

海底直流送電の導入に向けて

2021年4月30日

資源エネルギー庁

1. 各メーカーへのヒアリングについて
2. FS調査の実施について

本日举行ヒアリングの目的と内容について

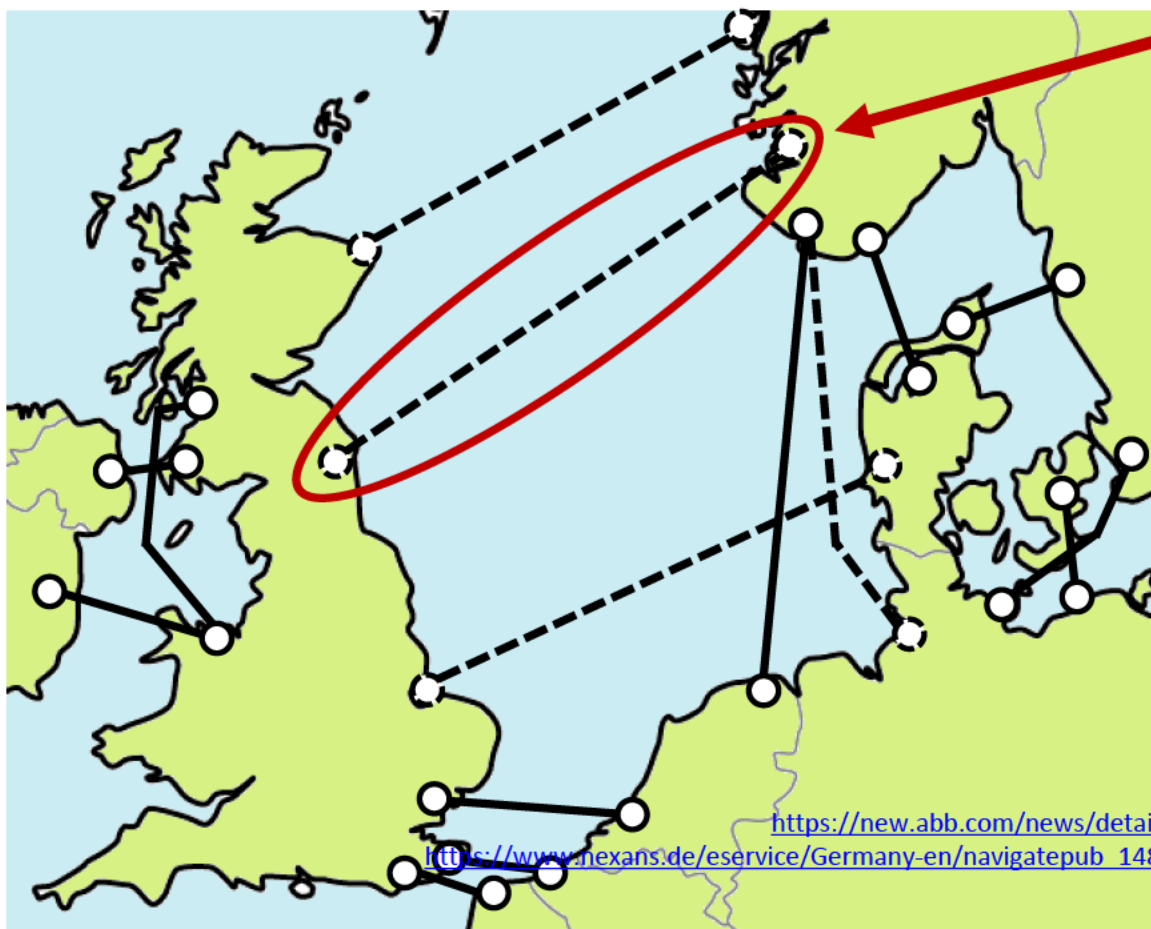
- 前回の本検討会では、直流送電の概要や日本の海底地形、技術動向について各有識者によるご説明が行われた
- 日本国内では長距離海底直流送電の実績が無いことから、日本国内にて実績があるメーカーにヒアリングを行い、整備の実現に向けた見通しや課題について調査する

