

平成 29 年度潮流発電技術実用化推進事業  
(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)  
委託業務

成 果 報 告 書

平成 30 年 3 月

九電みらいエナジー株式会社  
新日鉄住金エンジニアリング株式会社  
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  
オープンハイドロ・テクノロジー・ジャパン株式会社

## 目次

要約.....	1
1. 委託業務の目的.....	3
2. 委託業務の内容.....	4
2.1. 委託業務の実施体制.....	4
2.2. 業務内容.....	4
3. 各種調査に関する業務.....	7
3.1. 設置海域における海域調査.....	7
3.1.1. ケーブルルート及び発電機設置位置の調査.....	7
3.1.2. 地元協調・漁業共生メニュー検討のための海域調査.....	17
3.1.3. 環境影響評価のための現況調査.....	33
3.2. 環境負荷の低減に向けた環境影響評価手法の取り纏め.....	46
3.2.1. 潮流発電について.....	46
3.2.2. 潮流発電事業における環境影響評価項目の選定.....	47
3.2.3. 環境影響評価項目における評価手法.....	54
3.2.4. 今後の課題.....	68
3.3. 生物付着調査.....	70
3.3.1. 調査概要.....	70
3.3.2. 調査場所.....	71
3.3.3. フレームとテストパネル.....	72
3.3.4. 調査結果.....	75
3.4. 関係法令への対応.....	77
4. 許認可取得に関する業務.....	82
4.1. 発電機の認証取得.....	82
4.1.1. 日本海事協会ガイドライン.....	82
4.1.2. 設計評価.....	83
4.2. 系統連系枠の確保.....	85
4.2.1. 受電電力・連系電圧.....	86
4.2.2. 系統連系に必要な手続き.....	87
4.2.3. 送配電系統空き容量の状況.....	88
4.3. 工事計画認可の取得.....	91
4.3.1. 電気事業法の概要.....	92
4.3.2. 工事計画認可.....	93
4.3.3. 使用前検査.....	96

5.	各種エンジニアリングに関する業務	97
5.1.	発電機基礎構造の詳細設計	97
5.1.1.	発電機の設計評価と改善	97
5.1.2.	設計コンセプト	102
5.1.3.	設計基準	102
5.1.4.	設計評価	103
5.2.	海底・陸上ケーブル及び陸上電気設備の詳細設計	104
5.2.1.	変電所新設予定地の調査	104
5.2.2.	陸上電気設備（変電所）の設計	117
5.2.3.	海底ケーブルの設計	130
5.3.	施工工法及び施工台船の仕様の検討	134
5.3.1.	概要	134
5.3.2.	施工台船の仕様の検討	136
5.3.3.	施工工法の検討	143
5.4.	運転管理方法の検討	154
5.4.1.	運転監視案	154
5.4.2.	異常検知アラーム案	155
5.4.3.	管理方法の検討	157
5.4.4.	点検・補修計画案	159
6.	発電機等の製作に関する業務	161
6.1.	発電機及び制御装置（TCC）の製作	161
6.1.1.	調達フロー	161
6.1.2.	調達実施状況	162
6.2.	海底ケーブルの製作	164
6.3.	陸上電気設備の建設	164
7.	潮流シミュレーションに関する業務	165
7.1.	今年度実施の局所潮流シミュレーション	165
7.2.	局所潮流シミュレーションの計算手法	166
7.3.	局所潮流シミュレーションの結果	168
7.3.1.	広域潮流シミュレーションの海底地形改善	168
7.3.2.	計算結果	169
7.3.3.	潮流エネルギーポテンシャル	176
7.3.4.	局所潮流シミュレーションの課題	179
7.4.	発電機の影響範囲に関するシミュレーション	180
7.4.1.	計算手法	180
7.4.2.	影響範囲の計算結果	181

7.5. 発電量予測手法検討.....	182
7.6. まとめ.....	183
8. 地元関係者との協調に関する業務.....	184
8.1. 目的.....	184
8.2. 実施内容.....	184
8.2.1. 地元関係者への傭船協力依頼.....	184
8.2.2. 海洋情報の提供と共有.....	185
8.2.3. 地元関係者へ海洋作業進捗状況の報告会実施.....	185
8.2.4. 地元関係者と事業関係者の交流.....	186
8.2.5. 地元関係者への本事業 PR 活動.....	186
8.2.6. 地元イベント参加.....	187
8.2.7. 事業紹介のためのリーフレットと PR ビデオ制作.....	188
8.3. 結果と今後の課題.....	189
8.4. 潮流発電事業の地元合意形成（漁業協調、地域共生）に資する先行事例調査.....	190
8.5. 調査結果.....	191
8.5.1. 先行事例地における地元合意形成（パンポール/ブレザレック村）.....	191
8.5.2. 実証サイトにおける漁業協調・地域共生（オークニー諸島）.....	192
8.5.3. 実証サイト視察（オークニー諸島）.....	196
8.5.4. タービン実機視察（シェルブール）.....	197
9. 開発検討会.....	198

## 要約

本委託事業は、長崎県五島市沖奈留瀬戸において、2MW 級の大規模な潮流発電の実証を行い、国内の気象、海象等に対応した環境への負荷が低い潮流発電システムを早期に実用化することを目的とする。

本業務の受託者は、九電みらいエナジー株式会社、新日鉄住金エンジニアリング株式会社、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、オープンハイドロ・テクノロジー・ジャパン株式会社からなるコンソーシアムである。

事業期間は平成 28 年度から平成 31 年度を予定しており、平成 29 年度については地元関係者の理解を得た上で、海域や生物付着等の各種調査を実施し、発電機及びその基礎構造、海底・陸上ケーブルの詳細設計、発電機設置の施工方法や運転管理について、各種エンジニアリングを実施した。

また、発電機設置に必要な認証取得、系統連系、工事計画認可の各種手続きについて関係機関との協議を進めた。

### <平成 29 年度の主な業務>

- (1) 各種調査に関する業務
- (2) 許認可取得に関する業務
- (3) 各種エンジニアリングに関する業務
- (4) 発電機等の製作に関する業務
- (5) 潮流シミュレーションに関する業務
- (6) 地元関係者との協調に関する業務

本委託事業は環境省及び経済産業省の連携事業であるため、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る開発検討会には、外部有識者に加え、環境省及び経済産業省の担当官にも参加いただき、事業を推進した。

## Summary

This is a consortium project that has been consigned by the Ministry of the Environment to demonstrate the largest 2 MW class tidal power generator in Japan at Naruseto off the coast of Goto City, Nagasaki prefecture.

The consortium consists of Kyuden Mirai Energy, Nippon Steel Sumikin Engineering, Nagasaki Marine Industry Cluster Promotion Association and Openhydro Technology Japan.

The purpose of this project is to promptly put into practical use, a tidal power generation system which has low environmental impact and which will operate seamlessly in Japan's particular weather and oceanic conditions.

The project period is scheduled for fiscal 2016 to 2019. The main activities in fiscal 2017 are as follows.

- (1) Investigation of the site for turbine and cables, biofouling
- (2) Consultation on acquisition of license
- (3) Engineering of the tidal generator system
- (4) Initial procurement of components and parts of the tidal generator system
- (5) Tidal flow simulation
- (6) Communication with local stakeholders

The consortium gained the understanding and cooperation of the local stakeholders in FY 2017, carried out the site, biofouling surveys and decided on the site for turbine system installation.

In addition, the consortium has engineered the turbine generator, begun detailed design of the foundation structure, the installation of the subsea and land cables, and is developing the installation method for the turbine system.

The ClassNK's certification, grid interconnection, consultation on construction plan approval were undertaken and procurement of parts and assemblies of the turbine system will continue.

This project is a collaborative project between the Ministry of the Environment (MOE) and the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). At the Development Study Meeting, the consortium made a report on progress to and received advice from the experts, MOE and METI on the project.

## 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 CO<sub>2</sub> 排出量の削減を推進し、地球温暖化対策を強化していくために重要な取組みである。その中でも潮流発電は太陽光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、年間を通じて安定した発電ができる発電方式であることから、我が国の海域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 2MW 級の大規模な潮流発電システムの実証を行い、国内の気象、海象等に対応した環境への負荷が低い潮流発電システムを早期に実用化することを目的とする。本年度については地元関係者の理解を得た上で、海域や生物付着等の各種調査を実施し、発電機及びその基礎構造、海底・陸上ケーブルの詳細設計、発電機設置の施工方法や運転管理について、各種エンジニアリングを実施した。

また、発電機設置に必要な認証取得、系統連系、工事計画認可の各種手続きについて関係機関との協議を進めた。

## 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、新日鉄住金エンジニアリング株式会社、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、オープン hidro・テクノロジー・ジャパン株式会社からなるコンソーシアムにより、発電事業者、エンジニアリング会社、地元産業界、メーカーが役割分担を行いながら「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」を推進するものである（図 2.1-1）。

なお、九州大学及び長崎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、アドバイスを受け事業を推進している。

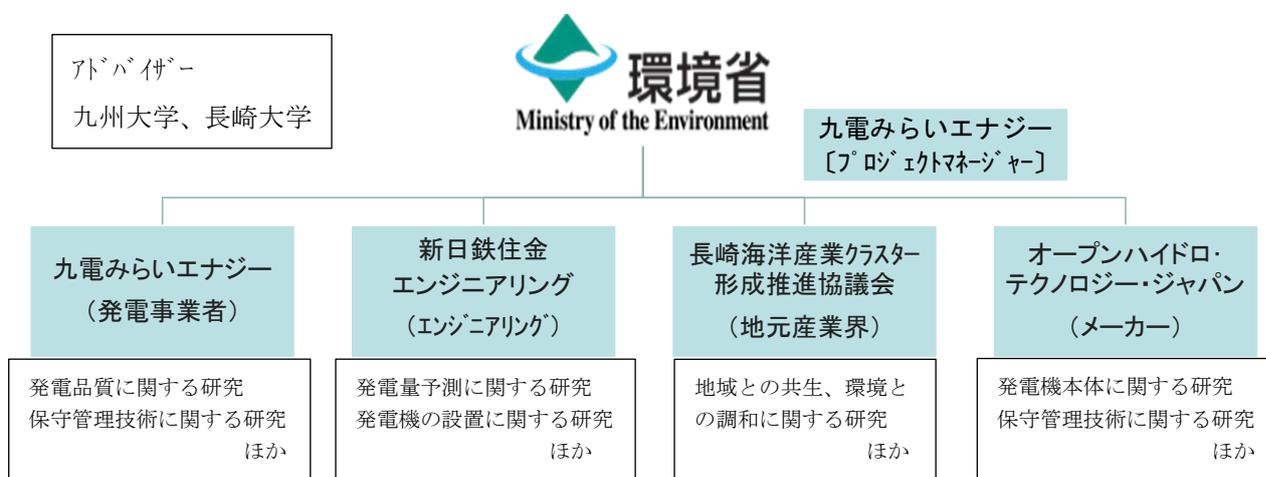


図 2.1-1 本委託業務の実施体制

### 2.2. 業務内容

本委託業務は、平成 26 年 7 月（総合海洋政策本部事務局発表）、「海洋再生可能エネルギー実証フィールド」に選定された、長崎県五島市沖奈留瀬戸海域で 2MW 級の大規模な潮流発電システムの実証を行うものである。

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、2030 年度の普及段階において、発電単価 36 円/kWh、設置コスト 56.5 万円/kWh の目標値を設定している。本委託事業では、目標値達成に向けた課題を抽出することとしており、平成 29 年度の具体的業務は、以下のとおりである。

#### (1) 各種調査に関する業務

##### ① 設置海域における海域調査

建設工事に伴い環境変化が予測される発電機設置地点、ケーブルルート及びこれらの比較対象地点において、春季と夏季における工事前の現況調査を実施する。

**② 環境負荷の低減に向けた環境影響評価手法の取り纏め**

海外先進事例の調査結果及び設置海域における各種調査のデータに基づき、潮流発電機の設置工事及び運転期間中における環境に係る配慮すべき事項について取り纏める。

**③ 生物付着調査**

発電機及びその基礎構造の設計、製造に必要な発電機設置地点における生物付着調査を実施する。

**④ 関係法令への対応**

上記以外の潮流発電に係る関係法令（漁業法、船舶安全法等）を明確化し、関係箇所との協議、その対応状況について取り纏める。

**(2) 許認可取得に関する業務**

**① 発電機の認証取得**

設置海域の海象条件に基づき、適切な設備設計がなされていることについて、(一財)日本海事協会と引き続き協議を行い今年度中に設計評価適合証明書を取得する。

**② 系統連系枠の確保**

発電システムの仕様や特性を把握し、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」等に基づき、電力会社と協議し系統連系枠を確保する。

**③ 工事計画認可の取得**

各種技術基準への適合性について、潮流発電システムに関する電気設備技術基準が未整備であることを踏まえ、技術基準適合に関する考え方の整理、技術基準適合性確認票の作成、使用前検査方法の内容等について経済産業省と協議し、今年度中を目標に電気事業法の工事計画認可を取得する。

**(3) 各種エンジニアリングに関する業務**

**① 発電機基礎構造の詳細設計**

海外先進事例の調査結果及び潮流、土質調査等の結果に基づき、設置海域の海象条件を考慮した発電機基礎構造の詳細設計を実施する。

**② 海底・陸上ケーブル及び陸上電気設備の詳細設計**

発電システムの仕様、ケーブルルートに基づき、海底・陸上ケーブルの仕様（保護方法含む）について詳細設計を実施する。また、陸上電気設備及びその他関係設備についても詳細設計を実施する。

**③ 施工工法及び施工台船の仕様の検討**

設置海域における海象条件を整理し、適用可能な施工方法、必要な施工台船、治具等の仕様を検討し、発電機設置に係る基本計画を立案する。

**④ 運転管理方法の検討**

我が国特有の海象条件、過年度の検討を踏まえ、発電出力等の各種遠隔監視項目、発電システムの日常の運転管理及び予防保全方法を検討・立案する。

**(4) 発電機等の製作に関する業務**

**① 発電機及び制御機器（TCC）の製作**

詳細設計を基に発電機及び制御機器の部品・部材の調達を完了させる。

**② 海底ケーブルの製作**

次年度のケーブル敷設工事に向け、海底ケーブルの製作に着手する。

**③ 陸上電気設備の建設**

次年度の陸上電気設備の建設に向け、詳細設計を基に機器類を調達する。

**(5) 潮流シミュレーションに関する業務**

発電機設置場所近傍における精緻な流速分布を把握するため、汎用シミュレーションソフト FLUENT を用いて、潮流の局所シミュレーションを実施し、データを取得するとともに、発電量を算出する方法を検討する。

**(6) 地元関係者との協調に関する業務**

海域における各種調査については、事前に地元関係者に対して丁寧な説明を行い、地元関係者の理解を得た上で実施する。また、漁業への影響を評価するため、地元関係者の協力を得ながら、設置海域周辺にて漁獲量調査を実施する。

発電機の設置について地元関係者の理解を得るため、意見交換等のコミュニケーション活動を通じ、潮流発電と漁業との共生に向けた取り組みについて検討する。

### 3. 各種調査に関する業務

#### 3.1. 設置海域における海域調査

##### 3.1.1. ケーブルルート及び発電機設置位置の調査

###### (1) 調査概要

本調査では、最適なケーブルルートを提案するために、敷設予定の海底ケーブルルート上の底質調査、埋設のための突棒調査、急傾斜部を回避する最適ルート及び、珊瑚礁影響範囲調査等の潜水調査を実施した。また、調査範囲は、潮流発電施設設置予定箇所より揚陸ポイントまでの範囲内で実施した。

###### (2) 調査内容

###### ① ケーブルルート

ケーブルルートを図 3.1-1 に示す。



図 3.1-1 ケーブルルート

## ② 調査項目

ケーブルルート上の調査項目を表 3.1-1 に示し、その項目を図示したものを図 3.1-2 に示す。

表 3.1-1 ケーブルルート上の基点座標

項目	調査内容	目的
潜水調査①	渚付近の底質調査（ビデオ撮影）、渚部掘削長確認	渚部の掘削保護長確認
潜水調査②	浅海部サンゴ礁影響範囲調査、迂回ルート確認	サンゴ礁の迂回ルート設定
潜水調査③	水深 30m までのウォータージェット突棒（貫入長最大 1m）。底質の変わった点で突棒調査	防護工法決定、埋設可否確認
潜水調査④	水深 40m 以浅の海底目視調査（ビデオ撮影）	防護工法決定、防護長選定
ROV*調査⑤	水深 40m 以深の急傾斜部地形確認、最適ルート確認、（ROV*撮影）	最適ルート選定
ROV*調査⑥	水中ケーブルジョイント位置地形調査（ROV*撮影）	ジョイント部の海底地形の把握

※ROV とは Remotely Operated Vehicle の略で、遠隔操作できる水中ロボットである。

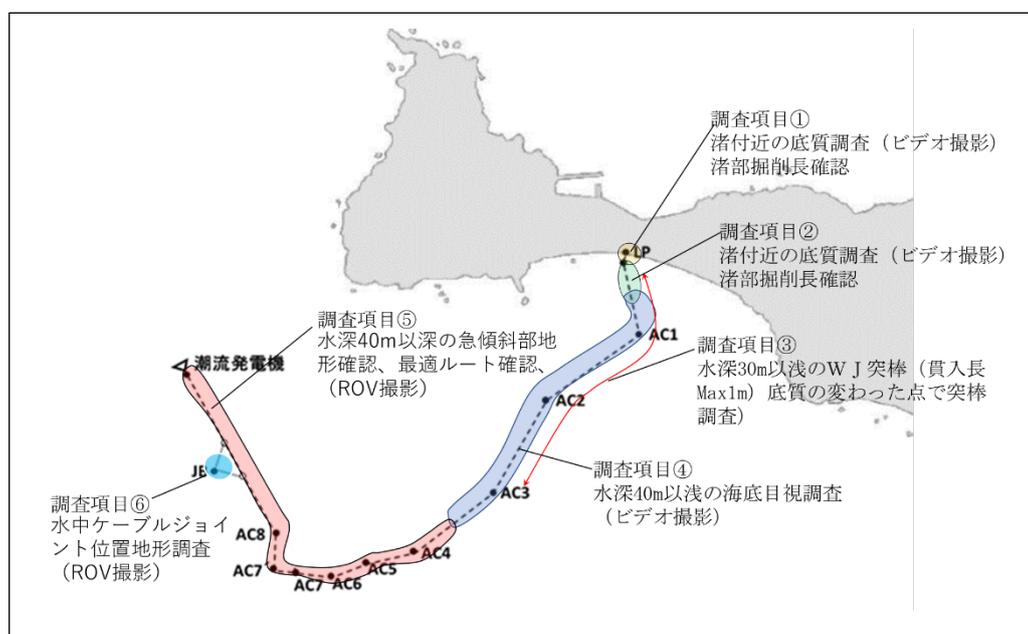


図 3.1-2 ケーブルルート調査図

### ③ 調査工程

ケーブルルート上の調査項目を表 3.1-2 に示す。

表 3.1-2 調査工程

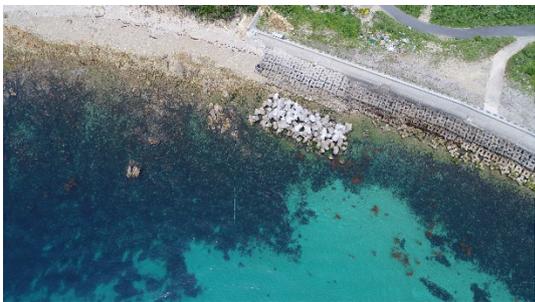
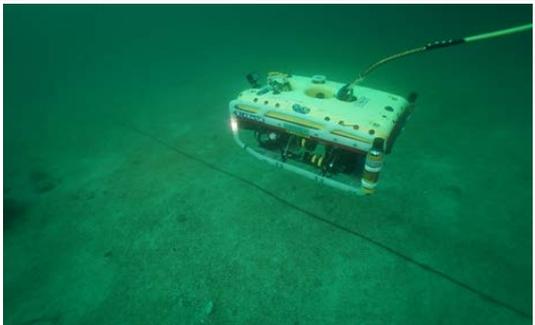
年	2017年						
項目／月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
調査項目①	■	■					
調査項目②		■					
調査項目③		■					
調査項目④			■	■	■	■	
調査項目⑤						■	
調査項目⑥							

調査項目⑤は悪天候により、当初計画していた調査は終了していない。また、調査項目⑥についても、当初 2018 年 1 月に調査を行う予定であったが、2018 年 2 月現在、悪天候により調査が進んでいない。そのため、調査項目⑤と⑥は 2018 年 4 月以降に調査を行う予定である。

### ④ 調査方法

本調査のケーブルルート上の総延長は 1,500m 以上あり、揚陸地点となる基点 LP から潮流発電機設置箇所までの環境は陸上から水中へと単純に変化するだけでなく、水深、潮流、透視度等、非常に変化が激しいため、場所ごとに適した調査方法を採用した。調査方法を表 3.1-3 に記す。

