

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.1-2

多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発／ケーブル防護
管取付等の工法開発及び新型ケーブル敷設船等の基盤技術開発

長距離ケーブル監視技術開発、大水深碎石投入 装置開発

発表：2025年7月15日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 真山 修二

団体名 住友電気工業(株)、古河電気工業(株)

問い合わせ先 住友電気工業(株) E-mail:mayama-syuuji@sei.co.jp TEL:06-6466-8294

開発全体概要

- 背景： ① 岩盤域ケーブル防護の低コスト化(20%低減)
 ② 日本固有の条件に適合した新型ケーブル敷設船等の設計
- 開発期間： 2023～2025年度
- 実施者： 住友電気工業(株)、古河電気工業(株)、日本郵船(株)、(株)商船三井

開発項目		担当
1. ケーブル防護管 取付等の工法開発	■ ケーブル防護工法開発	
	・ 防護管工法の開発	住友電工
	・ 大水深碎石投入装置開発	古河電工
	■ 長距離ケーブル監視技術開発	住友電工
	■ 海洋技術検証	◎ 住友電工 古河電工
2. ケーブル敷設船等 の基盤技術開発	■ 敷設船開発	◎ 日本郵船 住友電工
	■ 接続船/埋設船開発	◎ 商船三井 古河電工
3. 共通基盤技術調査等	■ 試験方法検討	◎ 古河電工 住友電工
	■ 海外調査	住友電工

今回ご報告

今後拡大が期待される洋上風力に向けた 直流海底送電のマスタープラン



経済産業省
資源エネルギー庁
Agency for Natural Resources and Energy



電力広域的運営推進機関

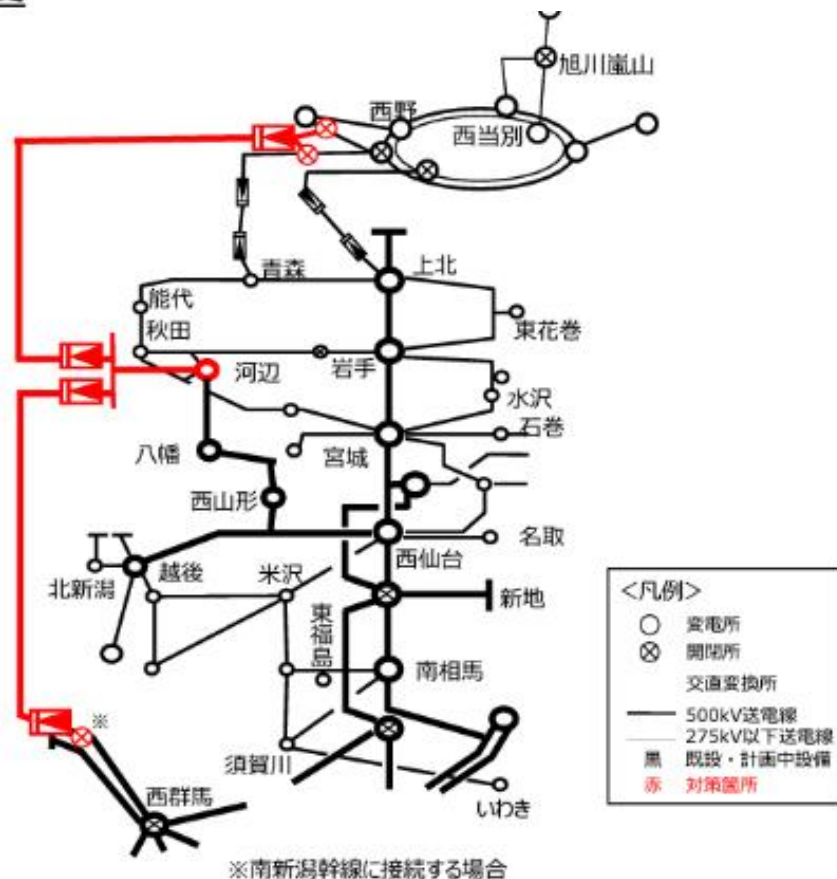
- 再エネの拡大(洋上風力45GW)に伴い、送電系統の容量不足が導入制約。
- 国主導で世界最長800kmの直流海底送電計画を計画中。

