5. 日本のインフラを使った潮流発電機・支持構造物の施工技術の確立に関する業務

潮流発電機の設置・撤去工事にかかる技術検討は当初より国内の作業船を起用する前提で検討を進めてきた。商用機レベルの大型潮流発電機の設置・撤去工事は、工事自体が国内初の試みであることに加え、当該潮流発電機は5つのブロックに分割されており、そのブロックを海中で組み立てる構造である。潮流の極めて速い海域で、海中組み立て構造の難易度の高い海洋工事を強いられることから、潮流発電機メーカーは、その機能・性能を担保する等の理由により、工事を遂行するうえでの必須要件として、欧州において潮流発電機設置・撤去工事の経験を有する外国人 SV (Supervisor) の立会いを要求していた。

しかしながら、設置工事においては、工事を予定していた 2020 年度はコロナ禍の渦中であり、外国人 SV が航空機で空路から国内へ入国する目途が立たなかった。このため、窮余の策として、外国人 SV は船による海路からの入国を目指すこととし、入国に利用した海外の船を用いて設置工事を行う計画への変更を余儀なくされた。

- ・潮流発電機の設置工事が可能な外国籍 DP (Dynamic Positioning System) 船を傭船する
- ・外国人 SV は第三国で外国籍 DP 船に乗船して日本へ入国する
- ・日本人作業者が外国籍 DP 船に乗船して設置工事を実行し、工事終了後、直ちに外国籍 DP 船は日本を出国する
- ・外国人 SV は、国内滞在期間中、外国籍 DP 船の船内で生活し、日本の本土に一度も上陸 することなく第三国へ向けて出国する

加えて、2021 年度は実証運転の期間をより長く確保したため、潮流発電機の撤去工事は 2022 年度以降へ持ち越しとなり、国内作業船での設置・撤去工事は机上検討に留めた。

本章では、国内の作業船を起用する前提での机上検討について 5.1 項及び 5.2 項に記載する。外国籍 DP 船を起用した施工実績については 5.3 項に記載する。

なお、水底ケーブルの敷設・撤去にかかる施工技術は既に国内で確立されているため、6.3 項において敷設工事の紹介に留め、仔細な検討内容の報告は割愛している。

5.1. 設置・撤去施工技術の検討

5.1.1. 概要

(1) 検討概要

本事業で使用する潮流発電機は、タービン発電機や支持構造物がブロック化されており、ブロックを海中で組み立てて潮流発電機を完成させる構造である。潮流発電機全体の気中重量は900tを超えるものの、日本海事協会による設計適合評価において、1ブロック当たりの最大重量を205tとする5ブロック組み立て式の潮流発電機が認可されたことから、設置・撤去工事においては吊り能力2,000~3,000t級の大型クレーンを有する作業船を必要とせず、地元長崎県の係留式作業船の起用及び国内DP船の起用を前提としてクレーンの吊り能力や係留能力等の設備能力の検討を実施した。

(2) 潮流発電機諸元

潮流発電機の構造図を図 5.1-1 に、構成部材の気中重量を表 5.1-1 に示す。タービン発電機の支持構造物は 3 点支持の重力式であり、支持構造物に錘の役割を果たすバラストブロックを搭載することで海底での安定性を確保する構造である。

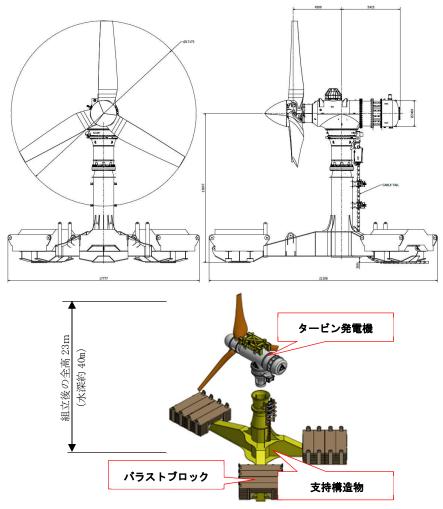


図 5.1-1 潮流発電機構造図

表 5.1-1 潮流発電機構成部材の気中重量

品目	数量	量(トン)	備考
タービン発電機(ブレード及びナセル)	1	122	ケーブル接続部材含む
支持構造物	1	175	
バラストブロック	3	205/pc	
合計		912	

(3) 潮流発電機設置位置

奈留瀬戸における潮流発電機設置位置近傍の海底地形図を図 5.1-2 に示す。過年度に実施した調査により、海底面一帯は、一様に連続する中新世の五島層群の岩が露出し、コアサンプリング及び一軸圧縮試験結果から、潮流発電機設置位置付近は圧縮強度100MPa 程度の十分な地耐力を有することが確認されている。

