

長距離海底直流送電の整備に向けた検討会

国内の海底直流送電による地域間連系

2021年3月15日

電源開発送変電ネットワーク株式会社

目 次

1. 直流送電とは

- 1) 回路構成
- 2) 国内外の設備
- 3) 変換所
- 4) 変換器
- 5) ケーブル

2. 北本直流連系設備・

阿南紀北直流連系設備の設備概要

2.1 北本直流連系設備

- 1) 設備諸元、位置
- 2) 設備構成
- 3) ケーブルルート

2.2 阿南紀北直流連系設備

- 1) 設備諸元、位置
- 2) 設備構成
- 3) ケーブルルート

3. 北本直流連系設備・

阿南紀北直流連系設備の工事实績

- 1) 工事の流れ(海底ケーブル)
- 2) 工程表(北本・阿南)
- 3) 主な調査項目(海底ケーブル)
- 4) 布設船(海底ケーブル)
- 5) ケーブル防護(海底ケーブル)
- 6) システム解析
- 7) 工事の留意事項
(海底ケーブル布設、変換所建設)

4. 運用・保守

- 1) ケーブル
- 2) 変換設備

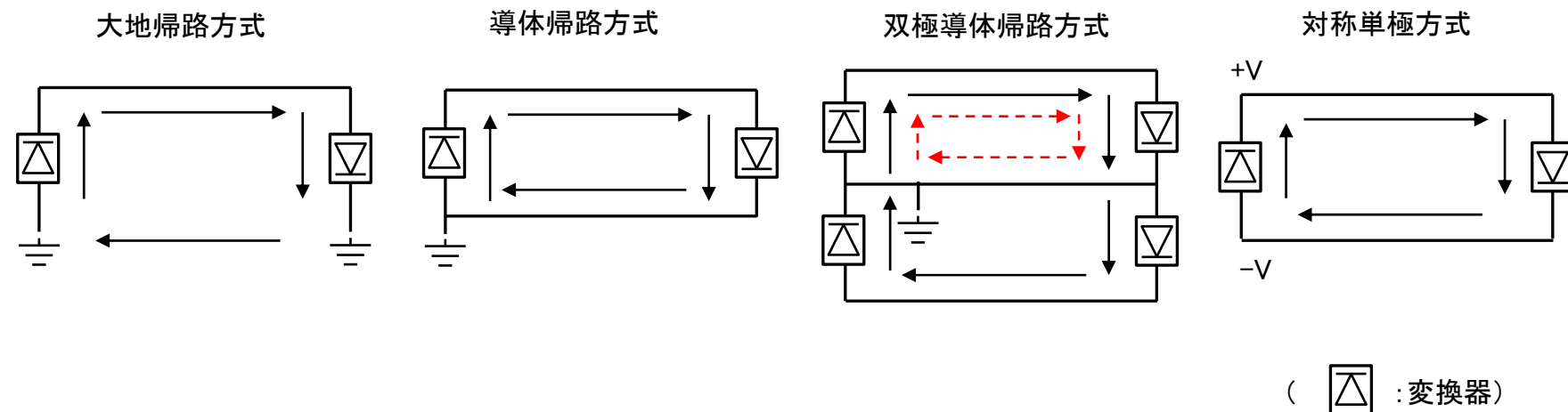
5. 長距離直流送電の整備に向けたまとめ

- 1) ケーブル布設
- 2) 海洋環境への配慮
- 3) 漁業関係者協議

1. 直流送電とは

1) 回路構成

- 帰路方式には導体帰路方式と大地(海水)帰路方式の2方式がある。大地(海水)帰路方式の場合、帰路電流のため地中に埋設した金属物が電食を起こすことから、本邦では導体帰路方式を採用している。
- 導体帰路方式の場合、単極(交流の1回線に相当)では本線:1と帰路線:1、双極(同2回線相当)では本線:2と帰路線:1で構成される。
- なお、海外では対称単極方式(本線:2、帰路線:無し)により帰路線を設置せず双極相当の送電容量を確保している事例もある。



2) 国内外の設備

国内の直流海底ケーブル連系設備

プロジェクト名 [運用開始年]	電圧 [送電容量]	亘長 [ケーブル亘長]	帰路方式	ケーブル条数	ケーブル種類 ※1	最大水深	ケーブル防護
北本直流連系設備 [1979,80年(単極)] [1993年(双極)] [2014年(ケーブル増設)]	±250kV [600MW]	167km [42km]	導体帰路	本線：2条 帰路線：1条	本線: OF, XLPE 帰路線: XLPE	約300m	部分防護 ・浅海部(水深60m程度まで)は埋設・防護管設置
阿南紀北直流連系設備 [2000年]	±250kV (ケーブルは500kV設計) [1400MW]	100km [48.9km]	導体帰路	4条 (帰線は本線としても使用可能。 本線は帰線として使用不可)	OF	約75m	全長防護 ・紀淡海峡中央部は布設同時埋設 ・橘湾内は後埋設

海外の直流海底ケーブル連系設備、計画(当社が参画したもののみ)

プロジェクト名 [運用開始年]	電圧 [送電容量]	亘長 [ケーブル亘長]	帰路方式	ケーブル条数	ケーブル種類 ※1	最大水深	ケーブル防護
フィリピン国 レイテ島連系 [1998年(第1期)] (F/S※2, D/D※3)	±350kV [900MW]	432km [23km]	大地帰路	本線：2条	OF	約166m	部分防護
フィリピン国 レイテ～ミンダナオ島連系 [-] (F/S)	±350kV [400MW]	343km [49km]	大地帰路	本線：2条	OF	約200m	(未施工)
インドネシア国 ジャワ～スマトラ島連系 [-] (E/S※4, S/V※5(休止))	±500kV [3000MW]	503km [38km]	大地帰路	本線：2条 予備：1条	OF	100m	(未施工)

※1 スライド7参照

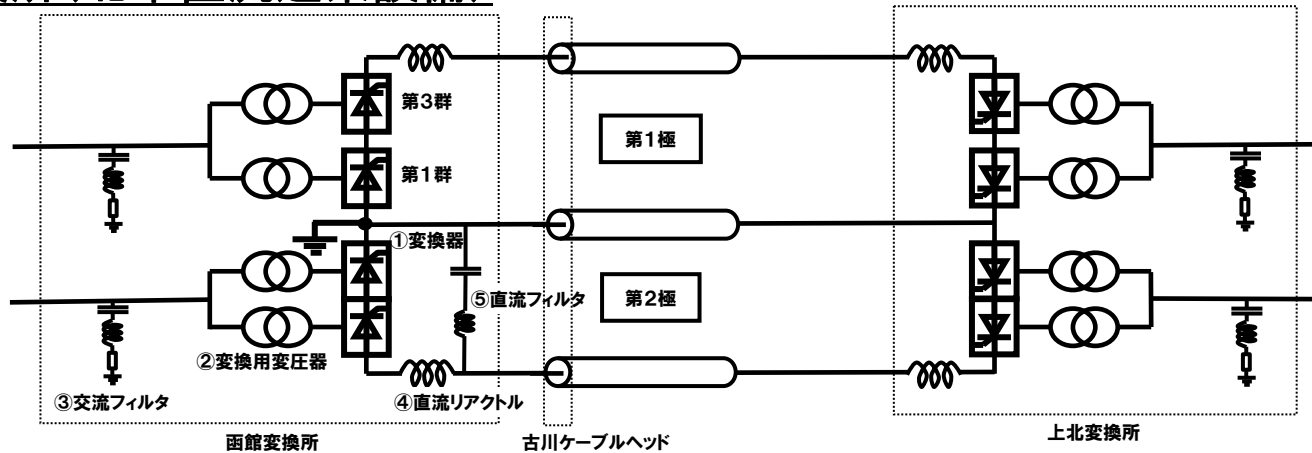
※2 F/S: Feasibility Study (開発可能性調査)

※3 D/D: Detailed Design (詳細設計)

※4 E/S: Engineering Service (エンジニアリングサービス[設計,入札図書作成等])

※5 S/V: Supervision (施工管理)

3) 変換所(北本直流連系設備)



