



令和4年度洋上風力発電の導入拡大に向けた 調査支援事業 (洋上風力発電に係る系統容量の暫定確保を 想定した事前調査等検討業務)

成果報告書

2023年3月
一般財団法人 日本気象協会

本事業の目的(1/2)



- 再エネ海域利用法に基づく洋上風力発電に係る促進区域の指定基準の一つとして、**系統確保要件※**が規定されている。これに基づき、現状では事業者が確保している**系統接続契約**を発電事業者公募に活用し、選定された事業者がその系統を承継することを前提とした制度運用が行われている。

※「発電設備と電気事業者が維持し、及び運用する電線路との電氣的な接続が適切に確保されることが見込まれること」

- しかし、事業者には系統容量の確保を求める現行制度は、以下の課題が存在する。
 - ①事業者が獲得した系統容量に区域の発電出力規模が依存することになるため、**区域の発電ポテンシャルを踏まえた適切な出力規模とっていない**可能性がある
 - ②複数の事業者によって**同一区域で重複した系統確保**を行われてしまい、必要規模以上の系統容量が押さえられることになり、本来接続できたはずの他電源が接続できなくなる

本事業の目的(2/2)



- このような状況を踏まえ、区域指定プロセスとも整合的な形で、適切な出力規模に対して必要な系統容量を国があらかじめ暫定的に確保する仕組み(系統確保スキーム)について、国の審議会等を通じて検討を進めている。
- この系統確保スキームに基づき系統暫定確保を行うにあたっては、以下の**事前調査**が必要となる。
 - ①風況等の自然的条件を勘案した、対象区域における発電設備の出力規模の調査
 - ②その規模に応じた系統容量の調査
 - ③接続検討を実施し、接続の蓋然性や接続費用に関する事前調査の実施※
- 本事業は、上記の系統暫定確保に係る**事前調査に必要な作業を実施する**とともに、その実施結果を踏まえて、本制度の在り方についての検証を実施した。

※系統接続の蓋然性等に関する調査結果については、国側で取扱いを整理した上で別途公表を予定。

本事業の調査手法

①風況等の自然的条件を勘案した、対象区域における発電設備の出力規模の調査



発電事業者に出力規模に関する意見聴取(主に事業性との観点)



②出力規模に応じた系統容量の調査

③接続検討および接続の蓋然性や接続費用に関する事前調査の実施



系統接続の見込みや公募時における前提条件、系統確保スキームの今後の在り方等を整理

有識者委員会を通じて
検討内容の妥当性・
今後の論点等を確認

有識者委員会を通じた意見聴取



- ・ 本業務の目的との整合性や全体的な妥当性を担保する観点から、有識者によって構成される委員会を設置し、計3回開催した。

委員構成及び開催実績

委員構成	下記3名の専門家(学識経験者等)から構成する。 ・北裕幸氏 (北海道大学教授) ・永尾徹氏 (足利大学特任教授) ・由本勝久氏(電力中央研究所上席研究員)
開催実績	第1回(2022年11月24日) オンライン開催 【議題】 (1) 本事業の目的と調査の進め方について (2) ケーススタディ海域における検討状況と検討上の論点
	第2回(2023年3月10日) オンライン開催 【議題】 (1) 発電設備モデルの検討方法と調査結果の妥当性確認 (2) 発電事業者からの意見を踏まえた出力規模の妥当性確認 (3) 出力規模を踏まえた系統接続及び接続費用の蓋然性について
	第3回(2023年3月23日から2023年3月28日まで)書面開催 【議題】 ・本事業全体の総括

発電設備モデルの調査結果

1. 発電設備モデルの検討方法と調査結果 ……p 6～16
2. 発電事業者からの意見を踏まえた出力規模の妥当性確認 ……p17～19
3. 出力規模を踏まえた系統接続の蓋然性について ……p20～21
 まとめ(制度面での示唆) ……p22

対象とした5海域の概要(1/2)

- 再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定に向け「**一定の準備段階に進んでいる区域**」に整理されている、北海道の5区域が対象。



5海域の位置図

出典:地理院タイル(一部加工・追記)

Japan Weather Association All Rights Reserved.

