

海底直流送電の導入に向けて

2021年3月
資源エネルギー庁

本検討会の背景及び目的

- 2050年カーボンニュートラルに向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入を図っていく必要がある。中でも、**洋上風力発電は、大量導入が可能であり、コスト低減による国民負担の低減効果や経済波及効果が大きく、2050年に向けて最大限の導入が重要。**
- 洋上風力の適地は、大需要地から離れているため、長距離を効率的に送電する上で、一般的な交流送電による増強だけでなく、**海底ケーブルを用いた超高圧の海底直流送電の導入が鍵となる。**
- 送電ネットワークの形成にあたっては、電力広域機関において、将来の再エネ電源等のポテンシャルを踏まえた費用便益評価に基づく増強計画である「マスタープラン」でも、**交流送電だけでなく直流送電での増強も検討**されている。
- 一方で、欧州等においては既に多くの長距離での海底直流送電が採用されているものの、**日本においては長距離での実績がないことから、敷設にあたっての費用・期間、ルートของフィージビリティ等についてのさらなる検討が必要**である。
- 本検討会では、海底直流送電の導入にあたっての考慮すべき点を整理した上で、**整備に適した海域や費用等についての具体化を進めることを目的**とする。

(参考)「洋上風力産業ビジョン」における本検討会への期待

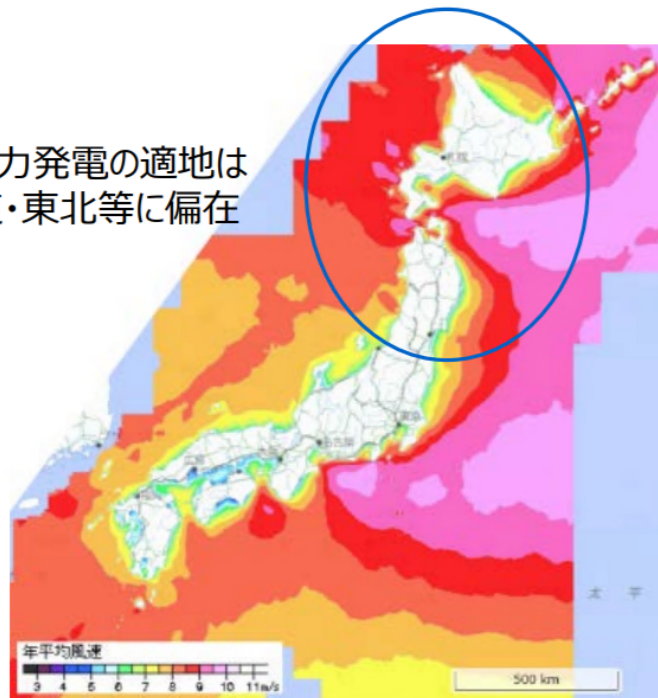
第2回 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 洋上風力産業ビジョン（第1次）概要（2020年12月15日）

1（3）系統インフラの整備

- 導入目標の実現に貢献する系統整備のマスタープランについては、**1次案を来春までに具体化し、公表**する。
- また、洋上風力のポテンシャルを生かすためには、適地から大需要地に運んでくる大送電網が重要。**直流送電について、技術的課題やコストを含め、導入に向けた具体的検討を開始**する。

