

**研究評価委員会**  
**「多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発 (1) (2) (3)」(終了時評価) 分科会**  
**議事録および書面による質疑応答**

日 時：2024 年 12 月 9 日（月）13：00～17：30

場 所：NEDO（川崎）2301-2303 会議室（リモート開催あり）

出席者（敬称略、順不同）

＜分科会委員＞

|        |        |                                                  |
|--------|--------|--------------------------------------------------|
| 分科会長   | 石亀 篤司  | 大阪公立大学 大学院 工学研究科 教授                              |
| 分科会長代理 | 宇都宮 智昭 | 九州大学 大学院工学研究院 海洋システム工学部門 教授                      |
| 委員     | 伊藤 健   | 株式会社ユーラスエナジーホールディングス 執行役員 国内ユニット長                |
| 委員     | 熊田 亜紀子 | 東京大学 大学院工学系研究科 電気系工学専攻 教授                        |
| 委員     | 蓮見 知弘  | 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所<br>海洋先端技術系 上席研究員 |
| 委員     | 福田 寿   | 芙蓉総合リース株式会社 エネルギー・環境営業部 参事役                      |

＜推進部署＞

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| 山田 宏之         | NEDO 再生可能エネルギー部 部長    |
| 中尾 光洋 (PMgr)  | NEDO 再生可能エネルギー部 ユニット長 |
| 廣瀬 圭一 (SPMgr) | NEDO 再生可能エネルギー部 主査    |
| 下里 明日香        | NEDO 再生可能エネルギー部 主任    |
| 今野 直喜         | NEDO 再生可能エネルギー部 主査    |
| 村上 真一         | NEDO 再生可能エネルギー部 主査    |

＜実施者＞

|            |                               |
|------------|-------------------------------|
| 中島 達人 (PL) | 東京都市大学 理工学部 電気電子通信工学科 教授      |
| 曾我 学 (SPL) | 株式会社ニュージェック 電力部門 送配電グループ 統括   |
| 太田 文彦      | 東京電力ホールディングス株式会社 スペシャリスト      |
| 高見 潤       | 東京電力ホールディングス株式会社 部長           |
| 高澤 毅       | 東京電力ホールディングス株式会社 プロジェクトマネージャー |
| 春日 衛       | 東京電力ホールディングス株式会社 主任           |
| 松田 洋       | 東京電力ホールディングス株式会社 副主任          |
| 山田 剛史      | 東京電力パワーグリッド株式会社 シニア専任スタッフ     |
| 久恵 雄大      | 東京電力パワーグリッド株式会社 主任            |
| 新明 悟       | 東京電力パワーグリッド株式会社 GM            |
| 青木 研吾      | 東京電力パワーグリッド株式会社 主任            |
| 片岡 泰宏      | 東京電力パワーグリッド株式会社 課長            |
| 土佐 和也      | 東京電力パワーグリッド株式会社 主任            |
| 松本 哲也      | 三菱電機株式会社 Associate Expert     |
| 富永 真志      | 三菱電機株式会社 主任                   |
| 田所 通博      | 三菱電機株式会社 系統変電システム技術統括         |

|        |                                             |
|--------|---------------------------------------------|
| 境 武久   | 三菱電機株式会社 グローバルエンジニアリング技術統括                  |
| 黒田 憲一  | 三菱電機株式会社 課長                                 |
| 畠尾 昌弘  | 三菱電機株式会社 課長                                 |
| 直井 伸也  | 東芝エネルギーシステムズ株式会社 システム制御技術開発部 課長             |
| 飯尾 尚隆  | 東芝エネルギーシステムズ株式会社 パワーエレクトロニクスシステム技術部 参事      |
| 吉原 徹   | 株式会社日立製作所 研究員                               |
| 堤 博文   | 株式会社日立製作所 シニアアドバイザー                         |
| 堀口 規昭  | 古河電気工業株式会社 電力事業部門 技術開発部 部長                  |
| 榊原 広幸  | 古河電気工業株式会社 電力事業部門 電力技術部 主席                  |
| 丸山 悟   | 古河電気工業株式会社 電力事業部門 技術開発部 課長                  |
| 大竹 陽介  | 古河電気工業株式会社 電力事業部門 技術開発部 ー                   |
| 尹 栄徳   | 古河電気工業株式会社 電力事業部門 電力技術部 課長                  |
| 本間 秀一郎 | 古河電気工業株式会社 事業戦略室 部長                         |
| 高際 清彦  | 古河電気工業株式会社 事業戦略室 主査                         |
| 本多 裕紀男 | 住友電気工業株式会社 電力プロジェクト事業部 再エネプロジェクト部 部長        |
| 佐藤 彰   | 住友電気工業株式会社 電力プロジェクト事業部 電力技術部 第二グループ グループ長   |
| 東 大介   | 住友電気工業株式会社 直流プロジェクト部 海底工事グループ 主席            |
| 久原 早織  | 住友電気工業株式会社 電力プロジェクト事業部 再エネプロジェクト部 技術グループ 主査 |

#### <オブザーバー>

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| 谷口 裕太郎 | 経済産業省 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課 課長補佐 |
| 廣嶋 謙介  | 経済産業省 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課 係長   |

#### <評価事務局>

|       |                        |
|-------|------------------------|
| 山本 佳子 | NEDO 事業統括部 研究評価課 課長    |
| 佐倉 浩平 | NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員 |
| 宮代 貴章 | NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員 |

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
  - 5.2 目標及び達成状況
  - 5.3 マネジメント
  - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの補足説明
  - 6.1 開発項目①②：多用途多端子直流送電システム/保護装置の開発
  - 6.2 開発項目③：深海ケーブル
  - 6.3 開発項目③：深海ケーブル
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

## 議事内容

### (公開セッション)

#### 1. 開会、資料の確認

- ・開会宣言（評価事務局）
- ・配布資料確認（評価事務局）

#### 2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
- ・出席者の紹介（評価委員、評価事務局、推進部署）

【石亀分科会長】 大阪公立大学の石亀と申します。私の専門は電力システム工学であり、電力システムの解析、制御、最適化を中心に研究を行っております。また、大学ではスマートエネルギー研究所の所長とゼロカーボンキャンパスワーキンググループのリーダーを務めさせていただいております。本日はどうぞよろしくお願いいたします。

【宇都宮分科会長代理】 九州大学の宇都宮と申します。専門分野は海洋システム工学ということで、最近では浮体式洋上風力発電を中心に研究しております。それから最近、九州大学に洋上風力研究教育センターができましたけれども、そちらのほうも兼担で、主に教育を中心に行っております。どうぞ、よろしくお願いいたします。

【伊藤委員】 ユーラスエナジーホールディングスの伊藤と申します。私共は事業者側として再エネ事業の開発を行なっている会社であり、国内での陸上風力、洋上風力を中心とし再生エネルギーの開発を担当しております。本日はよろしくお願いいたします。

【熊田委員】 本日はオンラインにて失礼いたします。東大電気系工学専攻の熊田と申します。専門は高電圧や電流遮断といった主に電力システムを構成する機器の性能に関する研究を行っております。今日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【蓮見委員】 海上技術安全研究所の蓮見と申します。私は、浮体式洋上風力発電に関する調査研究を中心に行っております。我々の所管をする国土交通省が所管する船舶安全法に起因する技術基準の改正、それに伴う動向の分析等が主になります。また施工やO&Mといったライフサイクルで評価できるような経済的な枠組みの基礎的な研究も取り組もうと思っております。本日は、よろしくお願いいたします。

【福田委員】 芙蓉総合リースの福田といいます。専門は風力発電全般になります。現在は金融会社にありまして、再生可能エネルギーの投資という形で業務をしています。また、以前は技術コンサルという形で、特に風力太陽光の技術デューデリジェンスに係る業務に携わっておりました。本日は、よろしくお願いいたします。

