島ほか (2014) による観測タワー, NCEP-FNL, 及び OSTIA による銚子沖 SST の同期間の季節変化.

最後に、今回提案する月平均風ポテンシャルマップを紹介する。第5図は従来からあるような月平均風向風速図で、日本海海洋気象センターが立地する舞鶴市周辺の京都府北部海域における1月と7月を例として示した。このような月平均風向風速図は、各月の対象海域の風況を知ることができて有益である。一方で、条件にあった期間や海

域を俯瞰するには不便である。そこで、各月の解析値を元に条件に応じた月数分布図を作成してみた。その一例が、洋上風力実証フィールドの気象条件である月平均風速7m/s以上の出現月数分布図である(第6図)。この図によれば、例えば丹後半島の風下側にあたる海域は実証フィールドにあまり適さないことが一目で分かる。



第5図 京都府北部海域における1月(左)及び7月(右)の高度80mでの月平均風況図  
舞鶴市は水色で、それ以外の京都府の市町村は緑色で着色。

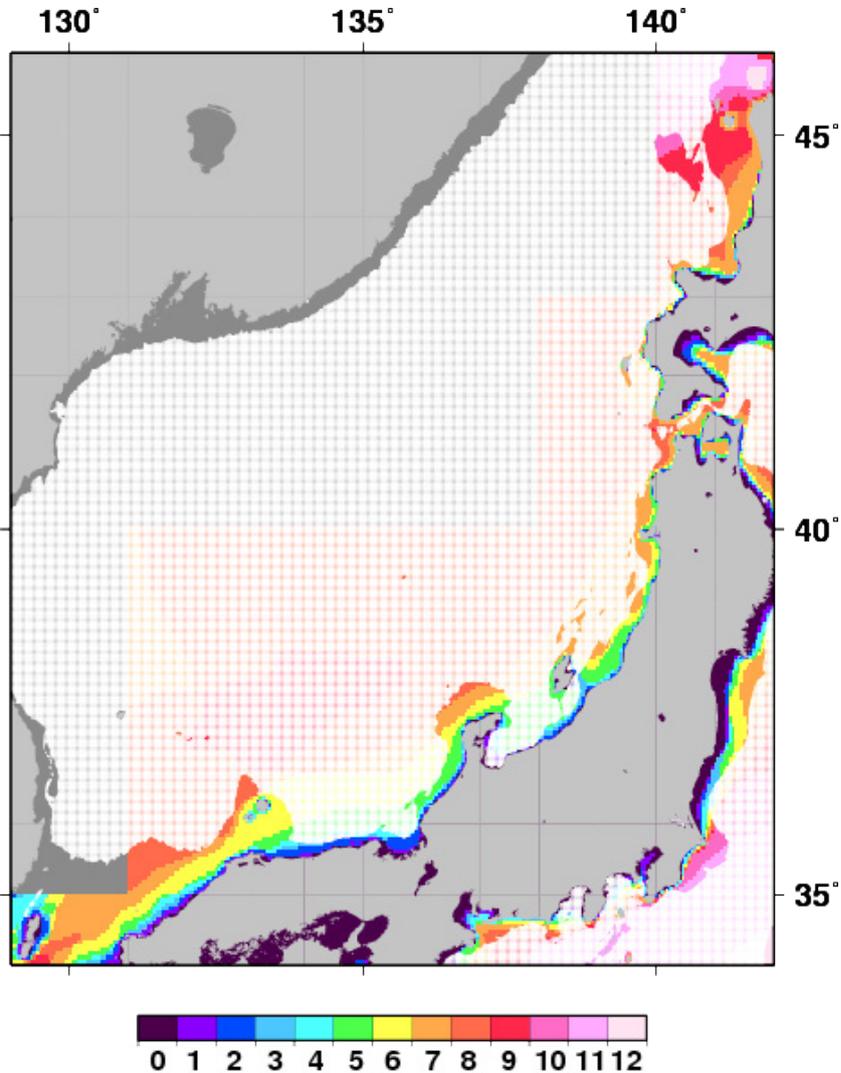


第6図 京都府北部における高度80mの月平均風速が7m/s以上の出現月数分布図  
舞鶴市は水色で、それ以外の京都府の市町村は緑色で着色。

第7図は第6図と同じ条件で日本海全域に拡張した図である。北陸地方や山陰地方は年平均風速6～7m/s程度で事業用としてあまり適さないとされるが（環境省，2010），月平均風速7m/s以上の月数で見ると，新潟県沿岸や佐渡島周辺，能登半島周辺などでは5か月程度，島根県や山口県の一部では4～5か月，隠岐の島周辺では5～6か月と実証フィールドの気象及び水深条件を満たす海域が多数存在することが確認できる。また，北海道日本海側や東北地方日本海側は年平均風速が7.5m/sを超えており事業用適地とされるが，宗谷