洋上風力発電の適地（風況マップ）

洋上風力発電の適地は
北海道・東北等に偏在



（出所）NeoWins（NEDO）風況マップ

直流送電の検討の進め方

意義

・洋上風力の適地と大需要地は離れており、長距離を効率的に送電する上では、交流送電と比べて安価な直流送電が望ましい。

課題

ルートを検討するにあたって、英国・ドイツ等の事例も踏まえ、以下の課題を整理する。

①経済効率的な導入の在り方

- ・ルートの検討にあたっての考慮事項の整理
- ・敷設にあたっての費用の検討 等

②直流送電の技術課題の克服

- ・洋上に点在する**多数の洋上変電所を直流送電により繋ぐ技術**
- ・**水深が深い場所でも活用可能**な海底ケーブルの開発 等

進め方

直流送電の課題を集中的に議論する場を新たに設けるとともに、議論の成果をマスタープランの策定に活用する。

(参考) マスタープランの検討状況

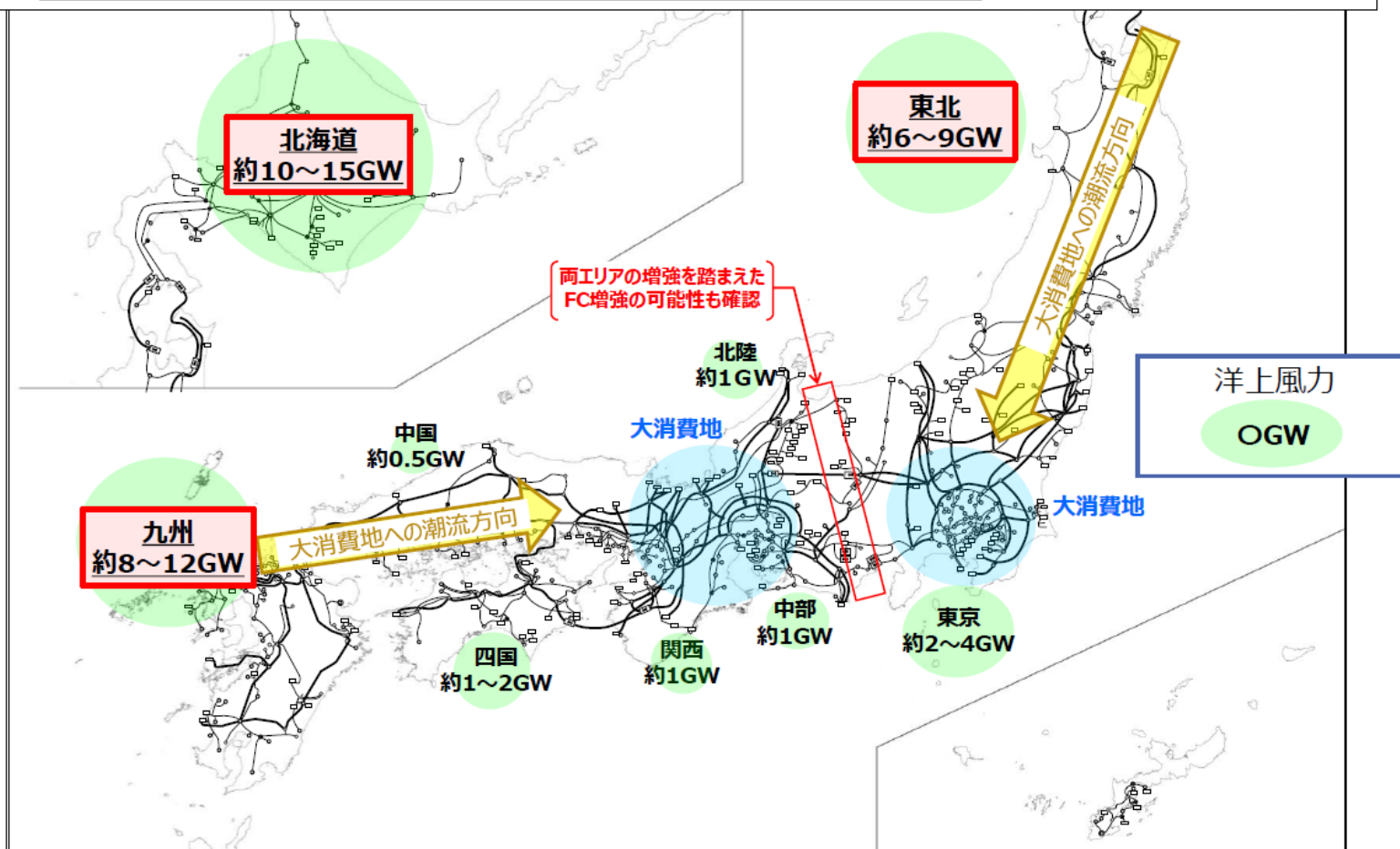
第6回 広域連系系統のマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会 資料1 (2021年1月15日)

3 長期展望における増強案検討の進め方について【論点 2】

13

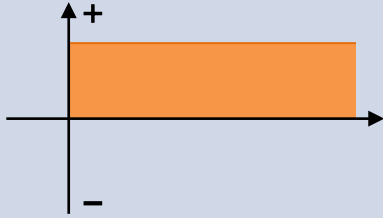
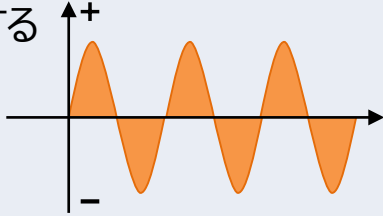
(1) 具体的な検討の方向性