表 3.1-3 調査方法

ドローンによる空撮調査	
<p>潜水調査①渚付近の底質調査（ビデオ撮影）、渚部掘削長確認調査また、浅海部サンゴ礁影響範囲調査、迂回ルート確認調査を補助する空撮写真・動画撮影を実施</p>	
潜水士による潜水調査	
<p>潜水調査③水深 30m までのウォータージェット突棒調査、潜水調査④水深 40m 以浅の海底目視調査（ビデオ撮影）を実施</p>	
水中スクーター潜水調査	
<p>④潮流時の水深 40m 以浅の海底目視調査（ビデオ撮影）を実施</p>	
ROV による調査	
<p>⑤水深 40m 以深の急傾斜部地形及び最適ルートの確認 ⑥水中ケーブルジョイント位置の地形調査</p>	

### (3) 調査結果

#### ① LP から最初の変針点

消波ブロックは台風等の時化により転倒する恐れがあるため、その範囲を回避した。また、サンゴ礁影生息範囲に影響のないルートを選定した。LP 付近より揚陸地点は玉石で形成される(写真1)。また、LP 付近より 15m 地点まで岩盤層が存在する(写真2)。変針点の手前 5m 程度は、藻場(写真3)が確認できる。その調査結果を図 3.1-3 に示す。

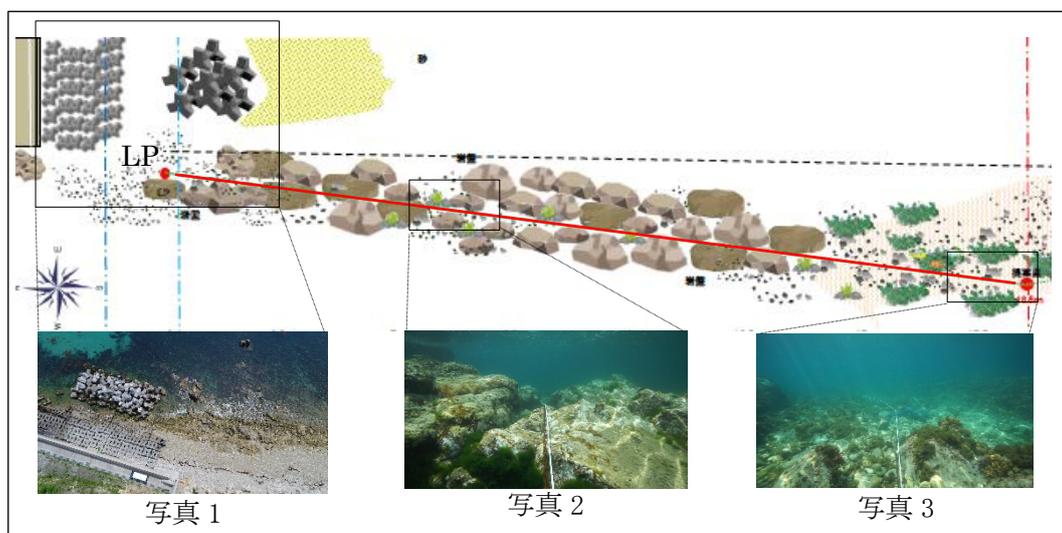


図 3.1-3 LP から最初の変針点

## ② 最初の変針点から AC1

変針点より AC1 まではサンゴ礁影生息範囲（写真 1）に影響のない最短のルートを選定した。また、変針点から AC1 までをウォータージェット突棒調査を実施した結果（写真 2）、変針点から 80m の地点から AC1（写真 3）まではケーブルが埋設可能であることが分かった。以上の調査結果を図 3.1-4 に示す。

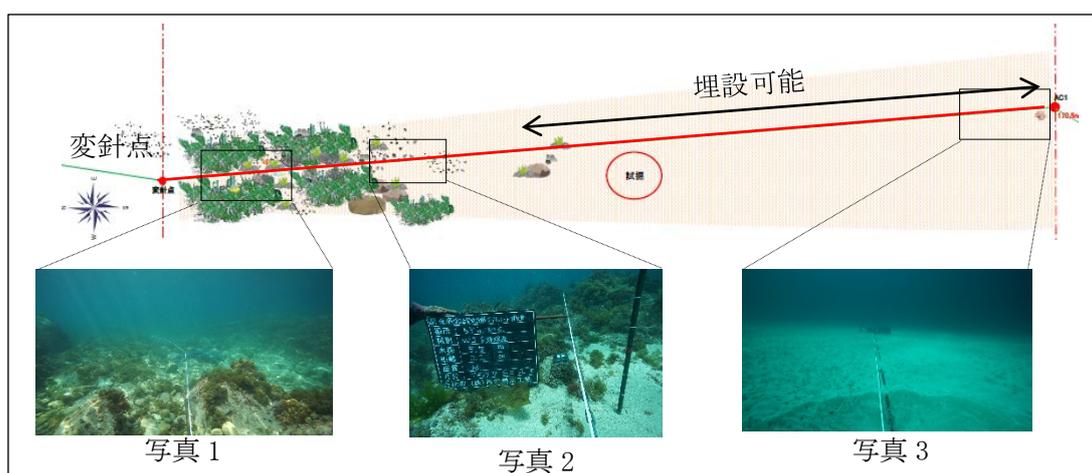


図 3.1-4 変針点から AC1

## ③ AC1 から AC2

AC1 より AC2 に向かって 80m 付近まで 100 cm以上の堆砂が確認（写真 1）できるためケーブルは埋設可能である。ウォータージェット突棒調査により AC1 から 100m 付近を超えてそれ以上は岩盤層が堆砂の中に予想（写真 2）出来る。写真 3 は AC2 付近の海底写真になる。調査結果を図 3.1-5 に示す。

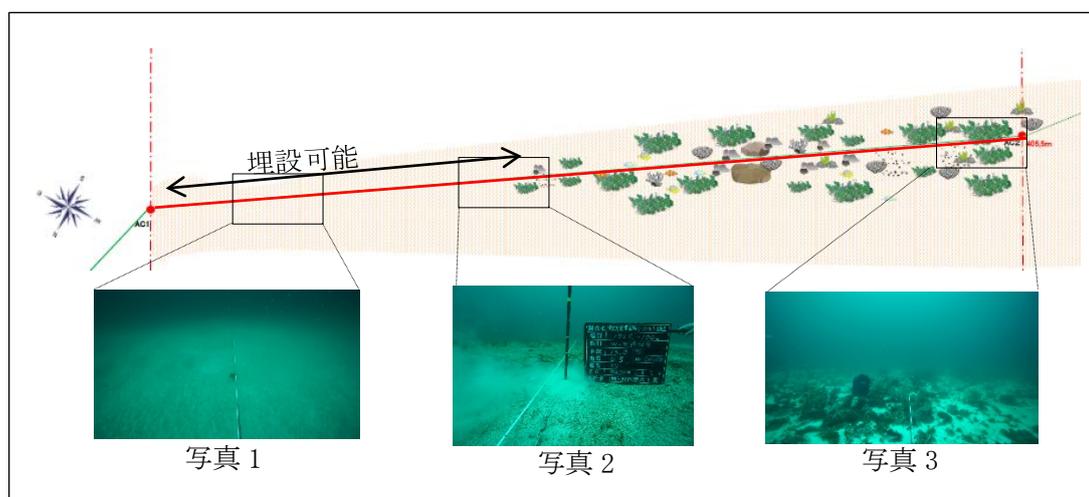


図 3.1-5 AC1 から AC2

④ AC2 から AC3

AC2 から AC3 までのルート上に大きな転石、起伏の激しい岩盤層は無く、問題なくケーブルを安全に敷設することが可能である。AC2 から AC3 に向かって 113m(写真 1) で水深 30m を計測し、この位置よりウォータージェットによる突棒調査範囲外とする。その調査結果を図 3.1-6 に示す。

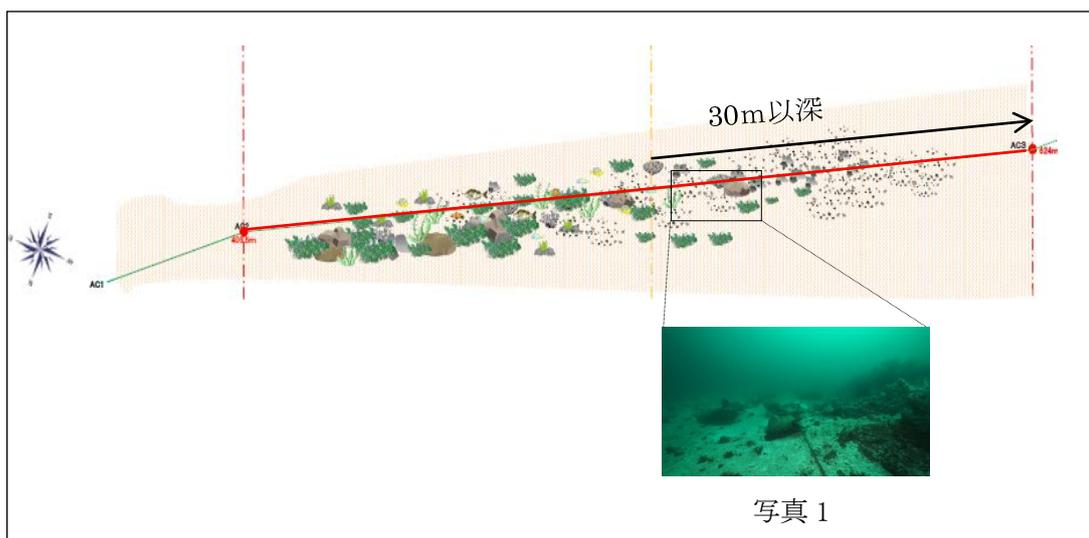


図 3.1-6 AC2 から AC3

⑤ AC3 から AC4

AC3 から AC4 までのルート上に大きな転石、起伏の激しい岩盤層はない。AC3 から AC4 に向かって 250m 付近で水深 40m を計測 (写真 1)。その調査結果を図 3.1-7 に示す。

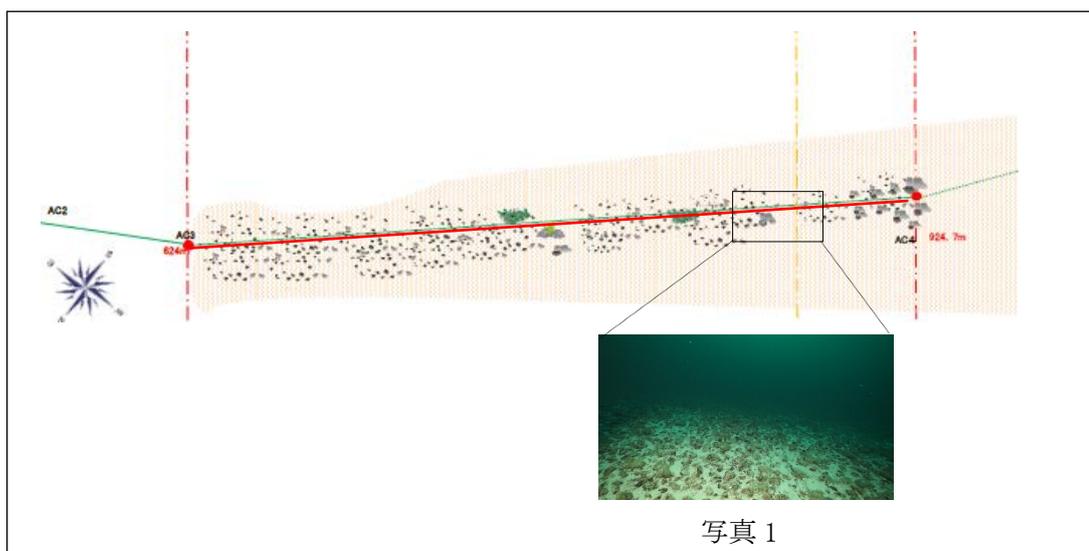


図 3.1-7 AC3 から AC4

⑥ AC4 から AC5

AC4 から AC5 までのルート上に大きな転石、起伏の激しい岩盤層は無く、岩盤層で形成されている（写真 1）。その調査結果を図 3.1-8 に示す。

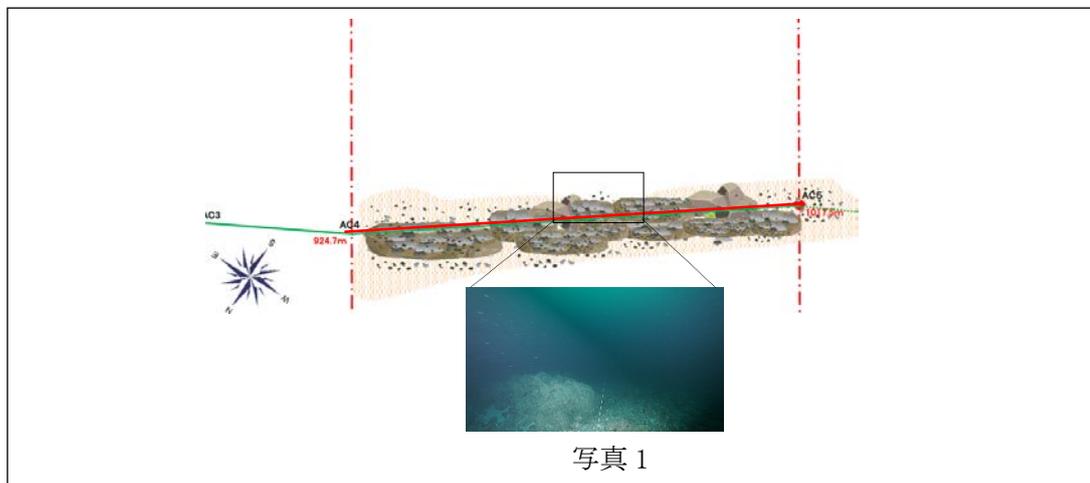


図 3.1-8 AC4 から AC5

⑦ AC5 から AC6

AC5 から AC6 までのルート上に大きな転石、起伏の激しい岩盤層は無く、岩盤層で形成されているルート（写真 1）で漁礁となっている棚も確認できる。その調査結果を図 3.1-9 に示す。

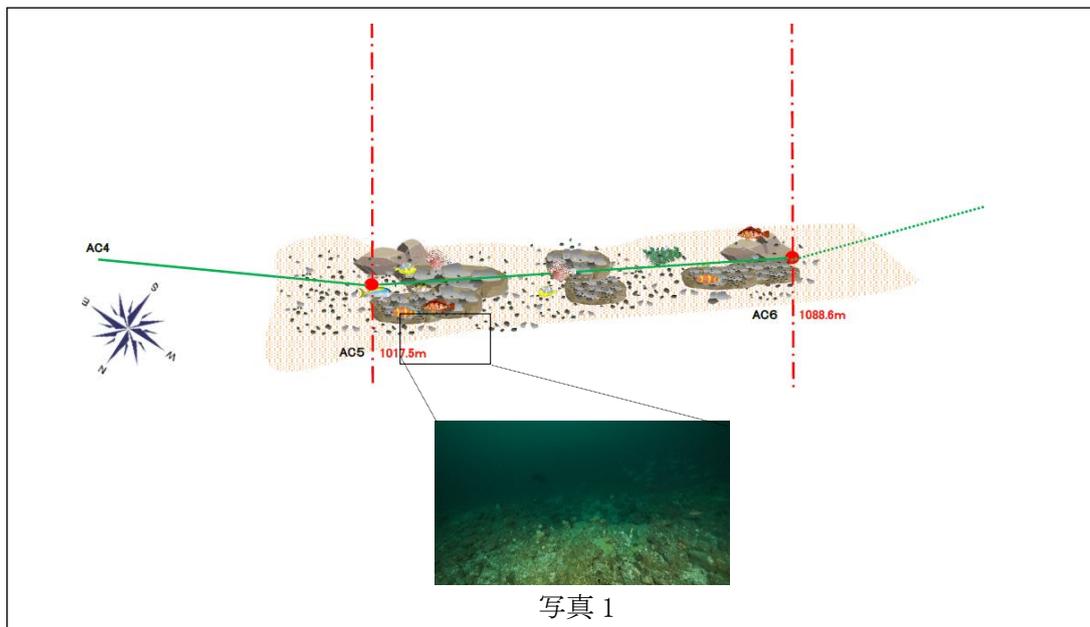


図 3.1-9 AC5 から AC6

⑧ AC6 から AC7

AC6 から AC7 までのルート上に大きな転石、起伏の激しい岩盤層は無く、岩盤層で形成されている（写真 1）。その調査結果を図 3.1-10 に示す

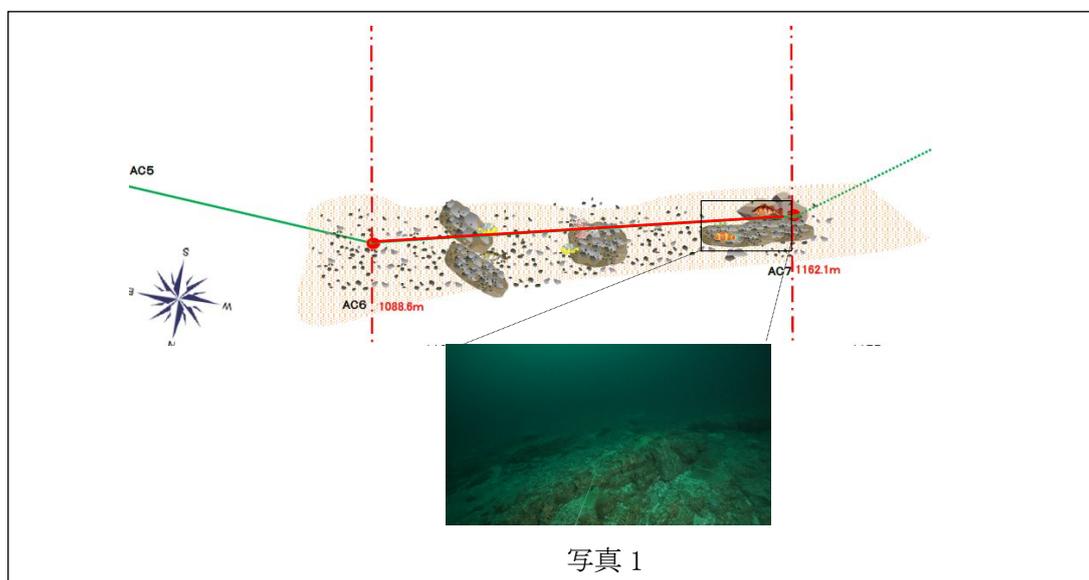


図 3.1-10 AC6 から AC7

(4) 今後の調査予定

奈留瀬戸の気象海象は冬型の気圧配置になり北寄りの風が吹くと久賀島と奈留島の間から大きな風波（写真 3.1-1）となって押寄せるため、この海域での稼働率は著しく低下する。

そのため、2017 年末までで予定していた調査を、2018 年 2 月時点で終了することができなかった。図 3.1-11 に残りの調査ルートを示す。



写真 3.1-1 北風が押寄せる奈留瀬戸

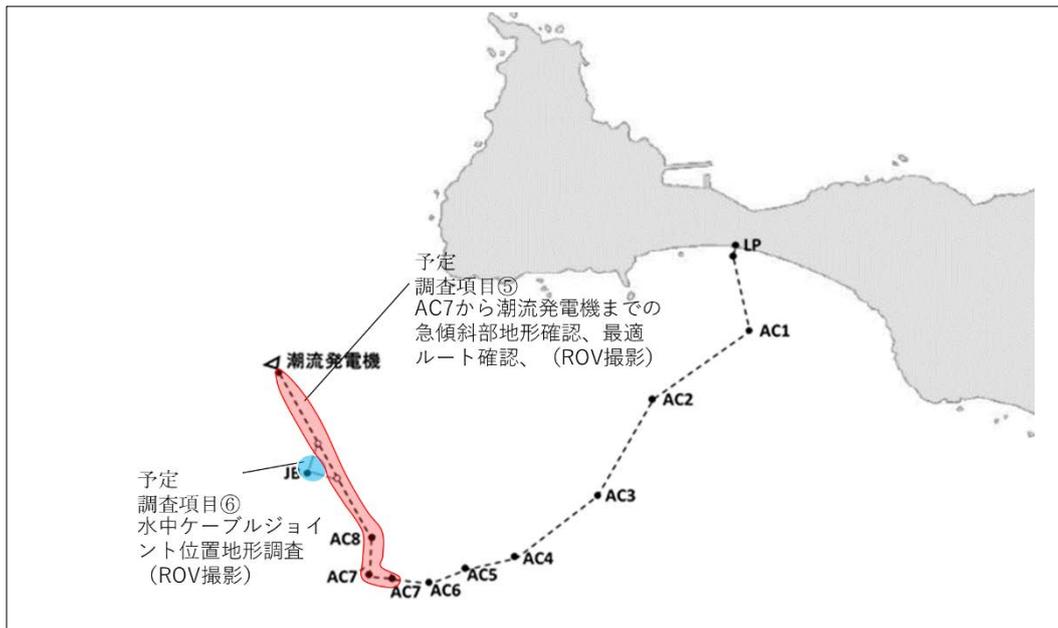


図 3.1-11 残りの調査ルート

### 3.1.2. 地元協調・漁業共生メニュー検討のための海域調査

#### (1) 目的

- ・海中に設置する潮流発電施設（デバイス及び、電力ケーブル等）設置工事前海域の漁業資源環境がどうなっているかを調査し、その漁業資源環境調査から地元協調・漁業共生メニューの検討を行う。
- ・潮流発電施設設置工事を行う海域の歴史的漁業資源の推移をヒアリング等で洗い出し、地元協調や漁業共生メニューの検討を多角的に実施する。

