

# 海底直流送電の導入に向けて

## 検討の進捗と机上FS調査の報告について

2022年4月22日  
資源エネルギー庁

# 本日の概要

- 本検討会では、海底直流送電の導入にあたって考慮すべき点を整理した上で、整備に係る技術的な検討を中心に進めているところ。
- 今回は、まず、前回の検討会以降の審議会等での議論の進捗を報告させていただく。
- あわせて、昨年度実施したHVDC導入に向けた課題に対する机上FS調査の結果について、机上FS実施者より概要を御報告いただいた上で、今後の検討事項について、御議論いただきたい。

## 机上FS調査概要報告

実施者：・一般社団法人海洋産業振興・研究協会 ・電源開発送変電ネットワーク株式会社  
・合同会社ユーコートエナジー

内容： NEDO調査事業「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」概要報告

**1. 前回からの議論の進捗**

2. 机上FS調査を踏まえた課題検討の進捗について

## 前回からの議論の進捗について

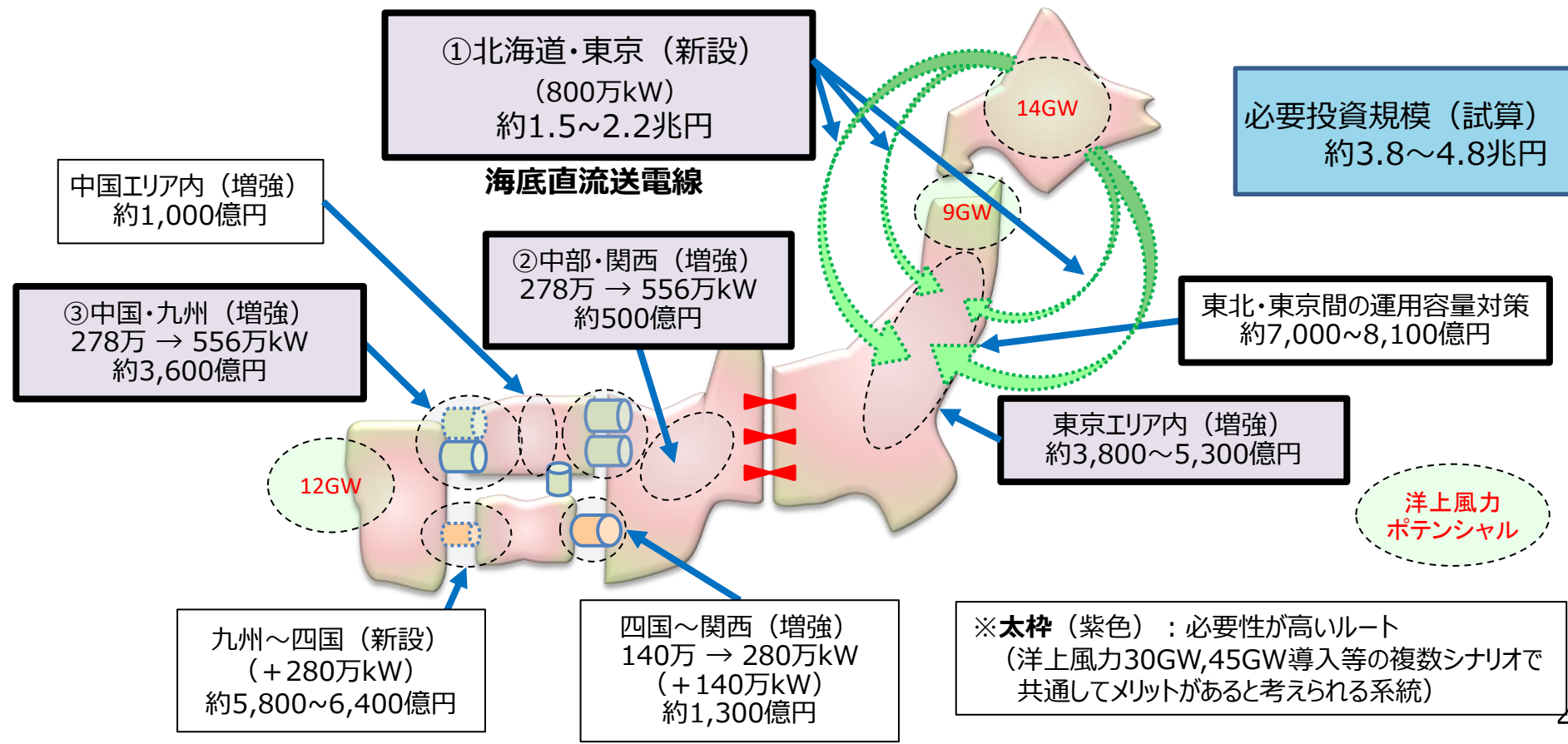
- 2050年カーボンニュートラルに向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入を図っていく必要がある。中でも、洋上風力発電は、大量導入が可能であり、コスト低減による国民負担の低減効果や経済波及効果が大きく、2050年に向けて最大限の導入が重要。
- 加えて、電力融通の円滑化によるレジリエンスの向上に向けても、全国大での広域系統連系の整備を進めるため、電力広域機関において、取組の方向性を示したマスタープランについて、2022年度中を目途に完成を目指すこととしている。
- また、昨年の10月に第6次エネルギー基本計画が閣議決定され、改めて2030年再エネ目標の達成等に向けて、系統制約の対応等が急がれる中で、大量導入小委員会において、既にマスタープランの中間整理において将来においてもメリットがあると考えられる、長距離直流送電を含む、系統の新設・増強案については、検討を加速することとされた。
- その後、検討を加速化するため、主な検討課題について、エネ庁・一般送配電事業者・電力広域機関にて、検討を進めているところ。