- 前提とする洋上風力の約 8 割が北海道、東北、九州に集中していることから、**大消費地への潮流を基調（北海道→東京、九州→関西・中部）として、連系線等を中心とした増強案の検討を進めてはどうか。**



直流送電への期待

- 電気には直流と交流があり、送電面ではそれぞれ長所と短所が存在する。
- 電力系統は一般に交流で構成されているが、**特に長距離の送電では直流が優位**であるため、地域間連系線では直流による送電が行われている場合がある。
- そのような特徴から、洋上風力の電力の需要地への送電、架空送電線による連系が困難なエリア間の接続等に**長距離直流送電技術を導入**することによって、**再エネの大量導入、レジリエンスの向上、電力の広域融通の促進**等の効果が期待できる。

種類	流れ方	長所	短所
直流送電	• 流れる向きが一定である 	• 特に長距離の送電は、交流に比べ電力損失が小さく、経済性に優れる	• 変圧が困難である • 事故時の遮断が難しい
交流送電	• 一定のサイクルで正負に変動する 	• 変圧が容易であるため、超高圧の大容量で送電しやすい • 事故時の遮断が容易である	• 電圧が高くなると電波障害が発生する場合がある • 特に長距離の送電は、直流に比べ電力損失が大きく、経済性に劣る

(参考) 国内の直流送電による連系線の実績

- 4か所の地域間連系線が直流送電で行われており、そのうち2つが海底ケーブルを用いた設備である。

北海道東北間

北本連系設備

(電発送変電NW)

- ・容量：600MW
- ・架空線：124km
- ・海底ケーブル：43km

新北本連系設備

(北海道NW)

- ・容量：300MW
- ・架空線：98km
- ・地中線：24km
- (一部青函トンネル内に敷設)

中部北陸間

南福光BTB

(中部PG・北陸送配電)