#### (2) 調査の項目

- ・工事前のケーブル敷設予定ルート及びデバイス設置予定箇所付近の漁業資源環境調査
- ・工事前のケーブル敷設予定立上り部の生物保存及び漁業資源活性化のための漁業資源環境調査
- ・漁業共生メニュー検討のための潮流発電事業海域全体の漁業資源環境調査(漁場藻場の実態調査)

#### (3) 調査方法

漁業環境資源調査は下記の調査方法で実施した。

- ・潜水土による潜水調査
- ・ROV(水中遠隔操作ビークル)による調査
- ・ドローンによる空撮調査
- ・水質・水温調査
- ・漁業者及び地元の方へのヒアリング

(4) 調査内容

① 工事前のケーブル敷設予定ルート及びデバイス設置予定箇所付近の漁業資源環境調査

・調査日時

ケーブル敷設予定ルート周辺及びデバイス設置予定箇所の潜水調査日時を以下の表 3.1-4 に示す。

表 3.1-4 調査日時

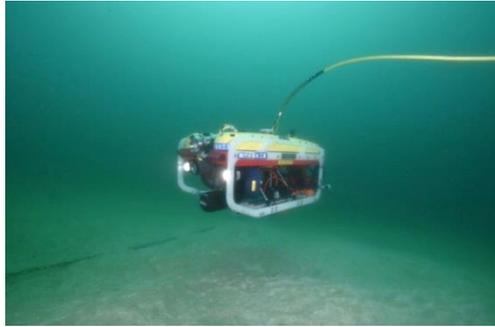
平成 29 年度	実施月									
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
調査日数	3 日	4 日	1 日	1 日	-	-	4 日	1 日	-	-

・調査方法

水深 40m までは潜水土による潜水調査を主に行い、水深 40m を超えるケーブル敷設予定ルート付近は水中遠隔操作ビークル(ROV) を使用した。

調査方法を以下の表 3.1-5 に示す。

表 3.1-5 調査方法

潜水土による潜水調査	
水深 40m 以浅までの海域の目視調査及び、写真・動画の撮影	
ROV による調査	
水深 40m 以深のケーブル敷設予定ルート上の地形把握及び、生物の撮影	

・調査箇所

ケーブル敷設予定ルート付近の漁業資源環境調査の調査箇所及び水深 40mのデバイス設置予定地付近の調査箇所を図 3.1-12 に示す。

また、調査箇所の状況を表 3.1-6 に示す。

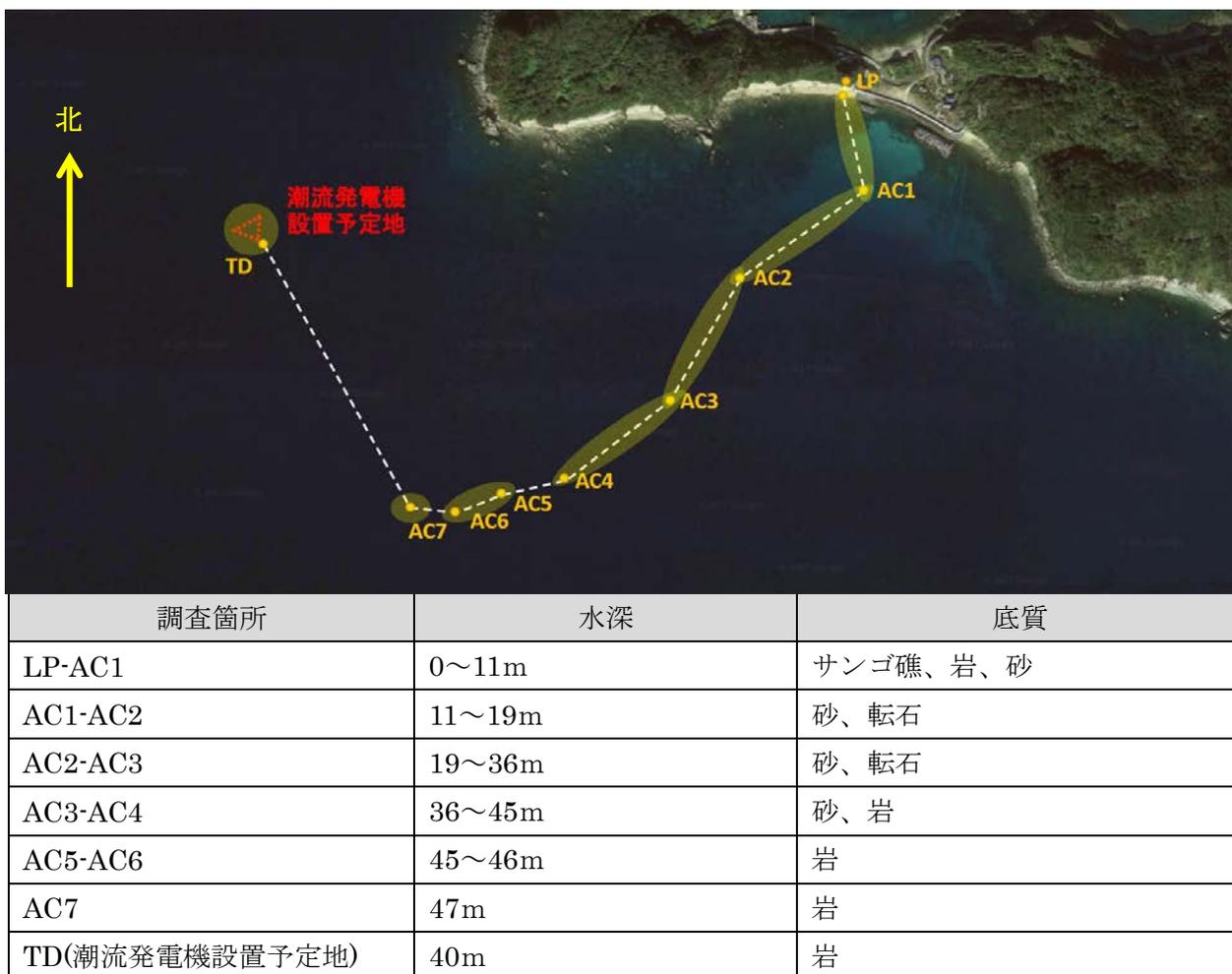


図 3.1-12 調査箇所

引用：Google マップ (<https://www.google.co.jp/maps/>)

表 3.1-6 調査箇所状況写真

LP-AC1	AC1-AC2
	
AC2-AC3	AC3-AC4
	
AC5-AC6	AC7
	
水深 40m デバイス設置予定地	
	

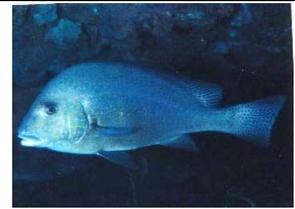
・調査結果

各調査地点周辺において確認された魚貝類、海藻類、藻食性動物を以下に示す。

表 3.1-7 調査地点周辺で確認された魚貝類・海藻類・藻食性動物

調査箇所	魚貝類	海藻類	藻食性動物(有害生物)
LP-AC1	スズメダイ ネンブツダイ アオリイカ ミノカサゴ カワハギ	フクロノリ サンゴモ カゴメノリ ヘライワヅタ ヒトエグサ ミル カギケノリ クロミル	イスズミ ブダイ アオブダイ イラ ニザダイ メジナ
AC1-AC2	アオリイカ マダイ カワハギ キビナゴ ミノカサゴ クロアナゴ アカエイ	フクロノリ カギケノリ カゴメノリ ヒトエグサ クロミル ヘライワヅタ ミル	
AC2-AC3	イサキ(若魚) マダイ スズメダイ カワハギ	クロミル ヘライワヅタ フクロノリ フシツナギ ナガミル シワヤハズ トサカノリ シマオウギ サナダグサ	イラ
AC3-AC4	イサキ(若魚) マダイ スズメダイ		イラ
AC5-AC6	クエ キジハタ イシダイ コロダイ スズメダイ タカノハダイ アカハタ カサゴ		ブダイ アオブダイ ニザダイ
AC7	カサゴ アカハタ キンチャクダイ キジハタ		イラ
TD 潮流発電機 設置予定地	イシダイ アカハタ カサゴ スズメダイ		ブダイ アオブダイ ニザダイ イラ

表 3.1-8 ケーブル敷設予定ルート及びデバイス設置予定箇所付近の鯖集魚類

<p>カサゴ Sebastiscus marmoratus</p> 	<p>イサキ Parapristipoma trilineatum</p> 	<p>アカハタ Epinephelus fasciatus</p> 
<p>イシダイ Oplegnathus fasciatus</p> 	<p>マダイ Pagrus major</p> 	<p>カワハギ Stephanolepis cirrhifer</p> 
<p>スズメダイ Chromis notatus notatus</p> 	<p>メジナ Girella punctata Gray</p> 	<p>イラ Choerodon azurio</p> 
<p>クエ Epinephelus bruneus Bloch</p> 	<p>キビナゴ Spratelloides gracilis</p> 	<p>キジハタ Epinephelus akaara</p> 
<p>ブダイ Calotomus japonicus</p> 	<p>アオブダイ Scarus ovifrons</p> 	<p>アカエイ Dasyatis akajei</p> 
<p>キンチャクダイ Chaetodontoplus septentrionalis</p> 	<p>ニザダイ Prionurus scalprum Valenciennes</p> 	<p>コロダイ Diagramma picta</p> 

② 工事前のケーブル敷設立上り部の生物保存及び漁業資源活性化のための漁業資源環境調査

ケーブル敷設立上り部(AC1-LP)における生物保存調査ならびに漁業資源環境調査を実施した。

・調査日時

ケーブル敷設立上り部(AC1-LP)及び鈴ノ浦周辺海域での調査日時を以下の表 3.1-9 に示す。

表 3.1-9 調査日時

平成29年度	実施月									
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
調査日数	-	2日	7日	2日	5日	1日	-	-	-	-

・調査方法

潜水士による生物保存種の確認調査を行うと共に、漁業資源活性化のためのアオリイカ産卵床(イカ芝)の産卵の有無の調査を行った。

調査方法を以下の表 3.1-10 に示す。

表 3.1-10 調査方法

潜水士による潜水調査	
鈴ノ浦北側、鈴ノ浦南側、ケーブル敷設ルートに設置されているアオリイカ産卵床の目視確認及び、写真・動画の撮影	
ドローンによる空撮調査	
潜水調査海域付近の撮影、浅瀬の地形把握、潜水調査時の補助、アオリイカ産卵床の設置箇所の把握	

調査状況を以下の写真 3.1-2 と写真 3.1-3 に示す。



写真 3.1-2 アオリイカ産卵床調査状況 1



写真 3.1-3 アオリイカ産卵床調査状況 2

・調査箇所

ケーブル敷設立上り部(AC1-LP)及び鈴ノ浦周辺海域における漁業資源環境調査箇所を以下の図 3.1-13 に示す。



図 3.1-13 調査箇所

・調査結果

ケーブル敷設立上り部(AC1-LP)の生物保存種は主にヘライワヅタとチヂミトサカ類、そして、シライトイソギンチャクと共生しているクマノミであった。また、鈴ノ浦周辺海域における漁業資源環境調査を行い、確認できた魚貝類、海藻類、藻食性生物を表 3.1-11 に示す。

一方、鈴ノ浦周辺海域には、奈留町漁業協同組合において、アオリイカの産卵床の設置が実施されたので、その状況調査を行った。アオリイカ産卵床の状況調査を表 3.1-13 に示す。

表 3.1-11 調査地点周辺で確認された魚貝類・海藻類・藻食性動物

調査箇所	魚貝類	海藻類	藻食性動物(有害生物)
LP-AC1	スズメダイ ネンブツダイ	フクロノリ サンゴモ カゴメノリ ヘライワヅ タ ヒトエグサ ミル カギケノリ クロミル	イスズミ ブダイ アオブダイ イラ ニザダイ メジナ
鈴ノ浦北側	アオリイカ ヒラマサ(若魚) アジ イシダイ イシガキダイ マハタ イワシ キビナゴ カワハギ カゴカキダイ クロホシイシモチ コスジイシモチ	ヒトエグサ ナガミル カゴメノリ カギケノリ ミル	メジナ ニザダイ
鈴ノ浦南側	アオリイカ アジ アカカマス マダイ クロホシイシモチ キビナゴ カワハギ ムツ(若魚) ネンブツダイ	トサカノリ カギケノリ カゴメノリ フクロノリ サンゴモ ヒトエグサ ミル ハイミル	

表 3.1-12 鈴ノ浦周辺海域鯖集魚類

ネンブツダイ Apogon semilineatus Temminck and Schlegel	アカカマス Sphyræna pinguis Gunther	イシガキダイ Oplegnathus punctatus	クロホシイシモチ Ostorhinchus notatus
			
イスズミ Kyphosus vaigiensis	ムツ(若魚) Scombrops boops	ブダイ Calotomus japonicus	イラ Choerodon azurio
			

表 3.1-13 鈴ノ浦周辺海域のアオリイカ産卵床の状況

産卵床設置直後(6月4日)	アオリイカの産卵状況	産直後(7月1日)
		

③ 漁業共生メニュー検討のための潮流発電事業海域全体の漁業資源環境調査(漁場藻場の実態調査)

奈留瀬戸潮流発電事業海域の漁場藻場潜水調査、ならびに付着生物架台設置箇所付近の漁業資源環境調査を行った。

・調査日時

漁業資源環境調査日時を以下の表 3.1-14 に示す。

表 3.1-14 調査日時

平成 29 年度	実施月									
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
調査日数	7 日	5 日	8 日	2 日	5 日	3 日	5 日	4 日	-	-

・調査方法

潮流発電事業海域での調査方法を下記の表 3.1-15 に示す。

表 3.1-15 調査方法

潜水士による潜水調査	
各調査箇所での目視調査及び写真・動画の撮影	
ドローンによる空撮調査	
潜水調査海域付近の撮影、浅瀬の地形把握、藻場状況の把握、潜水調査時の補助、潜水箇所の選定	

・調査箇所

奈留島における海域調査を実施した箇所を、下記の図 3.1-14 と表 3.1-16 に示す。

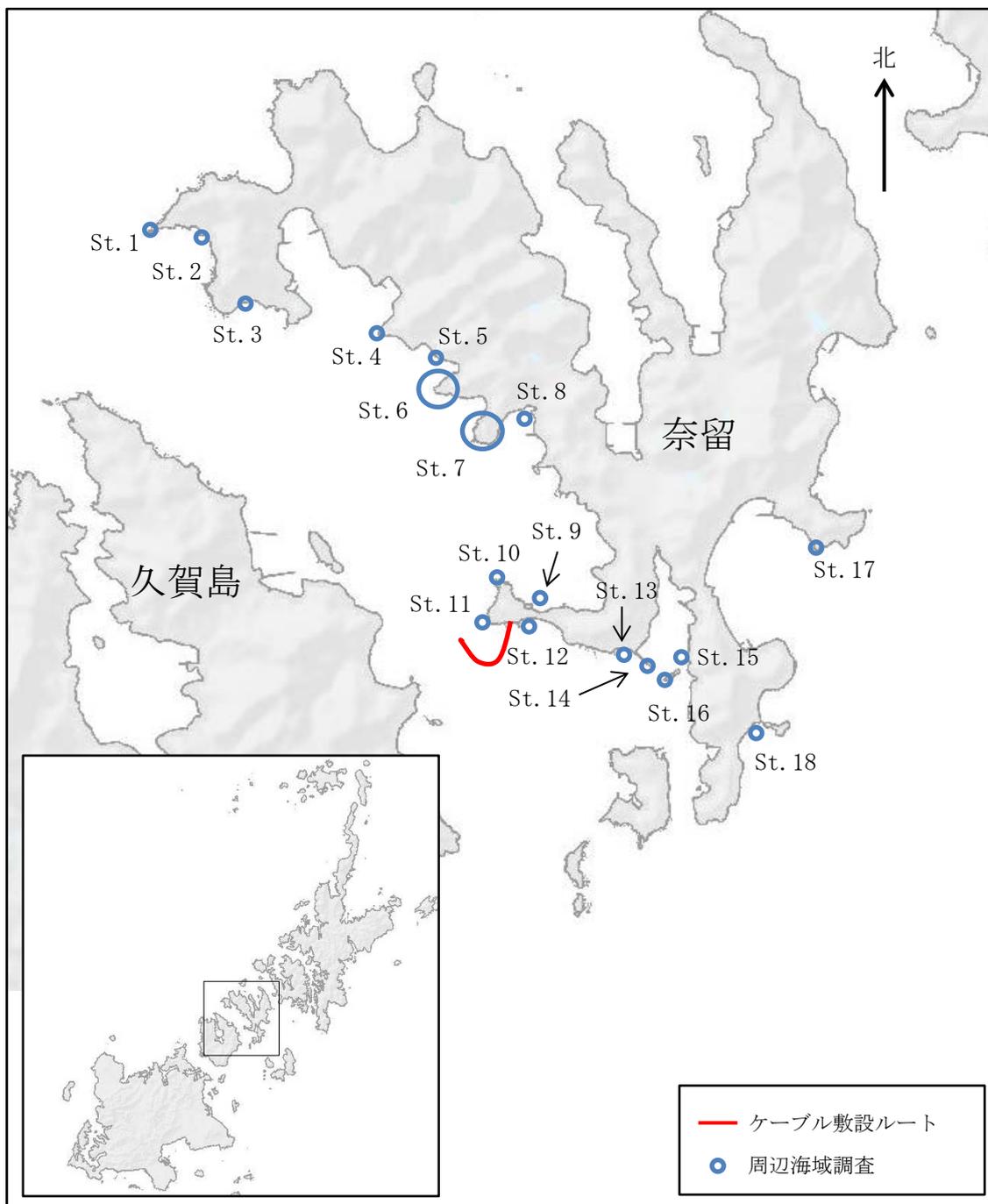


図 3.1-14 奈留瀬戸潮流発電事業海域調査箇所

表 3.1-16 調査箇所一覧

St.	調査箇所	水深	底質	主な観察生物
1	黒瀬鼻	5m	岩、巨礫	アジの群れ、イスズミ キビナゴの群れ
2	黒瀬鼻東側	5m	岩	スズメダイの群れ、メジナ ニザダイ
3	能瀬鼻	5m	岩	キビナゴ、メジナ
4	高万崎鼻	8m	岩	スズメダイの群れ、キビナゴ メジナ、イスズミ、ブダイ
5	小田	10m	岩	メジナ、キビナゴ
6	小田河原鼻	10-15m	岩、礫	メジナ、キビナゴ
7	宿輪鼻	10-15m	岩、礫	メジナ、キビナゴ、イスズミ
8	宿輪	10-15m	岩、砂	メジナ、キビナゴ、イスズミ
9	鈴ノ浦北側	14m	砂、岩	メジナ、キビナゴ、ムツ(若魚)
10	漕通鼻	10m	岩、巨礫	メジナ、キビナゴ、ブダイ
11	篝火崎	10m	岩、巨礫	メジナ、ブダイ、イスズミ
12	鈴ノ浦南側	11m	サンゴ礁、岩、砂	アジ、ムツ(若魚)、イシダイ
13	タコ瀬	5m	礫	スズメダイ
14	奈留防波堤外側	28m	砂、礫	ムツ(若魚)、ハタ類、イシダイ
15	奈留市場裏	5m	礫	ネンブツダイの群れ
16	弁天島	5m	砂、サンゴ、礫	スズメダイ、ネンブツダイ
17	兜崎	10m	岩、礫	メジナ、ブダイ
18	口ノ夏	5m	岩	スズメダイ、ネンブツダイ

・調査結果

奈留瀬戸における潮流発電海域全体の漁業資源環境調査を行った。

奈留島側の北から南へ18カ所の潜水調査を行い、主に有用魚類、有用海藻や海藻を食する藻食性生物について観察を行った。その結果、有用魚類としてムツ若魚の大きな群れを鈴ノ浦北側と宿輪地区そして奈留港防波堤外側で観察できた。また、藻場を形成する大型海藻(ホンダワラ類やアラメ、カジメ類)さらには有用海藻のヒジキやワカメの生息状況を調査したが、それらについてはすべての調査地点で観測することができなかった。

一方、海藻を食する藻食性生物の主な生物であるイスズミ・ブダイ・アイゴそしてガンガゼやウニ類は、すべての調査地点で全種もしくは数種観察することができた。このことから、潮流発電の実証が行われる奈留瀬戸海域は、藻食性生物の巣窟のような状況であり、大型海藻や有用海藻が育たない漁場環境になっていた。