函館変換所



①変換器(サイリスタバルブ)
交直変換装置



古川ケーブルヘッド



②変換用変圧器
サイリスタバルブに適した電圧に調整



③交流フィルタ
高調波成分を除去



④直流リアクトル
脈動を平滑化



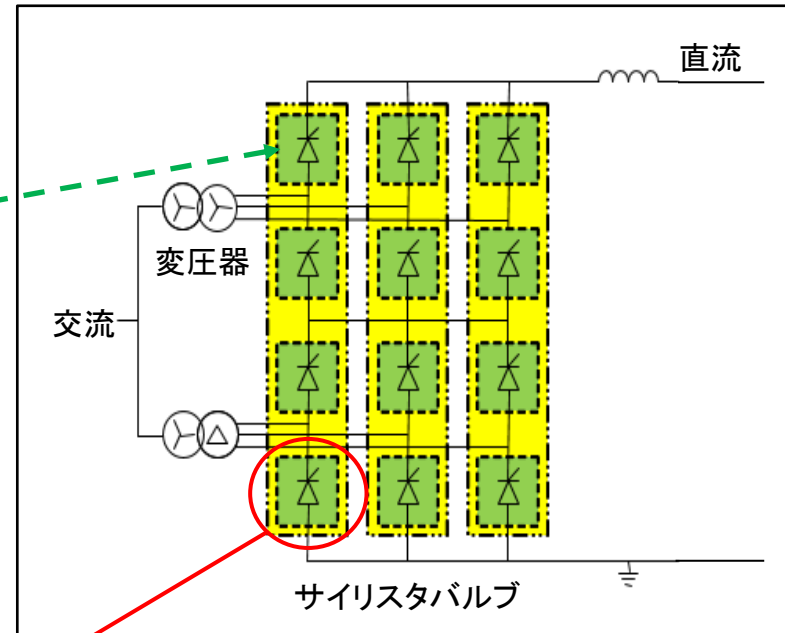
⑤直流フィルタ
高調波成分を除去

4) 変換器

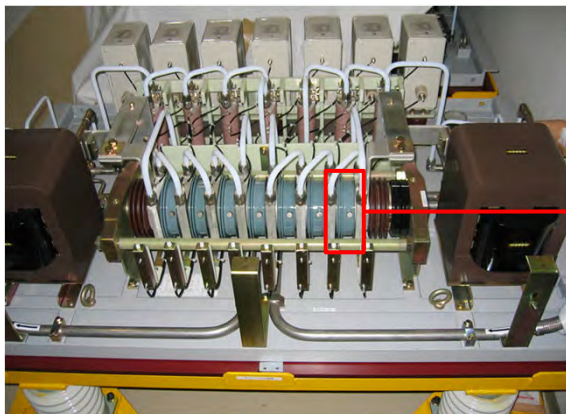
サイリスタバルブ : 交流を直流に、また直流を交流に変換する装置



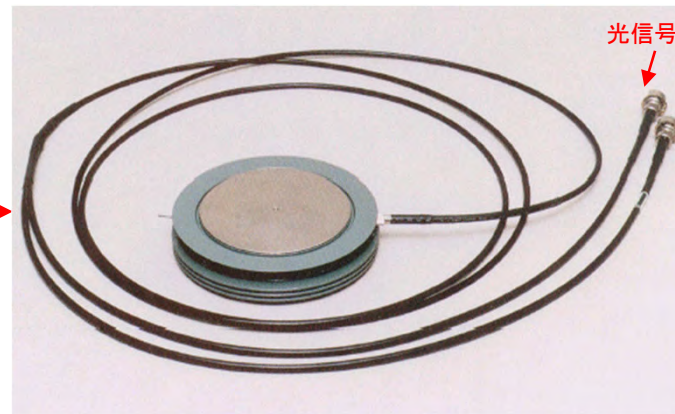
函館変換所 第2極サイリスタバルブ



電気回路図



サイリスタモジュール
(サイリスタ素子7個、直列に接続されている)



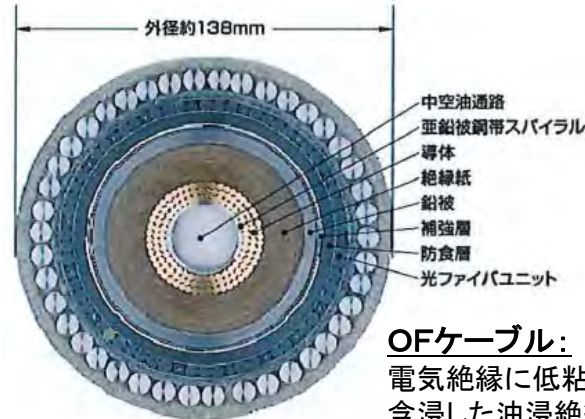
サイリスタ素子

- サイリスタ素子はスイッチング機能を有する。光信号が入力されると、スイッチがONとなり、素子に直流電流が流れる。

5) ケーブル

OFケーブル

(北本直流連系設備 Bケーブル;1993年運用開始)



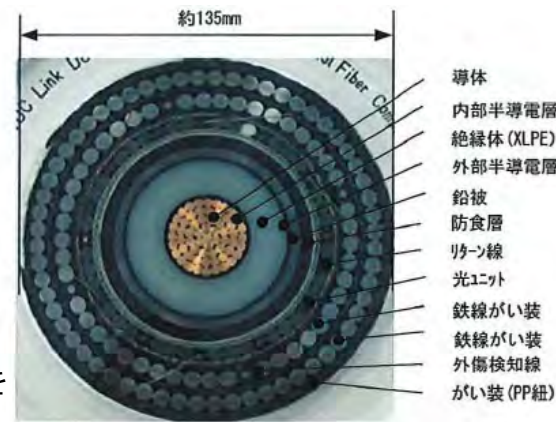
外径:138mm
重量:49kg/m

OFケーブル:

電気絶縁に低粘度絶縁油とそれを含浸した油浸絶縁紙を使用。給油装置が必要で送電限界は50km程度。国内ケーブルメーカーは将来的に製造から撤退見込み。

直流XLPEケーブル

(北本直流連系設備 Cケーブル;2012年運用開始)



外径:135mm
重量:47.5kg/m

XLPEケーブル:

電気絶縁に架橋ポリエチレン(ポリエチレンを架橋し分子間結合を高めたもの)を使用。給油設備不要でOFケーブル以上の温度まで使用可能なことから送電容量が大きくなる

北本直流連系設備 海底ケーブルの布設変遷

- 1979年 - OFケーブル(Aケーブル): 本線1条
- XLPEケーブル: 帰路線1条
⇒ 単極運転開始
- 1993年 - OFケーブル(Bケーブル): 本線1条
⇒ 双極運転開始
- 2012年 - 直流XLPEケーブル(Cケーブル): 本線1条
[AケーブルをCケーブルに更新]

■ 国内初の直流ケーブル

■ 制御用及び通信用の光ファイバケーブルを複合

■ 国内初の直流用固体絶縁ケーブル。

■ 交流用XLPEケーブルに対し直流・異常電圧特性が優れた直流用XLPEケーブルで本線・帰線のいずれにも使用可能

■ 既設ケーブルの点検調査で、懸錨やキンクが発見されたことを踏まえ、外傷防止の強化及び布設時のケーブルねじれ対策として二重鉄線鎧装を採用。

直流XLPEケーブル(開発、実線路への適用)

- 交流用XLPEに直流印可すると絶縁体中に電荷が蓄積され電界集中が起こり、開閉機器操作で発生する過電圧(インパルス電圧)で絶縁破壊することが確認されてきた。
- この問題解決のため、当社は1984年よりケーブルメーカーと共同研究を実施、1995年に±250kV級、2000年に±500kV級の直流用XLPEケーブルを開発した。

(参考) 当社の直流技術の歩み

年	内 容
1965	佐久間周波数変換所 運開 [国内初の交直変換設備]
1979	北本直流連系設備(150MW) 運開 [国内初の直流連系設備]
1980	北本直流連系設備(300MW) 運開
1993	北本直流連系増設設備(600MW) 運開
1995	直流XLPEケーブル開発(±250kV)
2000	阿南紀北直流連系設備(1400MW) 運開
2000	直流XLPEケーブル開発(±500kV)(※6)
2012	北本直流連系設備 Cケーブル 運開 [国内初の直流XLPEケーブル]
2019	北本直流連系設備 運用開始40年

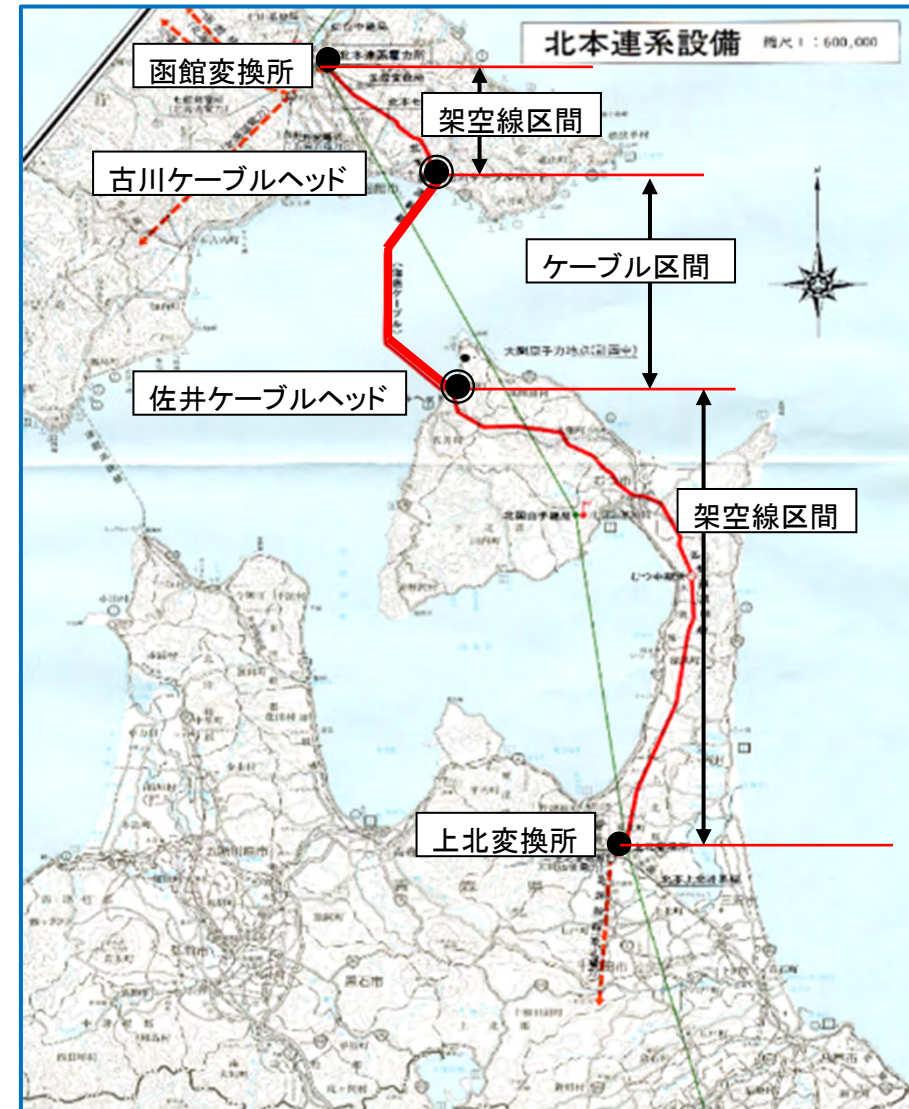
※6 当社と住友電工(株)殿が共同開発したケーブル技術は、2012年に当社北本NE直流連系設備Cケーブルに採用。2019年に北海道電力ネットワーク(株)殿 新北本連系設備及び2020年にNEMO link Limited (英国National Grid Interconnector Holding LimitedとベルギーElia社の合弁会社)殿NEMO Link(英国・ベルギー間; 400kV, 住友電工(株)殿受注)に採用