# (参考) マスタープランに係る検討状況

(出所) 再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会  
中間整理 (第4次) 2021年10月 一部編集

- 再エネ主力電源化に向けて、系統制約を克服する取組は重要。
- 再エネポテンシャルへの対応、電力融通の円滑化によるレジリエンス向上に向けて、全国大での広域連系系統の形成を計画的に進めるため、**マスタープランの中間整理を2021年5月にとりまとめた**。新たなエネルギーミックス等をベースに、**2022年度中を目途に完成を目指す**。
- 北海道と本州を結ぶ**海底直流送電等の必要性が高いルートは、順次、具体化を検討**。

## 中間整理の概要 (電源偏在シナリオ 4 5 GWの例)



## (参考) 系統増強に関する検討の加速について

(出所) 第38回 再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会 (2021年12月24日) 資料1

- エネルギー基本計画における再エネ目標の大幅な引上げを実現するため、系統制約への対応はますます重要。足元は系統接続・利用ルールの見直しを行いつつ、中長期的には系統増強が不可欠。
- 2030年再エネ目標の達成等に向けて、系統制約への対応等が急がれる中で、既にマスタープランの中間整理において将来においてもメリットがあると考えられる①北海道～東京／東北ルート新設、②九州～中国ルート増強、③中地域増強については、できる限り早期の計画策定プロセス開始に向けて検討を加速することとしてはどうか。
- 例えば、広範囲に及び大容量・長距離である等の理由から、既存系統への影響が大きく、関係者が広範にわたると見込まれる①北海道～東京／東北ルート新設については、工事概要や概略ルート等の技術的な検討を更に深めるとともに、地内系統への影響評価等の検討を進め、系統整備に向けた事業実施主体に関する課題検討を直ちに始めることとしてはどうか。

# (参考) 海底直流送電に関する検討課題と今後の進め方

(出所) 第39回 再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会 (2022年2月14日) 資料3 一部編集