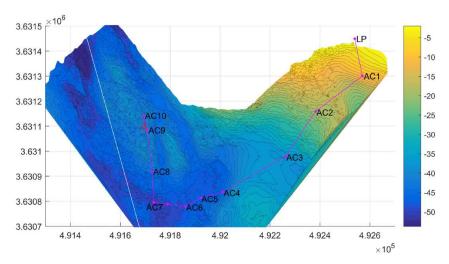


図 5.1-2 海底地形図

5.1.2. 係留式作業船

(1) 作業船検討概要

長崎の県内業者である(株)西海建設が保有する作業船 Blue Orca の起用を前提として検討を実施した。Blue Orca は吊り能力 550t の全旋回デリッククレーンを備えたアンカー係留式の作業船であり、長崎県において最も大きい吊り能力を備える。作業船の参考写真を図 5.1-3 に、基本諸元を表 5.1-2 にそれぞれ示す。Blue Orca の起用可否を判断するため、オフショアでの洋上施工にあたり 2 大制約となる吊り能力及び係留能力について、それぞれ検討を行った。



出典:西海建設 HP

表 5.1-2 Blue Orca 基本諸元

項目	仕様
機種	起重機船
総トン数	2,084ton
長x幅x深	70.0m x 27.0m x 5.0m 艏/5.5m 艫
喫水	軽荷 2.2m、満載 4.0m
積載能力	3,400ton
最大吊能力	550ton 吊
クレーン原動力	1500PS/1800rpm
ウイント゛ラス	16t/8.0t,13.5/27.0m/min,4基
係留ウインチ	15t/7.5t,18.0/36m/min,4基
押船原動機	1000PS x 2 基

図 5.1-3 Blue Orca 外観

(2) 吊り能力検討

支持構造物は、潮流発電機設置工事にかかる全ての吊り荷の中でクレーン作業半径が最大となる等、クレーンの吊り能力に対して最も厳しい条件での吊り作業となる。このため、支持構造物を対象として、Blue Orca のクレーン吊り能力に不足が無いか照査を実施した。

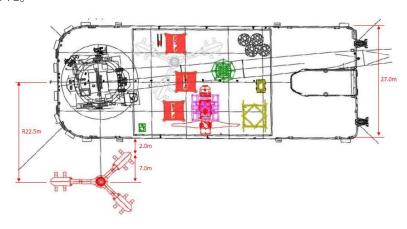


図 5.1-4 支持構造物吊り上げ状況 (平面図)

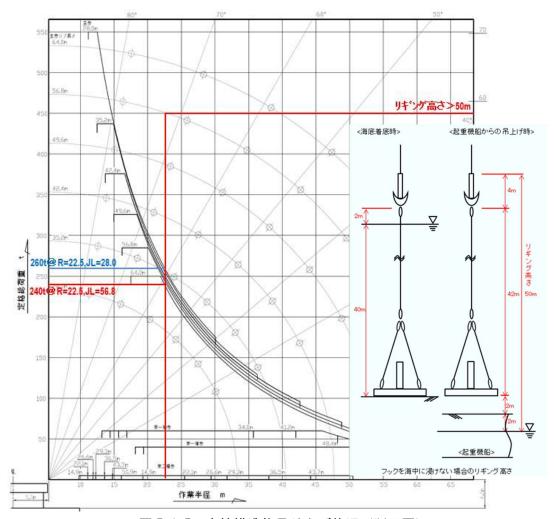


図 5.1-5 支持構造物吊り上げ状況 (断面図)

- ・図 5.1-4 より、作業半径 (R) は、22.5m に設定。
- ・図 5.1-5 右上のリギング高さより、フックを海中に浸けない場合のジブ長 (JL) は 56.8m となる。
- ・図 5.1-5 より、R=22.5、JL=56.8m の時、クレーン定格荷重は約240t。
- ・吊り荷の総重量は、支持構造物 175t、フック及び玉掛具総重量約 16t から、合計 191t となる。

ここで、吊り荷の総重量 191t に対し、クレーン定格荷重は 240t(R=22.5m、JL=56.8m)であるため、DAF=1.25を許容する。また、仮に、フックを海中に浸けて施工する場合、クレーン定格荷重は 260t(R=22.5m、JL=28.0m)であるため、クレーンの吊能力に対する裕度は増すため、静荷重を対象とした吊り能力検討では、Blue Orca の吊り能力に不足は見られないと言える。なお、DAF(Dynamic Amplification Factor)とは、吊り荷に作用する鉛直加速度(動的影響)を考慮する際の荷重割増率

を示しており、簡易的に、動荷重=静荷重×DAFで算出される。

(3) 係留能力検討

Blue Orca は 4 基の係留ウインチを備える。 デッキ上の係留ウインチの配置を図 5.1-6 に、係留ウインチの諸元を表 5.1-3 にそれぞれ示す。

潮流発電機設置海域である奈留瀬戸は、海底面に岩盤が露出しておりアンカーの把 駐力を期待できないことから、アンカーに代えて重力式のシンカーを設置する前提で 係留検討を行った。また、係留ウインチの他、船首、船尾に各2丁のウインドラスを備 えるが、海底面が岩盤であるために、その効果が限定的であることからウインドラスを 使用しない前提とした。

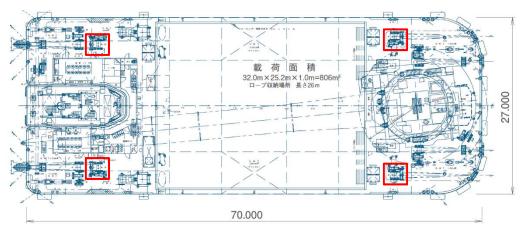


図 5.1-6 係留ウインチ配置図 (赤枠)

