SUMITOMO ELECTRIC

第2回 直流送電検討会 資料

直流海底送電への取り組みご紹介

住友電気工業株式会社
2021年 4月 30日

SUMITOMO ELECTRIC GROUP

目　次

１．当社のご紹介

２．世界トップレベルの直流技術

３．国内外実績

４．敷設技術と施工技術

５．ルート調査／設計

コーポレートデータ

商号	住友電気工業株式会社
創業	1897年4月
資本金	99,737百万円
社長	井上 治
連結従業員数	283,910人
グループ会社	連結対象会社　416社（国内107社、海外309社）
業績	連結売上高　3兆1070億円 連結営業利益　1,272億円

（2020年3月末時点）

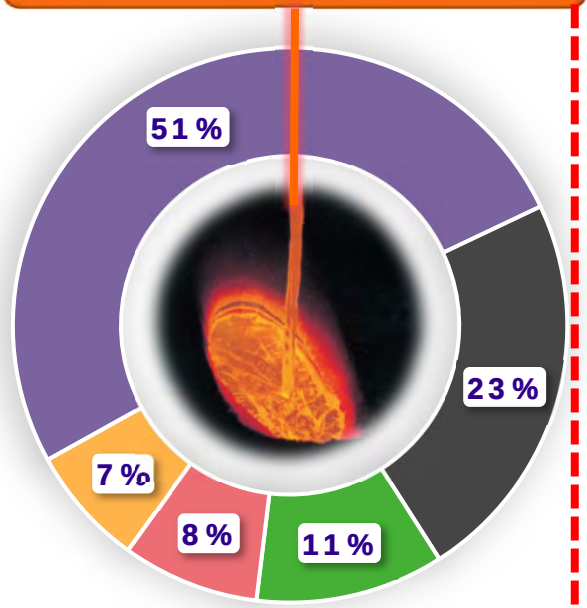
Business Segments

自動車部品事業

Automotive

- Wiring Harness
- Vibration-proof rubber
- Automotive hoses
- Car electrical equipment

Sumitomo Copper Business



環境・エネルギー

Electric Wire & Cable / Energy

- Electric wires & cables; Power transmission cables
- Power line engineering
- Superconductor
- Magnet wires
- Hybrid products

Engineering

- Powerline / Cable engineering
- Installation engineering
- Information systems

通信

Info-communications

- Optical fibers, and cables
- Optical devices
- Traffic control systems etc.

Electronics

- Electronic wire products
- Flexible printed circuits
- Semiconductors
- Electron-beam irradiated products

エレクトロニクス

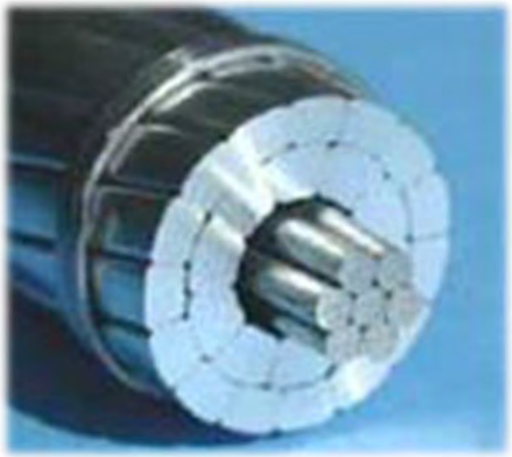
Industrial Materials

- Cutting tools
- Sintered parts
- Diamond tools
- Cemented carbide tools
- Special steel wires

産業素材

電線製品ラインナップ

架空線



山間部、都市郊外

地中ケーブル

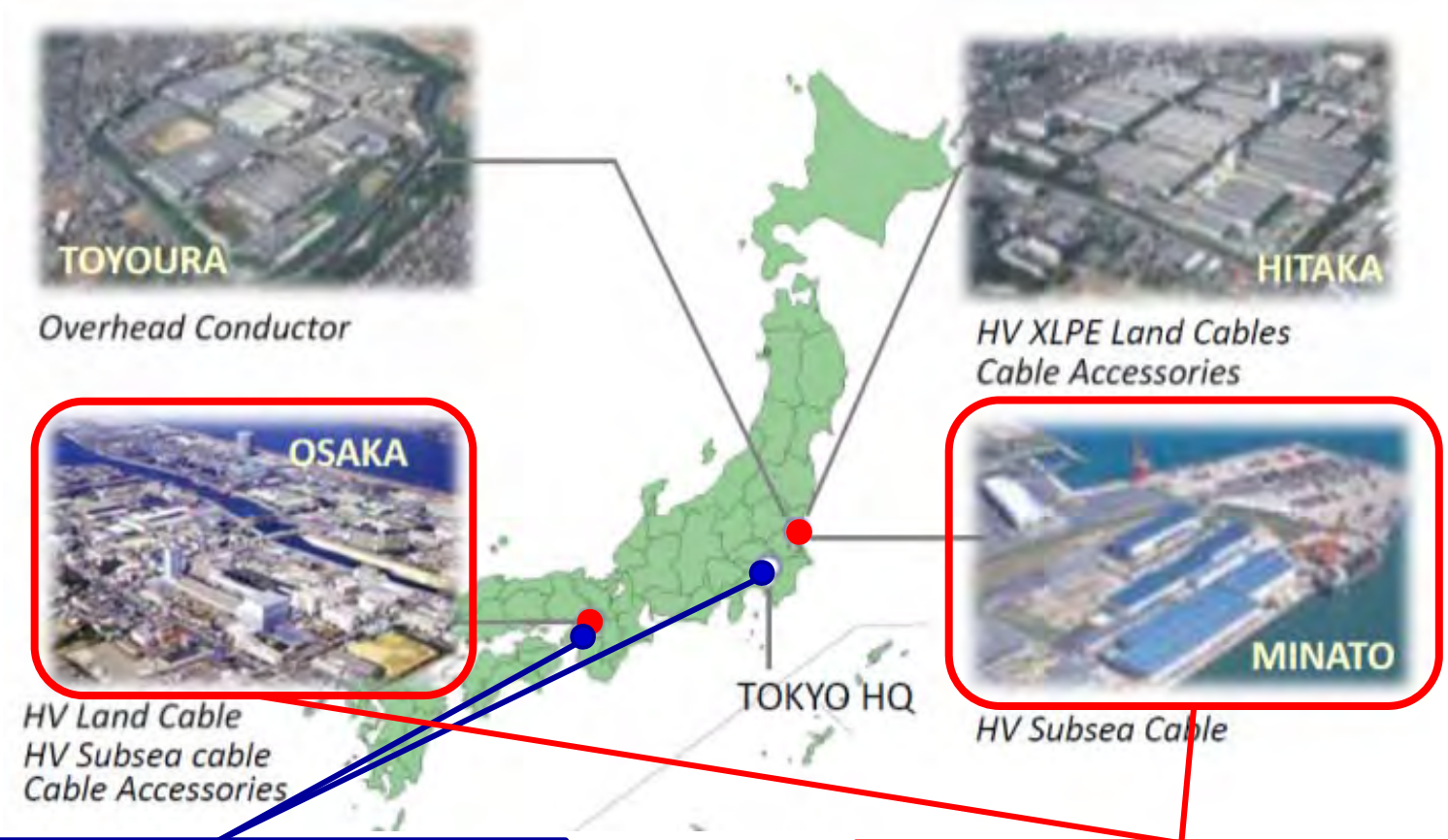
都市のトンネル／地中管路

海底ケーブル

海底（埋設）

国内唯一の総合電線メーカーとしてのトータルソリューション力

国内の製造／工事拠点



■工事センター2拠点
- 大阪と東京
- 特高ケーブル国内最大体制

■海底ケーブル製造2拠点
- 茨城(みなと)と大阪

差別化製品の直流ケーブルは、全て国内工場で製造。
大規模直流海底送電網の実現には、国内工場の投資/拡張も想定。

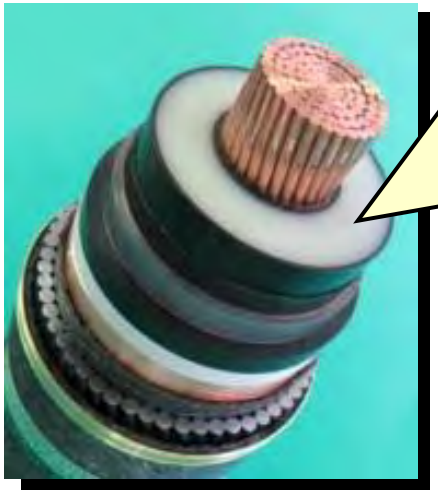
世界トップレベルの直流技術

直流ケーブルの種類

方式	特徴	長距離	大容量
外部給油式 OF	・紙巻油絶縁（加圧式） ・給油可能長～50km程度 ・～500kV （紀伊水道、北本Ⅰ期/Ⅱ期）	△	◎
無給油式 MI	・ｸﾗﾌﾄ紙に高粘度油含浸 ・導体許容55℃(容量制約) ・～500kV級 （欧州国際海底送電網）	◎	○
直流CV	**・500kV級まで性能向上** **・今後の主流**	◎	◎

当社はいずれも納入実績ある世界でも数少ないメーカー

直流CVケーブル開発状況

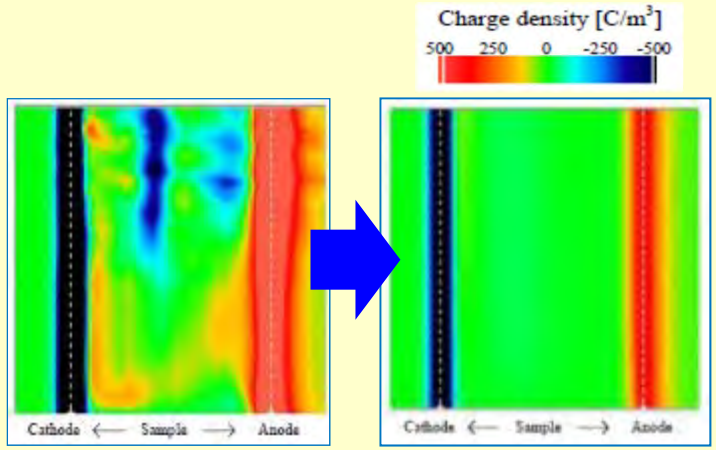


■無機材料を絶縁体に分散させ空間電荷蓄積を抑制し優れた直流特性実現

↓

特徴

- 極性反転も可能
  (LCC / 架空からの逆極性ｲﾝﾊﾟﾙｽ想定)
- 高負荷運用(90℃)

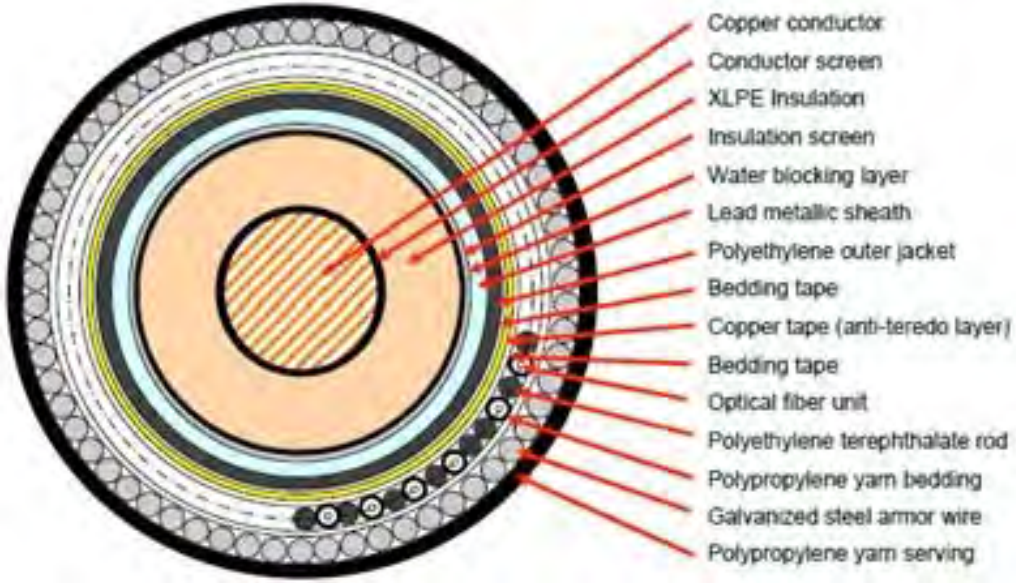


■業界最高クラスの電圧±525kV直流ＣＶケーブル

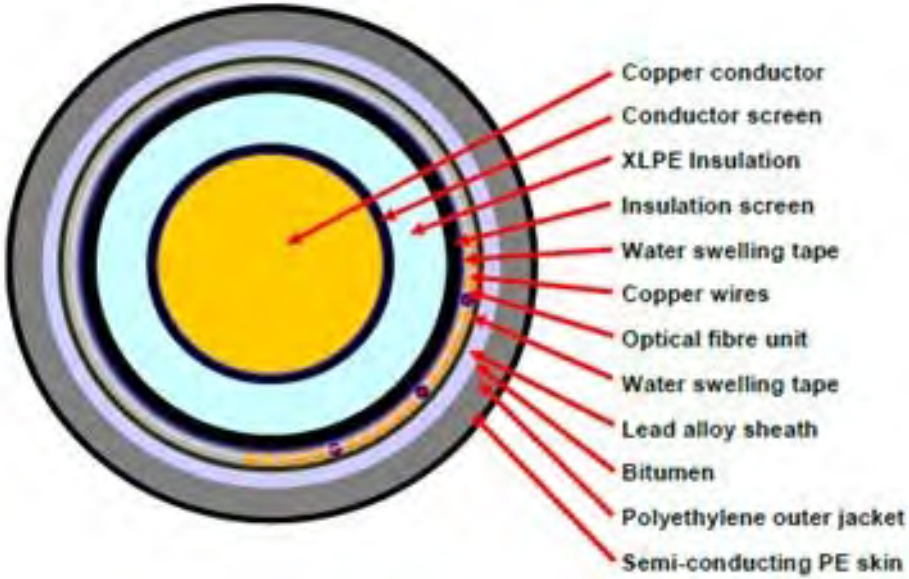
- 高圧直流送電システムと直流ガス絶縁開閉装置（DC GIS）を接続して行う世界初の型式試験に合格。
- ケーブルの残存試験において**640kVクラスの性能裕度**があることを極性反転試験で確認。
- 業界最先端の技術と実績で、ドイツ送電事業社Amprion社から300kmの±525kV直流送電ケーブルシステムを受注。