#### 3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの補足説明」及び議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

#### 4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5に基づき説明した。

#### 5. プロジェクトの概要説明

- (1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料5に基づき説明が行われた。

PL及びSPLより事業の意義、重要性に関して発言があった。

【中島 PL】 プロジェクトリーダーを務めました東京都市大学の中島です。本事業は大きく分けて2つの技術開発の柱となっており、1つは多端子直流送電の制御方法システムの開発と性能検証であり、もう一つは深海直流ケーブルの設計等試作試験になっております。いずれも、アウトプット目標を達成する成果が得られたものと考えているところです。多端子直流送電の制御方式の開発と検証では、受託事業者の皆様がお互い非常に密接し、協力して実施されたと考えます。制御方式は、異なるメーカーが接続することを可能にするという目標のため、共通のスペック、あるいは信号インターフェースを統一する、あるいは試験項目を皆で検討するなど様々な協議が行われました。また、試験結果に関しても、それをお互いに持ち寄り、これに対して評価分析を行うといったことが共同の場で行われました。今回得られた成果は、現在検討が進められている我が国の広域連系系統のマスタープランに基づく、直流送電設備の計画にも引き続き大いに活用されるものと考えます。現在は、東地域の連系系統の日本海側のルートの検討が進んでおり、2端子の端子数での検討を基本にするとされているものの、将来的な拡張性も視野に置かれておりますし、2030年代または2040年代初頭に向けては、東地域の太平洋側のルート、あるいは他地域での直流送電による連系強化の構想もあり、多端子直流送電の制御法技術を早期に固めたことができたという意味においては、本事業はタイムリーな課題設定であったと私どもも考えております。また、直流深海ケーブルの設計試作試験においては、大水深の深海での敷設を想定した単芯ケーブルの検討と敷設期間の合理化を想定した3芯一括ケーブルの検討が実施されました。敷設線での敷設の際に想定される機械的な応力や、深海での応力を考慮された動態設計、構造設計の実作が行われ、機械的な強度試験あるいは電気的な仮通電試験を行い、初期の性能を備えていることを検証しました。こちらのケーブルについては、単芯のケーブルと、3芯一括のケーブル2つ、これらがそれぞれの事業者によって並行して実施されましたが、検討委員会あるいは推進委員会というスキームの中で、有識者の皆様方からいろいろな御助言を受けながら、共同の場で協議を行ってまいりました。こうしたケーブルに関する成果は、先ほどの制御法の開発と同様に、直近の海底直流送電の建設にもつながる技術力の強化になったと考えております。また、洋上風力設備から対岸への直流送電や、あるいは深い水深での海域をルートとする、例えば海峡を横断する国際連系送電、あるいは島嶼と島嶼を連系する直流送電など、国際的にも大いに活用できるものと考えており、国際競争力の向上につながる技術開発事業が一定達成したと考えております。以上です。

【曾我 SPL】 株式会社ニュージェックの曾我と申します。前身は関西電力送配電の株式会社におり、特に海底ケーブル、地中送電全般の専門として今回のプロジェクトに関わらせていただいております。中島PLより全体を通しての話がありましたので、私は特にケーブル関係についてコメントをさせていただきます。日本、海外での超高压海底ケーブルのプロジェクトは、深さ500メートル以内のプロジェクトがほとんどです。今回のような500メートルよりも深いプロジェクト数は数例にとどまっている中、500メートルから1,500メートル級の深海部への敷設可能な海底ケーブル技術開発と、そのノウハウの蓄積というのは非常に意義が大きいものと感じております。500メートル級において、超高压海底ケーブルでは、これも例の少ない3芯タイプのケーブルの採用により、敷設回数の最小化、1,500メートル級につきましては、アルミキーストン導体の採用により随分な軽量化を図り、試作ケーブルにて海底ケーブル特有の電気的な機械的性能を国際的な推奨基準に照らして実証をした評価できたものと考えております。特に苦労した点を申し上げますと、深海ケーブルは1キロ、1グラムでも軽いほうがよいわけであり、材料の選定、材料の構成、構造といった検討から始まりまして、それぞれに非常に過大な海底ケーブル特有の大きな敷設張力がかかるのですが、それらがどのように構成材に分担されるのか、あるいは、それが許容値以下になっているのか。そういったところをモデル化し、解析シミュレーションを行い、試行錯誤をしながらより最適な構造を求め、結果として国際的な推奨基準に基づく試験等々にも合格をしたということです。海底ケーブル建設コストの削減、建設期間の短縮を

可能とし、社会実装に向けた課題解決に貢献したものと考えております。特に国内の洋上風力発電の導入拡大にとっては、非常に有益な技術開発ではなかったかと自負しております。以上です。

＜質疑応答＞

【石亀分科会長】 御説明ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問等をお受けいたします。伊藤委員、お願いします。

【伊藤委員】 28 ページの成果のアウトプットの目標の達成状況になります。そこで二重丸がつけられているところは、双極方式の検討をした点が大きな根拠だと思います。これは単極以外で双極を検討した背景、もしくは双極以外に何か違ったシステム構成というのは考えられなかったのかどうかを教えてください。

【中尾 PMgr】 御質問ありがとうございます。海外の例を見ても多くが単極方式となっており、もともと前事業も単極方式のみを検討していた状態となっております。この事業もスタートとしては単極構成のみで検討しておりました。一方、先ほど少し資料で触れさせていただいた政策動向等への対応において、国の検討委員会において「双極方式を検討すべし」という方向性が示されたものです。こちらについては、もともと当事業で検討していた送電容量が 1 ギガワット級ということになっていたものの、一方、マスタープランで検討されているものが 2 ギガワットになるという点もあり、2 ギガを念頭に置くなれば双極方式も必要になってくるという状況の変化がありました。そうした経緯で当プロジェクトの中で検討を追加したものになります。

【伊藤委員】 ありがとうございます。承知しました。そうすると、単極ではできないという話になるのか、それとも単極でも対応はできるのか。費用やコストといった面のデメリットがあるのか。もしくは、決して単極が駄目だということではないというものなのか。このあたりは、いかがでしょうか。

【中尾 PMgr】 御指摘のとおりと理解をしております。単極で足りる容量であれば単極方式を使えば合理的であると思っています。ヨーロッパについては、ケーブルを 2 条同時に敷設をするといったことで、単極方式であれば 1 回で施工が終わるということで非常に効率的であるということもあって単極が多く採用されているものかと思います。先ほどのマスタープランのように、2 ギガワットという大きな容量となった場合は、電線を 1 本追加して、2 本から 3 本になれば倍の容量を送れるということにもなりますので、必要な容量等に応じて単極か双極かを選択されるものと考えています。双極が単極に対し、全てにおいて優れているといった状況ではないという理解です。

【伊藤委員】 ありがとうございます。

【石亀分科会長】 ほか、いかがでしょうか。熊田委員、お願いします。

【熊田委員】 50 ページにて、InterOPERA に参加されているように、積極的に存在感を出して活動されてきたということで大変心強く思ったのですが、例えば双極と単極の両方がありましたけれども、今回開発しようとしている技術は外国にこれから売り込んでいく市場が非常にありと見てよろしいのでしょうか。一歩間違えると、日本だけすごく進み過ぎた技術をつくってしまい、それほどオーバースペックは不要とならないかというのを少し懸念いたします。ヨーロッパ等で進められているところに、どんどん売り込んでいける技術になっていると理解してよろしいでしょうか。