2. 北本直流連系設備・阿南紀北直流連系設備の設備概要

2-1. 北本直流連系設備

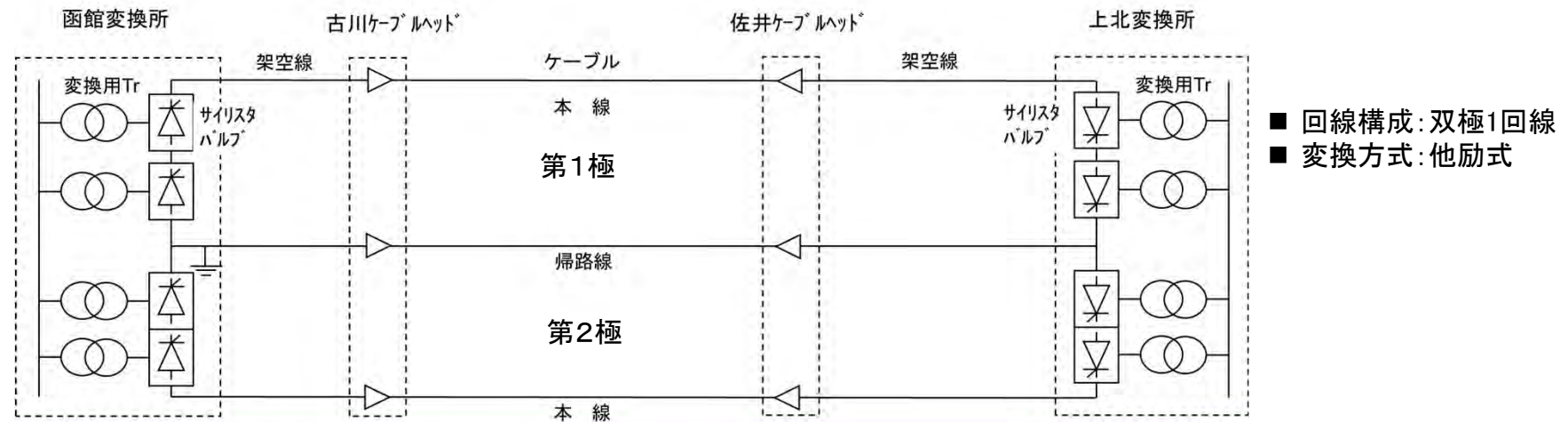
1) 設備諸元, 位置

- 直流変換方式: 他励式変換方式
- 送電容量 : 600MW
- 送電電圧 : $\pm 250\text{kV}$
- 回線数 : 双極1回線(導体帰路)
- 亘長 :
 - [架空線] 124km
(北海道側 26.7km 青森側 97.3km)
 - [地中線] 43km
(古川～佐井ケーブルヘッド)
 - 陸上ケーブル 1.2km
 - 海底ケーブル 42km
- ケーブル仕様:
 - [本線] - OF 600mm²(海底)/ 900mm²(陸上)
 - XLPE 600mm²(海底)/ 900mm²(陸上)
 - [帰路線] - XLPE 500mm²(海底)/ 1000mm²(陸上)

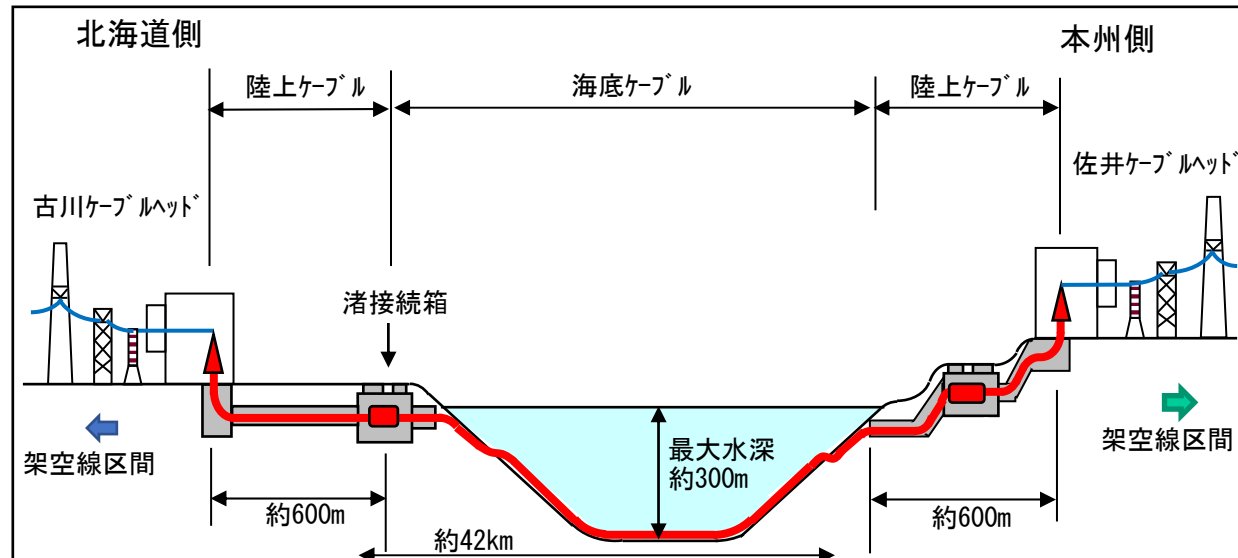


2-1. 北本直流連系設備

2) 設備構成(全体)



設備構成(送電設備)



	北海道側	本州側
架空線	函館変換所 ～古川CH	佐井CH ～上北変換所
地中線 (地中)	古川CH ～第3人孔	第4人孔 ～佐井CH
(水底)	第3人孔～第4人孔	

CH: ケーブルヘッド(架空・地中接続点)
人孔: 地中ケーブル接続箇所

2-1. 北本直流連系設備

3) ケーブルルート

ケーブルルート概要

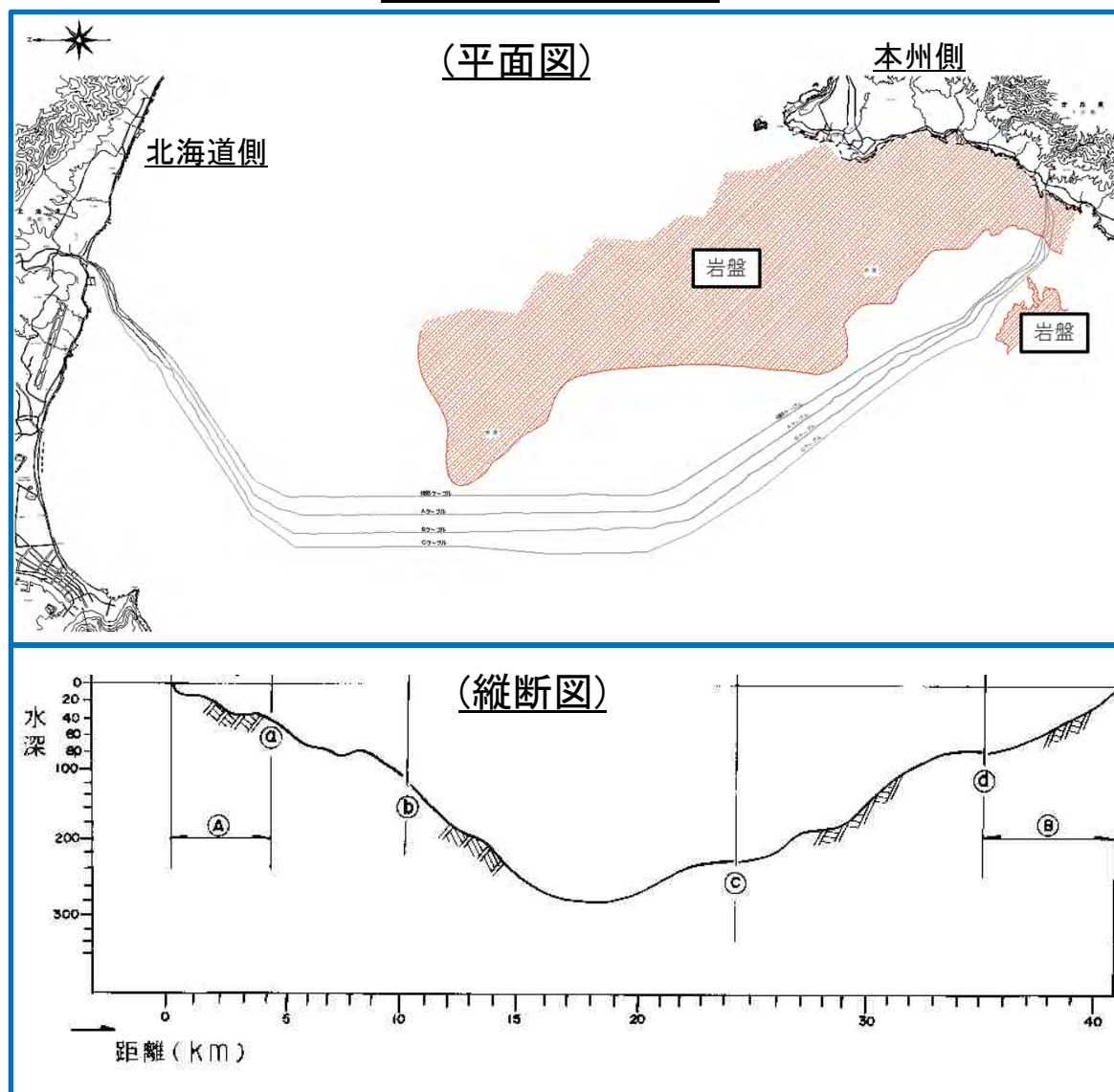
■ 揚陸点

- 北海道側は海底が砂質で緩やかな傾斜で地形・地質とも良好
- 本州側は一帯が岩盤のため掘削を前提に、比較的海底が平坦で岩盤の少ない地点を選定

■ ケーブルルート

- 海峡部及び本州側で大きく張り出した岩盤部を西側に迂回
- 水深は中央部で最大300m程度
- 漁法等も考慮し水深60m程度まではケーブル防護(埋設,防護管)を実施