北本DC250kV／NEMO DC400kV／独南北線DC525kVで世界最高電圧を更新

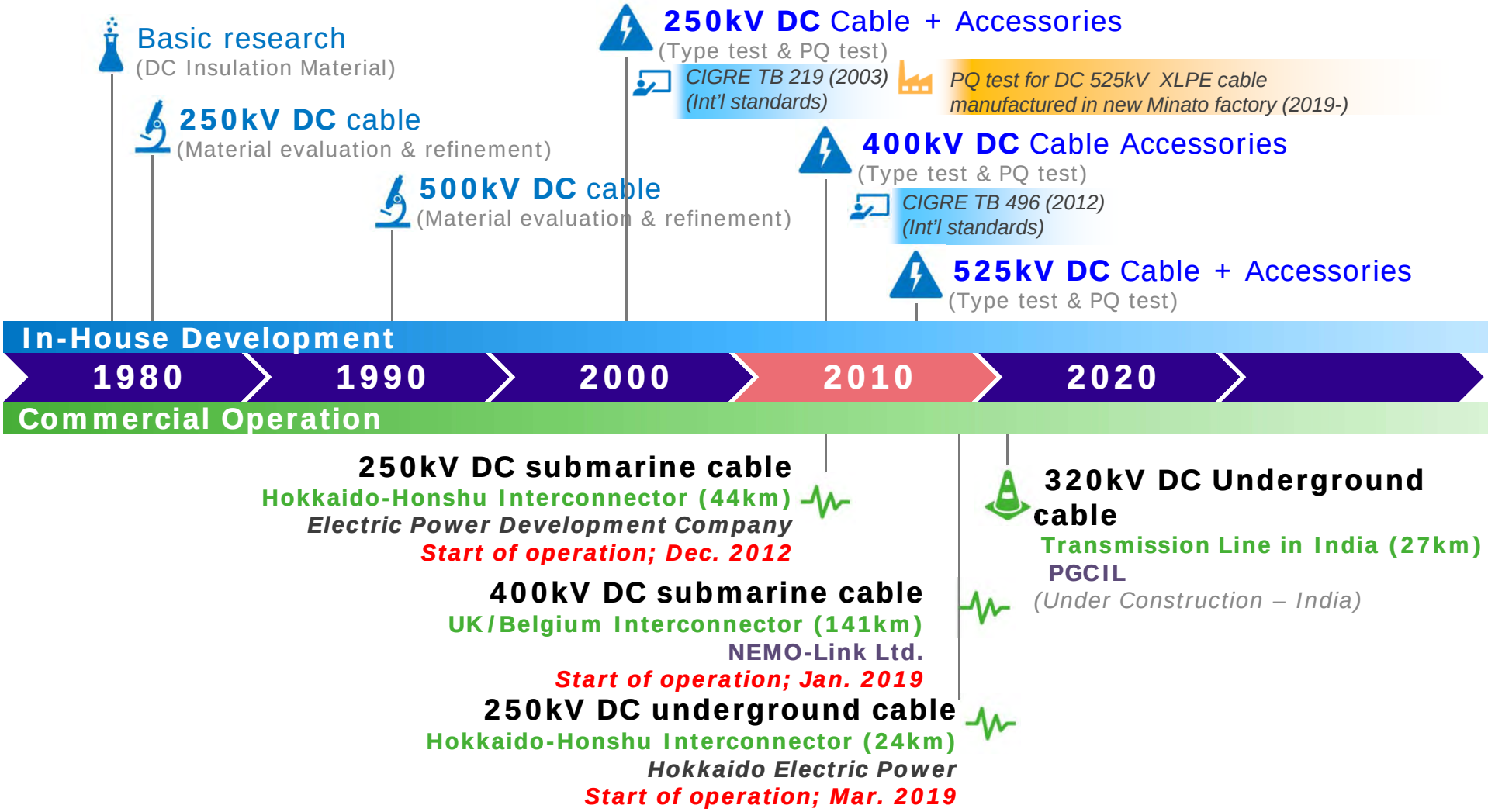
●海底ケーブル構造例



●陸上ケーブル構造例



直流CVケーブル開発の歴史



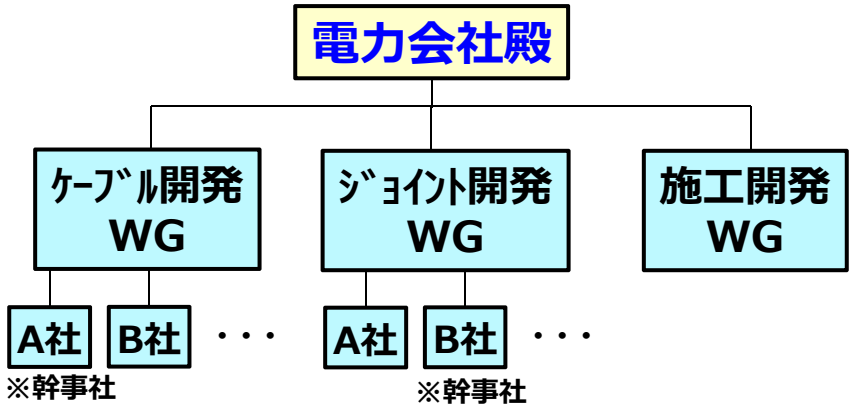
電源開発殿との長期間に及ぶ研究開発を経て北本(2012年)に適用。
更に高電圧大容量化開発を推進し525kV到達。

国内での海底ケーブル開発体制

当社主要実績

**国内の主要案件は当社もしくは
ＪＶ等にて実施**

開発ＷＧ体制例



**電力会社殿主導によりメーカー含む
開発(分担)体制を構築**

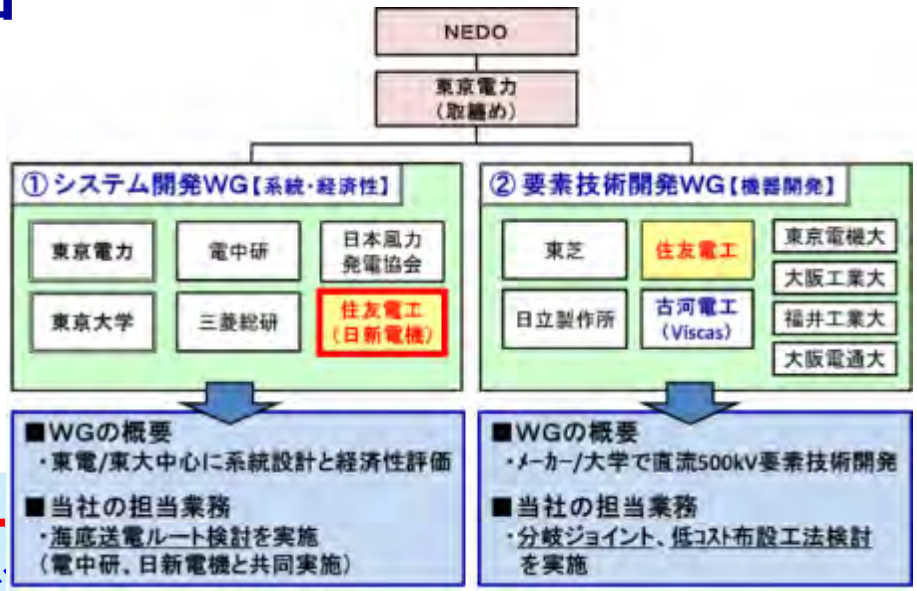
スケジュール例（紀伊水道）

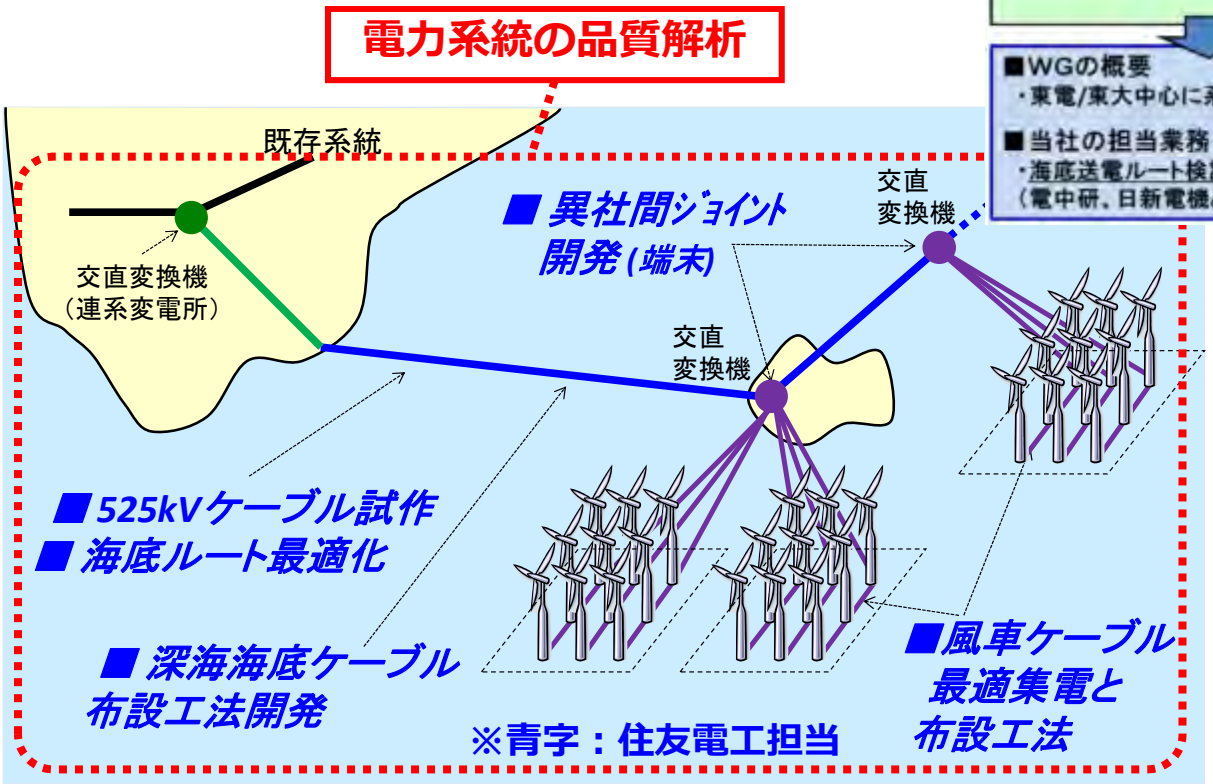
	93	94	95	96	97	98	99	00
開発	■	■	■	■				
投資				■	■			
製造					■	■		
敷設						■	■	
運開								■

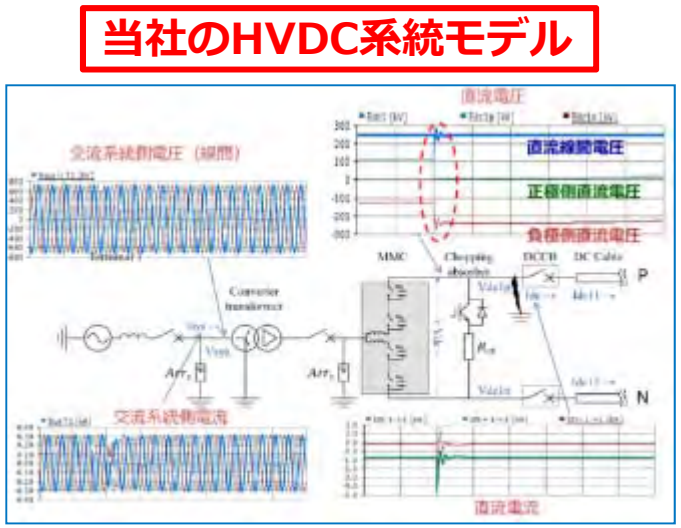
**従来の電力会社殿+メーカー共同開発/推進体制は、メーカーでは出来ない
運用踏まえた仕様確定はもちろん、高い信頼度の実現に必要不可欠。**

