



公表版

経済産業省 資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課 風力政策室 御中

令和5年度洋上風力発電導入拡大調査支援事業
(系統確保スキームにおける発電設備出力及び系統接続等調査業務)

報 告 書

2024年 3月

パシフィックコンサルタンツ株式会社

Pacific
Consultants

Producing
The Future™

P R O D U C I N G
T H E F U T U R E

- 「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」（再生可能エネルギー海域利用法）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、「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」（法第8条第1項第4号）という系統確保に関する事項が規定されている。
- この規定に基づき、これまでは、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たが、ノンファーム型接続を原則とする系統接続ルールへの変更に併せて、「今後は国が「系統確保スキーム」（対象区域における合理的な系統接続の方針を整理する取組）に基づき対応していく方針」が示されている。
- この系統確保スキームの適用にあたっては、対象となる区域における「発電設備出力やその系統接続の蓋然性に関する事前調査を行うことが必要」となる。
- そこで本事業では、①富山県東部沖を対象として「系統確保スキームにおける事前調査に相当する作業を実施するとともに、②令和4年度に調査を実施した北海道5区域において追加検討等を行い、「対象区域における系統接続の前提条件となる事項を整理することを目的」とする。

1.2 調査項目

発注者と適宜協議の上、以下の調査を実施した。

1) 対象区域における発電設備出力の検討と系統接続の蓋然性等に関する調査

再エネ海域利用法に基づく促進区域指定に向けて「一定の準備段階に進んでいる区域」に整理されている**富山県東部沖**を対象に、**発電設備出力の検討、系統接続の蓋然性等に関する確認に向けた事前検討作業を実施した。**

2) 令和4年度事業の対象区域における調査結果に基づく追加検討作業

石狩市沖、岩宇・南後志地区沖、島牧沖、檜山沖、松前沖（北海道5区域）における「対象区域における合理的な系統接続の方針の整理」に向け、一般送配電事業者と調整の上、**具体的な連系方法や技術的要件等を検討するとともに再エネ海域利用法に基づく発電事業者公募の際に、公募に参加する事業者が行う接続検討申込の前提条件として規定すべき事項・内容について検討した。**

3) 有識者委員会の運営支援業務

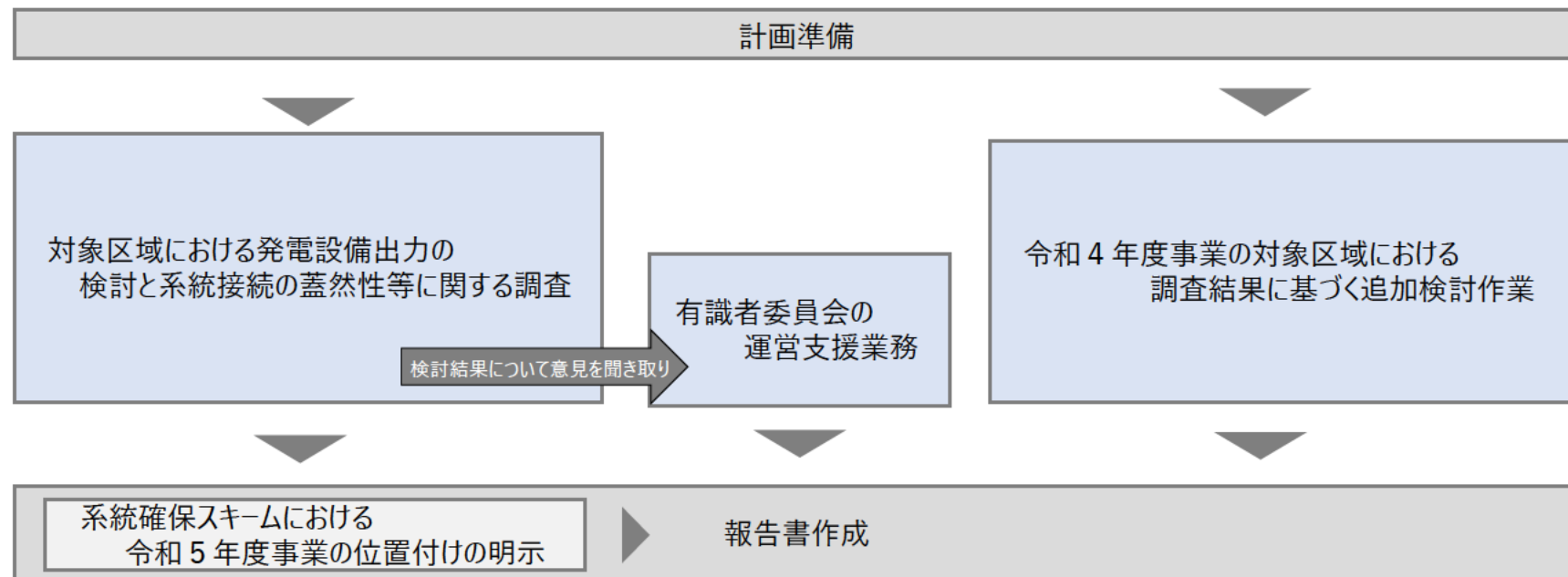
上記の実施にあたり、専門的な知見を有する者の意見を聴取することを目的として**有識者へのヒアリング（委員会持ち回り開催）を実施した。**

