

# 東地域の広域連系系統に係る計画策定プロセス

2024年2月5日  
広域系統整備委員会事務局

- 第72回広域系統整備委員会では、全体の系統構成の方向性、海底ケーブルルートの検討状況、ケーブルおよび交直変換装置の設備構成案についてご確認いただいた。
  - 本日は、以下の2点についてご確認をいただきたい。
    - ・系統構成案の比較結果
    - ・海底ケーブルにおける防護方法の選定状況
- なお、本日のご議論を踏まえ、次回以降の本委員会にて、工事費・工期等についてご審議をいただくこととしたい。

- 北海道～東北～東京間の日本海ルート2 GWを基本に地域間連系線増強等を検討。本日は、系統構成（HVDCと地内交流系統との接続含む）、海底ケーブルの防護方法について、ご確認いただく。

## <整備概要と主な検討内容>

### ① 系統構成

- ・新設HVDCの接続エリアの検討（北海道～東北～東京間）

### ① 連系線ルート/方式（海底直流送電等）

- ・海底直流送電の実現性検討（海域実地調査）、ルート・工法・構造の一体検討、揚陸地点
- ・陸上の直流、架空交流による送電ルートとの比較

### ② 交直変換装置

- 技術動向調査、機器構成案の比較検討

### ③ 交流系統と直流系統の連系地点

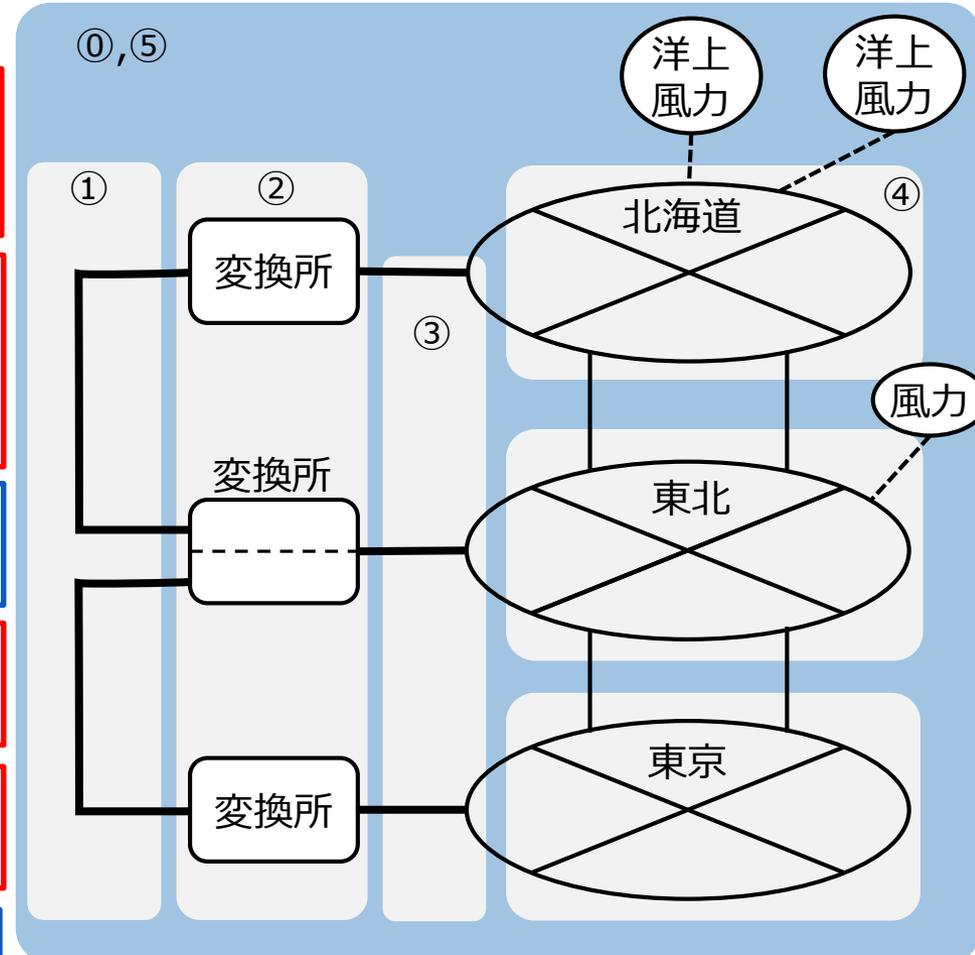
- 地内の状況を踏まえた連系地点選定

### ④ 地内系統

- 地内系統増強、再エネ大量導入の系統影響評価と対応

### ⑤ 事業推進に資する検討

- ファイナンス面からのリスク評価など



※上図は検討内容の項目を整理するためのイメージであり、増強概要を示したものではありません。

- ① 系統構成
- ③ 交流系統と直流系統の連系地点
- ④ 地内系統（※HVDCと地内交流系統との接続）

- 第70回の委員会で説明したとおり、北海道交流系統への連系先については、**電源動向や既設系統の構成**を踏まえると、**系統が比較的強靱で変換器同時停止のリスクが低い道央が優位**。
- また、道央では石狩と後志が候補となるが、**後志はケーブルの巨長を約200km短くでき、工事費や工期の面で優位であることから、後志エリアでの連系を前提とする**。

● 洋上風力    — 既設送電線    ➡ 連系線    ➡ 主な潮流方向

	道 央	道 南
概要図	<p>道央以北、道南からの潮流を集めてHVDCへ送ることとなる。道南の再エネが北向きに流れることで、南向き潮流の緩和も期待</p>	<p>道央以北の再エネにより南向き潮流が増大する。道南に変換器が集中するため、交流系統事故時の変換器同時停止リスクが高くなる</p>
特徴など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存系統がループ構成で比較的強靱なため、道央以南の地内系統の増強・新設が少なく他箇所と比較して有利。また、変換器の安定運転面でも有利である。</li> <li>・石狩と後志を比較すると、系統影響は同程度。後志は、ケーブル巨長は短くでき、工事費の低減や工期の短縮が図れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既設送電線の潮流が南向きの傾向であり、HVDCにより更に南向き潮流が増加し、道南の地内系統の増強・新設が必要となる見込み。</li> <li>・北本・新北本を含めて、北海道の末端の道南に変換器が集中することから、交流系統事故時の変換器同時停止のリスクが高くなる。</li> </ul>