- 交直変換器メーカー
 - ・ 三菱電機株式会社
 - ・ 東芝エネルギーシステムズ株式会社
 - ・ 株式会社日立製作所
- ケーブルメーカー
 - ・ 古河電気工業株式会社
 - ・ 住友電気工業株式会社

- ◆ ヒアリングの事前質問事項
 - ・ 設計から修繕までの事業体制
 - ・ 国内及び海外での実績、技術の紹介
 - ・ 製造や人員の体制、単価の水準その見通し
 - ・ 単価低減のための方策や環境、要望

(参考) 長距離海底直流送電における交直変換器とケーブルの費用例

- 欧州で建設が進むNorth Sea Linkについて、各社の契約金額を調査した。
- 国内での整備には、下記契約金額のほかに、欧州と異なる海底地形への対応、変換所周辺等の土木工事、両端の変換所への交流送電設備が必要になる。



North Sea Link

(2015年着工、2021年運用開始予定)

- ・ 送電可能容量：1400MW
- ・ 送電電圧：±525kV
- ・ 直流ケーブル：720km

・ 変換器等 (自励式双極)

契約金額：4.5億ドル

≒500億円 (1ドル≒110円)

※設計から試運転、建屋等

・ 直流ケーブル (2メーカー計)

契約金額：8.9億ユーロ

≒1160億円 (1ユーロ≒130円)

<https://new.abb.com/news/detail/13259/abb-wins-450-million-order-for-norway-uk-hvdc-interconnection>

https://www.hexans.de/eservice/Germany-en/navigatepub_148782_-34542/NSN_Link_will_interconnect_Nordic_and_British_ener.html

https://www.prysmiangroup.com/en/en_2015_PR_HVDC-NO-UK.html

<https://tyndp.entsoe.eu/tyndp2018/projects/projects/110>

1. 各メーカーへのヒアリングについて
2. FS調査の進め方について

FS調査の進め方について

- 長距離海底直流送電の整備に向け、複数海域を念頭にFS調査を行い、考慮すべき事項等の具体化や、長距離海底直流送電に必要な設備や費用、工期等を検討する。
- また、海外調査も行い、海外事例を踏まえ、日本において長距離海底直流送電を整備するために必要な設備や費用、工期等について整理する。
- （国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発事業の「洋上風力等からの高圧直流送電システムの構築・運用に関する調査」として、公募が開始された（公募期間は4月26日～5月26日）。
- なお、本検討会における議論の内容や進捗等を踏まえ、詳細な調査内容を決めていくこととし、調査結果については報告書としてNEDOから公表されるほか、本検討会においても中間・最終報告を行うこととする。

「洋上風力等からの高圧直流送電システムの構築・運用に関する調査」業務内容

- ・直流送電のルートに関する調査
- ・直流送電に必要な設備等の検討
- ・直流送電に必要な費用・工期の検討
- ・海外調査
- ・報告書作成

FS調査を行う主体と実際の整備主体との関係について

- 今回のFS調査は、国内で実績が無い長距離海底直流送電プロジェクトの技術的な実現可能性を検討することが主目的である
- 一方で、今回のFS調査を行う事業者が、将来の海底直流送電の整備を担う上で、他の事業者に比べ、有利にならないよう、以下のように考慮することで、事業者間の公平性を担保していく。
 - 成果は今後の海底直流送電の整備の参考とはなり得るものの、その基本要件と直接的に関連するものとはしない
 - 現時点では必要な設備容量や両端の地点等の不確実性が大きいことから、仮定を置いた上での実現可能性の検討に留まる（工事設計ではない）
 - FS調査で得られた内容は、その進捗状況も含め検討会で報告し、報告書等の全てを公開する
- なお、FS調査を行う事業者に対して将来の海底直流送電の整備を行うことを妨げること自体は、将来の選択肢や競争を阻害することとなるため行わないが、上記のような公平性を担保する取組をしっかりと行っていく。