項目	仕様					
台数	4基					
定格荷重	15ton / 7.5ton					
定格速度	18m/min / 36m/min					
バンドブレーキ	22ton					
モータブレーキ	26ton					
ワイヤー	船首 φ40mm・400m・2本					
	船尾 φ42mm・500m・2 本					

表 5.1-3 係留ウインチ諸元

係留検討は、汎用動的解析ソフトである Orca flex を用いて潮流発電機メーカーが行った。解析は、上げ・下げ潮の2つの潮流方向、有義波高と波の周期の32通りの組み合わせ、及び9通りの波向き解析モデルを考慮して合計576通りのシミュレーションを実施した。

図 5.1-7 に解析モデル、表 5.1-4 にインプットした条件の一覧表を示す。

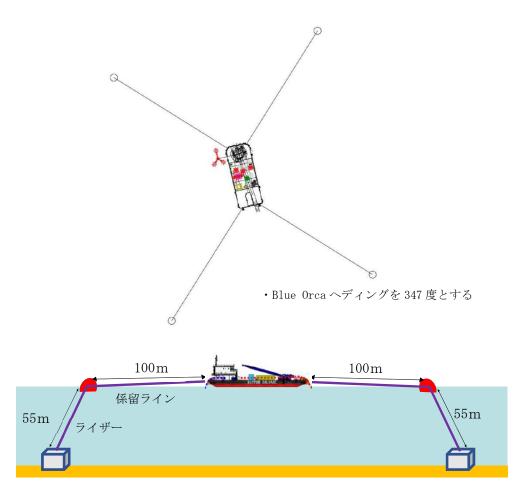


図 5.1-7 解析モデル (平面及び断面図)

表 5.1-4 インプット条件

項目	インプット条件
潮流向き	下げ潮 178.5 度、上げ潮 335.5 度
潮流速度	2.8m/s
有義波高・	有義波高 (0~5m)、波周期 (1~16sec) の組み合わせのう
波周期	ち、最頻値 16 データを抽出
波向き	180~340 度まで 20 度ピッチ
風速	10m/s

(注)潮流及び波向きは、北から時計回りの角度を指す

解析の結果、有義波高 1.5m、周期 8 秒の時に、係留ラインの張力が最大となり、必要なシンカー重量は 121.5ton であった。

・係留ライン:398kN ・ライザー:435kN

また、実施工を考慮して、有義波高を 1.0m とすると、係留ラインの最大張力は約2

割減じて以下の結果となった。

・係留ライン:312kN ・ライザー:350kN

上記結果によると Blue Orca の係留能力が不足する。しかしながら、これは潮流速 2.8m/s の一定速度で検討したものであり、時刻歴で考えた場合、係留能力の超過は吊り作業を行わない速い潮流が作用する時間に限られる。このため、速い潮流の作用下では、係留能力の不足を補うために曳船で加勢する方法を採用すれば、Blue Orca の既存ウインチを用いて係留することができる。計算によると、曳船で15t 加勢することで、係留力を 35%減じることができる。曳船で加勢する際のイメージ図を図 5.1-8 に示す。

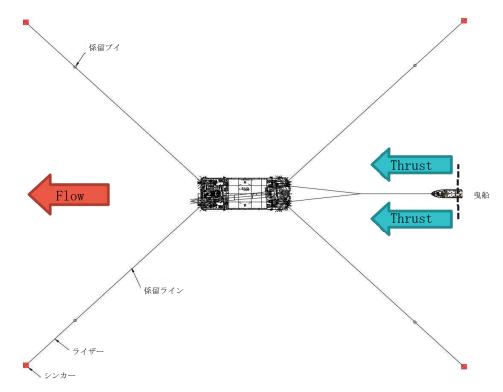


図 5.1-8 曳船による加勢イメージ

5.1.3. 国内 DP 船

(1) 作業船検討概要

東洋建設(株)が保有する AUGUST EXPLORER は、国内で最大の吊り能力を有する DP 船の一隻であり、その参考写真を図 5.1-9 に、基本諸元を表 5.1-5 に示す。DP 船は、船体の位置保持をスラスターで行うため、施工現場で係留する必要が無く、係留式の作業船と比較し、機動性に優れ、洋上作業の簡素化や工期短縮等によるコストダウンを期待できる。ここでは、特に撤去時を想定し、AUGUST EXPLORER を起用した場合のタービン発電機及び支持構造物の吊り上げ可否検討を行った結果を示す。



出典:東洋建設 HP

図 5.1-9 AUGUST EXPLORER 外観

表 5.1-5 AUGUST EXPLORER 基本諸元

項目	仕様
機種	自航式多目的船
総トン数	4,831ton
長x幅x深	88. 9m x 27. 0m x 5. 0m
喫水	軽荷 2.76m、満載 3.95m
積載能力	3,500ton
最大吊能力	500ton 吊
推進装置	全旋回式 2,000PS x 2 基
スラスター	昇降全旋回式 800PS x 2 基
DPS 能力	潮流 2 ノット、風速 15m、全方向