※上図は、系統状況から接続先を検討したものであり、揚陸の候補地点等は別途検討中。

- HVDCの東北交流系統への連系先については、**日本海側で500kV設備があり、周辺の電源ポテンシャル地域からの電力を効率的に送電できる秋田エリアが優位。**
- そのため、**東北は秋田エリアでの連系を前提とする。**

● 洋上風力    — 既設送電線    ➡ 連系線    ➡ 主な潮流方向（東北で受電する場合）

	秋田エリア（500kV）	津軽半島エリア（275kV）
概要図		
特徴など	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 交流系統に接続する日本海側の洋上風力をHVDCへ効率的に送電することができる。</li> <li>• また、HVDCから東北エリアで受電する場合、東北北部エリアにおける募集プロセスにて整備を進めている<b>日本海500kV系統に潮流を流すことにより、地内の潮流ネックは比較的生じにくい。</b></li> <li>• ただし、HVDCから東北エリアで受電する場合、交流系統で東京までの長距離送電をする際は、<b>同期安定性制約による運用容量制約に留意が必要。</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 接続点周囲に<b>500kV系統が無く275kV連系</b>となるため、HVDCに送電する場合およびHVDCから受電する場合のいずれも、地内の<b>潮流ネックが生じやすい。</b></li> <li>• 既設の直流設備である今別変換所と同一エリアの連系となるため、交流系統側の影響による同時脱落のリスクがある。</li> </ul>

※上図は、系統状況から接続先を検討したものであり、揚陸の候補地点等は別途検討中。



## (参考) 再エネ海域利用法等における各地の区域の状況

第4回GX実現に向けた専門家ワーキンググループ  
(2023年11月16日) 資料1より抜粋(一部修正)

区域名	万kW	
事業者選定済	①長崎県五島市沖(浮体)	1.7
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	49.4
	③秋田県由利本荘市沖	84.5
	④千葉県銚子市沖	40.3
促進区域 選定評価中	⑤秋田県八峰町能代市沖	36
	⑥秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖	34
	⑦新潟県村上市・胎内市沖	35,70
	⑧長崎県西海市江島沖	42
有望区域	⑨青森県沖日本海(南側)	60
	⑩山形県遊佐町沖	45
	⑪北海道石狩市沖	91~114
	⑫北海道岩宇・南後志地区沖	56~71
	⑬北海道島牧沖	44~56
	⑭北海道檜山沖	91~114
	⑮北海道松前沖	25~32
	⑯青森県沖日本海(北側)	30
	⑰山形県酒田市沖	50
	⑱千葉県九十九里沖	40
⑲千葉県いすみ市沖	41	
準備区域	⑳北海道岩宇・南後志地区沖(浮体)	㉘富山県東部沖(精床・浮体)
	㉙北海道島牧沖(浮体)	㉚福井県あわら市沖
	㉛青森県陸奥湾	㉜福岡県響灘沖
	㉝岩手県久慈市沖(浮体)	㉞佐賀県唐津市沖

浮体実証を行う候補海域	
F E I S 2	①北海道石狩市浜益沖
	②北海道岩宇・南後志地区沖
	③秋田県南部沖
	④愛知県田原市・豊橋市沖

【凡例】  
● 促進区域(事業者選定済、選定評価中)  
○ 有望な区域 ● 一定の準備段階に進んでいる区域  
● GIフェーズ2の候補海域



※下線は新たに整理した区域  
※容量の記載について、事業者選定後の案件は選定事業者の計画に基づく発電設備出力量、それ以外は系統確保容量又は、調査事業で算出した当該区域において想定する出力規模。

- 第71回本委員会(2023.11.10)にて、**北海道～東北～東京エリア間の連系線増強の構成案**について、日本海ルート2GWのHVDC送電を基本に、以下の**3案**を提示した。
- 3案比較について、これまでのご議論を踏まえ深堀検討を行った結果を次頁以降に示す。