1.3 履行期間

2023年10月19日 ～ 2024年3月29日

1.4 調査の流れ

調査の流れを以下に示す。



※本調査で取り扱う情報は、通常一般に公開されない接続検討回答等に関わる内容を多く含み、また未確定・検討途中の情報を広く公開することは、今後の発電事業者公募における競争性に影響を与えるおそれがあるため、公表用報告書では実施概要等に限定して掲載するものとしている。

2.1 対象区域における発電設備出力の検討と系統接続の蓋然性等に関する調査

富山県東部沖

調査事業における作業の流れと今回調査の概要

①富山県東部沖における発電設備の出力規模の条件を整理

- ・富山県からの情報提供
- ・事業性の観点からの外部意見聴取

②一般送配電事業者との調整を通じた系統接続の方向性の検討

調査対象の富山県東部沖における区域設定の概要

	富山県東部沖
面積 (km ²)	78
水深 (m)	～200
離岸距離 (km)	4
海岸線沿い 全長 (km) (概算)	25

※区域設定は都道府県（富山県）からの情報提供の内容に基づく。



出典：N T T空間情報All Rights Reserved（一部加工・追記）

2.1 対象区域における発電設備出力の検討と系統接続の蓋然性等に関する調査

富山県東部沖における発電設備出力の検討にあたっての諸条件を下表のとおり整理した。当初、本区域では着床式と浮体式の両方を想定していたが、水深50m以浅のエリアでは風車設置上の制約が多く存在していることを踏まえ、浮体式を前提とした水深50m以深の範囲を対象として検討を進めることとした。

また、出力規模の検討と並行して、系統接続の蓋然性等の確認に向けて、一般送配電事業者（北陸電力送配電）との調整を通じた連系可能地点等の事前検討を実施した。併せて、出力や自営線等に係る事業性の観点を確認するため、複数の事業者に対し県を通じて簡易なヒアリングを実施した。

一方、本区域の案件形成に係る地域での調整が途上であり、検討中の出力規模（風車配置）の見込みが流動的な状況であることを踏まえ、富山県と相談の上、発電設備出力に対する外部意見照会、及び一般送配電事業者への概略検討依頼については今年度の実施は見送り、次年度以降に改めて実施する方針とした。

表 発電設備出力に関する諸条件

項目	発電設備出力の条件	考え方
水深	50m～200m	富山県提供情報に基づく 着床式エリア：水深10m～50m 浮体式エリア：水深50m～200m
卓越風向	SW／NE	NeoWins（高度140m）の風配図
風力発電設備間隔	着床・浮体の想定エリア共に 4D×6Dで配置	発電量規模が最大となる間隔を採用
入善洋上風力発電所 （3基）	本業務で検討する風車配置による ウエイクの影響範囲には配置しない	本業務で検討対象とする10MW・15MWのローター径に基づく
漁業権（共同）	漁業権外側含めて配置	NeoWinsの漁業権
漁業権（定置）	配置しない	風車を設置できないため
漁業権（区画）	配置しない	風車を設置できないため
海底林	配置しない	富山県提供情報に基づく
海岸保全地域	配置しない（水深10mまで）	富山県提供情報に基づく
県立自然公園	配置しない	富山県提供情報に基づく