【廣瀬 SPMgr】 御質問ありがとうございます。私も NEDO としてこちらの InterOPERA の会合に出ています。InterOPERA の事業としては現在進行中の事業になりますが、欧州勢の最終的なアウトプットを見ると日本の技術とそれほど大きくかけ離れているわけではありません。むしろ日本の少し先に進んだ多端子及びマルチベンダーの技術をうまく市場に適用できる可能性というのは十分あると思います。特に、ヨーロッパの場合は非常に案件が多く、今からスタートしてもリードタイムの関係で数年待ちというような状況であるため、そういうところのチャンスをうまく活用して日本の事業者がどんどん進出するというのは十分にあるのではないかと考えます。

【熊田委員】 ありがとうございます。

【石亀分科会長】 ありがとうございます。関連して伺います。日本の技術は素晴らしいとして、そうした技術があるにもかかわらず海外になかなか打って出られないというケースは過去にいろいろあったと思います。今回のこの事業に関しては、日本の素晴らしい技術をどのように海外展開をしていくかといったビジネスプランはありますでしょうか。高いから売れないといったところが多々あると思いますが、そのあたりの今後の展開はいかがでしょうか。

【中尾 PMgr】 各事業者の具体的な展開は非公開パートで回答をさせていただきたく思います。一般に公開されている情報としては、ケーブルメーカーは幾つか欧州方面にケーブル製造工場を新たに建設されると聞いています。そういった意味でシステム側とデバイス側とに分かれてくるかもしれませんが、欧州の各プロジェクトに国内企業が入っていただくということは可能ですし、今も進めていると考えております。さらには、日本の一般送配電事業者も欧州の直流プロジェクトに、ファイナンス側だけではなくて技術側としても参加をし、知見を今蓄えておられるところと伺っております。こういった活動を通じて、日本の直流送電システムについても海外への売り込みが可能ではないかと思っています。さらには、欧州は先行していますが、今後、東南アジア側で海底ケーブル、直流ケーブルがより必要になってくるという見通しも出てきています。同じアジアであることを考えると、工場からの輸送なども含めて非常にチャンスがあるのではないかと考えております。大まかな話になりましたが、以上です。

【石亀分科会長】 ありがとうございます。方向性がよく分かりました。それでは、ほかにもいかがでしょうか。福田委員、よろしくお願いいたします。

【福田委員】 同じような質問になりますが、17 ページの知財のところを伺います。非競争領域のところについては、標準化というところで進められると認識しております。現在マルチベンダーで多端子では先にいっているという話で、その後に InterOPERA 等々でキャッチアップをされるというところの次の勝負としては、どのような技術的な勝負になるのか。それをこちらのほうで考えると、公開で競争域のところについてはある程度キャッチアップをされてもよいといったところもあるのではないかと勝手に推測をするのですが、その領域で今後やるべきことというのはどのようなものがあるのか。また、非公開で競争域のところについては完全にクローズドになっているので、見えないところの技術のところで戦われるのか。あるいは、上のオープンな競争域のところでは戦うのか。このあたりを教えていただけるとありがたいです。

【廣瀬 SPMgr】 御質問ありがとうございます。いろいろなことが考えられるので、非常に回答が難しいところもありますが、まず公開をされている競争域に関しては、なるべく多くの実績を積み、例えば運用中の信頼性であるとか、何か不幸にしてトラブルが生じたとしても、そのトラブルシューティング及び回復の早さといった点が今後実施システムとして多く経験をして、むしろそれを宣伝材料といいますか、場合によってはPR 材料になると思いますので、そういった良い事例を多く公開して競争力につなげるというようなことも考えられるかと思います。また、非公開に関しては、まさにこれはメーカであり、特に製造メーカのいろいろな工場なり生産設備、生産技術になると思いますので、このあたりは表に出てこなくて、しっかり内部でキープして、良いものをリーズナブルに出していただくということになるかと思います。

【福田委員】 先ほど、ヨーロッパ等々では、大水深のケーブルというのはあまりないとお伺いしたのですが、ここの記載の中に大水深のケーブル関係のところが見当たらなかったと思います。どの領域に入っているのでしょうか。とても勝てる領域だと感じましたので、伺います。

【中尾 PMgr】 ありがとうございます。我々が調べている中では、大水深という意味で言いますと、実は地中海はすごく深く、アフリカからヨーロッパに抜けていくような連系線、例えばチュニジアからマル

タとかを経由していくようなところや、キプロス島を経由してギリシャに抜けるようなところは大水深ケーブルになっているようです。ヨーロッパ側でも、大水深に対応した技術開発というものは実は進められており、こちらでもデッドヒートであるという認識をしております。あとは、先ほど申し上げた東南アジア関係が出てくるようなになれば、さらに大水深の出番というのも出てくると考えております。さらには、日本の洋上風力が今後立ち上がってくれば、日本の中でも大水深に対応したケーブルの引合いというのは増えてくるだろうと思っています。先日、ちょうど東京都が伊豆沖に洋上風力 1 ギガワット級を造るといった計画発表をされております。具体的な地点までは承知をしていないので、どういった送電方式が採用されるかはまだ分かりませんが、浮体式洋上風力発電が動き出したものと考えていますので、国内外を含め、大水深の出番というのは出てくると考えている次第です。

【福田委員】 ありがとうございます。

【石亀分科会長】 関連して伺います。このオープン・クローズ戦略というのは、非常に重要なところですが、

難しいところでもあると思うのですが、今回アウトプットとして全てを達成され、メーカのいろんな知見を集めて様々なことができたということで、そういうオープン・クローズ戦略を推進するための知見みたいなものは得られたのでしょうか。また、それは何でうまくいったかというようなところ、例えば「カーボンニュートラルの達成を目指して皆が頑張った」というものがあれば、教えてください。

【中尾 PMgr】 質問をありがとうございます。NEDO の中で多くのプロジェクトを動かしており、それぞれに同じようにオープン・クローズ戦略があると考えています。特許に関しては、事業者にとっていただくということを基本にしていますが、特に本事業においては直流送電システムということで、つくられる会社がそれほど多くはないというところとシステムが巨大であるというところを考えると、やはりマルチベンダーが必要になってくるということで、ここは各社の御賛同の下、マルチベンダーを前提としたシステムをつくる上では公開を基本としてガイドラインにまとめて、参加していない会社にも発信をし、まさにオールジャパンでやっていくのだというところを事業者全員で合意が得られたということで、うまく進められたのではないかと考えております。質問の回答になったかどうかは分かりませんが、以上です。

【石亀分科会長】 ありがとうございます。オールジャパンであるということで承知しました。それでは、蓮見委員、よろしくお願いいたします。

【蓮見委員】 御説明ありがとうございます。この話を聞かせていただき、2020 年の事業開始とほぼ同時に、同じような形で長距離の海底直流装置の整備に向けた検討会が立ち上がったことをもって、非常に制度のタイミングと技術開発のタイミングが整合してスタートできたところが最大の肝になるのだらうと思っています。その意味で、アウトカムの設定であるとか、それにバックキャストした目標設定が非常に立てやすかったのではないかと率直に感じています。

2 つ目ですが、まさにこのマネジメントの観点でいいますと、新しく双極のものを加える、海底ケーブルに関する基本設計を加えるなど、外部の環境と市場ニーズに応じて追加をして、それで貫徹できたということもマネジメント上の評価は高いものと思っています。特に、複数のメーカをそろえて HIL 試験を実施したというところが、その証左ではないかと考えます。

その上で、私のほうから伺いたい点が 2 つあります。1 点目は、開発した技術の適用先を見据えた議論も今後していただけないかと思っています。具体的に申し上げますと、浮体式洋上風力発電を想定ということで、EEZ の展開を見据えて法案が今整備され、国会にて審議にかかろうとしている状況と思っています。送電システムそのものはインフラ的な要素も非常に強いということがありますので、これからコストの見合いとか、あるいは地盤の調査等を行っていく中で候補を選び、抽出をしていくところの段階に入っていくと思います。そのタイミングに合わせて、送電のところについても、この海域とこの海域であればこの多端子を使うのではないかと、あるいは、ここは一般の普通のケーブルで採用するので