NEDO直流洋上開発事業への参画

- 来たるべき大型洋上風力導入拡大に向け、NEDOは多端子直流送電システム開発を立ち上げ。
- 当社も積極参画（システム／要素技術）

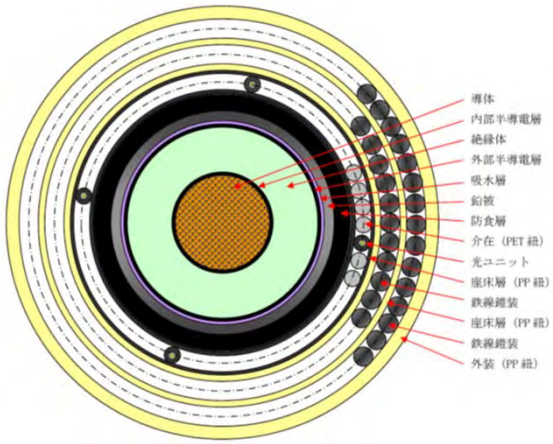






現在、後継の多用途多端子開発事業で深海ケーブル開発中

NEDO　試作DC500kV海底ケーブル

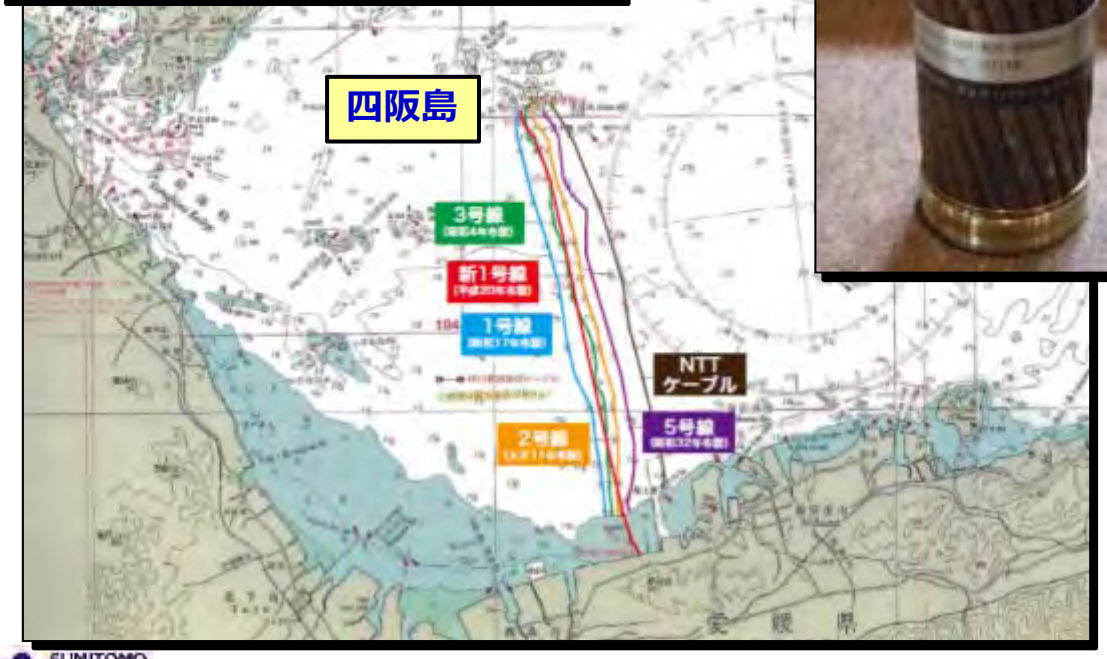


項　　目	内　　容
電圧	直流525kV
導体	水密キーストン1800mm^2
絶縁体	直流CV
鉛被	約4mm
PE防食層	約6mm
光複合層	あり
鉄線外装	2重鉄線、φ7mm
ケーブル外径	約185mm
概算重量	空中83kg/m、水中57kg/m

国内外実績

住友電工　海底ケーブル事業の歴史

・住友本店は別子銅山の煙害問題解決のため、新居浜から四阪島に製錬所移転を決断。
・大正11年､新居浜から四阪島まで11kV海底ケーブルを製造・敷設。
　距離約21kmは、サンフランシスコ6.7kmを抜いて当時世界最長。
・現在も昭和３２年に敷設した５号線が送電中。



海底ケーブルの納入実績

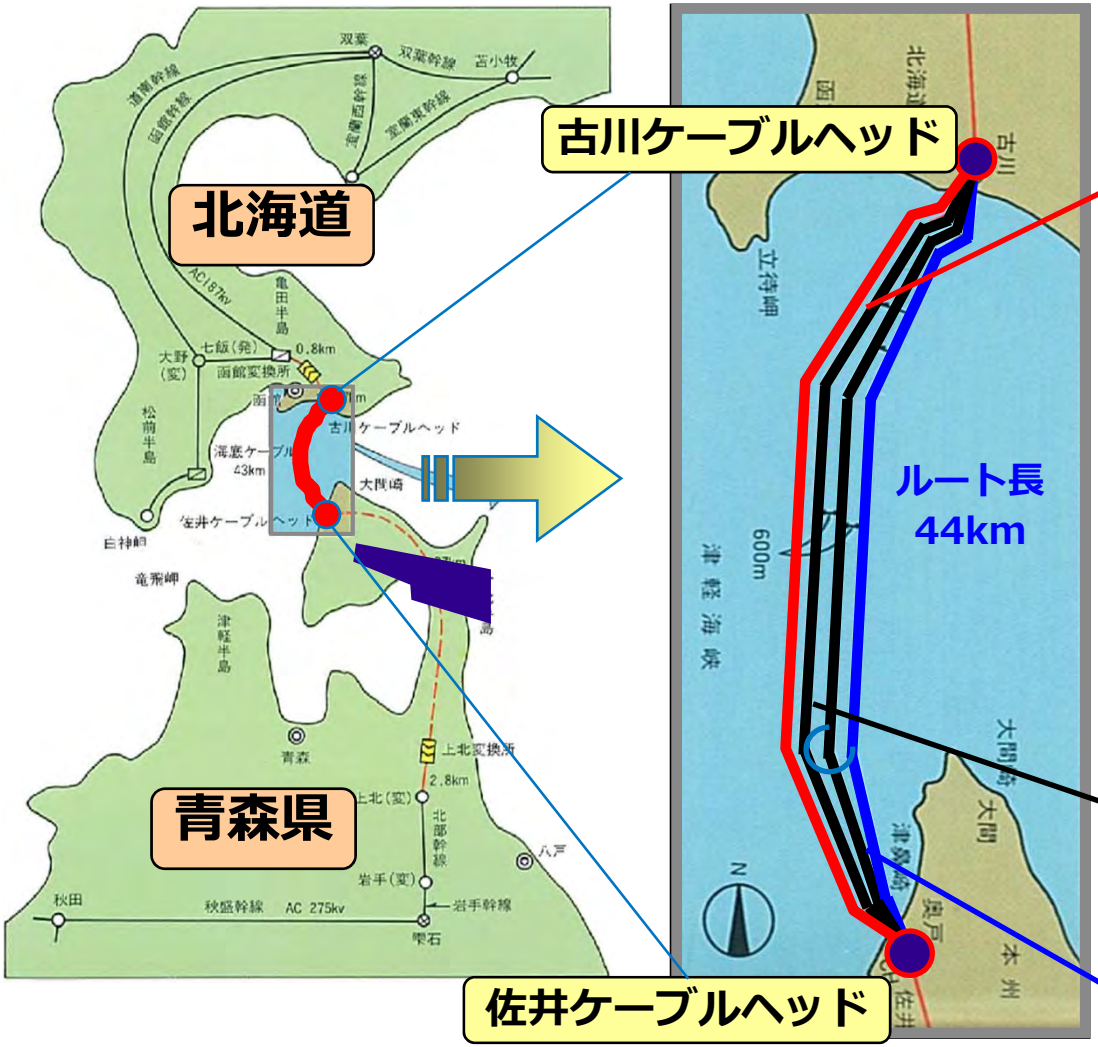
Over 6,000 km Supply Record

Low/middle/high voltage subsea cable

国内の海底ケーブルメーカーとして圧倒的な納入実績

北海道・本州間 連系設備（電源開発㈱殿納入）

[海底ケーブル布設ルート]



[ルート構成]

- ケーブル亘長　：約45ｋｍ
- 送電容量(双極)　：600MW

(新設)本線（250kV CV 600mm²)

⇒ 絶縁体：直流CV当時世界最高電圧
極性反転可能は世界初
O&M　：外傷検知/温度監視光複合

- 海底ケーブル：
  250kV WCLWWA 1×600mm²
  光複合2重鉄線鎧装
- スケジュール
  製造：'09年10月～'10年6月
  PQ試験：'10年2月～'10年6月完
  工事：2012年12月竣工

(既設)本線（250kV OF 600mm²)

- Ⅰ期：1979年竣工
- Ⅱ期：1993年竣工

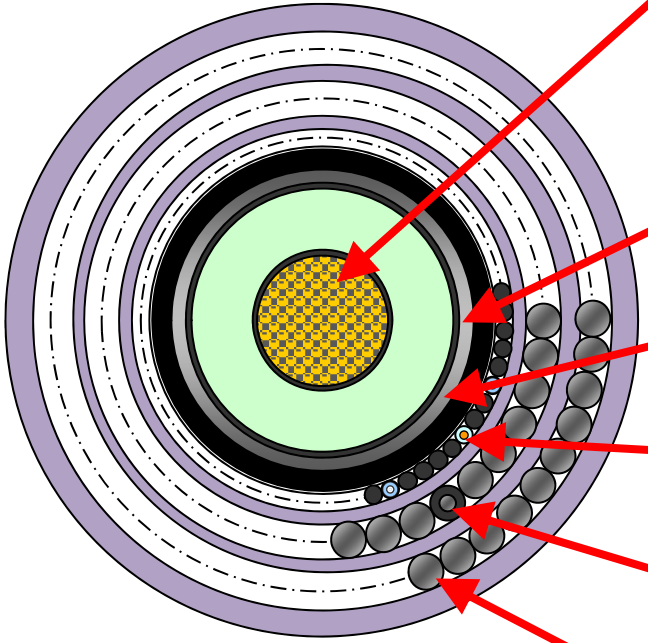
(既設)中性線（6kV CV 500mm²)