2.2 令和4年度事業の対象区域における調査結果に基づく追加検討作業

北海道5区域

調査事業における作業の流れと今回調査の概要

①北海道5区域における発電設備の出力規模の範囲を算定

発電事業者に出力規模に関する意見聴取
(主に事業性の観点)

②出力規模を踏まえた系統接続の蓋然性や接続費用について確認
(一般送配電事業者に検討を依頼)

対象区域の系統接続を確保できることが見込まれる

③合理的な系統接続の方針の整理に向けて一般送配電事業者と意見交換及び検討

○概略的な検討の補正

左記を再確認し、一般送配電事業者との意見交換を踏まえて追加検討

- ・系統形成に関する考え方の確認及び検討
- ・出力規模算定の条件の確認

調査対象の北海道5区域における区域設定の概要

	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



出典：地理院タイル（一部加工・追記）

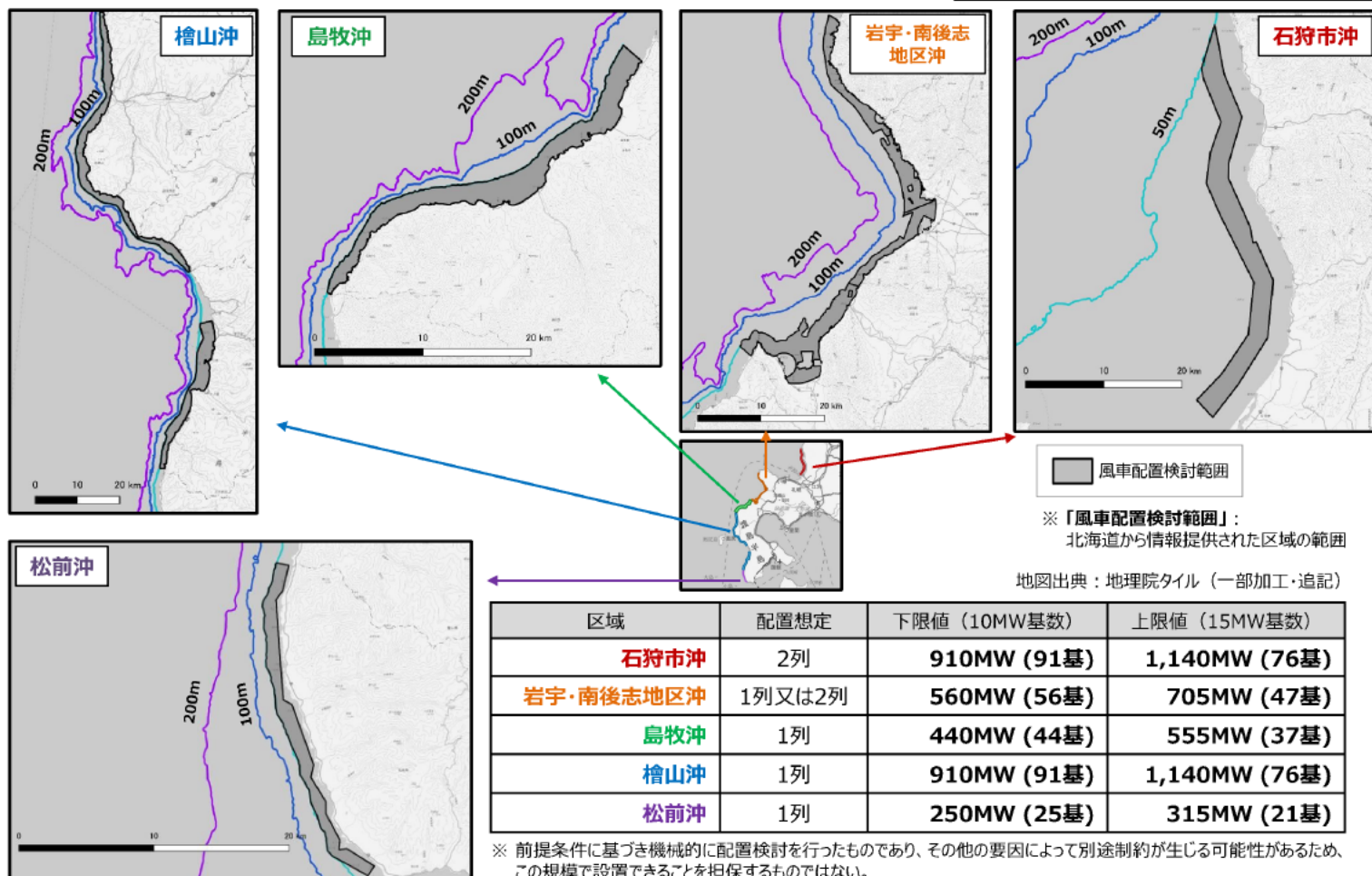
※区域設定は都道府県（北海道）からの情報提供の内容に基づく。

2.2 令和4年度事業の対象区域における調査結果に基づく追加検討作業

北海道5区域

2. 系統確保スキームに関する事前調査の概要②

経済産業省 2023年5月12日付プレスリリース 別紙



出典：総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会
洋上風力促進ワーキンググループ 交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 合同会議（第19回）

2.2 令和4年度事業の対象区域における調査結果に基づく追加検討作業

令和4年度事業の調査結果（下図の左上）を基に、具体的な連系方法や技術的要件等、及び公募時の接続検討申込の前提条件として規定すべき事項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）との調整を通じて、次年度以降に引き続き検討を進める際の論点を整理した。

なお、広域系統整備委員会における議論の状況（下図の左上以外）も踏まえつつ、北海道電力ネットワーク株式会社及び電力広域的運営推進機関とともに系統側・発電側での出力変動対策等の考え方について確認しながら検討した。

2. 系統確保スキームに関する事前調査の概要③

経済産業省 2023年5月12日付プレスリリース 別紙一 一部修正

1. 系統接続の蓋然性に関する調査方法

- 各区域の発電出力規模の想定が既存系統に接続可能かについて、一般送配電事業者（北海道電力ネットワーク株式会社）にその蓋然性の検討を依頼。