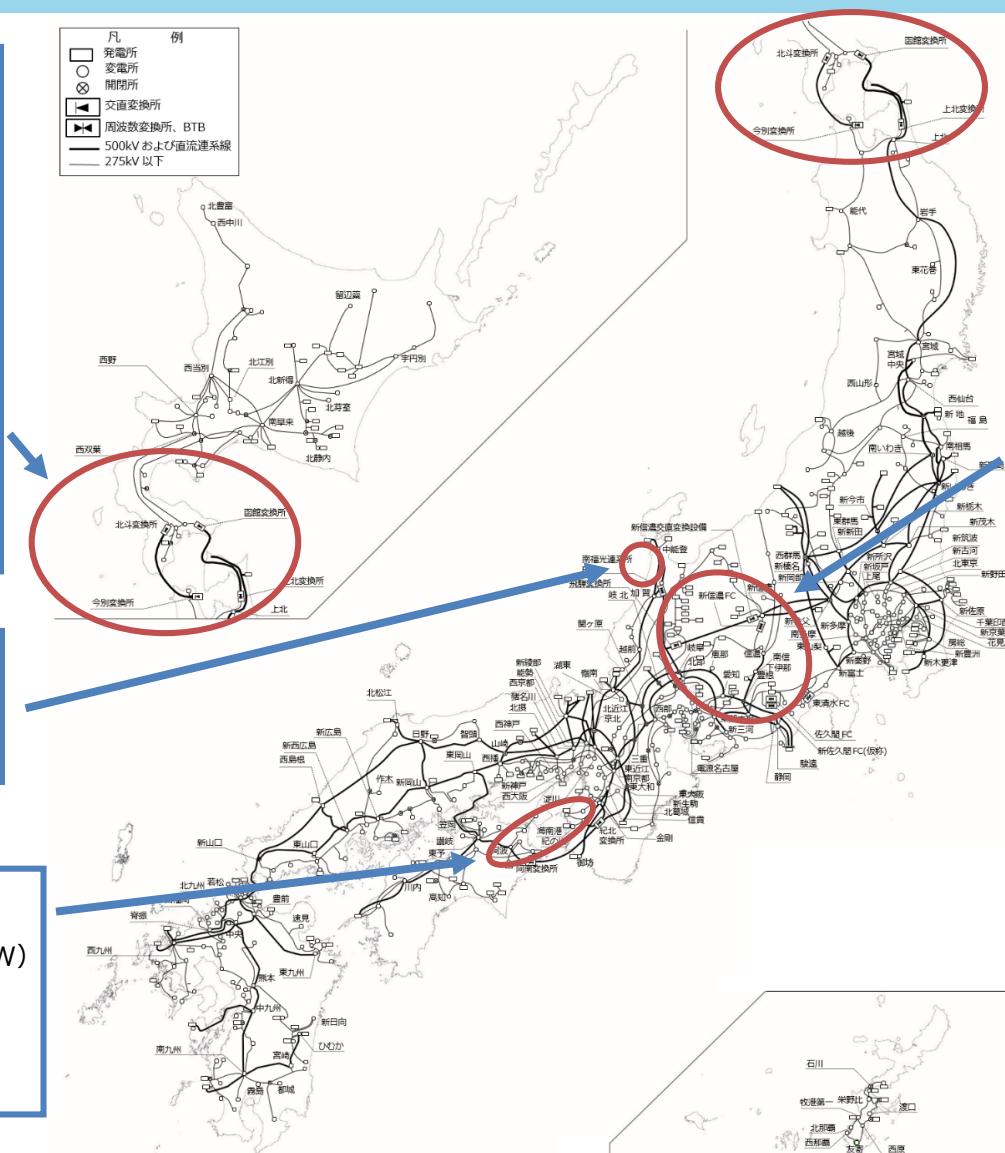
- ・容量：300MW

関西四国間

紀伊水道直流連系設備

(関西送配電・四国送配電・電発送変電NW)

- ・容量：1400MW
- ・架空線：50.9km
- ・海底ケーブル：48.9km



東京中部間

佐久間周波数変換所

(電発送変電NW)

- ・容量：300MW
- (直流を経由し周波数を変換)

新信濃変電所

(東京PG)

- ・容量：600MW
- (直流を経由し周波数を変換)

東清水変電所

(中部PG)

- ・容量：300MW
- (直流を経由し周波数を変換)

飛騨信濃周波数変換設備

(東京PG・中部PG)

(2020年度末運用開始予定)

- ・容量：900MW
- ・架空線：89km
- (交直変換装置を架空線で連系)

(参考) 欧州における直流送電の採用例

- 欧州においては国同士の連系や国内の送電線として直流送電が盛んに行われている。

イギリス国内連系

Western HVDC Link

(スコットランドウェールズ間)

- ・容量：2200MW
- ・海底ケーブル：385km

HVDC Moyle

(スコットランド北アイルランド間)

- ・容量：500MW
- ・海底ケーブル：55km

イギリス国際連系

HVDC Cross-Channel

(フランス間)

- ・容量：2000MW
- ・海底ケーブル：46km

Nemo Link

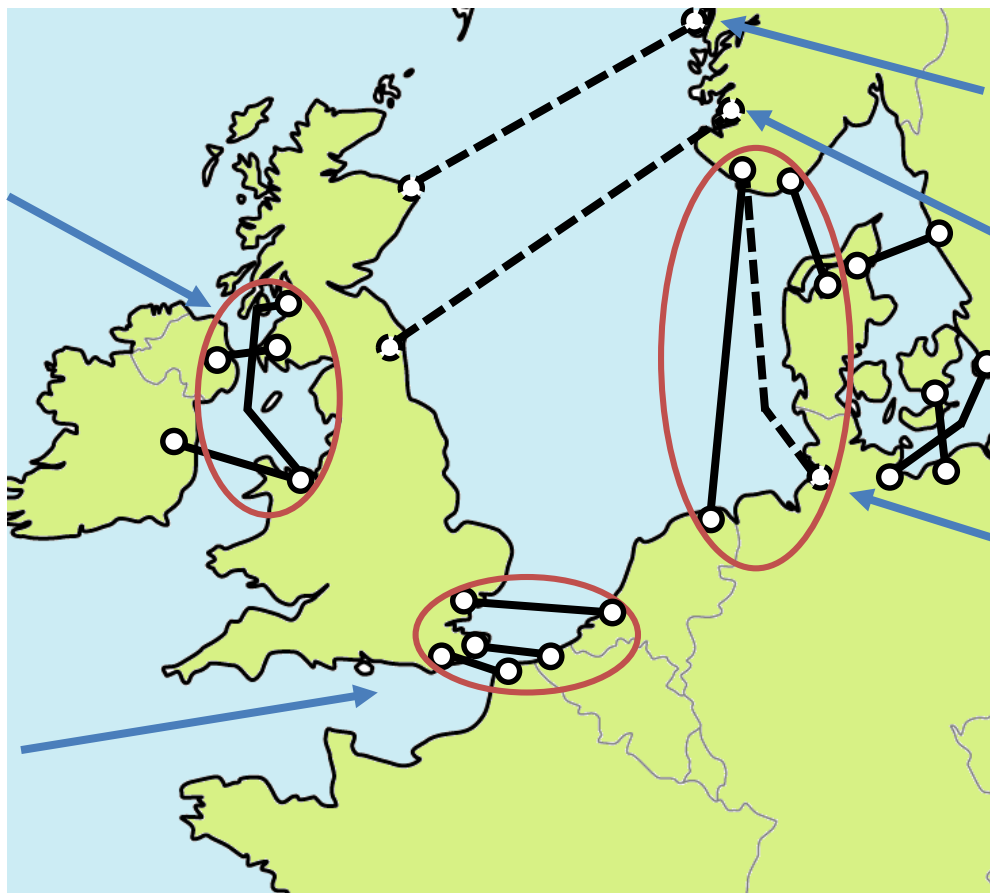
(ベルギー間)