- 1979年竣工

北海道・本州間 連系設備ケーブルの構造

■ DC±250kV ＣＶ海底ケーブル

外径：約１３５mm
重量：約４７kg/m



導体（600mm²）

絶縁体

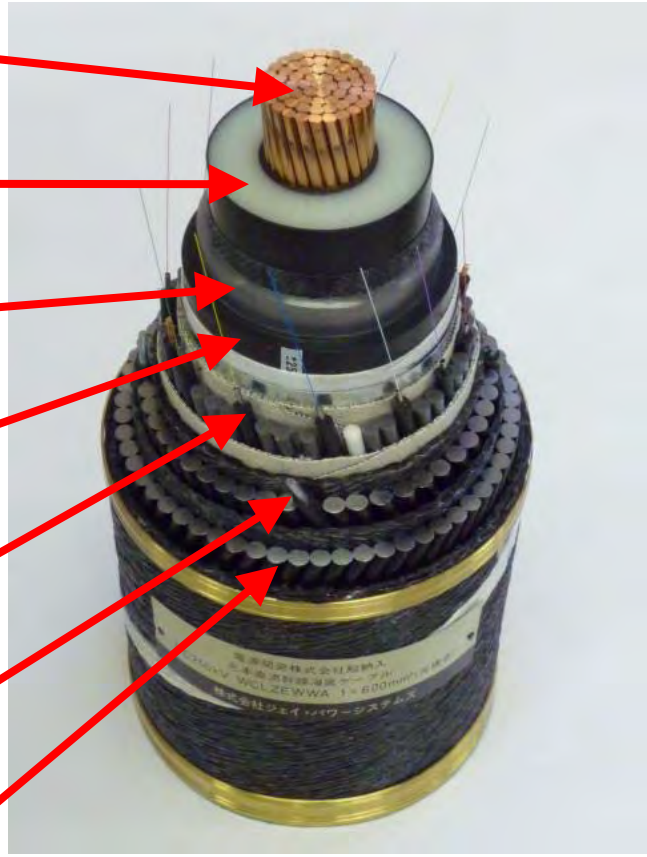
鉛被

防食層

光ﾌｧｲﾊﾞﾕﾆｯﾄ（12心）

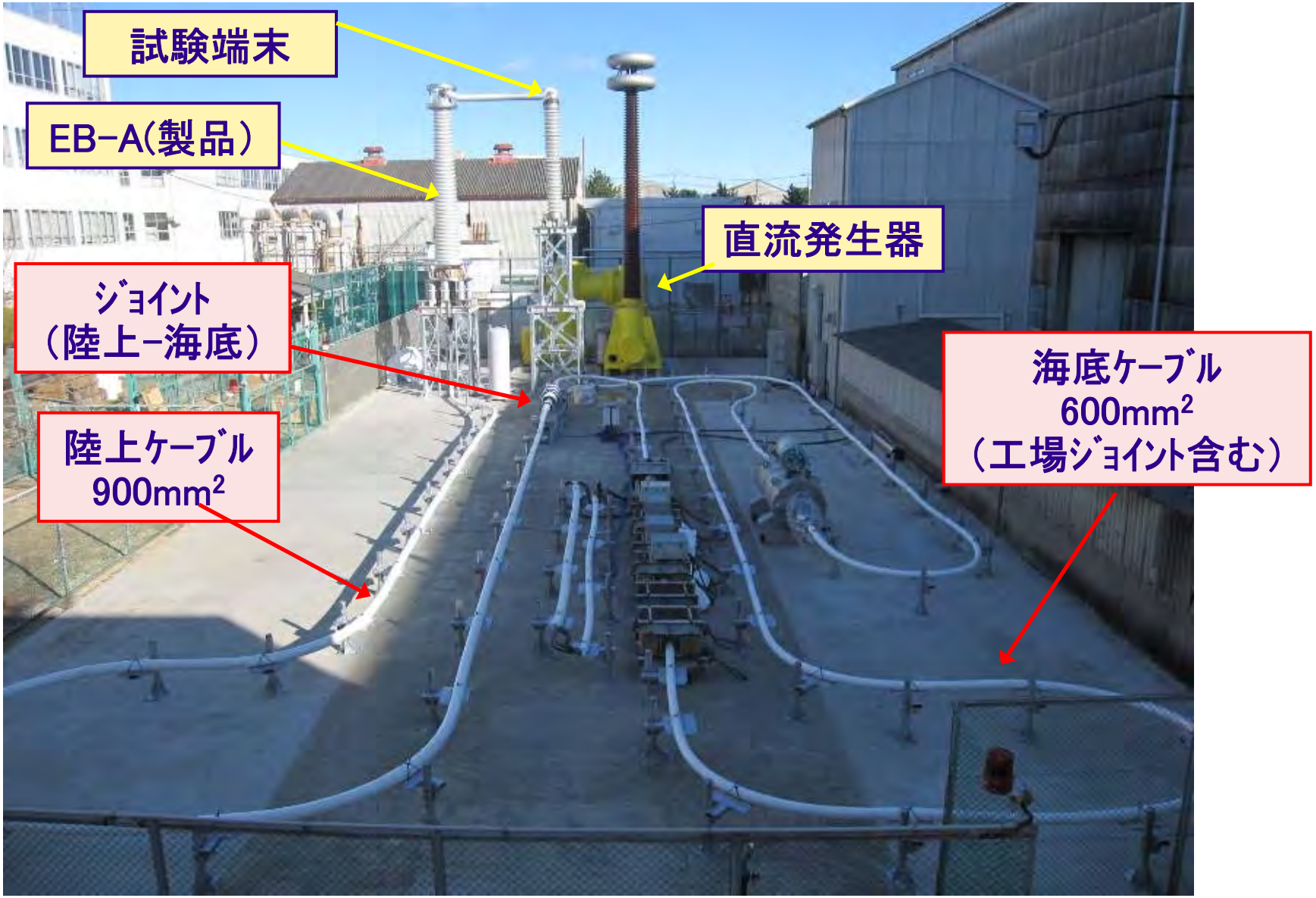
外傷検知線

鉄線がい装（φ6mm）

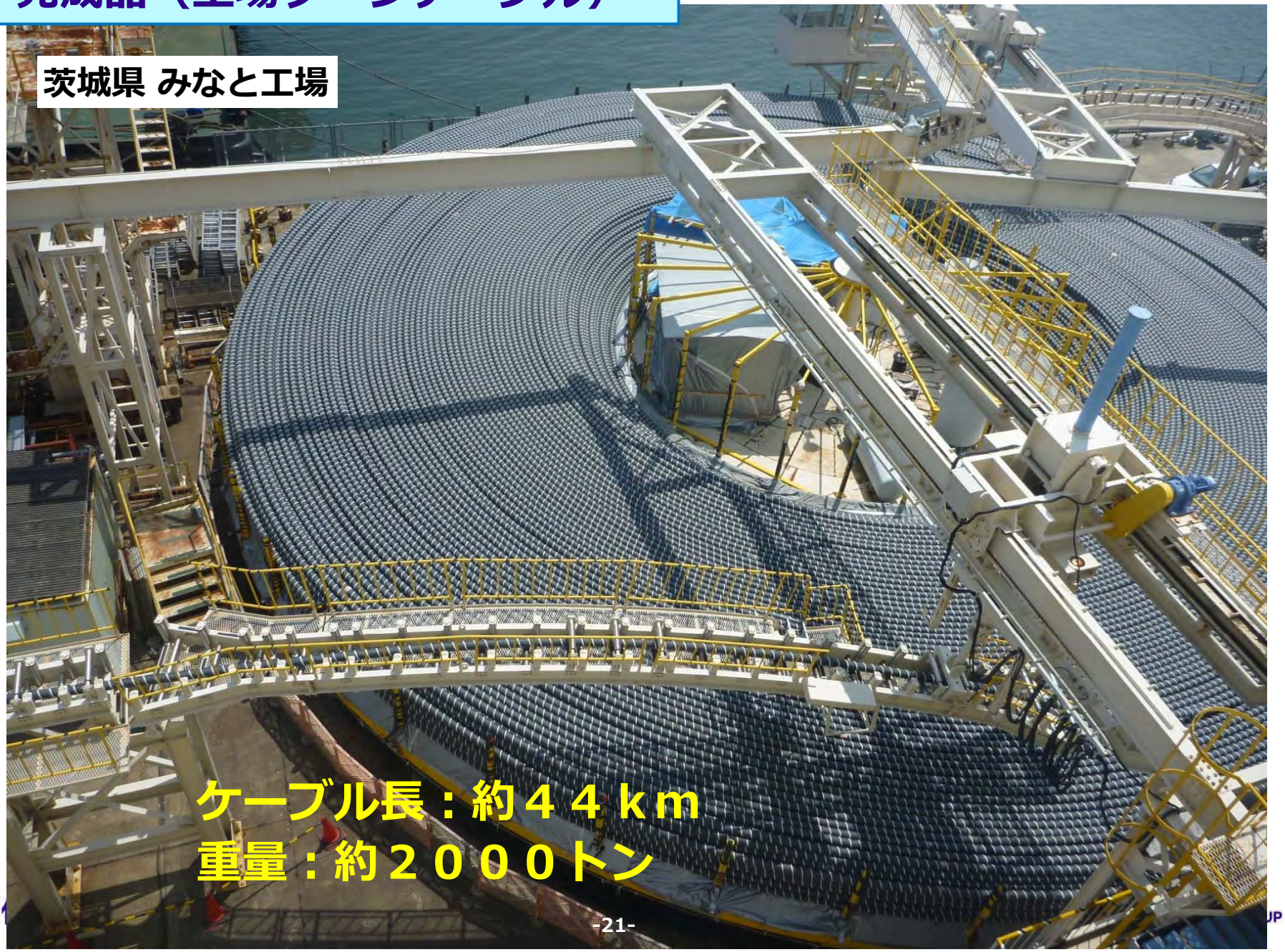


3期は2012年当時、世界最高電圧の直流ＣＶケーブル
2期(OF)は世界初の光複合単芯海底ケーブル

直流CVケーブルPQ試験実施状況（北本連系線）

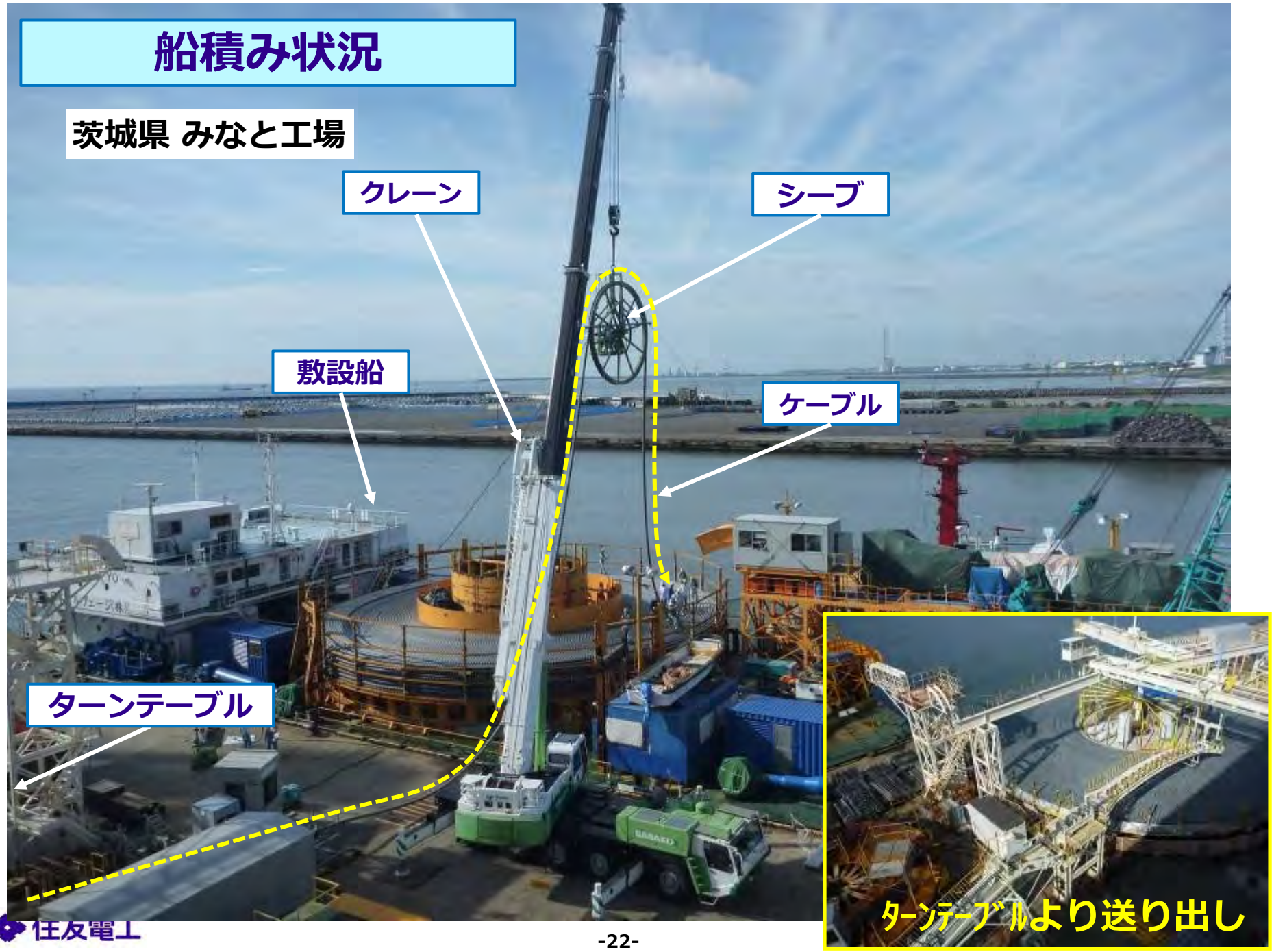


完成品（工場ターンテーブル）



船積み状況

茨城県 みなと工場



ケーブルの布設状況

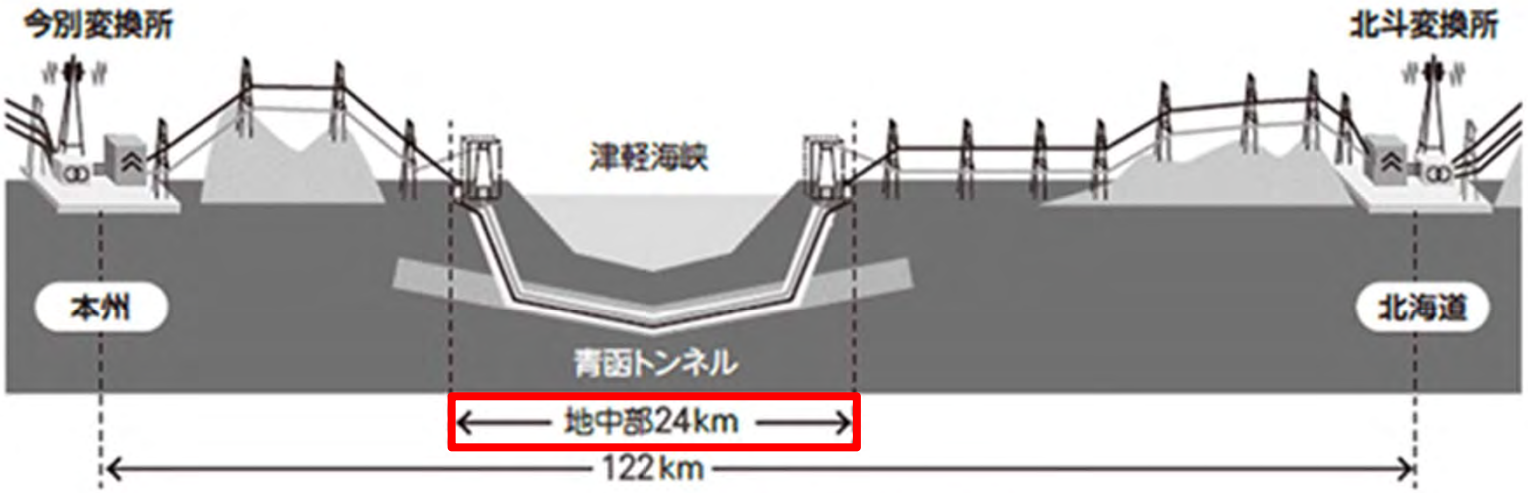
敷設は高い技術を要し
ケーブルメーカーにて
一貫施工

新北本 直流青函トンネルPJ（北海道電力㈱殿納入）

■プロジェクト概要

北斗変換所と今別変換所を結ぶ北斗今別直流幹線のうち、津軽海峡横断箇所

- ◆契約先　：　北海道電力㈱
- ◆内容　　：　地中送電ケーブルの資材供給、敷設
  - ・敷設距離:　24km
  - ・直流250kV CVケーブル
- ◆完工　：　2019年