(2) 吊り能力検討

まず、タービン発電機の吊り作業を行う際のクレーン能力の照査を行う。

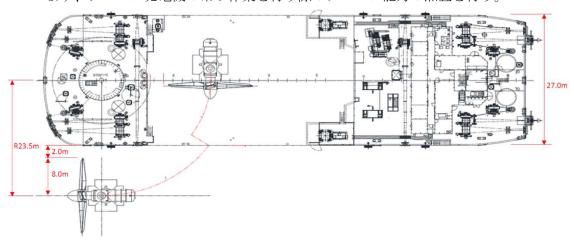


図 5.1-10 タービン部吊り上げ状況(平面図)

フックを海中につけない場合のジブ長は、タービン発電機だけの吊り作業であれば ジブを短尺化することが可能であるが、タービン発電機の吊り作業には、海底面に設置 する(または撤去する)水底ケーブルのコネクタの吊り上げ作業が生じるため、Blue Orca と同じく長尺のジブが必要である。ここでは、フックを海中に浸けずに施工する 場合のジブ長を57.4m、海中に浸ける場合のジブ長を25mとして検討する。

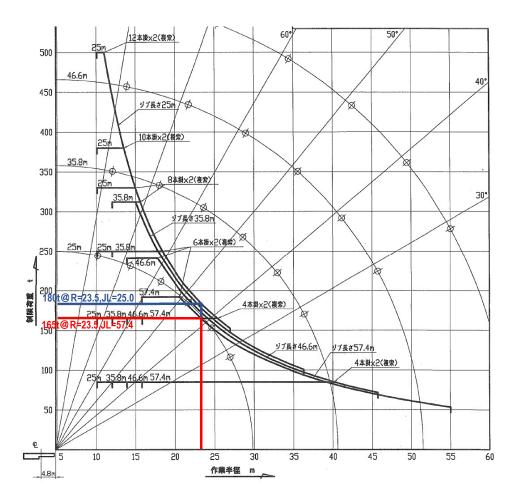


図 5.1-11 AUGUST EXPLORER クレーン性能曲線

- ・図 5.1-11 より、作業半径 (R) は、23.5m に設定。
- ・図 5.1-11 より、R=23.5、JL=57.4mの時、クレーン定格荷重は約165t。
- ・吊り荷の総重量は、タービン発電機 122t、フック及び玉掛具総重量約 8t から、合計 130t となる。

ここで、吊り荷の総重量 130t に対し、クレーン定格荷重は 165t(R=23.5m、JL=57.4m)であるため、DAF=1.26を許容する。また、仮に、フックを海中に浸けて施工する場合、クレーン定格荷重は 180t(R=23.5m、JL=25.0m)であるため、クレーンの吊能力に対する裕度は増す。撤去時にはタービン発電機に付着するマリングロスの重量を考慮したより仔細な重量計算を必要とすることに留意しなければならないが、静荷重を対象とした吊能力検討では AUGUST EXPLORER の吊り能力に不足は見られないと言える。

一方、支持構造物は、AUGUST EXPLORER と Blue Orca の船幅が 27.0m で同一であることから、支持構造物を吊り上げる際の作業半径は 22.5m となる。図 5.1-12 より

AUGUST EXPLORER の支持構造物の吊り作業では、明らかに十分な DAF を確保することができない。

(3) DP 能力検討

AUGUST EXPLORER の DP 能力図を図 5.1-12 に示す。クレーン作業の風速による中止基準は労働安全衛生法により 10m/s と定められており、この時、潮流の速さが 2.5 ノット未満であれば、全方向の風荷重及び潮流速に対して定点を保持することができる。DP 船は係留の必要が無いため、潮どまりと潮どまりの間の速い潮流が作用する時間帯は付近の潮だまりに退避しておき、潮どまりの時間帯にだけ現場で作業することができるため、AUGUST EXPLORER の DP 能力であれば、現場での位置保持は十分に可能と言える。

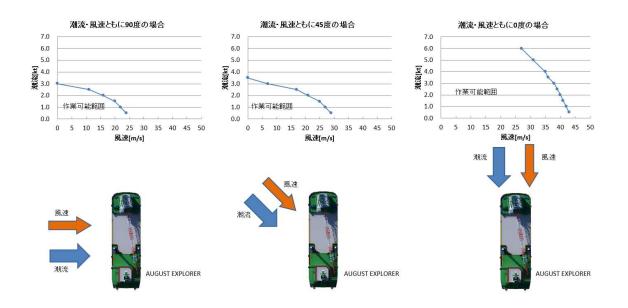


図 5.1-12 AUGUST EXPLORER DP 能力図

5.2. 施工資機材の選定

5.2.1. 作業船

潮流発電機の設置・撤去工事が可能な作業船を表 5.2-1 に示す。工事の対象を全設置・全撤去及びタービン発電機部に区分し、前者は支持構造物の吊り上げが可能な係留式作業船、後者は支持構造物の吊り上げが不可能であるもののタービン発電機の吊り上げが可能な DP 船を現存する国内の作業船から抽出したものである。