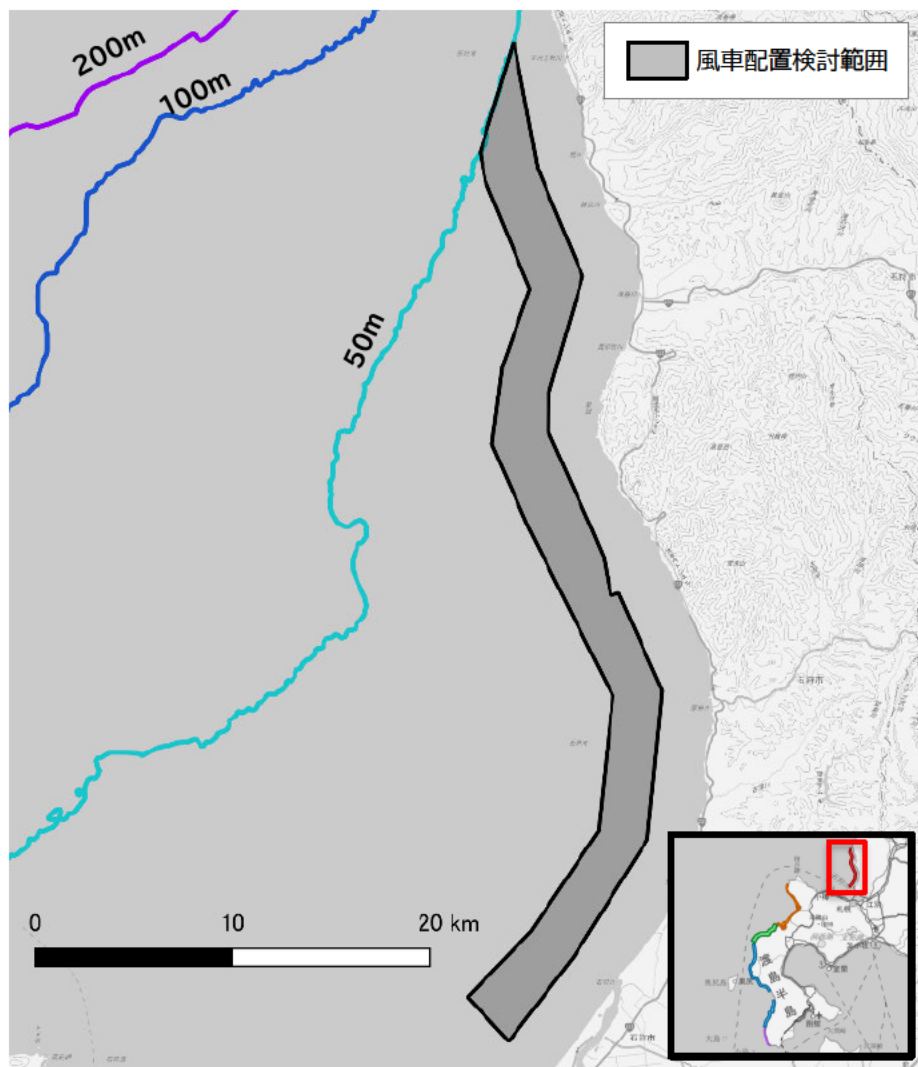
対象とした5海域の概要(2/2)

- 各海域の自然・社会的条件は以下に示す通り。

	石狩市沖	岩宇・南後志地区 沖	島牧沖	檜山沖	松前沖
面積(km ²)	122	158	65	208	23
水深(m)	15~50	~50	~50	~50	10~50
離岸距離(km)	2.5~6	1~3	~3	~4	~2
海岸線沿い 全長(km)(概算)	60	70	40	110	25