概算工事費 : **1.5兆円～1.8兆円程度**

第77回 広域系統整備委員会資料1-2(20204.3.26)より

概略所要工期 : **6年～10年程度**

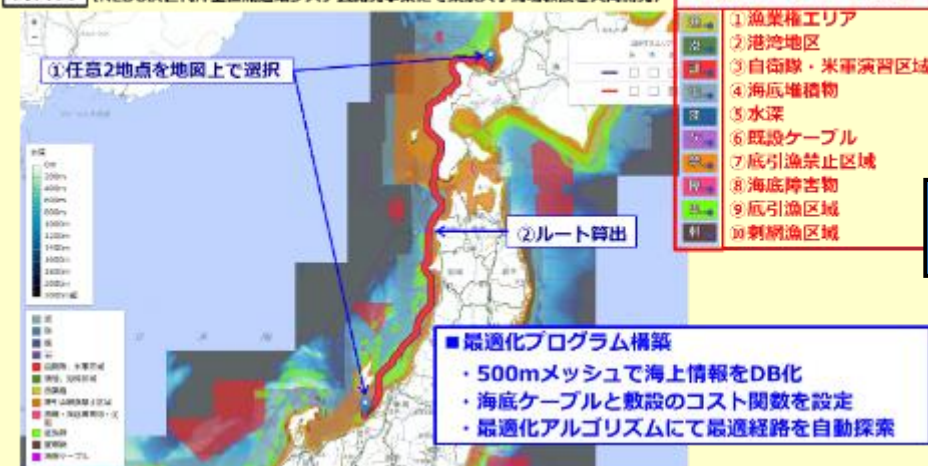
		増強概要
連系線 新設		■ HVDC海底ケーブル、地中ケーブル、架空線 ±525kV 200万kW, 双極構成(ケーブル3条)×約800km ■ 交直変換所3箇所 北海道、東北、東京
地内系統増強	北海道	■ 交直変換所と地内交流系統接続 ・変換所～後志幹線間送電線新設 ・変換所～道南幹線間送電線新設 ・275kV開閉所 2 箇所新設
	東北	■ 交直変換所と地内交流系統接続 ・変換所～河辺変電所間交流500kV送電線新設
	東京	■ 交直変換所と地内交流系統接続 ・変換所～南新潟幹線または新新潟幹線間送電線新設 ・500kV開閉所新設



東地域（日本海）ルート検討プロセス

① NEDO次世代洋上直流送電システム開発事業 海底ケーブル敷設ルート最適設計システム開発 (15-19年度)

計算例 (NEDO次世代洋上直流送電システム開発事業にて東京大学馬場教授と共同開発)



- ・海洋基本情報のデータベースを構築
- ・最適化アルゴリズムでルート案を自動計算

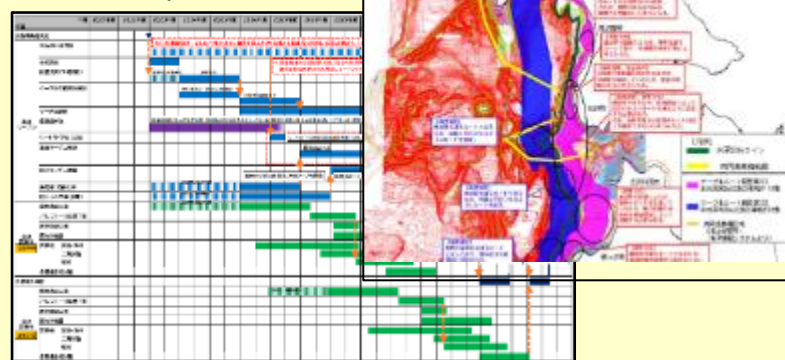
② NEDO洋上風力等からの高圧直流送電 システムの構築・運用に関する調査(21年度)

