

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.A1-1-03

風力発電等技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／洋上風力発電
低コスト施工技術開発

ウォータージェット式海底ケーブル埋設機施工技術実証

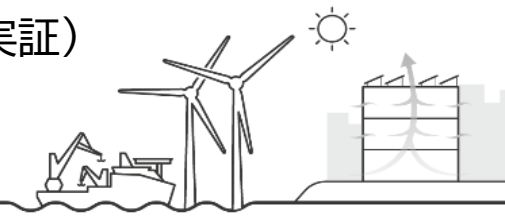
発表： 2026年7月21日

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 : 東洋建設（株）鈴木 達典

*団体名 : 東洋建設（株）、（株）関海事工業所

問い合わせ先：東洋建設（株） [https://www.toyo-const.co.jp/contact/offshore-wind -](https://www.toyo-const.co.jp/contact/offshore-wind-)
（株）関海事工業所 <https://www.sekikaiji.co.jp/contact/->

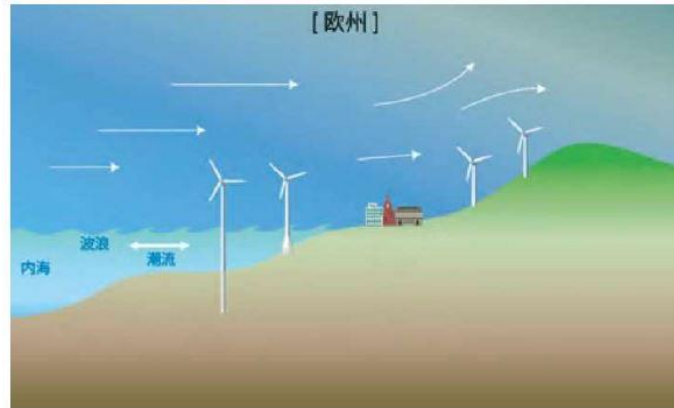


事業の背景・目的

自然条件の違い

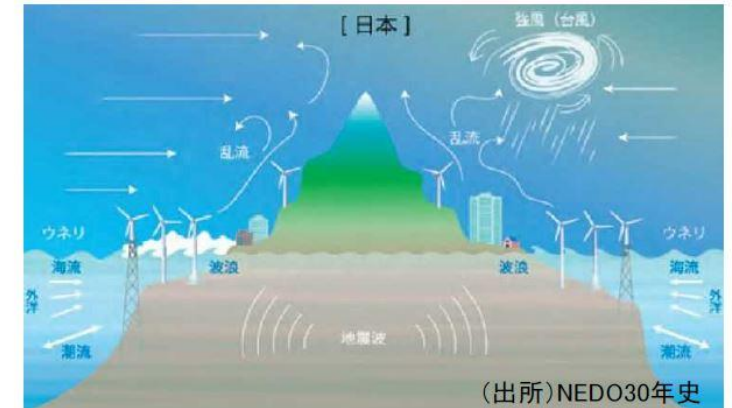
欧州と比較して
日本の海底地盤は複雑

欧州（北海）（イメージ）



- 通年で吹く偏西風により安定して強い風が吹く
- 平均風速が大きい
- ハリケーンの襲来は極めて稀
- 地震の発生がない
- 大規模な雷の発生は比較的少ない
- 傾斜が緩やかで遠浅な海底地形
- 単調な海底地盤

日本（イメージ）



（出所）NEDO30年史

- 季節風の影響で風速・風向が変化する
- 平均風速が小さい
- 台風が多発し、突風や高波が発生
- 多発する大規模な地震
- 高い破壊力を有する冬季雷が発生
- 遠浅な海岸線が少なく、急峻な海底地形
- 複雑な海底地盤

我が国沿岸域への洋上風力発電設備の設置には、
欧州とは異なる気象等条件を踏まえた対応や技術開発が必要

出典：2050年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方に関する検討会（第1回）



事業の背景・目的

海底ケーブルのリスク

- ・英国での海底ケーブルの故障状況を見ると敷設の割合が46%
- ・不十分なケーブル埋設作業も一因

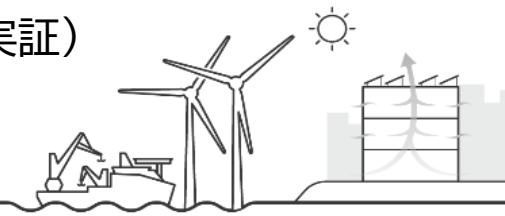
■海底ケーブルに関する事故原因

設計起因	製造起因	敷設	外力
15%	31%	46%	8%

フェーズ	割合	故障要因
敷設	46%	・ <u>必要なスペックを外れた機材による敷設作業と不十分なケーブル埋設作業</u> ・ ケーブルと構成部品の不適切な組み合わせによる作業不具合（コネクタ接続作業など） ・ 敷設作業の不具合によって発生した欠陥は、その時点では検知されず、製造欠陥と同じく、隠れた瑕疵となり、運転期間中に故障として顕在化する可能性がある。

