

東地域の広域連系系統に係る計画策定プロセス

2023年12月8日
広域系統整備委員会事務局

- 前回の第71回広域系統整備委員会では、系統状況想定および系統構成案、海域実地調査の状況および海底ケーブルルートにおけるケーブル防護の考え方についてご確認いただいた。
- 本日は、以下の3点についてご確認をいただきたい。
 - ・全体の系統構成の方向性
 - ・**海域実地調査**および**海底ケーブルルート検討状況**
 - ・設備構成案（**ケーブル・交直変換装置**）

- 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、連系線ルート、交直変換装置について、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)

② 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

③ 交直変換装置

- 技術動向調査、機器構成案の比較検討

④ 交流系統と直流系統の連系地点

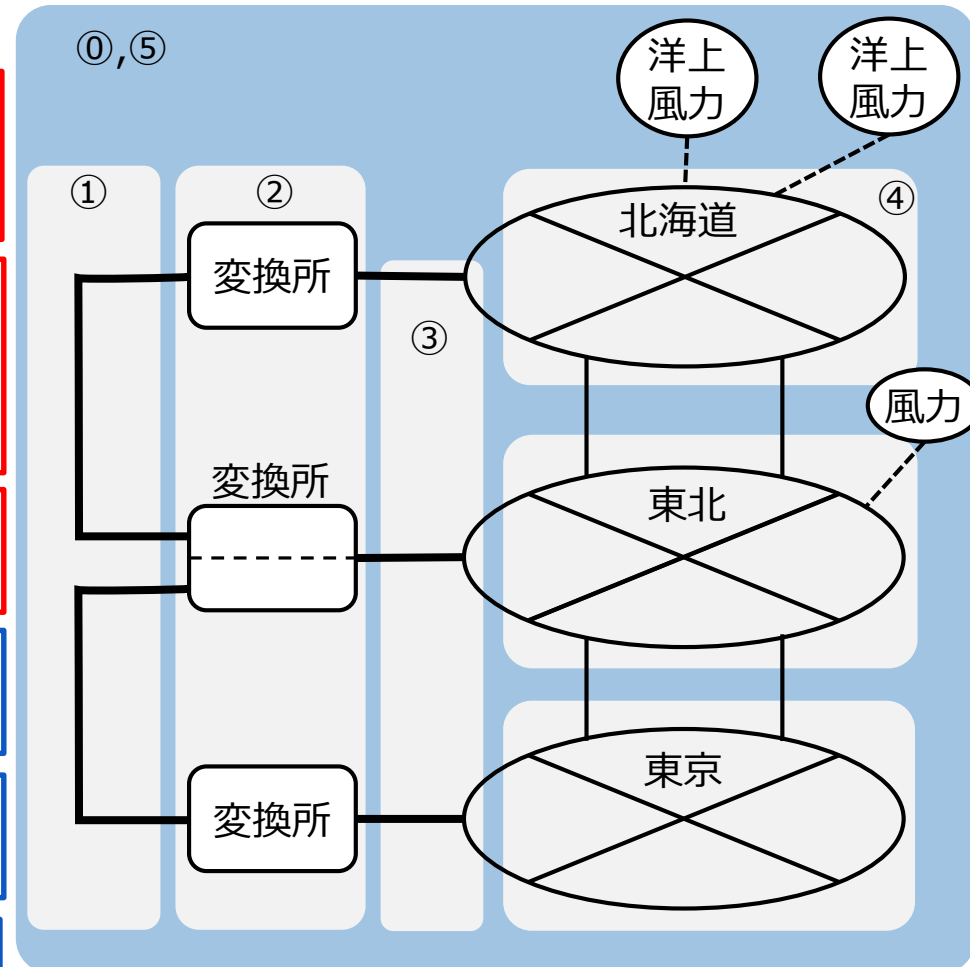
- 地内の状況を踏まえた連系地点選定

⑤ 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

⑥ 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。

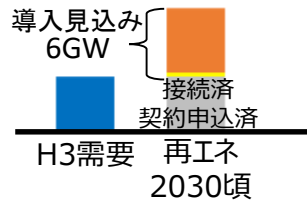
① 系統構成

- 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、連系線及び連系線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する。