はないかというように、要は、単に海域の場所を自然条件と海象条件等で選ぶこれまでのプロセスにインフラの側面も加えて、全体のグラウンドデザインといったマスタープランを描いていくところが今後必要ではないかと思っています。このあたりの御見解を伺います。

2つ目は、国際標準化の観点です。まさにプロジェクトが終了していく中で、民間企業の方々も独自の取組にシフトしていくということを考えたときに、先ほど InterOPERA の状況もお話しいただきましたが、今後、事業者とのコラボレーションといいますか、商用に向かう動きをしながら、NEDO としてどういうところに勝ち筋を見いだすのかといったフォローアップや目利きも大事ではないかと思います。そのあたりの取組についても教えていただきたいです。特に、この技術に差がないということであれば、日欧で初めからいきなり IEC 等の規格を書けるのか。それとも、日本特有のところがあるところに対して日本が主導し、ヨーロッパからある程度合意を得て Annex に追加をするのか。様々なアプローチがあると思いますけれども、現在の見通しを伺います。

【中尾 PMgr】 質問ありがとうございます。1 点目からお答えさせていただきます。まさに御指摘のとおり、こういったシステムはインフラの要素が非常に強く、例えば秋田の方面に幾つか例えば洋上風力ができるというときに、同時にできるということが事前に分かれば、共同して接続しようということが可能になるかと思いますが、どこか一つが先行して動き出したという形になると、まずそこから陸にどう揚げるのかという検討がどうしても先になってしまいます。今回の NEDO の事業では、純粋に技術開発の部分を行ったわけですが、御指摘のとおり、ウインドファームが恐らく連立してくるエリアに対し、例えばインフラ的な形で先行して幹線を整備し、そこにそれぞれが接続していくなどの形でグリッドの整備ができればいい。この点は政策的なところも含めて、今後の話になってくるかと思います。この話は洋上風力に限らず、陸上のグリッドにも同様の課題になっています。再エネの案件が出てきた後にグリッド増強を始めると時間が間に合わなくなってしまい、グリッドの遅れが、すなわち再エネ導入の遅れになってしまうというところは課題視されています。今まさに先行したグリッド整備というものが、どこまでその蓋然性が高いものまではやってよいものであり、どのように投資回収が可能なのかについてしっかり議論した上でないと、一般送配電事業者も二の足を踏むところがあると聞いています。そうした整理はまさに今後の課題になってくるかと思っています。2 点目は、廣瀬よりお答えをさせていただきます。

【廣瀬 SPMgr】 2 点目についてお答えします。まず、標準化というのは御指摘のとおり非常に大事なことでありまして、この多端子システムが国内のみならず世界的にも使われるためには、最低限 IEC と整合しなければいけないというのはあるかと思っています。InterOPERA でも今議論をされていますが、ヨーロッパ側の意見を見ていると、ヨーロッパだけに閉じる技術や標準は作りたくない。そのために、日本及び米国、イギリスを含めて議論をしております。むしろ特定のエリアだけのものではなく、作るのであれば、まさに世界標準を狙うべきかと思っています。標準に関しての肝は、先ほど説明の途中にもございましたが、制御の階層のところの仕組みであるとか、インターフェースのいろいろな基準になるかと思っています。こういったところは極めて重要なところであるため、先ほど御意見がございましたように、Annex のような形で例えば例外的であるとか、Some Country Note のような規定ではなく、日本で使える、世界で使えるものは同一にすべきかと思っています。そのようになる可能性も非常に高いかと思っていますので、NEDO 事業としては終了いたしましたけれども、InterOPERA の中での発言力向上のため、どんどんこの NEDO の成果を使って発信していきたいと思っています。

【蓮見委員】 ありがとうございます。1 点目のところはお答えいただいたとおりだと思います。まさにこれからその法律をつくり、それから制度設計の詳細を詰めていく段階だと思います。先ほどの申し上げたように今回うまくいった肝は、やはり制度と技術開発が整合することにあります。これから経産省とも相談していく中において、開発の順番等也都道府県等をまたがずに今度は国が全面的に出ていく

形になると思いますので、そういう絵姿を一回描いてみてからという可能性もあるのではないかと思います。せっかく開発しても、使われる先がなければ、一般論としてリソースを減らしていく形になってしまいますので、ここまで取り組んだ成果を花開かせるためにも、この一、二年の制度設計のタイミングが一つ大事なポイントだと思います。ぜひそこはうまくフライできるようにやっていただけると非常によいと考えます。

【中尾 PMgr】 ありがとうございます。我々と経済産業省とは密に連携してやっておりますので、いただいた御示唆を踏まえて今後検討を進めてまいりたいと思います。

【石亀分科会長】 宇都宮分科会長代理、お願いします。

【宇都宮分科会長代理】 御説明ありがとうございました。本当にこの技術が洋上風力の拡大を支える基盤になる技術だと思っています。それを非常によいタイミングで進めていただいたことは、本当にすばらしいことだと感じます。今 OCCTO のほうで進められている直流送電が 2 端子双極であるというところで、本当は多端子であるべきだったのではないかという思いもあります。そこが多端子でなかった理由といたしますか、そこの分析がすごく重要だと思っています。多分リスク回避を取られたのではないかと考えます。それでマルチベンダーになるということであれば、ますますリスクが高まります。そこをいかに低減していくかというのが多分このシステムを花開かせるための本当に重要なところだと思います。そのためには小規模なシステムでよいので、何か実際に運用するということがすごく大事ではないかと考えます。そのあたりの展望やお考えがあれば、お聞かせいただください。

【中尾 PMgr】 ありがとうございます。御指摘のとおり、マスタープランの検討初期においては、北海道から本州まで一気に行く 2 端子構成になっていました。途中のタイミングで秋田に割り入れる 3 端子の形になり、そのタイミングで多端子構成が一度検討されています。御指摘のとおり、まだ技術的に成熟し切っていないというところがあり、最終的には 2 端子の形で公募がされていると理解をしています。ただ、秋田には北海道向けの端子と新潟向けの端子が接近して集まってくるということになりますので、ここの直流の部分同士を、例えば直流母線という形でつなぐと実は多端子の形に変わります。そうすることで変換設備を 2 度通らなくてよくなり、より送電効率が上がることにもなります。そこは少し念頭においた公募がされていると理解をしておき、「将来的な拡張性を備えた事業としてください」といった文言が公募要綱に追加をされております。今回 2 端子を 2 本という形でつくりますが、これが多端子化の終わりを意味するものではなく、拡張性を持たせているということで、そういった意味ではまだまだ期待ができるのではないかと考えている次第です。

【宇都宮分科会長代理】 ありがとうございます。私のほうでそこまで理解をし切れておりませんでした。まさにそのとおりだと思いますし、わざわざ交流に戻してまたというのは素人目に見ても明らかに非効率であるため、ぜひこの技術を本当に今のシステムを生かしていただきたいと思います。正直 2 ギガワットはすぐにいっぱいになると考えます。多分、次々につくられると思いますので、ぜひ進めていただければと思います。

【石亀分科会長】 ありがとうございます。ほかにも、御意見、御質問等があるかと思いますが、予定の時刻が参りましたので、以上で議題 5 を終了といたします。

(非公開セッション)

