

令和元年度環境省委託業務

令和元年度大規模潜在エネルギー源を活用した
低炭素技術実用化推進事業のうち潮流発電技術実用化推進事業
(長崎県五島市沖における潮流発電技術を実用化するための実証事業)

成果報告書

令和4年3月

九電みらいエナジー株式会社

目次

要約	0-1
Summary	0-2
1. 委託業務の目的	1-1
2. 委託業務の内容	2-1
2.1. 委託業務の実施体制.....	2-1
2.2. 業務内容	2-2
2.2.1. 事業の全体管理に関する業務.....	2-2
2.2.2. 日本に最適な商用潮流発電機的设计及び日本での認証の取得に関する業務...	2-2
2.2.3. 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 .	2-3
2.2.4. 商用化に向けた課題の抽出と経済性の評価に関する業務.....	2-3
2.2.5. 地域との共生、環境との調和に関する研究に関する業務.....	2-3
3. 日本に最適な商用潮流発電機的设计及び製造に関する業務.....	3-1
3.1. 潮流発電設備.....	3-1
3.1.1. 潮流発電機メーカーの選定.....	3-1
3.1.2. 本事業の潮流発電設備の特徴.....	3-2
3.2. タービン発電機.....	3-4
3.2.1. 設計・製作方針.....	3-4
3.3. 支持構造物・バラストブロック.....	3-10
3.3.1. 設計・製作方針.....	3-10
3.3.2. 英国での再利用資機材点検結果.....	3-10
3.4. 水底ケーブル.....	3-12
3.4.1. 設計・製作方針.....	3-12
3.4.2. 水底ケーブルの仕様.....	3-12
3.4.3. 水底ケーブルの接続方法.....	3-13
3.5. 陸上設備	3-17
3.5.1. 設計・製作方針.....	3-17
3.5.2. 各機器の設計・製作.....	3-17
3.6. 設備設置場所.....	3-19
3.6.1. 潮流発電機.....	3-19
3.6.2. 陸上設備	3-20
3.6.3. 水底ケーブル.....	3-22
3.7. 総括	3-23

4. 日本での認証取得に関する業務.....	4-1
4. 1. 日本海事協会の認証取得.....	4-1
4. 1. 1. 認証取得に至った経緯.....	4-1
4. 1. 2. 「潮流・海流発電システムの認証に関するガイドライン」の概要.....	4-1
4. 1. 3. 設計評価.....	4-2
4. 2. 工事計画他許認可取得.....	4-5
4. 2. 1. 潮流発電機に関する電気事業法の概要.....	4-5
4. 2. 2. 工事計画の認可手続き.....	4-6
4. 2. 3. 使用前検査.....	4-9
4. 3. 保安規程.....	4-15
4. 3. 1. 電気主任技術者の選任、保安規程策定.....	4-15
4. 3. 2. 保安規程に基づく管理・監視.....	4-16
4. 4. 関係法令への対応.....	4-18
4. 4. 1. 関係法令取りまとめ.....	4-18
4. 5. 総括.....	4-21
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....	5-1
5. 1. 設置・撤去施工技術の検討.....	5-2
5. 1. 1. 概要.....	5-2
5. 1. 2. 係留式作業船.....	5-3
5. 1. 3. 国内 DP 船.....	5-8
5. 2. 施工資機材の選定.....	5-12
5. 2. 1. 作業船.....	5-12
5. 2. 2. 施工資機材.....	5-13
5. 3. 施工工法の評価.....	5-15
5. 3. 1. 概要.....	5-15
5. 3. 2. 施工実績.....	5-17
5. 4. 撤去工事.....	5-22
5. 4. 1. 概要.....	5-22
5. 4. 2. 工事内容.....	5-22
5. 5. 総括.....	5-23
5. 5. 1. As-Built.....	5-23
5. 5. 2. 総括.....	5-24
5. 5. 3. 日本人作業員・監督員からのフィードバック.....	5-24
6. 発電実績・予測に関する業務.....	6-1
6. 1. 運転管理・監視.....	6-1
6. 1. 1. SCADA システムによる運転監視.....	6-1

6.1.2.	SCADA システムからの通知	6-4
6.1.3.	異常検知・警報	6-5
6.1.4.	陸上設備の遠隔監視	6-6
6.2.	発電実績	6-8
6.2.1.	発電実績概要	6-8
6.2.2.	特異気象時の発電実績	6-8
6.3.	発電量予測に関する業務	6-12
6.3.1.	数値モデル	6-12
6.3.2.	流速モデルの検証	6-15
6.4.	発電効率の検証	6-16
6.4.1.	発電のためのモデル検証	6-16
6.4.2.	年間設備利用率の算出	6-20
6.4.3.	ヨー制御・ピッチ制御の効果的な活用方法	6-20
6.5.	潮流発電ファーム化検討	6-27
6.5.1.	商用化を見据えたデータの取得	6-27
6.5.2.	潮流発電ファーム化レイアウトが設備利用率と LCOE に与える影響	6-31
6.6.	総括	6-34
7.	地域との共生、環境との調和に関する研究に関する業務	7-1
7.1.	環境影響評価のための現況調査	7-1
7.2.	現況調査の主な調査結果	7-4
7.2.1.	潮流調査	7-4
7.2.2.	水質調査	7-4
7.2.3.	植物プランクトン調査	7-4
7.2.4.	動物プランクトン調査	7-5
7.2.5.	魚卵・稚仔魚調査	7-5
7.2.6.	海草・藻類調査	7-5
7.2.7.	潮間帯生物調査	7-6
7.2.8.	海産哺乳類調査	7-8
7.2.9.	水中音調査	7-8
7.2.10.	鳥類調査	7-9
7.2.11.	海底生物調査	7-9
7.2.12.	魚類調査	7-10
7.2.13.	漁業生物調査	7-10
7.2.14.	航行船調査	7-11
7.3.	環境負荷の低減に向けた環境影響評価手法の取り纏め	7-12
7.3.1.	潮流発電事業における環境影響評価項目の選定	7-12

7.3.2. 環境影響評価項目における評価手法.....	7-14
7.4. 地元協調・漁業共生メニュー検討のための海域調査.....	7-23
7.4.1. 調査目的と調査内容.....	7-23
7.4.2. スケジュール.....	7-25
7.4.3. 調査結果.....	7-25
7.5. 地元関係者との協調の取り組み.....	7-32
7.5.1. 目的.....	7-32
7.5.2. 地元関係者との継続的な意見交換及び地元への丁寧な工事周知.....	7-32
7.5.3. 設置工事時における地元への貢献.....	7-32
7.5.4. 本事業への住民参加機会の創出.....	7-33
7.5.5. 地元関係者と事業関係者の交流（地元イベント参加）.....	7-35
7.5.6. 地元関係者等への本事業 PR 活動.....	7-35
7.5.7. 事業紹介のための PR ツールの制作.....	7-36
7.5.8. 本事業の全国への PR.....	7-37
7.6. 総括.....	7-37
8. 商用化に向けた課題の抽出と経済性評価.....	8-1
8.1. 経済性の評価.....	8-1
8.1.1. 発電電力量の推計.....	8-1
8.1.2. 発電単価の試算（1.5MW×1台の場合）.....	8-1
8.1.3. 発電単価の試算（1.5MW×33台の場合）.....	8-2
8.1.4. ファームの最適化の必要性.....	8-4
8.2. 潮流発電機の国内製造.....	8-5
8.2.1. 国内製造により得られるメリット.....	8-5
8.2.2. 国内製造に係る検討.....	8-5
8.3. 商用化に向けた課題.....	8-9
8.3.1. 発電性能の向上.....	8-9
8.3.2. 発電単価の低減.....	8-9
8.3.3. 温室効果ガス削減量予測.....	8-11
8.3.4. 需給の調整機能.....	8-12
8.3.5. 法令、制度面の整備.....	8-12
8.4. 潮流発電システムの普及計画の検討.....	8-13
8.5. 総括.....	8-14
9. 開発検討会.....	9-1
9.1. 令和元年度 開発検討会.....	9-1
9.2. 令和2年度 開発検討会.....	9-1
9.3. 令和3年度 開発検討会.....	9-2

要約

本事業は、2016、2017 年度に実施した「海洋再生可能エネルギーの実用化に向けた 2MW 級潮流発電システム実証事業」の成果・知見を活用し、2019 年度から「長崎県五島市沖における潮流発電技術を実用化するための実証事業」として新たに実施したものである。

事業の目的は、長崎県五島市沖奈留瀬戸において英国製 500kW 潮流発電機を用い、国内の気象、海象、法令基準等に対応・適合し、安全・確実な工事の施工技術の実施・検証等を行うことで、環境への負荷が低い潮流発電の早期実用化に資することである。

事業の受託者は九電みらいエナジー株式会社であり、共同実施者である特定非営利活動法人長崎海洋産業クラスター形成推進協議会を共同実施者と共にコンソーシアムを組成し、事業を進めてきた。

事業期間については、当初は 2019 年度の 1 年間であったが、新型コロナウイルスの影響を受け、機器の製作及び資機材輸送の遅延に伴う工事計画・工法の変更が必要となったことから、2021 年度末まで事業を延長し、可能な限り長期間の発電実証を行った。

2019 年度については、潮流発電機メーカーとの機器レンタル・施工に係る契約の締結に始まり、その後、日本に最適な潮流発電機及びその支持構造物、水底・陸上ケーブルの詳細設計、潮流発電機設置の施工方法や運転管理の検討、地元関係者の理解を得た上での海域調査等を実施した。

2020 年度以降は、新型コロナウイルスの影響が本格化し、機器の製造遅延など本事業に大きな影響を及ぼすこととなった。しかし、このような厳しい状況下においても、日本海事協会からの設計評価適合証明書の取得、発電設備一式の製作完了・日本への輸送、支持構造物等の将来的な国内製造に係る技術検討、経済産業省による工事計画認可の取得、発電設備一式の設置工事及び試運転を達成するなど、本事業にとって重要な 1 年となった。

2021 年度は、5 月 14 日に経済産業省からの使用前検査合格証を受領し、12 月 23 日までトラブルなく発電し、終了。累計発電電力量約 242MWh であった。また、商用化した時の発電単価の試算やファーム化・国内製造に関する検討、課題の抽出を実施した。本事業の結果は、日本における潮流発電事業検討の参考資料となることを期待する。

なお、本委託事業は、業務の円滑な実施に向け外部有識者の専門的知見に助言を求め、開発検討会には外部有識者として大学教授にもご参加頂き、事業を推進した。

Summary

This project, titled Tidal Power Generation Technology Demonstration Project of Goto, Nagasaki, was additionally launched in fiscal 2019, leveraging the achievements and findings of the Project for the Promotion of Practical Applications of Tidal Power Generation Technology conducted in fiscal 2016 and 2017.

Using a British-manufactured 500 kW tidal generator at Naruseto off the coast of Goto City, Nagasaki Prefecture, the project undertook construction work and verified the construction engineering to check that the construction is safe, reliable, suitable to the prevailing weather and marine conditions in Japan, and compliant with Japanese law and standards. In doing so, the project aimed to contribute to early commercialization of low-environmental-impact tidal power generation.

The project was commissioned to Kyuden Mirai Energy Corporation. The company drove the project forward, forming a consortium with the partner Nagasaki Marine Industry Cluster Promotion Association.

The project period was initially planned for one year from fiscal 2019. However, in the turmoil caused by the novel coronavirus pandemic, the equipment construction and materials and equipment transportation were delayed, necessitating changes in the construction plan and engineering method. Moreover, it was decided to extend the power generation period to the greatest extent possible. Consequently, the project was extended until the end of fiscal 2021.

In fiscal 2019, the project began with signing an equipment lease and installation contract with the tidal generator manufacturer. This was followed by working out detailed design of an optimal tidal generator, support structures, and subsea and land cables for Japan, exploring how to install, operate, and manage the tidal generator, and conducting marine surveys with the understanding of local stakeholders.

Since fiscal 2020, the novel coronavirus pandemic has had extensive impact on the project as the construction of the equipment was delayed. Nonetheless, fiscal 2020 was an important year for the project even under such a difficult situation. For instance, a design evaluation and conformance certificate was obtained from ClassNK; the complete set of power generation equipment was constructed and transported to Japan; a technical study was made for future domestic production of the support structures; the construction plan was approved by the Ministry of

Economy, Trade and Industry; the complete set of generator equipment was installed and its test run was carried out.

In fiscal 2021, after obtaining a pre-use inspection certificate from the Ministry of Economy, Trade and Industry on May 14, power generation operation was successful and completed on December 23. The cumulative amount of generated electricity reached approximately 242 MWh. In addition, the unit cost of power generation was calculated on a trial basis for commercialization. Consideration was given to developing a tidal power farm and domestic production, and associated challenges involved were identified. The results of this project should serve as useful guidance for exploring the possibility of tidal power generation business in Japan.

This commissioned project sought advice from outside experts with specialized knowledge to ensure smooth progress. College professors participated in the development study group as outside experts.