※この表は自治体提供情報を元に記載した。

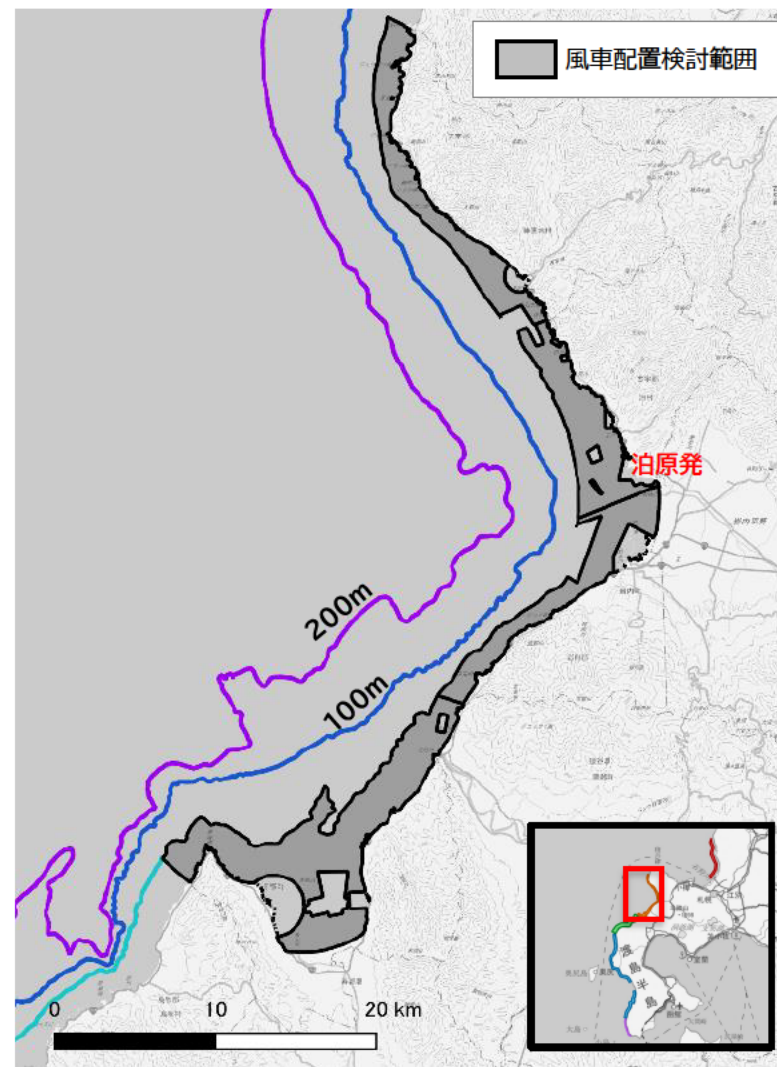
対象とした5海域の詳細(1/3)



石狩市沖

出典:地理院タイル(一部加工・追記)

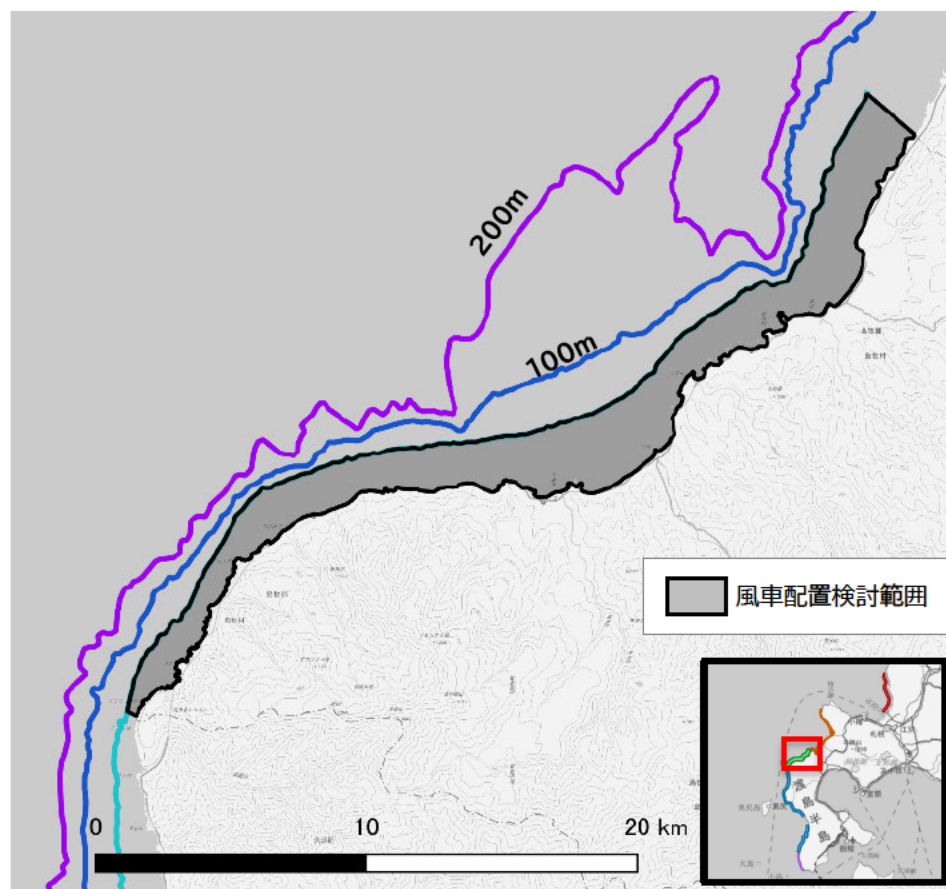
※風車配置検討範囲は、自治体から情報提供のあった海域の領域と対応させたもので、これを配置検討の初期範囲としている。