ムツの蝟集状況を以下の写真 3.1-4 と写真 3.1-5 に示す。



写真 3.1-4 宿輪港付近のムツの群れ



写真 3.1-5 奈留港防波堤外側のムツの群れ

## (5) 地元協調・漁業共生メニュー検討の今後

本事業の潮流発電技術実用化の実証実験は奈留島、奈留瀬戸の海域で行う。言葉を換えれば、奈留島とその海域を使わせてもらう、と置き換えられる。この視点から今年度の地元協調・漁業共生メニュー検討のための工事前の海域調査を行った。

地元協調・漁業共生メニューの検討を行ううえで潮流発電デバイス及び海底電力ケーブルを施工する前の海域調査は、海を業とする漁業者にとって海中施設を海底に設置されると漁業資源環境がどのように変化するかは重要な関心事であるため、極めて重要な調査である。本事業では上記を考慮して事業海域の漁業資源環境を重点に調査を行った。

さらには、現状の漁業資源環境から資源環境の向上のための改善・開発を意識して調査を行った。工事前の海域調査を行って見えてきた方向性や課題について報告する。

### ・今後のスケジュールについて

地元協調・漁業共生メニューの各案を設計し、実際にどのような成果を生み出せるのかを検証するためには次年度において海域での事前実証を行う必要がある。

海域の事前実験から各メニューの成果検証を行い成果のあるものを選定し、海中に海底電力ケーブルと発電デバイスが設置された後に、選定されたいくつかのメニュー検討案を本実験と共に実証していくことになる。

実証海域の漁業資源調査を実施して見えてきたのは漁業資源環境が変化し、漁業が衰退していることであった。「地元もよし、漁業者もよし、潮流発電もよし、地球環境もよし」の事業を推進するにはメニュー検討実証の着地点を漁業資源環境の向上と資源の増大にする必要がある。

以下に地元協調・漁業共生メニュー検討のプロセスフローを図 3.1-15 に示す。

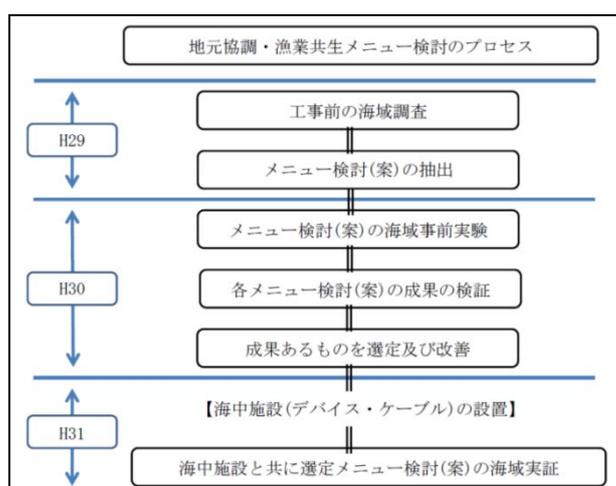


図 3.1-15 プロセスフロー図

### 3.1.3. 環境影響評価のための現況調査

本調査は平成 27 年度の潮流発電技術実用化推進事業において取りまとめられた環境影響評価方法書をもとに、平成 28 年度の秋季と冬季に現況調査、平成 29 年度の春季と夏季に現況調査を行った。以下に調査概要と結果を示す。

#### (1) 調査概要

##### ① 調査地点

本調査における調査地点を図 3.1-16、調査測線を図 3.1-17 に示す。

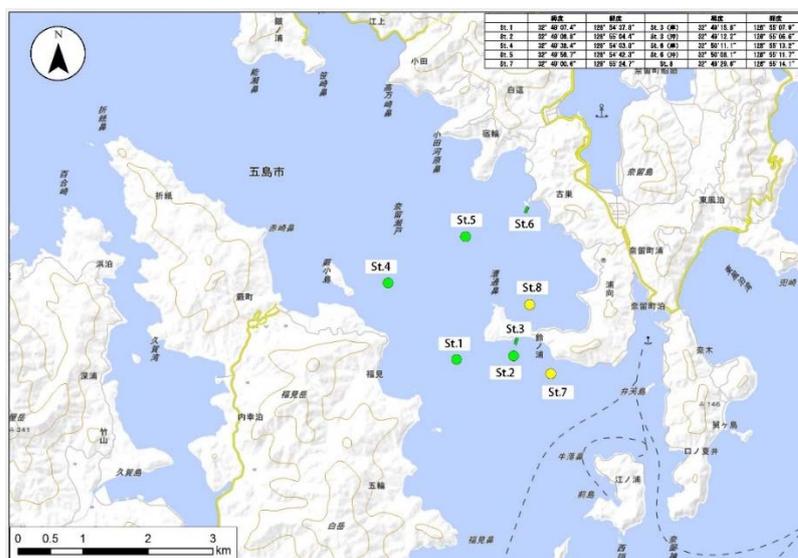


図 3.1-16 調査地点図

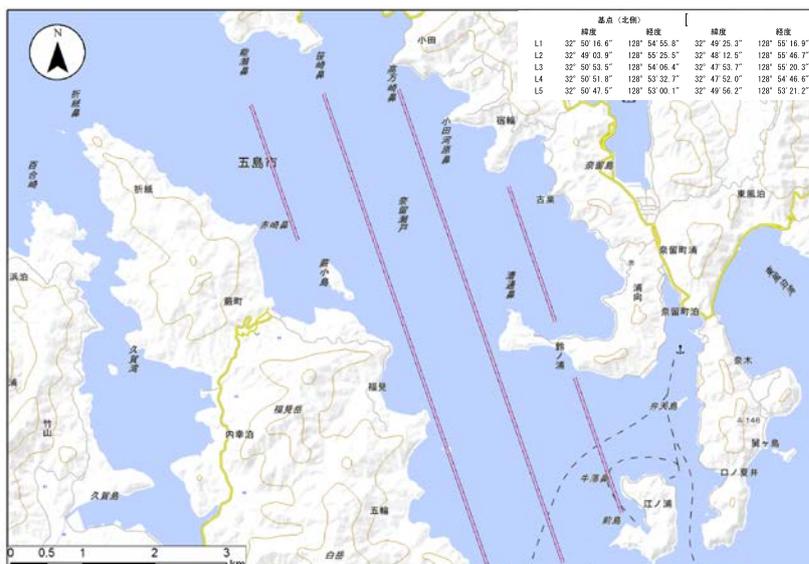


図 3.1-17 調査測線図

② 調査実施時期

本調査における調査実施時期を表 3.1-17、表 3.1-18 に示す。

表 3.1-17 春季環境調査実施工程

平成29年	05月16日 (中潮)	海産哺乳類調査 (設置)	St. 7、St. 8
		水質調査	St. 1、St. 2、St. 5、 卵・稚仔調査
		プランクトン調査	
		卵・稚仔調査	
	05月17日 (小潮)	水質調査	St. 4
		プランクトン調査	
		卵・稚仔調査	
	05月20日 (長潮)	潮間帯生物調査	St. 3、St. 6
海藻・草類調査			
05月23日 (中潮)	水中音調査	St. 1、St. 2、St. 4、 St. 5	
	鳥類調査	L1、L2、L3	
05月24日 (大潮)	鳥類調査	L4、L5	
06月01日 (小潮)	海産哺乳類調査 (交換)	St. 7、St. 8	
06月19日 (長潮)	海産哺乳類調査 (撤去)	St. 7、St. 8	

表 3.1-18 夏季環境調査実施工程

平成29年	08月01日 (小潮)	海産哺乳類調査 (設置)	St. 7、St. 8
		水質調査	St. 2
		プランクトン調査	
		卵・稚仔調査	
	08月02日 (小潮)	水質調査	St. 1、St. 5
		プランクトン調査	
		卵・稚仔調査	St. 3、St. 6
		潮間帯生物調査	
	08月03日 (長潮)	海藻・草類調査	St. 4
		水質調査	
		プランクトン調査	
	08月10日 (大潮)	卵・稚仔調査	St. 7
海産哺乳類調査 (撤去)		St. 7	
08月28日 (中潮)	海産哺乳類調査 (再設置)	St. 7	
	水中音調査	各予定地点 各予定測線	
08月29日 (小潮)	鳥類調査		
09月11日 (中潮)	海産哺乳類調査 (撤去)	St. 7、St. 8	

(2) 調査結果

① 水質調査

春季の水質調査は平成29年5月16日、17日に行った。春季水質調査の結果を表 3.1-19 に示す。

表 3.1-19 春季水質調査結果

項目 調査地点	観測層 (m)	現地観測結果									室内分析項目		
		水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	塩分	pH 水素 イオン 濃度	D0 溶存 酸素量 (mg/L)	酸素 飽和度 (%)	クロロ フィルa (μg/L)	濁度 (FTU)	COD 化学的 酸素 要求量 (mg/L)	SS 浮遊 物質 量 (mg/L)	濁度 (度)
St. 1	0.5	42.4	11.0	17.7	34.59	8.2	7.8	101.4	0.8	0.3	1.1	<1	<0.2
	21.2			17.6	34.60	8.2	7.8	100.4	1.2	0.2	1.1	1	<0.2
	41.4			17.6	34.59	8.2	7.8	100.3	1.0	0.2	1.1	1	<0.2
St. 2	0.5	10.4	着底 (≥10.4)	17.6	34.61	8.2	7.6	98.1	1.0	0.2	1.4	<1	<0.2
	5.2			17.6	34.60	8.2	7.6	98.5	1.1	0.2	1.1	<1	0.2
	9.4			17.6	34.60	8.2	7.6	98.4	1.0	0.2	1.2	<1	<0.2
St. 4	0.5	36.5	12.8	17.4	34.64	8.2	7.8	100.1	0.8	0.3	1.1	<1	<0.2
	18.3			17.4	34.63	8.2	7.8	100.0	1.9	0.2	1.0	<1	<0.2
	35.5			17.4	34.63	8.2	7.7	99.5	1.2	0.2	0.9	<1	<0.2
St. 5	0.5	39.3	11.8	17.5	34.61	8.2	7.8	100.2	1.1	0.2	1.1	<1	<0.2
	19.7			17.5	34.61	8.2	7.8	100.8	1.4	0.2	1.0	<1	<0.2
	38.3			17.5	34.61	8.2	7.8	100.6	1.4	0.2	1.1	<1	<0.2

夏季の水質調査は平成29年8月1日、2日、3日に行った。夏季水質調査の結果を表 3.1-20 に示す。

表 3.1-20 夏季水質調査結果

項目 調査地点	観測層 (m)	現地観測結果									室内分析項目		
		水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	塩分	pH 水素 イオン 濃度	D0 溶存 酸素量 (mg/L)	酸素 飽和度 (%)	クロロ フィルa (μg/L)	濁度 (FTU)	COD 化学的 酸素 要求量 (mg/L)	SS 浮遊 物質 量 (mg/L)	濁度 (度)
St. 1	0.5	43.2	14.0	25.3	33.76	8.2	7.4	108.8	0.8	0.2	-	-	-
	21.6			24.0	33.88	8.2	7.1	103.4	1.1	0.2	-	-	-
	42.2			23.5	33.93	8.2	7.0	100.2	0.7	0.2	-	-	-
St. 2	0.5	18.0	12.0	25.6	33.74	8.3	7.7	115.1	0.8	0.3	-	-	-
	9.0			24.4	33.79	8.2	7.5	109.5	1.9	0.3	-	-	-
	17.0			24.3	33.81	8.2	7.4	107.7	3.8	3.5	-	-	-
St. 4	0.5	36.3	13.4	27.7	33.70	8.2	6.9	105.7	0.4	0.3	-	-	-
	18.2			24.9	33.84	8.2	7.1	104.0	1.1	0.2	-	-	-
	35.3			24.1	33.91	8.2	6.9	100.7	1.0	0.2	-	-	-
St. 5	0.5	33.5	13.5	24.0	33.86	8.2	7.3	106.2	1.2	0.2	-	-	-
	16.8			24.3	33.82	8.2	7.5	108.7	1.4	0.2	-	-	-
	32.5			25.8	33.66	8.2	7.7	114.3	0.4	0.2	-	-	-

## ② 動物プランクトン調査

春季における動物プランクトン調査結果の概要を表 3.1-21 に示す。

春季調査における動物プランクトンの出現個体数は 7,586~43,235 個体/m<sup>3</sup> であり、St.2 上層で最も多い結果であった。また、下層に比べて上層で個体数が多い傾向にあり、出現種類数は 23~37 種であった。出現は節足動物が多く、全調査地点において Nauplius larva of Copepoda (アゴアシ類ノープリウス幼生) が多く出現した。

表 3.1-21 動物プランクトン調査結果概要 (春季)

地点		St.1 上層	St.1 下層	地点		St.2 上層	St.2 下層
出現種数 (種)	原生動物	1 (3.3)	1 (3.3)	出現種数 (種)	原生動物	1 (4.3)	2 (8.3)
	軟体動物	1 (3.3)	2 (6.7)		軟体動物	2 (8.7)	2 (8.3)
	節足動物	21 (70.0)	23 (76.7)		節足動物	16 (69.6)	17 (70.8)
	脊索動物	3 (10.0)	2 (6.7)		脊索動物	1 (4.3)	1 (4.2)
	その他	4 (13.3)	2 (6.7)		その他	3 (13.0)	2 (8.3)
合計		30 (100.0)	30 (100.0)	合計		23 (100.0)	24 (100.0)
個体数 (個体/ m <sup>3</sup> )	原生動物	229 (0.8)	180 (1.2)	個体数 (個体/ m <sup>3</sup> )	原生動物	190 (0.4)	388 (1.6)
	軟体動物	343 (1.1)	270 (1.8)		軟体動物	761 (1.8)	388 (1.6)
	節足動物	25,490 (83.8)	13,230 (88.0)		節足動物	39,237 (90.8)	21,997 (89.5)
	脊索動物	3,314 (10.9)	1,080 (7.2)		脊索動物	2,286 (5.3)	1,424 (5.8)
	その他	1,029 (3.4)	270 (1.8)		その他	761 (1.8)	388 (1.6)
合計		30,405 (100.0)	15,030 (100.0)	合計		43,235 (100.0)	24,585 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (22.2) Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物: (20.7) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (19.5)	Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (20.4) Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物: (19.8) Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (17.4)	主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (32.2) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (24.7) Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物: (14.5)	Copepodite larva of <i>Oithona</i> Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (28.4)

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

地点		St.4 上層	St.4 下層	地点		St.5 上層	St.5 下層
出現種数 (種)	原生動物	2 (5.4)	2 (7.4)	出現種数 (種)	原生動物	0 (0.0)	1 (2.9)
	軟体動物	2 (5.4)	2 (7.4)		軟体動物	1 (3.6)	2 (5.9)
	節足動物	28 (75.7)	18 (66.7)		節足動物	24 (85.7)	22 (64.7)
	脊索動物	1 (2.7)	2 (7.4)		脊索動物	1 (3.6)	4 (11.8)
	その他	4 (10.8)	3 (11.1)		その他	2 (7.1)	5 (14.7)
合計		37 (100.0)	27 (100.0)	合計		28 (100.0)	34 (100.0)
個体数 (個体/ m <sup>3</sup> )	原生動物	200 (0.9)	82 (1.1)	個体数 (個体/ m <sup>3</sup> )	原生動物	0 (0.0)	35 (0.5)
	軟体動物	600 (2.6)	247 (3.2)		軟体動物	574 (2.2)	210 (2.8)
	節足動物	20,300 (86.8)	6,794 (88.2)		節足動物	23,697 (90.7)	6,288 (82.9)
	脊索動物	1,500 (6.4)	247 (3.2)		脊索動物	1,579 (6.0)	737 (9.7)
	その他	800 (3.4)	329 (4.3)		その他	288 (1.1)	316 (4.2)
合計		23,400 (100.0)	7,699 (100.0)	合計		26,138 (100.0)	7,586 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (26.9) Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物: (21.4) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (12.8)	Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (25.7) Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物: (21.4) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (16.6)	主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (22.2) Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物: (18.1) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (11.0)	Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> Nauplius larva of Copepoda 節足動物: (19.5) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物: (16.7)

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

夏季における動物プランクトン調査結果の概要を表 3.1-22 に示す。

夏季調査における動物プランクトンの出現個体数は 9,125~41,176 個体/m<sup>3</sup> であり、下層と比べて上層で多い傾向にあり、出現種類数は 26~52 種であった。これまでと同様に節足動物が多く出現していたが、St.2 下層では繊毛虫類の *Vorticella* spp. (ツリガネムシ属の数種) が多く出現した。

表 3.1-22 動物プランクトン調査結果概要 (夏季)

項目		地点	
		St. 1 上層	St. 1 下層
出現種数 (種)	原生動物	2 (4.1)	2 (3.8)
	軟体動物	4 (8.2)	3 (5.8)
	節足動物	30 (61.2)	36 (69.2)
	脊索動物	6 (12.2)	4 (7.7)
	その他	7 (14.3)	7 (13.5)
合計		49 (100.0)	52 (100.0)
個体数 (個体/ ml)	原生動物	1,005 (7.4)	414 (4.1)
	軟体動物	712 (5.2)	871 (8.6)
	節足動物	7,958 (58.6)	7,288 (72.1)
	脊索動物	2,511 (18.5)	828 (8.2)
	その他	1,383 (10.2)	703 (7.0)
合計		13,569 (100.0)	10,104 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Nauplius larva of Copepoda 節足動物 : (16.7) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (12.0) <i>Oikopleura</i> spp. 脊索動物 : (11.4)	Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物 : (14.4) Nauplius larva of Copepoda 節足動物 : (11.5)

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

項目		地点	
		St. 2 上層	St. 2 下層
出現種数 (種)	原生動物	2 (5.9)	3 (11.5)
	軟体動物	3 (8.8)	2 (7.7)
	節足動物	21 (61.8)	15 (57.7)
	脊索動物	3 (8.8)	2 (7.7)
	その他	5 (14.7)	4 (15.4)
合計		34 (100.0)	26 (100.0)
個体数 (個体/ ml)	原生動物	283 (0.7)	1,069 (4.0)
	軟体動物	1,322 (3.2)	951 (3.6)
	節足動物	34,849 (84.6)	12,949 (48.5)
	脊索動物	1,039 (2.5)	475 (1.8)
	その他	3,683 (8.9)	11,282 (42.2)
合計		41,176 (100.0)	26,726 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (39.5) Nauplius larva of <i>Thecostoeaca</i> 節足動物 : (10.5)	<i>Vorticella</i> spp. 繊毛虫 : (40.4) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (15.1)

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

項目		地点	
		St. 4 上層	St. 4 下層
出現種数 (種)	原生動物	2 (4.0)	0 (0.0)
	軟体動物	3 (6.0)	3 (8.6)
	節足動物	30 (60.0)	23 (65.7)
	脊索動物	5 (10.0)	3 (8.6)
	その他	10 (20.0)	6 (17.1)
合計		50 (100.0)	35 (100.0)
個体数 (個体/ ml)	原生動物	1,500 (7.0)	0 (0.0)
	軟体動物	1,916 (8.9)	988 (10.8)
	節足動物	13,247 (61.4)	6,774 (74.2)
	脊索動物	2,750 (12.7)	564 (6.2)
	その他	2,165 (10.0)	799 (8.8)
合計		21,578 (100.0)	9,125 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Nauplius larva of Copepoda 節足動物 : (13.5)	Copepodite larva of <i>Paracalanus</i> 節足動物 : (14.4) <i>Euterpina acutifrons</i> 節足動物 : (11.3) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (10.8)

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

項目		地点	
		St. 5 上層	St. 5 下層
出現種数 (種)	原生動物	2 (5.0)	2 (4.8)
	軟体動物	3 (7.5)	3 (7.1)
	節足動物	23 (57.5)	22 (52.4)
	脊索動物	6 (15.0)	6 (14.3)
	その他	6 (15.0)	9 (21.4)
合計		40 (100.0)	42 (100.0)
個体数 (個体/ ml)	原生動物	932 (4.4)	457 (3.6)
	軟体動物	2,866 (13.4)	915 (7.1)
	節足動物	13,469 (63.1)	7,369 (57.5)
	脊索動物	2,364 (11.1)	1,525 (11.9)
	その他	1,720 (8.1)	2,541 (19.8)
合計		21,351 (100.0)	12,807 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」		Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (11.7) <i>Penilia avirostris</i> 節足動物 : (11.1)	Nauplius larva of Copepoda 節足動物 : (12.3) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (11.5) Copepodite larva of <i>Oithona</i> 節足動物 : (10.7)

注1:出現種数、個体数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は個体数組成比率10%以上の種を記載した。

### ③ 植物プランクトン調査

春季における植物プランクトン調査結果の概要を表 3.1-23 に示す。

春季調査における植物プランクトンの出現細胞数は 102,200~241,600 細胞/L であり、St.2 中層で最も多くなっている。出現種類数は 21~30 種であり、クリプト藻類の Cryptophyceae spp.、ハプト藻類の Haptophyceae spp.等が多く出現した。

表 3.1-23 植物プランクトン調査結果概要 (春季)