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**。

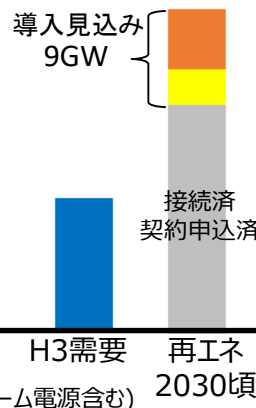
【北海道】



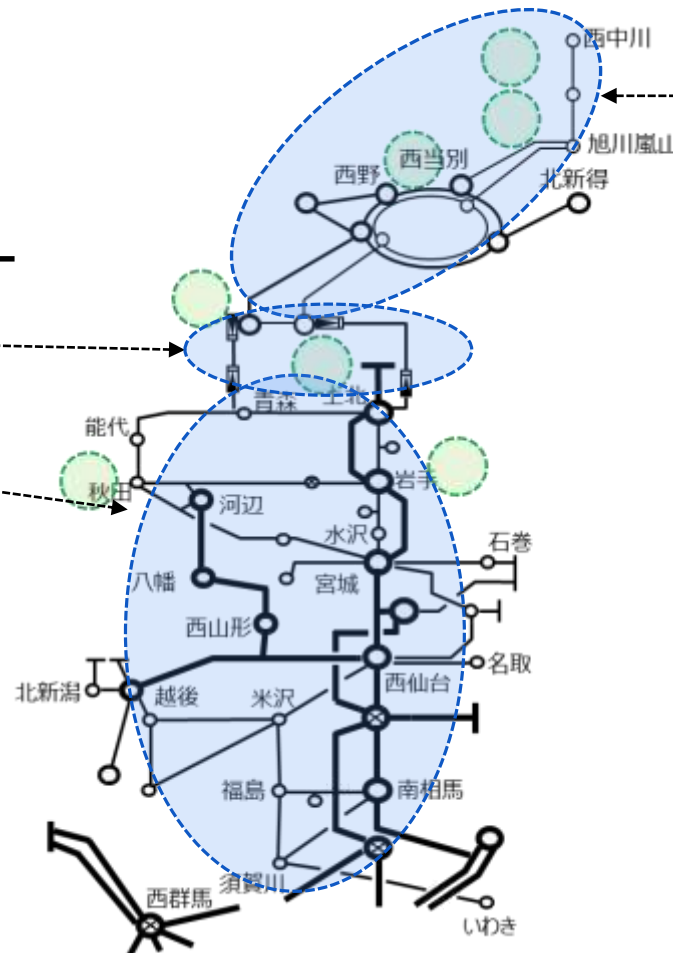
東北東京間連系線および東北地内系統

・建設中を含む既設連系線（10GW）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**。

【東北】



- 風力導入見込み
- 太陽光導入見込み
- 接続済・契約申込済(ノンファーム電源含む)



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

※電源を集約して設備容量が大きい広域連系系統(最上位電圧から上位二階級)に連系する対策。

- (Dashed Blue Circle) : 系統課題が顕在化する地域
- (Dashed Green Circle) : 大規模な電源動向のある地域

- 前回の本委員会にて、系統構成案は、日本海ルート2GWのHVDC送電を基本としたうえで、広域連系系統のマスタープランとの連続性などを踏まえ、以下の3パターンに大別した。
- 今回、各系統構成案の特徴・得失について整理したことから、その内容と方向性を確認したい。