岩宇・南後志地区沖

出典:地理院タイル(一部加工・追記)

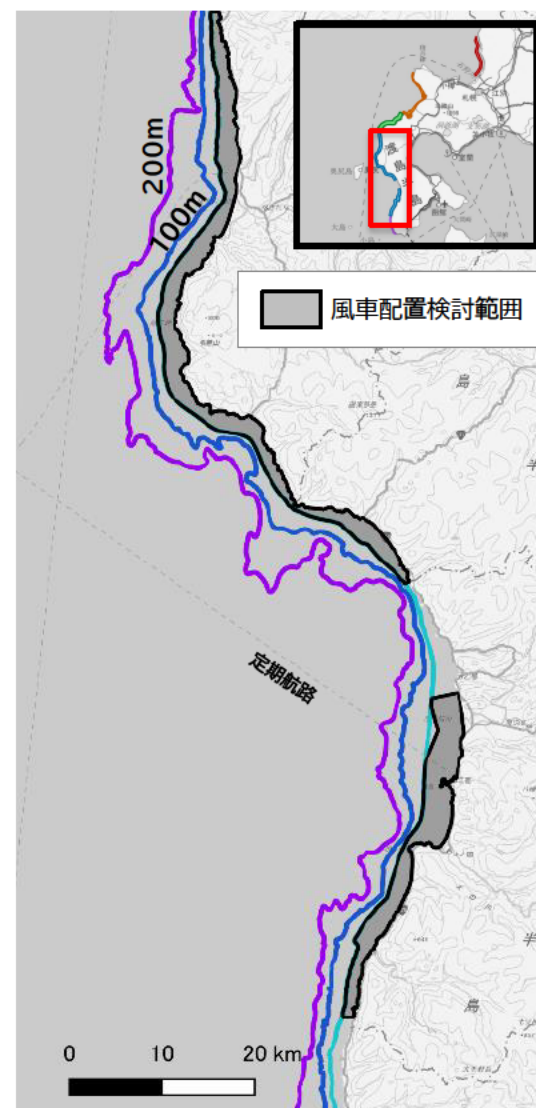
対象とした5海域の詳細(2/3)



島牧沖

出典:地理院タイル(一部加工・追記)