出典：損保ジャパン；洋上風力発電の海底ケーブルとリスクマネジメント





事業の背景・目的

事業の目的

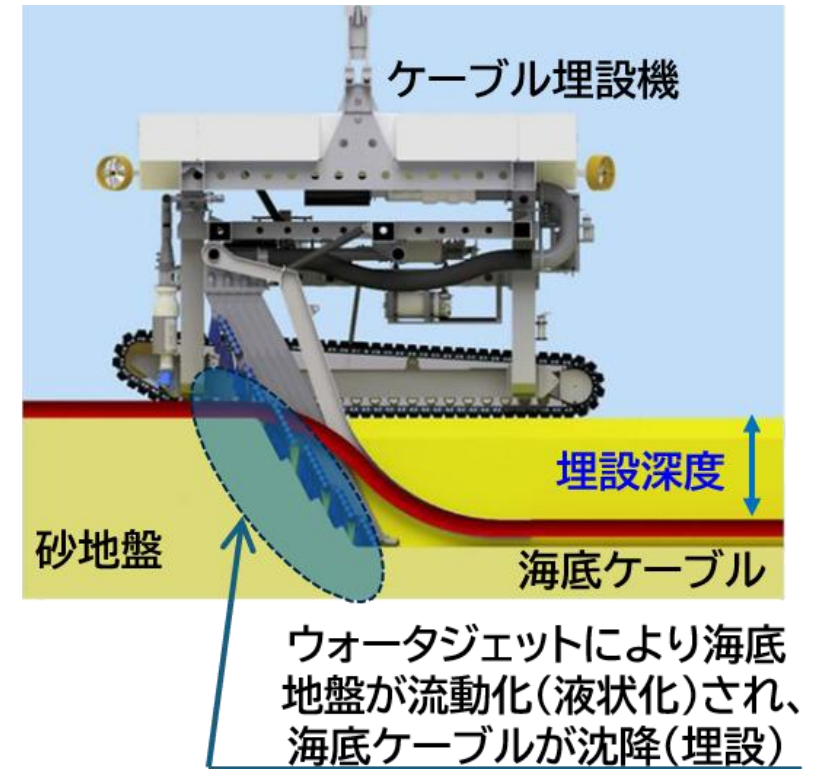
従来の国内ケーブル埋設工事では、地盤に対応する予測方法がなく、これがリスクの一因となっている。



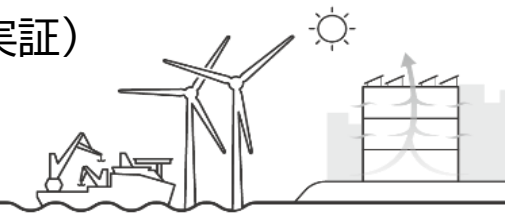
室内実験により埋設メカニズムを分析し、ケーブル埋設能力の予測方法を立案する。



予測方法を実海域で検証し、施工の効率化・コスト削減を目指す。



WJケーブル埋設のイメージ図



事業の概要

事業の概要

概要：

ケーブル埋設施工の主要な工法の一つであるウォータージェット埋設工法について、当該実証実験において、砂地盤での施工性を技術的な観点から検証し、地盤条件の適応性を検証し、ケーブル埋設技術の確立を図る。

期間：2023年12月25日 ～ 2026年3月31日

補助率：1／2

提案者：東洋建設(株)、(株)関海事工業所(※～2025年3月31日まで)