- ・容量：1000MW
- ・海底ケーブル：130km

BritNed

(オランダ間)

- ・容量：1000MW
- ・海底ケーブル：250km



ノルウェー国際連系

NorthConnect

(イギリス間、2022年運用開始予定)

- ・容量：1400MW
- ・海底ケーブル：720km

North Sea Link

(イギリス間、2021年運用開始予定)

- ・容量：1400MW
- ・海底ケーブル：650km

NorNed

(オランダ間)

- ・容量：700MW
- ・海底ケーブル：580km

Nord Link

(ドイツ間、2021年運用開始予定)

- ・容量：1400MW
- ・海底ケーブル：516km

Skagerrak

(デンマーク間)

- ・容量：1632MW
- ・海底ケーブル：127km

海底直流送電の整備に向けた論点及び進め方

- 日本で海底直流送電を整備していく上では、海洋環境の特徴、近海の盛んな漁業、洋上風力の分布、海洋の利用状況、系統の特徴などの、日本における特性を考慮した上で、ルート・構成設備・施工方法等を検討する必要がある。
- 本検討会においては、まずは以下の考慮事項等について、国内外の既存事例の研究や関係機関・メーカー等へのヒアリングを通じて理解を深めつつ、その他にも考慮すべき事項がないかの確認を行った上で、FS調査等も活用しながら、以下の検討事項等について具体化を進める。

考慮事項（例）

- ・日本における近海の海底の地形・堆積物の特徴
- ・日本の洋上風力発電のポテンシャルの分布
- ・日本の海洋の利用状況
- ・日本の系統の特徴
- ・技術開発状況 等

検討事項（例）

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">・整備に適した海域・構成設備・施工方法・費用見込み・調査などを含めた工事の所要期間 | <ul style="list-style-type: none">・漁業等を考慮したケーブル防護の方法・設備故障時の影響や対応方法・保守、メンテナンスの方法 等 |
|---|--|