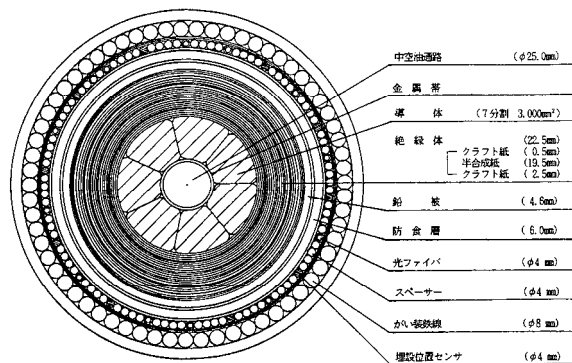
[布設ルート概要図]



2-2. 阿南紀北直流連系設備

1) 設備諸元, 位置

- 直流変換方式 : 他励式変換方式
- 送電容量 : 1400MW
- 送電電圧 : $\pm 250\text{kV}$ ($\pm 500\text{kV}$ 設計)
- 回線数 : 双極1回線 (導体帰路)
- 亘長 :
 - [架空線] 50.7km (関西側)
 - [地中線] 48.9km (阿南変換所～由良開閉所)
 - 陸上ケーブル 2.4km
 - 海底ケーブル 46.5km
- ケーブル仕様 :
 - [本線] - OF 3000mm²(海底)/ 3000mm²(陸上)
 - [帰路線] - OF 3000mm²(海底)/ 3000mm²(陸上)



外径: 188mm
重量: 100kg/m

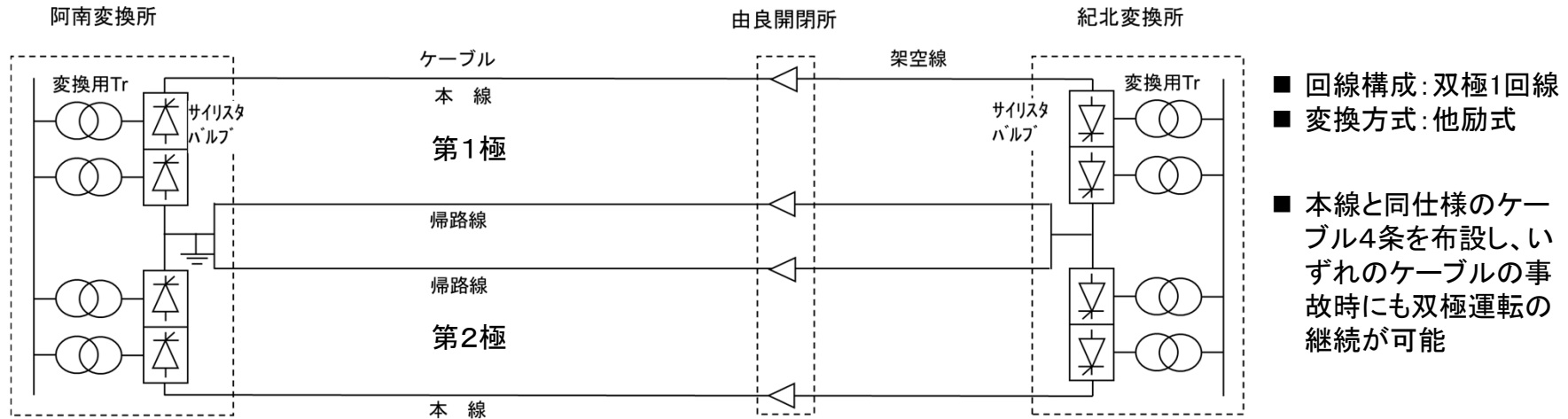
- 国内初の500kV直流OFケーブルで、制御用及び通信用の光ファイバケーブル、埋設位置検知用のケーブルを複合



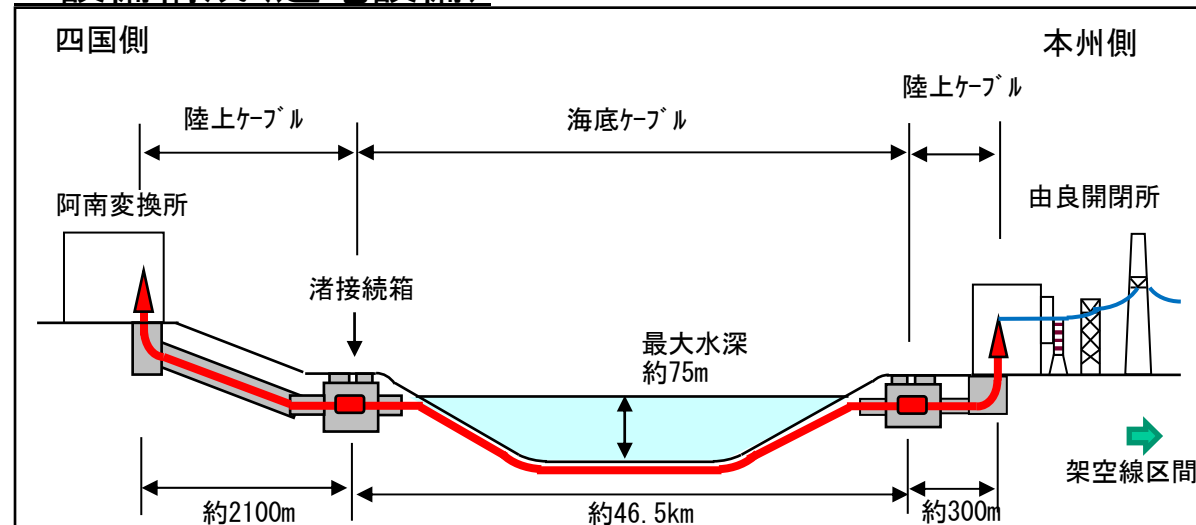
- 関西電力送配電殿(関西)、四国電力送配電殿(四国)及び電源開発送变电ネットワーク(電源開発)の共同建設で2000年に運用を開始

2-2. 阿南紀北直流連系設備

2) 設備構成(全体)



設備構成(送電設備)



	四国側	本州側
架空線	—	由良開閉所 ～紀北変換所
地中線 (地中)	阿南変換所 ～渚人孔	渚人孔 ～由良開閉所
(水底)	渚人孔(四国側) ～渚人孔(本州側)	