- 具体的には、接続検討申込書の検討様式のうち、**接続の蓋然性に大きく影響する項目を決定**するとともに、様式に必要事項を記載して一般送配電事業者へ提出し、接続の蓋然性の確認が必要となる対策工事等に関する概略的な検討を依頼した。
- 今回の概略検討の対象とした項目は、工事内容の検討を行うために必要となる受電地点・受電電圧・受電回線数等のデータ及び技術検討に必要なデータに関係するものを決定（次ページ参照）。

2. 対象区域における系統接続の蓋然性の確認結果

- いずれの区域も、**ノンファーム接続を前提に連系が可能**であることを確認した。
- 連系にあたっては、出力変動等に起因する電圧変動対策（無効電力補償装置の設置等）が必要。
- また、事故時の周波数影響等を考慮した運用・対策等が必要となる可能性や、複数区域での連系が進んだ際に、連系先系統の系統混雑や需給面からの制約（出力抑制等）が生じる可能性がある点に留意。
- 将来、当該区域で国が発電事業者の公募を実施する際は、**事業者が確保した系統接続契約を活用する形ではなく、対象区域における系統接続の前提条件として、発電出力規模や技術的要件といった情報を国が整理する形とする。**

※接続費用については、各区域の発電出力規模の想定を踏まえ、地上から送電設備までの所要距離を仮定し、標準単価等を用いて算出した概略工費を確認。

出典：総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 洋上風力促進ワーキンググループ 交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 合同会議（第19回）

① 系統構成 - 東地域の系統状況想定 -

4

- 再エネ海域利用法に基づく**洋上風力の導入見込みや電源等開発動向調査の結果等**を踏まえると、2030年頃に向けて北海道や東北に需要を大幅に上回る再エネが導入される見込み。
- 北海道や東北の再エネの電気を大消費地である東京に送電するための方策として、連系線及び連系系統と一体的に整備が必要となる地内系統増強について検討をしている。

北海道本州間連系設備

- 建設中を含む既設連系線（1.2GW）だけでは、増加する北海道の再エネを送電するには不十分であり、北海道から本州に向けたルート新設が必要。

東北東京間連系線および東北地内系統

- 建設中を含む既設連系線（1.0GW）だけでは、増加する北海道・東北の再エネを送電するには不十分であり、東京に向けた送電容量を拡大する対策が必要。



北海道地内系統

- 再エネ動向は既設系統の増強だけでは対応が難しく、特に**道北では道央に向けた送電線新設等による増強が必要**。
- 北海道系統から大容量で送電するHVDCが脱落すると、基準を超過する周波数影響を受けるため、HVDCを周波数影響の許容可能な容量で活用するといった対策が必要。