項目		地点		
		St.1 表層	St.1 中層	St.1 底層
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	5 (21.7)	6 (26.1)	7 (25.9)
	珪藻綱	13 (56.5)	12 (52.2)	15 (55.6)
	その他	5 (21.7)	5 (21.7)	5 (18.5)
合計		23 (100.0)	23 (100.0)	27 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	3,400 (2.3)	4,000 (2.4)	2,300 (1.2)
	珪藻綱	35,600 (24.0)	45,100 (26.6)	55,400 (29.3)
	その他	109,100 (73.7)	120,400 (71.0)	131,400 (69.5)
合計		148,100 (100.0)	169,500 (100.0)	189,100 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率(%)」		Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (34.6) Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (25.9) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (19.2)	Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (31.2) Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (28.3) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (23.4)	Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (35.5) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (25.2) Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (20.3)

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

項目		地点		
		St.2 表層	St.2 中層	St.2 底層
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	5 (20.0)	11 (36.7)	9 (32.1)
	珪藻綱	14 (56.0)	13 (43.3)	14 (50.0)
	その他	6 (24.0)	6 (20.0)	5 (17.9)
合計		25 (100.0)	30 (100.0)	28 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	1,300 (0.8)	5,700 (2.4)	3,600 (2.1)
	珪藻綱	40,700 (24.0)	55,100 (22.8)	23,800 (13.8)
	その他	127,400 (75.2)	180,800 (74.8)	144,600 (84.1)
合計		169,400 (100.0)	241,600 (100.0)	172,000 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率(%)」		Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (32.1) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (28.3) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (16.8) Microflagellata 微小鞭毛藻: (10.4)	Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (50.3) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (15.1) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (12.6)	Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (64.0) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (19.5)

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

項目		地点		
		St.4 表層	St.4 中層	St.4 底層
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	3 (14.3)	7 (29.2)	6 (25.0)
	珪藻綱	12 (57.1)	12 (50.0)	12 (50.0)
	その他	6 (28.6)	5 (20.8)	6 (25.0)
合計		21 (100.0)	24 (100.0)	24 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	600 (0.4)	3,000 (1.9)	2,600 (1.4)
	珪藻綱	48,100 (32.7)	59,100 (38.0)	76,300 (41.6)
	その他	98,200 (66.8)	93,600 (60.1)	104,500 (57.0)
合計		146,900 (100.0)	155,700 (100.0)	183,400 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率(%)」		<i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (27.8) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (27.2) Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (25.1) Microflagellata 微小鞭毛藻: (13.1)	<i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (32.4) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (22.6) Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (21.6) Microflagellata 微小鞭毛藻: (12.3)	Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (28.8) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (26.4) Microflagellata 微小鞭毛藻: (13.1) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (12.2)

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

項目		地点		
		St.5 表層	St.5 中層	St.5 底層
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	6 (26.1)	7 (28.0)	9 (31.0)
	珪藻綱	12 (52.2)	11 (44.0)	14 (48.3)
	その他	5 (21.7)	7 (28.0)	6 (20.7)
合計		23 (100.0)	25 (100.0)	29 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	3,100 (1.8)	2,200 (1.2)	4,700 (2.3)
	珪藻綱	57,200 (33.7)	32,000 (31.3)	49,800 (24.2)
	その他	109,200 (64.4)	68,000 (66.5)	151,700 (73.6)
合計		169,500 (100.0)	102,200 (100.0)	206,200 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率(%)」		Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (29.3) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (26.2) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (23.6)	Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (37.6) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (21.7) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (20.4)	Cryptophyceae spp. クリプト藻綱: (34.1) Haptophyceae spp. ハプト藻綱: (22.5) <i>Proboscia alata</i> 珪藻綱: (18.0) Microflagellata 微小鞭毛藻: (15.5)

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率(%)を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

夏季における植物プランクトン調査結果の概要を表 3.1-24 に示す。

夏季調査における植物プランクトンの出現細胞数は 182,900~579,400 細胞/L であり、St.1 中層、St.5 中層では他の調査地点に比べてやや多い傾向にあった。出現種類数は 39~52 種であり、St.5 中層で最も多い結果であった。出現は珪藻類が多く、*Bacteriastrium* spp、*Chaetoceros* spp 等が多く出現している。

表 3.1-24 植物プランクトン調査結果概要 (夏季)

項目	地点			
	St.1 表層	St.1 中層	St.1 底層	
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	7 (15.2)	10 (20.8)	4 (10.3)
	珪藻綱	35 (76.1)	34 (70.8)	31 (79.5)
	その他	4 (8.7)	4 (8.3)	4 (10.3)
	合計	46 (100.0)	48 (100.0)	39 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	3,700 (1.3)	5,400 (0.9)	2,500 (0.5)
	珪藻綱	270,600 (95.7)	554,800 (95.8)	269,480 (91.9)
	その他	8,400 (3.0)	19,200 (3.3)	21,280 (7.3)
	合計	282,700 (100.0)	579,400 (100.0)	293,260 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」	<i>Bacteriastrium</i> spp.		<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.
	珪藻綱: (34.1)	珪藻綱: (38.1)	珪藻綱: (35.7)	
	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	
	珪藻綱: (32.7)	珪藻綱: (32.9)	珪藻綱: (24.4)	

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

項目	地点			
	St.2 表層	St.2 中層	St.2 底層	
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	10 (20.0)	9 (22.0)	2 (4.3)
	珪藻綱	36 (72.0)	27 (65.9)	41 (87.2)
	その他	4 (8.0)	5 (12.2)	4 (8.5)
	合計	50 (100.0)	41 (100.0)	47 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	6,700 (1.5)	7,520 (2.7)	800 (0.3)
	珪藻綱	344,300 (90.3)	243,880 (88.5)	297,900 (96.0)
	その他	39,400 (8.0)	23,280 (8.5)	11,520 (3.7)
	合計	391,400 (100.0)	274,680 (100.0)	310,220 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.
	珪藻綱: (35.7)	珪藻綱: (31.3)	<i>Bacteriastrium</i> spp.	珪藻綱: (35.7)
	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.
	珪藻綱: (27.7)	珪藻綱: (30.4)	珪藻綱: (24.1)	<i>Chaetoceros costatum</i> 珪藻綱: (10.2)

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

項目	地点			
	St.4 表層	St.4 中層	St.4 底層	
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	8 (18.6)	7 (15.2)	6 (13.6)
	珪藻綱	29 (67.4)	34 (73.9)	34 (77.3)
	その他	6 (14.0)	5 (10.9)	4 (9.1)
	合計	43 (100.0)	46 (100.0)	44 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	5,000 (2.7)	4,500 (2.3)	2,220 (0.8)
	珪藻綱	167,900 (91.8)	173,000 (86.8)	359,300 (94.0)
	その他	10,000 (5.5)	21,920 (11.0)	17,600 (4.6)
	合計	182,900 (100.0)	199,420 (100.0)	379,120 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.
	珪藻綱: (29.1)	珪藻綱: (27.3)	珪藻綱: (32.2)	
	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	
	珪藻綱: (26.7)	珪藻綱: (24.5)	珪藻綱: (29.4)	

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

項目	地点			
	St.5 表層	St.5 中層	St.5 底層	
出現種数 (種)	渦鞭毛藻綱	8 (19.5)	9 (17.3)	8 (16.7)
	珪藻綱	30 (73.2)	40 (76.9)	36 (75.0)
	その他	3 (7.3)	3 (5.8)	4 (8.3)
	合計	41 (100.0)	52 (100.0)	48 (100.0)
細胞数 (細胞/L)	渦鞭毛藻綱	7,020 (2.3)	4,720 (0.9)	5,100 (1.3)
	珪藻綱	287,460 (92.7)	533,940 (98.1)	377,240 (94.5)
	その他	15,600 (5.0)	5,760 (1.1)	15,600 (4.1)
	合計	310,080 (100.0)	544,420 (100.0)	377,940 (100.0)
主な出現種 「細胞数組成比率 (%)」	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.
	珪藻綱: (38.4)	珪藻綱: (35.4)	珪藻綱: (38.6)	
	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Bacteriastrium</i> spp.	<i>Chaetoceros</i> spp.	
	珪藻綱: (24.3)	珪藻綱: (32.7)	珪藻綱: (29.1)	

注1:出現種数、細胞数の括弧内の数字は種組成比率 (%) を示す。  
注2:主な出現種は細胞数組成比率10%以上の種を記載した。

#### ④ 卵・稚仔調査

春季調査における魚卵の出現個体数は 4,163~28,802 個体/1000m<sup>3</sup> であり、St.1 上層、St.5 中層では他の調査地点に比べて多い傾向にあった。出現種類数は 9~12 種であり、不明卵を除くと、カタクチイワシ、ネズッポ科の魚卵が多く出現している。

春季調査における稚仔魚の出現個体数は 59~1,060 個体/1000m<sup>3</sup> であり、St.1 中層で最も多い結果であった。出現種類数は 2~16 種であり、St.2 上層で最も少ない結果であった。不明種を除くと、カタクチイワシ、ハゼ科、カワハギ科が多く出現した。

夏季調査における魚卵の出現個体数は 9,601~73,273 個体/1000m<sup>3</sup> であり、St.2 では他の調査地点と比べて多い傾向にあった。出現種類数は 8~18 種であり、不明卵を除くと、カタクチイワシ、ブダイ科の魚卵が多く出現した。

夏季調査における稚仔魚の出現個体数は 245~3,031 個体/1000 m<sup>3</sup> であり、St.5 中層では他の調査地点と比べてやや多い結果であった。出現種類数は 10~25 種であり、不明種を除くと、キビナゴ、カタクチイワシ、テンジクダイ科が多く出現した。

### ⑤ 潮間帯生物調査

春季調査における St.3 では中部のケガキ、クロフジツボ、St.6 では中部のイワフジツボ、下部のケガキが多く出現した。

夏季調査における St.3 では中部のケガキ、クロフジツボ、St.6 では上部のタマキビ、中部のイワフジツボ、下部のケガキ、イワフジツボが多く出現した。

### ⑥ 海藻・草類調査

春季における St.3 では暖海性ホンダワラ類のキレバモクが数本確認されたが、藻場の形成はみられなかった。小型海藻は全域でフクロノリが確認され、岸側ではカギケノリが混生していた。ウミトサカ類とイシサンゴ類の複合群落は健在であったが、小型海藻類の繁茂によって被度外観は減少していた。

St.6 について、大型海藻はホンダワラ類のヤツマタモク、暖海性種のキレバモク、ツクシモクが数本確認された。小型海藻は種数、着生量ともに St.3 より多く、全域でフクロノリが優占していた。さらに、岸側上端でヘライワツタ、オバクサ、同じく下端でトサカノリ、フシツナギ等が混成していた。

夏季調査における St.3 では海藻類は季節的に減少傾向にあり、ホンダワラ類のキレバモクは枯れた枝状のものが 1 本確認された。小型海藻については、浅場でマクサ、深場ではカギケノリが優占しており、一部でカギケノリの密生帯が観察された。St.6 についても海藻類は季節的に減少傾向にあったが、St.3 と比較すると良好な状態であった。藻場を形成する大型海藻の着生はみられなかったが、岸側でマクサ、カギケノリ等、沖側ではカギケノリ、ツカサアミ等が多く観察された。有用水産種ではサザエのほか、0m 付近の転石空隙でイセエビ（3 尾）が確認された。

### ⑦ 海産哺乳類調査

前年度秋季、冬季に行った A-tag 曳航調査では海産哺乳類の出現を確認することができなかつたため、今年度春季、夏季においては、鈴ノ浦南側（St.7）、北側（St.8）の調査地点において音響記録装置（A-tag）を使った約 1 ヶ月間の連続観測を行った。



写真 3.1-6 A-tag 連続観測の状況（左：St.7、右：St.8）

連続観測によって得られた音響ファイル解析結果について、春季、夏季ともにイルカ等の海産哺乳類の出現は確認できず、記録されたファイルは雨や風波等による雑音、あるいはテッポウエビの発する音ではないかと考えられた。なお、漁業関係者及び本事業関係者より、海産哺乳類について次の目撃情報があった。

- ・平成 29 年 5 月 23 日：数日前に五島市沖合を若松方向に進むイルカの群れを確認。
- ・平成 29 年 6 月 30 日、7 月 2 日：本事業におけるケーブルルート調査時に対象海域においてイルカらしき個体を確認。黒い背中で背びれは確認できなかったことから、スナメリではないかと思われる。

### ⑧ 水中音調査

春季における水中音調査結果を図 3.1-18 に示す。

春季調査での各調査地点における各周波数成分のパワー平均は 74.9～106.0dB、100Hz から 1KHz の合成値は 86.2～112.4dB であった。同じく各周波数成分のピーク値は 81.0～123.8dB、100Hz から 1KHz の合成値は 101.2～128.5dB となっている。既存資料によると、一般的な海産魚で 90～110dB が「聴覚閾値」、110～130dB が「誘致レベル」とされている。本調査結果から得られた平常時の音圧レベルは約 80～120dB 程度であったことから、魚類に対しては「聴覚閾値～誘致レベル」に相当するものと考えられる。

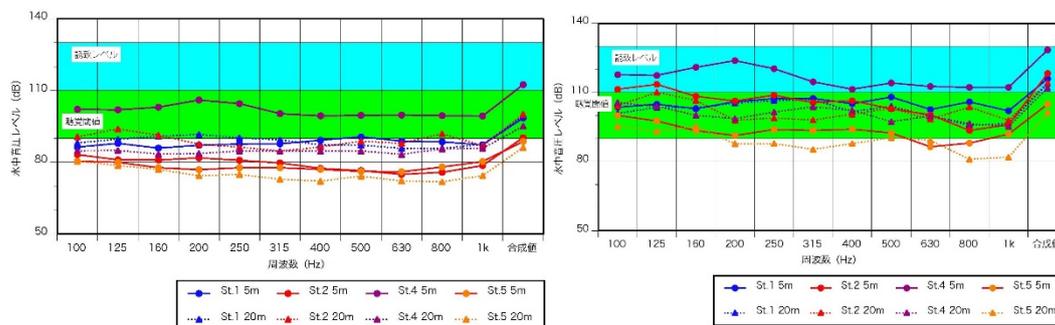


図 3.1-18 春季水中音調査結果 (左：パワー平均、右：ピーク値)

夏季における水中音調査結果を図 3.1-19 に示す。

夏季調査での各調査地点における各周波数成分のパワー平均は 85.6～125.4dB、100Hz から 1KHz の合成値は 98.3～129.8dB であった。同じく各周波数成分のピーク値は 97.1～136.8dB、100Hz から 1KHz の合成値は 112.2～140.9dB となっている。既存資料によると、一般的な海産魚で 90～110dB が「聴覚閾値」、110～130dB が「誘致レベル」とされている。本調査結果から得られた平常時の音圧レベルは約 85～140dB 程度であったことから、魚類に対しては「聴覚閾値～誘致レベルを僅かに超える程度」に相当するものと考えられる。

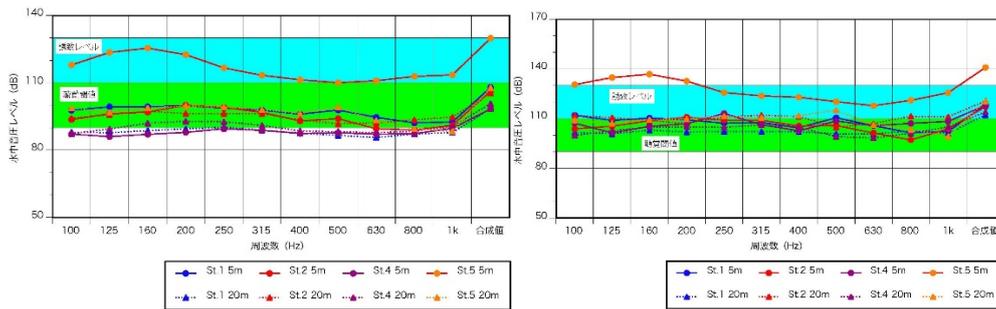


図 3.1-19 夏季水中音調査結果 (左：パワー平均、右：ピーク値)

⑨ 鳥類調査

春季、夏季調査における鳥類調査結果を表 3.1-25、図 3.1-20、図 3.1-21 に示す。

鳥類の出現種は *Phalacrocorax* 属の一種、アオサギ、カルガモ、ミサゴ、トビ、シギ科の一種、セグロカモメ、*Larus* 属の一種、イソヒヨドリ、メジロ、ハシブトガラス、*Curvus* 属の一種の 12 種であった。ミサゴは環境省レッドリスト 2015 (平成 27 年 9 月) において準絶滅危惧 (NT)、長崎県レッドデータブック 2011 (平成 24 年 3 月) において準絶滅危惧種 (NT) に選定されている。

表 3.1-25 鳥類調査結果一覧表 (春季・夏季)

No. ※1	目名	科名	種名	L.1		L.2		L.3		L.4		L.5		重要種 (カテゴリー)		渡り区分 ※3
				春季	夏季	環境省	長崎県									
1	ペリカン目	ウ科	<i>Phalacrocorax</i> 属の一種							○						-
2	コウノトリ目	サギ科	アオサギ		○						○		○			冬鳥
3	カモ目	カモ科	カルガモ							○						留鳥
4		タカ科	ミサゴ					○		○	○			NT	NT	留鳥
5			トビ	○	○	○		○	○	○	○	○				留鳥
6	チドリ目	シギ科	シギ科の一種								○					-
7		カモメ科	セグロカモメ							○						冬鳥
-			<i>Larus</i> 属の一種					○	○							-
8	スズメ目	ツグミ科	イソヒヨドリ								○					留鳥
9		メジロ科	メジロ	○												留鳥
10			ハシブトガラス	○	○					○		○				留鳥
-			<i>Corvus</i> 属の一種				○		○	○						-
5日9科13種				3	3	1	1	3	3	7	6	2	2	1種	1種	

※1：学名及び配列は国土交通省「平成29年度版河川水辺の国勢調査のための生物リスト」に準じた。

※2：重要種

環境省：環境省レッドリスト2017

NT：準絶滅危惧

長崎県：長崎県レッドデータ (2011) 中間見直し (2017)

NT：準絶滅危惧

※3：渡り区分 長崎県野鳥の会 (1980) 「長崎県の野鳥」に掲載されている長崎県の鳥類目録の地域区分「五島」における観察時期を参考とした。  
 ほぼ年中みられるもの：留鳥、夏季見られるもの：夏鳥、冬季見られるもの：冬鳥、春、秋見られるもの：旅鳥、迷鳥と推測されるもの：迷鳥、記録があるもの：記録

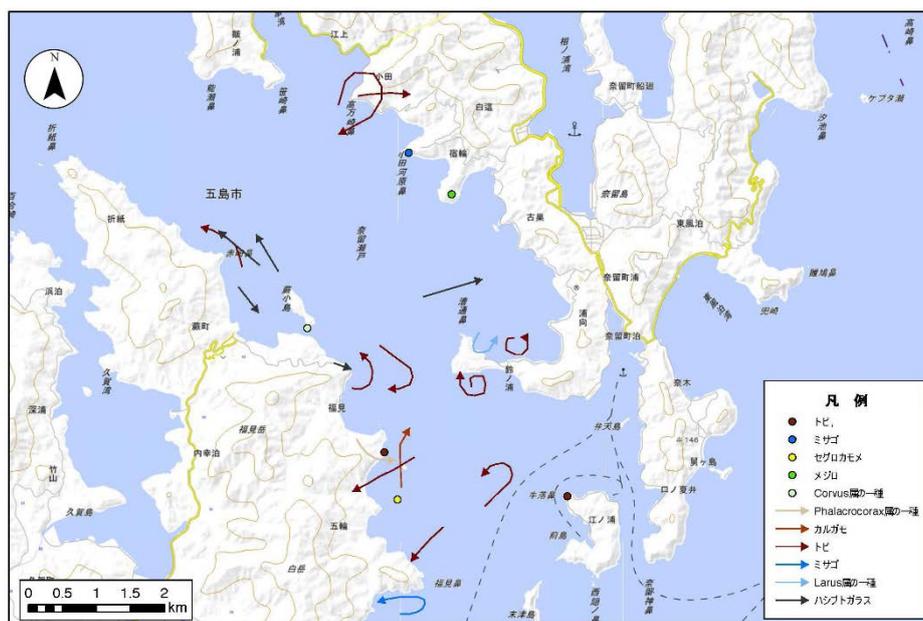


図 3.1-20 鳥類調査結果 (春季)



図 3.1-21 鳥類調査結果 (夏季)

⑩ 貴重種 (ウミガメ等) 調査

秋季調査、夏季調査ともにウミガメ等の貴重種は確認されなかった。

### ⑪ 航行船舶調査

航行船舶調査については、現地調査実施時に併せて行った。図 3.1-22 に示すかがり火崎（奈留島側）と久賀島側突端を結ぶ線を確認ラインとし、通過場所として1：奈留島側、2：瀬戸中央、3：久賀島側の3区域に分けて整理した。また、進行方向については確認ラインを北西方向へ通過した船舶をN、同じく南東方向へ通過した船舶をSとした。



図 3.1-22 航行船舶調査確認ライン等

春季調査における航行船舶調査結果を表 3.1-26 に示す。

表 3.1-26 航行船舶調査結果（春季）(1)