会社名	船名	クレーン 定格 (ton)	Winch 定格荷重 (ton)	Winch ルント"フ"レー‡ (ton)	Winch モータブレーキ (ton)	全設置 全撤去	タービン 発電機設 置・撤去	備考
A社	W	1800	60			0	0	係留式
B社	X	1600	25			0	0	係留式
C社	Y	600	30	60	50	0	0	係留式
西海建設	Blue Orca	550	15	22	26	0	0	係留式
D社	Z	500				×	0	DP船
東洋建設	AUGUST EXPLORER	500				×	0	DP船

表 5.2-1 潮流発電機設置・撤去工事可能な作業船一覧

【凡例】 〇:活用が期待できる船舶 x:活用が難しいと考えられる船舶

国内に現存する作業船のうち、支持構造物を吊り上げ可能とする係留式作業船は 4 隻しか存在せず、今後、支持構造物を設置・撤去する際には、これら 4 隻の中から選定することとなる。なお、これら係留式作業船は全て全旋回クレーンを備えており、国内に数多く存在する俯仰クレーンを備える作業船は吊り荷を自らの甲板に搭載することができず、潮流発電機設置・撤去工事には不向きであることから、一覧から除外している。

タービン発電機を吊り上げ可能な DP 船は国内に2隻存在する。国内 DP 船は、メンテナンス時にタービン発電機を引き上げる場合等においても活躍が期待される。

施工限界となる海象条件については、一般的に風速 10m/秒未満、波高 1.0m 前後、視程 1km 以上に設定されることが多く、これらは関連法規による規制に加え、過去の類似案件の施工実績や船舶固有の動揺特性等から経験値として求められる。現に、表 5.3-1 に示す作業の中止基準は、法規制及び経験値から求めたものである。同様に、表 5.2-1 に記載の船舶を起用する場合も、その船舶の作業内容を確定させた上で、経験値を勘案して施工限界を設定することになるが、類似案件の施工実績が乏しく経験値による施工限界の設定が困難なケース等においては、吊り荷の動揺解析や係留力の動的解析により施工限界を求めなければならない。

5.2.2. 施工資機材

ここでは、主に係留式作業船を用いる場合の施工資機材について記載する。

(1) 係留ブイ

Orca Flex による解析では、最大 10t の浮力を有する係留ブイが必要となる場合がある。実際に設置または撤去工事を行う時期が確定したら、想定される潮流速度の下で、再度係留解析を行う必要があるが、仮に、10t 浮力の係留ブイを海外で調達するのであれば、輸送工期を勘案して調達しなければならない。

なお、当該海域を所管する長崎海上保安部から、夜間に係留ブイの存在を視認させる ため4か所同期点滅の灯標を係留ブイに取り付けるよう指導があった。

(2) ライザー構成部材

シンカーと係留ブイを接続するライザー構成として、ワイヤーを使用する場合には ワイヤーが海底面に擦れないように設計することやワイヤー端部にシンブルを仕込む こと等の配慮が必要である。また、玉掛けワイヤーに要求される安全率 6 は過剰設計と なるので、最小破断荷重と安全率を考慮してライザー部材を調達すればより経済的で ある。

国内で工事保険を付保する場合、保険会社から MWS (Marine Warranty Survey) による事計画書のレビューを求められるが、国内にはオフショアで作業船が係留する際の係留力を照査するための明確なルールや基準が存在しない。従い、MWS からは、係留解析に適用する安全率の設定根拠やライザー部材等の調達品の選定理由等の合理的根拠を求められることに留意しなければならない。

(3) 係留力増強策としての曳船

係留式の作業船は、潮どまりの作業中だけでなく、潮どまりと潮どまりの間の速い潮流の作用下においても瀬戸の中央で係留し続けなければならない。この潮流の速い時間帯において作業船の係留力が不足する場合に、その係留力を補助する目的として、曳船で作業船を牽引する方法を採ることがある。係留解析で必要な曳力が求まるため、その曳力に応じた曳船を手配しなければならないが、ペラが360°回転するアジマス推進器を備えていること、現場で作業船を曳く際には船首を作業船側に向けて牽引すること、などに注意が必要である。

(4) 係留力増強策としてのダブル係留索

係留式作業船の係留力を増強する対策として、図 5.2-1 に示すダブル係留索がある。 係留ブイに滑車を取り付け、係留ワイヤーの先端を自船に固定する方法で、極めて簡易 な機構で係留力を 2 倍にすることができる。滑車はワイヤーの着脱を容易にするため、 スナッチブロックを利用する等の工夫が必要であるものの、国内に大型のスナッチブ ロックの市販品が無く、国内で調達する場合は長納期の特注品とならざるを得ない。

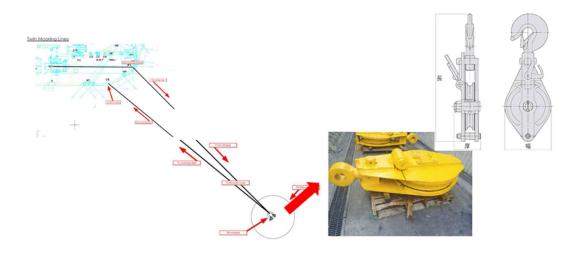


図 5.2-1 ダブル係留索とスナッチブロック

(5) 係留力監視機器

瀬戸の中央で係留し続けている間は、船上で作業をしている/いないに関わらず、リアルタイムで係留ワイヤーの係留力を監視しておくことが安全上、極めて重要である。欧州には、ワイヤレス表示が可能なロードセル付きシャックルやテンションメータを製作しているベンダーがあり、一部の欧州ベンダーは日本に代理店を有している。代理店への聞き取りによると、ロードセルの水没対策もオプションで実装可能であり、作業船上に既存の係留力監視機器が無いのであれば、これら監視機器を導入することが望ましい。