電源の効率的な連系

- 電源近傍にHUB設備※を新設するなど、効率的な設備形成も検討

※電源を集中して設備容量が大きい広域連系系統（高圧電圧から上位二階層）に連系する対応。

■：系統課題が顕在化する地域

■：大規模な電源動向がある地域

出典：第71回 広域系統整備委員会

3. 大容量HVDC連系に必要な対策（周波数面）

8

- シミュレーションについて引き続き精査したうえで、シミュレーションで得られた知見・課題等を踏まえ、今後、設備対策や運用対策などの具体的対策について検討していく。
- それぞれの対策の得失を踏まえながら、有効な対策を広域機関と一緒に検討して参りたい。

対策案（一例）		
NW側	設備形成	HVDC2GW送電容量に対する洋上風力と北海道系統の接続形態の工夫 複数ルート化・連系地点の分散により、停止kWを抑制 同期調相機設置による慣性力向上
	運用対策	系統規模に応じたHVDC送電量の制限
	再エネ側	PCSのFRT要件見直しによる一斉脱落回避（動作時間の設定など） 大規模風力の同期連系化、疑似慣性の活用

出典：第63回 広域系統整備委員会

2. 系統周波数・電圧安定面の評価および必要な対策 (3) シミュレーション結果の概要① (HVDC 2GW送電)

8

- 再エネPCSについて、現時点で仮定したFRT動作特性（補足3）でのシミュレーションでは、HVDC脱落や地内交流系統事故が発生した場合に、**再エネPCSの大規模な不要停止や、火力発電機の機器保護によるトリップ（補足6）が発生し、系統安定維持が困難な状況となることを確認した。**
- 再エネPCS動作特性の調査結果を踏まえて、不要脱落対策を実施するとともに、**需給状況や同期発電機の運転状況に応じて対策を行う必要がある**（交流系統を介してHVDCへ送電する量を一部制限するなど）。

HVDC送電量	事故ケース	特高再エネPCS	シミュレーション結果の概要
2GW	HVDC脱落事故	停止あり	・HVDC送電停止によるノード周波数の急峻な上昇により再エネPCSが停止し、系統周波数が大幅に低下 ・ミドルおよび重負荷時では再エネPCS停止により電圧安定限界超過（系統不安定） ・事故中の電圧低下や事故除去後の電圧復旧によるノード周波数の急峻な変動により再エネPCSが停止し、系統周波数が大幅に低下 ・再エネPCS停止により、ミドルおよび重負荷時で電圧安定限界超過（系統不安定）
	地内交流系統事故（瞬時電圧低下）		
	HVDC脱落事故	動作ロック	・火力機が機器保護によりトリップ ⇒自停止時には、HVDC送電量を1GW程度に制限することでトリップ回避可能
	地内交流系統事故（瞬時電圧低下）		・STATCOM（500MVA程度）の追加で系統安定維持可能

※本検討では、PCSが検出する周波数をノード周波数と表記（補足8）

出典：第75回 広域系統整備委員会

2.3 有識者委員会の運営支援業務（持ち回り開催）

富山県東部沖における検討内容及び考え方等について有識者から意見を収集し、現状及び今後の検討に向けた留意点や論点等を整理するため有識者委員会を実施した。有識者委員会は、有識者のスケジュール等を考慮して持ち回り開催とすることとし、個別にヒアリングを行うこととした。有識者委員会の概要は以下のとおりである。