1. 委託業務の目的

我が国は排他的経済水域面積世界第 6 位という海洋国であり、海洋再生可能エネルギーについて大きなポテンシャルを有している。このため、海洋再生可能エネルギーの実用化は、再生可能エネルギーの導入量拡大とエネルギー起源 CO2 排出量の削減を推進するとともに、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けた重要な取組みである。その中でも潮流発電は太陽光発電や風力発電とは異なり一定の規則性を持った潮汐力により、年間を通じて安定で、予測可能な発電方式であることから、海域に囲まれた我が国に適した技術及びシステムを確立することが重要と考えられる。

本業務は長崎県五島市沖奈留瀬戸海域において 500kW 潮流発電機の実証を行い、国内の気象、海象、法令基準等に対応・適合するとともに、安全・確実に工事ができる施工技術の実施・検証等を行うことで、近い将来に欧州と同規模の商用スケールの MW 級潮流発電機の設置など、我が国の潮流発電システムの早期実用化に資することを目的とする。

2. 委託業務の内容

2.1. 委託業務の実施体制

委託業務の目的を踏まえ、本委託業務では、九電みらいエナジー株式会社をプロジェクトリーダーとし、特定非営利活動法人 長崎海洋産業クラスター形成推進協議会を共同実施者として事業を進めた。九電みらいエナジー株式会社は英国の潮流発電事業者 SIMEC Atlantis Energy (SAE 社) の子会社である Atlantis Operations UK (AOUK 社) と、潮流発電設備一式のレンタル契約を締結、AOUK 社が日本で設立した建設業法上の工事免許を有する日本法人の Atlantis Operations Japan 合同会社 (AOJ 社) と、潮流発電設備一式の施工契約を締結した。

更に、本事業の円滑な遂行には、専門的な技術的知見を要するため、日鉄エンジニアリング株式会社および三菱重工海洋鉄構株式会社と技術等アドバイザー契約を締結し、各種サポートを受けながら事業を推進した (図 2.1-1)。

なお、長崎大学及び東京大学から潮流シミュレーション、発電システムへの生物付着等について、適宜適切なアドバイスを頂いた。

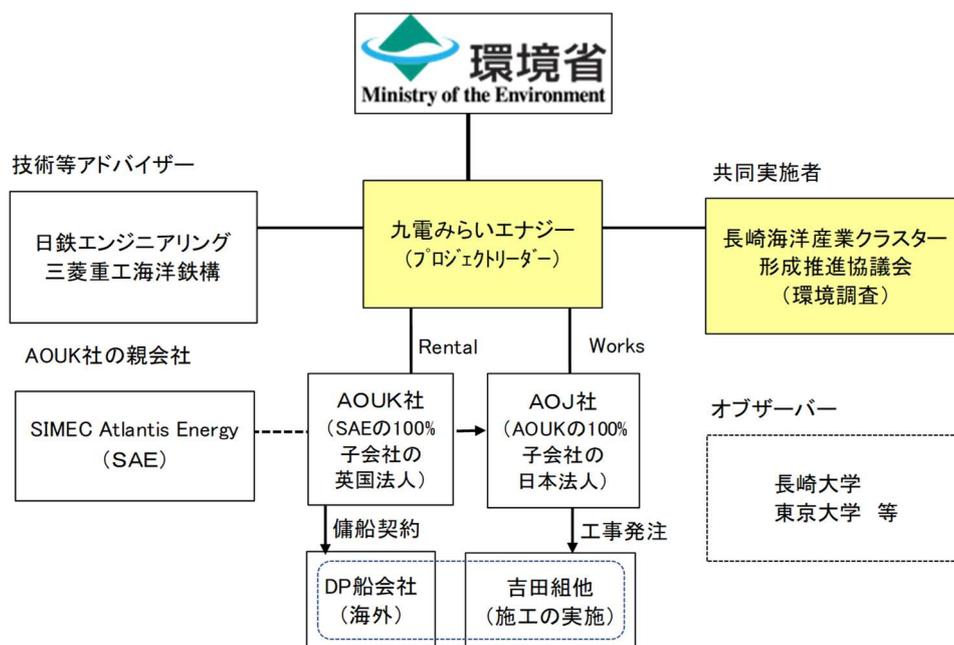


図 2.1-1 本委託業務の実施体制

2.2. 業務内容

本委託業務は、2014年7月、総合海洋政策本部事務局が「海洋再生可能エネルギー実証フィールド」に選定した長崎県五島市沖奈留瀬戸海域において、500kW潮流発電システムの実証を行ったものである。

潮流発電の事業化・普及を見据え、先行する洋上風力に匹敵する発電コスト等を目指し、実証事業を実施してきた。潮流発電は、欧州のスコットランドでは既に商用化が始まっているが、我が国においては、技術的に未確立であり、実用化には程遠い状況が続いていた。このため、先行する欧州の技術を採用しつつ、我が国の海象・地形等の環境面、各種法令や許認可の基準等に適合すると共に、日本の既存インフラでの設置を目指し、国内における潮流発電の早期実用化に繋げることを目指したものである。

具体的な業務内容を以下のとおりである。

2.2.1. 事業の全体管理に関する業務

本事業を予定どおり実施するため、実施期間や予算を考慮して、事業の計画を立案し、関係者との連絡調整により、事業全体の進捗を管理する。

実証試験の終了後、試験用に購入した機器を撤去のこと。

2.2.2. 日本に最適な商用潮流発電機の設計及び日本での認証の取得に関する業務

(1) 日本に最適な商用潮流発電機の設計

「平成28、29年度潮流発電技術実用化推進事業」の環境調査により得られたデータに基づき、更に腐食、生物付着の影響を踏まえ、実証海域外の国内他海域でも適用可能な最適な設計を実施すること。また、潮流発電タービン等の重要な技術ノウハウが日本に移転されるように国内企業を活用して国内製造に係る技術検討や費用算出等を行うこと。加えて、普及展開時を見据えてピッチ制御・ヨー制御装置の効率的な設置・活用方法を整理すること。

(2) 日本海事協会 (ClassNK) 認証の取得

タービンメーカーが許認可取得の主体となって500kW級潮流発電機のClassNK認証を取得するとともに、将来の商用化を見据え、数MW級潮流発電機のClassNK認証取得のための手続きを確認すること。

(3) 管轄官庁の工事計画認可の取得

九電みらいエナジー株式会社が許認可取得の主体となって、技術基準との適合確認、工事計画書、使用前検査要領書、保安規定等の作成を行い、工事計画認可を取得すること。

(4) 各種関係法令等の許認可取得

九電みらいエナジー株式会社が許認可取得の主体となって、潮流発電に関する各種

関係法令を確認し、許認可を取得すること。

2.2.3. 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

(1) 設置・撤去施工技術の検討

潮流が速い海域にて、日本のインフラを用いて安全かつ短時間での設置・撤去施工技術を検討すること。また、重要な施工ノウハウが日本に移転されるように国内工事会社を活用して十分な検討を行うこと。

(2) 施工資機材の選定

施工限界となる海象条件（波高及び潮流速度等）を決定し、施工船および吊荷の動的挙動を把握することで、最適な施工資機材を選定すること。

(3) 施工工法の評価

実際の工事をレビューし、改善等をまとめること。

2.2.4. 商用化に向けた課題の抽出と経済性の評価に関する業務

商用化に向けた課題を抽出し、実証期間内での確認事項を明確化すること。また、日本での潮流発電機や支持構造物等の製造、施工を行う場合の費用を算定し、具体的な普及計画を本事業終了までに明確化すること。加えて、発電量予測シミュレーションと発電データの比較および発電効率の検証により得られた結果から、将来のファーム化を想定した事業性を評価し、固定価格買取制度における潮流発電の単価設定に寄与すること。

2.2.5. 地域との共生、環境との調和に関する研究に関する業務

漁業者を含む地元関係者との継続的な意見交換を行い、潮流発電と漁業共生に向けた取り組みを検討すること。また、地形の変化など生物に影響を与える要因のモニタリング、評価を行うこと。加えて、「平成 28、29 年度潮流発電技術実用化推進事業」の調査結果を踏まえ、継続的に魚類や海草、貝類等の生物の活動状況等のモニタリングを行うことで、地域との共生、工事の環境への影響を総合的に評価すること。

3. 日本に最適な商用潮流発電機の設計及び製造に関する業務

3.1. 潮流発電設備

3.1.1. 潮流発電機メーカーの選定

五島奈留島沖での潮流発電実証事業は、2018年度まではフランスのオープンハイドロ社（以下「OH社」）の潮流発電機を使用して実証運転を行うことを計画していた。しかし、2018年7月にOH社が突然倒産し、実証運転にOH社のタービンを使用できなくなったことから、代替メーカーを調査した。その結果、運用実績や環境面で最も有望と思われる英国のSAE社を選定した。SAE社は2017年から英国北部（オークニー諸島とスコットランドの間にあるペントランド海峡）で行われている世界初の潮流発電の商用事業に参画しており、実績のある信頼性の高い発電機を供給できる。また、OH社と同様な着床式のため、浮体式に比べ景観への影響がなく、ファーム化が容易に行えるというメリットがある。

今回の実証事業を予定している海域は世界遺産の認定地域であることから、景観への影響が少ないSAE社の潮流発電機は、理想的な発電形式と言える。

図3.1-1に潮流発電機の比較、図3.1-2にSAE社のMeygenプロジェクトの概要を示す。

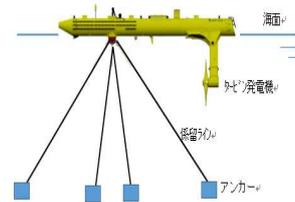
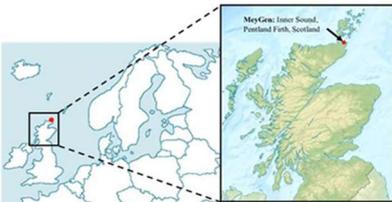
項目	SAE社	SR社	【参考】OH社
イメージ			
型式	着床式	浮体式	着床式
出力 (定格流速)	1.5MW (3m/s)	2.0MW (3m/s)	2.0MW (3m/s)
利用率	約20% ^{※1} (送電端ベース、 将来目標50%)	約22% ^{※2} (送電端ベース)	約7.5% (送電端ベース)
占有面積	奥行27m×高さ24m×幅20m	幅250m×長さ520m (係留範囲)	奥行34m×高さ20m×幅36m
補修周期	6.25年	1年	5年
耐用年数	25年	20年	25年

図3.1-1 潮流発電機の比較

場所	英国北部（オークニー諸島とスコットランドの間にあるペントランド海峡）	
発電規模	現状	6MW (1.5MW × 4基)
	フェーズ2 (2024年度予定)	80MW (2MW × 40基)
	将来計画	総出力398MW
経緯	2014年8月	ファイナンスクローズ
	2015年1月	建設開始
	2015年10月	水底ケーブル敷設
	2016年6月	陸上電気工作物完成、系統連系完了
	2016年10月	初号機発電開始
	2017年2月	6MWの設置完了
	2017年10月～ 2018年9月	1.5MWを連続運転 点検後、2018年12月から運転再開
	今後の予定	英国の送電網に37GWhのクリーンで予測可能なエネルギーを供給



事業実施場所



発電機外観

図 3.1-2 Meygen プロジェクト概要

3.1.2. 本事業の潮流発電設備の特徴

本事業で使用した潮流発電機 AR500 は、本事業の目的及び運用状況に合わせ、プロトタイプである AR2000 (2MW) 用に設計された新規部品と、既設の予備品や中古部品を組み合わせで新たな設計を行った。その理由は、事業の決定から運転開始までの期間が短く機器の製造期間が十分に取れなかったこと、AR1000 や AR1500 などの現行機種より潮流発電機出力が小さく、既存設備の中古品や予備品で設計強度が十分満足できると判断できたためである。本事業では限られた予算内で実施するため、機器の一式は AOUK 社からのレンタルとして提供された。

AR500 はいくつの特徴がある。その中で最も重要なものとしては、ヨー制御とピッチ制御の両方の機能がないこと、及び発電した電気を電力系統に送電せず負荷装置に接続し、熱として消費することがあげられる。いずれの特徴も限られた期間内及び予算内に収めて実証事業を実現するため AR500 専用に設計されたものであり、他の機種 (AR1500 や AR2000) に比べ電力品質及び稼働率が非常に劣り、商用機としては不向きである。ただし、本体や基礎の強度はより高出力の発電にも耐えうる仕様で設計されていることから、ヨー制御、ピッチ制御機能の追加改造を行い、発電機出力、電力品質及び稼働率を向上させることも可能で

ある。

AR500 はヨー制御が無いため、実際の潮流の流れの方向に関わらず、潮流発電機は奈留瀬戸では常に引き潮で発電する方向（ほぼ真北の向き）を向いている。本事業で使用する潮流発電機は引き潮時のみ発電モードで発電し、満ち潮時にはアイドルモードとなり、負荷装置から電氣的に切り離され、ブレードは回転しているが発電していない状態となる。

また、ピッチ制御が無いため、ブレードはピーク時の流速（3m/s）で定格出力 500kW を発電することができるピッチ角で固定されている。最適な角度を設定するために Tidal Bladed 負荷解析ソフトでのシミュレーション及び AOUK 社の AR1500 の負荷検証の経験から検討を行い、最も適した角度は 20° と決定した。

電力系統に送電せず負荷装置で発電電力を消費することから本事業で使用する潮流発電システムには電力変換器がない。従って AR500 の潮流発電機トルクは負荷装置の抵抗値を変化させることで制御した。負荷装置は、24Ω、48Ω、96Ω の 3 つの負荷抵抗器で構成されている。潮流速に合わせてそれぞれの抵抗器をコンタクタの入り切りで組み合わせを変え、7 パターンの電力状態（抵抗値）で運転することができる。抵抗値を 7 つの状態にできることで、1 つの抵抗器で運転する場合に比べて、タービンの制御性が格段に向上している。

表 3.1-1 機械仕様の比較

	AR500 (本事業)	AR1500 (Meygen プロジェクト)
ヨー制御	無し	有り
ピッチ制御	無し	有り
発電電力	負荷装置で消費	送電網に供給

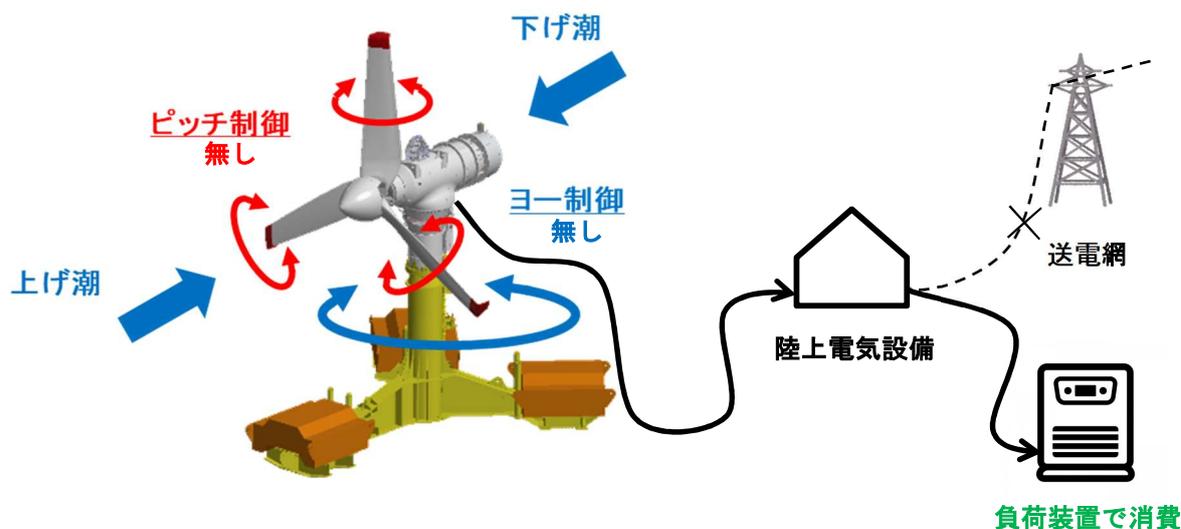


図 3.1-3 本事業の特徴（ヨー制御及びピッチ制御なし、負荷装置で消費）

3.2. タービン発電機

3.2.1. 設計・製作方針

(1) 基本方針

先に述べたとおり AR500 は新規部品と、既設の予備品や中古部品を組み合わせで設計された。当初、ナセルなどの主要機器はMeygenプロジェクトで使用されているAR1500を引き揚げて改造を行って使用する予定であった。その理由の一つが現在使用されている潮流発電機であれば、運転中の不具合のリスクも低くなるためである。ただし、タービン発電機の引き上げについてはMeygenの資金提供者からの同意が得られず、2019年12月にナセルや潮流発電機などは新規製作するよう方針を変更した。その結果、AR500のタービンドライブトレインは、AR1500タービン発電機の設計を利用し、本事業に適した多数の特注コンポーネントを備えた設計となった。以下にAR500の構成部品を示す。