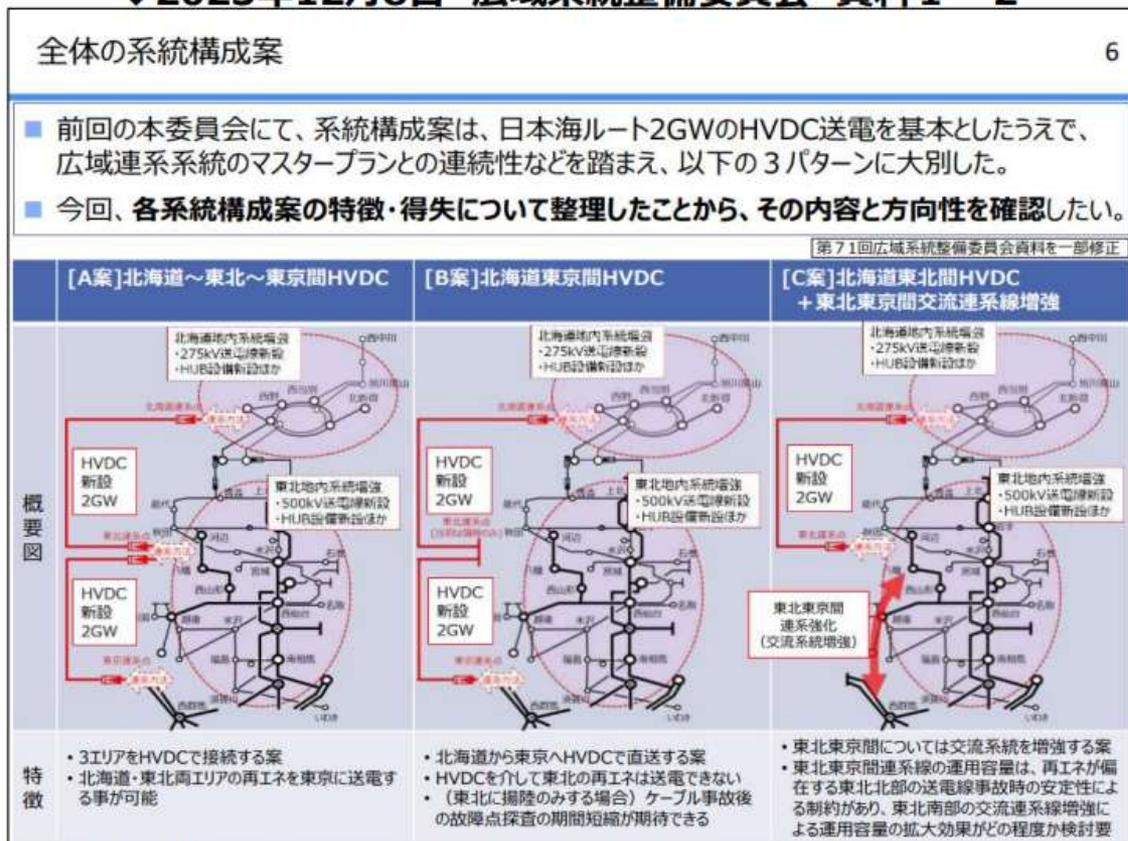
第72回広域系統整備委員会(2023年12月8日)資料1-2

	[A案]北海道～東北～東京間HVDC	[B案]北海道東京間HVDC	[C案]北海道東北間HVDC + 東北東京間交流連系線増強
概要図			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3エリアをHVDCで接続する案</li> <li>• 北海道・東北両エリアの再エネを東京に送電する事が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 北海道から東京へHVDCで直送する案</li> <li>• HVDCを介して東北の再エネは送電できない</li> <li>• (東北に揚陸のみする場合) ケーブル事故後の故障点探査の期間短縮が期待できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 東北東京間については交流系統を増強する案</li> <li>• 東北東京間連系線の運用容量は、再エネが偏在する東北北部の送電線事故時の安定性による制約があり、東北南部の交流連系線増強による運用容量の拡大効果がどの程度か検討要</li> </ul>

## 【参考】電力広域機関における検討状況

- 今後、**北海道・東北エリアに再エネ電源が大量導入される見込み**であることを踏まえ、**系統構成案**として、3つのパターンを検討。(下記A~C案)
- 北海道・東北エリアから東京エリアへの送電容量を確保する必要性、設備信頼度・運用の柔軟性、架空送電工事の施工力確保等の観点から、**引き続き比較検討を進めることとした。**

### ◆2023年12月8日 広域系統整備委員会 資料1-2



- 第72回本委員会(2023.12.8)では、**3案の特徴を示して定性的な評価を行った。**
- その結果、**B案は、A案・C案に対し設備信頼度や運用の柔軟性の面から劣後することをご確認いただいた。**また、**A案とC案については、引き続き、送電容量の向上効果など定量的な情報により、更なる評価の深掘りを行うこととしていた。**

第72回広域系統整備委員会(2023年12月8日)資料1-2を一部修正

系統構成案の比較・方向性

7

- 今後、**北海道・東北エリアに再エネ電源が大量に導入されることを踏まえると、両エリアから東京への送電容量を確保する必要がある。**
- **A案は、北海道～東北～東京の3エリアをHVDCで連系するものである。再エネ電源の導入状況に応じて、HVDCを活用して北海道・東北の両エリアから東京エリアへの送電を柔軟に行うことが可能である。**
- B案は、HVDCを北海道から東京へ東北を経由せずに直接連系する形態である。そのため、**東北からの送電容量対策を別途考える必要がある。**また、**HVDC設備で故障が発生した場合、全区間に亘り停止が必要となるなど、設備信頼度・運用の柔軟性の面から課題がある。**
- **C案は、東北東京間において500kV交流連系線(架空ルート)を新設することで送電容量を確保する対策である。この場合、第67回広域系統整備委員会にて架空ルートの特徴として整理したとおり、架空送電工事に係る施工力が全国的に不足している状況や用地交渉面などを踏まえると、工期の長期化の可能性もある。また、C案は交流系統の系統安定度面での制約があり、電源等の状況によっては送電容量の拡大効果が限られる可能性もある。**
- これらの特徴と得失、及び、後述するHVDC海底ケーブルの見通しが確認できた状況を踏まえ、**A案を基本としつつ引き続き検討を進めることとしてはどうか。**