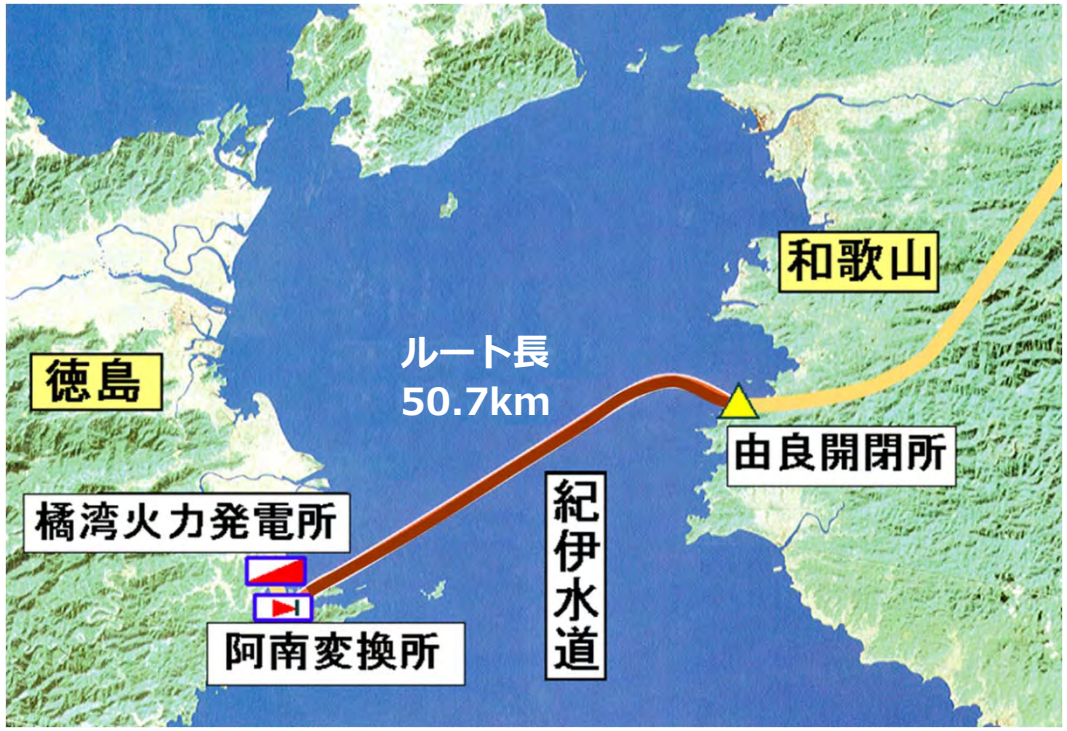


▲ 北斗今別直流幹線ルート断面図

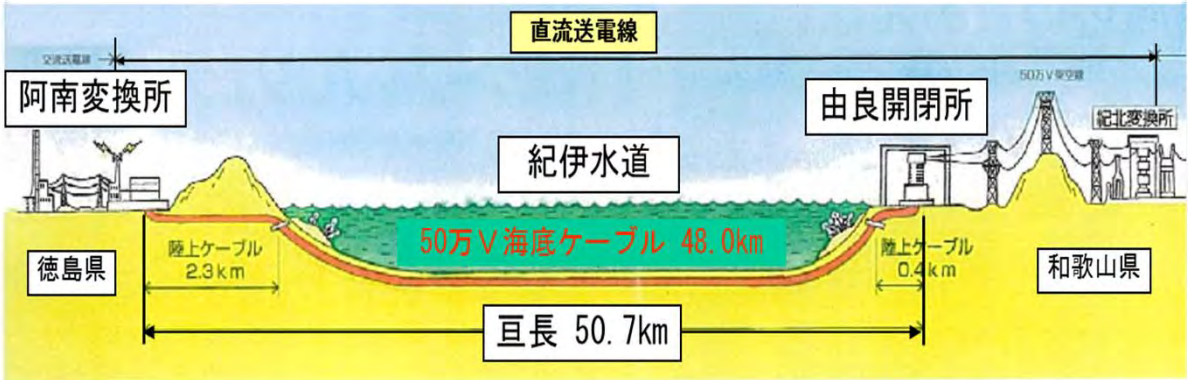
（北海道電力株式会社ホームページより引用）

阿南紀北直流幹線（関西電力㈱・電源開発㈱殿納入）

区間	阿南変換所～由良開閉所
電圧	直流±250kV（±500kV）
容量	1.4GW（2.8GW）
回線数	双極1回線（中性線2条）
ﾙｰﾄ長	50.7km（海底48、陸上2.7）
ｹｰﾌﾞﾙ	鉄線外装OFケーブル
運開	2000年7月
開発項目	・直流500kVOFケーブル ・ジョイント／端末 ・工法（世界初3m同時埋設）



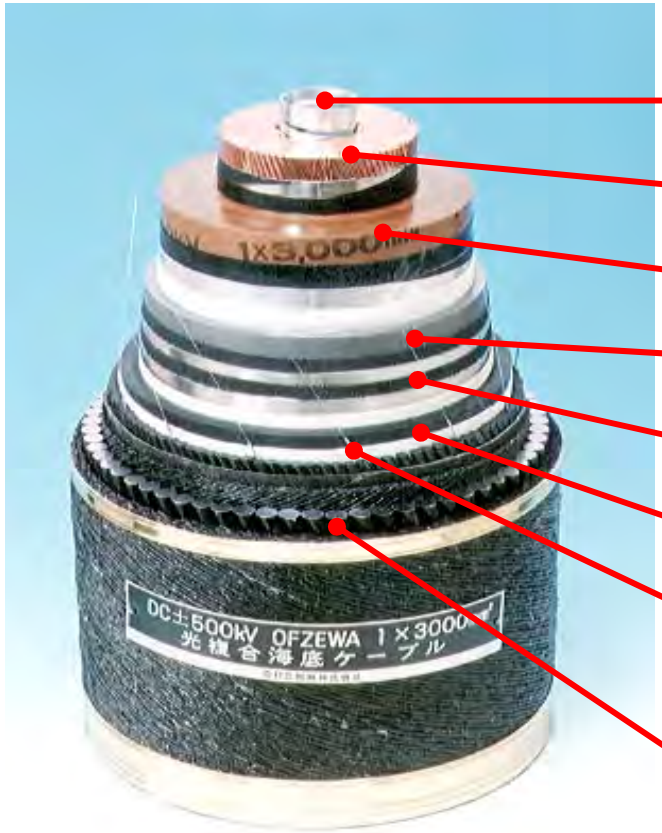
ウォーター・ジェット埋設機



阿南紀北直流幹線ケーブルの構造

■ DC±500kV OF海底ケーブル

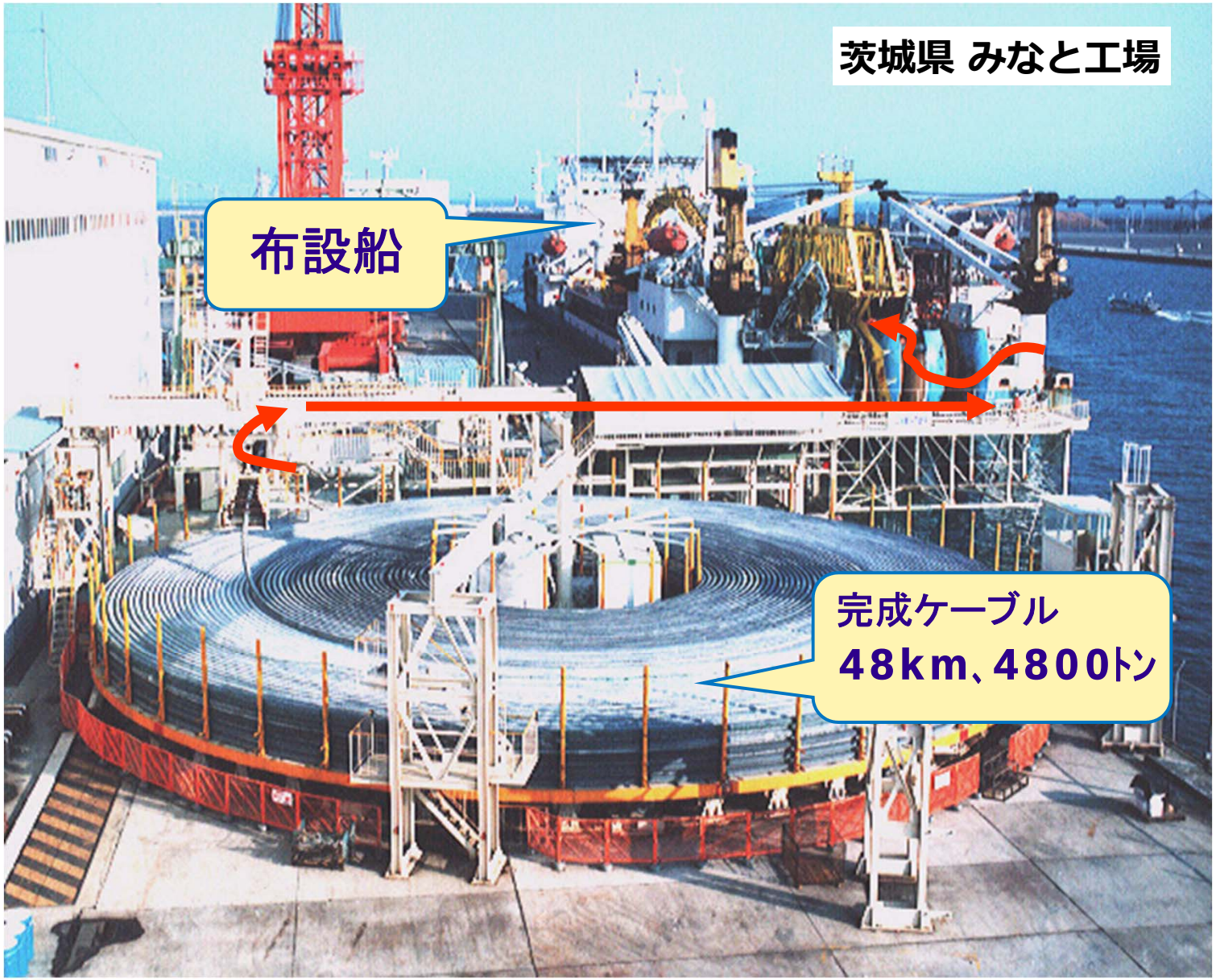
外径：Φ190mm　重量：100kg/m



- 中空油通路
- 導　体（7分割、3000mm^2）
- 絶縁体（半合成絶縁紙、22.5mm厚）
- 鉛　被（4.6mm）
- 補強層
- 防食層（6.0mm）
- 光ファイバ
  （通信・温度測定・外傷検知用）
- がい装鉄線（φ8mm）