一般社団法人海洋産業研究会殿
電源開発送変電ネットワーク株式会社殿
合同会社ユーコートエナジー殿

北海道～首都圏 FS

- ・海底ルート
- ・概算コスト／工期

NEDO殿報告書より



④ 広域機関殿 計画策定プロセス

- ・事業実施主体候補の公募／決定
- ・実施案の作成

③ 広域機関殿 東地区作業部会(23年度)

工ネ庁殿 海洋実地調査(22-24年度)

海底ルート： 約800km×3本

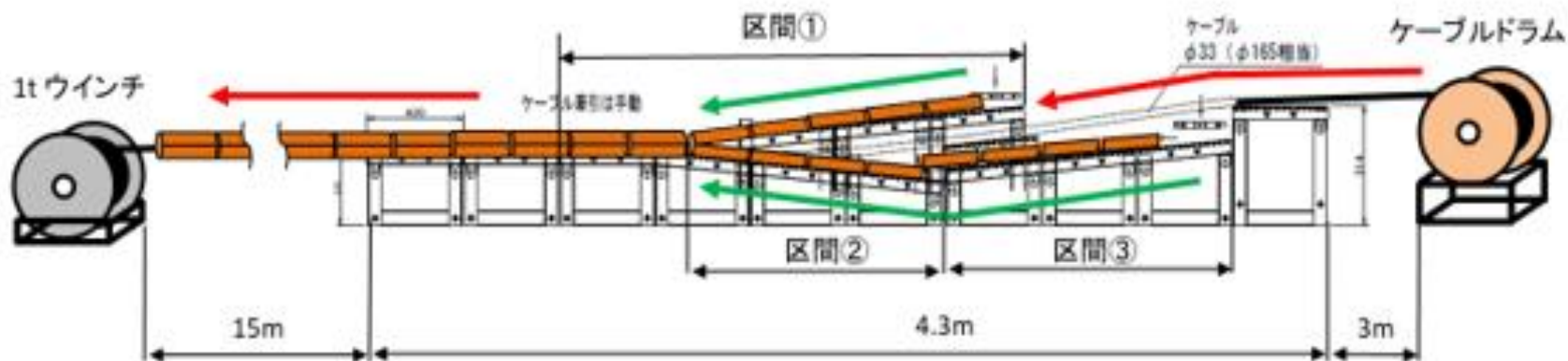
最大水深： 約300m

防護管取付工法開発

- 目的：防護管の高速取付によるコスト低減／工期短縮
- ①最適な防護管の選定(開発)
- ②船上での高速取付装置の開発

【防護管】

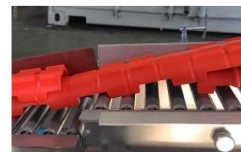
	A	B	C	D	E
形状構造					
素材	ポリウレタン	ポリウレタン	ポリウレタン	ポリプロピレン + エラストマー	ポリウレタン