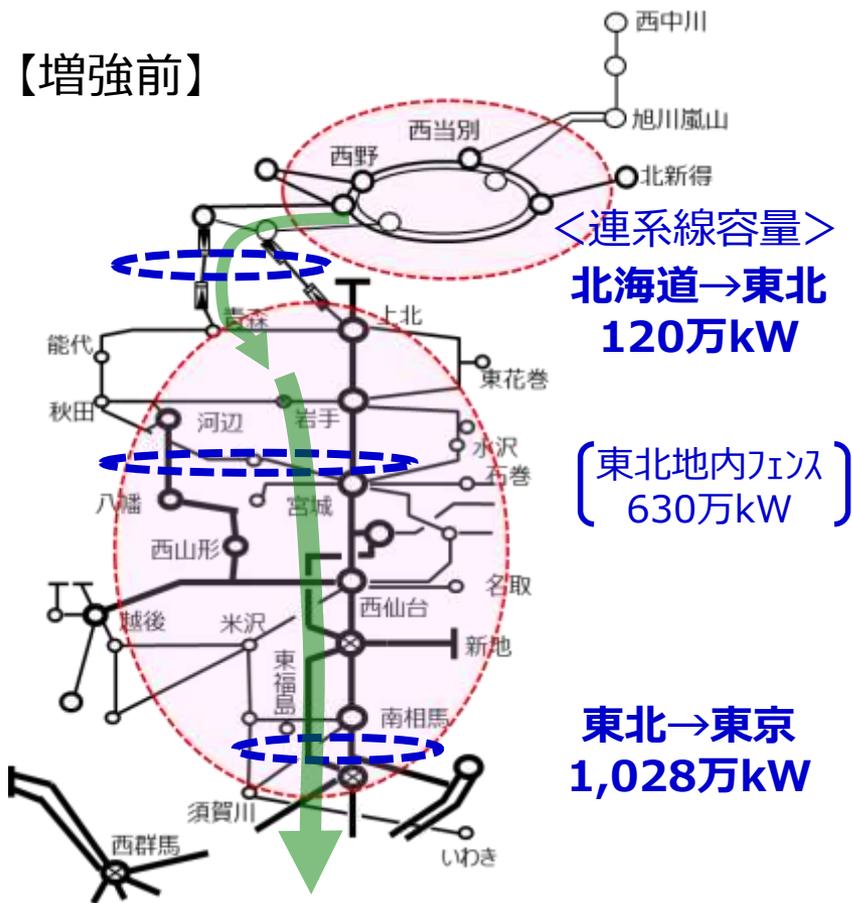
今回  
深掘り

A・C案と  
比べ劣後

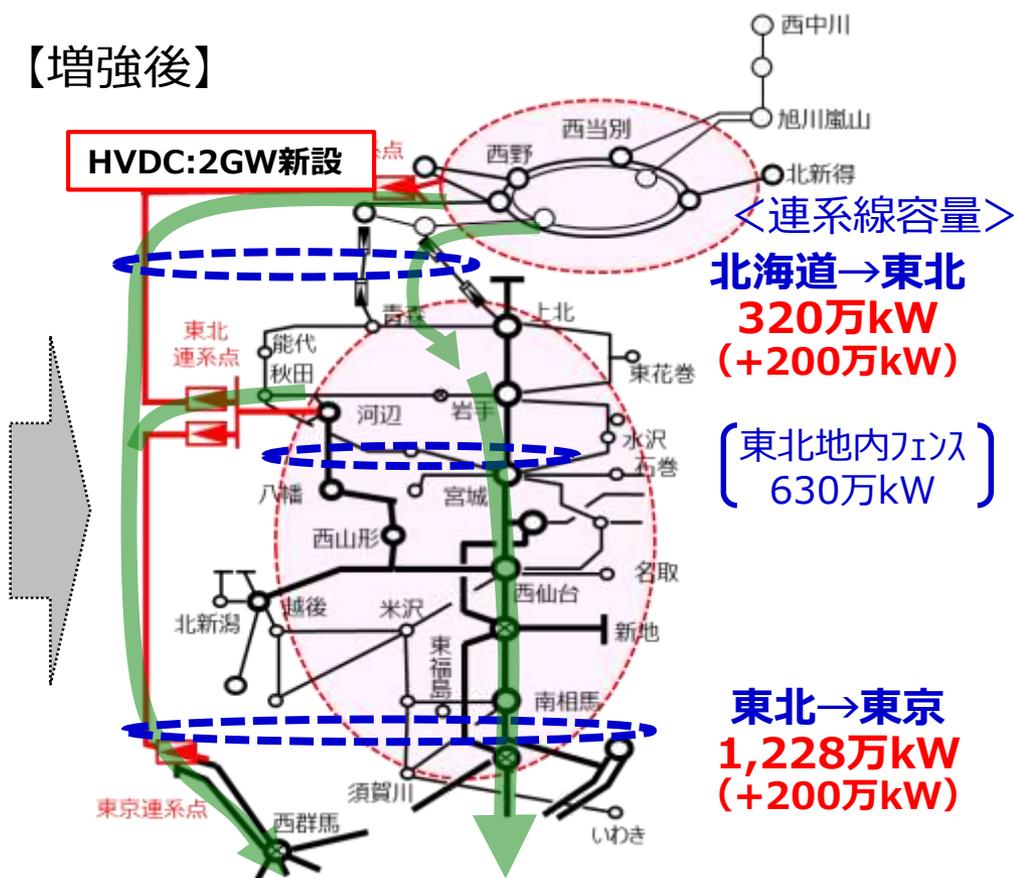
今回  
深掘り

- A案は、北海道-東北-東京の既設系統をバイパスする形でHVDCを構成するものであり、各エリア間で200万kWの連系容量拡大が期待できる。

【増強前】



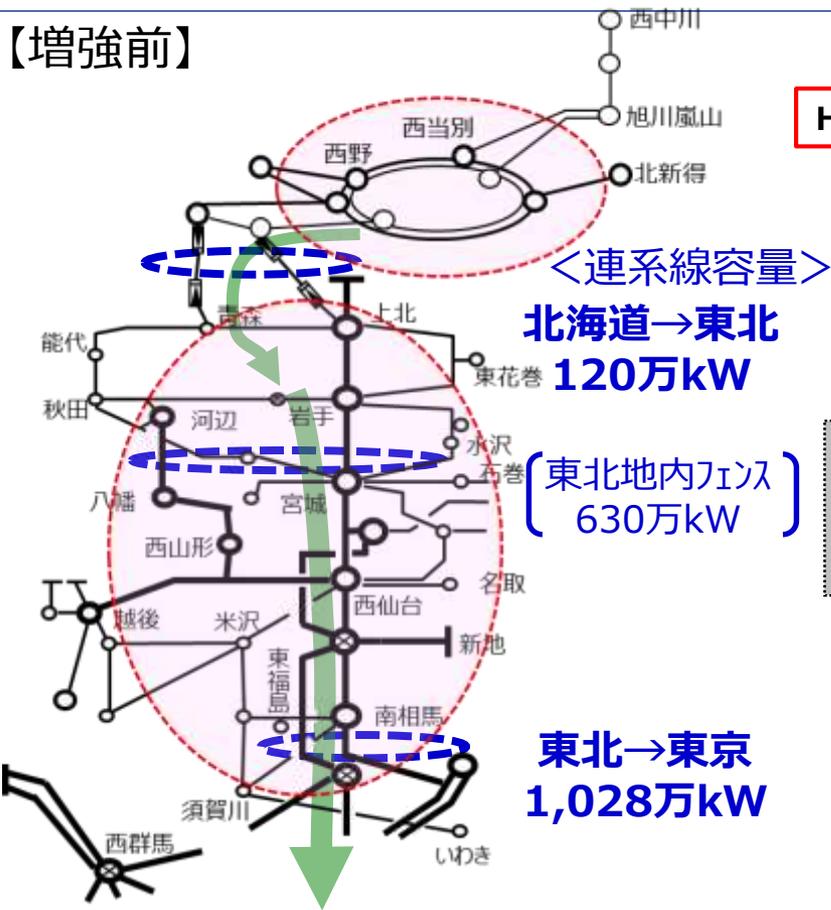
【増強後】



効果：北海道～東北～東京まで  
連系容量を200万kW拡大

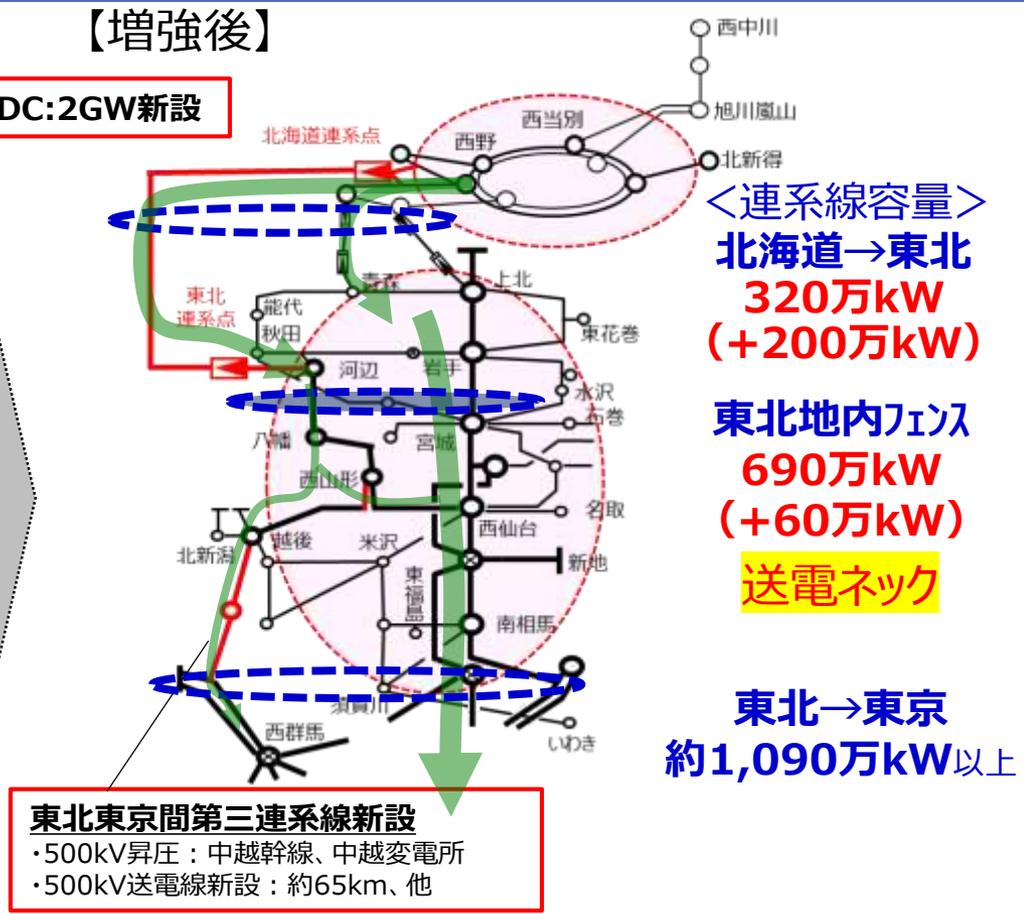
- 北海道-東北間の連系容量は、HVDC新設により200万kWの拡大が期待できる。一方で、東北地内フェンスの系統安定度制約により、東北東京間第三連系線を新設しても、北海道・東北北部から東京への送電容量の増加は限定的(+60万kW程度)となる。

【増強前】



【増強後】

HVDC: 2GW新設



効果：北海道～東北 連系容量を200万kW拡大  
 (北海道・東北北部からの東京への送電容量の増加量は+60万kWに留まる)

- 今回の整備計画は、北海道や東北の再生エネの電気を大消費地の東京へ送電できる容量を拡大することが目的であることから、送電容量の拡大効果を踏まえるとA案が合理的ではないか。
- なお、今回A案を実施したうえで、将来的には、段階的に地内増強を含めて各増強を進めていくことは、マスタープランの長期展望とも整合している。