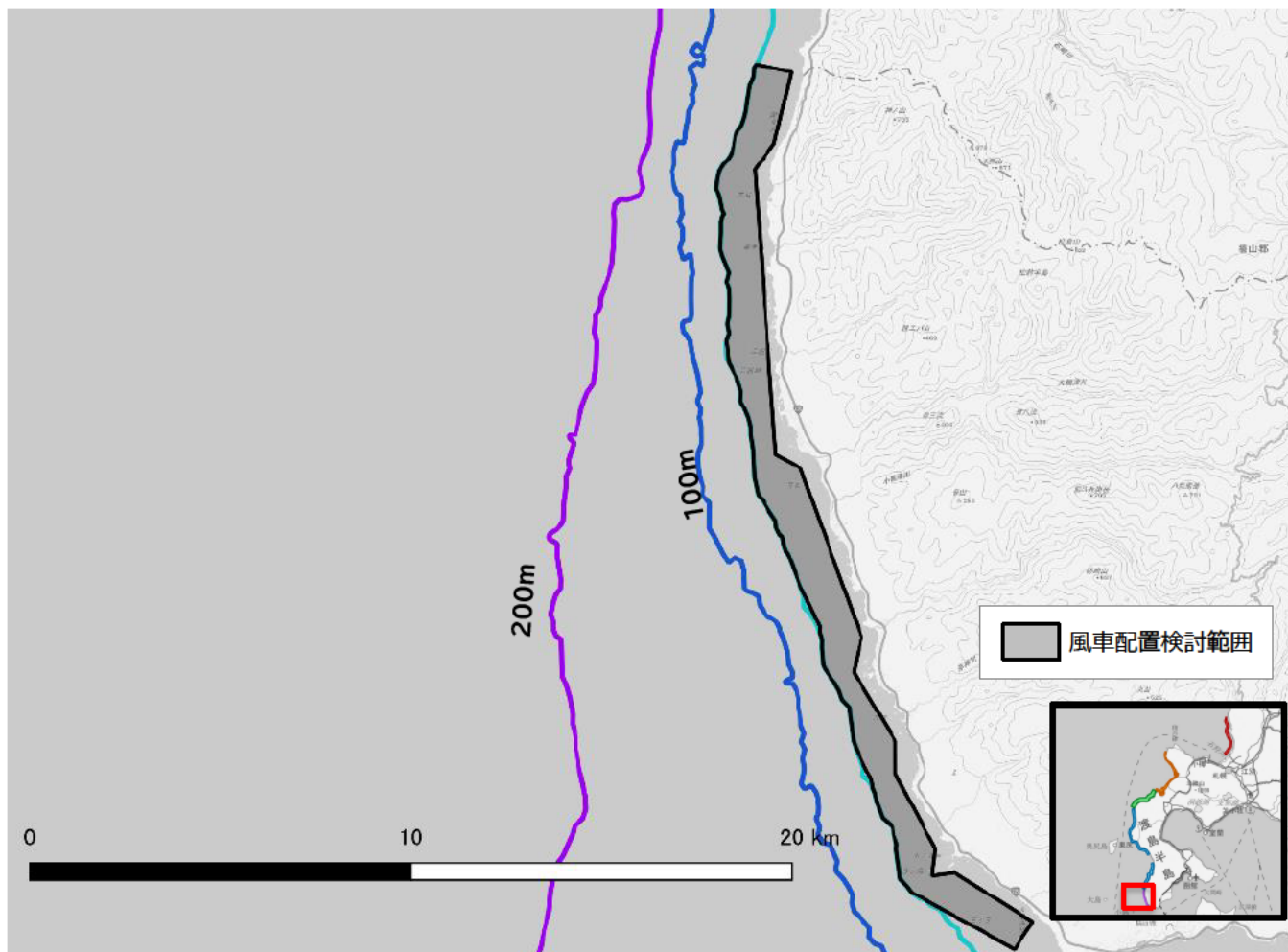
※風車配置検討範囲は、自治体から情報提供のあった海域の領域と対応させたもので、これを配置検討の初期範囲としている。



檜山沖

出典:地理院タイル
(一部加工・追記)

対象とした5海域の詳細(3/3)



松前沖

出典:地理院タイル(一部加工・追記)

※風車配置検討範囲は、自治体から情報提供のあった海域の領域と対応させたもので、これを配置検討の初期範囲としている。

適切な出力規模算定の条件・根拠(1/5)