上下嵌合部



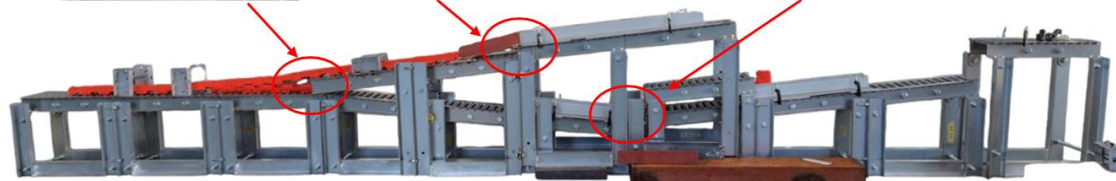
上ライン連結部



下ライン連結部



ミニモデル検証



防護管の選定/改良、高速取付装置の開発に目処付け

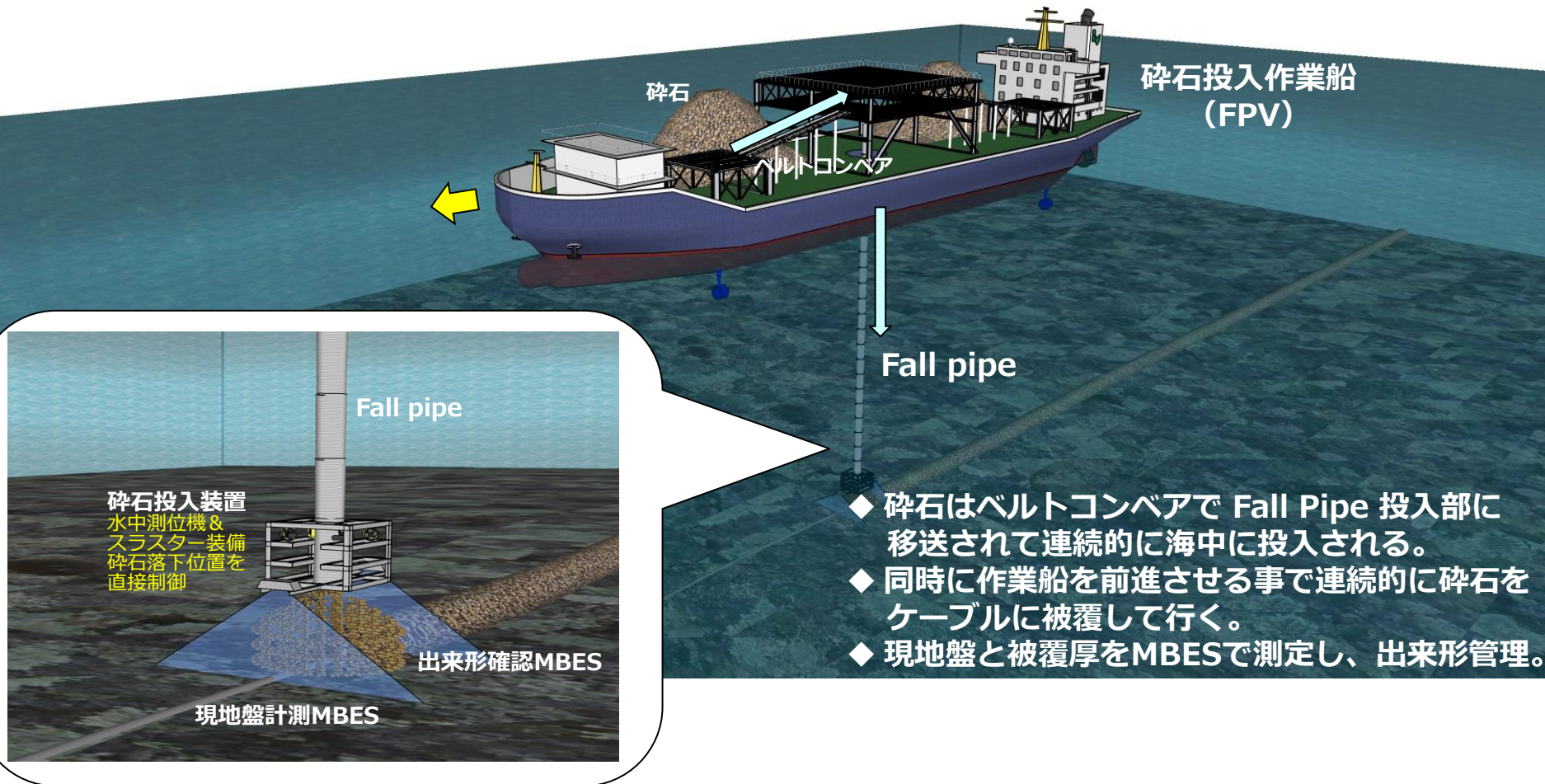
検討項目	内容
可視化システム 充填装置	水深300mにおける砕石被覆状況及び出来形の視認化システムの構築と最適化砕石投入装置への効率的な充填方法や必要重機・設備関連の検討
充填装置 砕石投入装置	プロトタイプによる陸上砕石落下試験や浅海域海上実験を実施する事で 実機の開発 を行う
海外事例調査 (Rock Dumping)	海外のオイルフィールド等で Rock Dumpingの事例調査 を行う
海洋技術検証	敷設海域と 同環境で海洋技術検証 を行い、大水深砕石防護工法を確立