(参考) 海底直流送電の整備に向けた論点及び進め方

第1回 長距離海底直流送電の整備に向けた検討会
資料4 (2021年3月15日)

- 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 |
|---|--|

(ヒアリングの参考資料)

(参考) 国内の直流送電による連系線の実績

第1回 長距離海底直流送電の整備に向けた検討会 資料4
(2021年3月15日)

- 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

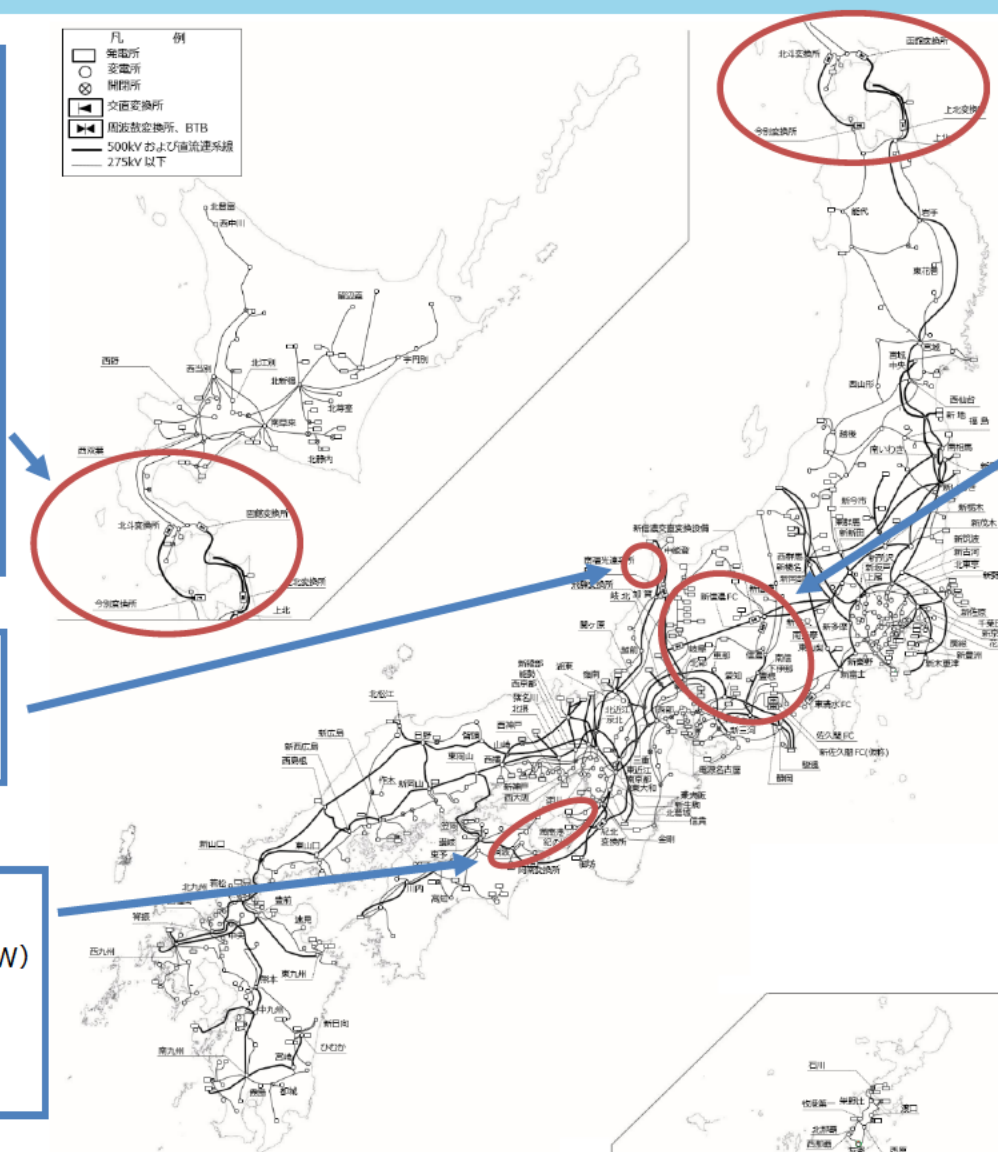
(電発送変電NW)