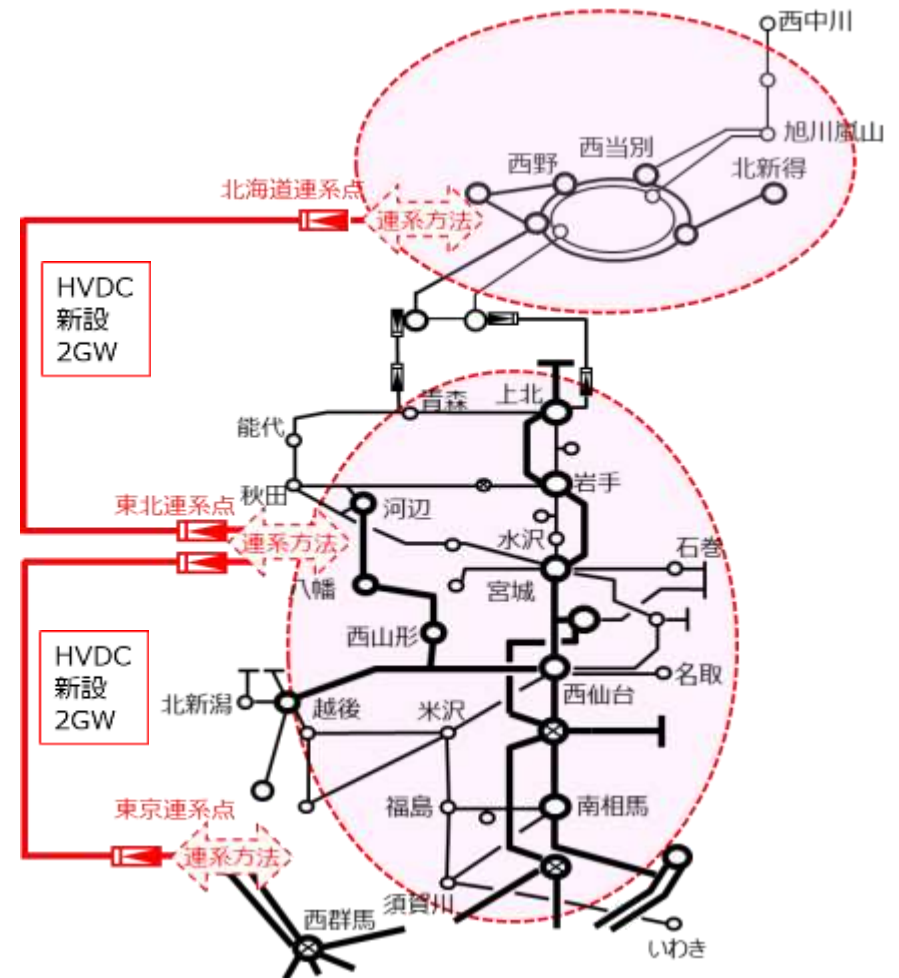
第71回広域系統整備委員会資料を一部修正

	[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	<p>北海道地内系統増強 ・275kV送電線新設 ・HUB設備新設ほか</p> <p>北海道連系点 → 連系方法</p> <p>HVDC 新設 2GW</p> <p>東北地内系統増強 ・500kV送電線新設 ・HUB設備新設ほか</p> <p>東北連系点 → 連系方法</p> <p>HVDC 新設 2GW</p> <p>東京連系点 → 連系方法</p>	<p>北海道地内系統増強 ・275kV送電線新設 ・HUB設備新設ほか</p> <p>北海道連系点 → 連系方法</p> <p>HVDC 新設 2GW</p> <p>東北地内系統増強 ・500kV送電線新設 ・HUB設備新設ほか</p> <p>東北連系点 (当初は単独のみ)</p> <p>HVDC 新設 2GW</p> <p>東京連系点 → 連系方法</p>	<p>北海道地内系統増強 ・275kV送電線新設 ・HUB設備新設ほか</p> <p>北海道連系点 → 連系方法</p> <p>HVDC 新設 2GW</p> <p>東北地内系統増強 ・500kV送電線新設 ・HUB設備新設ほか</p> <p>東北東京間 連系強化 (交流系統増強)</p> <p>東北連系点 → 連系方法</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・3エリアをHVDCで接続する案 ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道から東京へHVDCで直送する案 ・HVDCを介して東北の再エネは送電できない ・(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 	<ul style="list-style-type: none"> ・東北東京間については交流系統を増強する案 ・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

- 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**がある。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。

- 北海道・東北エリアの再エネ等の電力を、効率的に需要中心である東京エリアへ供給するため、北海道～東北～東京間の連系線（HVDC:2GW）を新設する。
- 東北エリアの電源は、既設の東北東京間連系線を活用して送電するとともに、HVDCを東北エリアで中継して同連系線でも送電できるようにすることで、系統運用の柔軟性を確保する。