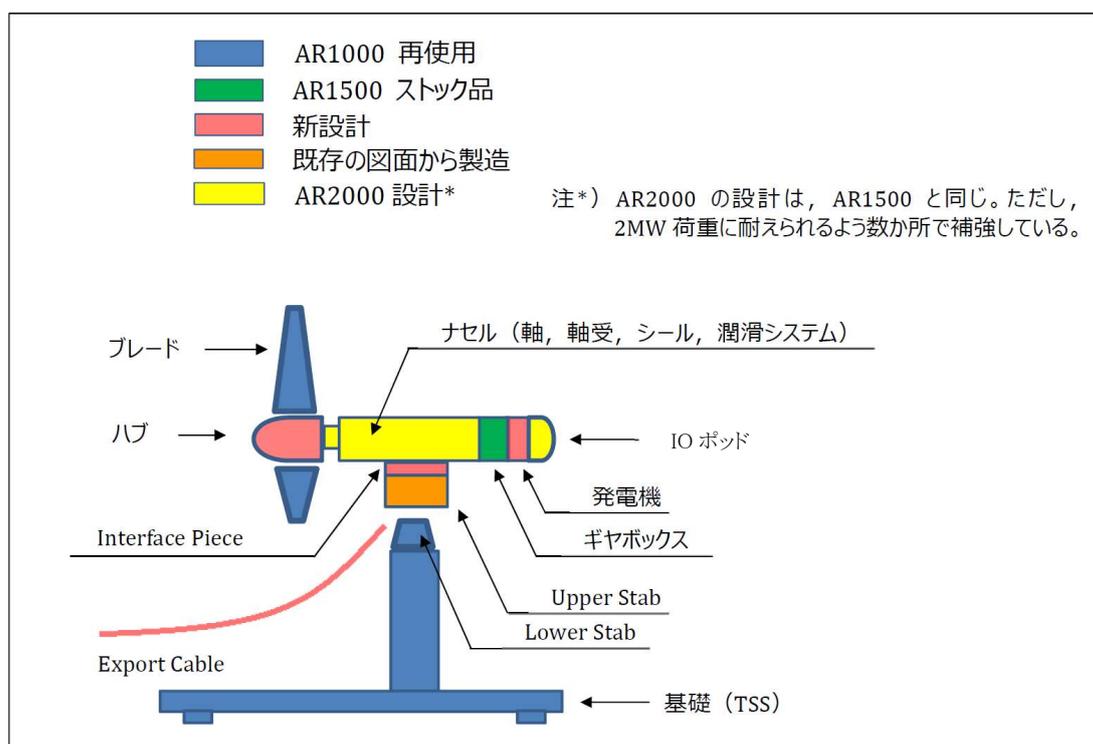


図 3.2-1 AR500 の構成部品

(2) 各部の設計・製作

① ブレード

ブレードの目的は、潮の流れからの運動エネルギーを機械的エネルギーに変換することである。その設計は、AOUK 社の自社設計ツールを使って最適化されている。本事業では英国の海底で約6か月間使用された AR1000 のタービンブレードを点検、整備したうえで再使用した。

AR1000 ではブレード先端に回転の効率を高めるウィングレットが備わっており、当初 AR500 でも取り付ける予定であったが、輸送中のトラブルの影響で取り外して運用することとなった。なお、ウィングレットがなくても当初計画どおり潮流発電機出力 500kW は可能である。

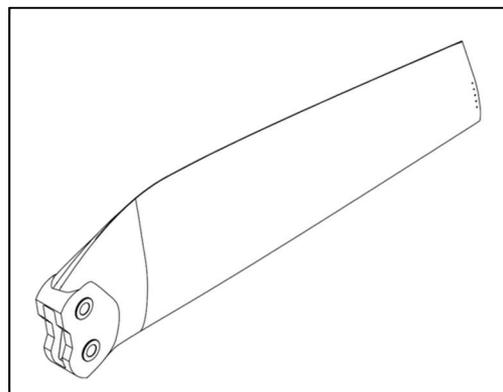


図 3.2-2 ブレード外観図

② ハブ

ハブの目的は、ブレードで発生したトルクを低速シャフトに伝えることである。本事業ではピッチ角度を 20° で固定する新設計で製作した。AR500 にはピッチシステムがないため、発電中の負荷を軽減する方法がなく、タービンは、奈留瀬戸沖の最大流速 3m/s で 500kW の発電ができ、かつ潮流発電機が負荷から切り離されローターがアイドリング状態になっている場合でも過速度にならない固定ピッチ角に設定しなければならない。最適な角度を設定するために、Tidal Bladed 負荷解析ソフトウェアを使用した。Meygen での AR1500 の運転実績の検証で発電出力を高め、予測する傾向が分かったため、AR1500 の運転データにより補正を行い、ピッチ角が 20° であれば最大流速 3m/s で 500kW の発電が可能であると予測した。また、アイドリング状態になっている場合に、奈留瀬戸で想定される最高流速でも、 20° であればローターの最大回転数が約 11rpm に制限され、設備的に安全な状態を維持できると判断した。

表 3.2-1 ピッチ角 20° での負荷解析ソフトと AR1500 運転実績による予測値

潮流速 (m/s)	発電出力 (kW)
2.0	148.8
2.2	194.6
2.4	261.1
2.6	337.6
2.8	423.4
3.0	519.9

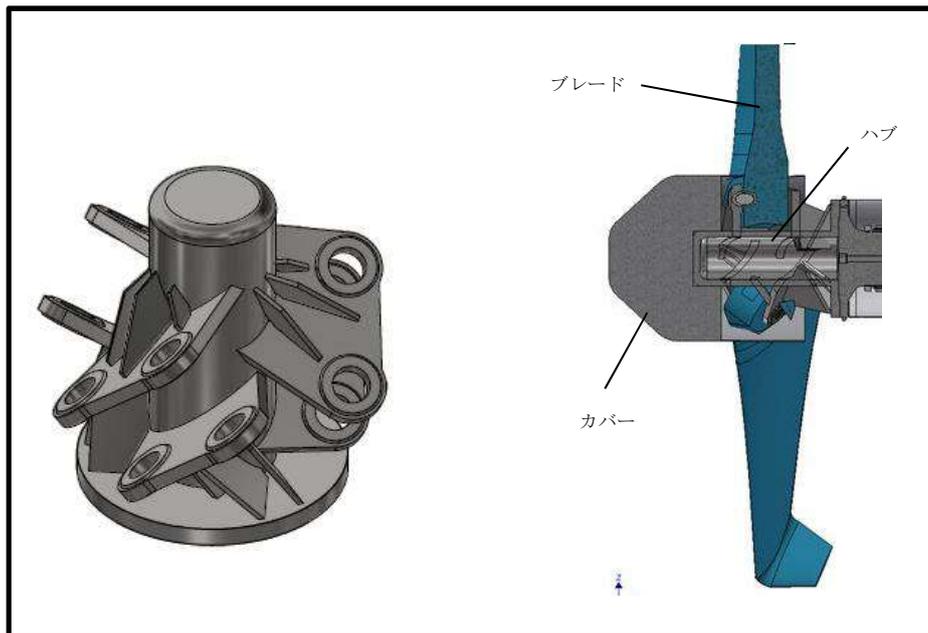


図 3.2-3 ハブの外観図（左）とハブ設置個所（右）

③ ナセル及び I/O ポッド

ナセルには、低速シャフト、軸受、付属機器が収納され、ローターで発生する機械的負荷を支える部分である。本事業ではプロトタイプ of AR2000 で採用予定のナセルを使用した。AR2000 は 2MW 用の新設計であるが、AR1500 を部分的に補強した構造となっている。主要寸法も AR1500 と同じであり、AR500 用を新規設計・製作するよりも短期間・低コストで作成できると判断した。

I/O ポッドには、タービン発電機の制御に使用される電気機器及び I/O システムがすべて搭載されている。メインの PLC は Beckhoff 社（ドイツ）製で、通信は EtherCAT と Ethernet の両方で行われている。データは光ファイバーケーブルを使って陸上設備との間で通信される。I/O システムは、全てメインとサブの制御回路によって制御され、高いレベルの冗長性を備えている。

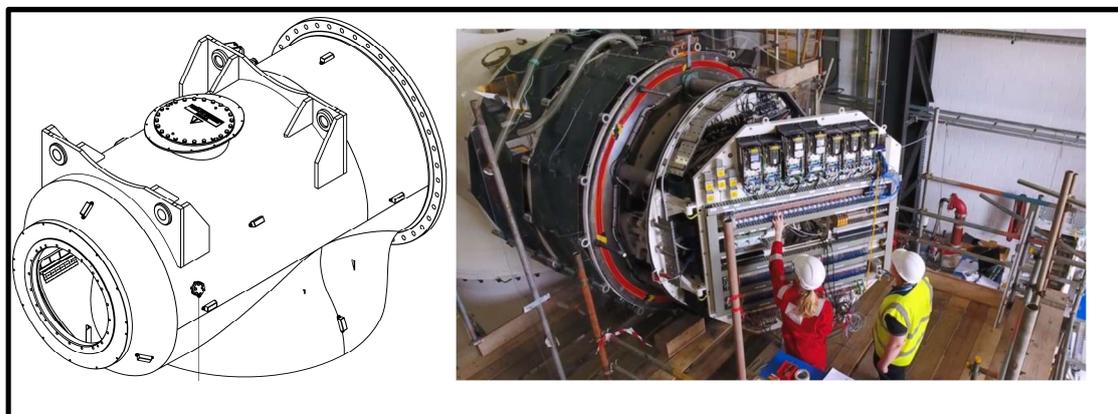


図 3.2-4 ナセルの外観図（左）と I/O ポッド内蔵機器（右）

④ ギアボックス

ギアボックスは、シャフトの回転数を上げ、それに比例してトルクを下げる目的で設置している。これにより、潮流発電機のサイズを小さくしコストを削減することができる。本プロジェクトでは AR1500 用のスペアギヤボックスを使用した。

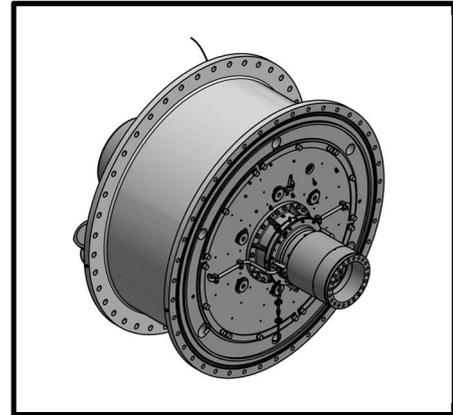


図 3.2-5 ギアボックス外観図

⑤ 発電機

発電機は、本事業の要件を満たすために新設計・製作した。ただし、他のプロジェクトでも使用できるように 1.1MW の発電が可能な容量を備えている。AR1500 と同様、ギアボックスに連結された永久磁石発電機で、タービン発電機の外側を流れる海水によって受動的に冷却される。

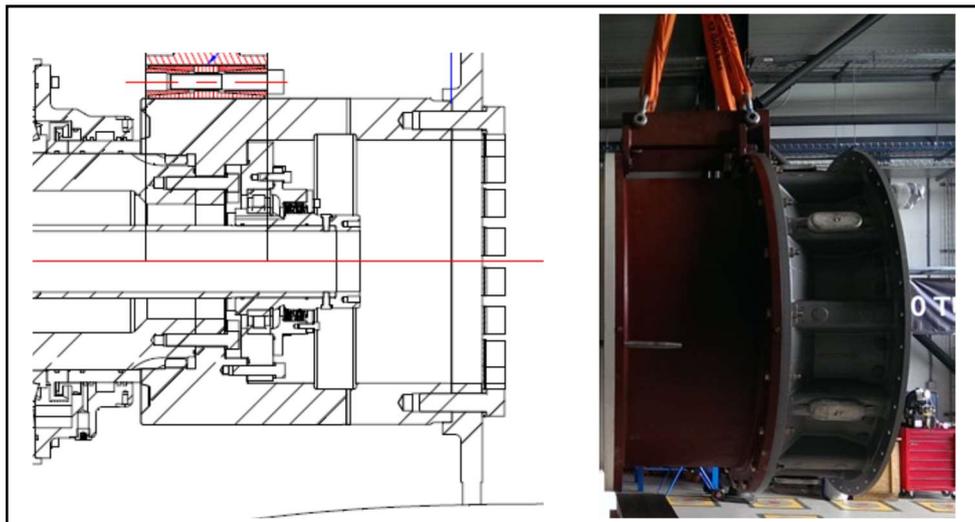


図 3.2-6 発電機内部構造図（左）と発電機とギアボックス（右）

⑥ インターフェイスピース

インターフェイスピースは、本来 AOUK 社の潮流発電機には備わっているヨー制御が本事業では使用しないため、単にナセルと Upper スタブを繋ぐ機械的構造物として新設計・製作した。ナセル下部のインターフェイスはヨードライブの設計に準拠しており、AR500 をヨー制御の機能を持つタービンにアップグレードすることもできる。



図 3.2-7 インターフェイスピース
外観図

⑦ Upper スタブ

Upper スタブは、インターフェイスピースを AR1000 の支持構造物及び Lower stub の上に装着するためのもので、既存の図面を基に新規製作した。

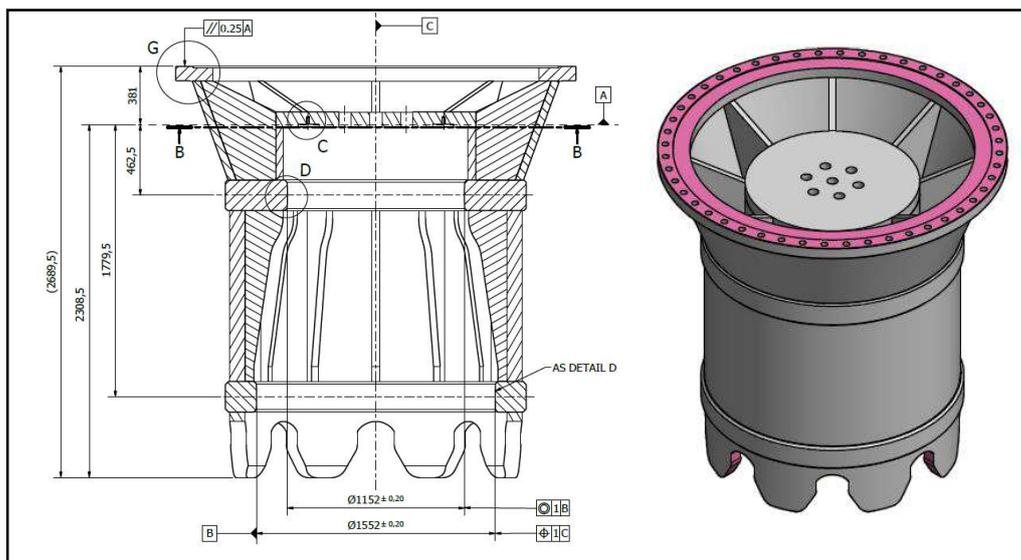


図 3.2-8 Upper スタブ内部構造図 (左) と外観図 (右)