- 2021年12月の本小委員会において、海底直流送電等については、できる限り早期の計画策定プロセス開始に向けて検討を加速するとされた。
- 今後、検討を加速化するため、以下の役割分担の下、検討を進めることとし、その進捗状況について、春頃を目途に報告することとしてはどうか。

| 主な課題 ※1      | 主な検討事項                                             | 当面の検討 ※2              |
|--------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| ①事業実施主体等     | ・実施主体の組成<br>・ファイナンス、費用回収                           | エネ庁                   |
| ②先行利用者との関係等  | ・先行利用者等の特定<br>・海域の実地調査等                            | エネ庁                   |
| ③ケーブルの敷設方法等  | ・ケーブルの敷設方法等<br>・メンテナンス手法の検討等                       | エネ庁                   |
| ④既存系統への影響評価等 | ・地内系統への影響<br>・地内発電機への影響等                           | 一般送配電事業者 ※3           |
| ⑤敷設ルート・設備構成等 | ・②、③等を踏まえたコスト等の検討<br>・再エネポテンシャルの整理 (※)<br>・費用便益評価等 | 電力広域機関<br>(※) エネ庁とも連携 |

※1：主な課題を例示。他に追加的な課題があればあわせて検討を行う。

※2：計画策定プロセス開始後は、電力広域機関（広域系統整備委員会）を中心に検討

※3：エネ庁等から示す一定の前提条件を踏まえて検討



## 再生可能エネルギー大量導入に向けた次世代型ネットワーク 構築加速化事業 令和3年度補正予算案額 50.0億円

資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部  
政策課 制度審議室

### 事業の内容

#### 事業目的・概要

- エネルギー基本計画において、2050年カーボンニュートラル及び2030年度の温室効果ガス排出削減目標の実現を目指し、S+3Eを大前提に、再エネ最優先の原則で再エネの最大限導入に取り組むこととしています。
- その野心的な再エネ目標を達成するためには、電力系統の制約解消の加速化が重要であり、特に、2030年に向けては、洋上風力等のポテンシャルの大きい北海道等から、大需要地まで効率的に送電するための直流送電システムの整備に向けた検討の加速化が不可欠です。
- 本事業では、世界的に類例の乏しい大規模な長距離海底直流送電について、技術や敷設手法の適用可能性を踏まえつつ、計画的・効率的に整備するための調査等を行うことで、国内電力系統における円滑な整備計画の立案、海外の整備事業への進出に貢献します。