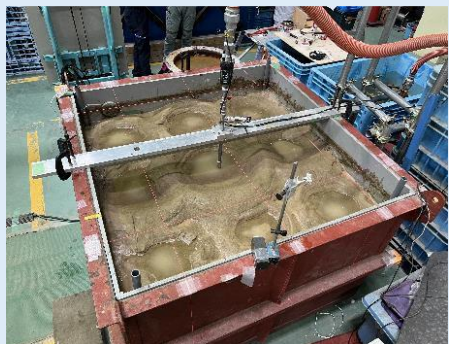
事業スケジュール

2023年度

ウォータージェット埋設機
技術調査
・埋設機調査
・メーカーヒアリング

2024年度

小型土槽実験



小スケールでの
定量的評価

大型土槽実験



中間スケールでの
定量的評価の検証

海域へ
の展開

2025年度

実海域実験



実スケールでの
定量的評価の検証

役割分担

■:共同
■:東洋
■:関海事

実海域実験の計画立案

・実施計画検討 ・計測計画準備

ウォータージェット埋設機施工検討

・モデル工事による施工検討
・課題と改善点の抽出

モデル
工事

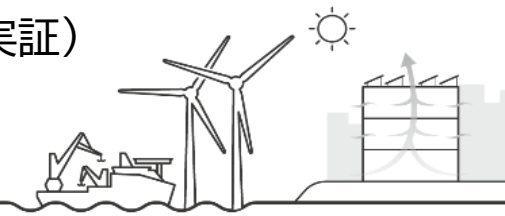
埋設工事コスト
検討

・工程、コスト試算

ケーブル埋設リスクアセスメント

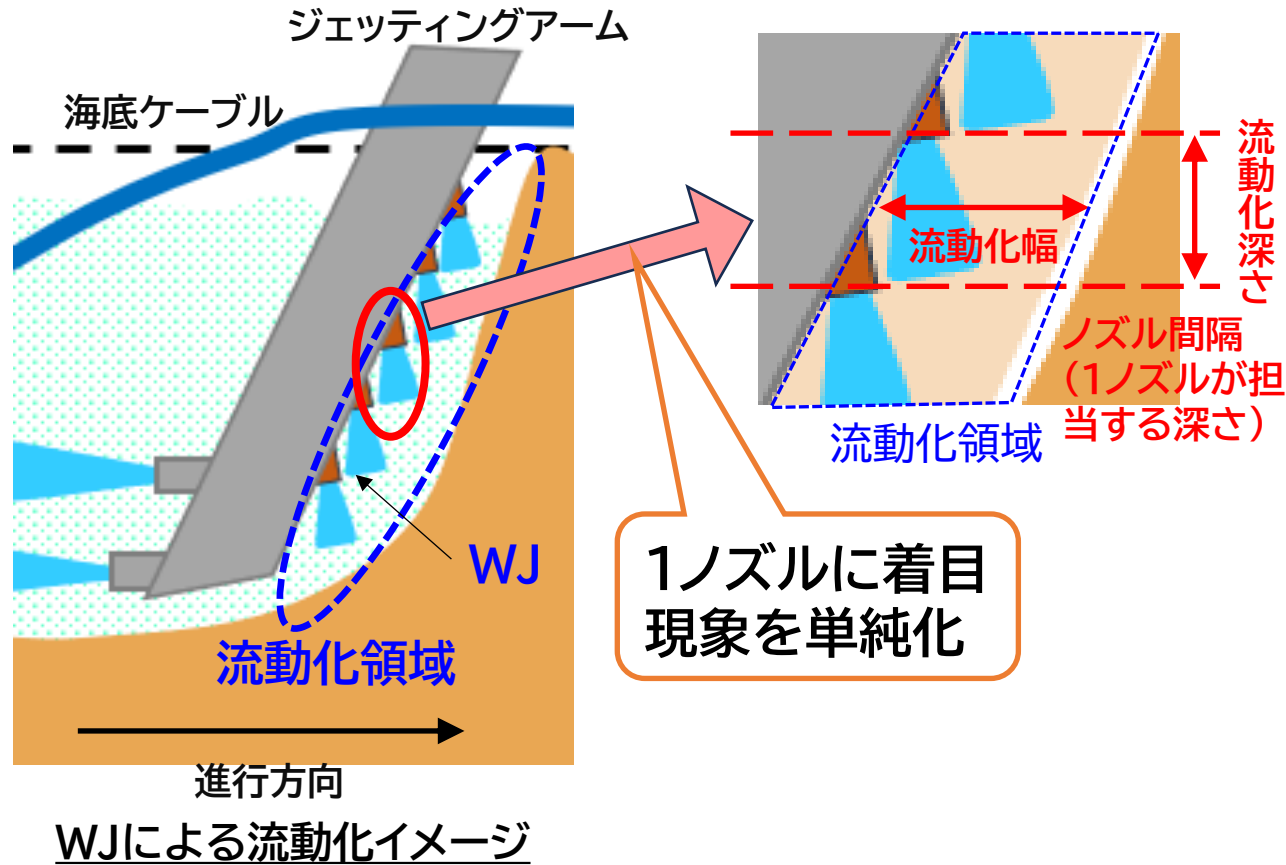
埋設工事
コスト検討
(再評価)

委員会(進捗や成果の評価)



実施内容(検討)

検討方針・フロー



目標

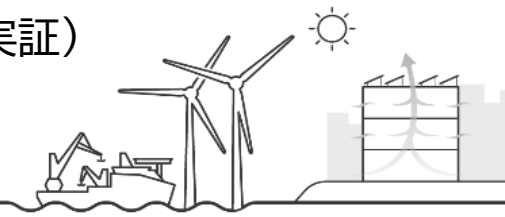
ケーブル埋設工事の低コスト化

コスト影響要因

埋設機の施工能力：
埋設作業に要する施工時間
→ ・埋設機の移動速度
・パス回数(1パスあたり埋設深さ)

施工条件と 埋設施工能力の把握

- ・地盤条件(地盤のかたさ)
- ・施工機械条件(WJ能力)