日付	時刻	通過場所	進行方向	船種	船名	備考
5月16日	09:34	1	S	瀬渡船	不明	-
	09:55	1	N	漁船	不明	-
	09:56	1	N	瀬渡船	不明	-
	10:15	1	S	漁船	不明	-
	10:32	3	S	漁船	不明	-
5月17日	08:38	3	N	漁船	不明	-
	08:54	3	N	漁船	不明	-
	10:12	1	S	巡視船	不明	海上保安庁
	10:34	1	S	漁船(船外機)	不明	-

表 3.1-26 航行船舶調査結果（春季）（2）

日付	時刻	通過場所	進行方向	船種	船名	備考
5月20日	08:22	2	N	漁船	不明	-
	08:35	2	N	漁船	不明	-
	08:55	3	N	漁船	不明	-
	09:36	3	N	漁船	不明	-
	10:23	2	N	漁船	不明	-
	10:29	1	S	漁船	不明	-
	10:30	2	N	漁船	不明	-
	10:57	2	S	漁船	不明	-
	11:05	2	S	漁船	不明	-
	11:47	3	N	漁船	不明	養殖給餌船
	13:10	1	N	漁船	不明	-
	13:42	1	N	漁船	不明	養殖給餌船
	13:50	3	N	漁船	不明	-
	13:57	1	N	漁船	不明	-
	14:19	1	S	漁船(船外機)	不明	-
	14:20	1	N	漁船	不明	巻網船団
	14:20	1	N	漁船	不明	〃
	14:20	1	N	漁船	不明	〃
14:20	1	N	漁船	不明	〃	
15:39	1	S	漁船	不明	-	
16:05	1	N	漁船	不明	-	
5月23日	09:01	1	S	漁船(船外機)	不明	-
	09:05	3	S	漁船	不明	-
	09:33	1	N	漁船(船外機)	不明	-
	10:27	3	N	漁船	不明	-
	10:27	3	S	漁船	不明	-
	10:55	2	S	漁船	不明	-
	10:55	1	S	漁船	不明	-
	11:49	3	N	漁船	不明	-
	13:04	3	N	漁船	不明	-
	13:36	1	S	漁船	不明	-
5月24日	14:04	2	N	漁船	不明	-
	13:04	3	N	漁船	不明	-
	13:36	1	S	漁船	不明	-

夏季調査における航行船舶調査結果を表 3.1-27 に示す。

表 3.1-27 航行船舶調査結果（夏季）

日付	時刻	通過場所	進行方向	船種	船名	備考
8月1日	14:40	1	N	漁船	不明	-
	16:05	1	S	漁船	不明	-
8月2日	08:16	1	S	漁船	不明	素潜り
	08:35	1	N	漁船	不明	素潜り（上記船と同じ）
	09:29	2	N	海上タクシー	不明	St.1付近を回遊（1時間弱）
	09:33	1	N	漁船(船外機)	不明	-
	09:56	3	S	漁船	不明	-
	10:27	3	N	漁船	不明	-
	10:40	1	S	漁船(船外機)	不明	-
	10:47	3	N	漁船	不明	-
8月3日	11:19	2	N	漁船	不明	-
	09:48	3	S	漁船	不明	-
8月28日	09:50	3	S	水上警察	不明	-
	14:28	3	N	漁船	不明	-
	14:56	1	N	漁船	不明	-
	14:58	1	N	漁船	不明	-
	16:45	1	S	漁船	不明	-
8月29日	17:05	3	S	漁船	不明	-
	08:30	2	S	漁船(船外機)	不明	-
	09:50	1	N	漁船	不明	-
	09:57	2	S	瀬渡船	不明	-
	10:46	3	S	海上タクシー	不明	-
	10:48	1	N	漁船(船外機)	不明	-
	11:07	2	N	水上警察	不明	-
11:08	2	N	海上タクシー	不明	-	

## 3.2. 環境負荷の低減に向けた環境影響評価手法の取り纏め

### 3.2.1. 潮流発電について

#### (1) 潮流発電事業の概要

潮流発電とは、潮流（潮汐による海水の周期的な水平運動）によってタービンを回転させることによって発電するシステムを指す。潮流と海流の定義は狭義には異なっており、海流（地球の自転や偏西風等による大洋の循環流）を利用した海流発電は沖合で行われるのに対し、潮流発電は瀬戸などの沿岸域で行われることが多い。ここでは、沿岸域で行われる潮流発電事業を対象としている。

また、潮流発電にはタービンの回転軸方向によって水平型、垂直型、ブレードの回転ではなく振動を利用する振動水中翼型などのタイプが存在する。発電機の設置方法についても海底固定型、係留型、海中支持型等が知られている。現在、国内では潮流発電の実証試験が行われているが、それぞれの潮流発電機が環境に対してどのような特徴があるかは明らかとなっていない。事業の特性を考えれば、将来的にはエネルギー変換効率が高く、高耐久性でさらにメンテナンスが容易な潮流発電機が標準として確立されることが期待されるが、開発段階において環境への影響も考慮したものとなることが望まれる。



図 3.2-1 潮流発電機の設置方法

また、潮流発電では発電機その他、陸上施設（変電設備等）、発電機と陸上施設を繋ぐ海底ケーブル等の設備が存在する。

#### (2) 潮流発電事業における工事の概要

潮流発電事業では、潮流発電機の設置、海底ケーブルの敷設、陸上施設の建設といった工事が行われる。潮流発電機の設置については専用の作業船、あるいは大型のクレーン付き台船が用いられることが多く、作業補助や安全確保のため周囲には小型船が配置される。潮流発電機の固定は自重による重力式その他、杭を使って固定するものやシンカー等を用いるものがある。基本的に大規模な海底地形の改変を伴うことはないが、部分的に掘削、整地、浚渫等の作業を行う場合がある。

海底ケーブル敷設についても専用の作業船（ケーブル敷設船）や ROV（Remotely Operated Vehicle）が用いられ、小型船が配置される場合がある。底引き網や投錨等によるケーブルの損傷を防ぐため岩盤掘削後に埋設、あるいは保護材によりケーブルを被覆する等の対策が施されることも多い。また、海底が砂泥の場合には、ウォータージェット式埋設機を用いて掘削と埋設を同時に行う方法もある。陸上施設の建設については、一般的な工場等の建設と同様の手順であり、ダンプトラック、重機等の建設機械が稼働することとなる。なお、施設の大きさは潮流発電の事業規模によると考えられる。

### 3.2.2. 潮流発電事業における環境影響評価項目の選定

#### (1) 潮流発電事業における環境影響評価項目の選定に係る基本的な考え方

潮流発電事業における環境影響評価の対象となる事業段階を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 環境影響評価の対象となる事業段階

事業段階	主な内容	注意点
建設工事	潮流発電機の設置 海底ケーブルの敷設 陸上施設の建設	作業船、建設機械等の稼働 廃棄物等の発生
稼働中	潮流発電機、海底ケーブルの存在 定期メンテナンス	発電機ブレードの回転 作業船の稼働
撤去工事	潮流発電機の撤去 海底ケーブルの撤去 陸上施設の解体、撤去	建設工事と同様

対象となる事業段階は大きく分けて、潮流発電機やデバイスを設置する建設工事、発電機のブレードを回転させて発電を行う稼働中、事業終了後に潮流発電機やデバイスを撤去する撤去工事であると考えられる。なお、撤去工事については建設工事と概ね同様の作業が行われることから、ここでは大きく工事中、稼働中の 2 つの事業段階とした。

潮流発電事業における環境影響評価項目（案）を表 3.2-2 に示す。



## ① 大気環境

大気質（窒素酸化物、浮遊粉じん等）について、既存資料ではほとんど触れられていない。理由としては、工事に係る作業船や建設機械、重機等の数が沿岸の大規模事業と比較して少ないためであるとされている。さらに、潮流発電事業の特性として海域での工事は潮流が速い所での作業となるため、実際の作業時間は小潮期の潮止まり等に限定されることも理由の一つである。ただし、陸上施設の規模が大きく、近隣に民家等が存在する場合には工事中の評価項目として検討する必要がある。

騒音、振動についても、評価項目として選定されないケースが多い。検討する必要があるのは、大気質と同様に陸上施設の近隣に民家等が存在する場合である。また、近隣に民家が存在する場合、工事中の騒音に加え、稼働中の低周波音も検討する必要があると考えられる。

## ② 水環境

流動の変化については、潮流発電機の設置、存在、稼働によって最も影響を受ける項目の一つである。そのため、既存資料及び欧州においても評価項目として選定されている。

波の変化は、欧州において物理的な影響で言及される場合がある。現在用いられている規模の潮流発電機では評価項目とする可能性は低いが、将来的に大型化が実現される、あるいは複数の潮流発電機が同時に存在するような場合には検討する必要があると考えられる。

影の出現による影響について欧州では直接触れられていないが、物理的プロセスにおいて言及されている。

水質の変化について、工事中の濁りの発生は欧州も含めて評価項目として選定されている。ただし、欧州では水質という項目の評価ではなく、沿岸生態系、底生生態、魚類生態に対する影響として述べられている。水の汚れ、いわゆる水質の有機汚濁については、汚濁負荷を与える排出源が存在しないことから評価項目としていない。欧州では水の汚れではないが、潮流発電機に使用される潤滑油や冷却剤等が何らかの理由で海水に流出することによるリスクへの言及があったことから、濁りと同じ表現とした。

水中音については、工事中、稼働中ともに環境影響評価項目として選定された。欧州においても同様であり、特に稼働中の影響については重要だと考えている。

底質については、工事中、稼働中ともに有害物質や有機物による汚染のリスクは考えられないため評価項目から除外した。なお、欧州においては、水質と同様に、潮流発電機からの有害物質漏出リスクに言及している。

### ③ 土壌環境

地形及び地質における重要な地形については、対象海域周辺に重要な地形が存在する場合は評価項目として選定する。欧州では、海洋考古学及び文化遺産としても言及されている。土地の改変（陸上）については、陸上施設の建設に伴い大規模な土地の改変が必要な場合に検討する。海底の直接改変については、潮流発電機設置のための掘削や整地等が必要な場合もあるが、対象海域と比べてその規模は小さいと考えられる。なお、海底ケーブル敷設については潮流発電機から揚陸地点まで展張されるため、海岸線付近の潮間帯生物や海藻草類の生育に影響を及ぼす可能性があるため、評価項目として選定した。

地盤の変化については、影響は考えられない。

土壌の変化についても影響は考えられない。

### ④ 生態系

植物（海域）について、浮遊生物である植物プランクトンは流動の変化による影響を受けやすい。また、海藻草類については、海底ケーブル敷設工事による濁りの発生、ケーブル展張による生育場への直接的な影響があると考えられる。欧州においては沿岸生態系、魚類生態として言及されている。

動物（海域）について、動物プランクトンは流動の変化による影響を受けやすい。底生生物は潮流発電機の設置による生息域の消滅、魚類は工事による濁りの発生や水中音、稼働中の水中音等の影響を受けると考えられる。海産哺乳類は魚類と同じ理由により、評価項目として選定される。なお、魚類、海産哺乳類等の遊泳生物は、稼働中における潮流発電機への衝突（フィッシュストライク）も懸念される。欧州においても沿岸生態系、底生生態、魚類生態として言及されている他、海産哺乳類についても評価項目として取り上げられている。

動物（陸上）については鳥類を評価項目とした。欧州においても、海域で摂餌する鳥類については評価項目として取り上げられている。

その他の生態系として、貴重種（ウミガメ、サンゴ等）は生息の可能性がある場合は評価項目として検討する必要がある。付着生物は潮流発電機本体、あるいは海底ケーブル等を基盤とした付着生物、海岸の潮間帯に生息する潮間帯付着生物の両方が対象となる。魚卵・稚仔魚については浮遊生物とみなせることから、動植物プランクトンと同じ理由で評価項目とした。これらの項目について、欧州では沿岸生態系、底生生態、魚類生態として言及している。

## ⑤ 環境負荷

主に陸上施設の建設工事に伴って排出される廃棄物や残土について、その量が問題となるような場合には評価項目として選定する。

工事中、稼働中ともに温室効果ガスの大量発生、放射線量の増大は考えられない。

廃棄物や温室効果ガスについて、欧州では法的枠組み及び政策的背景の中で言及されている。

## ⑥ 地域社会

地域社会として、漁業への影響、地域経済、人と自然との触れ合いの活動の場の 3 項目について、いずれも検討する必要があるとした。

漁業への影響については工事による影響の他、稼働中においても潮流発電機設置による漁場の喪失、漁具等がブレードに巻き込まれる等の影響が考えられる。欧州においても商業漁業という評価項目として言及されている。

地域経済という項目は、これまでの環境影響評価ではあまりみられなかったものである。これは、潮流発電事業が地元の経済にプラスの効果をもたらすことに注目した項目であり、地元漁業関係者への警戒船等の依頼、資材の地元調達等の形で実現可能である。また、欧州においても、社会経済学という項目で取り上げられている。船舶航路については、一般の船舶の他、漁業の操業に伴う漁船の航行にも関係するものであり、検討する必要があると考えられる。こちらも欧州においては、船舶及び航行という項目で取り上げられている。

人と自然との触れ合いの活動の場における景観について、海中に設置するタイプの潮流発電機では問題とならないが、発電機やデバイスの一部が海上に存在する場合には検討する必要がある。欧州では、海景と視覚的影響アセスメントという項目で取り上げられている。レクリエーションへの影響については、事業対象区域の周辺にレクリエーション施設が存在する場合には検討する必要がある。欧州においても、レクリエーションと観光という項目で取り上げられている。

上記の①～⑥で述べた考察の結果、潮流発電事業において必要と考えられる環境影響評価項目と、事業規模や地域特性によっては必要と考えられる項目について下記に列挙する。

### 【潮流発電事業において必要と考えられる環境影響評価項目】

- ・流動の変化
- ・濁り
- ・水中音
- ・海底の直接改変（ケーブル敷設による）
- ・海域の動植物

- ・鳥類、貴重種（サンゴ、ウミガメ等）、海産哺乳類
- ・漁業への影響
- ・地域経済（船舶航路含む）

【事業規模や地域特性によって必要と考えられる項目】

- ・大気質
- ・騒音（陸上）、振動、低周波音
- ・波の変化
- ・重要な地形、土地の改変（陸上）
- ・廃棄物等（廃棄物、残土）
- ・人と自然との触れ合いの活動の場（景観、レクリエーションの影響）

(2) 欧州における考え方

本事業における現況調査計画の策定に際し、アクアテラ社から欧州の実績をもとにしたアドバイスを受けた。協議の結果、鳥類や航行船舶については項目を追加したが、水質、プランクトンについては「限定的な調査では意味がないので行う必要がない」、魚卵・稚仔魚や海藻草類については「必要であれば」、あるいは「重要な種の特定に役立つかもしれない」といった意見であり、行わなくても良いというスタンスであった。こうした背景から、環境影響評価についても水質やプランクトン等には言及しないのではないかと思われたが、生態系に関する項目は広く網羅されており、工事による濁りの発生等も生態系への影響として考慮されている。

欧州では、日本と比べて魚類や海産哺乳類、鳥類等の生態系への影響を重要視しており、水質や底質についてもその変動ではなく、最終的に生態系への影響の有無を考慮している印象である。生態系への影響は数値で表すのは困難であり、モニタリングやその評価についても専門の知識をもった技術者、研究者が必要とされる。今後は、潮流発電事業による生態系への影響に関する知見を集積するとともに、専門の技術者、研究者の育成が重要であると考えている。

また、欧州では事業の対象となる地域や地元漁業者との共生を大切にしており、漁業への影響や地域経済を環境影響評価項目の一つとして取り上げている。潮流発電に限らず、海洋再生エネルギーに関連する事業を行うことによって地域の活性化を促し、漁業との共生を図っていくことが、最終的な事業の成功につながるのではないかと考えている。

**(3) 陸上施設建設工事に係る環境影響評価項目**

陸上施設の建設工事に係る環境影響評価項目については、施設の規模、又は施設近隣での民家の存在、レクリエーション施設の存在等によって検討することとなる。評価項目としては次のものがあげられる。

- ・大気質
- ・騒音、振動、低周波音
- ・重要な地形、土地の改変
- ・廃棄物、残土
- ・レクリエーションへの影響

**(4) 海域工事（海底ケーブル敷設・潮流発電装置の設置）に係る環境影響評価項目**

海底ケーブル敷設工事、潮流発電機の設置工事に係る環境影響評価項目については、次のものがあげられる。

- ・水質の変化（濁り）
- ・水中騒音
- ・海底の直接改変
- ・植物（海域）
- ・動物（海域）
- ・鳥類
- ・地域経済
- ・レクリエーションへの影響

**(5) 潮流発電装置の稼働に係る環境影響評価項目**

潮流発電装置の稼働に係る環境影響評価項目については、次のものがあげられる。

- ・流動の変化
- ・波の変化
- ・水質の変化（濁り）
- ・水中騒音
- ・植物（海域）
- ・動物（海域）
- ・鳥類
- ・漁業への影響
- ・地域経済
- ・景観
- ・レクリエーションへの影響

### 3.2.3. 環境影響評価項目における評価手法

これまで述べてきた環境影響評価項目の多くは潮流発電事業における知見が不足しており、今後さらに情報が蓄積されることによって予測の精度が高まるものと期待される。

#### (1) 欧州での考え方

ここではアクアテラ社による環境影響評価のレポートより、①水中音、②魚類及び海産哺乳類、③漁業への影響について記載した。

##### ① 水中音

水中音については、稼働中の水中音について以下のようにコメントした上で、海外で行われた水中音のモニタリング情報が記載されている。

Despite the challenges associated with noise characterisation in the tidal energy industry studies by Robinson and Lepper (2013) and Harland (2013) concluded that it is unlikely that noise generated by operating tidal energy converters would have a significant impact on marine organisms. Thomsen et al (2015), suggest that despite operational sound levels being poorly understood, it is reasonable to assume that the sound output could be similar to that of medium sized vessels, thus causing relatively low concern.

Robinson と Lepper (2013) 及び Harland (2013) による潮流発電産業の騒音特性に関する課題という題にも関わらず、彼らの研究では、潮流発電機の運転によって発生する騒音は海洋生物に大きな影響を与えるとは考えられないと結論付けた。Thomsen ら (2015) は、操作上の騒音レベルは十分に理解されていないが、音の出力は中型船の騒音と類似していると推測し、引き起こされる懸念は比較的低いと考えている。

水中騒音モニタリングの情報に関して、欧米でどのような取り組みがこれまで行われてきたかを表 3.2-3 に示す。

表 3.2-3 潮流発電の設置と運用に関する水中騒音モニタリングの情報(1)

Organisation /Project 機関/事業	Country 国	Site サイト	Date 日付	Research Activity 研究活動	Measurement Results 測定結果
OpenHydro オープンハイドロ	Scotland スコットランド	EMEC Falls of Warness, Scotland EMEC潮流テストサイト	2010	Operational turbine noise survey using drifting ears ドリフトイヤヤー(専用に開発された機器。 漂流可能ハイドロフォン)を使用した操 作上騒音調査	Broadband Sound Power Levels (SPLs) received ranged from 116 to 127 dB re 1 $\mu$ Pa 広帯域受信レベルサウンドパワーレベル (SPL)は、116~127 dB re 1 $\mu$ Pa
OpenHydro (2x 6m device) オープンハイドロ(2x6m 型)	Canada カナダ	Admiralty Inlet, Puget Sound アドミラルティ湾ビュー ジェット湾	-	Operational noise measurements 操作上騒音調査	"Estimated maximum noise level" of 172 dB re 1 $\mu$ Pa 「推定最大ノイズレベル」 172 dB re 1 $\mu$ Pa
OpenHydro 16m diameter device オープンハイドロ直径 16m型	France フランス	Brittany ブルターニュ	2013, 2014	Operational noise measurements 操作上騒音調査	Overall SPL estimated at 152 dB re 1 $\mu$ Pa at 1 m 全SPLは1mで152dB re 1 $\mu$ Paと見積もられた。
EMEC イーメック 欧州海洋エネルギーセン ター	Scotland スコットランド	EMEC Falls of Warness EMEC潮流テストサイト	2008, 2011, 2012	Acoustic characterisation of Dynamic Positioning (DP) vessel; Ambient Noise; Noise surveys of cable installation with DP vessel ダイナミックポジショニング(DP)船の音 響特性; 周囲の騒音; DP船によるケーブ ル設置の騒音調査	-
Tidal Generation Limited (TGL) タイダルジェネレーション 株式会社	Scotland スコットランド	EMEC Falls of Warness EMEC潮流テストサイト	2012, /13	Operational turbine noise surveys as part of ReDAPt project ReDAPt プロジェクトの一部としての操作上騒音 調査	-

表 3.2-3 潮流発電の設置と運用に関する水中騒音モニタリングの情報(2)

Organisation /Project 機関/事業	Country 国	Site サイト	Date 日付	Research Activity 研究活動	Measurement Results 測定結果
Marine Current Turbines マリンカレントタービン (MCT)株式会社	England イングランド	Lynmouth リンマウス	2005	Baseline and operational noise measurements ベースライン及び操作上騒音調査	Broadband "effective radiated noise level" of 166 dB re 1 $\mu$ Pa referred to 1 m 広帯域「有効放射ノイズレベル」は1mを基準 とする166dB re 1 $\mu$ Pa
Marine Current Turbines マリンカレントタービン (MCT)株式会社	Northern Ireland 北アイルランド	Strangford Lough ストラングフォード湾	2008	Baseline and operational noise measurements ベースライン及び操作上騒音調査	Broadband received level of 141 dB re 1 $\mu$ Pa (SPL) at a range of 311 m. Broadband "effective radiated noise level" of 174 dB re 1 $\mu$ Pa referred to 1m 広帯域受信レベル、311 mの範囲で141 dB re 1 $\mu$ Pa(SPL)。広帯域「有効放射ノイズレ ベル」は1mを基準にして174dB re 1 $\mu$ Pa
Ocean Renewable Power Company (ORPC) オーシャンリニューアブル パワーカンパニー	USA アメリカ	Cobscook Bay, Maine メイン州 コブスコック湾	2013	Drifting Noise Measurement System (DNMS) using Reson hydrophone data Reson ハイドロホンデータをを用いた漂流騒音計 測システム(DNMS)	Broadband received level at range of 10 m: <100 dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> /Hz 広帯域受信レベル: 10mの範囲: <100dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> / Hz
Bay of Fundy Tidal Energy Converter (TEC) ファンディ湾潮流エネル ギーコンバーター	Canada カナダ	Bay of Fundy ファンディ湾	2009, 2012	Ambient noise. OpenHydro EMEC data used to estimate noise 周囲騒音調査。騒音を推定するために使 用されるOpenHydro社の EMECデータ が使用された。	-
RITE TEC Project, Verdant Power ヴェルダントパワー社 RITEプロジェクト	USA アメリカ	East River, New York イースト川 ニューヨーク 州	2011	Operational noise: three turbines 操作上騒音(三つのタービン)	145 dB received level measured at 1 m 1mで145dBの受信レベル
Akvaplan-niva AS アクヴァプラン株式会社	Norway ノルウェイ	Kvalsund クバルスン	2009	Characterisation of 300 kW Hammerfest Strom turbine ハンマーフェスト社300kW発電機の特徴 評価	Third octave SPLs received levels ranged from 130 to 150 dB re 1 $\mu$ Pa 3オクターブのSPL受信レベルは130~150 dB re 1 $\mu$ Pa

モニタリング結果についてのコメントは次のようなものであった。

All of the measured sound levels in Table 2 are below the National Marine Fisheries Service (NMFS) marine mammal weighted Sound Exposure Level (SEL) of 179 dB for Temporary Threshold Shift (TTS) and well below Permanent Threshold Shift (PTS) values for marine mammals (NMFS, 2016). Generally, the aforementioned examples of underwater noise from operational tidal turbines show that acoustic levels are lower than the noisier construction activities. However, it is pertinent to note that these levels are likely to occur for much longer than construction noise levels (potentially up to 20 years, which is the design life of turbines) and, as a result, in order to produce a robust analysis, it is necessary to consider how long an animal can remain in the vicinity beyond this threshold before TTS occurs, given its exposure time, rather than sound pressure level.