#### 成果目標

- 本事業を通じてエネルギー基本計画で示された再エネ目標（2030年に36%-38%程度）の実現を目指します。

#### 条件（対象者、対象行為、補助率等）



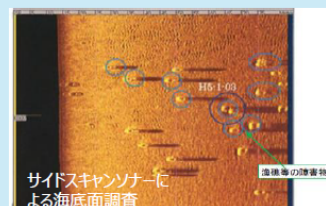
### 事業イメージ

#### 長距離海底直流送電システム実用化に向けた実地調査

- 直流送電システムの実用化に向けて、ケーブル等の技術や敷設手法の適用可能性を踏まえつつ、以下の実地調査を行います。

##### ① 海底地形調査

海の深さを測定し、海底地形を把握するための調査を実施します。



##### ② 海底地質調査

海底面下の地質構造を把握するための調査を実施します。



##### ③ 気象海象に関する調査

気象（風況）・海象（波浪、海潮流）に関する調査を実施します。

##### ④ 先行利用状況調査

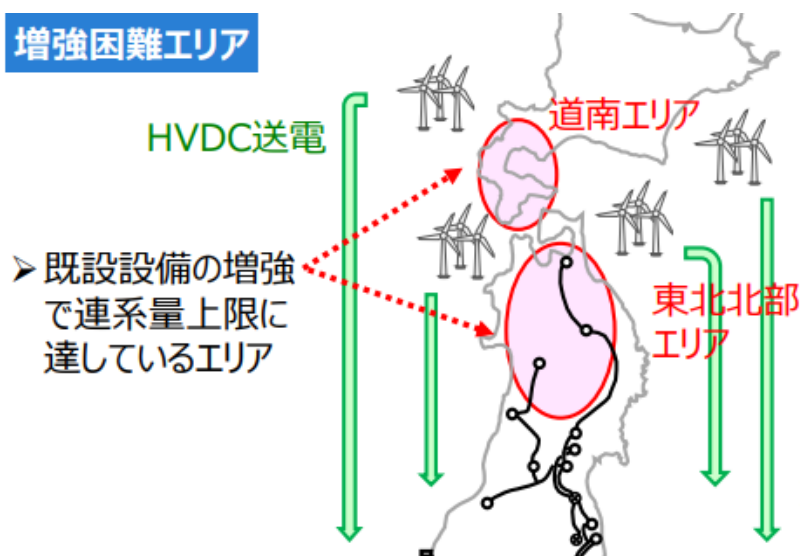
環境影響調査、地元理解促進活動などを実施します。



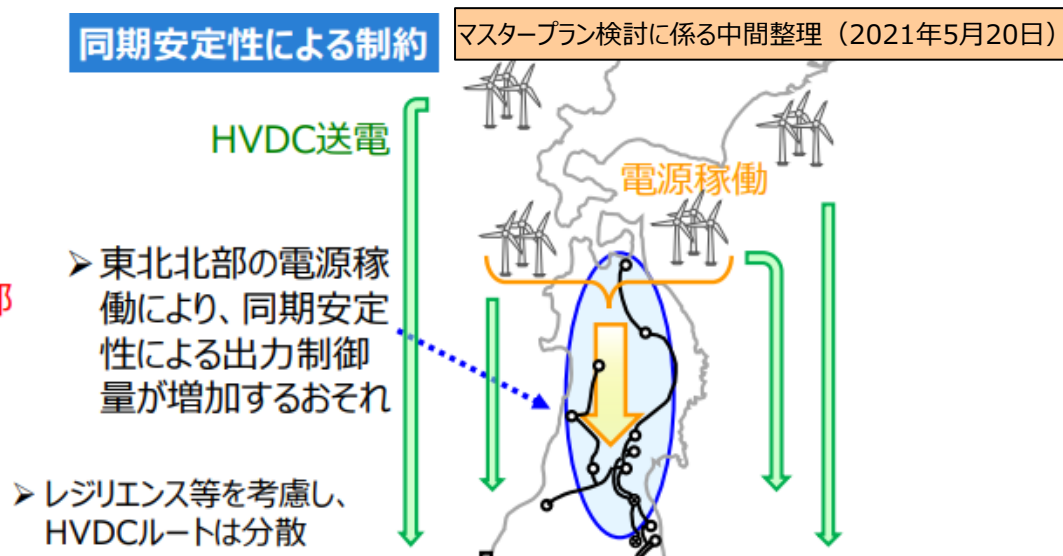
## (参考) 長距離海底ケーブルに関する技術的な検討事項

- 北海道～東京／東北HVDCは、まずはその技術的課題を明確にし、実現可能な工事とするため、しっかりとした海域実地調査を行い、以下の点について評価を行うことが重要。
  - (1) 敷設工事中にケーブルに損傷を与えることなく、無事に工事を完遂できる敷設工法の目途があること
  - (2) ケーブルが敷設後に長期にわたって損傷なく信頼度を維持できること
  - (3) 万一のケーブル損傷時にも、適切な復旧措置を行うことができる目途があること
- これらの評価により海底ケーブルの敷設が可能かつ、長期信頼性を維持できると見込めるルートを選定することが不可欠となる。

### 増強困難エリア



### 同期安定性による制約



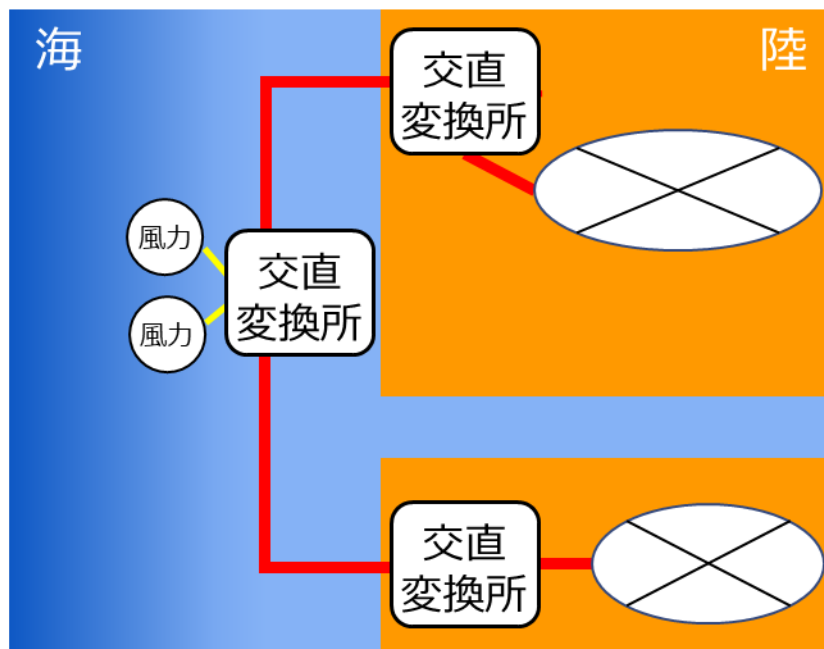
マスタープラン検討に係る中間整理 (2021年5月20日)