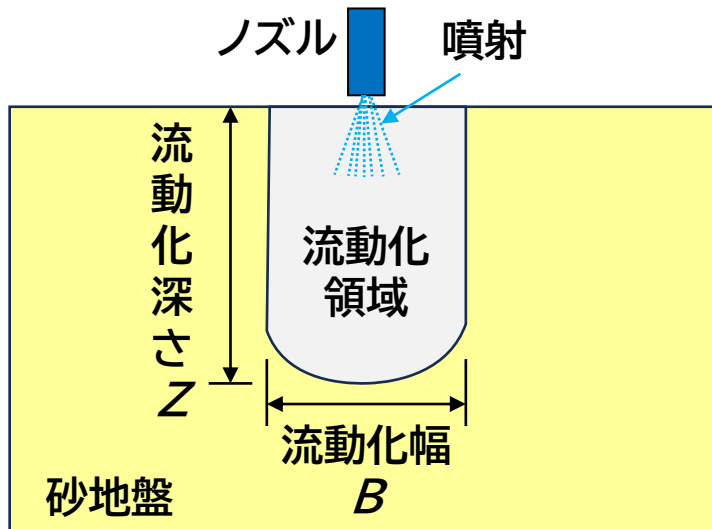


実施内容(検討)

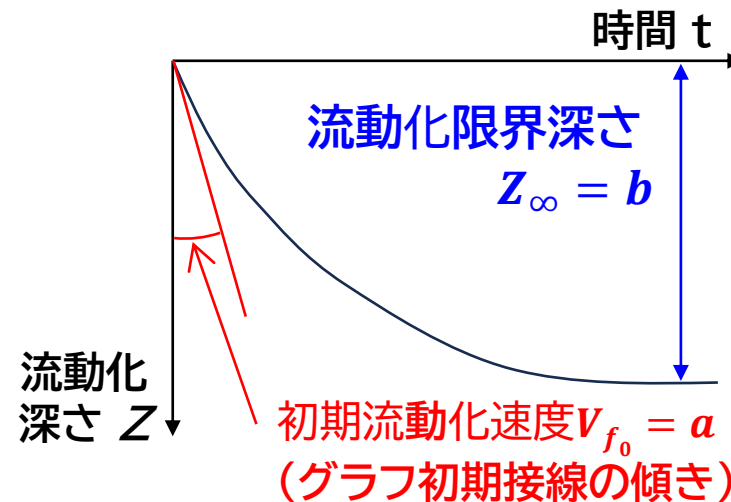
流動化メカニズム(既往文献参照※)

ウォータージェットによる砂地盤の流動化領域(流動化の拡大現象)を室内実験にて検討

室内実験から流動化深さ $Z(t)$ の関係式を算出
(a =初期流動化速度 v_{f0} 、 b =流動化限界深さ Z_{∞})



実験イメージ



流動化深さ $Z(t)$

$$Z(t) = \frac{at}{1 + \frac{a}{b}t}$$

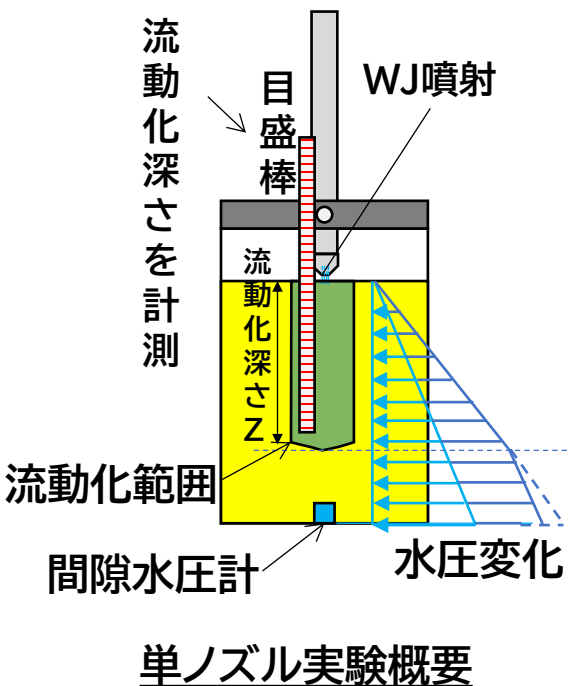
- Z : 地盤内における流動化深さ(m)
- t : WJを噴射し始めてからの経過時間(sec)
- a : 初期流動化速度 v_{f0} (m/s)
- b : 流動化限界深さ Z_{∞} (m)

※「ウォータージェット・多段鋤併用式海底ケーブル埋設機の開発に関わる基礎研究」
(建山和由ら, 2000年)



実施内容(小型土槽実験)

小型単ノズル実験

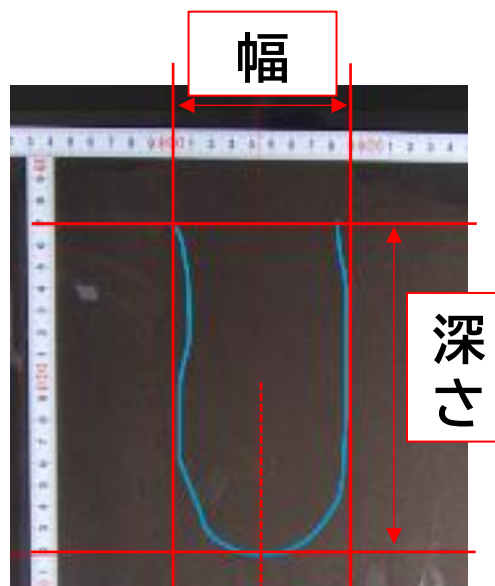


実験ケース(パラメータ)