人孔: 地中ケーブル接続箇所

2-2. 阿南紀北直流連系設備

3) ケーブルルート

ケーブルルート概要

■ 揚陸点

- 国定公園内から揚陸点・陸上ルートを回避するように選定（徳島側）
- 揚陸点～変換所の地中ルートを短くするように選定（徳島側）

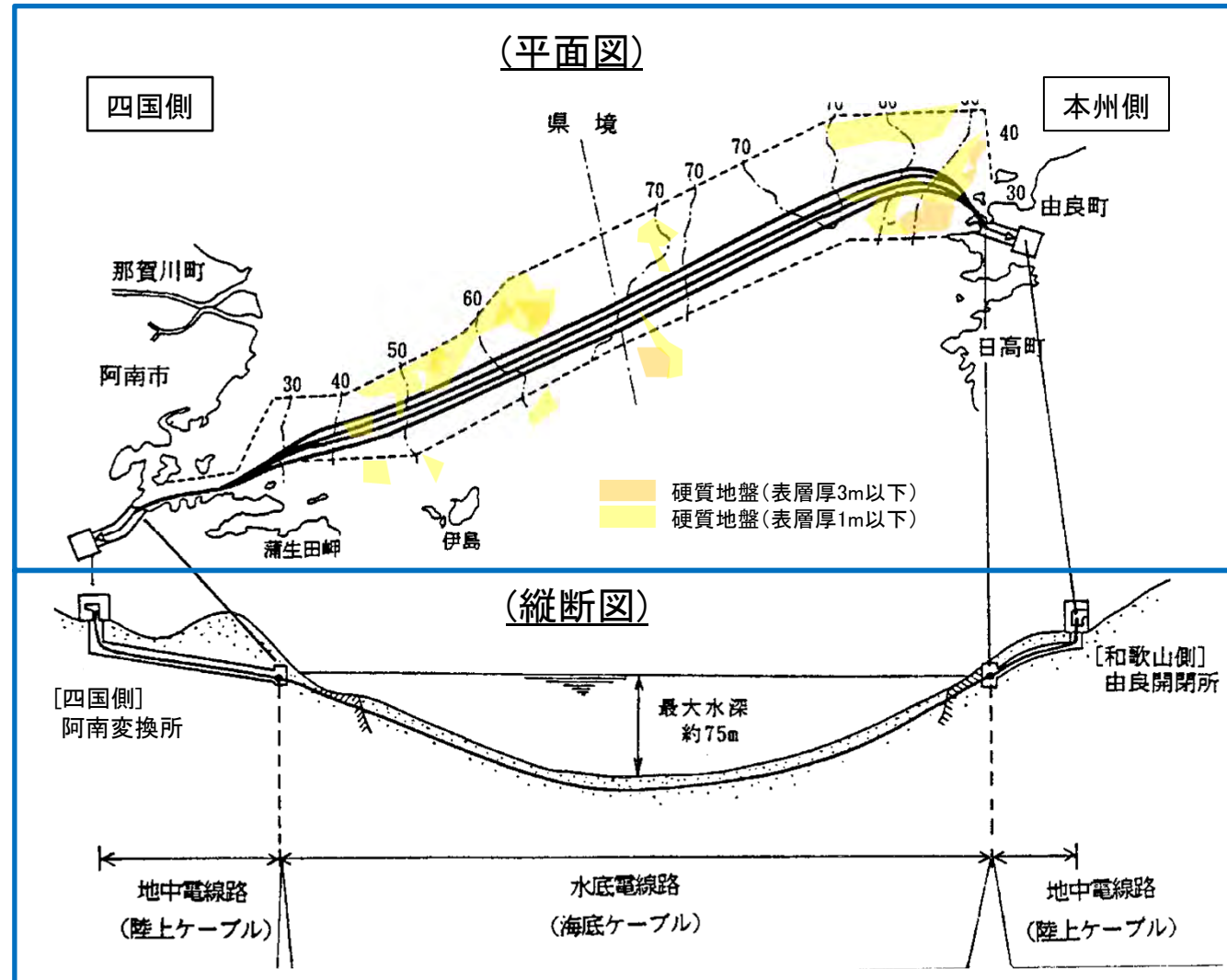
■ ケーブルルート

- 全長埋設することを前提に選定
- 徳島県が既に漁業権消滅補償を行った橘湾一帯の海域を活用
- 本州側は、直線ルート上の沿岸部には岩盤が多く、北側に迂回

■ 全長埋設の理由

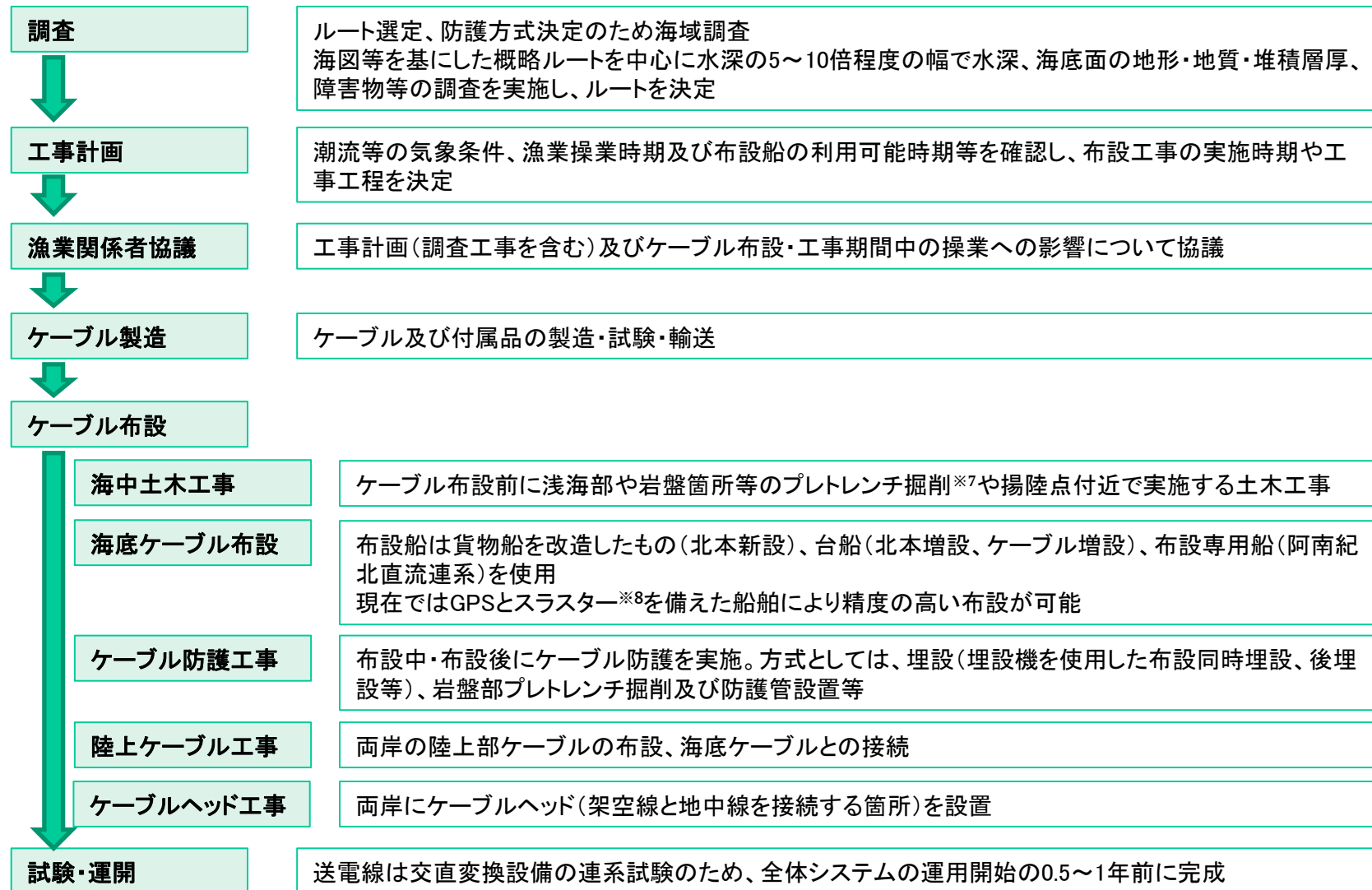
- 大阪湾、瀬戸内海に出入りする船舶往来多地域
- 海域全体にわたり、底曳漁業が操業される地域

[布設ルート概要図]



3. 北本直流連系設備・阿南紀北直流連系設備の工事実績

1) 工事の流れ(海底ケーブル)



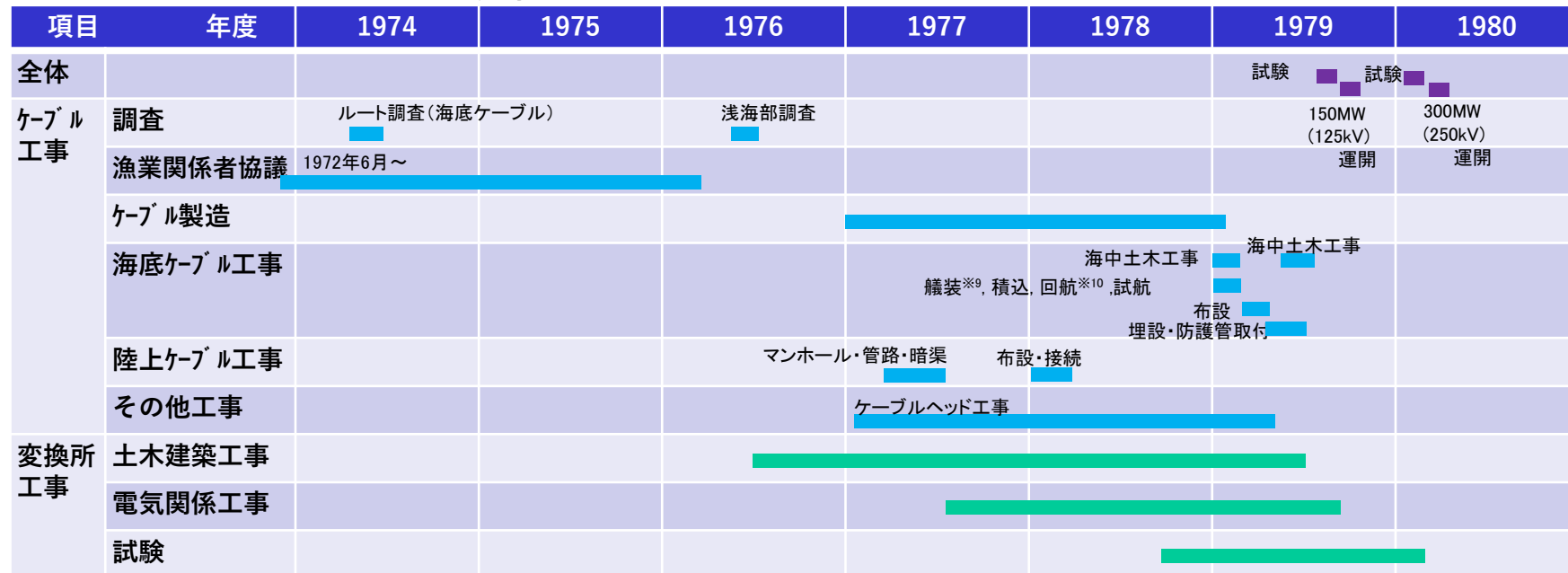
※7 プレトレンチ掘削: ケーブルを布設、埋設するための溝を掘削すること

※8 スラスター: 船舶の位置や向きを微調整する補助推進装置

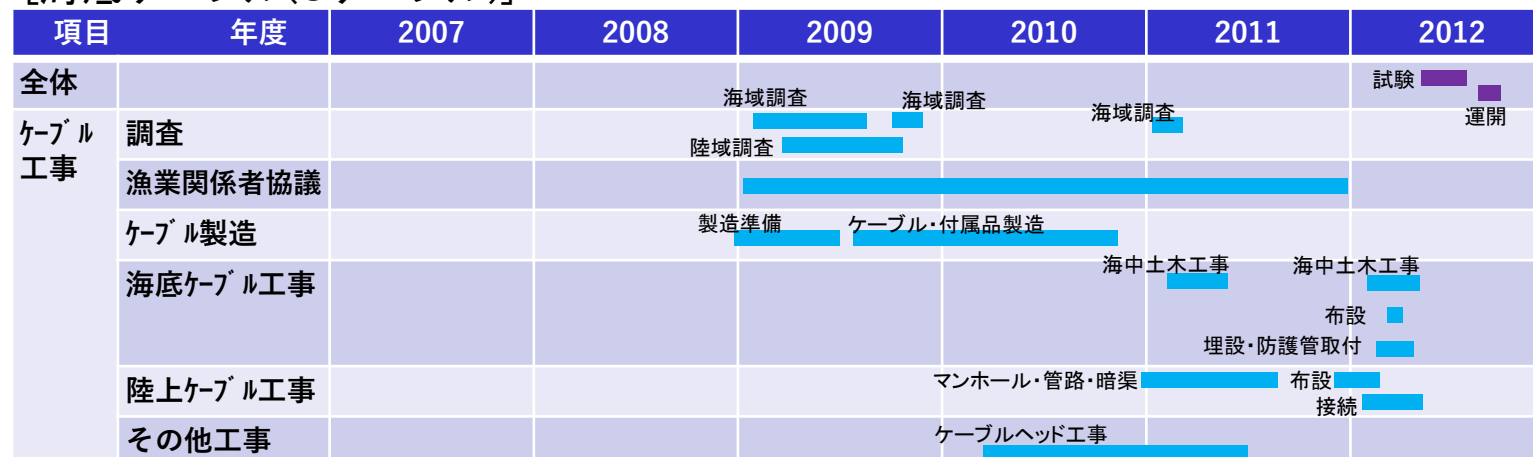
2) 工程表

北本直流連系設備

[海底ケーブル(Aケーブル)・変換所(第1極)]