# (参考) 洋上風力の大量導入を想定した直流送電システムの系統構成

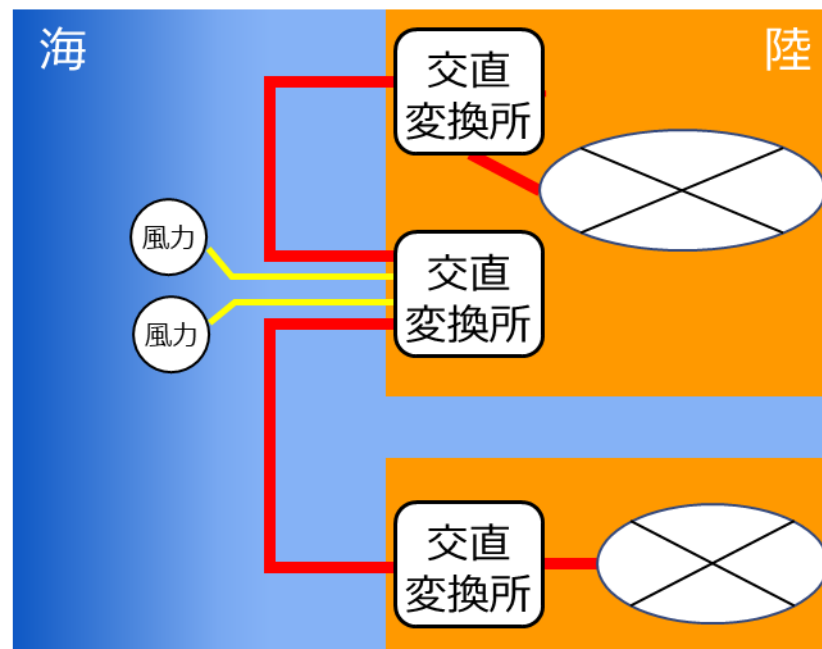
(出所) 第60回 広域系統整備委員会  
(2022年4月8日) 資料1-1 一部編集

- 通常、洋上風力は陸上まで海底ケーブルを敷設し、地内系統に接続することになる。ルート上の大規模な洋上風力のポテンシャルを効率的に系統接続するためには、洋上風力をHVDC送電ルートに接続するような**多端子型の直流送電システムでの系統構成も検討してはどうか。**
- 多端子型の直流送電システムでの系統構成とする場合、HVDC送電ルートが比較的沿岸付近であれば、洋上風力を接続するための交直変換所を洋上に設置するのではなく、陸上に設置することも可能と考える。

多端子での構成イメージ  
(交直変換所を洋上に設置する場合)



多端子での構成イメージ  
(交直変換所を陸上に設置する場合)



1. 前回からの議論の進捗

2. 机上FS調査を踏まえた課題検討の進捗について

# ケーブル敷設に関する技術的実現可能性と早期実現に向けた課題

- 今般、マスタープランの検討や、国内の敷設実績等を踏まえて、ケーブル敷設に関する技術的な実現可能性を調査した。
- 結果として、国内に敷設実績がある水深（約300m）以浅の海域において、長距離のケーブル敷設に係るケーブル接続工事や保守管理について、技術的に実現可能であることが示された。
- 一方、工期を更に加速させるためには、以下の検討が必要。
  - 敷設船や製造能力の早期確保、先行利用者との調整
  - 日本の海底地質を踏まえたケーブルの防護方法に関する検討
  - 多端子HVDCシステムを構築する場合、対称単極に加えて双極システムの検討
  - 大水深への敷設を行う場合、アルミケーブル等の開発に加えて、洋上接続や防護方法などの技術開発