ここで測定された全ての音量は、アメリカ海洋大気庁海洋漁業局 (NMFS)が計測した海洋哺乳類加重騒音曝露レベル (SEL) の一過性聴覚閾値変化値 (TTS) の 179dB より下であり、海洋哺乳類の永続性聴覚閾値変化値 (PTS) を大きく下回っている。(NMFS, 2016) 一般的に、例にある運転中の潮流発電機からの水中騒音は、音響レベルが雑音の多い建設活動よりも低いことを示している。しかし、このレベルの騒音は建設騒音レベルよりも長い期間で発生する可能性があり (潜在的に最大20年、タービンの設計寿命)、その結果、堅牢な解析を行うためには、音圧レベルだけでなく、一過性聴覚閾値変化が生じる前の閾値で海洋生物がどのくらい長く騒音付近に留まる事が出来るかの暴露時間を考慮する必要がある。

上記より、これまでの調査ではタービンの発する音は、生物の組織を損傷するような重大な影響は見られないが、発電機が多数設置されるファーム化した場合の影響や、十数年におよぶ長い運転期間において累積的にどのような影響を及ぼすかについては分かっていない。

水中騒音の緩和措置及びモニタリングについての情報を表 3.2-4 に示す。

Options to limit underwater noise impacts from the construction and operation of tidal energy devices are limited. However, methods such as design refinement/ trial of the device and its blades to minimise cavitation and stress on the blades and increase operational efficiency. Methods are centred around the monitoring of noise from operational tidal turbines and the vessels used in their installation in order to gain an understanding of the potential noise levels from these activities. These measured noise levels can then be correlated with threshold values of relevant species to determine impact and need for adaptive management measures. However, it should be noted that it can be complex and costly to undertake this type of monitoring in high energy environments and that due to the anticipated low levels from operational turbines and the fact these are unlikely to cause injury to marine mammals, extensive noise monitoring campaigns have, so far, not been a priority.

潮流発電装置の建設及び運転からの水中騒音の影響を制限するオプションは限られているが、ブレードのキャビテーション及び応力を最小化し、操作効率を向上させるために、機器及びブレードの設計改良及び試行などの方法等が有る。緩和措置の方法は、潜在的な騒音レベルを理解するために、運転中の潮流発電機及びその設置に使用される船舶からの潜在的な騒音レベルを理解するための騒音のモニタリングが中心となっている。測定された騒音レベルは、関連する種の閾値への影響及び必要な順応管理措置の判断に関連させる事が出来る。しかし、高エネルギー環境でこのタイプのモニタリングを行うことは複雑でコストがかかる事が有る、運転中の潮流発電機から予想される騒音が低レベルである事と海洋哺乳類に傷害を引き起こす可能性が低いという事実により、騒音モニタリングについての推奨活動は、今までのところ優先事項ではない。

表 3.2-4 水中騒音のための緩和措置及びモニタリング例

Management Measure Category 管理措置 カテゴリ	Phase of Project 事業フェーズ	Receptor レセプター	Interaction 相互作用	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の考察
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine Mammals, Birds and Fish 海洋哺乳類、鳥類、魚類	The potential effects from underwater noise generated by wave and tidal energy converters. 波力及び潮流発電装置による水中騒音からの潜在影響	Measure noise generated by device(s) during operation to better understand the potential effects on sensitive species. 敏感な種への潜在影響について良く理解する為に運転中の装置から発生する騒音の測定	Measured noise levels can be correlated with threshold values of relevant species to determine impact and need for adaptive management measures. It can be complex and costly to undertake this type of monitoring in high energy environments. 測定された騒音レベルは、関連する種の閾値への影響及び必要な順応管理措置の判断に関連させられる。高エネルギー環境でこの種の監視を行う事は複雑でコストが掛かる。
Mitigation 緩和措置	Installation and Decommissioning 設置及び撤去	Marine Mammals, Birds and Fish 海洋哺乳類、鳥類、魚類	The potential effects from underwater noise generated during installation/ construction (excluding piling). 設置及び工事中に発生する水中騒音からの潜在影響。(パイルング(杭打ち)は除く)	Avoid/limit 'noisy works' within close proximity to sensitive sites i.e. known fish spawning and nursery grounds during sensitive periods, defining appropriate clearance distances where necessary. 敏感なサイト付近、つまり魚の産卵場所又は生育地など敏感な時期が有る事で知られている様な場所での騒々しい作業の回避又は制限。	This could reduce potential effects on sensitive species during sensitive periods, however could increase project construction timescales e.g. if continuous drilling time is restricted or specific periods need to be avoided. これは、敏感な期間中の敏感な種に対する潜在的な影響を減少させる事が出来るが、事業の工事期間を延ばす可能性がある。例：連続掘削時間制限の場合や特定の時期を避ける必要がある場合。

Other measures to mitigate potential impacts related to noise/disturbance from construction vessels involved in MRE activity are described in the SNH 'Scottish Marine Wildlife Watching Code (SNH, 2017)'. It advises that vessels manoeuvring around marine mammals and birds should: その他の措置として、海洋再生可能エネルギー開発の建設に関連する船の騒音及び妨害に関連する潜在的な影響を緩和する為の措置は、SNHのスコットランド海洋野生生物観察コード (Scottish Marine Wildlife Watching Code SNH, 2017)に記載されている。海洋哺乳類や鳥類の付近で操縦する船舶は、SNHより以下のことを勧告されている。

- avoid marine mammals/birds where possible;  
出来る限り海洋哺乳類及び鳥類がいる場所を避ける
- reduce speed to 6 knots if marine mammals/birds are within 300 m, unless emergency and speed a pre-requisite;  
緊急事態及び速度の前提条件で無い限り、海洋哺乳類/鳥類が300m以内の場所では速度を6ノットに減らす。
- avoid rapid changes of direction if marine mammals are within 300 m, providing it is safe to do so; and  
海洋哺乳類が300m以内に存在する場合、急激な方向転換は避ける
- avoid designated seal haul-outs and protected areas for birds.  
指定されたアザラン等の活動領域又は鳥類の為の保護地域を避ける

以上のことから、水中騒音についての環境負荷低減については、発電機の改良による水中騒音発生の抑制、解析方法も含めたモニタリング手法の確立が重要であると考えられる。ただし、現在の認識では稼働中の潮流発電機から発生する水中騒音は低レベルであり、モニタリングに関してはコストの問題もあり、優先事項ではないとコメントされている。

② 魚類及び海産哺乳類

魚類及び海産哺乳類に対する衝突リスク低減のための管理措置を表 3.2-5、衝突以外のリスク低減のための措置を表 3.2-6、魚類のみのその他の管理措置を表 3.2-7 に示す。

表 3.2-5 魚類及び海産哺乳類に対する衝突リスク低減の管理措置 (1)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリー	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Mitigation 緩和措置	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Reduce speed and maintain steady course when animal is sighted. 動物が見えたらとスピードを落とし、安定したコースを維持する。	Reduces potential effects and is a relatively low cost measure. 潜在的影響を低減し、比較的低コストの措置。
Mitigation 緩和措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Use smaller vessels for maintenance purposes. メンテナンスの目的のためには小型船を使用する	Reduces potential effects and is a relatively low cost measure. 潜在的影響を低減し、比較的低コストの措置。
Mitigation 緩和措置	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Adhere to minimum approach distances for vessels on approach (This will vary according to species and circumstances). 接近する船舶の接近距離を最小限にする(これは種や状況によって異なる)。	Reduces potential effects and is a relatively low cost measure. 潜在的影響を低減し、比較的低コストの措置。
Mitigation 緩和措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Implement a 'soft start'/cut in speed management approach during cut-in at sensitive sites, i.e. those where the potential for collisions is high. 衝突の可能性が高い敏感な場所では発電機のソフトスタート(ゆっくりと速度をあげていく)及びカットイン(ゆっくり電源を立上げていく)速度管理アプローチを実行する	Soft start - this could reduce risk by allowing marine mammals time to move away from the turbine and could be done at a relatively low cost. ソフトスタートは海洋哺乳類がタービンから離れる時間の猶予を与え、比較的低コストの措置である。 Cut in speed management - this could be used to reduce risk during periods of known higher activity in sensitive sites. カットイン速度管理は敏感な場所での既知のより高い活動の期間中のリスク低減に使用される It is still unclear whether these offer additional mitigation and to an extent a soft start happens naturally. Implementation of this measure could result in a loss of revenue for the developer. この方法が更なる緩和をもたらすかは不明である。ソフトスタートはある程度自然に実施される。この手段を実施すると、開発者の収益が低下する可能性が有る。
Mitigation 緩和措置	Operation & Maintenance. 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Install a 'detect and deter' system using a combination of active sonar and acoustic deterrent device (ADD). アクティブソナーと抑制デバイス(アコースティックディテレントデバイス(ADD))の組み合わせを使用して、「検出と抑止」システムを発電機にインストールする。	This could reduce likelihood of collision with moving blades although the efficacy of ADDs in these environments is unknown and habituation to ADDs is known to occur in other industries. Could enable a route through the consenting process. 動いているタービンとの衝突の可能性を低減する可能性がある。ただ、これらの環境でのADDの有効性は不明であり、ADDへの慣れが起こる事が他の産業で知られている。承認プロセスへの道筋を付けるには有効であると思われる。 This measure is expensive to implement and it is still unknown if deterrent systems will help reduce risk. There are also questions around the effects of ADDs on sensitive species. Their addition adds another noise impact which must also be considered in any project assessments. Would rely on well proven and reliable 'detect and deter' systems. この措置は実施するのに費用がかかり、音響抑制システムがリスクを軽減するのに役立つかどうかは不明である。敏感な種にADDが及ぼす影響に関する疑問もある。それらの追加は、事業評価においても考慮されなければならない別のノイズの影響を加える。この措置は実績のある信頼性の高い「検出と抑止」システムに頼る事になる。 Further research around ADDs which deter specific groups or species, is underway. This could be useful in deterring specific sensitive species or species groups, at a particular site. For example, University of St Andrews is developing an ADD which deter seals, but which don't affect cetaceans. 特定のグループまたは種を抑制するADDに関する更なる研究が進行中である。これは、特定の敏感な種または種群を特定の場所で抑止するのに有用であり得る。例えば、セントアンドリュース大学(スコットランド)は、あざらしを抑制するが鯨類に影響を与えないADDを開発している。

表 3.2-5 魚類及び海産哺乳類に対する衝突リスク低減の管理措置 (2)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリー	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Mitigation 緩和措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Selective structural and blade coatings i.e. colours to aid detection. 色などで探知を助ける選択的な構造及びブレードコーティング	It is possible that this will aid detection of subsea structures and help reduce risk, however this is unknown and unproved. It can be captured in early project design for a small one-off cost, however further research is needed as there is potential for an increased collision risk through 'attraction'. 海底にある構造物の検知を助け、リスクを軽減するのに役立つかもしれないが、これは未知であり、未証明である。小さな一回限りのコストで早期の事業設計で取り込むことができますが、「アトラクション」を通じて衝突リスクが増加する可能性もあるため、更なる研究が必要である。
Mitigation 緩和措置	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals 海洋哺乳類	Avoid transiting within 500m of known seal haul outs. アザランの活動地と認識されている場所500m以内の移動回避	Reduces potential effects and is a relatively low cost measure. 潜在的影響を低減し、比較的低コストの措置。
Mitigation, Monitoring 緩和措置 モニタリング措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals 海洋哺乳類	Install a 'detect and shut-down' system using active sonar and other appropriate monitoring equipment. アクティブソナーやその他の適切な監視装置を使用し、「検知とシャットダウン」システムを発電機にインストールする。	This could reduce/remove risk of collision with moving blades, particularly at high sensitivity locations. 動くブレードとの衝突のリスクを、特に高感度の場所で、低減/除去する事が出来る。 However, this could affect power production; is expensive to implement and does not help to reduce scientific uncertainty regarding the risk. Additionally, there is uncertainty around the impacts of sonar on the behaviour of sensitive marine mammal species. しかし、これは電力生産に影響する可能性がある。実施に費用がかかりリスクに関する科学的な不確実性を減らすのには役立たない。さらに、敏感な海洋哺乳類動物種の行動にソナーが及ぼす影響についての不確実性もある。
Mitigation, Monitoring 緩和措置 モニタリング措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Implement a 'soft start'/cut in speed management approach during cut-in at sensitive sites, i.e. those where the potential for collisions is high. 衝突の可能性が高い敏感な場所では発電機のソフトスタート(ゆっくりと速度をあげていく)及びカットイン(ゆっくり電源を立上げていく)速度管理アプローチを実行する	Soft start - this could reduce risk by allowing marine mammals time to move away from the turbine and could be done at a relatively low cost. ソフトスタートは海洋哺乳類がタービンから離れる時間の猶予を与え、比較的低コストの措置である。 Cut in speed management - this could be used to reduce risk during periods of known higher activity in sensitive sites. カットイン速度管理は敏感な場所での既知のより高い活動の期間中のリスク低減に使用される It is still unclear whether these offer additional mitigation and to an extent a soft start happens naturally. Implementation of this measure could result in a loss of revenue for the developer. この方法が更なる緩和をもたらすかは不明である。ソフトスタートはある程度自然に実施される。この手段を実施すると、開発者の収益が低下する可能性がある。
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance. 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Environmental monitoring to better understand near-field behaviour and avoidance. ニアフィールドでの行動と回避の理解の為の環境モニタリング	This will help reduce scientific uncertainty, however monitoring can be costly. 科学的な不確実性を減らすのに役立つが、モニタリングにはコストがかかる事が有る。
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals 海洋哺乳類	Install acoustic deterrent devices (ADDs). 抑制デバイス(ADD)のインストール	This could potentially reduce likelihood of collision with moving blades although the efficacy of ADDs in these environments is unknown. Constant deterring means habituation is likely. This is a simpler system than detect (efficiently) and deter, however would still be expensive to implement. It would also come with an additional noise impact which must also be considered in project assessments. これらの環境におけるADDの有効性は不明であるが、動くブレードとの衝突の可能性を潜在的に減少させる可能性がある。継続的な抑止は、習慣化する可能性がある。これは検知抑止よりシンプルなシステムだが(効果的)、実装するにはまだコストがかかる。また事業の評価で考慮しなければならない追加的な騒音の影響もある。
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance. 運転及びメンテナンス	Fish and Marine mammals 魚類及び海洋哺乳類	Environmental monitoring to detect collision events. 衝突事故探知の環境モニタリング	This will decrease the uncertainty of the potential impact of collision risk for marine mammals. It will also increase the understanding of avoidance behaviour, nature of interactions and outcome of collision events. However effective monitoring is expensive and requires a lot of data analysis. これにより、海洋哺乳類に対する衝突リスクの潜在的影響の不確実性が減少する。また回避行動、相互作用の性質および衝突事象の理解を高める。しかし、効果的な監視は高価であり、多くのデータ分析が必要である。

表 3.2-6 魚類及び海産哺乳類に対する衝突以外のリスク低減の管理措置 (1)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリ	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Interaction 相互作用	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Potential Impact: entanglement 潜在的影響: 絡み・罣れ					
Design feature 設計機能	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰐類、大型魚	Potential for marine animals to become entangled in device mooring lines and cables. 海洋動物が装置の係留線およびケーブルに巻き込まれる可能性がある。	Maintain taut mooring lines. 係留線の張りを維持する  Cable design with maximum bend radius. 最大曲げ半径でのケーブルデザイン	Removes/reduces risk of entanglement; however mooring design tends to be driven by technical and commercial consideration. 絡みのリスクの除去及び低減。しかし係留についてのデザインは技術的または商業的考察で行われる傾向がある。
				Fishing debris detected during routine inspections of mooring lines and cables will be removed. 係留線やケーブルの定期検査の際に検出された釣り屑等を取り除く。	Removes/reduces risk of entanglement and is a low cost measure, implemented as part of standard O&M procedures. 絡みのリスクの除去及び低減、低コスト措置。標準の運転及びメンテナンス手順の一部として行われた。
Design feature; Monitoring 設計機能 モニタリング	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰐類、大型魚	Potential for marine animals to become entangled in device mooring lines and cables. 海洋動物が装置の係留線およびケーブルに巻き込まれる可能性がある。	Routine inspections of mooring lines. 係留線の日課視察  Implement features into existing control systems to detect entanglement events. 既存の制御システムに機能を導入して、絡みを検出する。  Install tension sensors on mooring lines. テンションセンサーを係留線にインストールする。	Removes/reduces risk of entanglement and is a low cost monitoring capability. 絡みのリスクの除去及び低減、また低コストのモニタリング能力
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰐類、大型魚	Potential for marine animals to become entangled in lost fishing gear or other equipment trapped on infrastructure. 海洋哺乳類が失った漁具やその他の道具に絡まったり設備に閉じ込められる可能性。	Ensure standard notifications of loss of fishing gear in region notified to operators. オペレーターに通知される地域の漁具損失に対する通知標準を確実にする。 Reporting of entanglement events. 絡み事故の報告	Good practice for emergency preparedness. 緊急時対応の為の良い慣行となる。
Mitigation 緩和措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰐類、大型魚	Potential for marine animals to become entangled in lost fishing gear or other equipment trapped on infrastructure. 海洋哺乳類が失った漁具やその他の道具に絡まったり設備に閉じ込められる可能性。	Fisheries management: Agreement with fishermen not to fish near to the device, warning of the dangers of losing equipment. 漁業管理: 機器近くでの漁をしないという漁師との合意、道具を喪失する危険性の警告	Reduces potential for entanglement of fishing gear in mooring lines and thus potential for entanglement of marine animals. 係留線に漁具が絡む可能性の低減、それにより海洋動物が絡む可能性の低減
Potential Impact: changes in water flow 潜在的影響: 水流の変化					
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰐類、大型魚	Modifications to prey distribution and abundance resulting in changes to foraging behaviour. 餌の分布と豊富さを改変して餌食行動に変化をもたらし争の修正。	Observational surveys (including remote sensing) of bird and marine mammals (prey availability linked to benthic community). 鳥類及び海洋哺乳類の観察調査(リモートセンシングを含む)(底生生物群集に運動した獲物の存在状況)。	Would result in a reduction of scientific uncertainty around the interaction, however determining impacts against natural variability may be difficult and monitoring may be expensive. 相互作用に関する科学的不確実性の減少をもたらし、自然変動に対する影響を決定することは困難であり、監視は高価になる可能性がある。