(3) 主要機器の仕様

タービン発電機の主要な仕様を表 3.2-2 に示す。

表 3.2-2 タービン発電機の仕様

機器	項目	仕様
タービン	発電出力	500kW
	周波数	0~71.1Hz
	回転速度	0~7.2rpm
	タービンローター直径	17.175m
	ブレード数	3
	ブレードの材料	ガラス繊維強化プラスチック
発電機	種類	永久磁石式同期発電機
	力率	100%
	定格電圧	1,707V
	相数	3相
	回転速度	0~194rpm
	冷却法	受動冷却
	結線法	星形結線
	原動機との連結方法	タービンブレード発電機一体型 (増速機付)
ギアボックス	ギア比	1 : 27
	最大トルク	4,666kN

3.3. 支持構造物・バラストブロック

3.3.1. 設計・製作方針

支持構造物及びバラストブロックについては、英国で使用していたものを再度整備し、使用することとした。理由として、英国で使用していた支持構造物及びバラストブロックはAR500よりも重量のあるAR1000用の支持構造物であり、再度整備することで使用可能であると判断したためである。

3.3.2. 英国での再利用資機材点検結果

図3.3-1に2020年2月12日、英国にて九電みらいエネルギー(株)が確認した結果を示す。

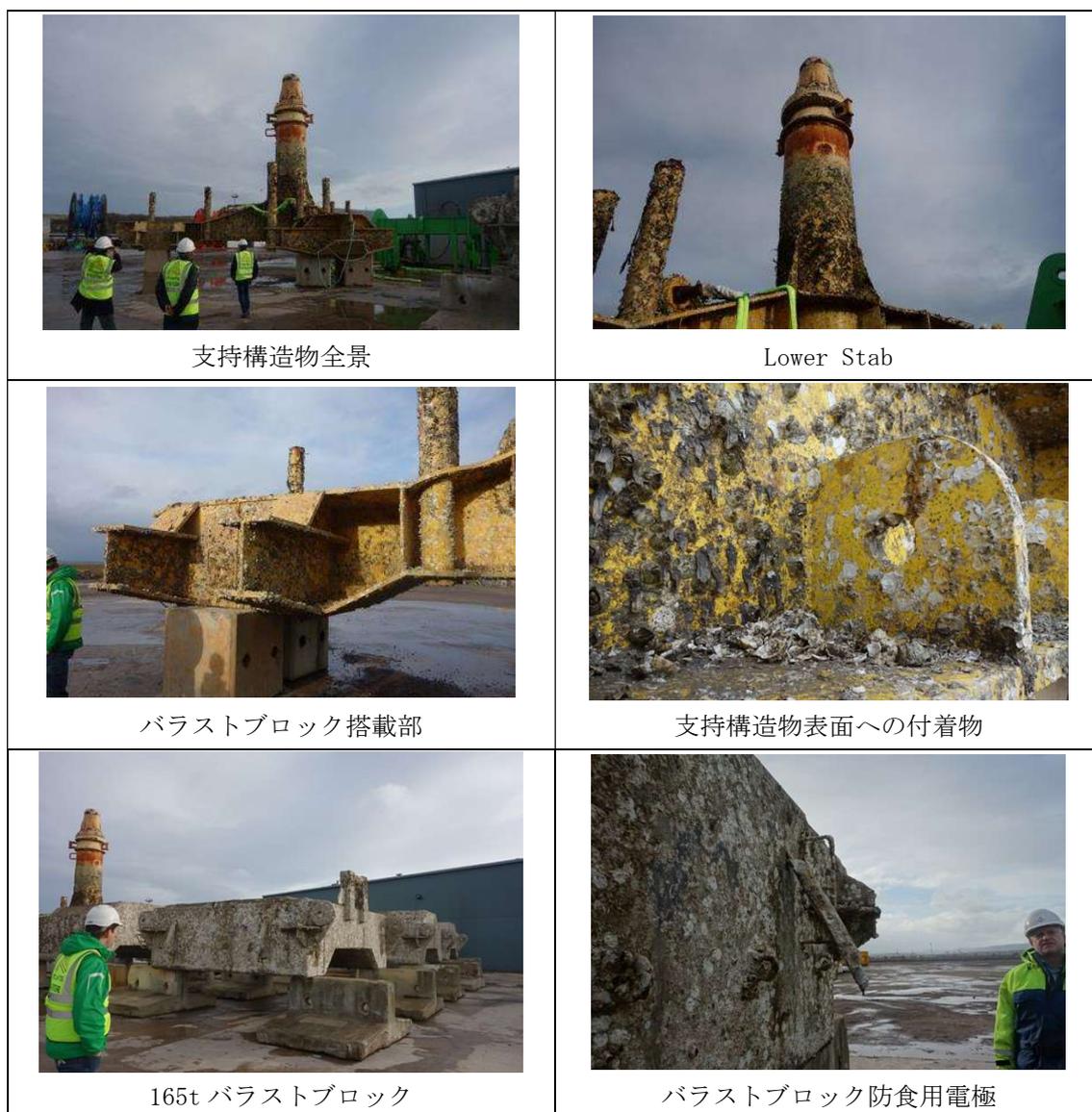


図 3.3-1 支持構造物・バラストブロック使用状況確認(2019年2月12日 英国・Nigg 港)

写真中の支持構造物及びバラストブロックは英国で AR1000 用として、6 ヶ月の運転期間を含む 10 年間海中保管していたものを、本事業で使用するために、海中から引き揚げたものであり、これらを再整備したものである。

支持構造物とバラストブロックは低合金鋼製である。支持構造物の塗装は、わずかなチッピングがある程度で、状態は良好であり、海中部分の発錆は見られない。Lower Stab のスプラッシュゾーンに錆が見られるが、錆はブラストで除去できる程度である。支持構造物とバラストブロックに付着したフジツボ等は、手作業で大部分を除去したのち、ブラストで塗装とともに除去する。支持構造物とバラストブロックは電気防食のアノードを備えており、点検の結果、およそ 10 年間の海中使用と保管において、その大きさが半分程度まで減少している。設計耐用年数が 25 年であることから、ほぼ設計通りと推測できる。

点検結果から、支持構造物とバラストブロックの再整備作業の手順は以下のとおりである。また、再整備後の様子を図 3.3-2 に示す。

(1) 支持構造物整備作業手順

ブラスト→外観検査→溶接部非破壊検査(→必要に応じ修理)→塗装→日本に出荷

(2) バラストブロック整備作業手順

ブラスト→外観検査→吊り部非破壊検査(→必要に応じ修理)→日本に出荷

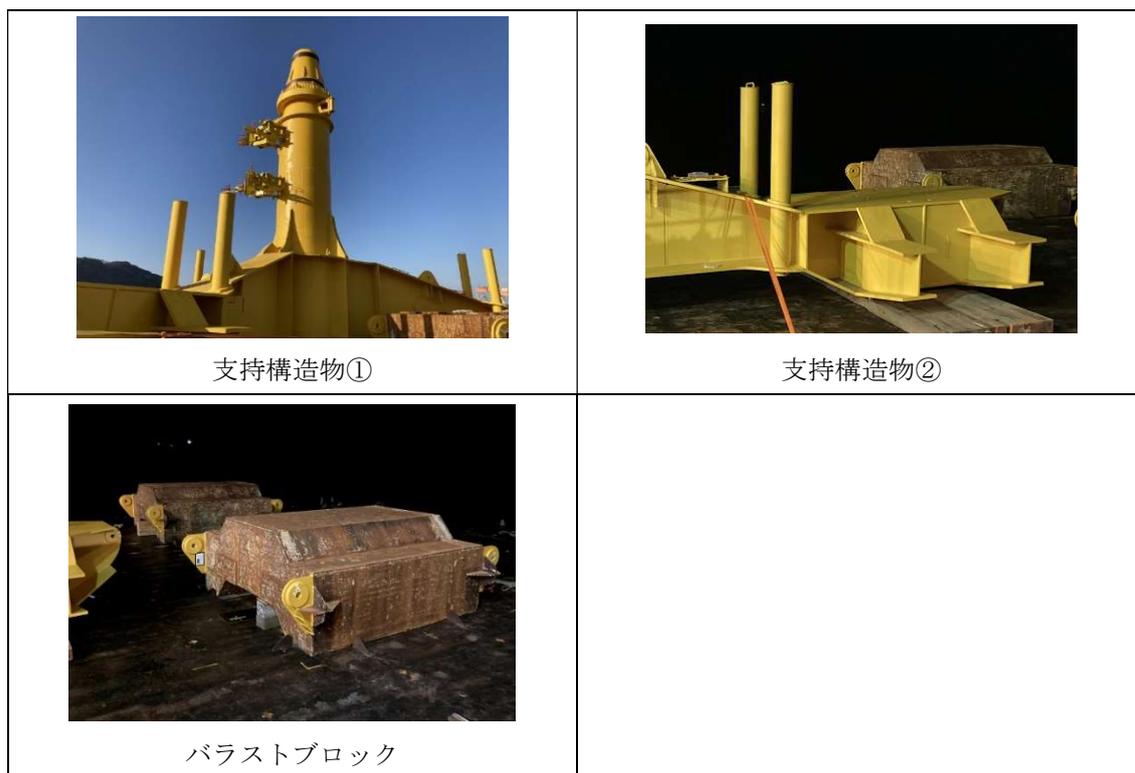


図 3.3-2 整備後の支持構造物・バラストブロックの状況確認

3.4. 水底ケーブル

3.4.1. 設計・製作方針

水底ケーブルも潮流発電機、支持構造物等同様、英国で設計・製造することとし、AOUK 社の潮流発電機用水底ケーブルを製作した実績のある英国水底ケーブルメーカーを選定した。この理由として、国内の水底ケーブルメーカーに設計・製作を問合せたところ、同仕様の水底ケーブルを製作した実績がないこと、及び問合せた当時、2年先まで受注残があり、製造工場が対応できないとの回答だったためである。

水底ケーブルの設計基準は IEC 規格ではなく、電気設備技術基準の水底ケーブルの基準に適合するように製作している。本事業では電気事業法他各種国内法規制に基づく対応が必要であり、このうち電技解釈の第 219 条には「第 7 章 国際規格の取り入れ」ができると規定されているが、高圧電線路（水底ケーブル）は、この規定の対象外と明記されている。今回使用する水底ケーブルは発電系統も含まれ高圧設備となるので、IEC61936-1 規格の適用はできないものと判断した。

AOUK 社経由で英国水底ケーブルメーカーに今回使用する水底ケーブルが電気設備に関する技術基準を定める省令（以下「電気設備技術基準」）への適合可否を問合せたが、確認できなかった。また、経済産業省に日本での海外製水底ケーブル使用実績の有無を問い合わせたところ、聞いたことがないとの回答だった。

そのため、今回使用する英国製水底ケーブルを電技解釈に適合させるため、AOUK 社へ詳細な水底ケーブル仕様の情報提供を依頼するとともに、経済産業省と電技解釈の考え方について打ち合わせを繰り返し、電技解釈に適合する水底ケーブルの設計を進めた。

以上により、本事業で使用する水底ケーブルは、Meygen プロジェクトで使用しているケーブルの設計仕様をベースとして、電気設備技術基準に適合するよう改良した仕様となっている。

3.4.2. 水底ケーブルの仕様

潮流発電機には、LV 回路と MV 回路があり、接地システムも備えている。LV 回路は潮流発電機の補助システムに三相または単相の電力を供給し、三相 MV 回路はタービン発電機と陸上の負荷装置を接続する。MV 回路には、緊急時に回路を遮断するための真空コンタクタが設置されている。表 3.4-1 に水底ケーブルの設計で準拠した電気設備基準の解釈の抜粋、表 3.4-2 に各ケーブルの役割、図 3.4-1 に本事業で使用する水底ケーブルの構成図を示す。

表 3.4-1 水底ケーブルの設計で準拠した電技解釈（抜粋）

第 3 条【電線の規格の共通事項】（省令第 6 条、第 21 条、第 57 条第 1 項）
第 10 条【高圧ケーブル】（省令第 5 条第 2 項、第 6 条、第 21 条、第 57 条第 1 項）
第 15 条【高圧又は特別高圧の電路の絶縁性能】（省令第 5 条第 2 項）
第 127 条【水上電線路及び水底電線路の施設】（省令第 6 条、第 7 条、第 20 条）

表 3.4-2 各ケーブルの役割

ケーブル	線数	役割
6 KV 電力線 (MV ケーブル)	3 線	タービン発電機で発電した電気を陸上設備まで送電するケーブル
1 KV 補助電力線 (LV ケーブル)	3 線	タービン発電機の運転に必要な電力を陸上から海底に送電するケーブル
通信用光ファイバー線	1 線(18 本)	陸上と海底の情報を送受信する通信線

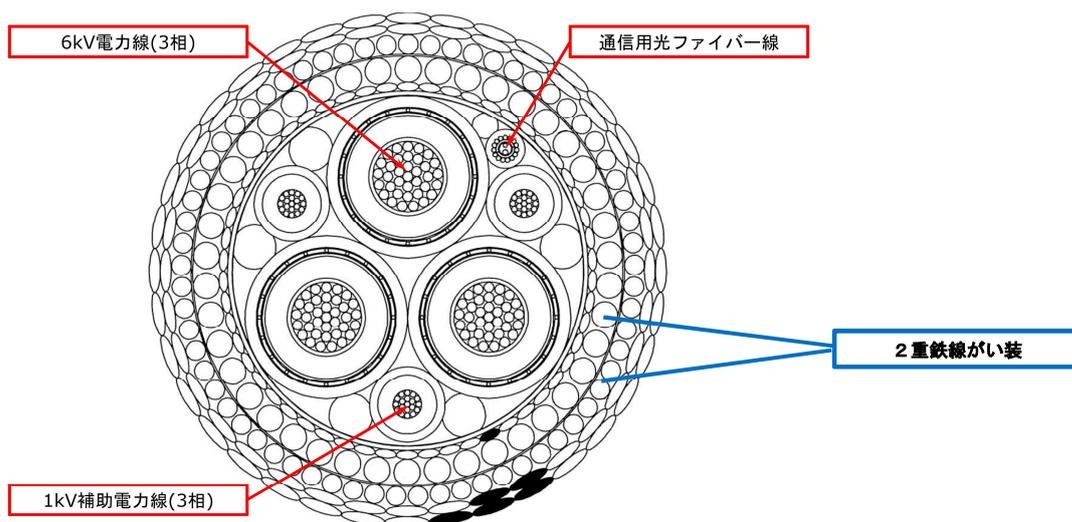


図 3.4-1 水底ケーブルの構成図

3.4.3. 水底ケーブルの接続方法

水底ケーブルは、潮流発電機に接続するジャンパーケーブルと陸上設備に接続するエクスポートケーブルがあり、ジャンパーケーブルとエクスポートケーブルはドライメイトコネクタ（DMC）で接続している潮流発電機と負荷装置との接続のイメージ図を図 3.4-2 に示す。また、各ケーブルの接続方法を以下に示す。