## (参考) FS調査について

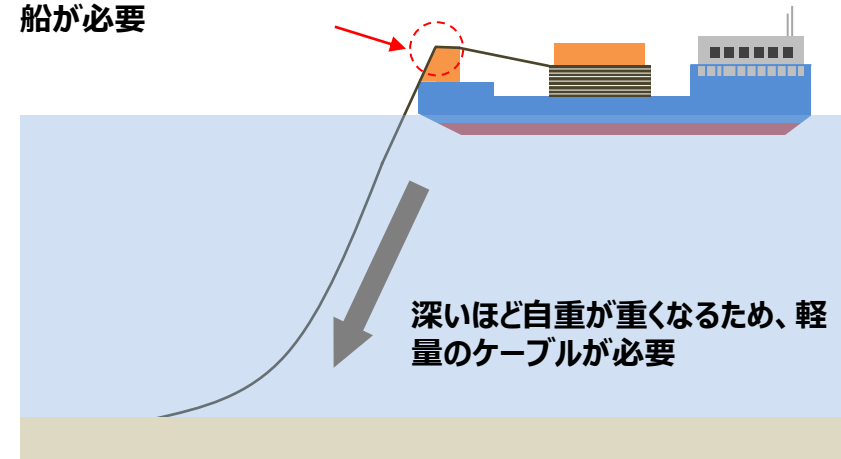
- 第4回の検討会において、FS調査対象として、現時点でのマスタープランの検討において、将来的な必要性が示唆された長距離連系設備である北海道から本州を結ぶ日本海側と太平洋側の両方の海域の状況の調査を開始した。
- その際、海域の形状・先行利用者等を考慮したものに加えて、複数案について、メリット・デメリット※を明らかにしつつ、必要な製造設備等の規模や技術・調整が必要な先行利用者等の状況を確認することした。

### ※複数ルートを検討にあたっての例

一般に、離岸距離が離れたルートで敷設すると、先行利用者や許認可の調整が容易となるが、深い海域でのケーブル敷設が必要となり、大型の敷設船や、自重を支えるため高強度・軽量の大水深ケーブルが必要となるため、コストの増加・送電効率の低下が懸念される。

一方で、水深の浅い海域を優先させた場合、離岸距離の近い海域を敷設する必要がある、調整や許認可に時間を要する可能性がある。

ケーブルの自重がかかるため、  
高強度のケーブル・大型の敷設  
船が必要



第4回本検討会 資料3

## (参考) 整備に向けた課題①：製造設備等への投資の必要性

- 早期に長距離海底直流送電を整備するためには、国内での製造には、大規模な製造設備や試験設備、大型の敷設船が必要である。
- 特に試験設備や敷設船については、現在想定される国内案件の規模に対しては、実稼働期間が限定的であるため、メーカーが個社毎に保有することは非効率となることが想定される。
- メーカー各社からは、早期かつ効率的に整備するための対策の必要性が示された。
  - ① 前もった投資を判断するための長期見通しの提示
  - ② 設備投資に向けた支援措置
  - ③ 試験設備や船舶等の共同利用、共同保有
  - ④ 複数メーカーの設備の協調（マルチベンダー化）のための技術開発

第2回本検討会 資料5

### 弊社からのお願い

- 計画の早期実現と諸課題の解決に向け、ユーザとメーカが協働したプロジェクト体制の構築
- 個社で保有・維持が困難な大型試験設備の整備と、検証（認証）の専門機関創立に向けた産学官一体の検討推進
- コンパクト化、コスト低減、工期短縮を実現するための開発・設備投資へのご支援