## 6. プロジェクトの補足説明

省略

## 7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

## 8. まとめ・講評

【福田委員】 全体的に申しますと、意義のあったプロジェクトであり、アウトプットの成果としても十分あったものと認識しております。特に、私は前身事業の評価分科会委員でもありましたが、その差分で見ると、シミュレーション主体から実機の検討、用途の多用途化、送電制御も多方向になった、大水深ケーブルの開発もされたなど、技術的にも深く、あるいは広がりもあった技術開発ができたのではないかと思います。また、それを行うにあたってのマネジメントについても、ステークホルダーがいる中で十分まとめていただいて結果を出されたという認識です。一方、一番心配だったのは事業化であり、オープン・クローズ戦略、標準化、さらなる付加価値、残課題の様々な内容といったところを集中的に質問いたしました。そちらについては回答いただいたので、これは現在の会社様、あるいはNEDOの側面支援なのかもしれませんが、まだまだやることはいっぱいあるという点で期待をしています。5年後というのは非常に短いと思いますが、ぜひとも実用化に向けて頑張ってください。ありがとうございました。

【石亀分科会長】 ありがとうございました。次に、蓮見委員、よろしくお願いします。

【蓮見委員】 本日は、貴重な研究の成果を御説明いただきましてありがとうございました。初めの意義のところでもお話しさせていただきましたが、社会実装が目の前に迫ってきている状況、つまり、適用する先の制度が決まっている中において、技術開発を確かなレベルにまで上げていかなければいけないといったプレッシャーもあったと思いますが、丁寧かつ想定以上の成果も出していただきながら完遂いただいたものと理解しております。また、外部環境や制度のところ、そしてヨーロッパ等の動向にもらみながら、技術開発の方向性を議論し、研究項目を追加することによる新しい取組を始めるといった意味でのマネジメントに対しても非常に高く評価できると考えております。まさに今後こういった技術の部分について、出口として一つは標準化、規格化を見据えていくということで、ヨーロッパとの連携、あるいは IEC への打ち込みについてといった先の長い話も出てきたかと思っています。ここに向けての準備も継続していただきながら、その実現を図っていただきたいと思っています。それから完成した技術、開発した技術の適用先についても見据えた議論を改めてお願いしたいところです。制度と技術が両輪になるということが、技術がフライしていくところの一つの大きな要素だと思っています。非公開セッションの中で、企業よりお話があったような各企業の野心的なターゲット、技術開発の狙いの部分を実装していくためにも、こういう出口、特にインフラ的な要素が強いところは公的機関が主導し、そこに民間企業の技術が適用され、よりよいものができていく。そういうよい意味でのスパイラルの実現という技術開発の本丸のところに行ければよいと思っています。今後、浮体式洋上風力等への導入も目指していくと、さらなる技術開発を経て、高いレベルでの導入も期待できると思います。こういったところについてもぜひ議論をいただきながら進めていっていただけると、よりよいものができると思います。今回、対象外になりますが、新型のケーブル敷設船の研究開発についても、ぜひよいものになるようにマネジメントのほうをしていただきたいと思っています。私が所属している国土交通省も官民一体となってこの将来の洋上風力の導入を想定し、作業船に関して、それからインフラに関してフォーラムや在り方を検討していく議論する場を現在立ち上げております。そういった観点も踏まえると、NEDO の再エネ部内だけではなく、資源エネルギー庁あるいは国土交通省とも少し広い目で連携いただきながら、広域機関もそうだと思いますが、開発した技術の成果の最大化をぜひ目指して今後とも進めていっていただきたいと思っています。本日ありがとうございました。

【石亀分科会長】 ありがとうございました。次に、熊田委員、よろしくお願いします。

【熊田委員】 本日は、本当に綿密なシミュレーションの結果であるとか、綿密な実機の開発の御報告であるとか、大変有意義な説明をありがとうございました。国際的にあちらこちらで市場が出てくるというのはもう分かっていますので、将来的にそこへの打ち込みも視野に入れて、日本でこのように培った技術を、まずは日本で何らかの形でともかく実現させ、それを引っ下げて、将来は国際的な市場を取っていくという方向になるものと予想及び期待をしております。あまりに予算規模が大きくなると、結局、幾ら公的な機関、国が後ろについてもなかなか難しいこともあると思います。少なくとも海外に打ち込んでいけるだけの最低限のもので、スモールスタートでもよいので、何か本当に形になるもので物ができていってくれることを願っております。私の希望ばかりになってしまいましたが、今回のプロジェクトに関しては、本当に基礎、基盤になるところの技術は非常に網羅的に開発されたものと理解しております。以上です。

【石亀分科会長】 ありがとうございました。次に、伊藤委員、よろしくお願いします。

【伊藤委員】 本日は貴重なお話をいただきましてありがとうございました。海外展開も含め、国内でのマスタープランに基づいた北海道、本州間のプロジェクトも控えている中、今回検討いただいた技術は非常に有意義なプロジェクトだと考えます。今回の報告を伺い、実際に検討いただいた技術を導入していただける方向性は十分あるものと思いながらお話を伺っていました。一方、課題としては、技術面は問題なくとも、実際の導入、実装となったときのファイナンス・資金調達であるとか、実際にケーブルを敷設する海域を利用している利害関係者との調整等もありますので、その点は選定される事業体の方々とも連携しながら、ぜひスケジュールに沿った形で導入できることを期待しております。今後もNEDOをはじめ、各事業者の皆様の連携、さらには国との連携等のマネジメントを確実に実施しながら社会実装していくことを期待します。今回の検討いただいた技術は非様々な側面からシステムの構成、ケーブル仕様などを検討いただいていますので、今後の北海道、本州間だけでなく、将来的にはEEZでの浮体洋上風力の拡大も見据えた形での技術になっていると考えます。今後の拡張に期待いたします。ぜひよろしくお願いします。

【石亀分科会長】 ありがとうございました。次に、宇都宮分科会長代理、よろしくお願いします。

【宇都宮分科会長代理】 今回の評価を通じて勉強になりました。このシステムは、本当に物すごくインパクトかつ将来性のある技術だということをつくづく思っています。そういう意味では、今回のOCCTOのマスタープランがまずスタートだと思いますが、それにとどまらない技術であるのも間違いのないですし、これはもっと加速しなければいけないと感じた次第です。先ほども申し上げましたが、小規模なシステムでもよいので、まずは運用するということが非常に大事だと思います。そういったところをぜひ見据え、国の支援というのは多分必要だと思うものの、これは国の財産とも言えますから、ぜひさらに加速していただければと思います。以上です。

【石亀分科会長】 ありがとうございました。それでは、最後に私のほうから講評を行います。皆様が言われたとおり、このプロジェクトはすばらしいプロジェクトだと感じています。コロナ禍の難しい中、アウトプット目標を確実に達成し、申し分ない成果が得られています。また、前事業の課題を引き継ぎ、その解決のために様々な方向からアプローチされていることがよく分かり、マネジメント面においても難しい課題を確実に解決されていると感じました。また、アウトカム達成の戦略の下で、その準備が整ってきているのではないかと思います。それぞれの課題に対しての研究成果というのは、社会へ大きく貢献するものであると考えます。マスタープランが計画どおり進み、今回のプロジェクトの成果が社会実装されることを大いに期待しているということで、最後のまとめとさせていただきます。本日は、どうもありがとうございました。

【宮代専門調査員】 委員の皆様、どうもありがとうございました。続きまして、推進部署、再生可能エネルギー部の山田部長より一言頂戴いたします。

【山田部長】 本日は、長時間にわたる御審議、御評価を誠にありがとうございました。当部は、再生可能エネルギーを推進する部署ですが、我が国が再エネの技術開発を国家レベルで開始して今年でちょうど50年になります。半世紀を経て、再エネの普及拡大に対するニーズというのは、具体化、本格化しているということを、日々ひしひしと感じているところです。先ほどもありましたように、「7次エネルギー基本計画」の議論も進んでおります。特に風力については、洋上展開に対する期待が大きく、広く大規模に展開していくことが求められており、それにあたって送電システムの進化、発展というのは欠かせないものと認識しております。そうした下で、この事業の進捗につきましてはNEDOとしても注力してきたところですが、今回の事業においては、実施者の皆様方の尽力もありまして成果進捗を出せたのではないかと考えている次第です。一方で、御意見いただきましたように、これが本当に社会に貢献していく形になるまでには、まだまだ課題もあると認識しております。本日「鶏と卵の話」もありましたが、歩みを止めずにステップアップしていけるよう政策当局とも連携し、制度と技術の連携というお話もありましたが、本委員会からいただく御示唆を今後の開発計画、あるいはマネジメントの参考にさせていただきたいと存じます。本日は誠にありがとうございました。