本勉強会のスケジュールのイメージ

- 今後は下記のような検討を行い、F/S調査に向けて、夏頃までに考慮・検討事項について、一定の整理を行う予定。

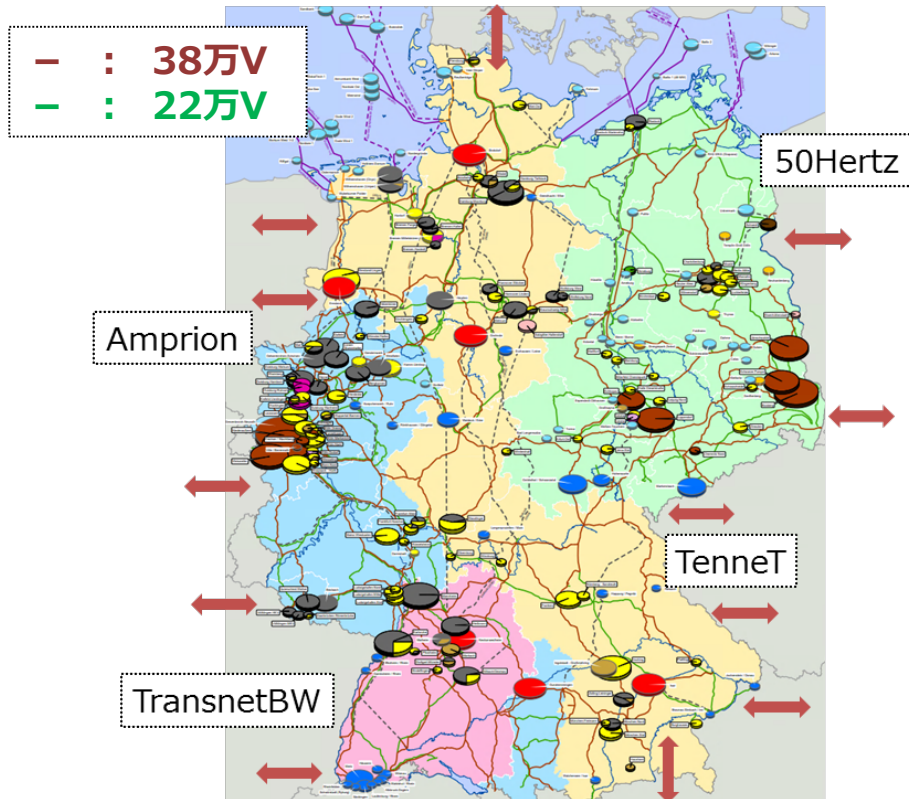
	直流送電の考慮・検討事項に関する情報の共有①
	・検討会の概要 ・直流送電の基本事項 ・国内の海底直流送電による地域間連系 ・日本の海底環境の特徴 ・直流送電に関する技術動向
第2回	直流送電の考慮・検討事項に関する情報の共有②
	・海外事例の紹介 ・国内外の産業動向に関する事業者ヒアリング
第3回	・第1～2回を踏まえた考慮・検討事項の整理 ・F/S調査の方向性について
第4回以降	・追加的な考慮・検討事項の検討 ・F/S調査の進捗報告

(参考)

日本の電力系統の特徴

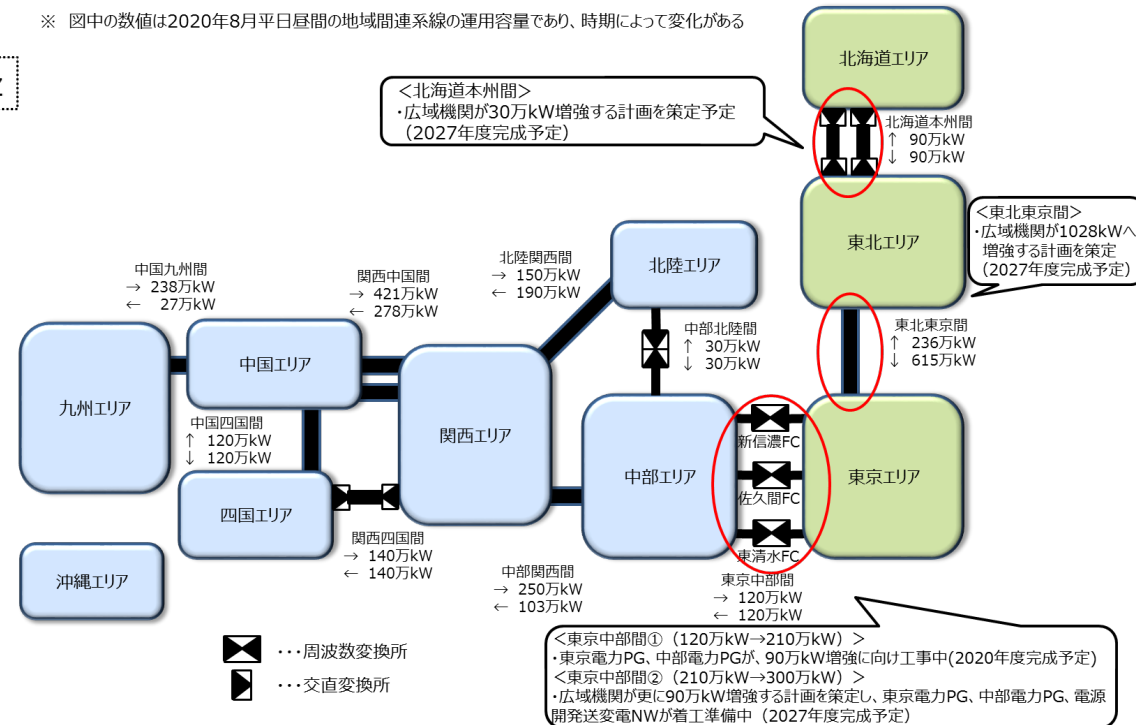
- 日本は弓なりの形状の列島であること、起伏が激しい地形であることといった特徴から、隣接するエリアと複数ルートで結ばれているエリアは多くない。
- 欧州は国同士、エリア同士が面的に広がっている系統になっており、エリア同士が複数ルートで結ばれている。