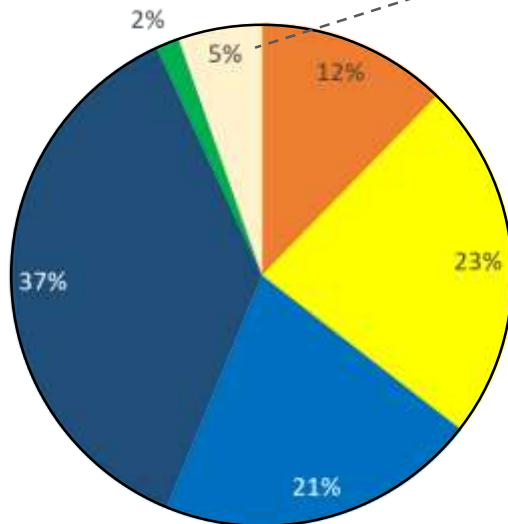
	増強概要
連系線	<ul style="list-style-type: none"> ■ HVDC海底ケーブル、地中ケーブル、架空線 ±525kV 2GW, 双極構成(ケーブル3本)×約800km ■ 交直変換所3箇所 北海道、東北、東京
北海道	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交直変換所と地内交流系統接続 ・変換所～後志幹線間送電線新設 ・変換所～道南幹線間送電線新設 ・275kV開閉所 2箇所新設
東北	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交直変換所と地内交流系統接続 ・変換所～河辺変電所間交流500kV送電線新設
東京	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交直変換所と地内交流系統接続 ・変換所～南新潟幹線または新新潟幹線間送電線新設



①連系線ルート/方式（海底直流送電等）

- 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

【凡例】

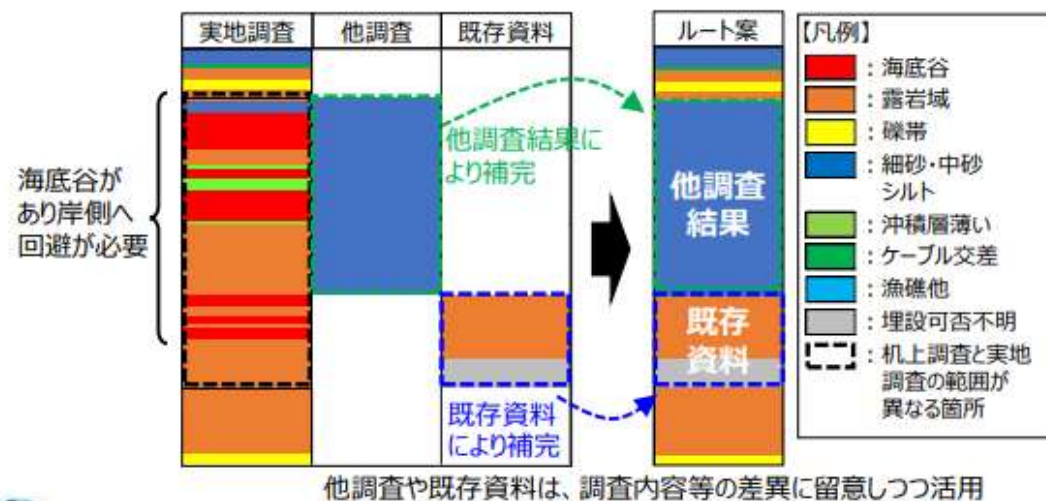
- 露岩域
- 礫帯
- 細砂・中砂
- シルト・粘土
- ケーブル交差
- 急峻な地形が近接迂回ルートで対応可

海底ケーブル敷設ルート検討の状況 - 急峻な地形への対応 -

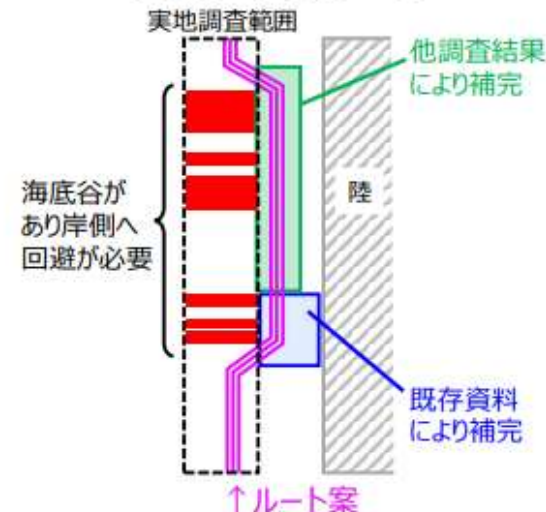
7

- 国の海域実地調査では、北海道沿岸で海底谷などの急峻な地形があることを確認している。これらの海底谷などについては、**岸側のルートを選定することにより回避することで検討中**。回避先のルートの実地調査はしていないが、基本要件策定に向けて、既存のデータ等を活用することで敷設可否を確認している。
- これまでのところ、海底谷が確認された箇所は、陸から一定程度距離があることを確認しており、現段階では、**海底谷を回避したルート選定は可能な見込み**。なお、必要に応じて、来年度以降に追加で実地調査を行うことを国において検討している。