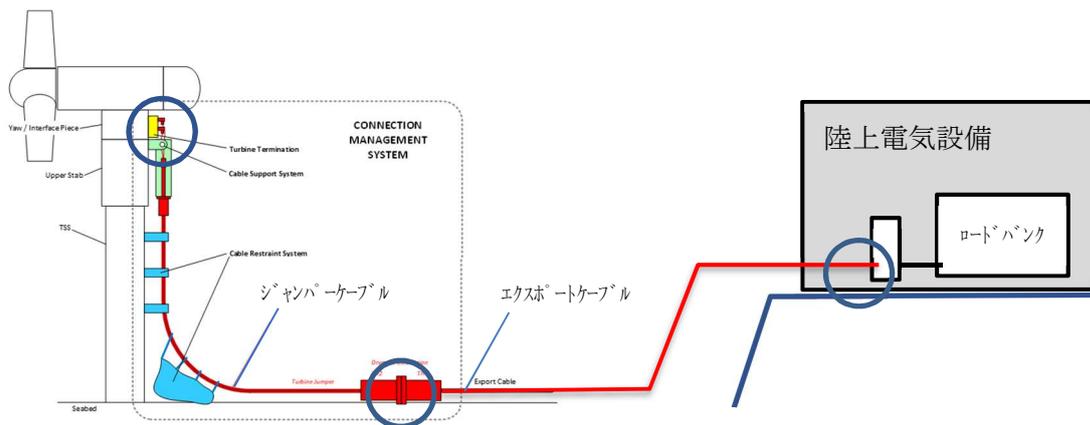


図 3.4-2 潮流発電機と負荷装置との接続のイメージ

(1) タービン発電機とジャンパーケーブルの接続

接続部はインターフェイスピースの側面にあり、水の浸入を防ぐための隔壁を備えたジャンクションボックスで接続する。隔壁の中には、LV ケーブルと MV ケーブル、光ファイバー回路用の MacArtney Optolink コネクタが入っている。ジャンパーケーブルの各コアは、ケーブルサポートシステムの入り口で分離され、ケーブルテールアセンブリのタービンエンドでコネクタに接続される。インターフェイスピースにはテストポートが設けられており、海中に沈める前に圧力テストを行い、水密性を確認することができる。図 3.4-3 にタービン発電機のケーブル接続部を示す。

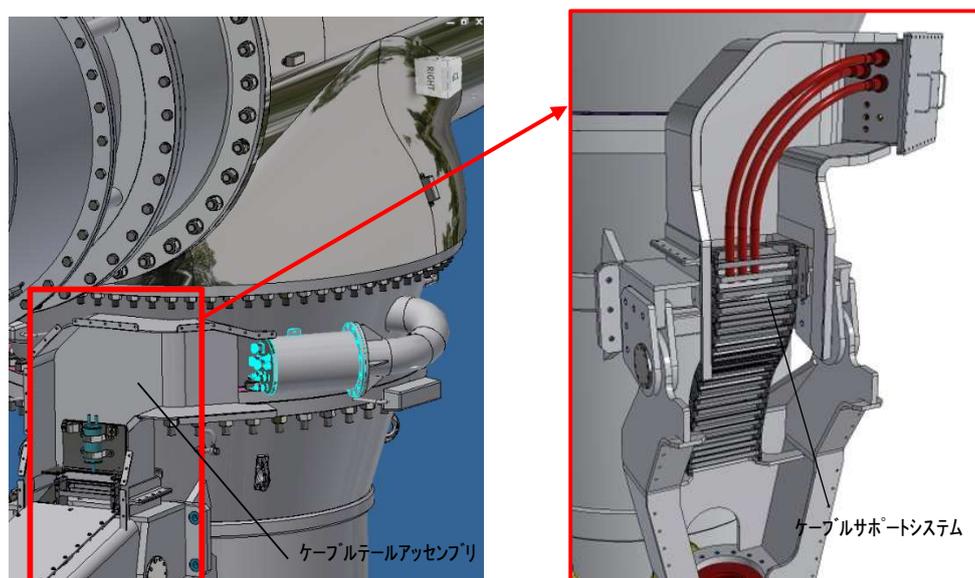


図 3.4-3 タービン発電機のケーブル接続部

(2) ジャンパーケーブルとエクスポートケーブルの接続

ジャンパーケーブルとエクスポートケーブルの接続には英国の ETA 社のドライマイトコネクタ (DMC) を採用している。接続は O リングで密閉されたシェルの中のコネクタで行われている。MV 回路のコネクタは、DMC に固定されており、DMC を合わせるとコネクタが嵌め合う構造となっている。LV 回路のコネクタ、光ファイバーコネクタ、アースケーブルは、固定されずにフリー状態でシェル内に収納されているため、DMC 同士を最終的に合わせる前に、それぞれを手作業で接続する。

最終的な接続は海底に設置する直前に施工船の上で行われ、インターフェイススペースと同様にテストポートが設けられており、海中に入る前に圧力テストを行い、水密性を確認することができる。図 3.4-4 に DMC の構成図、図 3.4-5 に DMC 接続作業状況を示す。

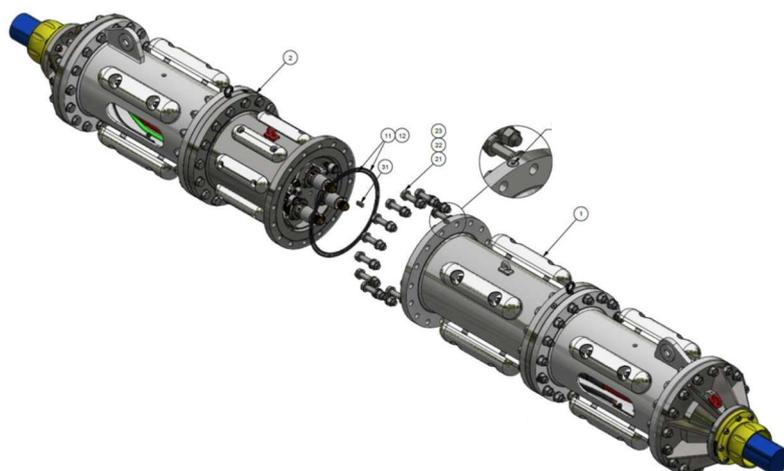


図 3.4-4 DMC 構成図

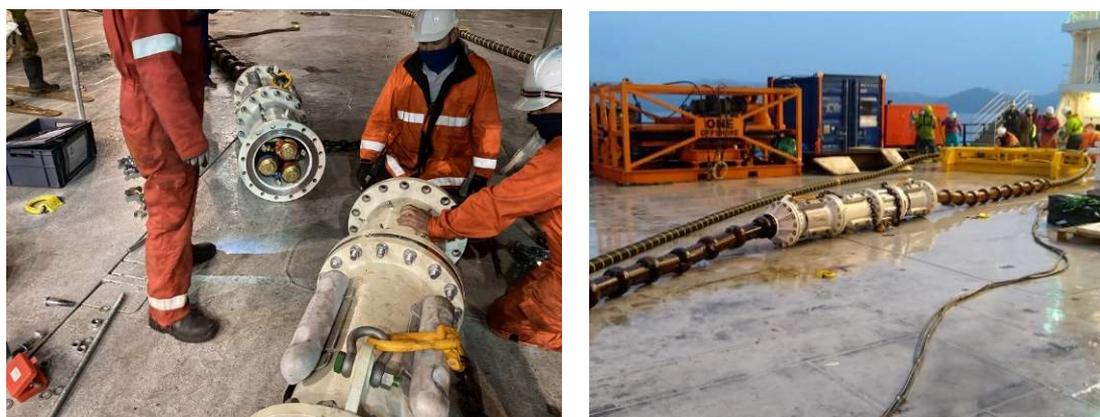


図 3.4-5 DMC 接続作業状況

(3) エクスポートケーブルと陸上設備の接続

エクスポートケーブルは海岸から揚陸後、陸上設備のケーブルピット内でLV ケーブル、MV ケーブル、光ケーブルに分離し、それぞれの接続先に引き込む。LV ケーブル及びMV ケーブルは日本製の端末材を使用して陸上電気設備に接続した。



図 3.4-6 エクスポートケーブル陸上設備接続状況

表 3.4-3 MV ケーブル端末仕様

項目	仕様
メーカー	住友機器システム(株)
品名	6600V ゴムストレスコーン形 屋内終端接続部
型番	6CIP-3-A150

3.5. 陸上設備

3.5.1. 設計・製作方針

潮流発電機の運転には、補助電源の供給や、発電した電力を消費する負荷装置の運転制御を行うための陸上設備が必要である。このうち、負荷装置・負荷装置用制御コンテナ・断路器については英国で設計・製作した機器を使用。その他の機器は国内で調達可能な機器を選定した。図 3.5-1 に陸上設備のレイアウトを示す。

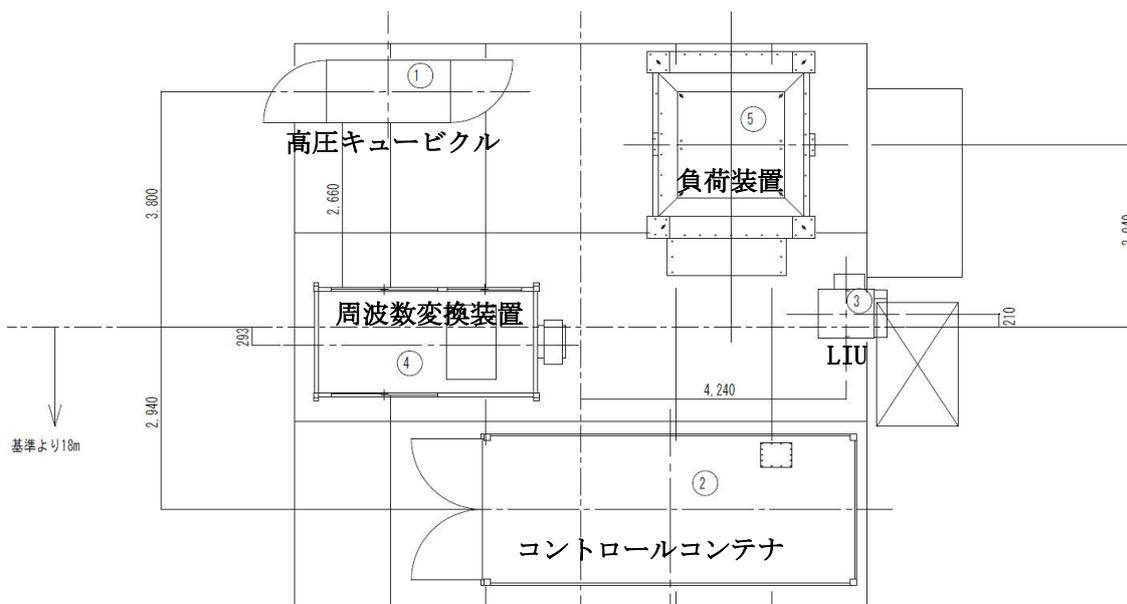


図 3.5-1 陸上設備レイアウト図

3.5.2. 各機器の設計・製作

(1) コントロールコンテナ

コントロールコンテナには、潮流発電機を運転するための重要な制御機器が組み込まれている。主な機器として、タービン発電機に電力を供給する昇圧トランス、陸上機器に電力を分配する分電盤、潮流発電機の運転状態の監視や操作を行う PLC、サーバー、ルーター、UPS、IO モジュールなどが格納された制御キャビネット、運転監視用のノートパソコンが設置されている。コントロールコンテナは、AR500 の運用のために英国の Parkburn 社にて新設計・製作された。

(2) ローカルアイソレーションユニット (LIU)

LIU は、陸上での保守作業を安全に行うために、海底と陸上の発電システムを手動で切り離し、接地するための装置である。LIU には発電システムの絶縁低下を監視する絶縁監視装置も搭載されており、絶縁抵抗を常時監視し抵抗値が閾値を下回った場合には、制御装置にトリップ信号を送り潮流発電機を停止させる。LIU は AR500 の運用のために英国の Wood Group 社にて新設計・製作された。

(3) 負荷装置

負荷装置は、AR500 で発生した電気エネルギーを熱エネルギーとして大気中に放熱するものである。負荷装置は、3つの抵抗器（24Ω、48Ω、96Ω）があり、3つのコンタクタを入り切りし、変化する潮流発電機負荷に応じて、抵抗の組み合わせを変化させる。負荷装置は、自然対流による空冷式となっている。AR500 の運用のために英国の Cressall 社にて新設計・製作された。図 3.5-2 に負荷装置の外観図を示す。

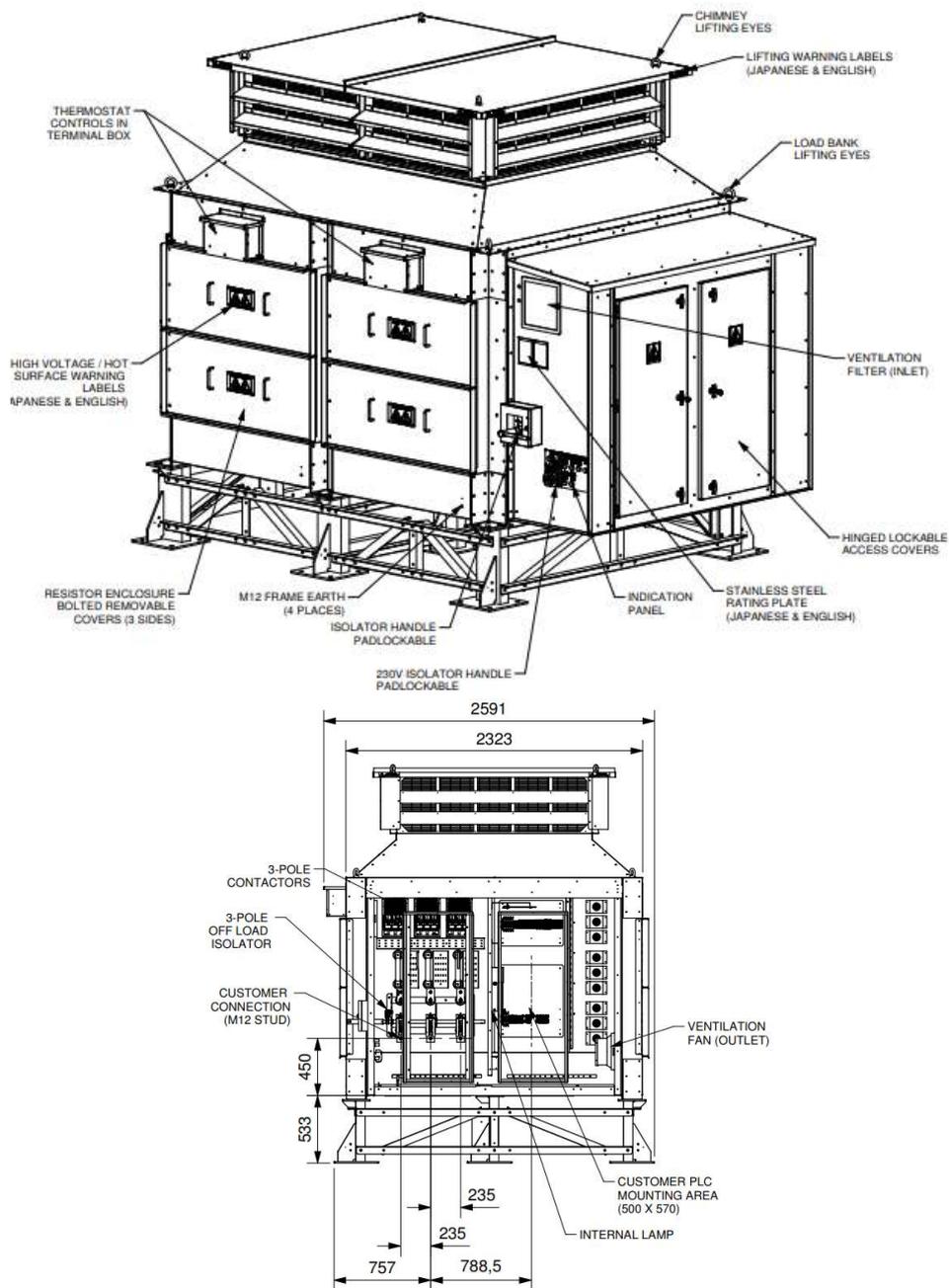


図 3.5-2 負荷装置外観図

3.6. 設備設置場所

3.6.1. 潮流発電機

潮流発電機の設置位置は、オープンハイドロ社の潮流タービンを設置する予定であった奈留瀬戸の篝火崎（奈留島）と早崎（久賀島）の間に設置することとした。

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 3.6-1 に示す。海底面一帯は岩盤が露出し起伏に富んだ地形であり、2020 年度実施した一軸圧縮試験結果から圧縮強度 100MPa 程度で十分な地耐力を有することが確認されている。