ドイツの電力系統



日本の電力系統

※ 図中の数値は2020年8月平日昼間の地域間連系線の運用容量であり、時期によって変化がある



出典: Kraftwerke und Verbundnetze in Deutschland

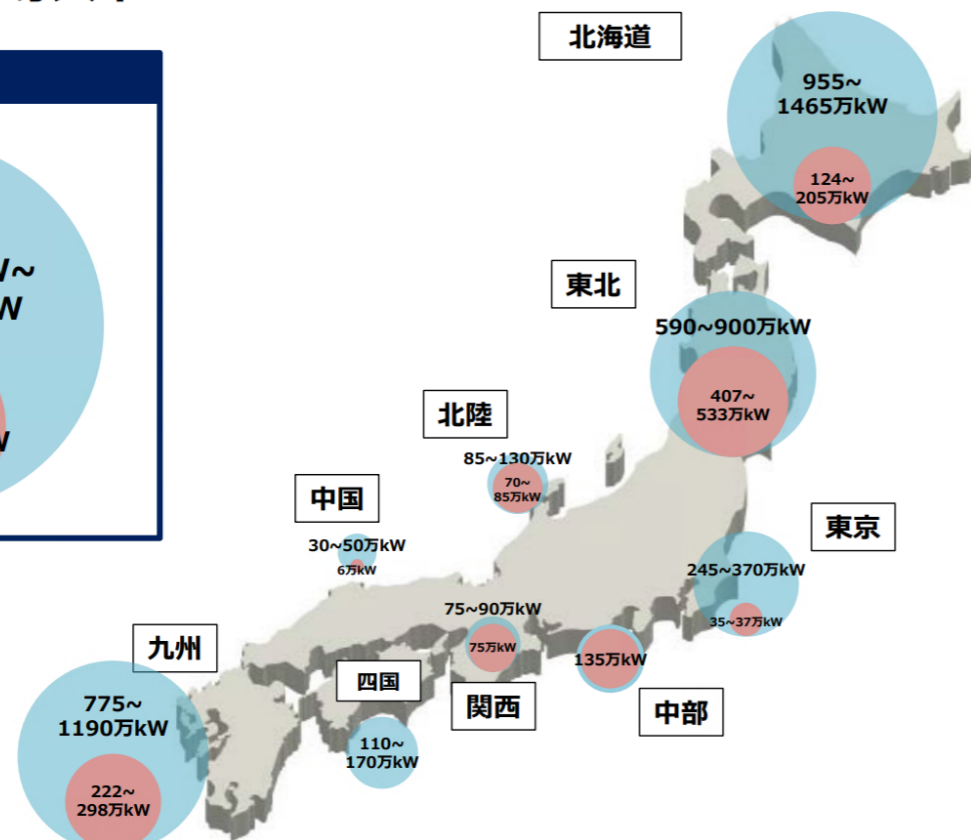
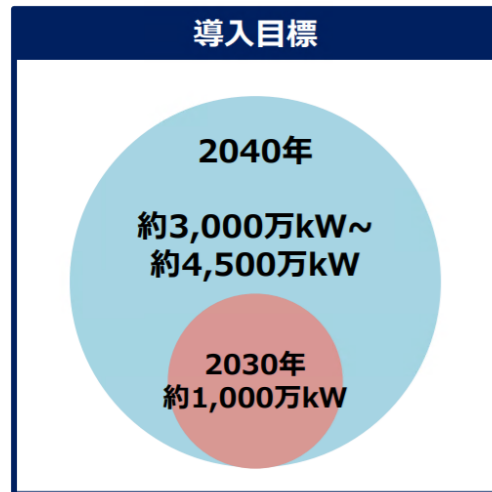
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/dateien/de_kraftwerkskarte_2020_0.pdf

日本の洋上風力発電のポテンシャルの分布①

- 昨年の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」において示された日本の洋上風力のエリア別の導入イメージにおいて、約8割は北海道・東北・九州に分布している。