- 数百MWの出力規模であれば基幹系統への連系が前提との系統側の意見に加え、風車が大型化している昨今の技術動向を踏まえ、自治体の参考情報を念頭に置きつつ、以下の考え方で検討を行った。
- 発電設備モデル検討の考え方
 - ① 現時点で想定し得る、**技術的に実現が期待される風車の単機出力を前提とした発電設備モデルの検討**を行う。その上で一定程度の実現性がある範囲において、出力のレンジを設定する。
 - ② 複数の技術的選択肢がある場合、**経済性や安全性に配慮した選択**を行う。
 - ③ 地域の社会活動(漁業等)への影響を配慮した。
- 上記の詳細について以降で述べる。

適切な出力規模算定の条件・根拠(2/5)

風車に関する具体的な条件の想定。

- 風車の規格: **15MWを主軸**とし、10MWは下限値とした。

→現時点の風車ラインナップのうち15MWが将来的に主流となることが想定され、これを基に算出した出力が発電設備容量の上限値の基準となるため。

- 風車の離隔: **4D** (直交方向) **6~7D** (主風向方向)とした。

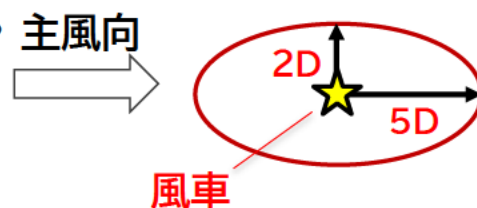
→各海域の形状および主風向(北海道日本海側沿岸は W~NW系の風が卓越)をふまえ、風車は海岸線に沿った方向への配列とし、1列または2列配置とした。

主風向に直交する方向への離隔は、下記NEDO資料※にある3Dをベースとしつつ、漁業への配慮などによる風車位置変更の可能性にも留意して**4D相当**とした。

2列配置の場合、下記のようにウエイク影響を低減するため、風車が主風向に対してなるべく重ならないように留意した配置とした。実質的な主風向の離隔はおよそ**6~7D相当**となっている。

- 風車配置検討の手法の補足:

風車に対して主風向方向に半径**5D**、直交方向に半径**2D**の円を設定する。全ての風車において、この円が重ならないように配置した。これによって主風向直交方向に最低4Dが確保でき、主風向方向に対して風向のずれを加味したとしても最低6~7Dが確保できる。



※着床式洋上風力発電導入ガイドブック <(最終版)2018年3月NEDO>
「ウエイク領域を勘案して、卓越風が顕著に出現する地域に対して10D(風下方向)
×3D(風向と直角方向)の風力発電施設間隔を目安に配置することが多い」との記載。

適切な出力規模算定の条件・根拠(3/5)