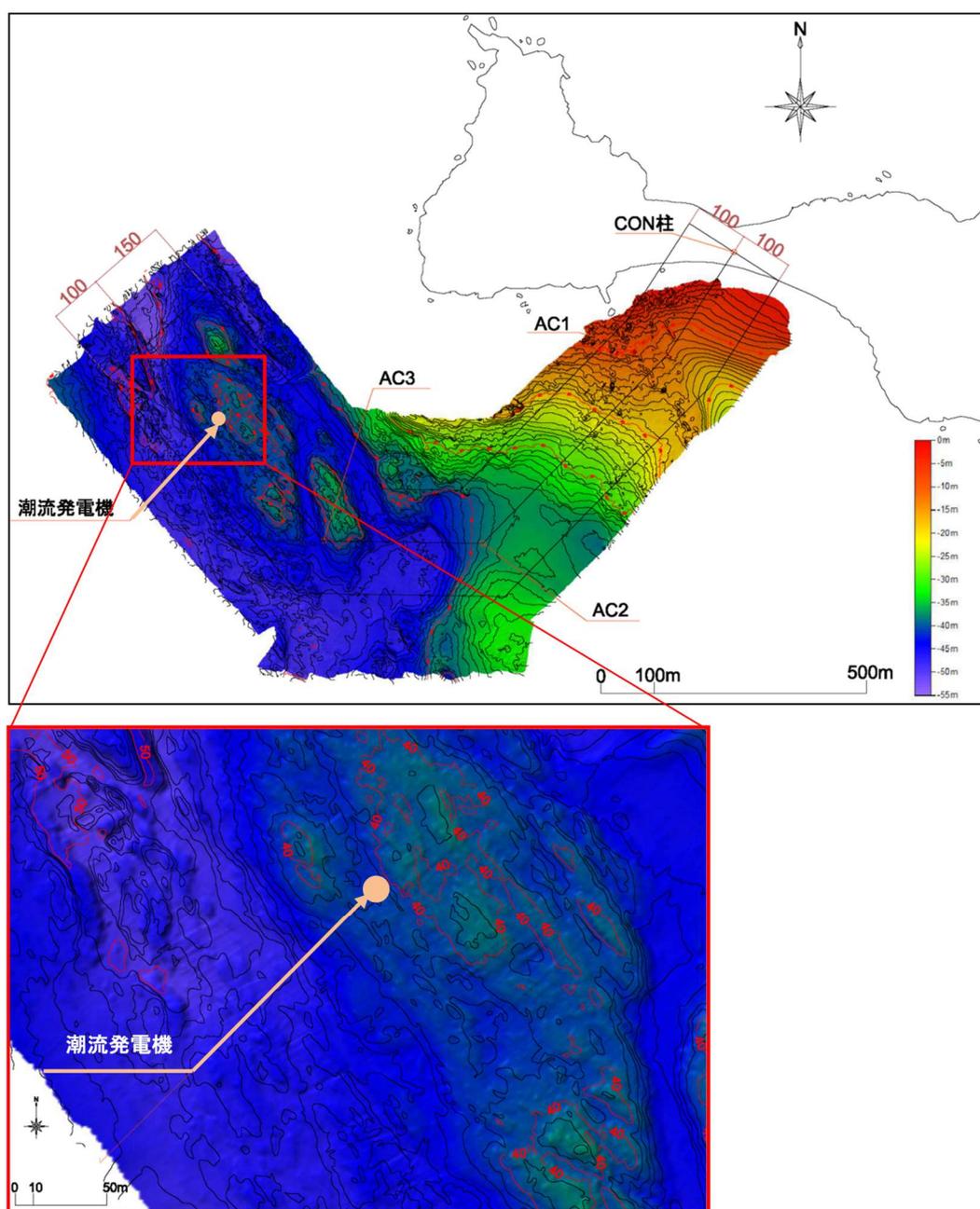


図 3.6-1 潮流発電機設置場所及び海底状況

3.6.2. 陸上設備

潮流発電機の運転に必要な補助電源供給設備や潮流発電機の運転を制御する制御装置などの陸上電気設備は、前事業で変電所を設置する予定だった奈留島の浦地区に設置することとした。設計のための地質調査等は2017年度の調査結果を流用することで費用と期間の効率化を図った。前事業での地質調査では、以下の項目について調査している。

- ・ボーリング（2箇所、計15m）
- ・標準貫入試験（2箇所、計19回）
- ・スウェーデン式サウンディング試験（4箇所）
- ・攪乱資料採取（1箇所、計1回）
- ・室内土質試験（土粒子の密度試験、土の含水比試験、土の粒度試験ふるい分析、土の粒度試験・沈降分析、土の湿潤密度試験、土の三軸圧縮試験、突き固めによる土の締固め試験）

陸上設備の配置図を図3.6-2に示す。

なお、陸上設備設置場所は借地であることから、地権者と相談し、陸上設備周辺のみ外柵を設置することにした。

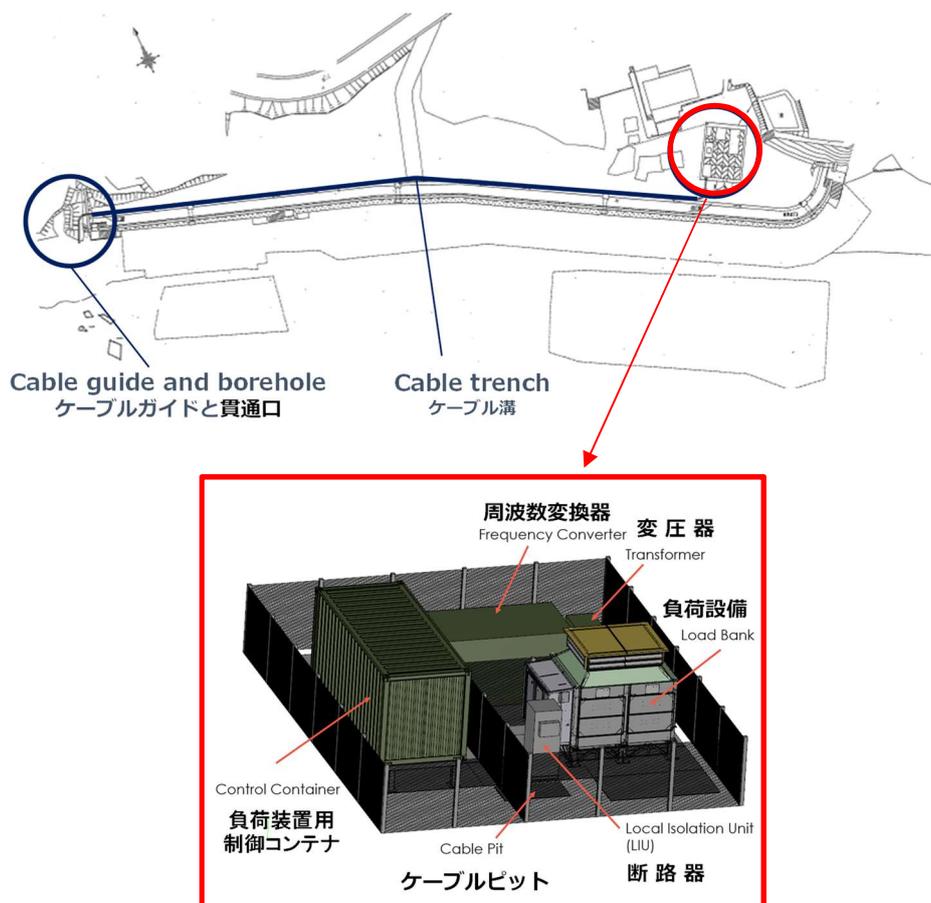


図 3.6-2 陸上設備配置図

水底ケーブル揚陸点付近海岸部のケーブルについては、鑄鉄管によるカバーを設置するとともに、近辺の礫・岩等自然にある物を利用し、ケーブルが目立たないように対策をとった。図 3.6-3 に揚陸点付近の状況を示す。

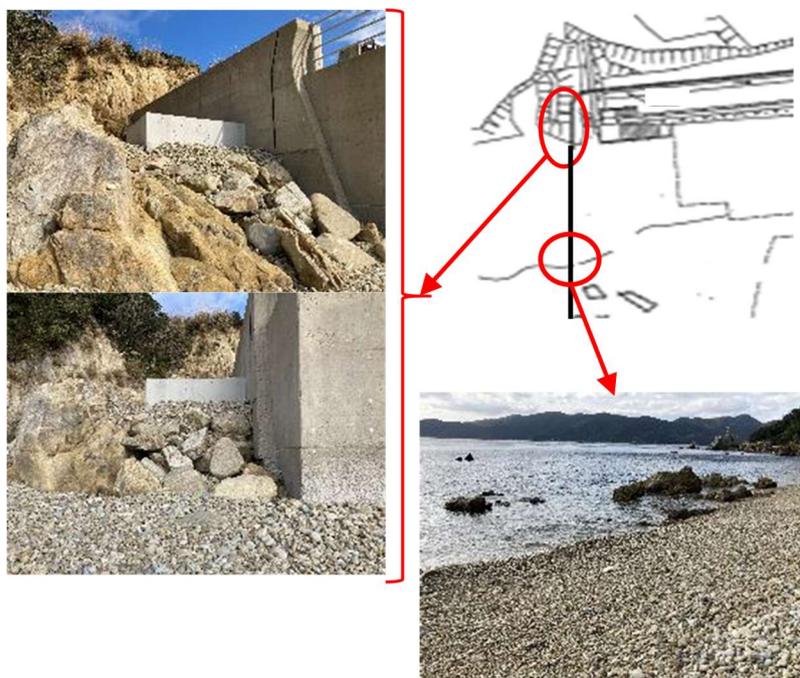


図 3.6-3 揚陸点付近のケーブル敷設状況

ケーブルを陸上設備と接続するためには防波堤を貫通または避ける等の必要がある。これについては、防波堤を所有・管理する長崎県五島振興局と調整し、防波堤を貫通することとした。また、揚陸点から防波堤貫通部はほぼ直角に曲がる必要があることから、ケーブルガイドを設置することで、ケーブルが無理なく、方向転換できるようにした。図 3.6-4 に防波堤貫通部の写真を示す。



図 3.6-4 防波堤貫通部状況

防波堤貫通部を通過したケーブルはエフレックス管に通した状態で、埋設する。図 3. 6-5 にエフレックス管と埋設状況の写真を示す。



図 3. 6-5 エフレックス管（左）及び埋設工事の状況（右）

3. 6. 3. 水底ケーブル

陸上設備設置場所が確定し潮流発電機の設置位置が決定したことから、並行して別途潜水による敷設ルート調査内容を精査し平面上の条長を確定した。また潮流発電機との海底接続に必要な予長と陸上端末処理に必要な予長を計算し、製作条長は1,800mとした。図 3. 6-6 に敷設ルートを示す。

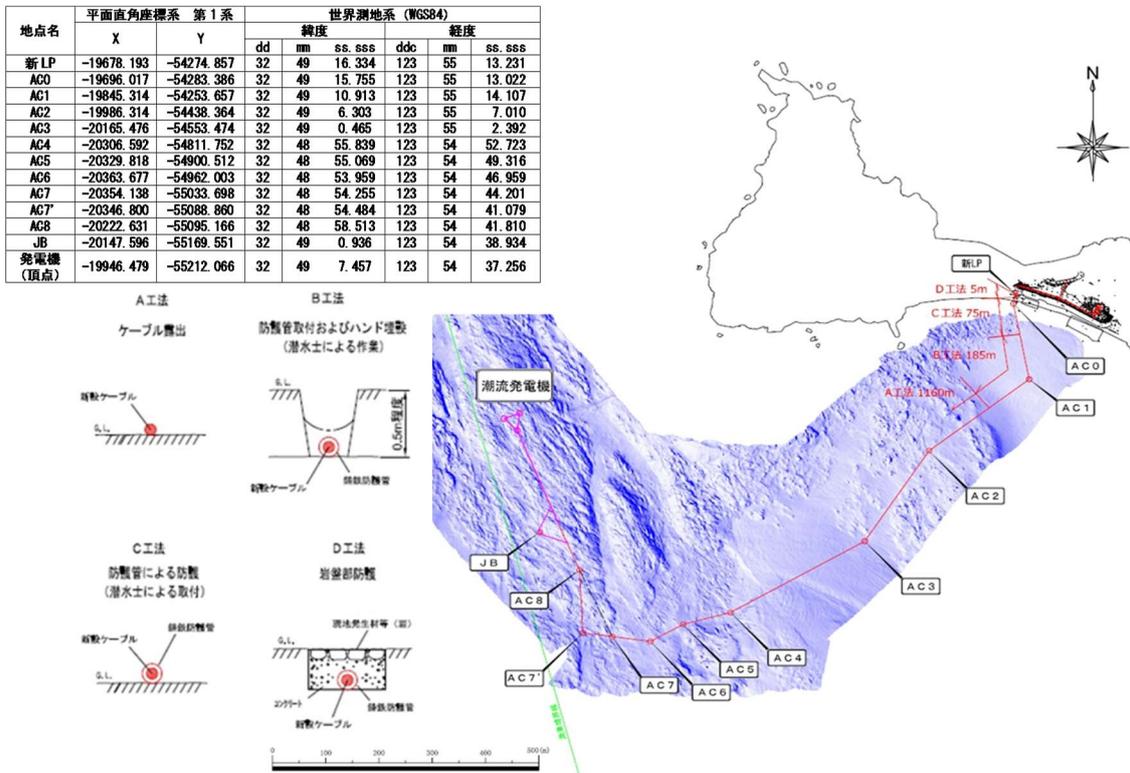


図 3. 6-6 水底ケーブル敷設ルート図

3.7. 総括

本事業のために設計・製作した潮流発電機 AR500 は、新型コロナウイルス感染症の世界的な流行という人流上そして物流上の制約があった中にもかかわらず、発電システム全体の設計、製作をわずか 11 カ月で完了した。この要因としては、前事業で行った潮流発電機設置場所、海底ケーブルルート、陸上設備エリアの海域調査、地質調査などの貴重なデータを設計に活用し、設計期間を短縮したことがあげられる。また、発電機器の全てを新規製作せず、既存の機器を可能な限り流用したこと、設計や製作に時間がかかるヨー制御・ピッチ制御の機能を省いたことで製作期間を短縮したことがある。併せて、これらの取り組みにより費用を低減するという目的も同時に達成した。