- ・地盤条件(地盤のかたさ)
- ・施工機械条件(WJ能力:噴射流量)

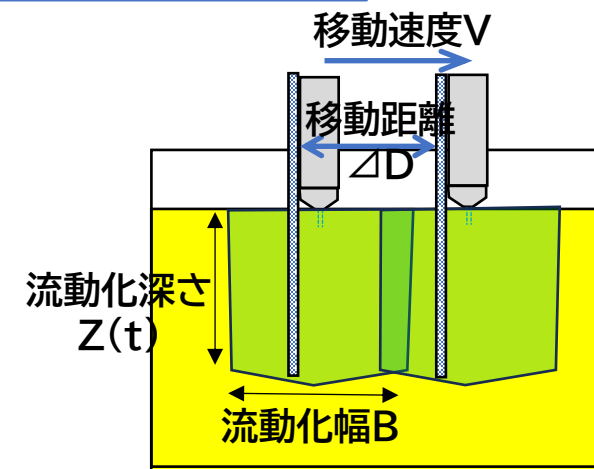


小型土槽実験全景



可視化実験

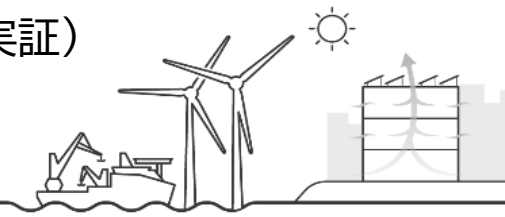
小型単ノズル移動実験



移動実験概要図



移動実験装置



実施内容(大型土槽実験)

大型移動実験調査

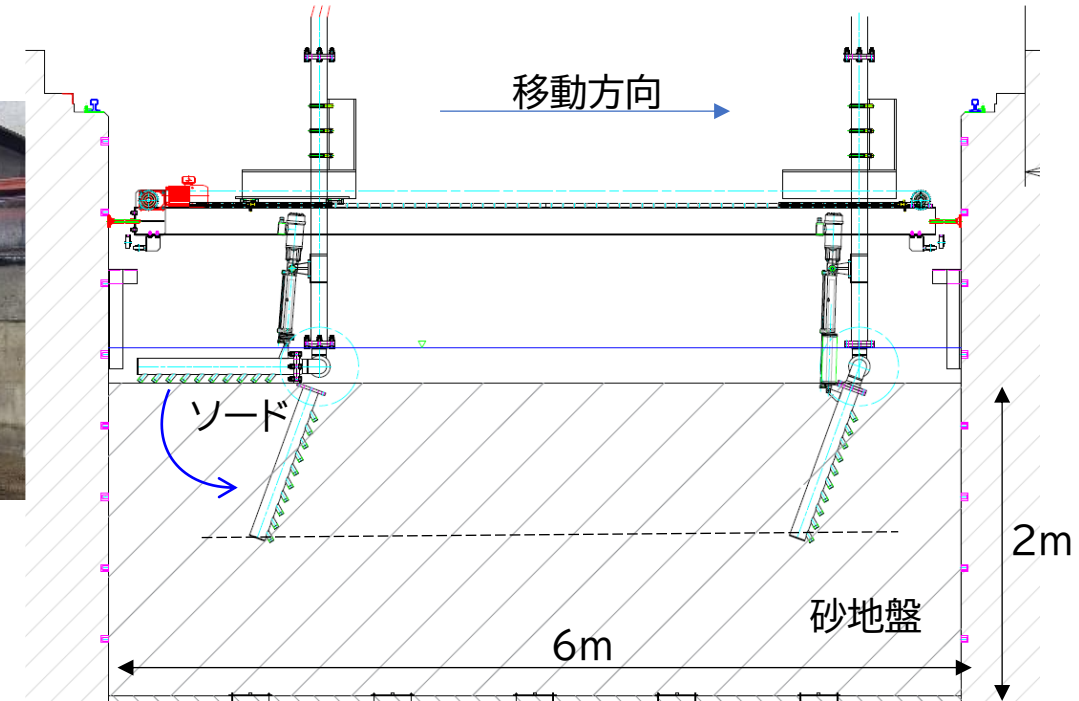
小型土槽での移動実験から、大型土槽およびWJ性能を拡大して埋設施工能力予測式の妥当性を検証