検討項目	内容
1) 可視化システム	・ 屋内要素実験及び海中要素実験から可視化システム仕様選定 ・ 可視化システム製作、受け入れ試験合格
2) 充填装置	・ プロトタイプによる砕石落下実験時にはホッパーを使用したが、準備した砕石が閉塞する結果となり、コンベヤー方式に変更。
3) 砕石投入装置	・ プロトタイプによる砕石落下試験にてシャッター版の動作を確認 ・ 1/10模型実験の結果、“投入回数4回・ラップあり”が最適であり、投入高さが目標3mに対して1m程度高くても問題なし。 ・ 潮流中の砕石移動量シミュレーションを実施。 ・ 実規模浅海部実験にて潮流3ktで砕石投入後の投入装置は振動する事を確認。 ・ 実規模気中投入実験にて、模型実験とほぼ同様の結果を確認。実機製作中、受け入れ試験。
4) 海外事例調査 (Rock Dumping)	・ 国内外海洋工事関連業者にRock Dumping実績のヒアリング実施。 ・ 海外マリコンからFPV(Fall Pipe Vessel)視察提案があり現地出向。実際のFPV設備を視察。
5) 海洋技術検証準備	・ 実施海域の関係者への説明実施、R7年度実施に同意を得た。

FPV によるRock Dumping 施工概要

長距離の線的な防護が必要となった場合に適用を想定



砕石による海底ケーブル防護の社会実装に目処

長距離ケーブル監視技術開発の目的および実施内容

- **目的①**
ケーブル外傷事故時に発生位置の早期検出方法を開発。国内多端子で約480km※のケーブル長を想定。光ファイバを用いたOTDRによる測定法を用い、従来の検出距離(100km程度)に対して、倍以上を目指す。
- **目的②**
上記に加え、ケーブルの外傷及びケーブル内部の絶縁破壊故障の発生位置の早期検出方法を開発。光ファイバを用いた振動検出法(DAS)を用い、従来の検出距離(100km程度)に対して、2倍以上を目指す。

実施内容		詳細内容 (光ファイバを用いた長距離監視方法の開発)
1	技術調査	海底ケーブル事故要因及び長距離事故点標定の技術調査
2	光ファイバーの損失低減検討	・ 光ファイバの損失低減方法として、低ロス波長、低ロス光ファイバ (G.654)を活用した長延化検討・評価
3	長距離光ファイバーに対する監視方法検討	・ 高性能OTDRやコヒーレントOTDRなど、各種検出方法を用いた場合の監視距離限界の検討・評価 ・ 光増幅器を用いた場合の監視距離の長延化検討・評価(コヒーレントOTDRおよびDAS)
4	電力ケーブルへの複合方法の検討	・ センシング用光ファイバや光増幅器の電力ケーブルへの複合方法の検討 ・ センシング用光ファイバケーブルや光増幅器の複合仕様の検討
5	電力ケーブルの試作	・ 事故点標定に適した光ファイバのケーブル複合方法の検討・試作
6	事故点標定模擬検証	・ 長尺の光ファイバ単独(リール)での要素技術検証(コヒーレントOTDRおよびDAS) ・ 試作電力ケーブルを用いた事故点標定模擬検証(コヒーレントOTDRおよびDAS)