2000年当時、世界最大の送電容量直流ケーブル
世界初のウォータージェット式3m埋設機開発

ケーブル船積



ケーブル布設

NEMO 英国-ベルギー 400kV直流海底送電PJ

■プロジェクト概要

英国～ﾍﾞﾙｷﾞｰ間を結ぶ高圧直流送電 海底ｹｰﾌﾞﾙ敷設PJを受注（2015年6月）

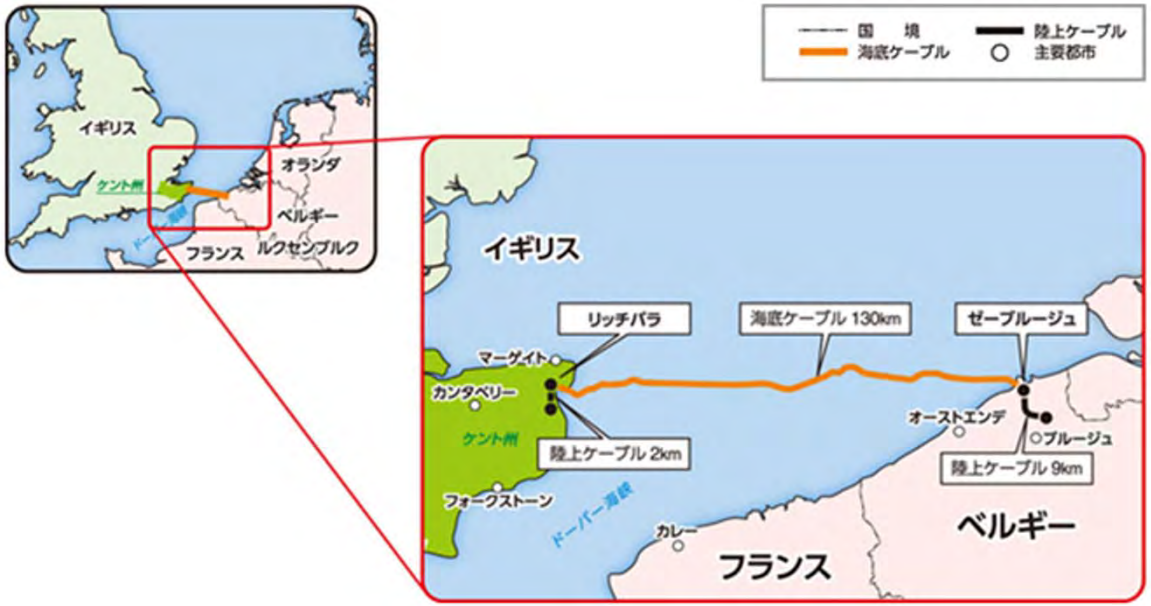
◆契約先 ： NEMO Link Limited 社

◆契約内容 ： 海底ケーブルの資材供給、敷設

・敷設距離: 海底130km×2本、陸上11.5km×2本

・直流400kV CV海底ケーブル

◆完　工： 2019年



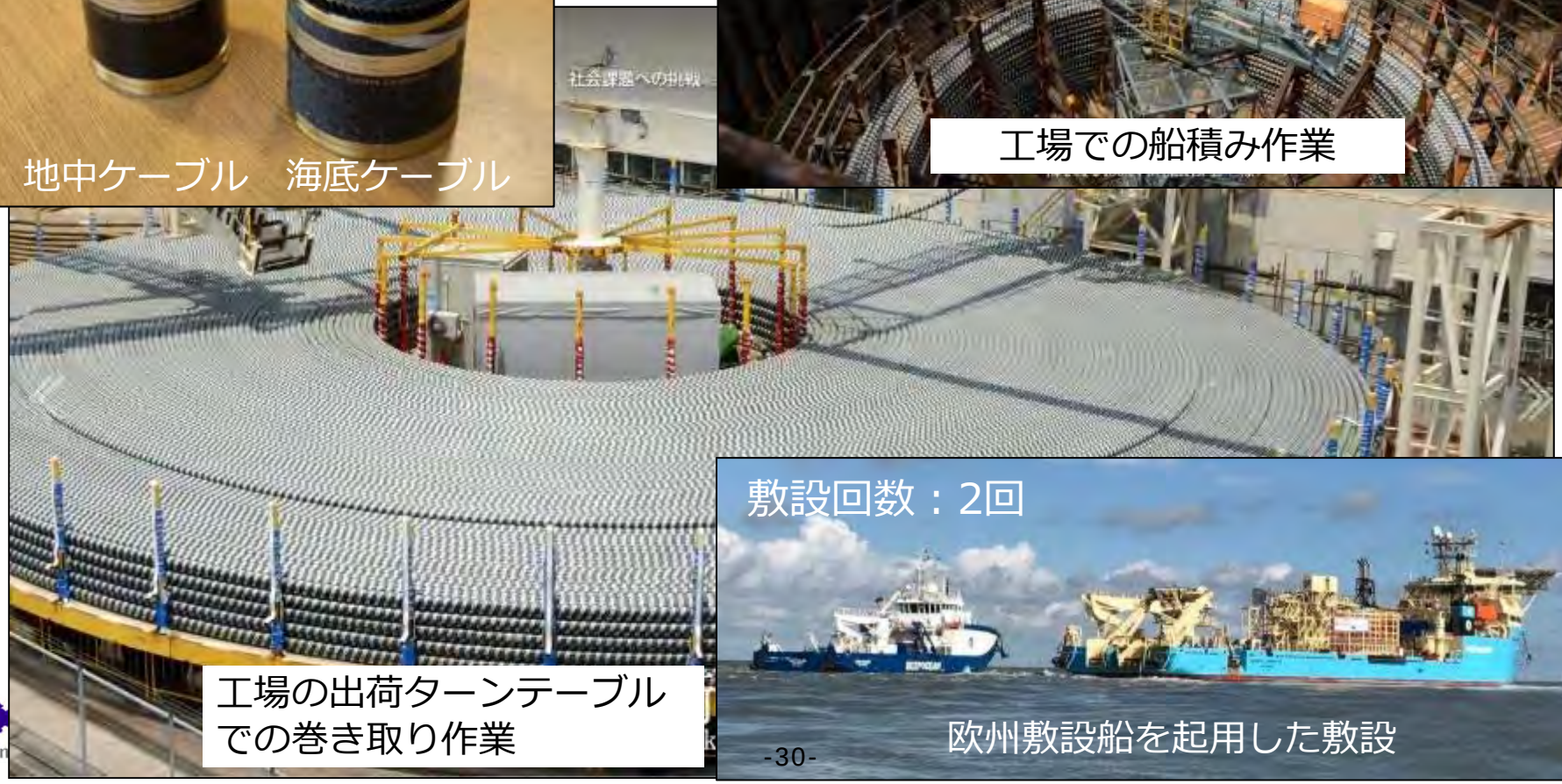
当時、直流CVケーブルで世界最高電圧、欧州国際連系への本格参入

英国-ベルギー 400kV直流海底送電PJ

茨城県 みなと工場にて製造

地中ケーブル　海底ケーブル

工場での船積み作業



工場の出荷ターンテーブルでの巻き取り作業

敷設回数：2回

欧州敷設船を起用した敷設

Italia–Montenegro 500kV直流海底送電PJ

■プロジェクト概要

[ﾙｰﾄ長]　全長415km×1回線　（海底390km、陸上25km）
[金額]　　860百万ﾕｰﾛ　（約1200億円@140円/Euro）
[仕様]　DC500kV クラフトMIケーブル　（500MW x 2）

Terna Websiteより
ﾓﾝﾃﾈｸﾞﾛの水力発電所からｲﾀﾘｱに送電

・伊Prysmian社から製造委託（120km）
・DC500kV長距離国際連系線に初参入

NEWSRelease

住友電気工業株式会社
Ingenious Dynamics

2014年3月17日

欧州向け直流 500kV MI 海底ケーブルの製造を受注

当社は、モンテネグロとイタリアを結ぶ海底電力ケーブルプロジェクト（以下、MON.ITA プロジェクト）において、イタリア電線メーカーのプリズミアン社（Prysmian Group）より、MI 海底ケーブル*1の製造を受注しました。

MON.ITA プロジェクトは、イタリアのテルナ社(Terna S.p.A)の子会社であるテルナ・レテ・イタリア社（Terna Rete Italia S.p.A）が計画中のもので、モンテネグロとイタリアの間に、送電容量 500MW の直流 500kV 電力ケーブルを 2 条（双極運転で 1,000MW 送電が可能）、最大深度 1,200m、延長約 415km にわたって布設し、欧州間の次世代送電網(スーパーグリッド*2)の構築を促進するものです。テルナ・レテ・イタリア社は同プロジェクトの海底ケーブル 1 条をプリズミアン社に発注しました。

当社はこのたびプリズミアン社から、同プロジェクトを計画通りに完工させるために必要となる直流 500kV MI 海底ケーブル 115km を受注しました。このケーブルは当社大阪製作所で製造する予定です。

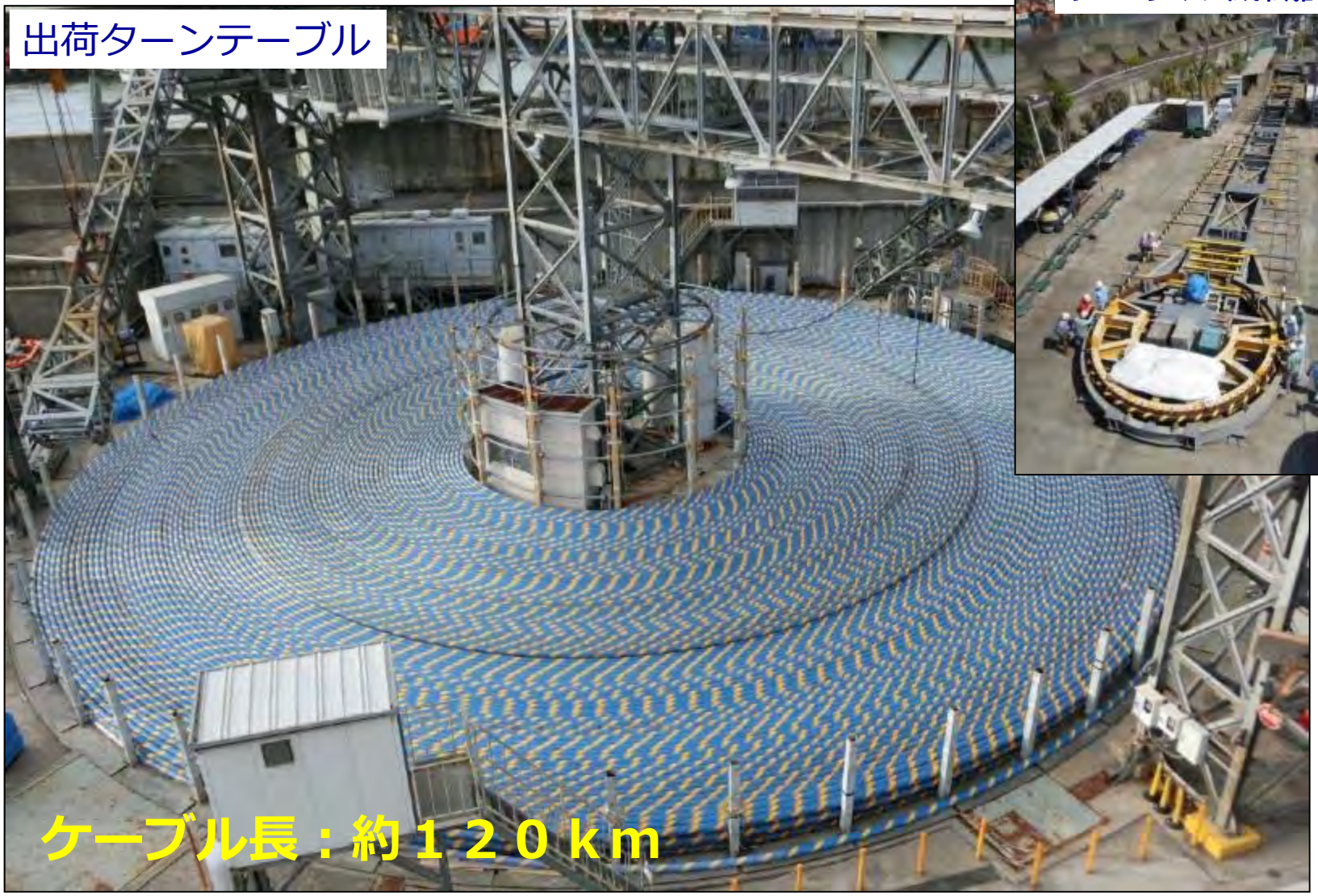
当社は、今後も国際的な送電網建設の貢献に努めてまいります。

*1　MI ケーブル（Mass Impregnated Paper Insulated Cable）
高粘度の絶縁油を含浸することで、OF（Oil Filled）ケーブルには不可欠な給油設備が不要になり、長距離送電が可能になります。

*2　スーパーグリッド
ヨーロッパにおける電力市場の活性化を目的に、ヨーロッパ全土を結び、再生可能エネルギーの大規模導入、電力需給の均衡、効率的な送電を促進する送電網のこと。
（ウェブサイト"Friends of the Supergrid"：http://www.friendsofthesupergrid.eu/ より）

Italia - Montenegro P/J

大阪製作所にて製造



Power Grid Corporation of India
PK2000 DC-XLPEケーブル

案件概要	
顧客	Power Grid Corporation Of India
案件名称	± 320KV, 2 X 1000MW Voltage Source Converter (VSC) based HVDC terminals and DC XLPE cable system between Pugalur and North Trichur
資金	アジア開発銀行による借款
概要	Pugalur – Trichur 間の直流送電システム建設(ケーブル+VSCコンバーターEPC案件) ※架空線含まず
受注金額	コンソ総額600億円
送電容量	±320kV 2000MW(1000MW x 2)
応札社	Siemens–住友電工 コンソ
当社SOW	直流ケーブル製造、建設
ケーブル長	128km　(32km/回線,2回線×2本)
運転開始	2020年

±800 kV LCC HVDC (LINK-1) and ±320 kV VSC HVDC (LINK-2)

※インドで初めてDC-XLPEケーブル、ならびに VSCコンバーターを導入する案件

独 Corridor A Nord 直流地中送電PJ

CONFIDENTIAL

北海洋上風力を南部の需要地に届ける長距離・大容量の基幹送電網
直流ＣＶ525kV世界最高電圧

顧客： Amprion (TSO)

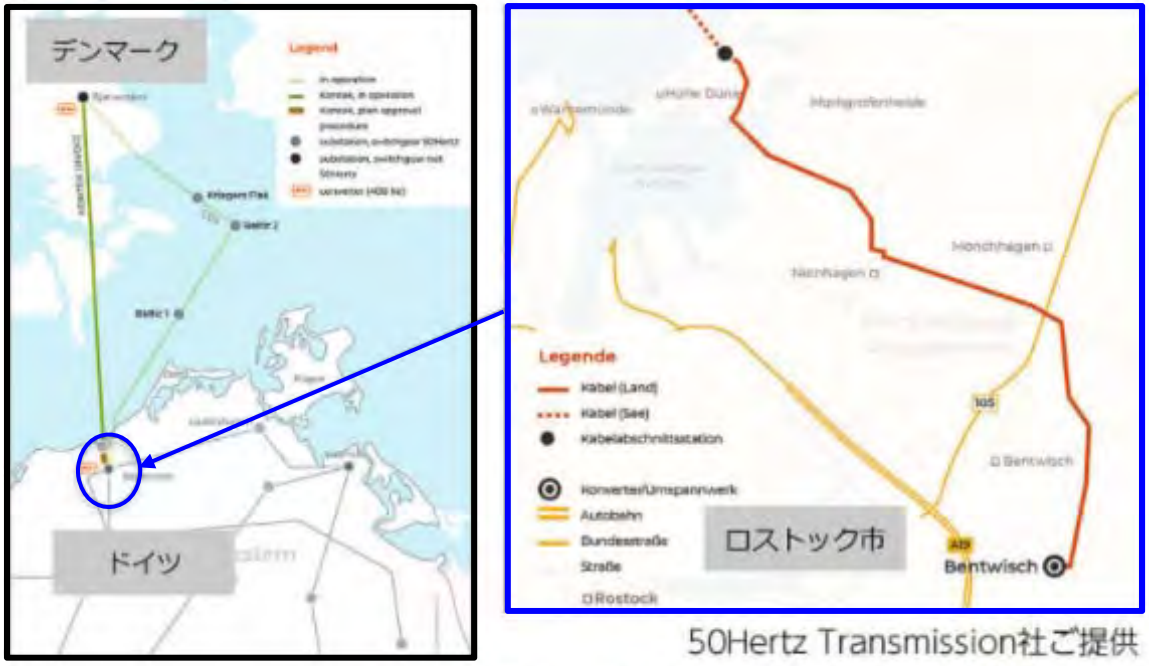
- 受注内容：±525kV※ケーブルシステムの製造、工事、竣工試験、保守（土木除く）
  ※直流ＣＶケーブルとしては世界最高電圧
- 送電容量：1GW（約50万世帯分）
- 受注時期：2020年5月
- 受注金額. 約600億円
- ルート長：**300km**(Emden - Osterath)
- 架空線との接続あり
- 2023年にも建設工事開始予定