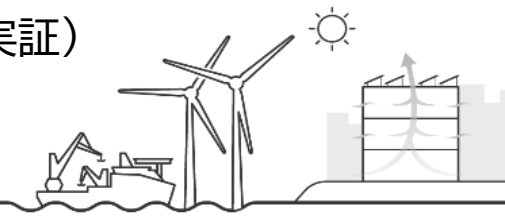
大型土槽実験全景



ジェツティングソード



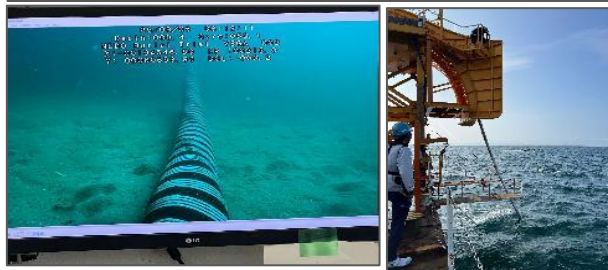
実験概要図



実施内容(実海域実験)

実海域実験

実海域にて国内の既存ケーブル埋設機を使用して、室内実験で得られたケーブル埋設能力予測値と実測値を比較・検証した。



ケーブル敷設

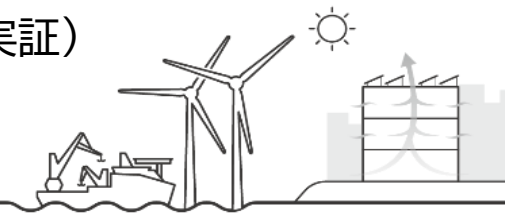


ケーブル埋設

出来形計測



ケーブル揚収



実施内容(実海域実験)

ケーブルルート調査

埋設リスクとなる要素(要素の一部として、地盤情報が含まれる)を把握することにより、

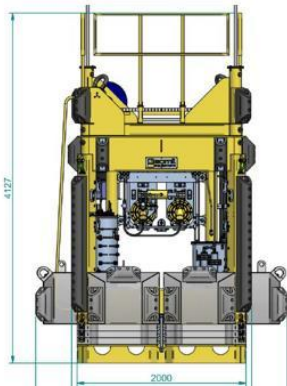
(1) ケーブル保護方法の適正評価

→ ケーブル損傷リスク低減だけでなく、過剰な埋設量を最適化しコスト低減を実現する。

(2) 埋設方法・能力の事前評価

→ 全体工期やコストの把握ができるため、発電事業者においても事業リスクの低減が図れる。

欧州では一般的に普及している着座型簡易CPT機は、国内事業でも必要となるので、本事業の海底地盤調査に導入し、その使用性や経済性を確認した。



着座型CPT機



作業状況

実施内容(リスクアセスメント)

ケーブル埋設リスクアセスメント

HAZID(Hazard Identification):

プロジェクト全体の「潜在的な危険」やリスクを多職種で洗い出す、
ワークショップ形式の手法

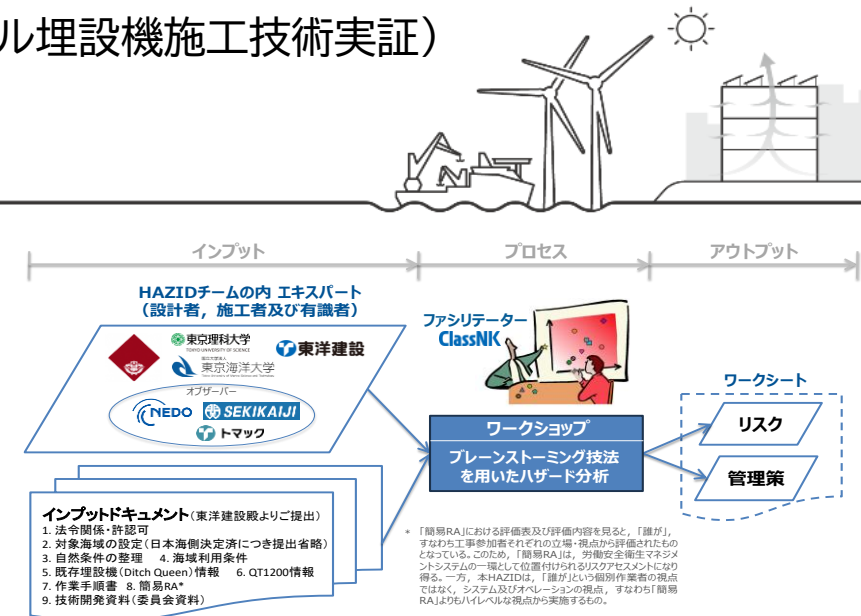
設計・施工・運転・保守などライフサイクル全般や広範囲のリスクが対象

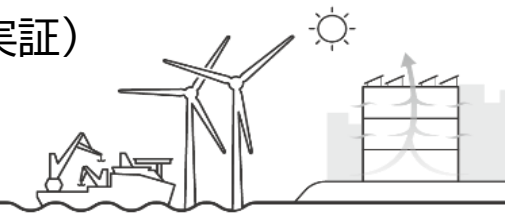
CBRA (Cable Burial Risk Assessment):