地方などでは月平均風速7m/s以上の月が9～10か月にも及び，設置や維持管理に適した期間が短いことが第7図から分かる。このように月平均値を元にした月数分布図を作成することで，「月平均風速○m/s以下の月数」などのような設置・維持管理などに係る基礎資料も作成可能である。

なお，上述のように海岸線隣接の格子では海上風が過小評価されている可能性が高いので，第6図や第7図を実証フィールド選別などに使用する場合は，該当格子のほか，その外側に隣接する格子も参考にした方がよいかもしれない。



第7図 日本海沿岸域における高度80mの月平均風速が7m/s以上の出現月数分布図  
水深200m以深海域については，GEBCOの30秒水深データを用いてマスクをした。

## 5. まとめ

海洋再生可能エネルギー発電の実際の運用や設置・維持管理に資する新しいポテンシャルマップを提案するため、気象庁で現業運用されているメソ解析を用いて、日本海における月平均風ポテンシャルマップの作成を試みた。今回作成の対象とした高度 80m の風向・風速は、モデル面の上下の層からの内挿で算出し、座標系をランベルト座標系から、解像度 0.05 度（約 5km）の等緯度経度座標系に変換した。観測値の代替であるため、月平均風速は各時刻の風速の絶対値を平均することで算出した。また、年々変動の影響を小さくするために 2009 年 5 月～2014 年 4 月の 5 年分のデータを用いた。

算出した月平均風速についての再現性を確かめるために、銚子沖の風況観測タワーにおける高度 80m の 2013 年 2 月～2014 年 1 月の観測値との比較を行い、概ねその傾向を再現できていることを確認した。算出した月平均風については、風向風速の分布図を作成するとともに、各月の解析値を元に条件に応じた月数分布図を作成してみた。今回、その一例として作成した月平均風速 7m/s 以上の出現月数分布図により、新潟県や能登半島周辺、山陰地方西部などで洋上風力実証フィールドの気象及び水深条件を満たす海域が広く存在すること、また、事業用フィールドの適地とされる北海道宗谷地方では通年で風が強く、設置や維持管理に適した静穏な期間が短いことなどを確認できた。なお、今回作成した月平均風況図や月平均風速 7m/s 以上の出現月数分布図などは、日本海海洋気象センターのホームページ上で公開する予定である。

今回、ある程度長期間の現業データについて統計処理を試みた。現業運用の数値予報モデルや客観解析は日々発展しており、その出力結果は予報のみならず、時間・空間解像度や同化されているデータなどの要請から、今回のように統計データとしての利用が今後も見込まれる。ただし、現業システムは長期再解析とは異なり数値予報モデルや客観解析の中身が頻繁に更新されるため、データ期間中におけるシステム変更の有無やシステム変更がある場合の調査対象への影響についての確

認が必須である。本調査が現業データの二次的利用の一例となれば幸いである。

最後に、今回はデータ期間の関係から局地解析は使用しなかったが、解像度 2km の局地モデル予測値を第一推定値とし、アメダスの気温と風をデータ同化している局地解析を用いれば、沿岸域海上における風速の負バイアスが改善される可能性がある。今後は、モデルや解析のシステム更新の影響が小さい最低 3 年以上のデータセットを用いて、月平均風ポテンシャルマップの作成を行う予定にしている。また、こちらもデータ期間が短かったため作成を見送った有義波高についても、データ同化開始後の波浪モデル解析値と沿岸波浪計データの精度検証を行った後に、月平均有義波ポテンシャルマップを作成する予定である。

## 謝辞

海洋気象情報室の檜垣技術専門官には、高度 80m 海上風の算出処理に関してお世話になりました。数値予報課の田内技術専門官には、ランベルト等緯度経度の座標変換に関してご指導いただきました。また、編集委員である気候情報課の吉川予報官及び査読者の方からは、論文の構成ついて多くの貴重なご意見をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- エンジニアリング振興協会（2011）：平成 22 年度海洋資源・エネルギー産業事業化の実証フィールド整備に関する調査研究報告書。147pp.
- 福島雅人，山口敦，石原孟（2014）：メソスケールモデルを用いた洋上風況予測と不確かさの評価。風力エネルギーシンポジウム要旨，**36**，333-336.
- 平原洋一（2010）：統計的検証。平成 22 年度数値予報研修テキスト，4-10.
- 環境省（2010）：風力発電の賦存量および導入ポテンシャル。平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書，74-108.
- 環境省（2015）：風況データの整備。平成 25 年度