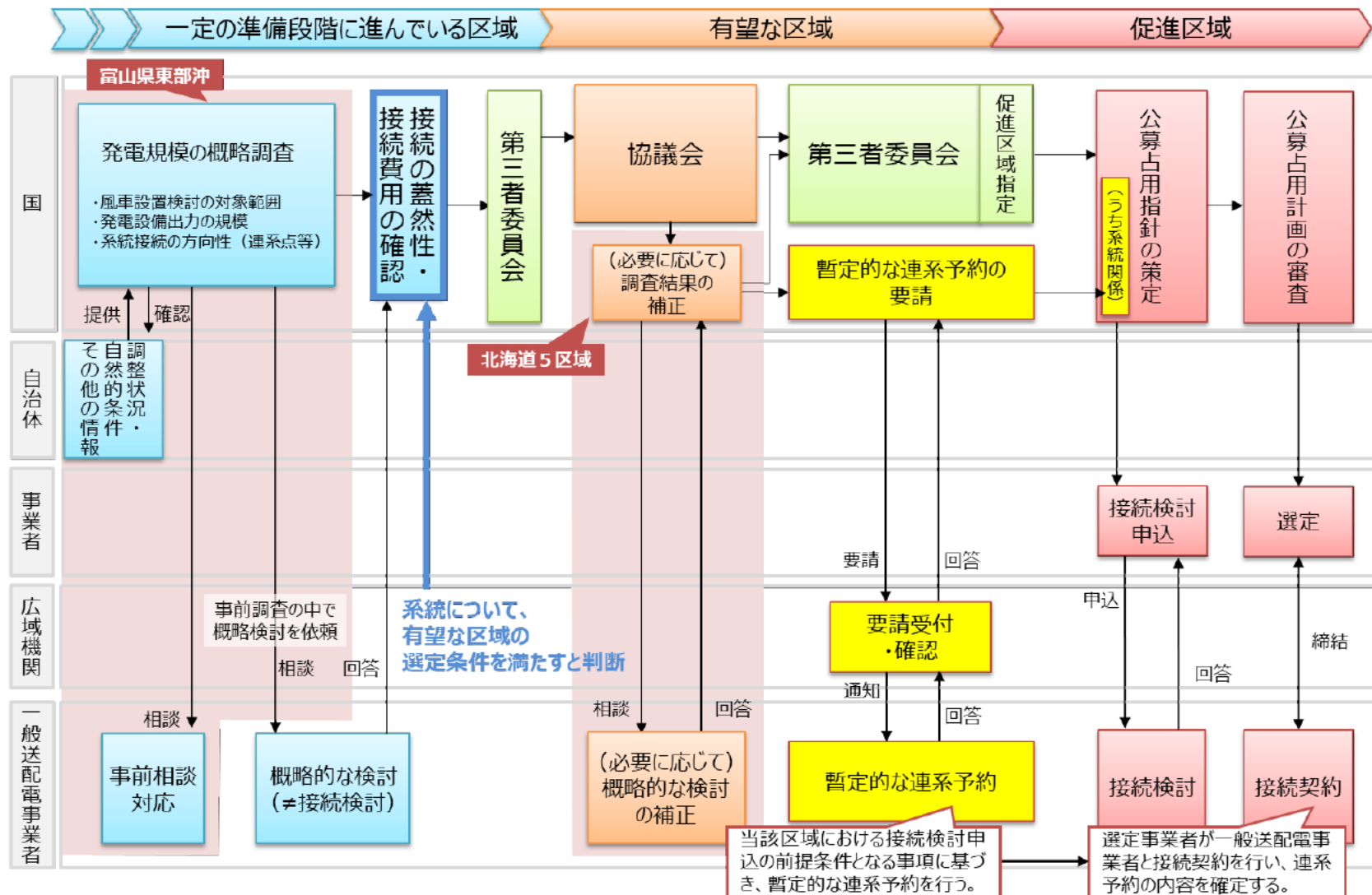
委員構成	【電気工学、経済性評価関連】 由本 勝久 上席研究員（一般財団法人 電力中央研究所）
※【 】は専門	【風力発電関連】 本田 明弘 教授（国立大学法人 弘前大学 地域戦略研究所）

○ヒアリング実施概要

実施日	ヒアリング対象	主な観点
2024年 3 月21日	由本 勝久 上席研究員 （電力中央研究所）	・実潮流や系統運用を考慮した連系地点の考え方
2024年 3 月27日	本田 明弘 教授 （弘前大学 地域戦略研究所）	・風車設置検討に係る事項や系統連系の考え方