※「資料1-2 東地域の広域連系系統に係る計画策定プロセス
ー北海道本州間連系設備（日本海ルート）に係る基本要件ほかー」より

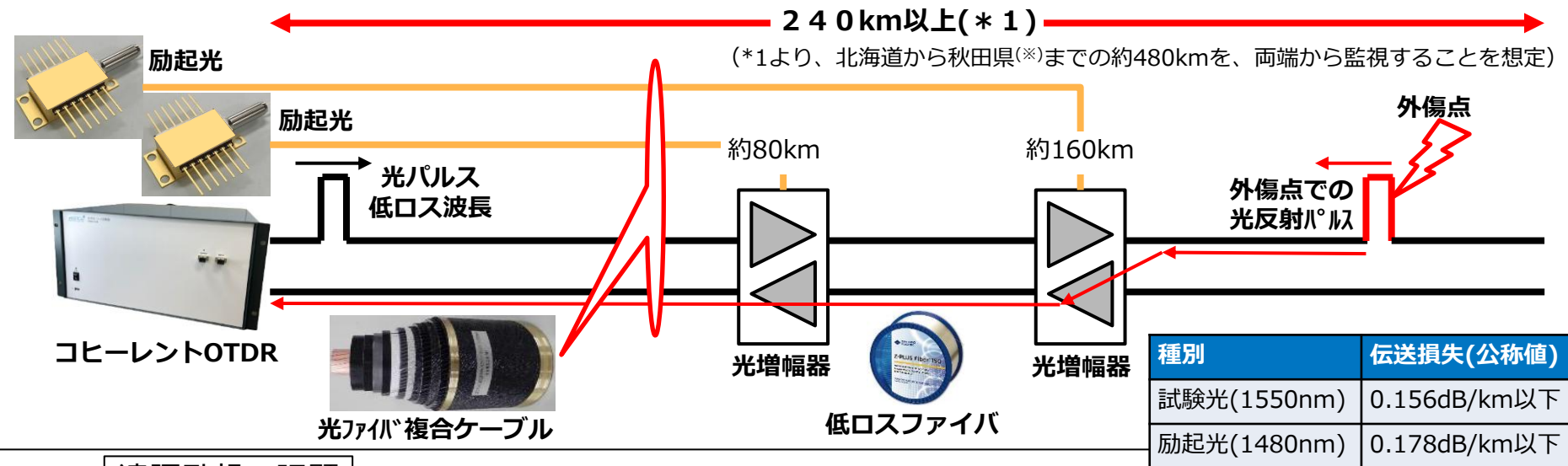
長距離光ファイバーに対する監視方法検討

コヒーレントOTDRと光増幅器を用いた長延化方法の検討

海底光ケーブル等の従来法では、光増幅器内に励起用レーザと電源を内蔵しているが、電力ケーブルに複合するためにはサージ対策等の課題がある。そのため、**遠隔励起方法**を主体的に検討中。