- ・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)



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)

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

(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

Viking link

(デンマーク間2024年運用開始予定)

- ・容量：1400MW
- ・海底ケーブル：630km

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：650km

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：720km

NorNed

(オランダ間)

- ・容量：700MW
- ・海底ケーブル：580km

Nord Link

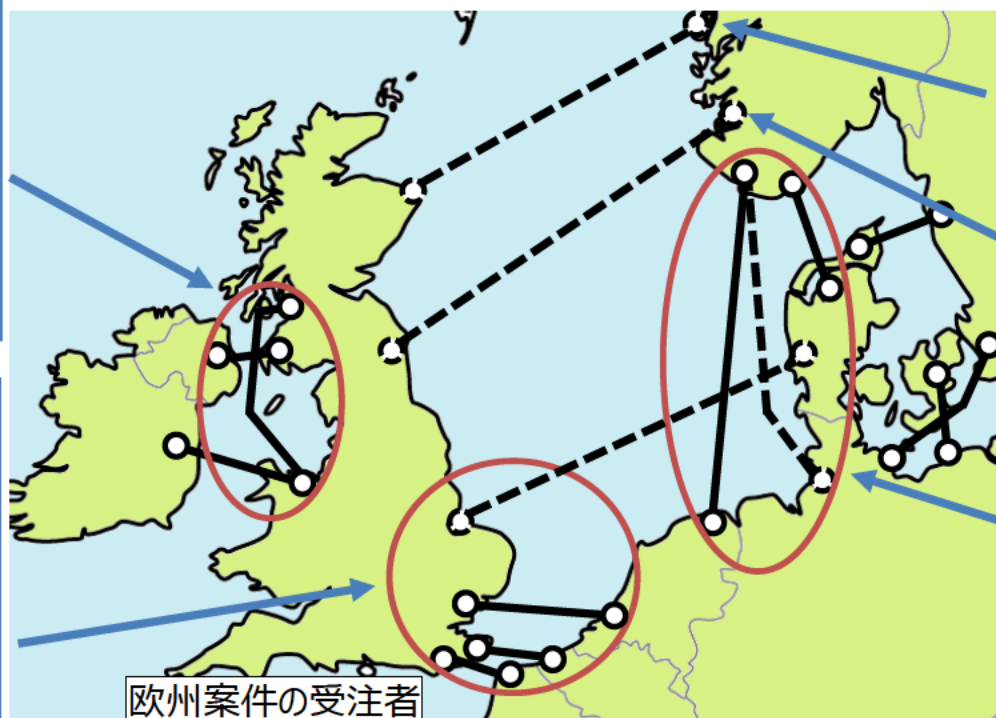
(ドイツ間、2021年運用開始予定)