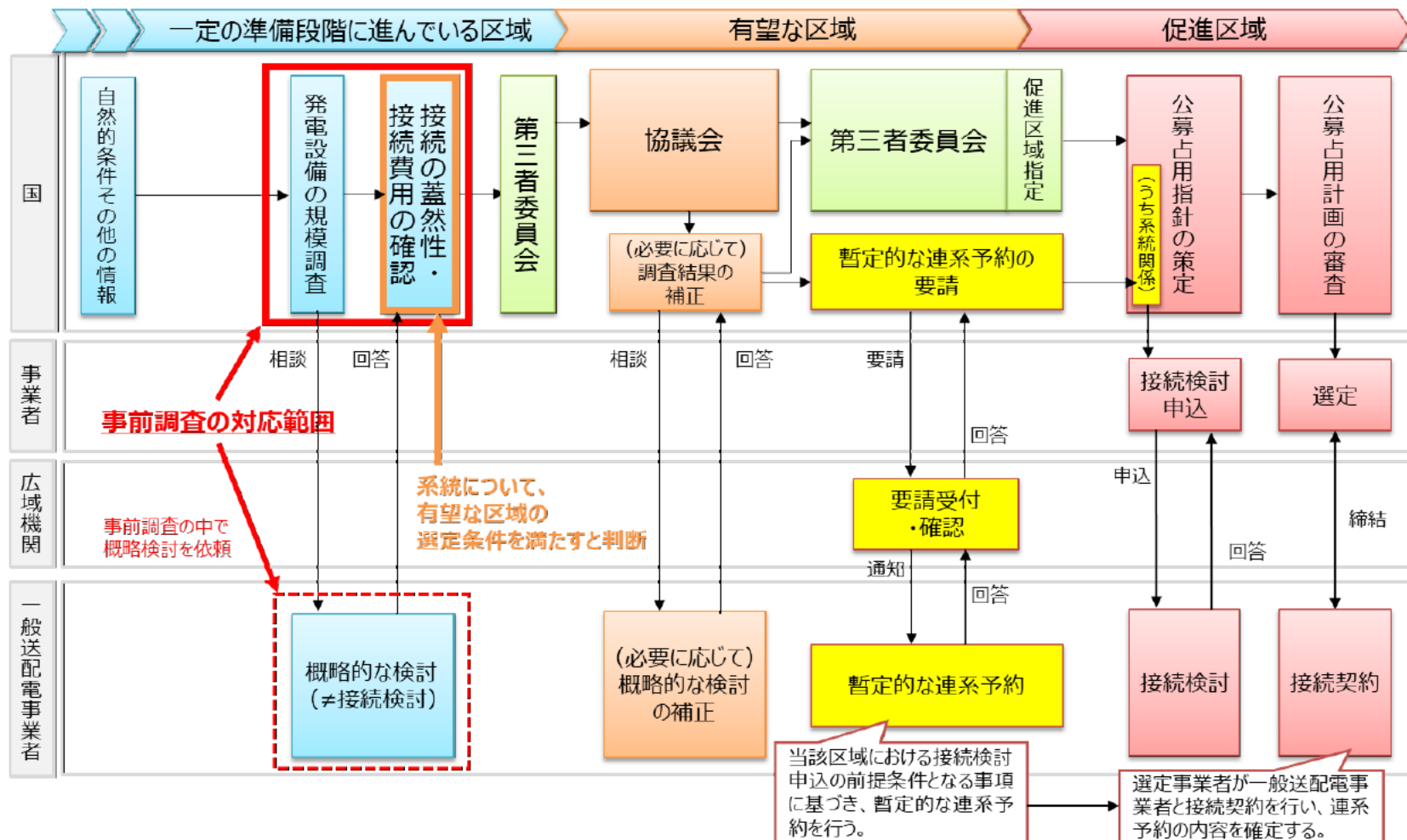
2.4 系統確保スキームにおける令和5年度事業の位置付けの明示

系統確保スキームのプロセスにおける今年度の調査事業で実施した事項との関係性



2.4 系統確保スキームにおける令和5年度事業の位置付けの明示

(参考) 現行(2023年6月16日)の系統確保スキームのプロセス



二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和5年度洋上風力発電導入拡大調査支援事業（系統確保スキームにおける発電設備出力及び系統接続等調査業務）報告書

委託事業名 令和5年度洋上風力発電導入拡大調査支援事業（系統確保スキームにおける発電設備出力及び系統接続等調査業務）

受注事業者名 パシフィックコンサルタンツ株式会社

頁	図表番号	タイトル
8	右上図	3．大容量HVDC連系に必要な対策（出典：第63回広域系統整備委員会）
8	左下図	①系統構成（出典：第71回広域系統整備委員会）
8	右下図	2．系統周波数・電圧安定面の評価および必要な対策（出典：第75回広域系統整備委員会）