AR500 自体は商用機として使用することは困難であるが、今後、ヨー制御・ピッチ制御の機能の追加による利用率や稼働率の向上、水深や潮流速に適したブレードサイズを選択による発電機出力の増大など、経済性の高い潮流発電機を設計するための一定の道筋をつけることができたと考える。

日本のサイトは欧州より比較的波高や潮流が低いサイトが多く、その分構造上の疲労も少なくなり欧州のサイトに設置する同等の定格出力の潮力発電機よりも軽量で安価にできるなど、日本のサイトのメリットを活かした更なる適切な設計・製作を行える可能性がある。

4. 日本での認証取得に関する業務

潮流発電事業に関する許認可申請については、明確に取りまとめられているものがない。発電設備が海中に設置されることによる影響範囲を想定して、太陽光発電と洋上風力発電を参考に、必要許認可を調査してきたことは、過去の成果報告書で報告済みである。

本章では、これまでの調査結果を基に、潮流発電事業を実施するために必要な許認可について、一般財団法人日本海事協会(以下、日本海事協会)の認証取得、電気事業法に基づく工事計画他の認可取得、その他関係法令への対応について記載する。

4.1. 日本海事協会の認証取得

4.1.1. 認証取得に至った経緯

電気工作物の設置にあたっては、電気事業法に基づく手続きが必要になるが、一般的に、電気工作物は電気設備技術基準を遵守する必要がある。また、潮流発電は新しい発電方式であることから、他の一般的な発電方式と違い、経済産業省令で定める技術基準が存在しない。

そこで、潮流発電設備の安全性を担保するため、日本海事協会に設計妥当性の評価を依頼し、その評価結果を工事計画認可申請書の一部とすることとした。

日本海事協会は、2011年から船舶以外の認証として、洋上を含む風力発電システムの認証サービスを開始した。さらに、2015年12月には「潮流・海流発電システムの認証に関するガイドライン」を制定し、国際、国内標準に基づく、海洋再生エネルギー発電システムの認証サービスを開始した。

4.1.2. 「潮流・海流発電システムの認証に関するガイドライン」の概要

表4.1-1に「潮流・海流発電システムの認証に関するガイドライン」の認証の範囲、内容、及び本事業で取得した認証を示す。

日本海事協会と調整した結果、本事業ではプロトタイプ認証のうち、サイト条件評価、設計基準評価、設計評価を実施し、設計評価適合証明書を取得することとした。将来の商用化やファーム化の際には、型式認証とプロジェクト認証の取得が必要となる。

表 4.1-1 「潮流・海流発電システムの認証に関するガイドライン」の概要と
本事業での対応

認証範囲		内容	本事業での対応
部品認証		主要部品の型式毎に設計条件、適用規格、その他技術的要求事項に従って設計、文書化及び製造されていることを証明する	本事業では不要と判断し、認証を取得しない
プロトタイプ認証	サイト条件評価	試作機の設計評価等を行うことにより、プロトタイプ試験または実証試験可否を評価する。有効期間はプロトタイプ機設置日から2年間で、5年まで延長可能	左記3項目の評価を実施し、設計評価適合証明書を取得
	設計基準評価		
	設計評価		
	製造評価	プロトタイプ試験機が設計評価の時に確認した設計文書に従って製造されたかを評価する	電気事業法等の許認可に必須ではないため、評価しない
	実証試験計画書の評価	最終的な洋上での実証試験を可能とするため、洋上工事着工前に認証する。有効期間は3年。	電気事業法等の許認可に必須ではないため、評価しない
型式認証		その型式の発電システムが設計条件、適用される基準、その他の技術的要求事項に従って設計、文書化及び製造されていることを証明する	本事業では不要と判断し、認証を取得しない
プロジェクト認証		型式認証された発電システムの設計が外部条件及び設置サイトに適合しているかを評価する	本事業では不要と判断し、認証を取得しない

4.1.3. 設計評価

(1) 評価方法

本事業で使用する AOUK 社製潮流発電機は、本事業における設置場所の五島列島奈留瀬戸より過酷な英国の環境・海象に耐えうる条件に基づき設計し、英国での発電事業に利用されている。本事業で使用する AR500 の一部は、英国で使用した部品を再利用することとした。タービン発電機及び支持構造物のうち、再利用品については欧州の環境条件に基づく強度評価を、新規設計部品については日本の環境条件に基づく強度評価を実施した。

なお、欧州での使用に際し、設計評価の項目として、地震や津波は含まれない。AR500 を日本国内で使用するにあたり、日本独自の評価項目として、地震と津波の評価を実施

した。地震の評価については、日本海事協会の提案による計算式を用いて、水平震度と鉛直震度に対する安定性(滑動、転倒、浮き上がり)を評価した。また、津波の評価については、これまで実証海域付近で大きな津波が発生していないことを理由とし、津波の影響は無視できるものと判断された。

評価方法の概要を表 4.1-2、評価の適用基準を表 4.1-3、評価のために提出した文書を表 4.1-4、英国スコットランドにおける AR1500 の仕様と、本事業で使用する AR500 の仕様の違いを表 4.1-5 に示す。

表 4.1-2 評価方法の概要

項目		評価方法
発電設備	新品	日本の環境条件に基づき、強度評価を実施
	再利用品	欧州の環境条件に基づき、強度評価を実施 ※欧州の方が日本より過酷な条件であることを確認済
地震、津波		上記新品、再利用品に関わらず、日本海事協会が提案した計算式を基に、AR500 の評価を実施

表 4.1-3 評価基準

適用基準名	制定者	評価の対象
DNVGL-ST-0614 Tidal turbine	DNVGL (ノルウェー)	全般
港湾の施設の技術上の基準・同解説	公益財団法人 日本港湾協会	サイト条件の選定

表 4.1-4 提出資料(一部抜粋)

提出資料名
<ul style="list-style-type: none"> • Environmental inputs report • Loading report (0.24g の地震評価を含む) • Basis of design, • Control and safety system • Commissioning plan, etc.

表 4.1-5 AR1500 と AR500 の仕様の違い

項目	AR500(日本)	AR1500(英国)
発電機出力	500kW	1,500kW
潮流速度	3.0m/s	3.0m/s
設置深度	41.0m	32.5m
カットアウト時の流速	3.0m/s	5.0m/s
運転可能な最大波高 H_s/H_{max}	2.0m/3.7m	3.0m/5.6m
限界潮流速度(高潮含む)	3.9m/s	5.8m/s
限界波高 H_s/H_{max}	4.95m/9.2m	8.5m/15.9m

H_s : 有義波高

H_{max} : 最大波高

(2) 評価結果

日本海事協会による設計評価の結果、本事業で使用する潮流発電機は、試験機としての安全性に係る検討がなされており、かつ、サイト条件に適合した設計が行われていることから、その設計の妥当性が確認されたものと判断され、2020年4月15日付で設計評価適合証明書を取得した。

4.2. 工事計画他許認可取得

4.2.1. 潮流発電機に関する電気事業法の概要

我が国は、電気事業法により電気事業の運営が規制されており、この法律は、電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の利用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、環境の保全を図ることを目的としている。なお、電気事業とは、発電、変電、送電、配電を指す。

電気事業法第47条において、事業用電気工作物の設置変更の工事であって、公共の安全の確保上特に重要なものは、経済産業大臣に認可申請を行い、その工事計画の「認可」を受けなければならない旨が規定されている。図4.2-1に発電所の種類と規模に応じて定められている工事計画の認可・届出の範囲を示す。なお、本事業は、図4.2-1に規定されていない発電所の種類のため、経済産業大臣に認可申請が必要となる。

発電所の種類 出力(kW)	風力	太陽電池	燃料電池	水力 ^②	火力			原子力
					汽力	ガスタービン	内燃力	
90万以上 90万未満	届出 (部)	届出 (部)	届出 (省)	届出 (省)	届出 (省)	届出 (省)	届出 (省)	認可 (省)
10,000未満 2,000未満 1,000未満				届出 (部)	届出 (部)	届出 (部)	届出 (部)	
500未満 300未満 200未満	届出 (部)	届出 (部)	届出 (省)	届出 (部)	届出 (部)	届出 (部)	届出 (部)	認可 (省)
50未満 20未満 10未満								

必要設備の種類 容量(kWh)	電力貯蔵装置
80,000未満	届出 (部)
規定なし	届出 (部)

(説明) ① 黒色は認可及び届出が不要な工事。
 ② ()内は認可又は届出先であり、(省)は経済産業省、(部)は所轄産業保安監督部の意味。
 ③ 黒色は一般用電気工作物(小出力発電設備を含む)

出典：「系統連系規程」JEAC 9701-2016

図4.2-1 工事計画の認可・届出の範囲

4.2.2. 工事計画の認可手続き

(1) 概要

電気事業法第47条を踏まえ、潮流発電システムの工事計画に関する手続きについて経済産業省へヒアリングを行い、以下の電気事業法上の手続きが必要であることが分かった。

- ・潮流発電システムの設置工事の工事計画は、主務大臣の「認可」の対象。
- ・認可申請の様式は、電気事業法施行規則の様式第47(第63条関係)を使用する。
- ・電気工作物検査官の立会による使用前検査の受検が必要。

潮流発電システムの認可申請における事業用電気工作物の種類を表4.2-1に示す。図4.2-2に工事計画(変更)認可届出書を示す。また、図4.2-3に工事計画届出申請に必要な項目、添付資料を示す。

表 4.2-1 事業用電気工作物の種類

[電気事業法施工規則(別表第三)抜粋]
一 発電所
(六) 電気設備
1 発電機
2 変圧器
3 電圧調整器または電圧位相調整器
4 調相機
5 電力用コンデンサー
6 分路リアクトルまたは限流リアクトル
7 周波数変換機器または整流機器
8 遮断器
9 逆変換装置
10 電力貯蔵装置
(七) 附帯設備
1 発電所の運転を管理するための制御装置

様式第 47 (第 63 条関係)

工事計画(変更)認可申請書
(潮流発電所建設工事)

年 月 日

経済産業大臣
〇〇 〇〇 殿

住 所
氏 名(名称及び代表者の氏名)

電気事業法第 47 条第 1 項(第 47 条第 2 項)の規定により別紙工事計画書のとおり工事の計画(工事の計画の変更)の認可を受けたいので申請します。

備考 用紙の大きさは、日本産業規格 A 4 とすること。

出典：「電気事業法施行規則」

図 4.2-2 工事計画(変更)認可申請書

工事計画認可申請に必要な項目、添付資料

- I 工事計画認可申請書(様式第 47)
- II 工事計画書
 - 別表第二(第六十二条、第六十五条関係)に基づき、届出する目的(発電の簡単な手法等)
 - 別表第三(第六十三条、第六十六条関係)にて要求される記載事項
 - ①発電所の名称及び位置
 - ②発電所の出力及び周波数
 - 発電設備の概要
 - 種類、出力、開放電圧、短絡電流、個数
 - 電気設備の概要(デバイス番号を記載し、単線結線図と比較できるようにしておくこと)
 - ①遮断器：種類、電圧、電流、遮断電流、遮断時間、個数、保護継電器装置の種類
 - ②逆変換装置：種類、容量、電圧、電流、相、周波数、結線法、個数
 - ③保護継電装置の種類
 - 制御方式について
 - 工事工程表
 - 設置を必要とする目的
- III 添付資料
 - 技術基準適合性確認表
 - 仕様書(発電設備、遮断器、逆変換装置の概要についてそれぞれの資料)
 - 構造図
 - 単線結線図
 - 平面図
 - 支持物の強度計算書
 - 構造物の熱耐力
 - インターロック図
 - 地図(事業所の位置がわかるもの、1/50000 が理想)
 - 潮流発電システムの規格及び技術仕様については、C l a s s NKの設計評価適合証明書を取得し、工事計画書に添付

出典：「電気事業法令集」

図 4.2-3 工事計画認可申請に必要な項目、添付資料

工事計画書については、経済産業省と調整し、表 4.2-2 で示す資料を 2020 年 6 月 30 日に提出し、2020 年 8 月 20 日付で認可書を受領した。

表 4.2-2 工事計画書 経済産業省提出書類一覧

図番号	経済産業省への提出資料
本文	工事計画書
第 1 号図	送電関係一覧図
第 2 号図	発電所の概要を明示した地形図
第 3 号図	発電所一般平面図、主要機器配置平面図
第 4 号図	単線結線図
第 5 号図	発電方式に関する説明書
第 6 号図	潮流タービンの構造図及び強度計算書(日本海事協会報告書)
第 7 号図	支持構造物の構造図及び強度計算書(日本海事協会報告書)
第 8 号図	発電機短絡強度計算書
第 9 号図	遮断器三相短絡強度計算書
第 10 号図	発電所の運転を管理するための制御装置の制御方法に関する説明書

4.2.3. 使用前検査

(1) 概要

電気事業法第 49 条第 1 項及び同法施行規則第 68 条において、水力、火力、燃料電池、太陽電池、風力発電所以外の発電設備を設置した場合は、全ての工事が完了したときに主務大臣の検査を受け、これに合格した後でなければ使用できない旨が規定されている。

また、使用前検査は、電気事業法施行規則第 69 条において工事の計画に係る全ての工事が完了した時、電気工作物検査官が特定事業用電気工作物の通常運転時における性能を確認する検査その他工事の完了を確認するために必要な検査を行う旨が定められている。電気事業法施行規則第 71 条に基づき、図 4.2-4 に示す様式第 50 の使用前検査申請書を提出した。

様式第 50 (第 71 条関係)

使用前検査申請書

年 月 日

経済産業大臣
〇〇 〇〇 殿

住 所
氏 名 (名称及び代表者の氏名)

電気事業法第 49 条第 1 項の規定により次のとおり使用前検査を受けたいので申請します。

検査を受けようとする電気工作物に係る 事業場の名称及び所在地	
電気工作物の概要	
検査を受けようとする工事の工程	
検査希望年月日	
使用開始予定年月日	

- 備考 1 電気工作物の概要の欄には、法第 47 条第 1 項若しくは第 2 項の認可番号及び認可年月日または法第 48 条第 1 項の規定による届出年月日を付記すること。
- 2 用紙の大きさは、日本産業規格 A 4 とすること。