【石亀分科会長】 ありがとうございました。それでは、以上で議題8を終了したいと思います。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| 資料 1   | 研究評価委員会分科会の設置について                    |
| 資料 2   | 研究評価委員会分科会の公開について                    |
| 資料 3   | 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて |
| 資料 4-1 | NEDO における技術評価について                    |
| 資料 4-2 | 評価項目・評価基準                            |
| 資料 4-3 | 評点法の実施について                           |
| 資料 4-4 | 評価コメント及び評点票                          |
| 資料 4-5 | 評価報告書の構成について                         |
| 資料 5   | プロジェクトの説明資料（公開）                      |
| 資料 6   | プロジェクトの補足説明資料（非公開）                   |
| 資料 7   | 事業原簿（公開）                             |
| 資料 8   | 評価スケジュール                             |

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

## 質問・回答票（公開）

| 資料番号・<br>ご質問箇所         | 質問                                                                                                                                                                                                                 | 委員名 | 回答                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 公開可<br>/非公開                         |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 資料５・32頁                | 学会発表、論文（ほぼ解説記事的なもの）はあるが特許がないということはどう考えれば良いのか？開発した技術は特別なものではないのか？あるいは既にある特許技術を利用して実機試作を行い評価したということなのか？                                                                                                              | 石亀  | 多用途多端子直流送電システムに係る技術の幅は広く、基盤技術、要素技術、それらの複合などがあり、2020～2023年度の実証事業期間中にて、委託者（製造業者）により、約30件ほどの特許出願がなされています。出願に至る背景やトリカが出願毎に事情が異なるため、明確にNEDO事業との紐付け（カウント）はしていませんが、実際のシステム構築、設備製造・運用には必要な特許化は着実に進められていると考えています。                                                                                                                                                                                                                                                                         | 追加質問は各社事業戦略がありますので、非公開セッションでお願いします。 |
| 資料５・36頁                | 研究開発項目Ⅰ、Ⅱは複数の企業が参画しマネジメントが難しく手腕が問われると思われるが、項目Ⅲについては単独企業の開発であり、具体的にどのようなマネジメントを行ったのか？                                                                                                                               | 石亀  | 項目Ⅲは競合関係にあるケーブル２社がそれぞれ開発を行うこととなります。２社を同席させた直流深海ケーブル検討委員会では、２社が競合のため深い技術の議論ができないこともありました。このため、NEDOが運営する個別委員会を開催し、幅広い知識を持った技術委員の中から委員を選定することで、技術面でのサポートが可能な体制を構築しました。また、事業者単独では容易ではない設備投資・費用面でのバックアップをNEDOのマネジメントのもと実施しました。                                                                                                                                                                                                                                                        | 公開                                  |
| 資料５・51頁                | 作成したガイドラインを今後どのように活用していくのか。マスタープラン等HVDC開発に対してどう貢献していくのか、具体的な活用方法を伺いたい。                                                                                                                                             | 石亀  | ・作成したガイドラインはHPで公開し誰もが参照できる状態にするとともに、活用する可能性がある関係者に紹介するなど認知を広めていきます。また、具体的に活用する案件は現時点で見えているものは少ないが、新規の直流事業が検討・具体化されていく場合、工事仕様書の作成などのシーンにおいて本ガイドラインを参照・活用いただくものと考えています。<br>・マスタープランでは、当初は多端子構成での検討も行われたが、最新動向としては2端子となったため、マスタープランへの至近での貢献は限定的となっています。しかし、公開されている公募要領案によると拡張性を備えた設備構築が求められ、北海道・秋田・新潟の沿岸３カ所に直流拠点が構築される事を踏まえると、将来的な多端子構成への拡張性を備えることにもなり、関係事業者において今後のガイドライン活用が十分に期待できるものと考えています。                                                                                      | 公開                                  |
| 全般                     | 北海道本州間連系設備（日本海ルート）の実施案では、2端子接続による構成が基本とされているようです。仮に2端子接続で実現した場合に、本事業の実施項目のうち、どれがどのような形で役立つことになるのか、簡単に整理して示して頂けるとありがたいです。                                                                                           | 宇都宮 | ・研究開発項目Ⅰ、Ⅱ：マスタープランでは、当初は多端子構成での検討も行われたが、最新動向としては2端子となったため、マスタープランへの至近での貢献は限定的となっている。しかし、公開されている公募要領案によると拡張性を備えた設備構築が求められ、北海道・秋田・新潟の沿岸３カ所に直流拠点が構築される事を踏まえると、将来的な多端子構成への拡張性を備えることにもなり、関係事業者において今後のガイドライン活用が十分に期待できるものと考えている。<br>・研究開発項目Ⅲ：深海用ケーブルは、現時点の計画では従来水深300m程度で検討されているので活用場面はないが、今後の浮体式洋上風力の普及などによる設備拡張時に沖合の深海部から揚陸するケースなどにおいて活用されるものと考えている。一方で、成果の一つである敷設ルートの最適化システムは深度によらないため、マスタープラン案件に活用が可能である。敷設船の仕様は本事業成果（仕様検討結果）をベースに研究開発Ⅳにつなげており、アウトプットとなる敷設船の基本設計は設備構築時に活用可能と考えている。 | 公開                                  |
| 資料7・9ページ               | 「ドカーバンクにおいて人工島を建設し、直流送電のHUBポイントを建設することを提案しているが、高調波共振や振動等の計算機では模擬できない要因による事故が発生しており、技術的な懸念を解消する必要もある。」とありますが、本事業において、この懸念点が具体的に検討され、解消されたのかどうか分かりませんでした。また、アウトカム目標達成において、この懸念点はどの程度のインパクトを持っているのでしょうか。補足説明頂ければ幸いです。 | 宇都宮 | 風力発電の集電系統では、風車発電機用の電力変換器が高調波を発生や変換器間の干渉に加えて、ケーブルのインダクタンス・静電容量により、高調波共振点を形成し障害の発生や電力品質の低下となる恐れが指摘されています。電力変換器の交流側に発生する高調波の削減対策の一つとして、MMC (Modular Multilevel Converter) を用いた自励式HVDC電力変換器の制御で対処することが考えられます。前身事業のような計算機のみでは困難であったが、本事業ではHVDC変換器制御部を実機相当とすることで、高調波の抑制や電力品質の向上等の効果を確認できるなど、より現実 に即した評価を行えたと考えている。                                                                                                                                                                     | 公開                                  |
| 資料5 14ページ<br>資料7 39ページ | 右の図で示されている山間部の想定は、北海道・本州での再エネ事業（陸上風力、太陽光など）を想定しているものか？<br>資料7の39ページで5端子、3端子での主回路図が示されている。社会実装を想定したときに想定している陸上変換所は北海道、本州それぞれに設置することを想定しているか？                                                                        | 伊藤  | ・陸上風力、太陽光に限定するものではありませんが、それらを含んだ交流系統と繋ぐことを想定しています。<br>・どのように設備を構築するかによって、陸上変換所の場所は変わってきますが、マスタープラン案件として実現可能性が高まっている北海道、本州への設置も念頭に検討を行ったものです。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 公開                                  |