第2回本検討会 資料8

### 欧州ケーブルメーカーの大型敷設船



欧州メーカーは大型布設船を複数隻保有運用。欧州市場の拡大を見据え、各社とも積載量10,000クラスの新鋭大型敷設船を建造。

## (参考) 整備に向けた課題②：海域の先行利用者との関係

- 海底直流送電の実現に向けては、海域の先行利用者との協調が必要となる。
- 長距離となれば、関係する先行利用者が多くなることから、地域との合意形成が長期化すると想定される。

第1回本検討会 資料6



### 7) 工事の留意事項 (続き)

#### [海底ケーブル布設] ②

| 項 目     | 内 容                                                                                                                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 許認可     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工、設置にあたり許認可申請・届出が必要<br/>工事計画申請（経済産業省）、海上工事届出（海上保安庁）、国有財産法等による占用申請（都道府県）、海岸法（都道府県）等</li> </ul>                                                                  |
| 漁業関係者協議 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 布設ルート近傍で操業する漁業者（漁協）に対し工事計画（調査工事も同様）を説明し合意を得たのち、操業への影響について協議を実施、工事实施の合意を得る</li> <li>・ 協議期間は一定程度の裕度を考慮</li> </ul>                                                 |
| ケーブル布設  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試航により作業計画、作業行程、海底地質及び作業・警戒体制を確認</li> <li>・ 布設開始日は布設期間中の天候を予測し決定</li> <li>・ 布設中は適切な張力でケーブルを布設するため、流速を考慮のうえ船速、ケーブル張力、送り出し速度及び入水角等を総合的に管理</li> </ul>               |
| ケーブル防護  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ケーブルの外傷防止及び移動等による損傷防止のため、水深、海底地質、堆積厚、漁業形態、船舶運航などを考慮し、適切なケーブル防護方法・工法を選定</li> <li>・ 埋設を基本として、岩盤部ではプレートレンチ掘削や防護管設置</li> <li>・ 通信線との交差箇所の施工については通信事業者と協議</li> </ul> |
| 保守・点検   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ROVや潜水士による目視点検を実施。特に非埋設部についてはケーブル布設状況を確認し、必要によりケーブル保護対策等を実施</li> </ul>                                                                                          |



## (参考) 整備に向けた課題③：占用等に係る許認可

- 海底ケーブルによる占用の許可については、**法令毎に、ケーブルの敷設海域・揚陸部等の対象となる全ての自治体に対して行う**ことが定められており、**敷設時の申請**及び**更新手続き（1～5年毎）**、**占用料（数十円～数百円/m）の支払いが必要**となる。
- **早期の整備を実現する上では**、**占用許可の申請が必要となる自治体の数も多数となり**、また、**長期的に安定供給を維持する観点からも、許認可の円滑化等が課題**となる。

第1回本検討会 資料6



### 7) 工事の留意事項（続き）

#### [海底ケーブル布設] ②

| 項 目     | 内 容                                                                                                                                                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 許認可     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工、設置にあたり許認可申請・届出が必要</li> <li>・ 工事計画申請（経済産業省）、海上工事届出（海上保安庁）、国有財産法等による占用申請（都道府県）、海岸法（都道府県）等</li> </ul>                                             |
| 漁業関係者協議 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 布設ルート近傍で操業する漁業者（漁協）に対し工事計画（調査工事も同様）を説明し合意を得たのち、操業への影響について協議を実施、工事实施の合意を得る</li> <li>・ 協議期間は一定程度の裕度を考慮</li> </ul>                                   |
| ケーブル布設  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試航により作業計画、作業行程、海底地質及び作業・警戒体制を確認</li> <li>・ 布設開始日は布設期間中の天候を予測し決定</li> <li>・ 布設中は適切な張力でケーブルを布設するため、流速を考慮のうえ船速、ケーブル張力、送り出し速度及び入水角等を総合的に管理</li> </ul> |