洋上風力等での「海底ケーブル埋設工事」に特化したリスク評価

ケーブル埋設深度、海底地質、第三者干渉(船舶・漁業・アンカーなど)に関連するリスクを詳細分析

HAZIDおよびCBRAも実施するにはコストは発生するが、それ以上に洋上風力発電プロジェクト
全体の重大事故の未然防止およびコスト削減・安全向上につながる。



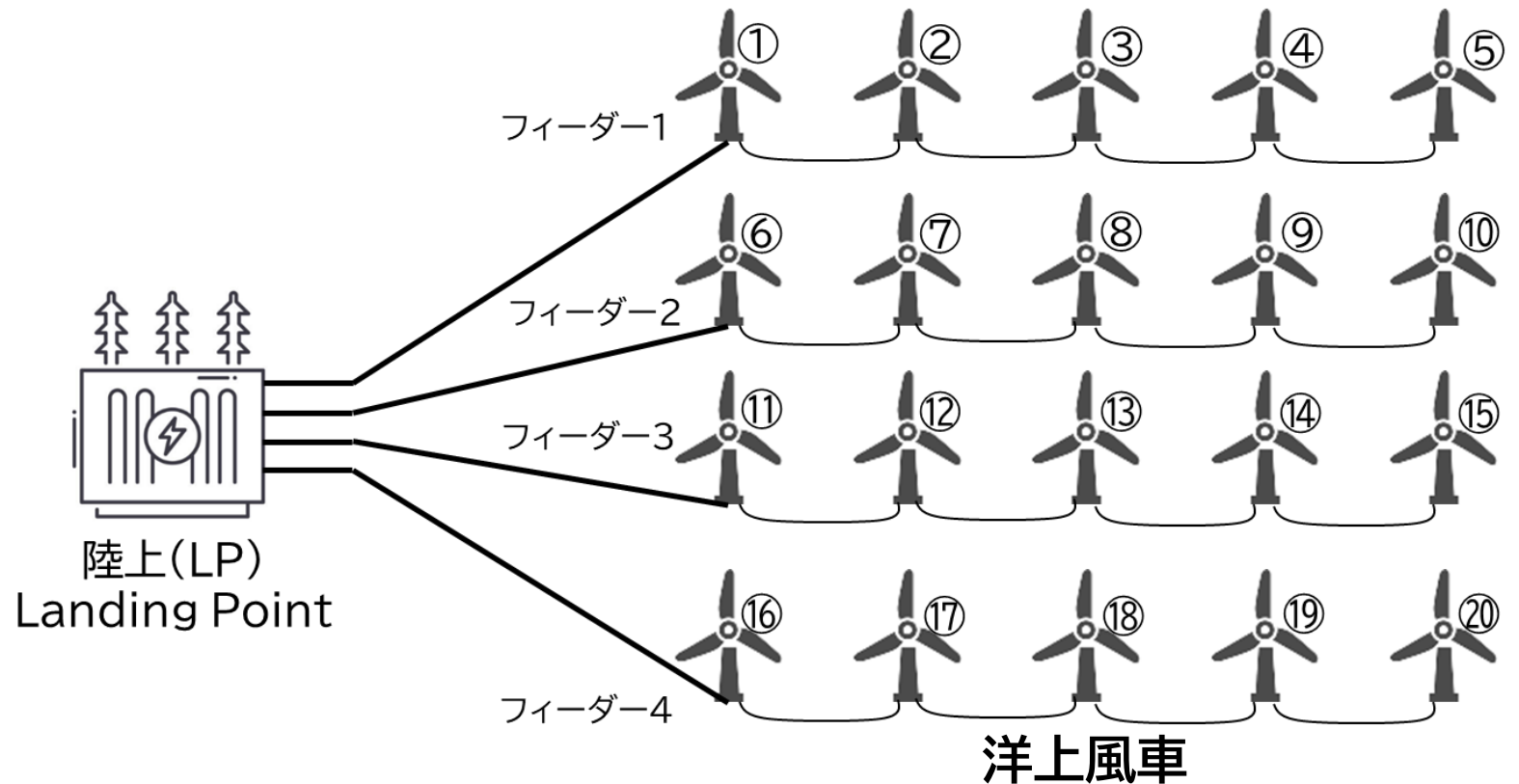


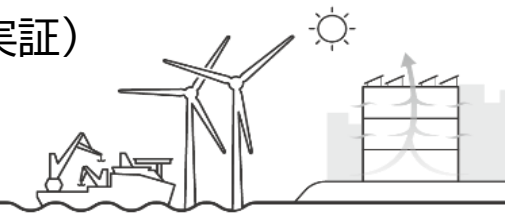
実施内容(コスト検討)