- 再生可能エネルギー導入拡大に向けた系統整備等調査事業報告書, 15-47.
- 気象庁予報部 (2010): メソモデル (MSM) の対流スキームの変更. 配信資料に関する技術情報 (気象編), **329**, 2pp.
- 気象庁予報部 (2014): 積雪域解析の改良に伴うメソモデルの冬季の地上気温予測の改善について. 配信資料に関する技術情報 (気象編), **407**, 2pp.
- 気象庁予報部 (2015): メソモデルの境界層過程の改良等による降水及び海上の気温予測の改善. 配信資料に関する技術情報 (気象編), **413**, 4pp.
- 国立国会図書館調査及び立法考査局 (2013): 海洋資源・エネルギーに関する科学技術の動向. 平成 24 年度調査報告書「海洋資源・エネルギーをめぐる科学技術政策」, 7-52.
- 後藤暁・大塚清敏 (2011): 気象庁メソ客観解析データの特性について (その 2 基準風評価高さの検討). 日本風工学研究会誌, **127**, 89-90.
- 栗原幸雄・桜井敏之・倉賀野連 (2006): 衛星マイクロ波放射計, 衛星赤外放射計及び現場観測データを用いた全球日別海面水温解析. 測候時報, **73**, 特別号, S1-S18.
- 見崎豪之・大澤輝夫・香西克俊・馬場康之・川口浩二 (2014): 白浜沿岸海域における WRF 及び MANAL による推定風速場の精度検証. 風工学シンポジウム, **23**, 505-510.
- 森征洋 (1983): 日本における平均風向と風向の定常度について. 天気, **30**, 217-223.
- 永戸久喜 (2014): 付録 A 数値予報システムおよびガイダンスの概要一覧表 A.1 数値予報システム. 平成 26 年度数値予報研修テキスト, 145-150.
- 成田正巳・森安聡嗣 (2010): メソモデルの対流スキームの変更. 平成 22 年度数値予報研修テキスト, 53-61.
- 日本船舶技術研究協会 (2013): 我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方について基礎検討調査報告書. 58pp.
- 大澤輝夫 (2005): 海上風況推定手法に関する研究レビュー. 風力エネルギー利用シンポジウム予稿集, **27**, 215-218.
- 大澤輝夫 (2012): 洋上風力エネルギー賦存量の推定とその技術的課題. 環境技術, **41**, 550-555.
- 大澤輝夫・片岡顕・Detlev Heinemann (2006): 日本列島周辺海域における風車ハブ高度での年平均風速分布に関する研究. 日本風力エネルギー, **30**, 109-112.
- 大澤輝夫・壺内伸樹・嶋田進・香西克俊 (2009): 日本周辺海域の洋上風況マップに関する研究. 風力エネルギー, **33**, 92-97.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2006): 局所風況マップ. (<http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/>, 2016.1.6 閲覧)
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2011): 海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務. 平成 22 年度成果報告書, 365pp.
- 総合海洋政策本部 (2012): 海洋再生可能エネルギー利用促進に関する今後の取組方針について. ([https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/torikumi\\_kongo/index.html](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/torikumi_kongo/index.html), 2016.1.6 閲覧)
- 総合海洋政策本部 (2013): 海洋再生可能エネルギー実証フィールドの要件の公表及び公募について. (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/koubo/201303/index.html>, 2016.1.6 閲覧)
- 総合海洋政策本部 (2014): 海洋再生可能エネルギー実証フィールドの選定結果について. (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/energy/201407/testfield20140715.html>, 2016.1.6 閲覧)
- 総合海洋政策本部 (2015): 海洋再生可能エネルギー実証フィールドの追加選定について. (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/energy/201504/testfield20150403.html>, 2016.1.6 閲覧)
- 杉本悟史・近澤昌寿 (2008): 気象庁沿岸波浪観測に基づく日本沿岸の波浪特性の調査. 測候時報, **75**, 特別号, S77-S95.
- 鈴木英之 (2012): 浮体式洋上風車の開発動向. 日本風力発電協会紙「JWPA」. (<http://jwpa>.

jp/2012\_pdf/88-20tokusyu.pdf, 2016.1.6 閲覧)

鈴木靖・宇都宮好博・三嶋宣明・橋本典明・  
永井紀彦 (2003) : 局所的風況予測モデル  
LAWEPS による海上風推定. 海洋開発論文集,  
**19**, 49-52.

壺内伸樹・大澤輝夫・嶋田進・香西克俊 (2011) :  
QuikSCAT 海上風データに基づく洋上風況  
データベースの作成. 風力エネルギー, **35**,  
1-6.