	[A案]北海道-東北-東京間 HVDC新設	[C案] 北海道～東北間HVDC 東北東京間第三連系線	(参考)将来：A案+C案 + 東北地内増強(系統安定度対策)
系統構成 工事内容	<p>・北海道-東北-東京間HVDC新設 ±500kV2GW、海底ケーブル約800km</p>	<p>・北海道-東北間HVDC新設 ±500kV2GW、海底ケーブル約480km ・東北東京間第三連系線新設 約65km 中越幹線昇圧ほか</p>	<p>左記に加えて 東北地内にて系統安定度対策を実施 (送電線増強・地内500kVループ化)</p>
送電容量 拡大効果	① 320万kW (+200万kW) ② 630万kW ③ 1,228万kW (+200万kW)	① 320万kW (+200万kW) ② 690万kW (+60万kW) ③ 1,090万kW以上	① 320万kW (+200万kW) ② 1000万kW以上(精査要) ③ 1300万kW以上(精査要)

## ①連系線ルート/方式（海底直流送電等）

■ HVDCの海底ケーブルルート等は、国における実地調査等のデータをもとに、以下のステップで検討を行った。

第70回広域系統整備委員会(2023年9月22日)資料2

【ステップ1】防護方法の設定 ⇒ 水深・漁業操業・航路（投錨・走錨）など別

①ケーブル2重鉄線のみ	: 長期信頼性、損傷リスク / ケーブル構造検討
②埋設（敷設後埋設）	: 水深、工事中の損傷リスク
③防護管取付け（敷設同時）	: 速度遅い / 工事中リスク
④防護管取付け（敷設後）	: 水深、海底作業の安全リスク / コスト
⑤碎石積み上げ（敷設後）	: 水深、信頼度