- ・容量：1400MW
- ・海底ケーブル：516km

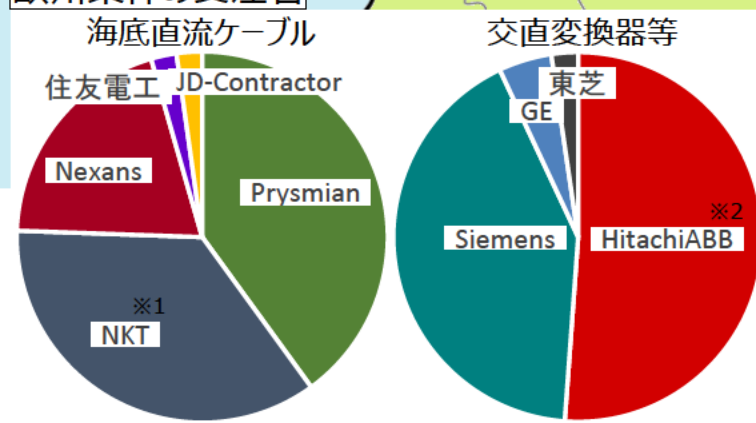
Skagerrak

(デンマーク間)

- ・容量：1632MW
- ・海底ケーブル：127km



欧州案件の受注者



欧州において2000年以降に使用開始又は建設中の海底直流送電による連系設備及び洋上プラットフォーム設備約40案件を調査

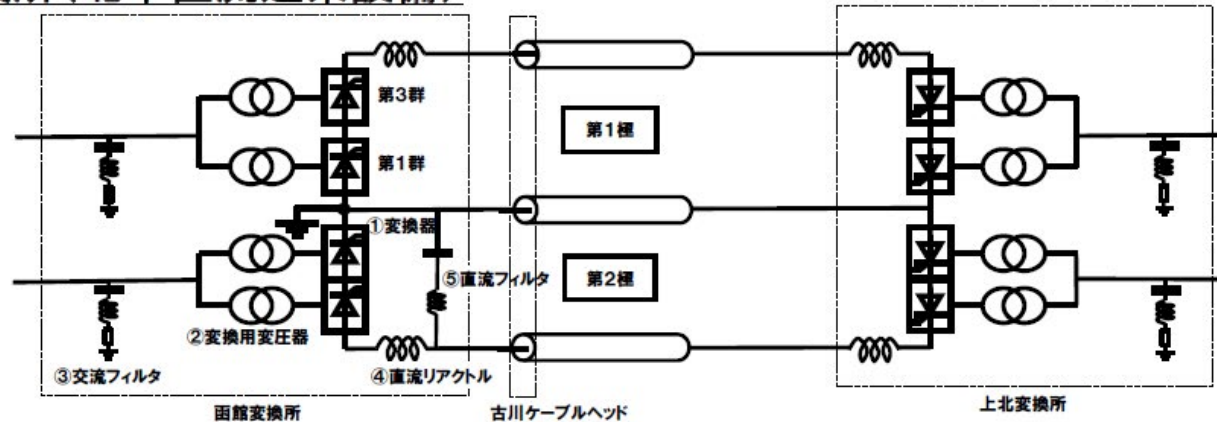
※1 ABB及びHitachiABBの合計

※2 ABB及びNKTの合計

(参考) 基本的な回路構成と変換所の外観



3) 変換所(北本直流連系設備)



函館変換所



①変換器(サイリスタバルブ)
交直変換装置



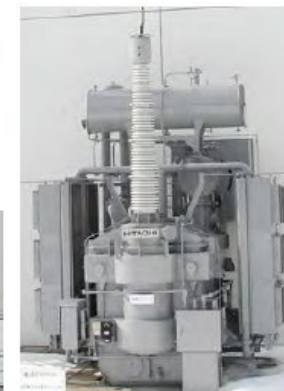
古川ケーブルヘッド



②変換用変圧器
サイリスタバルブに適した電圧に調整



③交流フィルタ
高調波成分を除去



④直流リアクトル
脈動を平滑化



⑤直流フィルタ
高調波成分を除去

(参考) 国内事例における工程表の一例



2) 工程表 (続き)

阿南紀北直流連系設備

[海底ケーブル・阿南変換所]

項目	年度	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
全体									連系試験	運開
ケーブル 工事	調査	机上調査,揚陸点選定	概査	精査			事前調査			
	漁業関係者協議									
	ケーブル製造									
	海底ケーブル工事									
	陸上ケーブル工事									
	その他工事									
	変換所工事									
変換所 工事	土木建築工事									
	電気関係工事									
	試験									