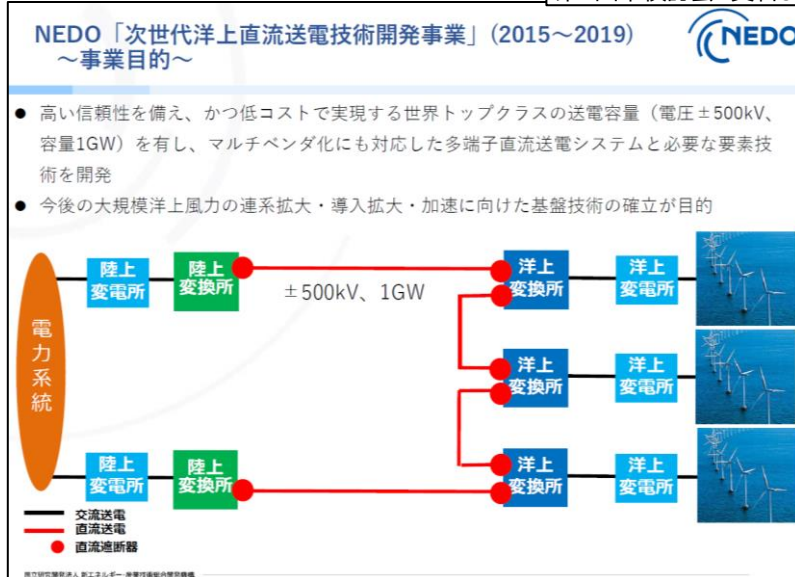
### 【占用許可の例】

- 海底ケーブル（一般海域）  
国有財産法第18条第6項
- 海底ケーブル（港湾海域内）  
港湾法第37条第4項
- 海底ケーブル（漁港区域内）  
漁港漁場整備法第39条第1項
- ケーブル揚陸部（一般公共海岸区域内）  
海岸法第37条の4

## (参考) 整備に向けた課題④：技術開発の必要性

- 交直変換器やケーブルについては、
  - ①日本特有の急峻な海底地形への対応
  - ②浮体式洋上風力の導入を見越した洋上変電設備の開発
  - ③複数地点の洋上風力や既存系統を効率的に結ぶ多用途多端子化
  - ④高効率化
  - ⑤ケーブルの長尺化、交直変換器の高電圧・大容量化
 等の**技術開発要素**が挙げられる。
- また、現在NEDOを通じて行っている**多用途多端子直流送電**や**大水深対応ケーブル**の技術開発を継続して進め、**効率的な設備形成を後押しすることが重要**である。

第1回本検討会 資料8



第1回本検討会 資料8

NEDO「多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発」  
(2020～2023) ～各開発の最終目標～

| 研究開発要素                                                    | 目標値                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 多用途多端子直流送電システム<br>一部実機を用いた風力送電ならびに地域間連系に貢献可能な多端子直流システムの開発 | 上位制御ユニットと変換器制御ユニットと保護装置の実機をデジタルシミュレーション内で構築した多端子高圧直流送電系統に接続し、実機の挙動（通信等）を踏まえたシステムを構築して検証を行う。また、異社間インターフェイスの指針を整理する。<br><br>実機の挙動（通信等）を踏まえ、モデルケースにおいて適切に異社間で潮流制御が可能となる上位制御の要求仕様をまとめる。 |
| 多端子直流送電用保護装置（事故検出装置）<br>高速遮断可能な実機の開発                      | 実機の挙動（通信等）を踏まえ、モデルケースにおいて必要な時間内（事故電流が直流遮断器の遮断可能電流に収まるような時間内）に遮断できる保護装置を開発し、その要求仕様をまとめる。                                                                                             |
| 直流深海ケーブル<br>低コストで安全な深海ケーブル及びその敷設工法等の開発                    | モデルケースにおいて従来の海底ケーブル（水深300m級）とほぼ同じコストで生産及び敷設可能な深海ケーブル（水深500～1500m級）を開発する。                                                                                                            |

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合研究機構

# (参考) 整備に向けた課題⑤：整備事業者のファイナンス

- 海底直流送電の整備に必要な費用は1兆円超となる可能性があり、1社でその整備を担うことは容易でない。
- 早期の整備に向け、公的ファイナンス等による後押しが必要となる可能性がある。

## (参考) 費用の試算

電力広域機関の試算では、400万kW・900kmの場合 約0.8～1.2兆円 となる