【ステップ2】ルートの「仮」選定  
⇒調査未実施箇所は洋上風力、漁場図などで補完（別途リスク検討）

【ステップ3】全ルートにわたって（区間毎の）防護方法の「仮」選定  
⇒出来るだけ防護する / その区間に相応しい防護する

【ステップ4】敷設手順/スパン割の「仮」設定  
⇒敷設専用船の輸送単長 / 洋上接続箇所/敷設の順番など

【ステップ5】ケーブル仕様の見直し検討  
⇒水深毎の海水温度設定 / ケーブル導体サイズの再設定  
⇒鉄線鎧装(二重)による防護方法の再検討(対候性、軽量化)

【ステップ6】全体工程の設定  
⇒気象海象時期/ケーブル製造期間 / 許認可 / 先行利用者との調整

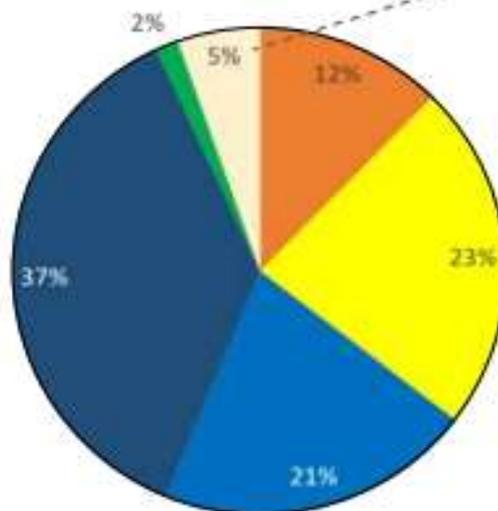
・更に合理的な防護方法がないか⇒【ステップ1】へ  
・防護しやすいルートがないか⇒【ステップ2】へ  
・工事中のリスクと防護方法を対比して、何を優先するか⇒【ステップ1,2】へ

・輸送単長を長くできないか⇒【ステップ4】へ

・気象、海象のよい時期に敷設工事ができないか⇒【ステップ4】へ  
・先行利用者(海事、漁業者)への影響を押さえられないか⇒【ステップ3】へ

- 前回の本委員会にて、北海道～東北～東京までの海底ケーブルの敷設ルートについて、実地調査の結果を報告した。その中で、一部の海底谷などの傾斜が急峻な地形が近接する箇所については、それを迂回するためにルートを岸側にずらして確保する方向とし、**その実現性を既存の各種データを用いて確認**することとしていた。
- 今回、これらを確認した結果、**全区間においてルート確保が技術的に可能であることが確認できた。**  
これらの結果をもとに、敷設・防護方法などを精査し、工事費・工期等を整理していく。

ルート案の海域状況  
(北海道(後志)～新潟 約800km)  
※揚陸の候補地点等は別途検討中



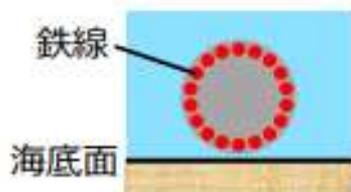
急峻な地形が近接する箇所は、ルート周辺の調査結果等から迂回して対応できることを確認済



- **海底ケーブルは敷設後に損傷した場合、損傷箇所の特定・補修に時間を要することが想定されることから、ケーブルを防護し、損傷リスクを低減することが必要。**
- 他方、防護することは、**工事費の増額・工期の長期化**につながることから、想定される損傷要因を踏まえた上で、**必要な防護方法を選定し、過剰な防護にならないことも重要。**
- ケーブルへ損傷を与える要因としては、漁具、大型船舶の錨、波浪が考えられ、これらの影響を考慮の上、防護方法を選定し、それ以外の箇所は鉄線鎧装のみとする。(漁具や船舶による損傷の可能性が低い場合は、**鉄線鎧装のみとし、埋設しないことも選択する。**)

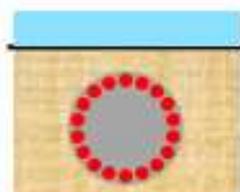
防護の要因	鉄線鎧装による防護	鉄線鎧装以外による防護
漁具	損傷が懸念される漁業操業が想定されない箇所	損傷が懸念される漁業操業が想定される箇所
大型船舶の錨	錨が下ろされる可能性が低い箇所	錨が下ろされる可能性が高い箇所
波浪	—	浅海部 (揚陸点付近を想定)
ケーブル交差等	既設ケーブル等の所有者と協議	既設ケーブル等の所有者と協議

鉄線鎧装(一重・二重)

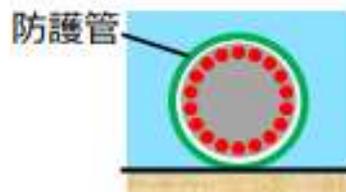


鉄線鎧装以外

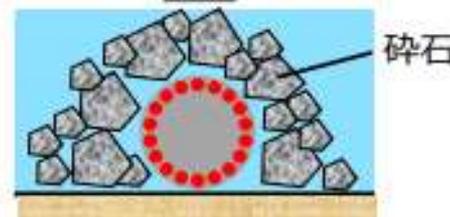
埋設



防護管



砕石



- 漁業種毎に操業が想定される水深・底質が異なるため、海域の水深・底質に応じた防護を実施。実際の敷設・防護にあたっては、先行利用者との協議が必要である点に留意。

海域状況	想定事象(例)	想定水深	防護方法(例)
堆積層厚1.5m以上の 細砂・中砂・シルト (埋設可)	・漁具固定用錨による損傷(走錨・懸錨)	-	・鉄線鎧装(二重)
	・漁具の直撃 ・漁具によるケーブル引上げ、キンク ・漁具の貫入 ・漁業への影響低減	-	・埋設防護
堆積層厚1.5m未満の 細砂・中砂・シルト(沖積 層薄い)	・漁具固定用錨による損傷(走錨・懸錨)	-	・鉄線鎧装(二重)
	・漁具の直撃 ・漁具によるケーブル引上げ、キンク	-	・埋設+砕石防護
	・漁具の貫入 ・漁具によるケーブル引上げ、キンク	30m~	・埋設+砕石防護
		~30m	・铸铁製防護管 ・掘削+埋設防護 ・埋設+砕石防護
露岩域、礫帯 (埋設不可)	・漁具固定用錨による損傷(走錨・懸錨)	-	・鉄線鎧装(二重)
	・漁具の貫入 ・漁具によるケーブル引上げ、キンク	~30m	・铸铁製防護管 ・掘削+埋設防護 ・砕石防護 ・管路 <sup>※1</sup>