図 5.2-2 係留力監視機器

5.3. 施工工法の評価

潮流発電機を設置した 2020 年度はコロナ禍の渦中であり、外務省や英国日本大使館等との直接交渉を経ても、一向に外国人 SV が航空機で空路から国内へ入国する目途が立たなかった。窮余の策として海路からの入国を目指すこととし、海外の作業船を起用して設置工事を行う計画へ変更した。本項では、外国籍 DP 船を傭船して実施した設置工事について記載する。

5.3.1. 概要

(1) 工事範囲

当該工事範囲は、図 5.3-1 に示す潮流発電システムのうち、潮流発電機設置工事、水 底ケーブル工事及び陸上ケーブル工事であり、工事数量は以下の通り。

① 潮流発電機

・タービン発電機 : 122 トン x 1 基 (重量はケーブル接続材を含む)

・支持構造物 : 175 トン x 1 基・バラストブロック : 205 トン x 3 基

② 水底ケーブル

・鋼線外装複合ケーブル:約1.7kmx1条

③ その他

・撤去工事用シンカー : 165 トン x 3 基・ロックバック : 4 トン x 6 基

ここで、撤去用シンカーは、来る撤去工事に係留式起重機船を起用する前提で、バラストブロックの予備部材を3基設置した。また、ロックバックは、支持構造物を設置するための海底面での目印や水底ケーブルのズレ防止等の目的で6基設置した。

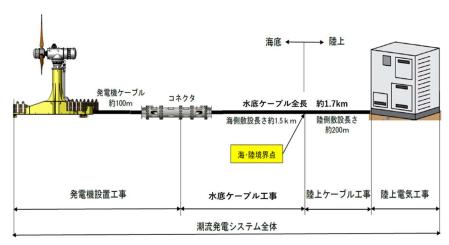


図 5.3-1 潮流発電システム

(2) 作業船団

奈留瀬戸の施工現場における船団は、外国籍 DP 船を含め、常時7隻の船舶及び台船で構成された。外国籍 DP 船は、国内で利用する手続きとして、国土交通大臣の特許を取得した。第2芳洋は、日本人作業員が宿泊するためのホテル・ベッセルとして起用し、国内各地から集った海洋工事従事者が、工事期間中に陸上で宿泊することの無いよう配慮した。3,000t 台船は、甲板スペースの制約で外国籍 DP 船に搭載できない資機材を積載し、潮だまりエリアで外国籍 DP 船へ資機材を供給した。また、警戒船は昼夜連続3交代勤務とし、常時2隻で監視する体制を整えた。

・外国籍 DP 船 : 1 隻

・第2芳洋 :1隻、及び曳船・3,000t 台船 :1隻、及び曳船・警戒船 :2隻(3交代)



図 5.3-2 奈留瀬戸の作業船団



Grand Canyon 2 Dual Redundant DP system 二重冗長システム

250 t AHC offshore crane 250t AHC オフショアクレーン

15 t AHC offshore crane 15t AHC オフショアクレーン

4x tugger winches 4つのタガーウィンチ

Length 長さ 128 m Breadth 幅 25 m Draft 喫水 7.5 m

Speed スピード 15 knots Deck Area デッキ面積 1650 ㎡ Maximum Load 最大荷重 2600 t Accommodation宿泊設備 104 ROVs 2

出典:潮流発電機メーカー提供

図 5.3-3 外国籍 DP 船・Grand Canyon

5.3.2. 施工実績

(1) エンジニアリング

施工要領書の一部を抜粋したものを図 5.3-4 に示す。外国人 SV と日本人作業者の理解に齟齬が生じないよう英和併記とし、吊り作業の種別毎に要領書を作成した。作業の中止基準は国内法及び経験値から表 5.3-1 に示す基準に設定した。

4.	Lift frame telemetry switched on and live, signals being received リフトフレームのテレメトリのスイッチが入り、ライブで信号を受信し ていること	SWM CET, DWO
5.	Monitor and confirm that weather conditions and tidal state are within limits for the lift	
	気象条件及び潮汐状態がリフト作業の制限内であることを監視、確認 する	
6.	SWM to guide CO and lower the crane hook to deck next to the lift frame. クレーンフックをリフトフレーム機のデッキ上に下ろすよう海底工事マネージャー(SWM)がクレーン運転士(CO)を誘導する。	CET, CO, DWO
7.	CET to attach lift frame slings to the crane hook as per rigging drawing and secure hook gates.	CET,
	建設作業チーム (CET) は玉掛図の通りリフトフレームのスリングをクレーンフックに取り付け、フックゲートと固定する。	DWO