※9 艀装: 布設船上に、当該布設工事に必要な設備や装置を設置すること

※10 回航: 布設船を工事地付近の港まで輸送すること

(参考) 交直変換器の他励式と自励式

議題②直流送電の基本事項 ～他励式と自励式の違い～



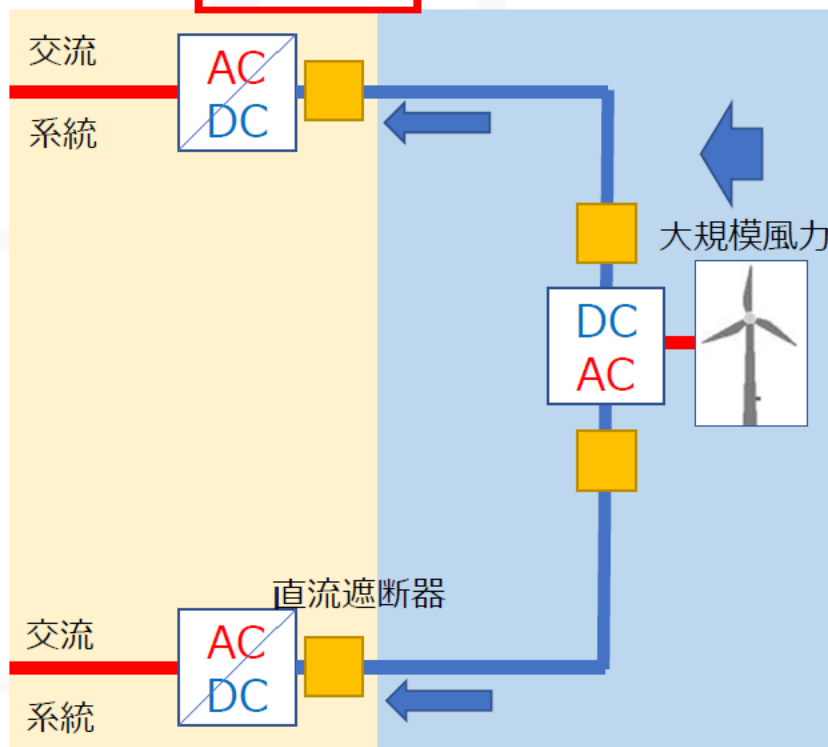
比較項目	他励式	自励式
半導体素子 (代表例)	サイリスタ	IGBT
同 素子の駆動	ターンONのみ	ターンON, OFF可能
制御方式	外部励磁(電源)による ターンOFF・転流が必須	外部励磁(電源)に依存せず ON/OFF可能
容量	半導体素子の定格通電量大 大容量(大電流)可 過負荷耐量有	半導体素子の定格通電量に制約有 要: 並列接続 過負荷耐量小
受電側交流系統	必要(安定した系統)	不要(Black スタート、停電時送電可能)
高調波/歪	大きい・要フィルタ	小さい・フィルタ不要
制御特性・運用	限定的 (単純な電力輸送目的に最適)	柔軟性が高い運用 (多端子など高度・複雑な構成に最適)
無効電力制御	不可 (別途、調相設備が必要)	可 (力率、電圧調整可能)
設備構成と価格	シンプルで安価	複雑で高価
設備の設置面積	フィルタや調相設備にスペースを要す	他励式の50~60%程度
技術成熟度	成熟・過去からある技術	開発・進展(成長)中の技術

(参考) 多端子・多用途多端子HVDC

NEDO「多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発」
(2020～2023) ～多用途イメージ～