光増幅器を用いた監視イメージ（案）

※1「資料1-2 東地域の広域連系系統に係る計画策定プロセス
－北海道本州間連系設備（日本海ルート）に係る基本要件ほか－」より



遠隔励起の課題

① 励起光の伝送損失対策

1段目：市販レーザにより対応可能

2段目：励起光の160km伝送損失(28.5dB)と接続ロスを含めた減衰への対応策が必要

② 微弱励起光に対する高効率な光増幅対応

試験光80kmの伝送損失(12.5dB)と接続ロスを補うため10dB以上の増幅が必要

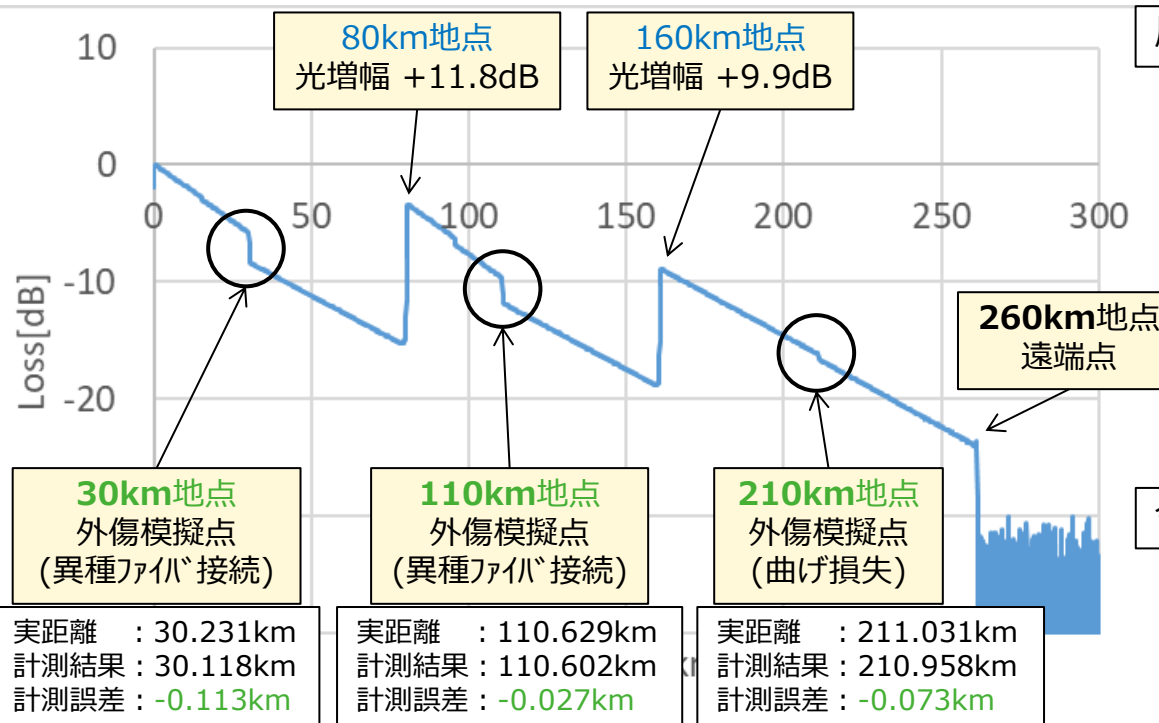
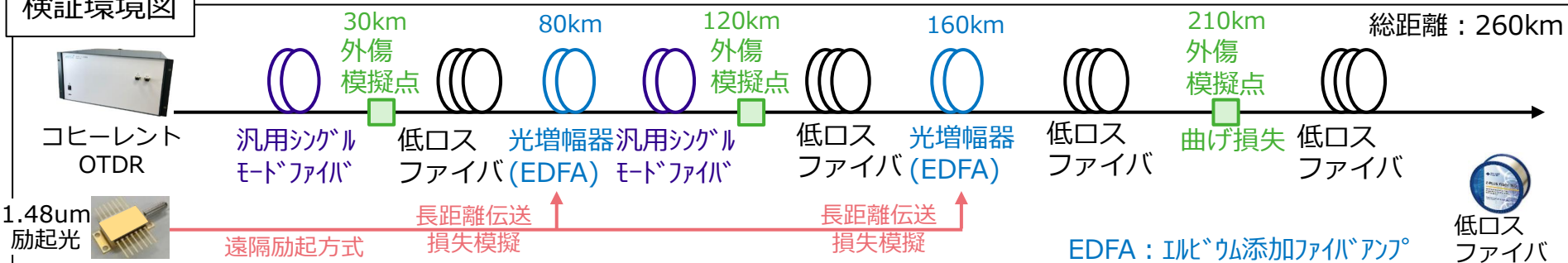
課題解決のための検討事項