独 KONTEK 400kV 直流地中送電PJ

既設直流OFケーブルを更新、LCCでの400kV直流CVは世界初

老朽化した既存の直流400kV OF(油浸紙絶縁)地中ケーブルを撤去し、信頼性・環境面で優れるＣＶケーブルに更新。当社は設計/調達/製造/輸送/敷設工事/保守･メンテサービスを担当。

・LCC方式(他励式)変換器で、極性反転に対応する電気絶縁性能が必要。
・VSC方式(自励式)／LCC方式に対応。北本(2012年)無事故運転実績。
・実績や最先端技術が高く評価され2021年受注。



50Hertz Transmission社ご提供

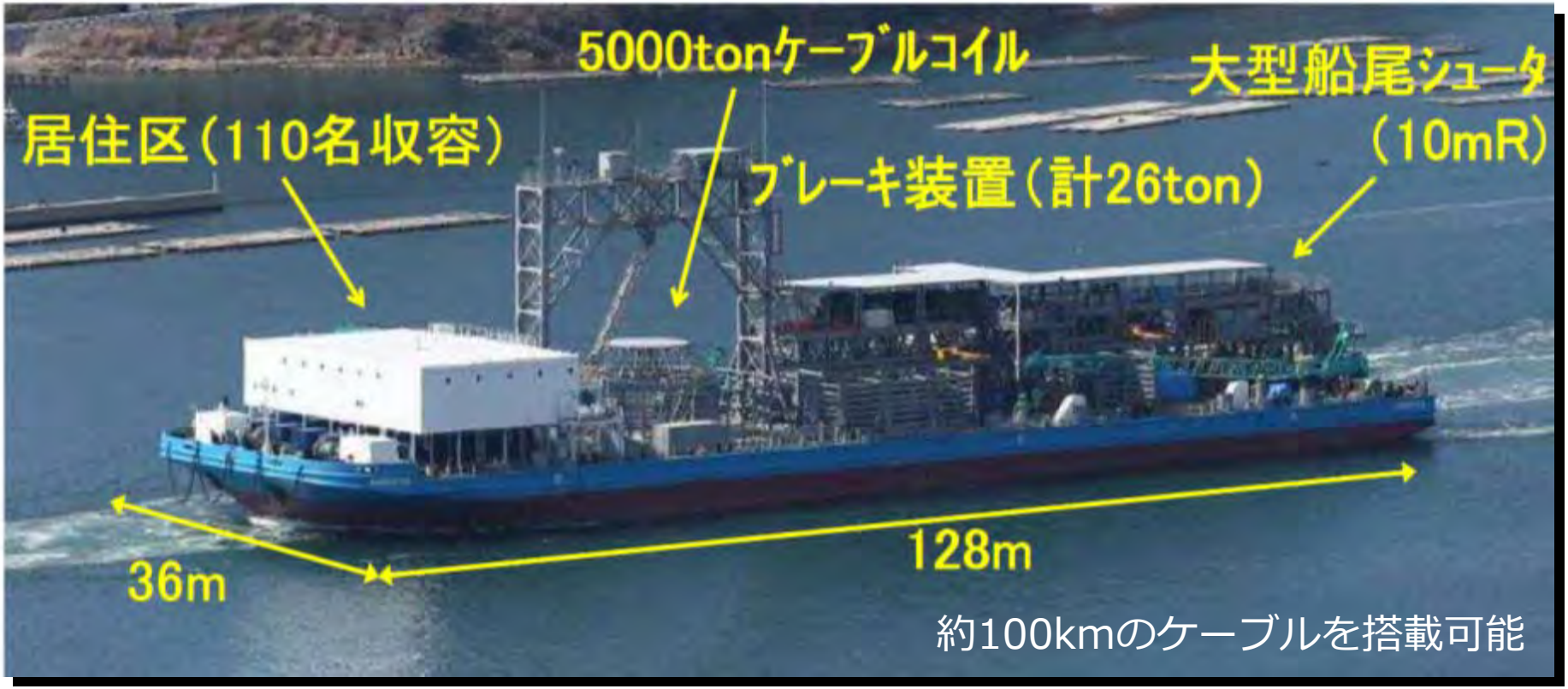
プロジェクト実施地図（ ━ の部分が今回更新区間）

国	ドイツ
顧客	50Hertz (TSO)
ルート長	約15km
電圧	DC400kV
種別	地中ケーブル
変換器	LCC方式

敷設船と施工技術

国内で運用中の大型ケーブル敷設船

■ 「HOKUTO」 ： ケーブル積載量5,000t

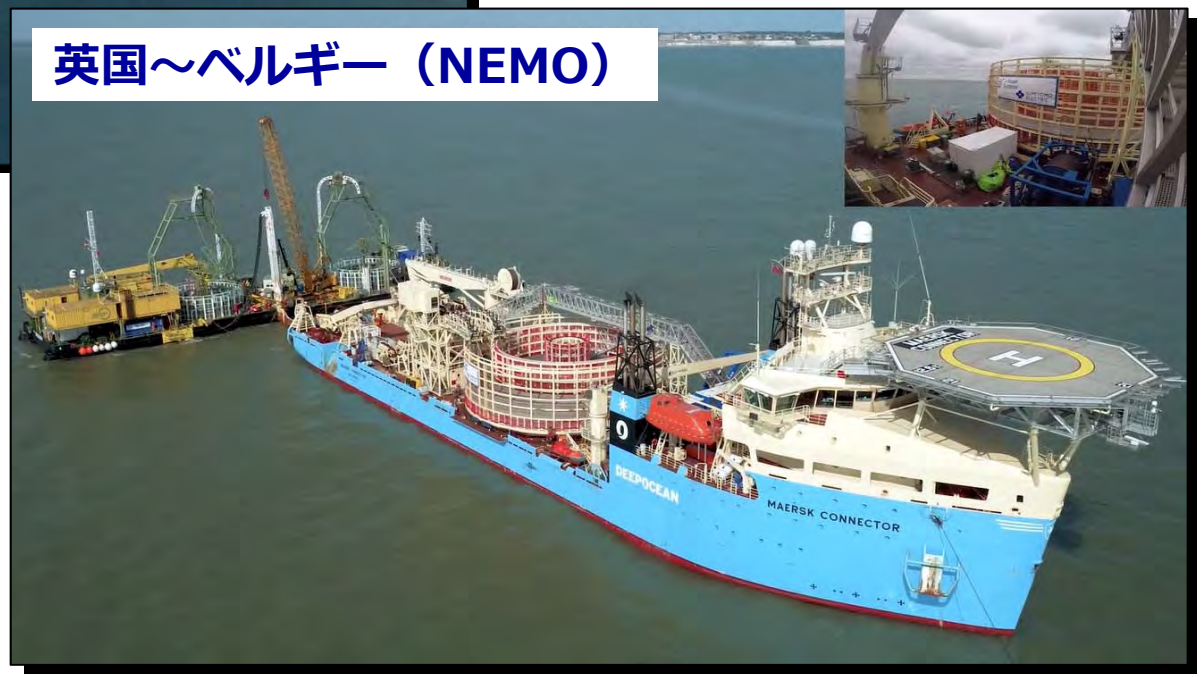


※船体は海事会社殿保有

・敷設の位置決め用にＤＰシステム（GPS＋スラスター6基）を装備。
・台湾の交流海底ケーブル案件で運用中。

布設船の洋上積換作業

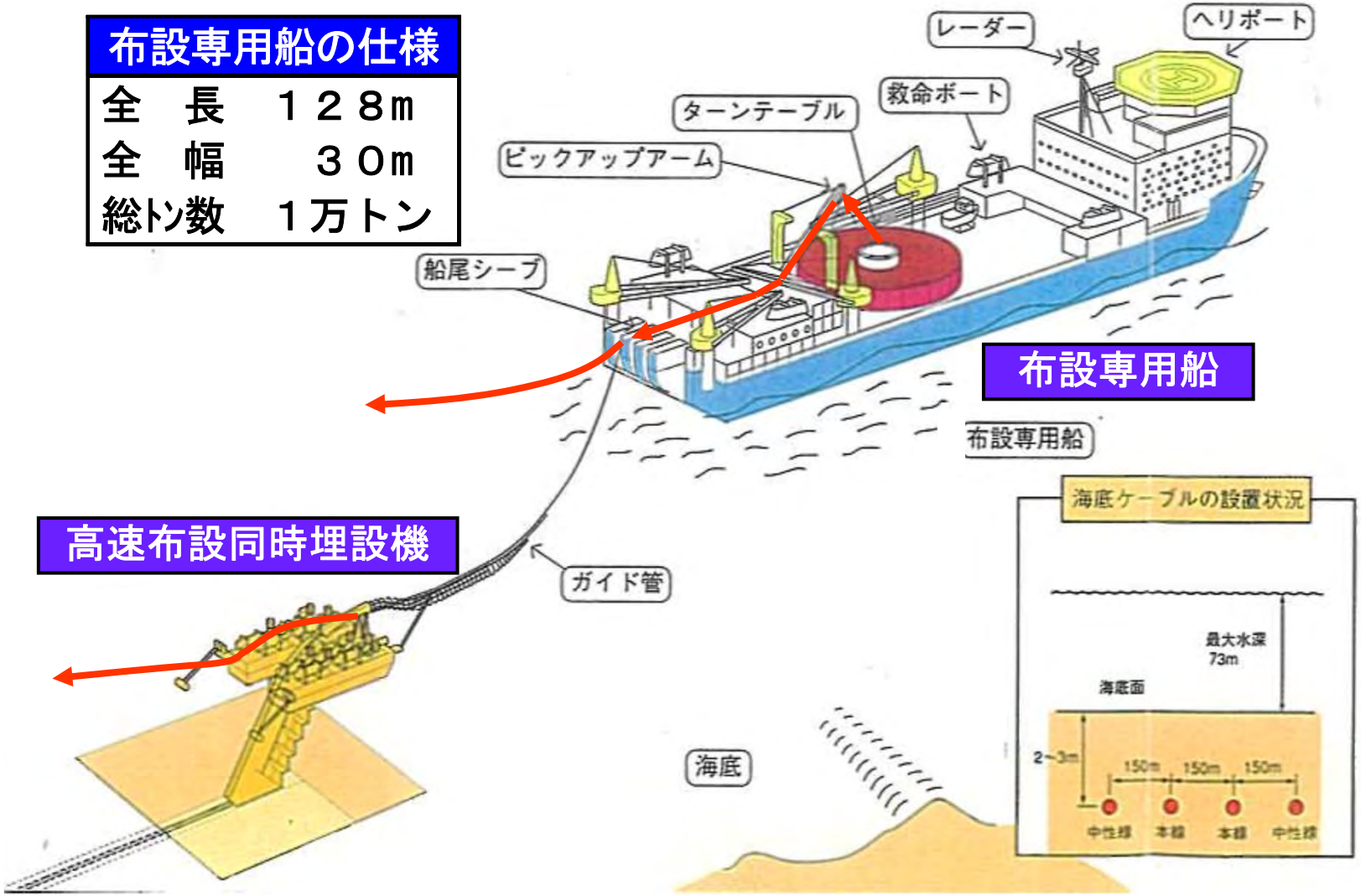
- 沿岸の浅海部は喫水の浅い中型敷設台船に積み替え
- 大規模海底線工事には大小様々な機能の専用船が必要
  - 敷設船(大/中)
  - 埋設船(後埋設)
  - ジョイント船
  - (輸送船、他)