風車に関する具体的な条件の想定(続き)。

- ・ 風況条件: **高度140mで7m/s以上**を配置対象とした。

→発電設備容量の値を担保する上で、風況合理性の考慮が必要なため、**15MWのハブ高さに近い高度140mの風速が7m/s未満※**のところは対象外とした。

※風速がレーレ分布に従う場合に理論設備利用率が35%未満となる風速を設定した。風況データはNeoWinsによる。

- ・ 社会的制約への対応: **国定公園・漁業権(定置網・区画)・主要航路(月31隻以上)**等を除外した。

→周辺環境への影響が大きい又は設置が技術的に難しいと考えられる区域を除外するため。航路は**主要航路上の船舶の航行の妨げにならないよう**配慮した。

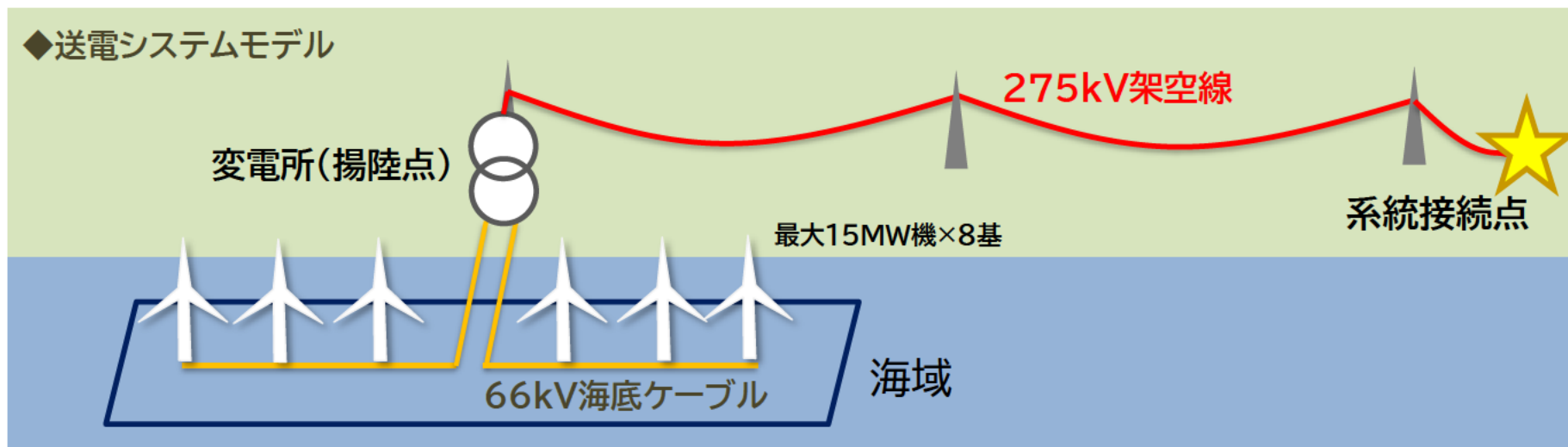
※岩宇・南後志地区沖では、泊原子力発電所の周辺における一定範囲において、風車配置の制約が生じる可能性があるため、出力規模の検討にあたっては、本事項については一定程度考慮の上、風車配置の検討を行った。

適切な出力規模算定の条件・根拠(4/5)

送電設備に関する具体的な条件の想定。

- 揚陸点の位置：**海域の中間点**とした。

→建設予定地の中心から揚陸点の距離を最短とすることが、**海底ケーブル及び架空線等の建材コストを最小化**できると考えられるため。なお、今回は変電所の立地可能性調査までは行わないため、その位置は**揚陸点の近傍**とした。



適切な出力規模算定の条件・根拠(5/5)

送電設備に関する具体的な条件の想定。

- 送電方式: 風車～揚陸点(変電所)までは66kVとし、変電所～系統接続点までは275kVとした。

→海域から変電所を近接させ、風車側海底ケーブルは66kVで送電可能とした。また、海底ケーブルの上限電力を120MWとし、力率などを考慮して15MW機は各フィーダーに8基まで接続可能とした。

(参考)接続に必要なケーブル・送電線の仕様として以下を想定した。

- 陸揚げ点までは一般的な3芯ケーブルを想定。海底部は腐食防止のための特殊な被覆を施したものをを用いる。
- 架空線は275kVまたは66kV/鋼心耐熱アルミ合金より線;TACSR(送電電力量に応じてサイズ調整)を用いる。将来建設時の距離は大きく変動し得るため、たるみ等は考慮しない。

出力規模の調査結果

- 各海域の出力規模(定格)は以下の通りである。

赤:5海域の中で最大、青:5海域の中で最小。

海域	下限値 (10MW基数)	上限値 (15MW基数)
石狩市沖	910MW(91基)	1,140MW (76基)
岩宇・南後志地区沖	560MW (56基)	705MW (47基)
島牧沖	440MW (44基)	555MW (37基)
檜山沖	910MW (91基)	1,140MW (76基)
松前沖	250MW (25基)	315MW (21基)

発電事業者からの意見聴取(1/3)

- ・ 想定した発電設備モデル案について、資源エネルギー庁のHP上で意見聴取を行った。合計15事業者から意見があった。
- ・ 実際の意見聴取用資料は参考資料を参照されたい。
- ・ 次スライドより、参考意見聴取結果(概要)とそれに関する本調査での考え方を記載する。

意見聴取の概要

受付期間	2023年2月14日から2023年2月28日12:00
照会内容	出力規模の想定範囲について、事業者としての所感及びその理由
事業者に提示した情報	①調査対象区域の範囲 ②風車配置の想定 ③出力規模の想定範囲 ④前提とした条件の項目・内容・考え方(出力規模規模の設定基本方針、風車規格、風車配置の風況条件、風車配置間隔、風車配置上の制約要素)