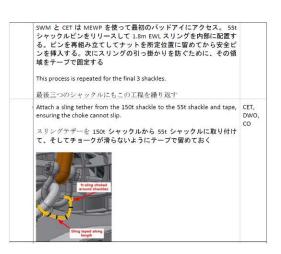


図 5.3-4 施工要領書の一部抜粋

表 5. 3-1 作業の中止基準

陸側ケーブル敷設時以外の	陸側ケーブル敷設時の						
作業中止基準	作業中止基準						
風速 10m/秒以上	風速 10m/秒以上						
波高 1.5 m以上	波高 0.75m以上						
視程 1,000m以下	視程 1,000m以下						
地震 震度4 (中震) 以上	地震 震度4 (中震) 以上						
津波注意報・警報発令時	津波注意報・警報発令時						

(2) 実績工程

奈留瀬戸における潮流発電機の設置工事は、2021年1月18日から1月23日にかけて延べ6日間実施され、正味5昼夜で工事を完了した。外国籍DP船上で作業した国内の工事業者は、5日間の海上作業、予備日1日、合計6日間の現場作業を予定しており、計画通りの工期で作業が完了している。

表 5.3-2 奈留瀬戸での実績工程

				2021年1月											
項目		仕様・数量	18日 (中湖)		19日	19日 (小湖)		20日 (小湖)		21日 (小湖)		22日 (長湖)		23日 (若湖)	
				昼シフト	夜シフト	昼シフト	夜シフト	昼シフト	夜シフト	昼シフト	夜シフト	昼シフト	夜シフト	昼シフト	夜シフト
	DP船回航(長	埼港⇒奈留瀬戸)		▼6時長崎湾	▼6時長崎港出港、10時MeetingPoint着、11時奈留瀬戸着										
	第2芳洋回航(岐	宿港⇒奈留瀬戸)		▼13時	奈留瀬戸着										
3,000t台船回航(長崎港→奈留瀬戸)			▼15	時奈留瀬戸	着										
	警戒	船配備	2隻 x 3交代	▼8時より3交代勤務開		始									
	ケーブル敷設	陸側ケーブル敷設	AC1~陸上200m			*									
奈		海側ケーブル敷設	AC 1 ~AC10					*							
m		ケーブルコネクタ接続	DP船上接続										*		
瀬戸		ジャンパーケーブル敷設	約100m										*		
現		支持構造部設置	175ton x 1基						*						
場	湖流発電機設置	バラストプロック設置	205ton x 3基							*	**				
I		ターピン部設置	122ton x 1基										*		
事	その他	ロックバック設置	4ton x 6基		***	*							*	*	
		撤去用シンカー設置	165ton x 3基						*	*		*			

【NOTE】★は、施工数量を表す。

(3) 設置工事実績

設置工事のうち、主要な作業についての実績は以下の通り。

① 水底ケーブル敷設

水底ケーブルは、国内で広く認知され、既に確立されている従来法により敷設した。 まず、陸上に設置したウインチにより、外国籍 DP 船上のケーブルを引き出して陸側 のケーブルを敷設し、その後、DP 船がケーブルルートに沿って移動しながら海側のケ ーブルを敷設した。テンショナーの送り速度は 8m/min 程度で、計画ルート上に丁寧 にケーブルを敷設していき、敷設状況は常時 ROV で監視した。



図 5.3-5 陸側 (左図)、海側 (右図) ケーブル敷設状況

② 支持構造物設置

支持構造物は、設置方位や傾斜の制約が厳しく工事の成否を左右する難易度の高い 吊り作業となるため、水底ケーブル敷設後に直ちに行った。ROV の流速の作業限界が 2 ノットであるため、2 ノット以下の潮どまりから吊り作業を開始し、延べ約 2 時間 で精度確認を含めた吊り作業を終えた。

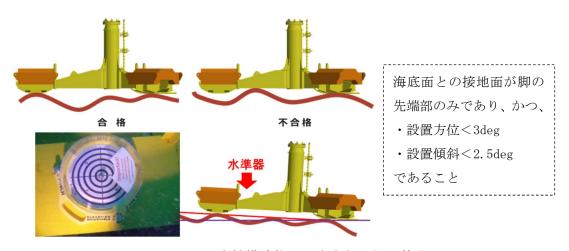


図 5.3-6 支持構造物に要求される設置基準



図 5.3-7 支持構造物吊り作業状況

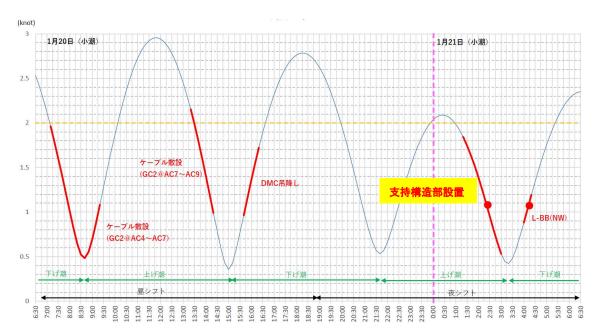


図 5.3-8 支持構造物吊り作業のタイドテーブル実績値

③ タービン発電機設置

タービン発電機を設置する前作業として、既に敷設し終えた水底ケーブル端部のコネクタを外国籍 DP 船上へ引き上げ、タービン発電機側ケーブル端部のコネクタと勘合させ、絶縁抵抗測定や通信チェックを実施し、ケーブル及びコネクタの健全性を確認した。