[海底ケーブル(Cケーブル)]



※9, ※10 スライド17参照

2) 工程表（続き）

阿南紀北直流連系設備

[海底ケーブル・阿南変換所]

項目	年度	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
全体									連系試験	運開
ケーブル 工事	調査	机上調査, 揚陸点選定	概査	精査			事前調査			
	漁業関係者協議									
	ケーブル製造									
	海底ケーブル工事					海中土木工事, 回航 ^{※10} , 艀装 ^{※9}		布設、埋設		
	陸上ケーブル工事						付帯設備工事	布設、接続		
	その他工事					洞道工事				
	変換所 工事									
変換所 工事	土木建築工事									
	電気関係工事									
	試験									

※9 艀装: 布設船上に、当該布設工事に必要な設備や装置を設置すること

※10 回航: 布設船を工事地付近の港まで輸送すること

3) 主な調査項目(海底ケーブル工事)

項 目	内 容
ルート選定（机上）	海図での水深・海底地形調査、漁業調査等を行い、概略ルートを検討
揚陸部調査	揚陸部周辺の地形、地質、開発状況、漁業状況、ケーブルヘッド位置、陸上ケーブル布設ルートを調査
海底面調査	海底面の状況（起伏の有無、底質）を下記手法で調査 ・浅海部：潜水土による目視、突き棒 ・その他：サイドスキャンソナー※11等
水深調査	水深をマルチビーム測深機等で調査 急傾斜地やサンドウェーブ※12箇所等、ケーブル線形が安定しない箇所の特定と布設ルートからの回避に利用 また、布設時の張力管理計画にも利用
堆積層厚調査	海底堆積層の厚さを調査し、埋設可能範囲を特定 ・浅海部：潜水土による突き棒 ・その他：音波による地層探査（ソノプローブ※13等）
通信ケーブル調査	選定ルートと交差する通信ケーブルの施設状況、埋設深さ等を調査し、横断箇所を検討
障害物調査	海底面調査(サイドスキャンソナー等)で確認された特異点について、ROVにより障害物の様相を詳細調査
海象調査	海上風速、波浪の記録を調査し、工事計画（布設時期選定、天候係数等）に利用
潮流調査	16分潮調和解析※14等による、流向・流速予測に加え、電磁流速流向計により海流の流速を測定し、工事計画（布設船挙動制御、ROV作業時間推定等）に利用

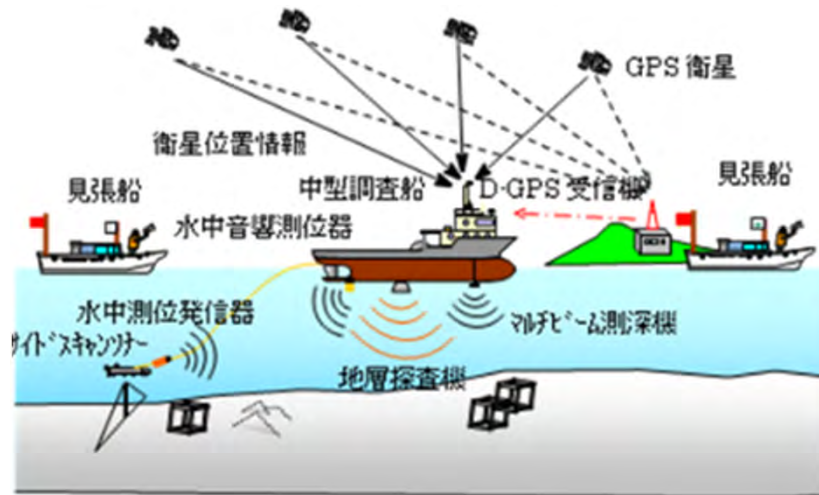
※11 サイドスキャンソナー：スライド20参照

※12 サンドウェーブ：流れの強い海域の海底に、海底の砂粒が流れによって運ばれ堆積する現象

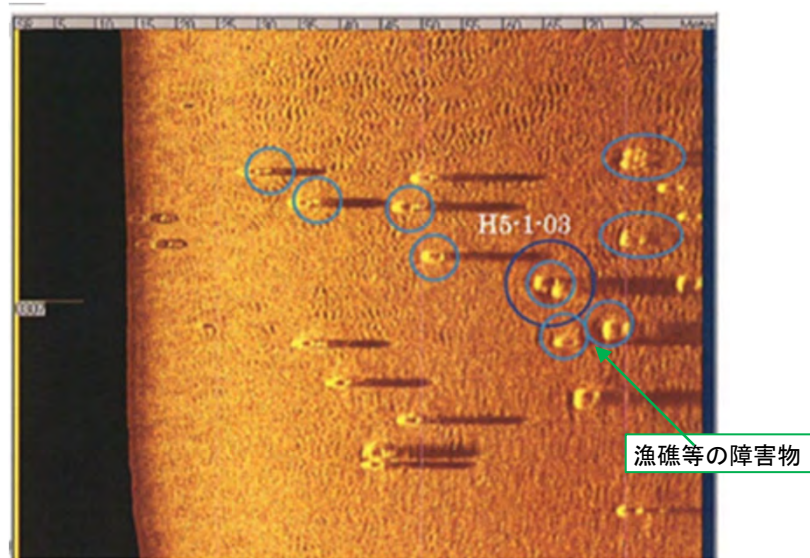
※13 ソノプローブ：音波の反射波によって海底の地質（堆積層）を調査する装置

※14 16分潮調和解析：天体による潮位の変動成分を合成し、潮汐を推定、時間毎の潮位、流向、流速を推定する。

3) 主な調査項目(海底ケーブル工事) (続き①)



海底面調査・水深調査・堆積層厚調査のイメージ



サイドスキャンソナーによる海底面調査

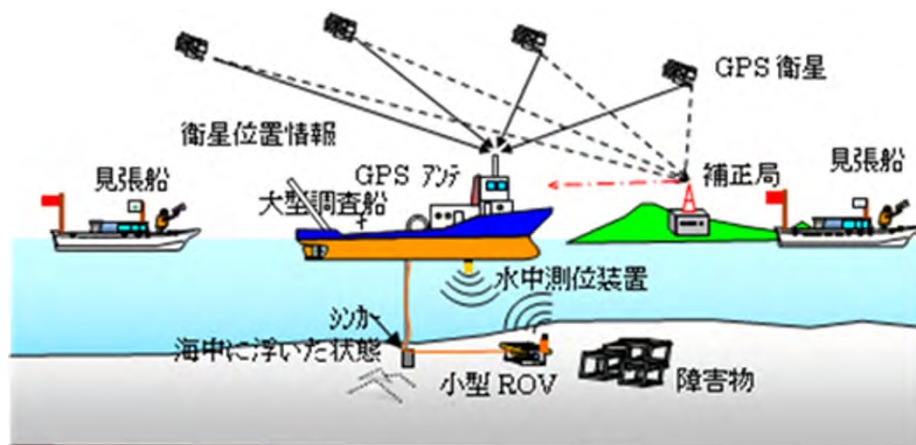


サイドスキャンソナー（音波を発信し、海底で反射した強度を色の濃淡として描画する）



マルチビーム測深機（音波を発信し、海底で反射した音波から水深を測定する）

3) 主な調査項目(海底ケーブル工事) (続き②)



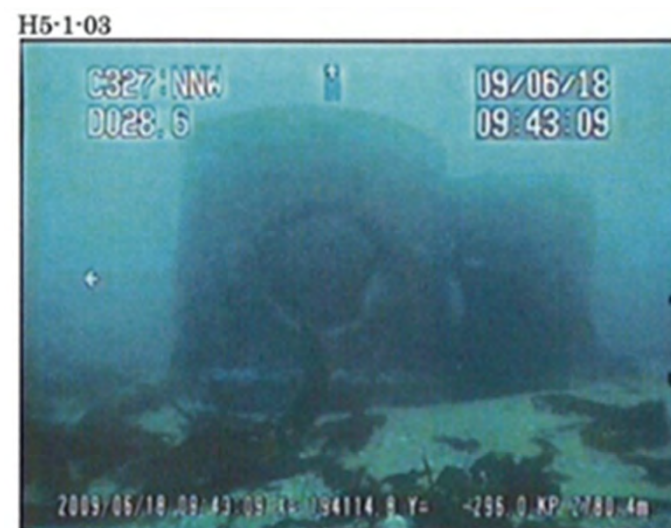
ROVによる障害物調査のイメージ



ROV調査時のオペレーションルーム画面



ROV (Remotely Operated Vehicle:
遠隔操作により水中を潜行できる無人潜水探査機)