| 資料番号・<br>ご質問箇所         | 質問                                                                                                                                                                                                              | 委員名 | 回答                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 公開可<br>/非公開 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 資料5 15ページ              | 多用途多端子直流送電システムの想定モデルとして風力送電という記載があるが本システムの利用は風力事業（洋上・陸上）に限定したものを想定しているのか？                                                                                                                                       | 伊藤  | 本事業は、再生エネルギーとして風力発電が今後の再エネ導入拡大の切り札と位置づけられた国内状況を背景としており、風力発電の急速な拡大に備える意味でこのようなまとめ方をしているが、資料5 p14のとおり、遠隔交流系統の連系や小規模系統の連系への利用も想定しています。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 公開          |
| 資料5 16ページ              | アウトカムとして建設の完了が2030年ということが示されている。同様の期間で国内洋上風力事業の建設時期と重複してくることも想定される。25年から27年までの間で深海ケーブルの生産設備拡充が十分完了できる蓋然性があるという理解で良いのか？具体的な工程を示すことは可能か？また北海道-本州間の本システムを実装していく事業者の選定は想定よりも1年遅れている状況と理解しているが、そちらの方は影響は出ないと考えているのか？ | 伊藤  | 各社事業戦略もあるが、事業者選定時にケーブルメーカとして手を挙げるようであれば生産設備拡充も込みで検討されていると考えています。<br>北海道－本州間の実プロジェクトについては、NEDO事業外となりますが、実施に向けた検討主体となる体制（検討体）が構築される見込みであり、検討体において資材調達を含めた蓋然性が検討されるものと認識しております。                                                                                                                                                                                                                                                                         | 公開          |
| 資料5 16ページ              | 技術開発とは離れる質問になるが、本システムを実装していく過程では利害関係者（漁業関係者など）の理解、合意形成が必要になる。こちらについては加味していないスケジュールと理解していいか。利害関係者との合意形成が遅れた場合の影響についてはどのように考えているか？                                                                                | 伊藤  | ・当事業はアウトカム達成に向けた必要条件の一つであり、ご質問の先行利権者との調整や風力発電の技術開発・事業性などその他の必要条件が揃う必要があります。これら本事業外の必要条件については「政府計画通り進む」との前提のもと本事業の達成見込みを想定しております。<br>・当然利害関係者の理解が得られない場合などは遅れは生じるものの、国としての再エネ導入拡大の動きは変わらないということと、社会実装という観点では、国内に限らず可能な箇所から本事業の成果が活用されていくと想定しています。                                                                                                                                                                                                     | 公開          |
| 参照資料無し                 | 社会実装にあたっては漁業関係者から海洋生物に対する影響の有無はよく聞かれる話となるが、今回検討したケーブルが、この点でどのような影響を与える可能性があるのかについて、国内外の事例も参考にどのように考えているか教えていただきたい。                                                                                              | 伊藤  | 海底ケーブルに関係する主な環境影響については、国内外で調査報告がなされていますが、その数や範囲は十分でなく、定性的・定量的に断定できるような結果や結論はありません。しかしながら、各々の報告では、施工時（海底の改変、生物への直接的影響、攪乱、汚染物質の攪乱、視覚的な影響、騒音）、および運用時（人工的な固い生息基盤の出現、電磁波（電磁場）の発生、熱の発生）の影響が懸念されているものの、海底ケーブルによる影響は軽微であり、無視できるであろうとの見解が現時点で多数を占めています。<br><br>海洋生物への影響という点においては、今回開発したケーブルと従来ケーブルに材質等の差異はなく、影響度が増すことはないと考えている。<br>海底ケーブルそのものが海洋生物に与える影響について、具体的な指標等はないができるだけ影響を最小化するために浅海部は埋設することと考えられる。海外においても同様な素材で作製されたケーブルに関してはほぼ環境への影響はないという報告がなされています。 | 公開          |
| 資料5 22ページ<br>資料7 39ページ | 陸上変換所間の電力融通を行うもしくは陸上変換所のあるエリアの系統に電力を送電する場合、当該エリアの系統そのものが融通もしくは送電される電力量に適した系統を整えておかなければならないということにはならないか。北海道や東北（特に北海道の地内系統は十分な容量を引き受けただけのものが整っていないようにも考えるが、本システムを導入するとなれば同時に地内系統の整備が同時に整っていなければ成立しないのか。           | 伊藤  | 実案件では、ご指摘の「陸上変換所間の電力融通を行うもしくは陸上変換所のあるエリアの系統に電力を送電する場合、当該エリアの系統そのものが融通もしくは送電される電力量に適した系統を整えておかなければならない」はその通りです。本事業ではあくまでも多用途の多端子直流送電システムの技術開発を目的としており、陸上変換所を受け入れに適した系統が整っているという前提で進めており、地内系統の増強は別に議論がされていると承知しています。                                                                                                                                                                                                                                   | 公開          |
| 資料7、4-3-4項             | 一般論的な質問で恐縮ですが、三芯ケーブルの開発において、流れる電流は少ないはずの中性線用のケーブルのサイズが、残る二本の電力線用ケーブルと同じなのは、構造の対称性を良くするためでしょうか？                                                                                                                  | 熊田  | ご認識の通り、構造の対称性を良くするため中性線用のケーブルサイズを調整しています。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 公開          |
| 資料5、P.50               | InterOPERAにおいて、Steak Holder Committeeは、具体的にどのような関与をするのか、もう少し詳しく教えてほしい。                                                                                                                                          | 熊田  | 欧州域内のメンバにより実施されているInterOPERA事業の検討内容や結果・成果等に対して、欧州域以外のメンバで構成されているSteak Holder Committeeは、定期的にレビューおよびフィードバックを行うとともに、米国、日本、その他エリアで検討・実施されている類似の研究開発や事業等からのインプットを提供することで、多端子・マルチベンダー化の標準/規格が、今後グローバル仕様となることを見据え整合を図る場/機能として期待されています。                                                                                                                                                                                                                     | 公開          |