図 5.3-9 外国籍 DP 船上でのコネクタ接続作業

支持構造物とタービン発電機はキャスタレーション機構となっており、タービン部 を正しい方向にガイドする機能を備えている。

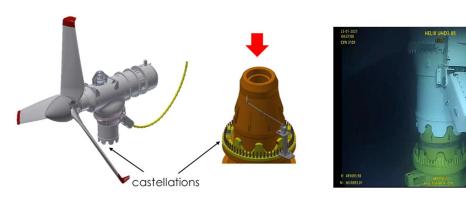


図 5.3-10 勘合部キャスタレーション



図 5.3-11 タービン発電機吊り作業状況

5.4. 撤去工事

5.4.1. 概要

本事業では当初、今回設置した機器については全撤去の予定であった、環境省と調整した 結果、陸上設備のうち負荷装置のみを撤去し、その他機器は当面残置することとした。 そのため、本章では陸上設備撤去工事に関する内容を示す。

5.4.2. 工事内容

(1) 実施日 2022年1月17日~19日

(2) 撤去装置 負荷装置

(3) 工事方法

負荷装置はまずコントロールコンテナ及びLIUと接続する全ての電力線等を解線し、 次にボルトで接続された機器と支持構造物を分割して、輸送車両の荷台に分割したま ま積載。設置場所から奈留島港までは陸送とし、奈留島港までの道路のうち、一部は道 路幅が狭く、また学校等もあることから、要所には誘導員を配置して、安全に輸送を完 了した。

奈留島港から長崎港まではフェリーにて海送。長崎港到着後、保管場所である神の島 岸壁までは陸送した。神の島岸壁は長崎港内にあり、タービンや水底ケーブルを海上施 工するための艤装品とともに保管している。

図 5.4-1 に撤去時の工事状況の写真を示す。









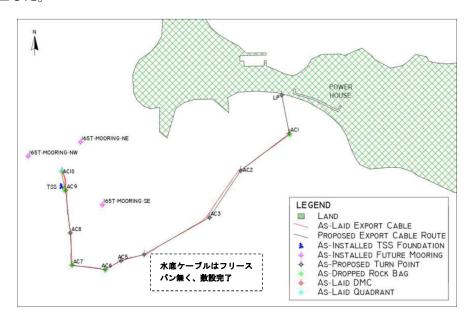
図 5.4-1 撤去工事状況

本事業の撤去工事は陸上設備の一部であり、国内の資機材・人員で全て対応可能であった。従って、AOUK 社の SV 等外国人技術者の派遣を行うことなく工事を行い、トラブルもなく無事終了した。

5.5. 総括

5.5.1. As-Built

図 5.5-1 に As-Built を示す。海底に設置した全ての設備は所定の精度を満足し、海洋工事を完工した。



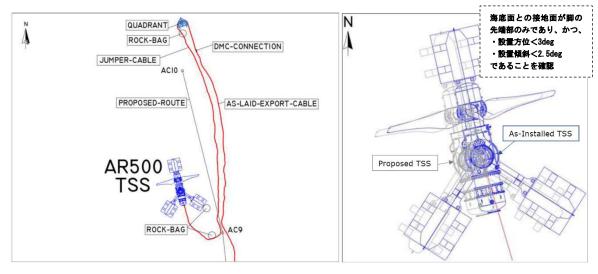


図 5.5-1 As-Built

5.5.2. 総括

- ・ 奈留瀬戸における設置工事は、延べ6日間、正味5昼夜で全ての作業を完了。当初計 画通りの工程、かつ、精度で全ての設備を設置した。
- ・工事期間中は、冬場の施工であったにもかかわらず気象・海象に恵まれ、災害や安全 衛生上の問題も発生せず、完全無災害で工事を終えた。
- ・様々な国籍の関係者(日本、英国、アイルランド、シンガポールなど)で構成される 工事であったが、互いに協力しながら安全に工事を遂行できた。
- ・入現前の PCR 検査や抗原検査等に加え、第2芳洋を日本人作業員のホテル・ベッセル として起用したことが大きく寄与し、コロナ感染症第3波の只中であっても、工事期 間中に作業員からコロナ感染者を1人も出すことは無かった。

5.5.3. 日本人作業員・監督員からのフィードバック

外国籍 DP 船に乗船した日本人作業員・監督員へのアンケートを行ったので、その一部を紹介する。

- ・気象・海象に恵まれたとはいえ、船体の動揺は極めて少なく、吊り荷が揺れず、安心 して玉掛け作業を行うことができた。
- ・外国籍 DP 船は、DP 性能や ROV の機動性、クレーン機能等、それぞれの機器の能力が 優れていると感じた。
- ・使用する道具に油圧シャックルを用いるなど工夫が見られた。また、ワイヤーではな く繊維スリングで玉掛けを行ったので、取り扱いが比較的容易であった。
- ・潮どまりを狙って作業をするので、待機時間が長く時間を持て余した。
- ・コロナ禍で、船内施設にアクセスできなかったのは残念であった。
- ・通訳がいても外国人との意思疎通が大変だった。