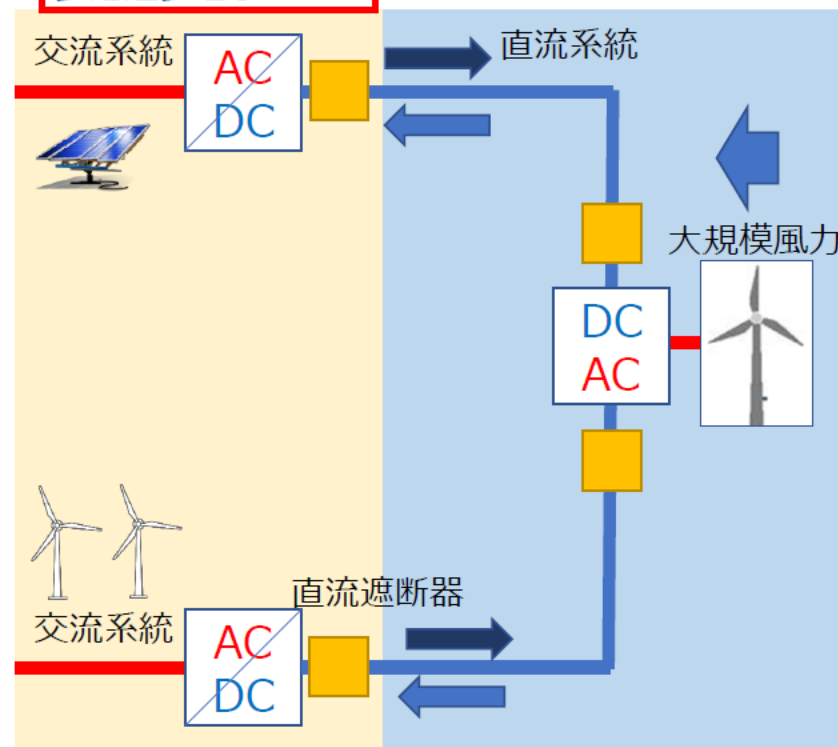


過去事業の多端子HVDC



・大規模洋上風力発電のための長距離多端子送電

多用途多端子HVDC



・大規模洋上風力発電のための長距離多端子送電
・遠隔交流系統の連系
→平常時、非常時の電力融通(再エネ増、レジリエンス強化)

(参考) 欧州との海底地形の違い



地質調査
総合センター

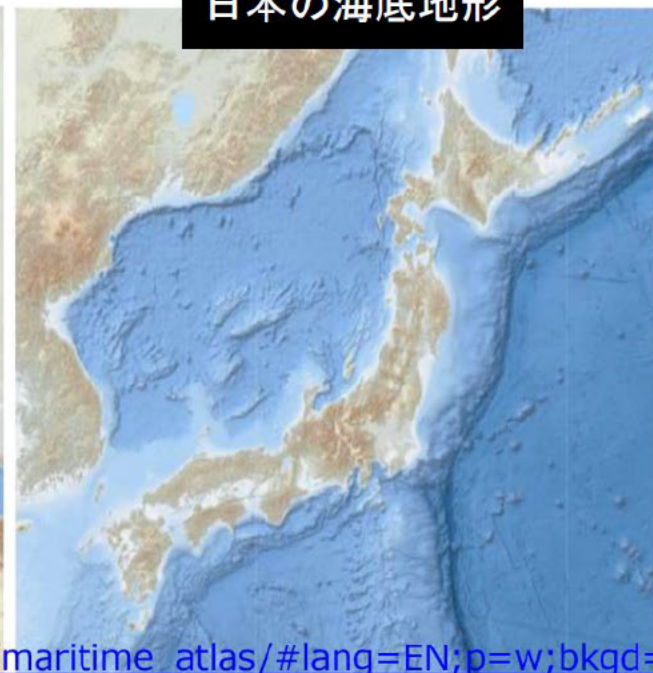
日本周辺の海底地形・堆積物の特徴

- 欧州では、海底地形の傾斜が緩やかで遠浅となっている一方で、日本においては遠浅な海岸線が少なく、急峻な海底地形が多い。
- また、複雑な地形に対応する形で、堆積物の分布も複雑。
- 加えて、地震などに伴い、堆積物の移動(イベント堆積物)も発生する。