ROV調査による障害物映像

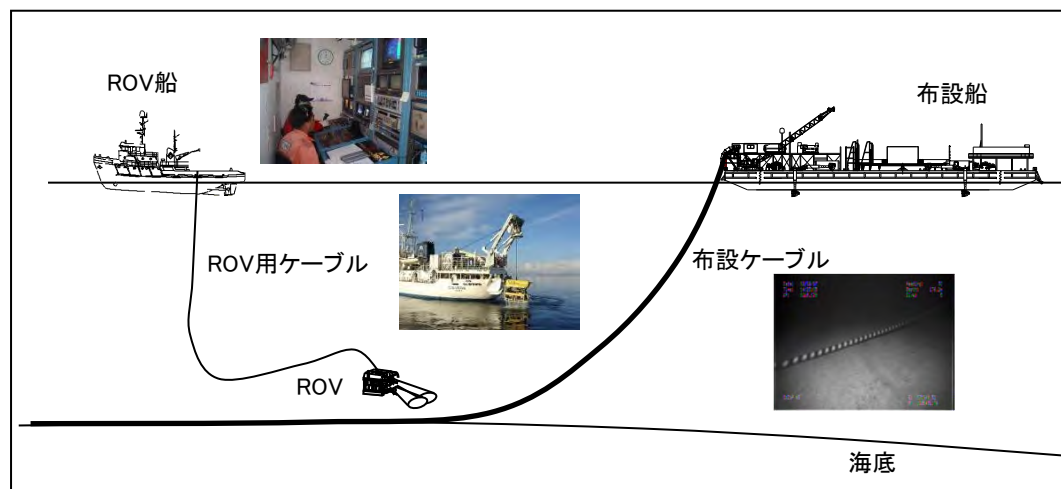
4) 布設船(海底ケーブル)

北本直流連系設備 (Cケーブル)

- 国内の布設船(台船)を使用
- 採用ケーブルが2重鉄線交互撚り鎧装のため、ターンテーブルによる工法が必要であり、ターンテーブルを備え積載可能重量をクリアできる布設船を採用



- ROVにより海底部の布設状況を確認しながら布設



4) 布設船(海底ケーブル) (続き)

阿南紀北直流連系設備

[海峡部]

以下の要件を満たす布設船として、外国船籍のケーブル布設専用船を選定

- 埋設機を牽引し、海峡中央部を2日以内に横断するために、高速で自航可能
- 一連長50km, 5000tのケーブルを積載可能
- 布設精度が高く定点保持が可能なGPSかつスラスターを装備

布設専用船



[徳島県側揚陸部近傍]

徳島県側揚陸部近傍は喫水が浅く、海峡部で使用する布設専用船での布設が不可であったことから、別途布設台船を準備し、布設船からケーブルを積替えて布設

布設台船



5) ケーブル防護(海底ケーブル)

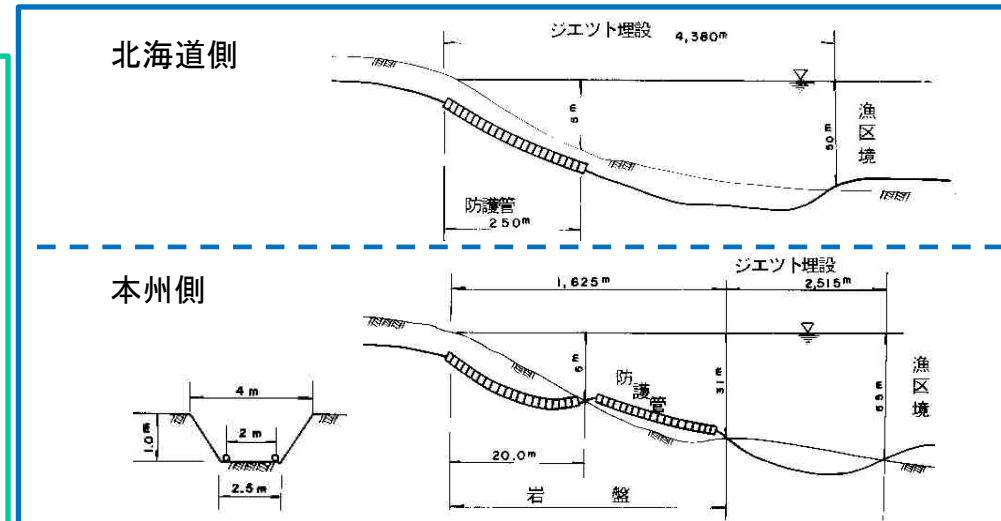
北本直流連系設備

[ケーブル防護の考え方]

- 漁区等を考慮し水深65mまでの区間を対象に底質の状況等に応じ防護方法を決定
- 深海部は船舶によりケーブルが外傷を受けることはない想定し、防護は未実施

[防護方法]

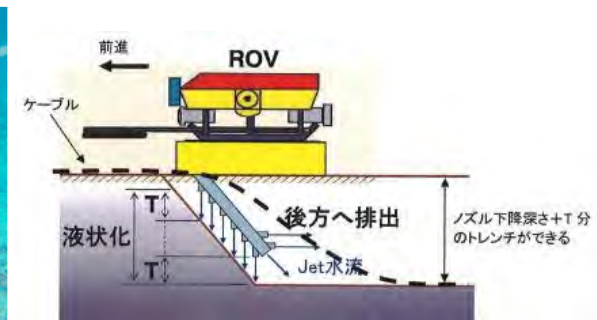
- 底質が砂の箇所はウォータージェット等による埋設
- 本州側揚陸部近傍の岩盤箇所は水深5mまでは深さ1mのトレンチ(溝)を掘りその中に布設
- その他岩盤部は防護管(鋳鉄製2分割)を設置
- 通信線交差箇所は電力ケーブルに防護管を取り付け布設(事前に通信ケーブルを埋設し、その上に防護管付電力ケーブルを布設)



ケーブル防護(新設時)

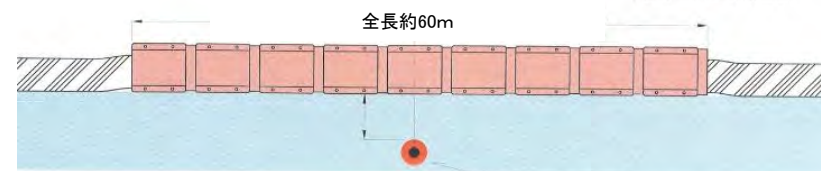


ダイバーによる防護管取付



ROVによるウォータージェット埋設のイメージ

電力ケーブル(ユーラゲ外装着)



通信線との交差箇所におけるケーブル防護の例

5) ケーブル防護(海底ケーブル) (続き)

阿南紀北直流連系設備

[ケーブル防護の考え方]

- 最大水深が75mと比較的浅いこと、底質が砂で堆積厚が数mであること、漁業形態として底引き網漁法を実施していること、商船の航行が多いことから全長埋設を選択
- 紀淡海峡を航行する船舶の最大の錨の大きさを調査し、走投錨試験を行い埋設深さを決定

[防護方法]

- 全長(徳島側および和歌山側揚陸部近傍は埋設した管路内に布設)に亘り埋設深さ2~3mとなるよう埋設
- 海峡部は、布設専用船+鋤式埋設機により、布設同時埋設
- 徳島県側揚陸部近傍の岩盤箇所は岩盤掘削機によりプレトレンチ掘削を実施、布設台船によりトレンチ(溝)内にケーブル布設

鋤式埋設機



岩盤掘削機



6) システム解析

[直流システム検討時の系統解析事例]

直流設備連系に伴う既存系統への影響評価と直流設備の仕様検討を解析により確認する。

種別	解析項目	目的
影響評価	基本制御時の応答解析	電圧変動および電圧不安定現象有無確認、無効電力補償量
	直流設備連系時の安定性	各種事故時の応答確認、系統安定性確認
	高調波安定性	交流系統との相互作用による高調波拡大の有無確認と対策検討
	発電機軸ねじれ振動	近傍にある発電機軸との干渉による拡大現象の発生有無確認と対策検討
仕様検討	運転諸量計算	主要機器の電氣的諸元の検討、発生高調波レベルの把握・フィルタ設計
	雷サージ	変換所機器の絶縁設計・絶縁協調確認
	制御機能シミュレーション	制御パラメータ類の評価、周波数制御等の効果確認

[解析による検証後に北本に適用された機能の事例]

■ 周波数制御機能 (AFC: Automatic Frequency Control)

北海道および本州系統の周波数変動に応じて電力を相互に融通するもので、平常時の周波数安定化と事故時の緊急融通を実現

■ 逆送運転機能

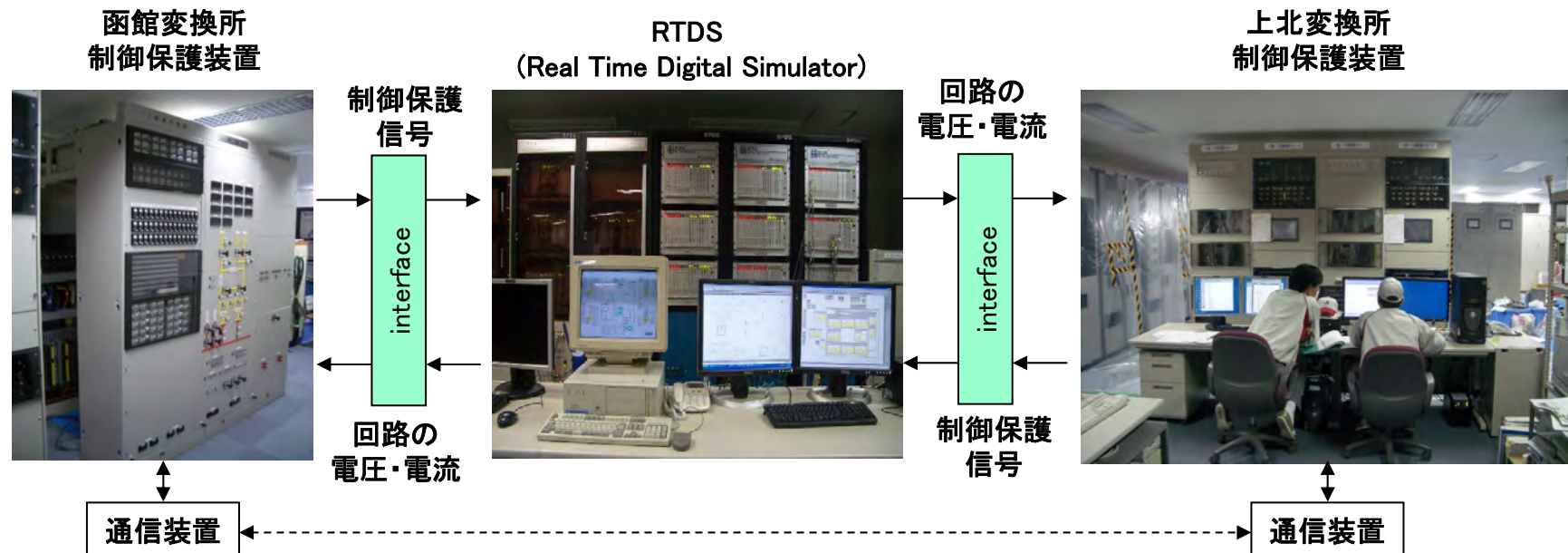
第1極と第2極を逆向きの運転を行うことで、最低電力融通制約(北本は30MW/単極)の解消と電力融通無しに周波数制御機能を実現