※1 揚陸部から管路を構築する場合

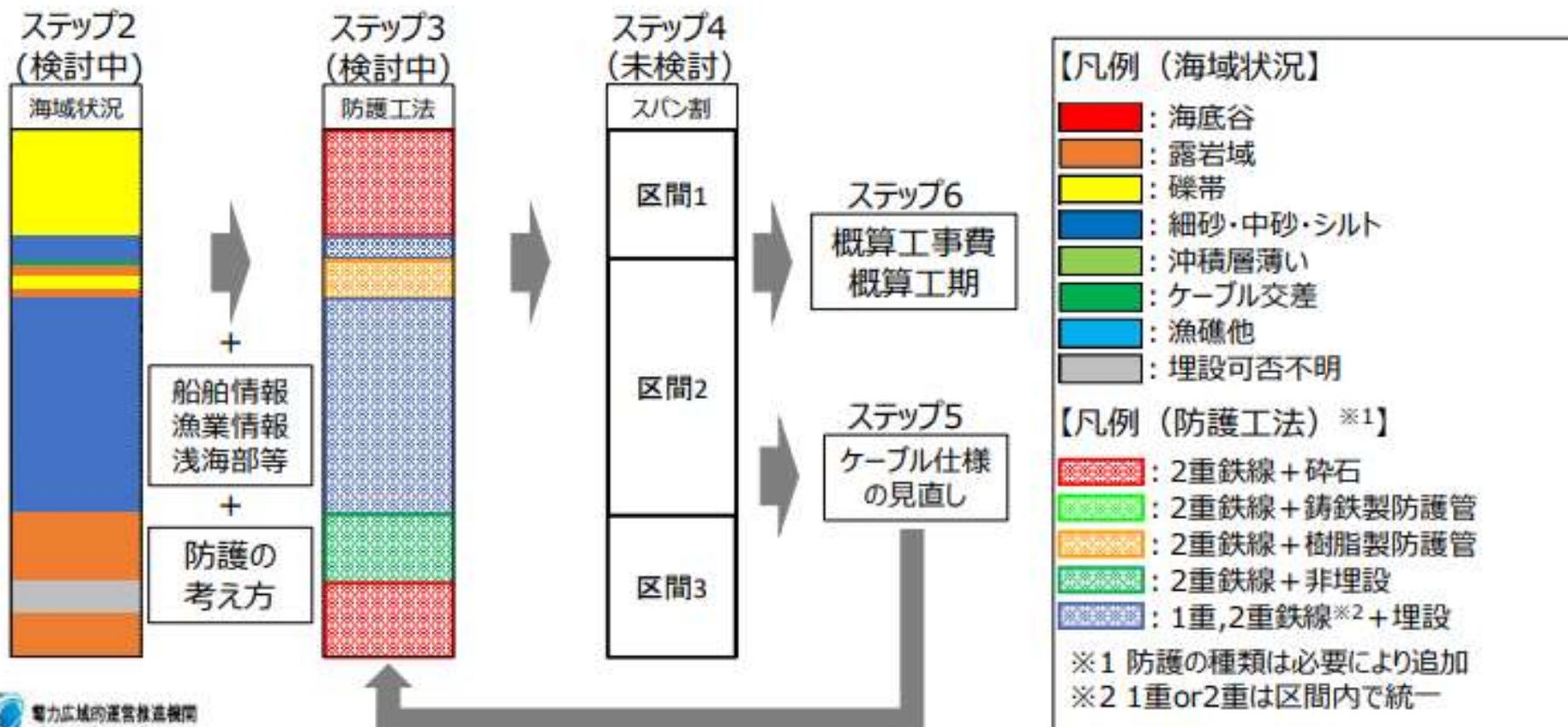
- 湾地形で錨を下ろす可能性が高い箇所は砕石等の防護も検討。
- 水深が深い箇所は、錨を下ろす可能性が低いいため大型船舶の錨への対策は考慮しない。なお、荒天時に錨を下ろす可能性のある箇所は砕石等の防護を検討。ただし、日本海側ルートにおいては、該当箇所は少ないものと想定。

海域状況	想定事象(例)	想定水深	防護方法(例)
堆積層厚1.5m以上の細砂・中砂・シルト (埋設可)	・錨の直撃(投錨) ・錨の引っ掛かり(走錨)	10~40m程度	・埋設防護
堆積層厚1.5m未満の細砂・中砂・シルト (沖積層薄い)	・錨の直撃(投錨) ・錨の引っ掛かり(走錨)	10~40m程度	・掘削+埋設防護 ・埋設+砕石防護
露岩域、礫帯 (埋設不可)	・露岩域では投錨しない	10~40m程度	・鉄線鎖装

- 海底ケーブルルート of 調査結果と防護方法の選定の考え方をもとに、ケーブル布設のスパン割設定、必要に応じてケーブル仕様の見直しを行い、工事費・工期を算出する。