- ・ 励起光増強のためのレーザ検討
- ・ 伝送ロス低減の検討
- ・ より低出力な励起光で光増幅が可能な遠隔励起用EDFの検討

低ロスファイバと光増幅器による長距離監視

低ロスファイバと従来型の光増幅方法を用いて、260kmまでの監視距離長延化の原理検証を実施。外傷を模擬したファイバロスが発生させ、光増幅後も発生位置が検知できる事を確認。

検証環境図



原理検証内容

- 低ロスファイバと光増幅器を用いた監視距離の長延化を評価。外傷による光ロスを模擬し、**光増幅後もロス発生位置の検出ができる**事を確認。
- 30kmと110km**にファイバ接続点によるロス、**210km**に0.4dBの曲げ損失を挿入。0.4dB程度のロスでも検出可能。**位置検出精度は、概ねOTDRの距離分解能程度の結果。**

今後の予定

- 遠隔励起の条件出し
- DAS(分散型音響センシング)方式による長延化。外傷や絶縁破壊を振動で模擬した事故点の検出評価

実距離：高精度OTDRによってファイバポピン単位に計測した結果の積算による

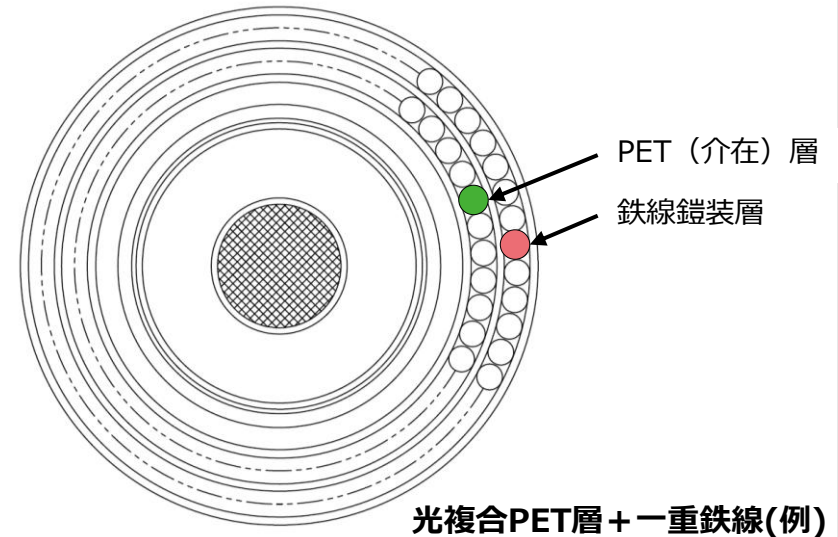
光ケーブルの電力ケーブルへの複合方法の検討と試作

光ケーブルを複合した電力ケーブルを用いて、事故点標定模擬の検証を実施

電力ケーブルへの光ケーブルの複合位置候補

電力ケーブルへ光ケーブルを複合する位置は、次の2箇所を候補とする。

1. 外傷による光伝送損失の位置検出を目的とするため、外装に近い鉄線鎧装層に複合
2. 外傷および内部破壊による振動検知を目的とするため、導体に近いPET（介在）層に複合



試作電力ケーブルを用いた事故点標定模擬の検証項目検討

下記3項目について、実施を検討中

- ・ 損失変動評価試験
- ・ 振動検知評価試験
- ・ 近接振動評価試験

光ケーブルによる長距離監視技術開発で社会実装に目処

まとめ

- **長距離ケーブル監視技術開発、大水深砕石投入装置開発をはじめ各開発項目とも、25年度開発完了に向けた開発が順調に進行中。**
- **今後は、新設される海底連系線への社会実装を見据え、事業実施主体の実施案への提案を行う。**