発電事業者からの意見聴取(2/3)

① 風車の単機出力に関する意見

- 単機出力について、15MWより大きい出力の風車の開発が進んでいるため、出力規模もより大型の風車を前提とすべき等の意見があった。
- 10～15MW/機のレンジについては、委員会において将来想定し得る現実的な単機出力の範囲としたが、技術動向も踏まえ風車単機の最大出力の想定に幅をもたせることも検討の余地があると考えられる。

② 風車離隔に関する意見

- 主風向方向の確保すべき離隔についての意見や、主風向直交方向は出力規模の最大化の観点から4Dではなく3Dで検討すべきとの意見があった。
- 本調査では主風向方向に6～7Dを目安として離隔が取られている。また、主風向直交方向では、3Dだと漁業等との調整を踏まえた配置変更に対応できる余地が無くなってしまうため、配置上の調整を行うための空間的な余裕を確保することを目的に、4D配置の基数を採用している。

発電事業者からの意見聴取(3/3)



③ 風車配置制約条件・海域設定に関する意見

- 地域の様々な周辺環境に対して配慮すべき、レーダー等の影響も調査すべき等の意見があった。また、浮体式導入や景観の観点から水深や海岸からの離隔設定に関する意見があった。

→本調査では自治体提供資料に基づく机上検討で対応可能な範囲を対象とし、レーダーを含む調整が必要な事項は今後対応を行うべき事項としている。

④ 風車の設置工法に関する意見

- 海底地盤や施工条件を考慮すべき等の意見があった。

→本調査では机上検討段階で入手可能なデータを前提としているため、地盤状況の観点から見た風車の施工可能性等については考慮していない。

※その他、公募での取扱い等に関する意見もあった。

系統接続蓋然性の検討手法(概要)



- 想定発電設備モデルが既存系統に接続可能かどうかについて、一般送配電事業者(北海道電力ネットワーク株式会社)に調査を依頼した。
- 接続検討申込書検討様式のうち、**接続蓋然性に大きく影響する項目を記載・提出し**、接続の蓋然性・必要となる対策工事等について検討を依頼した。
- 今回提出した項目は、工事検討(工事費等)に必要な受電地点(責任分界点)・受電電圧・受電回線数等のデータ、および技術検討(電圧対策※)に必要なデータに関するものを選定。

※電圧変動検討(STATCOM設置など対策含む)および充電電流による電圧上昇検討
(リアクトル設置など対策含む)

接続申請の回答内容(概要)



接続蓋然性の調査結果

- いずれの海域も**ノンファーム型接続を前提に連系は可能**との回答を得た。
- 系統接続のための設備の他、風力発電所における海底ケーブルの静電容量が大きいことや**出力変動に起因する電圧対策**として、リアクトルやSTATCOM(自励式無効電力補償装置: Static Synchronous Compensator)を事業者の発電所等構内に設置する必要がある。
- 公募が進み、複数区域での連系が進むと、その分、連系先系統の系統面(系統混雑面)や需給面での制約が生じる可能性がある点に留意。

まとめ(制度面での示唆)

- 事業者からの意見の中では、事務局が想定した風車の単機出力よりも大型の出力を想定している意見が複数見受けられ、出力規模の検討にあたっては、**現状の技術動向を考慮した形で、必要に応じて単機出力の幅を考慮した検討**が重要である。
- 本調査では考慮していない立地制約要因や設備条件等が存在しているため、公募の実施にあたっては、これらの要因や条件の明確化とともに、**区域の想定出力規模を補正する**など実態に合わせた適正化を図っていくことが必要である。
- 公募制度との関係を踏まえ、今回の調査で確認を行った内容のほか、国の調査では接続検討で規定する事項のうちどの内容まで調査し、事業者による系統接続の前提条件として整理しておくべきかという範囲について、系統確保スキームの在り方の見直しとともに検討していくことが望ましい。