②後志～渡島の海底状況 (一部抜粋)



左記データのイメージ



①連系線ルート/方式 (海底直流送電のケーブルルート等の検討の進め方)

7

■ ケーブルルート等は、現在、国で進めている実地調査と並行し、その結果のデータをもとに以下のステップで検討を進めている。今後、検討状況や結果がまとまり次第、逐次報告する。

- 【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砕石積み上げ (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

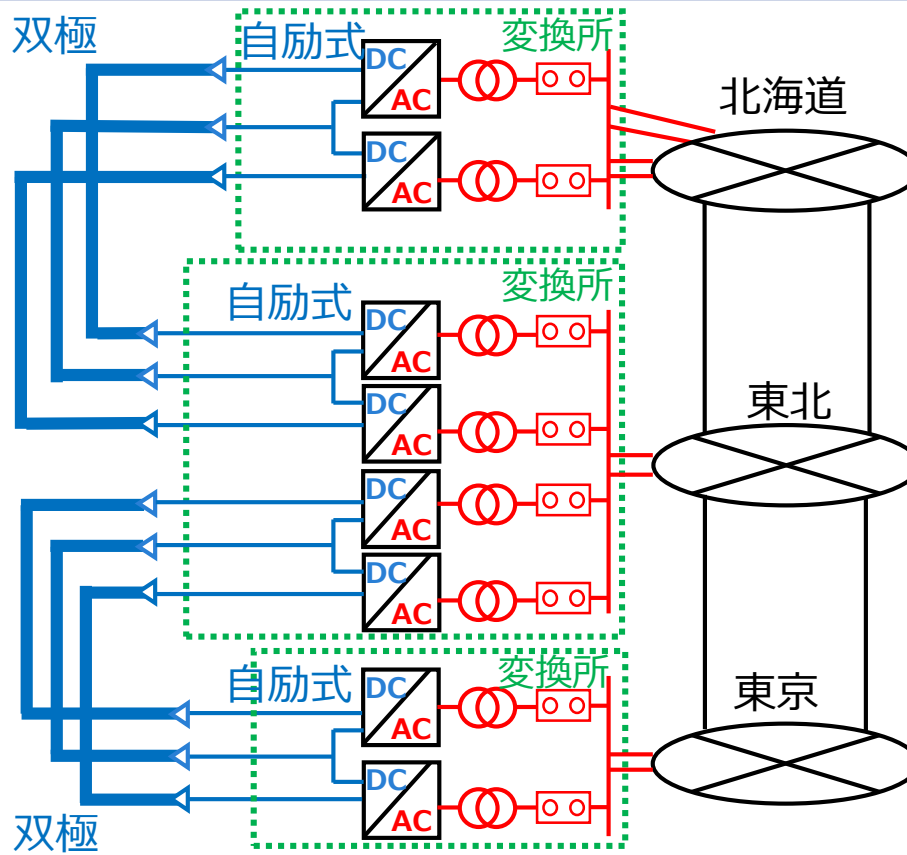
・更に合理的な防護方法がないか⇒【ステップ1】へ
・防護しやすいルートがないか⇒【ステップ2】へ
・工事中のリスクと防護方法を対比して、何を優先するか⇒【ステップ1,2】へ

・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

②交直变换装置

- 交直変換装置の設備構成については、**技術開発動向や実現性、工事費・工期などの観点から総合的に判断する必要**がある。今回の基本要件においては、次頁以降の評価結果に基づき、**以下を基本的な方向性として基本要件を取り纏めていくこと**としてはどうか。
 - ✓ 端子構成：実績があり実現性の観点からも確実である **2端子構成**を基本
 - ✓ 極構成：ケーブル条数が少なく工事費・工期の低減が図れる **双極構成**
 - ✓ 交直変換方式：採用実績があり、交流系統との協調面からも優位な **自励式**