6) システム解析（続き）

北本制御保護装置組合せ試験

- 北本第1極及び第2極の制御保護装置のメーカーは函館変換所と上北変換所で異なっている。両端同一メーカーであれば、当該メーカーの工場で実施する試験であるが、異メーカーであることから、両端の制御保護装置の組み合わせ試験を電源開発(株)茅ヶ崎研究所に設置してあるRTDS※¹⁵を使用して実施した。
- 本来実系統試験ではできない事故時応答試験など、多数の試験ができた。
- 実系統試験前に実施することで試験期間の短縮および設備改修による工程遅延を回避できた。

※15 RTDS: 変換器、送電線、発電機などの直流送電システムや交流系統の主回路を模擬することができるシミュレータ装置



7) 工事の留意事項

[海底ケーブル布設] ①

項 目	内 容
調査・ ルート選定	- 調査は気候や漁業時期に配慮した実施時期を選定し、実施にあたり漁業関係者との協議、合意取得を実施。 - 揚陸点は揚陸部の陸上地形や底質、ケーブルヘッド位置及び陸上ケーブルルート等を考慮し選定 - ルートは机上選定後、海域調査結果を基に岩盤部や障害物を回避したうえで、経済的なルートを選定 - 複数のケーブルを布設する場合は、ケーブルの間隔は水深と布設精度を考慮し決定 - 通信ケーブル等と交差する場合は交差位置等を検討
ケーブル開発 ・製造	- ケーブル・付属品の開発に当たっては、直流電気性能に加え、布設時のケーブル曲げや応力を考慮した機械性能も考慮した設計・検証が必要 - 大容量長距離海底ケーブルでは、工場でのケーブル接続が必要となる場合があり、接続回数を減らす（製造一連長を長くする）ことでの製造期間短縮も考慮
工事計画	- 潮流等の気象条件、漁業時期及び布設船の利用可能時期等を確認し、布設工事の実施時期や工事工程を策定 - 合わせて海底面調査・ルート選定から最適な工法を選定、必要により工事用機材も開発※16 ※16 阿南紀北では布設同時埋設が可能なWJ（ウォータージェット）＋鋤式埋設機及び岩盤部プレートレンチ掘削用大型岩盤掘削機を開発 - 荒天による停船時のケーブル防護対策等も事前に検討

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	施工、設置にあたり許認可申請・届出が必要 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
漁業関係者協議	- 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 - 協議期間は一定程度の裕度を考慮
ケーブル布設	- 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 - 布設開始日は布設期間中の天候を予測し決定 - 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
ケーブル防護	- 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 - 埋設を基本として、岩盤部ではプレトレンチ掘削や防護管設置 - 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
保守・点検	ROVや潜水土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

7) 工事の留意事項（続き）

[変換所建設]

項 目	内 容
土木建築工事	- 変換器から発生する熱を冷却させるため、冷却システムの構築（井戸水や工業用水などから冷却水を確保、冷却水循環ポンプや配管の設置など）が必要 - ラジオノイズ低減のため、サイリスタバルブ室にシールド工事を実施
電気関係工事	- サイリスタバルブ輸送時の環境(塵埃, 湿度)、振動、衝撃に対して配慮が必要。 - サイリスタバルブの据付・組立時から、周囲の塵埃や温湿度の管理が必要
試験	- 単体調整試験：現地据付後の機器・装置単体の性能・機能の健全性を確認 - 総合動作試験：制御ケーブル類の接続やインターロック、出力・表示などの正常動作を確認 - 低電圧通電試験：低電圧電源により変換装置を運転・通電し、直流回路を含めた総合機能を確認 - 絶縁耐力試験：系統受電前に各機器が所定の絶縁性能を有することなどを確認 - 系統連系試験：系統に連系して電力融通を行いながら、システム全体の機能、特性などを確認 （試験項目例）起動停止試験、保護連動試験、高調波・ラジオノイズ測定など

4. 運用・保守

1) ケーブル(北本直流連系設備)

(保守)

- 非埋設区間を主に2006年よりROVを使用した目視点検(頻度:10年/回)を実施※17
 - ✓ 点検の結果、ケーブル下の洗堀、ケーブル至近に設置された漁礁、大量の流砂による埋没、キンク(ケーブルが円環状に変形)箇所を確認
 - ✓ ケーブル下洗堀箇所はケーブルが移動しないように措置
- 懸錨等による損傷事故が2回発生

※17 阿南紀北直流連系設備の海底ケーブルは全長埋設しており、ROV点検は実施していない

2) 変換設備(北本直流連系設備)

(運用)

- 1993年に第2極が増設されて以降、北海道および本州系統の周波数に応じて電力を相互に融通し、系統周波数の一層の効率的制御と安定化に寄与
- 至近5年間(2015年～2019年)の設備利用率(平均)は、ほぼ100%と高稼働な状態を維持。
- 2019年新北本運開後は、新北本または北本のどちらかが系統周波数制御を実施するなど、制御の協調を図っている。
- 運用開始後、運用に大きな影響を及ぼす設備故障はなし

(保守)

- 変換器の点検周期
 - 普通点検:1回/1年(設備停止日数:5日程度)、細密点検:1回/6年(設備停止日数:14日程度)
- 制御保護装置の更新
 - 経年劣化や保守対応期限の関係から更新を計画・実施
 - 第1極:2008年に更新(更新時経年:29年)、第2極:2020年に更新(更新時経年:27年)

5. 長距離直流送電の整備に向けたまとめ

1) ケーブル布設

- 揚陸点: ケーブルの外傷防護のため海底地質は埋設が可能な砂地が適していることから、岩盤は避けることが望ましい。
- ケーブルルート: 布設後のケーブルの損傷及び移動を防止するため、岩盤地域、急勾配箇所、海流による海底部の地形変化が予測される箇所などは避けることが望ましい。
- ケーブル防護: 底曳網漁のような漁法や商船等の航行による投走錨等により外傷が懸念される個所は埋設・防護管設置が必要な場合がある
- 工事実施: 漁期を可能な限り回避するなど、漁業関係者の協力が得られるような布設工事時期の設定が必要。
- 変換所: 既設送電線・変電所等連系点の近傍で地質・地盤が安定した平坦な場所に設置することが望ましい

2) 海洋環境への配慮

- 汚染防止: ケーブルの電気絶縁に油を用いないXLPEケーブル等の採用
- 海水温: 送電によるケーブル温度上昇に伴う海水温度への影響については事前に検討を実施
- 工事中の汚濁防止: 浅海部において工事による濁水により漁業への影響が懸念される個所では、濁水拡散防止のための措置を講ずる

3) 漁業関係者協議

海底ケーブル布設に伴い漁業操業への影響が懸念される場合には、漁業関係者との協議により補償を実施

1. 補償額的前提

土地等の取得又は使用に伴って生ずる損失については、「公共用地の取得に伴う損失補償基準」(昭和37年10月12日 用地対策連絡会決定 以下、「基準」。)に準じて算定

2. 対象者

漁業権の免許を受けている者、入漁権の権利を取得している者、許可漁業の権利を有する者等

3. 算定プロセス

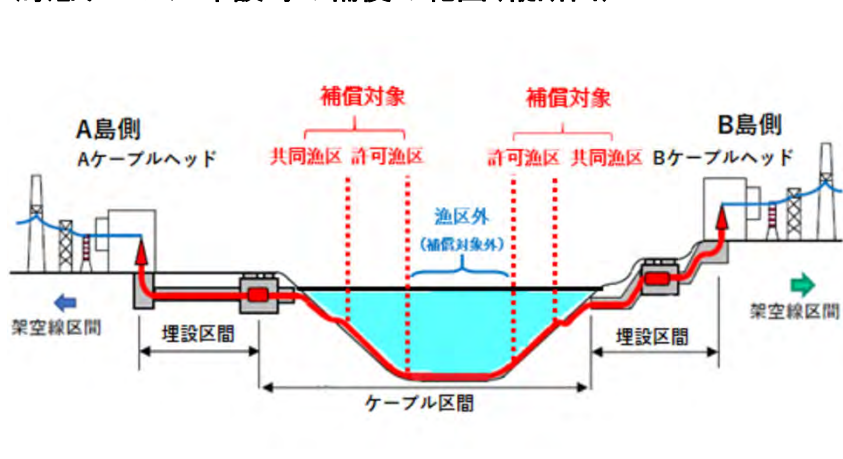
① 漁業権等の消滅に係る補償

平年の純収益を資本還元した額を基準として算定

② 漁業休止の補償

通常漁業を休止することを必要とする期間の固定的な経費等・所得減を算定

海底ケーブル布設時の補償の範囲(縦断面)



海底ケーブル布設時の補償の範囲(平面図)