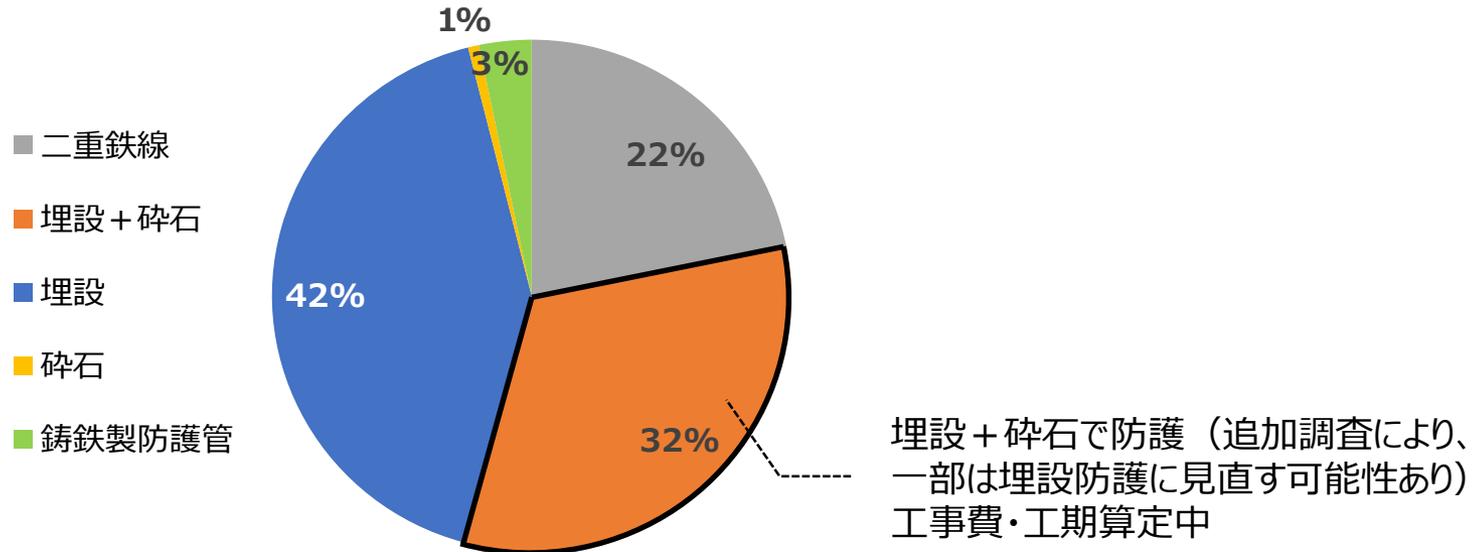
第71回広域系統整備委員会(2023年11月10日)資料1-1

※ケーブルの輸送単長、ケーブル構造、防護工法の種類等を考慮し、1度に敷設する区間を設定する



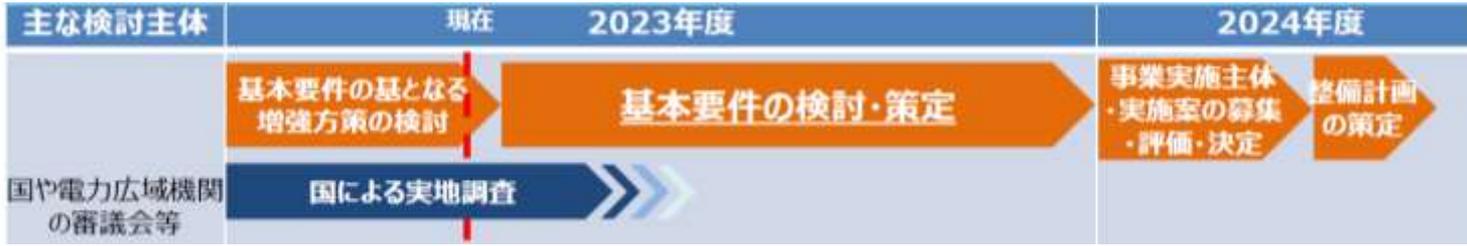
- 前述の「防護方法選定の基本的な考え方」等をもとに、防護方法を選定した結果は以下のとおり。漁具や大型船舶の錨などによる**損傷リスクの低い区間**（灰色部分、22%）では**二重鉄線のみ**による防護を採用。**その他の区間では、損傷リスクを踏まえた防護方法**を追加した。
- 「埋設+砕石」と記載した部分（**橙色部分、32%**）は、現段階の調査結果に基づき、堆積層厚の不透明性を踏まえ「埋設+砕石」と設定している。なお、今後の追加調査等により、堆積層厚（1.5m以上）を確認できた区間は「埋設」のみに見直すことが可能。なお、全体の32%の長距離に亘って砕石防護としており、長距離の砕石防護については国内実績がないことから、海外事例などを参考にしながら工事費・工期を算定する。

ルート案の防護方法選定結果  
 (北海道(後志)~新潟 約800km)



- 本日の議論により系統構成案及びHVDCケーブルの敷設・防護方法等の条件が整理できたことから、次回以降の本委員会にて、工事費・工期等についてご審議いただくこととしたい。

(出所) 第52回 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 資料2



## ■今後のスケジュール（案）

	2023年度							2024年度
	9	10	11	12	1	2	3	
広域系統整備委員会	★70回		★71回	★72回 ★73回		★74回 ★75回	★76回 ★77回	
東地域作業会	▼9/6	▼10/10 ▼10/25	▼11/21 ▼12/14	▼1/10 ▼1/24	(開催時期は今後調整)			
連系線ルート/方式 (海底直流送電等)	海域実地調査ほか ルート・工法・構造検討			陸上の直流、架空交流による送電ルートとの比較			基本要件 (案)	事業実施 主体・実施 案の募集・ 評価・決定  整備計画 の策定
交直変換装置	設備構成案の整理	対案比較		増強方策案 とりまとめ (工期・工事費等)				
直流と交流の連系地点	方向性	連系方法検討						
地内系統増強	各エリアの地内増強検討							
	周波数影響評価など							
ファイナンス等のリスク評価	プロジェクトのリスクと対応方策							
	費用便益評価							

### 第14回 東地域作業会（11/21）

### 第15回 東地域作業会（12/14）

- ・課題の検討状況及びリスク抽出
- ・地内系統整備について

など

### 第16回 東地域作業会（1/10）

- ・課題の検討状況及びリスク抽出
- ・基本要件における工事費算出方法について
- ・海底直流送電の保険手配に必要な情報について

など

### 第17回 東地域作業会（1/24）

- ・課題の検討状況及びリスク抽出

など