- 交直変換装置の端子構成として、**2端子構成（北海道～東北、東北～東京）とする案と多端子構成（北海道～東北～東京）とする案**が考えられる。
- 2端子構成とした場合、北海道～東北間、東北～東京間でHVDCが分割されているため、**HVDC設備で事故等が発生した場合でもその波及範囲を当該区間に制限**できる。また、**保守等に伴う作業停止が必要な場合でも、その範囲が当該区間に限られるため、運用面での柔軟性がある**といった特徴がある。
- 多端子構成とした場合、**変換器数を減らせるメリット**がある。一方、**HVDC設備の事故時の波及範囲などの信頼度面や運用面の柔軟性の観点では2端子構成が優位**。また、多端子構成は、**海外でも運用実績が限られている**。そのため、**長期的な安定運用面の観点などの技術的な不確実要素、及び直流遮断器などのコスト面での不確実要素**がある。
- 以上を踏まえ、**基本要件では、2端子接続による構成を基本とすること**としてはどうか。なお、実施案募集において、事業実施主体がこれらの不確実性への対応を明確にし多端子構成で提案されることを否定するものではない。

	2端子構成	多端子構成
構成図		
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・供給信頼度、運用の柔軟性で優位 ・2端子構成は国内外で多くの実運用実績あり 	<ul style="list-style-type: none"> ・変換器を減らせる一方、直流遮断器等が必要となる可能性あり ・多端子構成は海外でも運用実績は極めて少ない

- 直流送電の極構成では、**本線 2 条と帰線 1 条で構成する双極構成と、本線 2 条で構成する対称単極構成の 2 案**が考えられる。
- 双極構成は、**ケーブル条数を単極構成より 1 条少なくでき、工事費・工期の面で優位**となる。また、双極構成は、基本的に帰線は双極の電流が打ち消しあって流れないことから、**単極構成と比べて送電ロスが少ない**といったメリットがある。
- なお、双極構成・単極構成とも、変換器の片極故障やケーブル故障時でも残りの健全設備により半量の1GWを送電継続することが可能であり、**供給信頼度面では大きな差異はない**。
- 以上を踏まえ、**基本要件では、双極による構成を基本とすること**としてはどうか。

	双極構成	単極構成×2ルート
構成		
ケーブル数	3 条	4 条
供給信頼度 運用面	変換器 1 極、ケーブル 1 条の故障、 作業停止時でも半量1GWを送電可能	同 左
その他	単極と比べ送電ロスが少ない	

- 交直変換装置の変換方式には、自励式と他励式がある。
- 自励式は、**交流系統の事故時における直流設備の安定運転面、無効電力制御など電気的特性におけるメリット**があり、運用面における制約も少ない。
- また、自励式は他励式と比較して変換器単価は上がる一方、調相設備等を省略でき必要となる用地面積が少なくて済むことから、**自励式と他励式でコスト面の大きな優劣は無い見込み**。
- これらの特徴から、**至近の計画策定プロセス（FC増強や新々北本）では自励式を採用しており、新北本連系設備にて運転実績もある**。また、世界的にも**2GW相当の直流設備は自励式が主流**となっている。
- 以上を踏まえ、**基本要件では、自励式を基本とすることとしてはどうか**。

	自励式	他励式
電気的特性	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的に交流系統との相互作用の課題はない（短絡容量の小さい系統でも連系可能） ・片端の交流系統停電時でも運転可能 ・交流系統事故時でも運転継続性は高い ・無効電力の供給可能 ・高調波が少なく多量のフィルタは不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・高調波不安定など交流系統との相互作用に留意要（短絡容量の大きな系統である必要） ・片側の交流系統停電時には運転不可 ・交流系統事故時に転流失敗して停止の可能性あり ・無効電力の供給不可であり、調相設備が必要 ・高調波が発生するためフィルタが必要
コスト面	<ul style="list-style-type: none"> ・自励式と他励式で総コストは大きな優劣は無い（自励式の場合、変換器単価は他励式に比べ上がるが、調相設備・フィルタが省略できることから総コストは双方とも同等程度となる） 	

■ 年度末の基本要件策定に向けて、引き続き、各項目について順次ご審議をいただく。

(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
東地域作業会	▼9/6	▼10/10	▼10/25	▼11/21	▼12/14	(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			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)			基本要件 (案)	
直流と交流の連系地点	方向性	連系方法検討		費用便益 評価				
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							

第12回 東地域作業会（10/10）

第13回 東地域作業会（10/25）

- ・課題の検討状況及びリスク抽出について

など

第14回 東地域作業会（11/21）

- ・課題の検討状況及びリスク抽出について
- ・基本要件及び公募要綱の記載項目について

など