出典：「電気事業法施行規則」

図 4.2-4 使用前検査申請書

(2) 使用前検査検査範囲と検査項目

本事業で使用する潮流発電機の使用前検査項目、使用前検査の実施場所及び立会者等を表 4.2-3 に示す。

本事業で潮流発電機は電力系統に接続しないことから、陸上設備は検査範囲外とし、工事計画認可範囲に水底ケーブルを含んだものを検査範囲とした。また、本事業で使用する潮流発電機は英国で製造することから、使用前検査項目の一部は日本で実施することが困難であった。経済産業省との調整の結果、ナセル内の外観検査や接地抵抗測定など、日本では実施できない 5 項目については英国で検査した結果を書類審査し、その他 4 項目は経済産業省の電気工作物検査官立会いのもと、検査を実施した。

表 4.2-3 使用前検査に関する試験内容・試験方法等

項目	試験・検査内容	英国		日本	
		検査箇所	立会者	検査方法	検査者
1 外観検査	潮流発電機の設置状況、仕様、材料、後続および能力について、認可申請された工事計画に従って施設されていることを目視等により確認する	ナセル内の機器	日本海事協会 (遠隔:九電みらいエナジー)	ナセル外観、発電機の設置位置等確認	九電みらいエナジー
				書類検査	経済産業省電力安全課
2 接地抵抗測定	潮流発電機等の接地が接地極に接続されていることを確認する	ナセル内アース線	日本海事協会 (遠隔:九電みらいエナジー)	書類検査	経済産業省電力安全課
3 絶縁抵抗測定	低圧の機器および電路については、500V 絶縁抵抗計、高圧の機器および電路については、1,000V 絶縁抵抗計を使用して測定する	水底ケーブル～ナセル内機器	日本海事協会 (遠隔:九電みらいエナジー)	書類検査	経済産業省電力安全課
4 絶縁耐力試験	電力回路や機器の使用電圧に応じて電技解釈第 14 条及び第 16 条に定められている試験電圧を印加する	水底ケーブル～ナセル内機器	日本海事協会 (遠隔:九電みらいエナジー)	書類検査	経済産業省電力安全課
5 保護装置試験	電技解釈第 36 条及び第 42 条に規定される保護装置ごとに、関連する継電器を手動等で接点を閉じるか又は実際に動作させることにより試験する	発電機内外の保護装置	日本海事協会 (遠隔:九電みらいエナジー)	書類検査	経済産業省電力安全課
6 総合インターロック試験	潮流発電設備等を軽負荷運転させ、総合インターロックが作動する原因となる重故障を模擬する(非常停止ボタンを手動で動作させる)ことにより、潮流発電設備等の緊急停止動作が正常に行われることを確認する	—	—	検査官立会検査	経済産業省電力安全課
7 制御電源喪失試験	潮流発電設備等を運転中に制御電源喪失を模擬し、潮流試験設備等の緊急停止動作が正常に行われることを確認する	—	—	検査官立会検査	経済産業省電力安全課
8 負荷遮断試験	発電機出力の 4/4 負荷程度の運転状態において負荷遮断し、潮流発電設備等の緊急停止動作が正常に行われることを確認する	—	—	検査官立会検査	経済産業省電力安全課
9 負荷試験 (出力試験)	発電機を運転して負荷へ電力を供給後、タービンロータ、発電機、逆変換装置、変圧器等に異常がないかを確認する	—	—	検査官立会検査	経済産業省電力安全課

(3) 検査結果

① 英国での検査結果

図 4.2-5 に英国での検査状況を示す。検査は2020年10月16日に実施した。現地での当社社員の検査立会いを予定していたが、新型コロナウイルスの影響で、英国に渡航することができなかった。そのため、現地での検査立会いは日本海事協会の現地駐在員に代行いただき、当社社員は遠隔(ウェブ会議システムを利用)により、検査状況を確認した。

試験結果は全ての項目において、良好な結果が得られた。



図 4.2-5 英国での使用前検査状況

② 日本での検査結果

図 4.2-6 に日本での使用前検査状況を示す。検査項目に負荷試験(出力試験)があることから、大潮かつ日中に干潮を迎える 2021 年 4 月 28 日を検査日として設定した。検査当日は、経済産業省電力安全課より電気工作物検査官を含めた 3 名のほか、経済産業省九州産業保安監督部より 2 名も現地にて立会いとなった。ただし、一部の試験については、新型コロナウイルス感染対策として、ウェブ会議システムを用いることにより、人数を分散しての立会いとなった。

試験結果は全ての項目において、良好な結果が得られ、2021 年 5 月 14 日付で使用前検査合格証を受領した。



図 4.2-6 日本での使用前検査状況

(4) 課題

英国には、運転開始前に国が関与する使用前検査というシステムがなく、潮流発電機メーカーに組立手順や時期を確認しながら、検査時期の調整や検査要領書の作成することに苦慮した。本事業のように、国外メーカーを起用する場合、設計当初から日本における法制度や検査目的を理解させるとともに、検査項目を調整することが必須である。

日本で実施できない使用前検査項目を英国にて実施することについて、事前に経済産業省の了承を得たが、輸送中のトラブルや機器調整中の不具合発生等があると国内で再検査を実施しなければならないため、なるべく国内でも英国同様の使用前検査できる体制の確立や検査機器の確保が必要である。

一方、本事業でも経験したように、海外での機器生産の場合、新型コロナウイルス感染拡大など、現地での検査立会いができない場合も想定しておく必要がある。本事業では、海外駐在者への委託による検査立会いと遠隔による検査状況の確認という両方の手段を確認できたことから、今後はそのような手段も常に備えておく必要がある。

4.3. 保安規程

4.3.1 電気主任技術者の選任、保安規程策定

(1) 概要

電気事業法で定める電気工作物を設置する場合、電気工作物の工事・維持及び運用に関する保安を確保するため保安規程を策定し、保安の監督のため電気主任技術者を選任したうえで、それぞれを経済産業省九州産業保安監督部に届出の必要がある。そこで、電気主任技術者の選任及び保安規定の策定を検討した。

(2) 電気主任技術者の選任・届出

電気事業法で定める電気工作物を設置する場合、有資格者から電気主任技術者を選任する必要があり、電気事業法施行規則第52条の2には外部選任についても規定されている。そのため、本事業でも、まずは外部選任の適用可否について検討した。表4.3-1に電気事業法施行規則第52条の2の要約を示す。

表 4.3-1 電気主任技術者外部選任可否の要件(要約)

電気事業法施行規則 第五十二条の2(要約)

次の各号のいずれかに掲げる自家用電気工作物に係る当該各号に定める事業場のうち、保安上支障がないものとして経済産業大臣の承認を受けた事業場については、同項の規定にかかわらず、電気主任技術者を選任しないことができる。

- 一 出力二千キロワット未満の発電所（水力発電所、火力発電所、太陽電池発電所及び風力発電所に限る。）であって電圧七千ボルト以下で連系等をするもの
- 二 出力千キロワット未満の発電所（前号に掲げるものを除く。）であって電圧七千ボルト以下で連系等をするもの
- 三 電圧七千ボルト以下で受電する需要設備 前項の表第三号又は第六号の事業場
- 四 電圧六百ボルト以下の配電線路 当該配電線路を管理する事業場

本事業では表 4.3-1 の要件を満たさないことから、外部選任の適用は不可能と判断した。当社社員のうち、有資格者から電気主任技術者を選任し、2020 年 10 月 28 日に、経済産業省九州産業保安監督部へ選任届を提出した。

(3) 保安規程の策定・届出

保安規程は、電気事業法など関係法令で規定された要求事項を整理し、策定する必要がある。表 4.3-2 に保安規定に係る関係法令と規定内容を示す。

表 4.3-2 保安規定に係る関係法令と規定内容

保安規定に係る関係法令	規定内容
電気事業法	第 1 章 総則
電気事業法施行規則	第 2 章 保安管理体制
自家用電気工作物保安管理規定	第 3 章 保安教育
	第 4 章 電気工作物の工事及び維持
	第 5 章 電気工作物の運転、操作
	第 6 章 長期間の保管
	第 7 章 記録

本事業の潮流発電機稼働期間は 11 か月と短期間であることから、定期点検や長期間の保管など本事業で実施予定がないと想定される項目もあったが、表 4.3-2 に示す内容を規定し、電気主任技術者と同日の 2010 年 10 月 28 日に経済産業省九州保安監督部へ提出した。

4.3.2. 保安規程に基づく管理・監視

本事業で使用する潮流発電機は電気事業法で定める電気工作物に該当することから、本事業における電気工作物の工事、維持および運用の保安について定めたものである。本章では保安規程の主な内容について記載する。

(1) 保安管理体制

本事業で規定した保安規程には以下を設置した。

① 管理者

試験設備の工事、維持および運用に関する責任者。

② 電気主任技術者

電気工作物の工事、維持および運用に関する保安監督者。有資格者から選任。

③ 電気主任技術者代務者

電気主任技術者が不在時の代行。

④ 委託員

潮流発電機の運転、監視、巡視について、当社から委託された者。

(2) 保安規程に基づく点検および検査項目

保安規程で定める点検および検査項目を表 4.3-3 に示す。

本事業の潮流発電機稼働期間は 11 か月であることから、本事業期間中に定期点検は実施しない。しかしながら、本事業で使用した機器で発電事業を実施することも想定した。定期点検の頻度は潮流発電機メーカーが推奨する 6 年とし、水中から引き揚げ・点検することを規定した。

定期点検については、発電事業を実施する場合は本事業結果や海外での事例を踏まえ、再度検討する必要がある。

表 4.3-3 保安規程で規定する点検および検査項目

点検対象機器	点検種別	日常点検			定期点検		
		点検方法	周期	点検項目	点検方法	周期	点検項目
潮流発電設備	タービン発電機	—	—	—	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭
	ナセル内制御装置・遮断器等	—	—	—	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 指示状態、表示状態 動作確認
					測定試験	6年	測定器を用いて絶縁抵抗測定等
	支持構造物	—	—	—	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損
ブレード	—	—	—	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損	
電線路	水底ケーブル	目視	1回/月	異音、異臭、埋没状態 (陸上部のみ)	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損
陸上電気設備	断路器ユニット	目視	1回/月	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 開閉表示	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 開閉表示、動作確認
	負荷装置	目視	1回/月	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 動作確認
	変圧器	目視	1回/月	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭
	配電盤および制御回路	目視	1回/月	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 開閉表示、動作確認
	受電キュービクル、周波数変換器	目視	1回/月	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 開閉表示	外部点検	6年	損傷、変形、亀裂、腐食、汚損、変色、異音、異臭 開閉表示、動作確認
	接地装置	目視	1回/月	損傷、変形、亀裂、腐食	測定試験	6年	測定器を用いて接地抵抗測定を行う

4.4. 関係法令への対応

4.4.1. 関係法令取りまとめ

潮流発電は国内実績が少なく、本事業開始当初、必要な許認可申請がまとまった資料がなかった。そのため、本事業を通して、関係法令を整理するとともに、今後の事業に備えて必要許認可の一覧表を作ることを目標とした。

まず、洋上風力をはじめとする他の再エネ開発における許認可情報や自治体が作成した再エネ関係の法的手続き情報を基に、本事業に関係すると考えられる法令を抽出した。次に、長崎県や五島市などの担当窓口にて、抽出した法令の手続きの可否を確認した。その結果、手続きが必要と判断された許認可の申請を、事業者である九電みらいエナジーと、施工者である工事元請の A0J 社で分担して行った。

表 4.4-1 に、今回の事業で必要な許認可申請を示す。調査の結果、許認可申請を実施すべき法令は、法律 16 件、県条例 3 件、市条例 3 件であった。これらの要求による必要な許認可申請は全部で 24 件あり、全ての許認可申請を遅滞なく実施した。

表 4. 4-1 本事業に必要な許認可申請一覧

	申請物	根拠法令	
1	工事計画認可申請書	電気事業法	第 47 条
2	保安規定届出書	電気事業法	第 42 条
3	電気主任技術者選解任届出書	電気事業法	第 43 条
4	行為の届出に係る事前協議書	景観法	第 16 条
		五島市景観条例	第 6 条
5	海岸保全区域等占用許可申請書	海岸法	第 7 条
		長崎県海岸占用料及び土砂採取料徴収等条例	第 2 条
6	漁港区域内における行為についての許可申請書	漁港漁場整備法	第 39 条
		長崎県漁港管理条例	第 14 条
7	海域占用許可申請書	長崎県海域管理条例	第 3 条
8	変電設備設置届出書	消防法	第 9 条
		五島市火災予防条例	第 11 条
9	建築工事届	建築基準法	第 8 条
10	届出書(建築物以外のものに係る解体工事又は新築工事等)	建設リサイクル法	第 10 条
11	水路業務法第 19 条第 1 項に基づく通報	水路業務法	第 19 条
12	沿岸輸送特許申請	船舶法	第 3 条
13	不開港場特許申請	船舶法	第 3 条

表 4.4-1 本事業に必要な許認可申請一覧(つづき)

	申請物	根拠法令	申請者
14	指定地外交通許可申請	関税法	第 24 条
15	輸出貿易管理令別表第 1 の 1 から 15 までの項に係る非該当証明書	外国為替及び外国貿易法	第 48 条
16	建設業許可申請書	建設業法	第 3 条
17	労働保険保険関係成立届	労働保険の保険料の徴収等に関する法律	第 4 条の 2
18	適用事業報告	労働安全衛生法	第 104 条の 2
19	時間外労働・休日労働に関する協定届	労働安全衛生法	第 36 条
20	特定元方事業者の事業開始報告	労働安全衛生法	安衛則 第 664 条
21	工事許可申請書	港則法	第 31 条
22	漁港施設利用届	長崎県漁港管理条例	第 11 条
23	特殊車両通行許可申請書	道路法	第 47 条の 2
24	公有財産使用許可申請書	五島市有財産管理規則	第 22 条

4.5. 総括

本事業を実施するために必要な法令手続きの確認した結果、事業者または施工者で許認可申請が必要なものが 24 件確認され、全ての手続きを実施した。法令手続きのほかには、日本海事協会による潮流発電機の設計評価適合証明書を取得した。電気事業法に基づく工事計画の認可、使用前検査の合格と合わせて、潮流発電機の製造・工事・発電に関する一連の手続きの確認・許認可取得を実施したことから、今後の日本における潮流発電事業に関する法令手続きの参考になるものと思われる。特に本事業は新型コロナウイルス感染拡大による種々のトラブルもあったが、それを踏まえ、適正に法令を遵守できた。

今後の課題として、本事業で使用した潮流発電機は海底設置型であり、使用前検査時の外観検査等には制限があることから、海外での試験手法・体制の構築、潮流発電機の国内生産検討とともに、国内での使用前検査実施機器・体制の検討も必要である。