モデル工事の設定

ケーブル埋設モデル工事の定義

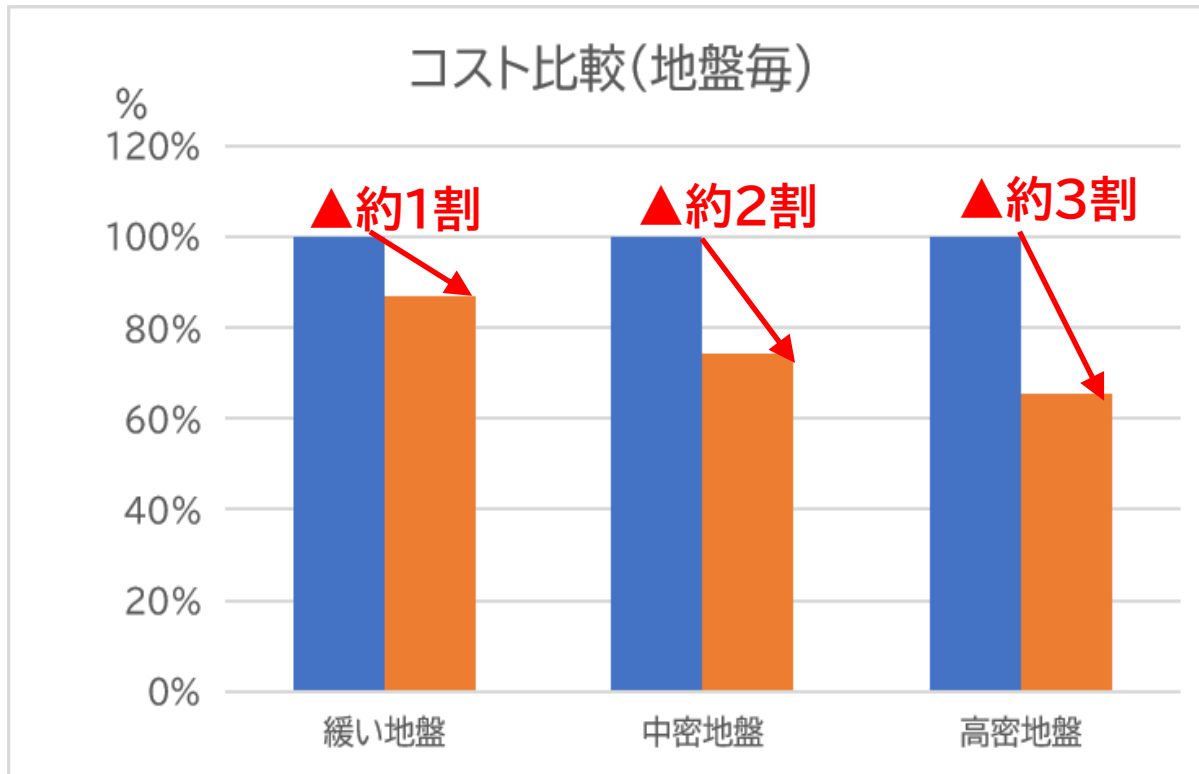
- ・風車20基
- ・4連系
- ・1連系に風車5基
- ・埋設長は総距離約60km
(インターアレイ約1km、
エクスポート約10km)
- ・埋設深度1.5m
- ・海底質は一様な砂





実施内容(コスト検討)

コスト比較

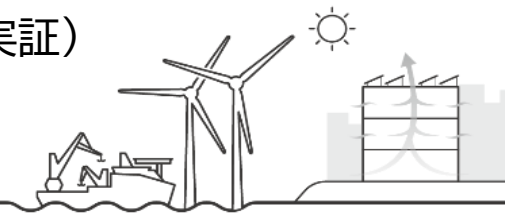


本事業で構築した埋設能力予測方法を用いて、既存ケーブル埋設機と高圧噴射対応の埋設機の埋設施工能力をモデル地盤条件ごとに算出し、施工コストを比較した。

既存機と高圧噴射対応機の施工コストを比較すると、1～3割程度の削減を見込むことができた。



研究成果・今後の課題

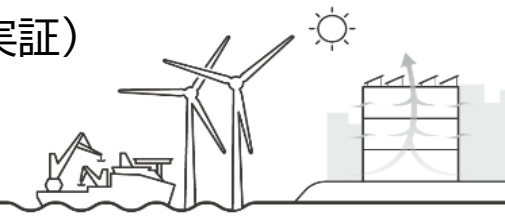


◇研究成果◇

- ・ジェット噴射に伴う砂地盤の流動化現象の把握した。
- ・室内土槽および実海域での砂地盤の埋設機予測移動速度を検証した。
- ・国内の既存ケーブル埋設機から高圧噴射対応の埋設機にすることで施工コストを1～3割程度の削減を見込むことができた。

◆今後の課題◆

本事業は比較的に単純な砂地盤を対象とした埋設能力予測であるため、国内特有の複雑な地盤においては対応することは難しい。今後は礫質地盤などに対応した埋設能力予測を検証し、複雑な地盤に対応した予測方法の確立が必要である。



最後に

現在製作している高圧噴射対応のウォータージェット式海底ケーブル埋設機を、今後計画されているプロジェクトのケーブル埋設工事に導入する予定である。

また、ケーブル敷設船が2026年度中に就航する予定であり、洋上風力発電事業への貢献を目指して準備を進めている。



海底ケーブル埋設機の製作(イメージ)



ケーブル敷設船の建造(進水後)