| 資料番号・<br>ご質問箇所 | 質問                                                                                                                                                                      | 委員名 | 回答                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 公開可<br>/非公開 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 資料 5<br>p.16   | 直流送電システムは、インフラ的な側面もあることから、国（NEDO）が主導するところ、事業者が主導するところを教えてください。また、日本独自で進めるのか、海外と協調して進めるのがよいのかといった推進体制も見えているものがあれば教えてください。                                                | 運見  | 直流送電システムの導入計画、リスクの高い技術開発、競合同士の間に入った調整が必要な技術開発は国（NEDO含む）が主導し、純粋に1企業で完結できる技術開発に関しては事業者が主導、地域間連系線の必要箇所や必要時期の選定などは広域機関といった役割分担だと考えています。海外とは、本事業の研究成果の規格化、海外での類似事業への情報提供、交換で協調できると考えています。                                                                                                                                               | 公開          |
| 資料 5<br>p.17   | IEC TC115, SC22F, TC20における取組において、この事業の結果を踏まえて、日本の強みがどこにあると考えているのか（規格のどの部分を主導してまとめていく予定なのか）教えてください。                                                                      | 運見  | TC115は直流送電のシステム全体を包括しており、SC22FとTC20は、システムを構成する各々半導体電力変換装置と電力ケーブルの要素技術（設備）であり、日本にはすべて国内製造メーカーがあるとともに、主要メーカーが本事業に参画しています。単一のIECの規格・規定等に関することなく、相互に連携し複数の国際標準に適合した実システムの最適な提案、構築に関しては、国内メーカー、および周波数変換所や直流送電システムの運用実績のある事業者との意思疎通が容易となり優位性があります。海外展開（企画提案）する際にも、その強みが発揮できると考えています。                                                     | 公開          |
| 資料 5<br>p.24   | この事業にコストの目標はなじまないと思うが、地域間連系線整備結果を受けて、追加の技術開発の必要性、信頼性や経済性の目標設定も必要になるのではないだろうか。                                                                                           | 運見  | 指摘の通り、地域間連系以外にも、直流送電システムの自励式電力変換器の特性・特徴を活用し、より柔軟な潮流制御、系統の弱い地域への安定度や信頼性の向上に徐々に拡張できるものと期待できます。また、仮に広域停電が発生した後にBlack Startを行うことで、レジリエンス向上にも役立つことから、これらの実証については、今後の実証テーマになりうると考えます。信頼性や経済性についての定量的な目標を定めることは、様々な条件を考慮することが必要があり、一概には言えないが、信頼性や経済性を高めていく技術開発や運用の工夫についても、今後の実証や研究開発テーマとして設定に値するものと考えます。                                  | 公開          |
| 資料 5<br>p.52   | 国際標準化を視野に入れていく中で、ガイドラインから少し踏み込んで、国としての法規制や技術基準への提案などの考えがあればご教示をお願いしたい。                                                                                                  | 運見  | 多用途多端子直流送電システムは、各端子同士が繋がれた①直流系統内の規定と陸上や離島の交流系統との連系点における②系統連系規定の2つの規定が必要になると考えます。①については、定常時、非定常時、過渡時（故障・事故時の挙動）の直流電圧と変動幅、および変換器の動作に関する規定を定めるようなGrid Codeが必要になります。②については、電力系統の強いエリア、弱いエリアそれぞれにおける変換器の運用や電力潮流制御の考え方、および電力品質の維持や向上に寄与するための条件、またGrid Fromingや慣性・周波数維持への寄与、およびBlack Startの運転条件なども含めた系統連系規定(Grid Code) の制定が必要になると想定しています。 | 公開          |
| 資料 5<br>p.54   | NEDO特別講座に参加している人数、属性、アクセス数など定量的な情報についてご教示をお願いしたい。                                                                                                                       | 運見  | 延べ人数となりますが、2023年度：学生98名（うち主催大学以外11名）、産業界159名（主な企業は電力会社、電気製造業、研究所、電気工事業、建設業、コンサルティング業界等） 計257名です。<br>2024年度（10月まで）：学生99名、産業界166名ほか教員 計278名です。                                                                                                                                                                                       | 公開          |
| 資料 7<br>p.61   | 引張曲げ試験では、設備の制約上、水深を1100mとして設定し、要求性を満たしていることを確認したうえで、張力試験の結果とStrain Factorから妥当性を検証しています。今後商用化にあたり、今回の確認方法で、CIGRE TB623を満たしていると一般的に言えるのでしょうか。それとも設備による実測でないと認められないのでしょうか。 | 運見  | 設備による実測で張力を加えないと、CIGRE TB623を満たしているとは言えないですが、本検討では、同等以上の条件にクリアしていること、また最適構造の検討という目的は達成していると考えます。<br>今後の商用化を考えた場合、今回の確認方法で問題ないと考えます。一方でCIGREは推奨条件であり必須条件ではないため、商用化に当たっては事業者側とケーブル試験条件を詰めていく必要があると考えます。                                                                                                                              | 公開          |
| 資料 7<br>p.70   | 表4-2-22の艀装における仕様を想定すると、表4-2-2に示した海外でのケーブル敷設船でもすべての条件を満たせず、軽量化に向けた取組は続けるものの、新規の船が必要になるという理解でよろしいでしょうか。                                                                   | 運見  | 表4-2-2のLeonardo da Vinciは電力ケーブルで水深3000mを想定した設計となっており、表4-2-22の要件をほぼ満足していると思われます（シープ径の変更やケーブルサイズに応じたターンテーブルであるかの確認は必要）。一方で海外船籍を日本国内で使用する場合、日本固有の課題（①法的規制（カボタージュ規制）、②安全基準の差、③緊急時の対応（日本政府からの特別な命令が出せない可能性あり））があるため、新造船（日本船籍であること）が必要と考えます。                                                                                             | 公開          |
| 資料 7<br>p.70   | 従来ケースでも大水深ケースでも、ケーブルの埋設は行わないという前提でしょうか。                                                                                                                                 | 運見  | ケーブル埋設可能かどうかは海底面の地盤の状態に依存します。通信ケーブルでは、水深1000mでも埋設作業が行われています。埋設作業に関しましては、電力、通信で特に差はないため、大水深でも必要であれば埋設は可能です。※地盤が岩盤である場合は特殊機材（岩盤掘削可能なトレンチャー）が必要となります。<br>今回の試算では、①ケーブルは大水深でも埋設可能、②ケーブル埋設費用は従来と同等、③ケーブルは埋設される、として試算を行っております。                                                                                                           | 公開          |

| 資料番号・<br>ご質問箇所      | 質問                                                                                                                                                         | 委員名 | 回答                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 公開可<br>/非公開 |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 資料 7<br>p.97        | 欧州におけるケーブル敷設船を調達できれば、設計思想を満足することができるのでしょうか。あるいは、日本固有の課題があり、日本の海象条件に適合した作業船を新造しないと難しい状況なのでしょうか。後者の場合、考えなければならない項目を教えてください。                                  | 運見  | 欧州のケーブル敷設船にも長距離用・深海用・着床式風力用などがあり仕様も様々なので、一概に欧州の敷設船を調達できれば設計思想を満足できるものではありません。国内ケーブル工場に接岸できること、国内主要港に接岸できること、本事業であれば深海敷設に対応できること、日本は岩盤地域が多いため防護管の取付スペースや船内保管スペースを確保できること、日本船籍の要件を満足することなどが要求されます。また、働き方改革による残業規制で乗船人員も従来より多くなることが想定されるのでそれらも考慮が必要となります。                                           | 公開          |
| 資料5 P2・グローバルポジション   | プロジェクト開始時：DH（Dead Heat）→プロジェクト終了時：LD（Leading）と記載されているが、プロジェクト成果を欧米や中国プロジェクトとの比較において、どのように自己評価しているか教えてください。                                                 | 福田  | マルチベンダ化の取り組みで成果を出したのは初であり、画期的であると認識しており、事業終了時点ではLD状態だと考えています。ただし、2023年から開始したInterOPERAでは、本事業と重なる検討項目もあり、本事業以上に追加で検討される予定であり、程なくDHになると思われます。しかし、先行してできた部分は評価に値するし、欧米とは異なり細かい知財関係の契約を結ぶことなく、スピード感をもって取り組みました。本事業成果を国内外で活用・参考にしていただくことで、世界規模で直流関係技術の発展に貢献できると考えています。                                | 公開          |
| 資料5 P17・オープン・クローズ戦略 | 非公開・競争域のエリアに5つの技術が記載されていますが、国内技術のガラパゴス化と競争力のある独自技術は表裏一体の関係と認識しています。成功するために留意しておかなければならない点について教えてください。一般的な回答が難しければ、特定の1つの技術に限定してご教授ください。あるいは評価委員会にて教えてください。 | 福田  | 非公開・競争域のエリアにきされた5つの技術は、システム、製品を構成、製造する上で各製造メーカーの優位性特徴を活かすための必要不可欠な項目であり、そもそも非開示なため、これらがガラパゴスの直接的な要因になるとは考えていません。これらは、実力（耐量）の拡大、壊れにくく信頼性の高いシステムや設備リーズブルな価格化などに寄与する競争力の源泉になると考えます。ガラパゴス化を避けるためには、入札や提案に採用されるためのプロジェクトスキームの最適化や、リードタイムの短縮などによる海外展開や導入事例の拡大、実績を積むことなど、純技術以外の要素も含めた総合展開力・販売力が必要と考えます。 | 公開          |