第2回 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 資料2-1（2020年12月15日）

【参考】エリア別の導入イメージ



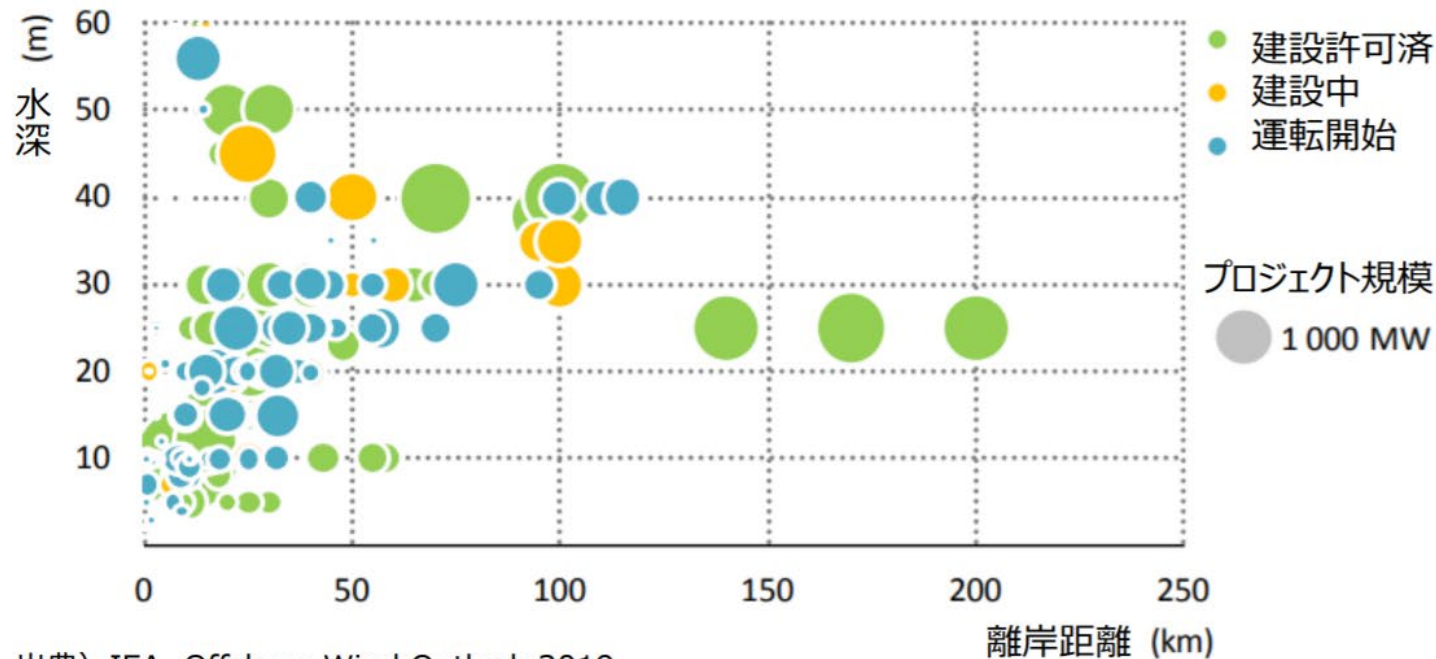
※2030年については、環境アセス手続中（2020年10月末時点・一部環境アセス手続きが完了した計画を含む）の案件を元に作成。

※2040年については、NEDO「着床式洋上ウインドファーム開発支援事業（洋上風力発電の発電コストに関する検討）報告書」における、LCOE（均等化発電原価）や、専門家によるレビュー、事業者の環境アセス状況等を考慮し、協議会として作成。なお、本マップの作成にあたっては、浮体式のポテンシャルは考慮していない。

日本の洋上風力発電のポテンシャルの分布②

- 洋上風力発電について、欧州等の海外では、海底地形上の制約が少ないことから、一定の離岸距離を確保した場所での案件が多い。
- 他方、日本では、①水深がすぐ深くなる場所が多いこと、②「共同漁業権区域」（岸から3～5 km 程度の場所に設定されることが通常）では利害関係者を特定しやすいこと、等から、離岸距離の近い海域での案件が多い。

欧州における洋上風力プロジェクトの離岸距離



日本における着床式案件の離岸距離

能代市、三種町及び男鹿市沖	4km以内
由利本荘市（北側）	4km以内
由利本荘市（南側）	5km以内
銚子市沖	10km以内

(注) 再エネ海域利用法における促進区域の範囲