欧州の海底地形



日本の海底地形



https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/atlas/maritime_atlas/#lang=EN;p=w;bkgd=1;theme=;c=6111592.23916571,4474812.007486271;z=3

(参考) 海底地形と堆積物分布

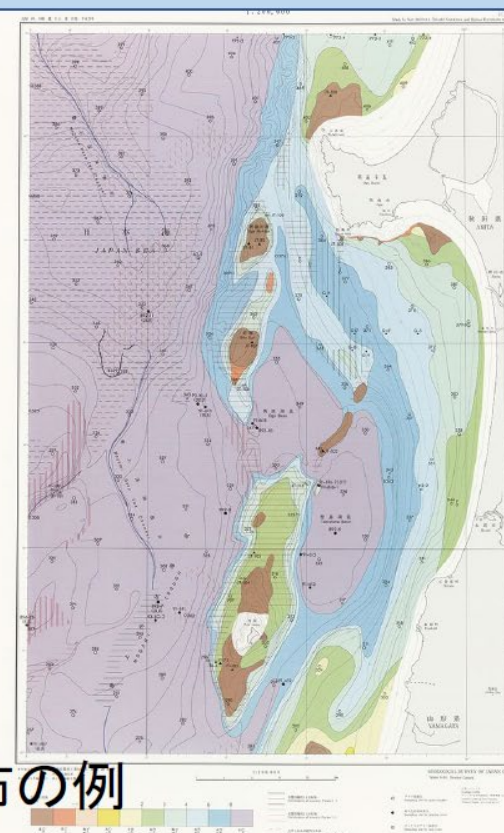
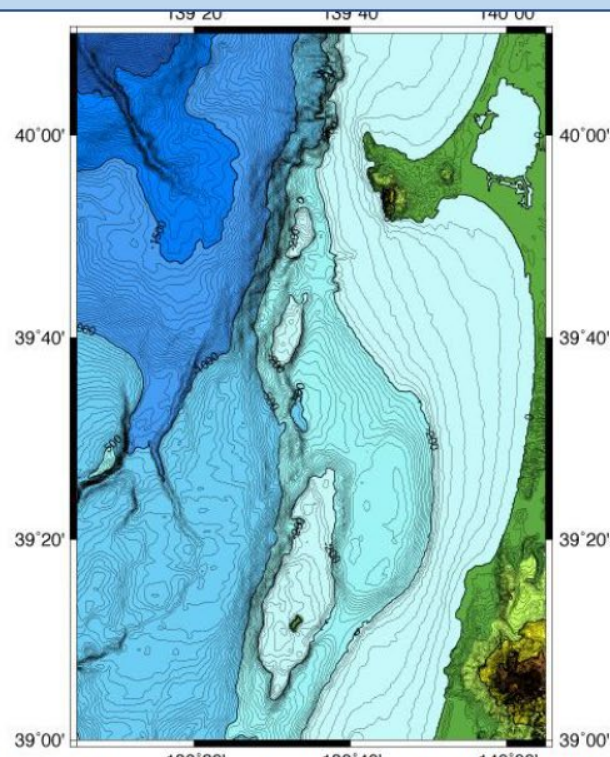


海底堆積物の分布

地質調査
総合センター

- 波浪や海流などの粒子を動かす営力の大きさに対応した分布
- 一般的には浅い海域ほど営力が大きく粗い堆積物が分布し、深い海域には細かい堆積物が分布する

※実際の堆積物分布には、島や半島などの影響、海底の起伏、海流の流路、土砂供給量などが関与しており、現場で調査を行う必要がある



秋田沖の海底地形と堆積物分布の例