海底ケーブル布設工事概要

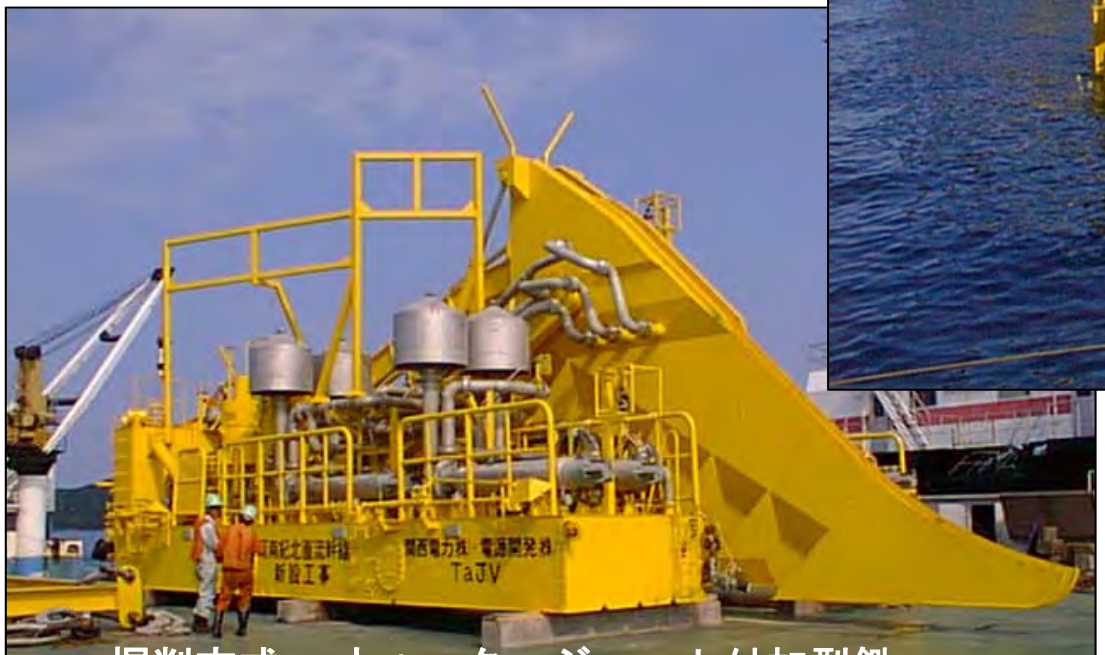
阿南紀北直流幹線の例

布設専用船の仕様	
全　長	１２８ｍ
全　幅	３０ｍ
総ﾄﾝ数	１万トン



世界トップレベルの優れたケーブル敷設／埋設技術と施工体制を保有

布設同時埋設機　阿南紀北直流幹線の例



掘削方式：ウォータージェット付加型鋤
埋設深さ：0～3.3m　（可変）
機体寸法：長さ 13.5m×幅 8.2m、105トン

欧州ケーブルメーカーの大型敷設船

4隻保有

2隻保有

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。

ルート調査／設計

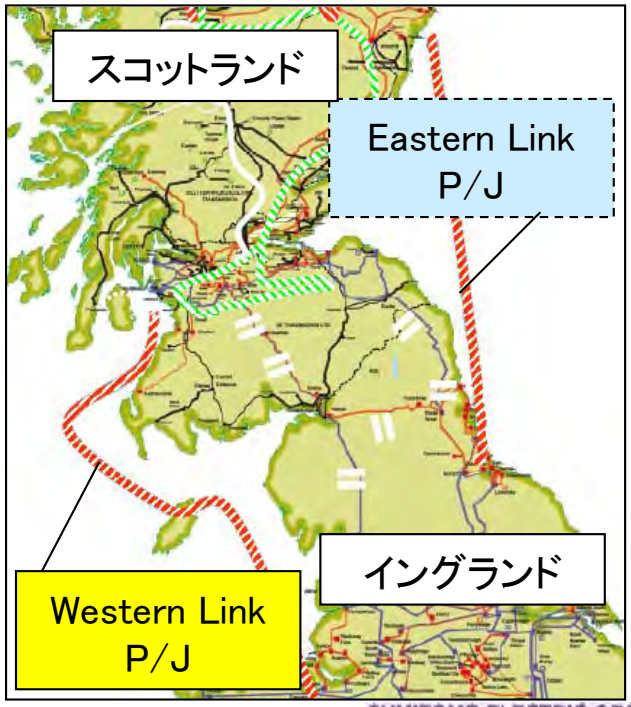
英国での海底送電選択の例

◎英国Western Link / Eastern Link PJ

・風力による電力の都市への送電が必要となり新設。
・陸続きでありながら、「用地買収」「建設期間」 「景観」の観点から、**架空送電ではなく直流海底送電を選定**
・Western Link(400km,2.2GW)運開、Eastern Linkは24年着工予定。

日本国内でも再エネ電力送電の有力な選択肢

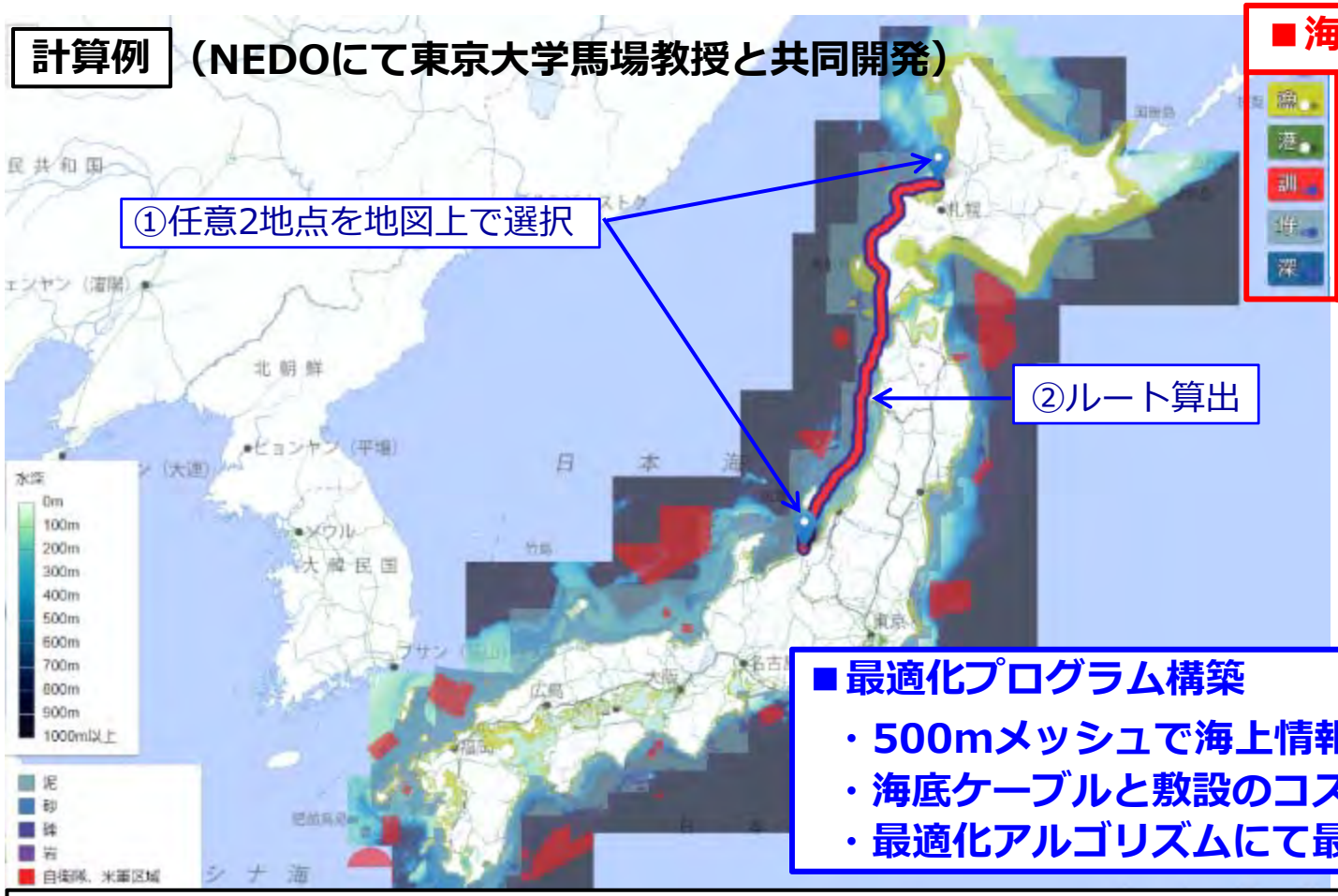
http://www.westernhvdclink.co.uk/



海底ケーブル敷設ルート最適設計システム

・従来は海洋台帳＋細切れな地図情報ベースの手作業で、初期検討に膨大な時間とコスト。
・日本EEZの海洋情報を多層レイヤDB化、最適化計算でコスト最小海底ルートを自動計算。

計算例（NEDOにて東京大学馬場教授と共同開発）



■海洋データベース構築

①漁業権エリア
②港湾地区
③自衛隊・米軍演習区域
④海底堆積物
⑤水深

■最適化プログラム構築

・500mメッシュで海上情報をDB化
・海底ケーブルと敷設のコスト関数を設定
・最適化アルゴリズムにて最適経路を自動探索

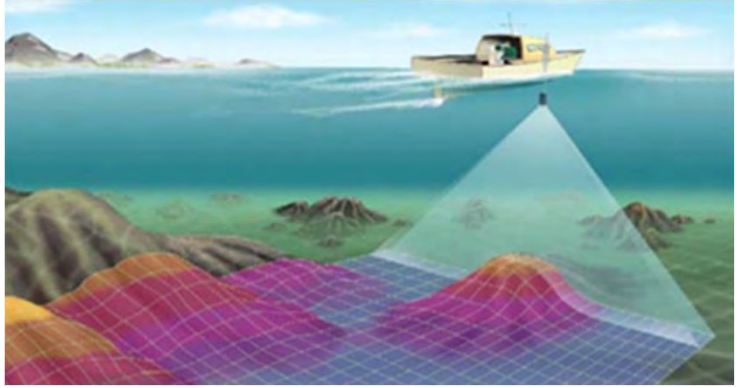
＜ルート設計システム導入の効果＞

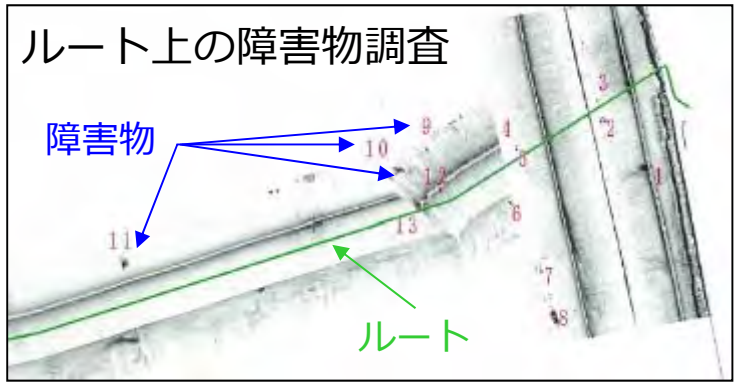
✓ 長距離海底ルートのプレＦＳ時短化／効率化
✓ プレＦＳ検討精度向上（＋FS/海洋調査ＣＲ）

➡ **海底送電計画の初期段階に有効**

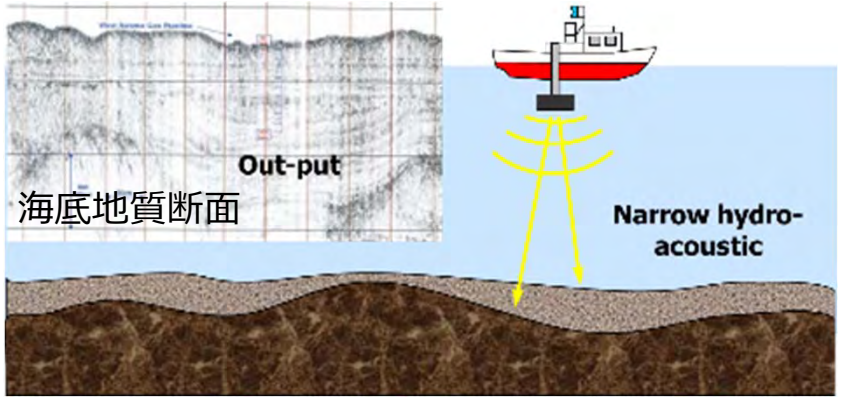
海洋調査の例

海底水深/地形調査（サイドスキャンソナー）

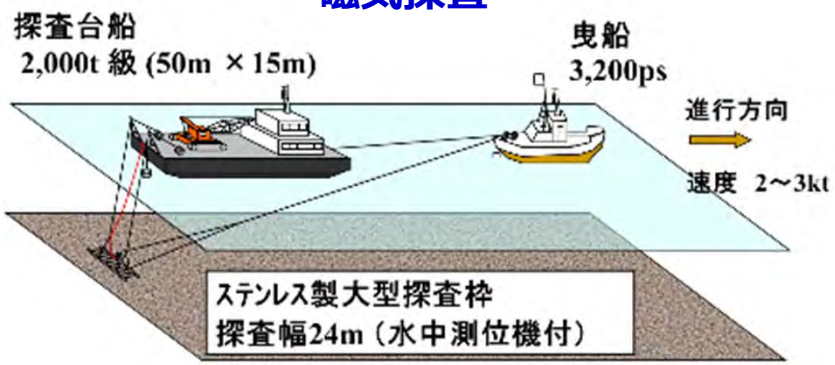




海底表層地質調査



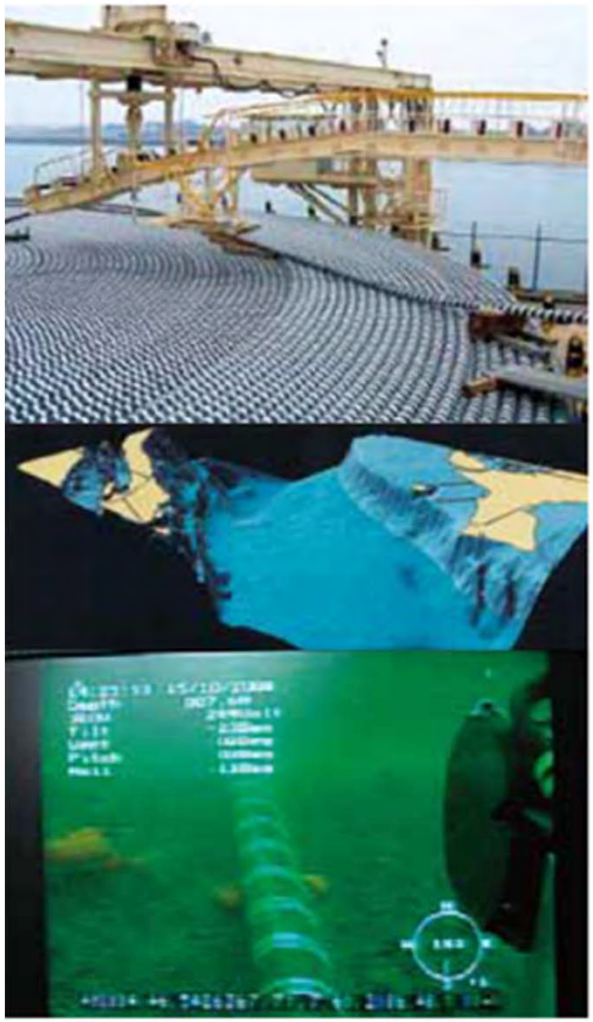
磁気探査



海洋調査により海底を詳細に調べ上げ微調整しルートを確定。

まとめ

住友電工は、日本の電線トップメーカーとして、また世界トップレベルの直流技術と実績で、直流海底送電網の実現に貢献いたします。



SUMITOMO ELECTRIC

http://www.global-sei.com

SUMITOMO ELECTRIC GROUP