表 3.2-6 魚類及び海産哺乳類に対する衝突以外のリスク低減の管理措置 (2)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリ	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Interaction 相互作用	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Potential Impact: contamination 潜在的影響: 汚染					
Design feature 設計機能	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for accidental or unplanned events which could lead to contamination of the marine environment. 海洋環境の汚染につながる可能性のある、偶発的または計画外の事象の可能性。	Physical Containment systems including bulk heads, closed circuit systems, pressure relief systems. 閉回路システム、圧力リリーフシステム、隔壁を含む物理的に封じ込めるシステム	Reduces risk of contamination escaping from structure. 構造物から逃げ出る汚染のリスクを低減する。
Design feature 設計機能	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for accidental or unplanned events which could lead to contamination of the marine environment. 海洋環境の汚染につながる可能性のある、偶発的または計画外の事象の可能性。	Material selection - lubricants, coolants, hydraulic fluids etc. selected with low ecotoxicity levels and biodegradable. 材料の選択 - 低生態毒性レベルで生分解性の潤滑剤、冷却剤、作動油などを選択する。	Reduces/removes risk of contamination from materials which may have escaped structure. However, use of lower toxicity may compromise performance, or impact other technical issues (e.g. fluid changes). 構造物を逃げ出る可能性のある物質から汚染のリスクを軽減/除去する。しかし、より低毒性の使用は、性能が低くなるか、他の技術的問題 (例えば流体の変化) に影響を与える可能性がある。
Mitigation 緩和措置	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for accidental or unplanned events which could lead to contamination of the marine environment. 海洋環境の汚染につながる可能性のある、偶発的または計画外の事象の可能性。	Where rock placement is used, ensure clean rock is used. 重石を使用する際は、重石が清潔である事を確認する	Reduces/removes risk of contamination from materials. 使用材料からの汚染の低減及び除去
Mitigation, Compliance 緩和措置 法令遵守	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for accidental or unplanned events which could lead to contamination of the marine environment. 海洋環境の汚染につながる可能性のある、偶発的または計画外の事象の可能性。	Establish and implement a Contamination Control Plan / Ship Oil Contamination Emergency Plans (SOPEPs). 汚染コントロール計画及び船舶油汚染緊急時計画 (SOPEPs) の確立及び実施 Compliance with International Maritime Organisation (IMO) and Coastguard Agency (or equivalent) codes for the prevention of contamination. 国際海事機関 (IMO) 及び海上保安庁 (または同等の規定) による法令遵守	Reduces risk of any contamination event, ensures that contingency plans are in place and demonstrates compliance with environmental management systems. 汚染事象のリスクを軽減し、緊急時対応計画が確実に実施され、環境管理システムへの準拠を実証する。
Potential Impact: introduction of marine non-native species (MNNS) 潜在的影響: 海洋非自生種の導入					
Design feature 設計機能	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for introduction of MNNS which can have an adverse impact on the native species at the site. サイトの自生種に悪影響を及ぼす可能性のある非自生種の導入の可能性。	Adhere to appropriate measures when jettisoning ballast water. バラスト水を噴出する際は適切な処置を講ずる事  Source vessels locally. 地元の船舶の調達	Reduce/remove risk of transfer of non-native species. 非自生種の移動リスクの低減及び除去
Monitoring モニタリング	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for introduction of MNNS which can have an adverse impact on the native species at the site. サイトの自生種に悪影響を及ぼす可能性のある非自生種の導入の可能性。	Monitoring and reporting of MNNS. 非自生種のモニタリング及び報告	Increases understanding of impact and allows for further measures to be introduced to control the introduction of the non-native marine species. 影響の理解を深め、海洋非自生種の移住を管理するための更なる措置を導入することを可能にする。
Mitigation 緩和措置	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for introduction of MNNS which can have an adverse impact on the native species at the site. サイトの自生種に悪影響を及ぼす可能性のある非自生種の導入の可能性。	Establish and implement a Biofouling Management Plan which includes details of antifouling paints used, biofouling inspections, removal of biofouling, waste management 使用される防汚塗料の詳細、生物付着点検、生物付着除去、廃棄物管理を含む生物付着管理計画を確立し、実施する。	Reduce/remove risk of transfer of non-native species. 非自生種の移動リスクの低減及び除去
Compliance 法令遵守	Installation, Operation & Maintenance, Decommissioning 設置、運転、メンテナンス、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential for introduction of MNNS which can have an adverse impact on the native species at the site. サイトの自生種に悪影響を及ぼす可能性のある非自生種の導入の可能性。	Compliance with all relevant guidance (including IMO guidelines or equivalent) regarding ballast water management and transfer of non-native species. バラスト水の管理および非自生種の移転に関する全てのガイダンス (IMOガイドラインまたはそれに相当するものを含む) に従うこと。	Reduces/removes risk of transfer and settlement of non-native species. 非自生種の移動及び定着リスクの低減及び除去
Potential Impact: changes in sediment dynamics 潜在的影響: 堆積物の動きの変化					
Mitigation 緩和措置	Installation, Decommissioning 設置、事業撤廃時	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Reduced visibility impacting prey detection and obstruction avoidance. Sediment disturbance disrupting water clarity that results in smothering of fish spawning grounds. 獲物の探知と障害の回避に影響する可視性の低下。魚の産卵場所を汚してしまう水の透明性を乱す堆積物の乱れ。	Best practice methodologies to reduce resuspension of sediment during cable burial or device foundation / mooring installation. ケーブル埋設時または装置設置/係留時の堆積物の再浮遊を減らすためのベストプラクティクス方法論。	Reduces/removes risk of changes to sediment dynamics. 堆積物の動きの変化のリスクを低減/除去する。

表 3.2-6 魚類及び海産哺乳類に対する衝突以外のリスク低減の管理措置 (3)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリ	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Interaction 相互作用	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Potential Impact: habitat creation 潜在的影響: 生息地創出					
Monitoring モニタリング	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	The introduction of infrastructure and artificial substrates will provide habitat and artificial refuges. インフラ(構造物)と人工基盤の導入は、生息地と人工の避難所を提供する。	Monitor near-field behaviours. ニアフィールド行動の監視	Informs understanding of potential positive impacts from colonisation and use of the project infrastructure which could benefit future project applications; however there is a cost implication associated with monitoring. 漁獲効果や将来の事業に応用できるインフラなどによるプラスの影響の可能性を示す。しかしモニタリングに関連する費用が発生する。
Potential Impact: entrapment 潜在的影響: 捕捉					
Mitigation 緩和措置	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Marine mammals, elasmobranchs, large Fish 海洋哺乳類、板鰓類、大型魚	Potential risk of entrapment within device chambers and mooring arrays. 装置および係留アレイ内に閉じこめられる可能性。	Release entrapped animal. 捕捉された動物の解放	Animal may be deceased before it is able to be released. 解放前に動物が死亡する可能性有り

表 3.2-7 魚類に対するその他のリスク低減のための管理措置(1)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリ	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Interaction 相互作用	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Potential Impact: entanglement 潜在的影響: 絡み・罣れ					
Design feature 設計機能	Installation, Decommissioning 設置、事業撤廃時	Demersal fish 底魚	Direct loss of protected or sensitive sub-littoral seabed communities due to the presence of devices associated moorings or support structures on the seabed. 海底の係留係留構造物または補助構造物の存在に起因する保護されたまたは敏感な亜沿岸海底地帯コミュニティの直接的な喪失。	Micrositing of offshore infrastructure to avoid sensitive habitats. 敏感な生息地を避ける為の洋上インフラのマイクロサイティング  Minimise footprint of anchors / foundations. アンカー及び基礎部分の占有面積の最小化  Cable protection management measures to ensure that any rock placement that is required will be kept to a minimum to reduce seabed disturbance. 海底妨害を最小限にした重石配置を要件にしたケーブル保護管理措置	This could reduce/remove effects on sensitive habitats and is a relatively low cost measure. 敏感な生息環境への影響を低減及び除去する事ができ、比較的lowコストの手段である。  This could reduce effects on sensitive habitats. 敏感な生息地への影響を低減できる。
Mitigation 緩和措置	Installation, Decommissioning 設置、事業撤廃時	Demersal fish 底魚	Direct loss of protected or sensitive sub-littoral seabed communities due to the presence of devices and associated moorings or support structures on the seabed. 海底の係留係留構造物または補助構造物の存在に起因する保護されたまたは敏感な亜沿岸海底地帯コミュニティの直接的な喪失。	Cable protection materials are locally sourced and of the same type as the habitat to be disturbed by cable installation. ケーブル保護の素材は現地調達する。ケーブル敷設時に妨害を受ける生息地と同じタイプの物。	Minimise impact on biodiversity/ ecosystem. 生物多様性/生態系への影響を最小限に抑える

表 3.2-7 魚類に対するその他のリスク低減のための管理措置 (2)

Management Measure Category 管理措置 カテゴリ	Phase of Project 事業フェーズ (段階)	Receptor レセプター	Interaction 相互作用	Specific Management Measures 具体的な管理措置	Implications of Measure 措置の意味
Potential Impact: electromagnetic fields (EMF) and thermal pressure 潜在的影響:電磁場及び熱圧力					
Design feature 設計機能	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Fish 魚	Impacts of electromagnetic fields from subsea cables on sensitive species. 敏感種に対する海底ケーブルからの電磁場の影響。	Micrositing to avoid sensitive habitats & minimise footprint. 占有地の最小化及び敏感な生息地を避けるマイクロサイティング	This could reduce/remove effects on sensitive habitats and is a relatively low cost measure. 敏感な生息環境への影響を低減/除去する事ができ、比較的lowコストの手段である。
				Limit cable voltage. ケーブル電圧制限	
				Lay cables in natural crevices. 自然に出来た海底の割れ目等にケーブルを敷設する	
				Maximise length of any drilled boreholes. 掘削ボーリング孔の長さを最大にする	
				Install cable protection/ armour/ rock placement/ other cable protection. ケーブル保護の設置(ケーブルアーマー、重石、その他)	
Use of 3-phase cables instead of DC cables. DCケーブルの代わりに3Dケーブルを使用する	Reduce the level of EMF to surrounding water column and therefore any potential effects. 周囲の水柱へのEMFのレベルを減し、潜在的な影響を軽減する。 Potential commercial and technical feasibility issues some disagreement as to efficacy of this measure. Additionally, the cables used will largely depend upon the project requirements. 潜在的な商業的および技術的フィジビリティの問題が、この措置の有効性に関しての意見に幾つかの不一致を生じさせる。更に使用されるケーブルは事業要件に大きく依存する。				
Bundle cables together to reduce field vectors. ケーブルを束ねてフィールドベクトルを減らす	Reduce the level of EMF to surrounding water column and therefore any potential effects. 周囲の水柱へのEMFのレベルを減し、潜在的な影響を軽減する。 Could result in there being less redundancy in the system and potential commercial and technical feasibility issues. システムに冗長性が少なく、潜在的な商業的および技術的フィジビリティの問題が生じる可能性がある				
Bury or HDD cables where possible and viable. 可能な限り埋設またはHDDケーブル	Reduces the level of EMF to surrounding water column and therefore any potential effects. 周囲の水柱へのEMFのレベルを減し、潜在的な影響を軽減する。 Reduces 'snagging risk' for vessels. 船舶の絡みつくリスク低減 Potential for adverse impacts on surrounding benthic habitats and sensitive species, e.g. from smothering. 例えば窒息などにより周辺の底生生物や敏感種に悪影響を与える可能性がある。 This measure forms part of normal project design. この措置は、通常の事業設計の一部として形成される。				
Potential Impact: lighting 潜在的影響: 照明					
Design feature 設計機能	Operation & Maintenance 運転及びメンテナンス	Fish 魚	Potential for lighting to adversely affect nocturnal and migratory species. 照明が夜行性および移動する種に悪影響を与える可能性がある。	Consider type, colour and use of lighting during design and consultation with navigational stakeholders. 設計時に使用する照明及び色等を検討し、航行利害関係者と協議する	A targeted lighting plan may have the potential to reduce impacts on sensitive species but navigational safety takes precedence. 目標とされた照明計画は、敏感な生物種への影響を減らす可能性があるが、航行安全が優先される

注目すべき点は、潜在的影響として「水流の変化」、「汚染」、バラスト水による「非自生種の混入」、さらには海底ケーブルにより電磁場の影響等、非常に多くのものを取り上げられていることである。潮流発電機への衝突リスクについて、レポートでは、これまでに魚類及び海産哺乳類が衝突した記録はないとされている。ただし、現在設置されている潮流発電機の数はまだ少ないことから、衝突に対する影響の可能性と重大さについては不確実性が残る。

また、発電機が多数設置されアレイ化した際に、魚が寄り付くのか、又はそのエリアから遠ざかる方向に働くのかといった行動学的な知見はほとんど蓄積されておらず、モニタリング手法の開発とデータの蓄積が必要である。

### ③ 漁業への影響

漁業への影響については、次のようなものがあげられている。

The type of impacts that may be relevant to consider for commercial fisheries may include those during construction, operational and decommissioning phases, such as:

商業漁業のために考慮すべき影響のタイプには、下記の様な建設、運転、廃止の各事業フェーズごとの物を含む。

- ・ loss of access to fishing grounds;  
魚場へのアクセスの喪失
- ・ obstruction of fishing vessel transit routes;  
漁船輸送ルートへの妨害
- ・ displacement to other fishing grounds (leading to increased pressure on resources and potential conflict with other fishers or sea users);  
他の漁場への移動を余儀なくされる（漁業資源への圧力の高まりや、他の漁師や海上ユーザーとの衝突の可能性）
- ・ damage to or loss of fishing gear; and  
漁具の損傷又は喪失
- ・ changes in abundance and distribution of target species.  
標的種の豊富さと分布の変化

漁業への影響を低減するための管理措置を表 3.2-8 に示す。

表 3.2-8 漁業への影響を低減するための管理措置(1)

Measure 措置	Detail 詳細
<p>Appointment of a Fisheries Liaison Officer (FLO)                      漁業調整担当者(FLO)の任命                      ※名称は英語名の直訳の為、役職名はこれに限らない</p>	<p>A dedicated company fisheries liaison officer may be appointed by the developer for the planning and duration of installation activities and any operational maintenance activities. This person will be the key point of contact between the fishing community and the developer. The liaison officer should be a person known to the industry, with existing contacts within the fishing industry. The fishing industry may be encouraged to appoint its own Fisheries Industry Representative (FIR) to communicate with the company FLO. The FLO will ensure that all fisheries sectors operating in the area are aware of planned and ongoing construction activities to reduce potential periods of disruption or allow affected fisheries to plan fishing activity elsewhere or at different times. The FLO will also inform the developer of the nature of fishing activity in the area. In addition, the FLO will also ensure any concerns raised by fisheries are brought to the developer and addressed as soon as possible and is a key facilitator negotiating suitable mitigation measures for the project. A key outcome of this direct liaison will be to ensure safety during construction.</p> <p>FLOは、漁業界と開発者との接触の重要な役割を果たす事になる。FLOは漁業界の既存の連絡先を持つと共に、業界でよく知られた人物でなければならない。漁業者側は漁業界の代表者として(以下FIR)を任命し、FLOとコミュニケーションを図る様、推奨される事がある。FLOは、潜在的な妨害期間の低減の為又は影響を受ける漁業者が他の場所で漁活動をする事又は違う時間帯に漁活動を行う事を許可する為に、その地域で活動する全ての漁業部署(漁業者)が、計画中または実行中の建設活動について認識している事を確認する必要がある。また、FLOは開発者にその地域の漁業活動の性質を知らせ、さらに漁業者によって提起された懸念事項を開発者側に届け、事業の為に出来るだけ早い対応と適切な緩和措置の交渉を促す重要な人物となる。この直接的な連携の主な成果は、建設中の安全の確保に繋がる。</p>
<p>Fisheries Management Plan (FMP)                      漁業管理計画(FMP)</p>	<p>An overarching FMP may include objectives to minimise disruption during construction and operation, specific requirements for promulgation of project information and scheduled activities to fishing community via fisheries communication platforms.</p> <p>包括的な漁業管理計画(以下FMP)には、建設及び運転中の混乱を最小限にする為の目標、プロジェクト情報の公表や漁業界情報を発信する漁業コミュニケーションプラットフォームを介した漁業コミュニティへの予定された活動の公表などの具体的な要件が含まれる事がある。</p>
<p>Vessel Management Plan (VMP)                      船舶管理計画(VMP)</p>	<p>May include measures for construction and operations vessels to avoid significant disturbance of fishing vessels in transit to other fishing grounds or when undergoing fishing by following avoidance protocols and establishing project vessel routes.</p> <p>船舶管理計画には、魚場間を移動する漁船又は漁活動中の船への著しい妨害を回避する為に、回避手順に従った事業建設及び運転に関する船舶の為の措置及び事業船の為の航路を確立する事などが含まれる。</p>
<p>Construction Safety Zone                      建設安全ゾーン</p>	<p>To protect fishing vessels from construction activity a safe parameter may be established around any works and publicised to fisheries organisations and via shipping communications. A temporary safety zone may be required and would need to be agreed with maritime agencies and applied for to the appropriate authorities. A safety zone in the region of 500 metres around construction activities may be applicable. This zone should be communicated via fisheries communication platforms and broadcasts well in advance of construction activities.</p> <p>漁船を建設活動から守るために、安全要素をあらゆる作業の廻りに確立し、漁業組織や船舶通信を通じて公表する事が可能である。一時的な安全地帯が必要となる可能性がある為、海事機関と確認し、適切な管理当局に申請する必要があるかもしれない。建設活動の周辺500メートルの地域にある安全ゾーンが適切と思われる。安全ゾーンは、漁業者のコミュニケーション基盤等を通じて公表され、建設活動に先立ち広く案内されるべきである。</p>
<p>Operational Safety Zone                      運転時安全ゾーン</p>	<p>To protect fishing vessels and their gear from snagging/entanglement on subsea structures. An operational safety zone may be required around renewable energy generation structures under the country's energy legislation and would need to be applied for to the appropriate authorities. A safety zone in the region of 50-500 metres may be applicable, however this relates to offshore wind and best practice for tidal energy is yet to be defined. However it should be noted that this may only be granted where a clear risk to safety has been demonstrated. This should be communicated via fisheries communication platforms and broadcasts and may be included in navigational charts.</p> <p>海底の構造物との縫れや絡み合いから漁船及び漁具を守る為の措置。国のエネルギー規制の下、海洋再生可能エネルギー構造物の周囲に安全作業ゾーンの設置が要件とされ、適切な規制当局への申請が必要となるであろう。(英国、EUでは規制あり)安全地帯は50から500mの範囲が適切と思われるが、これは洋上風力事業に関連する物であり、潮流発電事業のベストプラクティスは未だ定義されていない。しかし、これは、安全に対する明確なリスクが実証されている場合にのみ認められることに留意すべきである。安全ゾーンについては、漁業者のコミュニケーション基盤等を通じて広く伝達されるべきであり、航行図(海図)に含める事ができる。</p>

表 3.2-8 漁業への影響を低減するための管理措置(2)

Measure 措置	Detail 詳細
Navigational aids 航法援助	To direct fishing vessels from potential hazards around the project area during fishing activity. 漁業活動中に事業地域周辺の潜在的危険区域から漁船を導き出す事。
Fisheries navigational charts 漁業航行図	Update of charts with project boundaries to inform vessels of navigational risks. 各船舶に航行上のリスクを通知する為の事業境界線図の更新。
Cable Laying Strategy and Method Statement ケーブル敷設策と方法についての声明	May include measures on timing of installation to avoid important fishing season, micro-siting to avoid high value fishing grounds or known spawning/juvenile grounds during sensitive periods, cable protection measures that enable certain gear types to continue fishing the area i.e. those operating along the seabed (to avoid snagging or exclusion from the area as a result of the risk of snagging). 重要な漁期を避ける為の設置時期に関する対策や、高付加価値の漁場や敏感な時期の産卵・稚魚の領域を避ける為のマイクロサイティングの実施、そのエリアでの漁を継続する為に具体的な漁具タイプの漁獲を可能にするケーブル保護対策つまり海底に沈んだ(固定された)状態である事。(絡みや縫れ回避又は絡みのリスクの為にその地域からの排除を避ける為)
Cable Protection Monitoring ケーブル保護及びモニタリング	Operational performance and safety inspections of the export cable will ensure that the cable remains buried, any protection material remains in place and that the cable is not vulnerable to snagging or damage from fishing gear or anchors and that no debris hazardous to fishing activity is present. エクスポートケーブルの動作性能及び安全性検査により、ケーブルが埋設された状態、保護材が所定の位置に有る状態、ケーブルが漁具またはアンカーによる絡みまたは傷害に対して脆弱でない事及び漁業活動に危険な破片・瓦礫等が存在しない事を確認する。
Fishing vessel participation 漁船の参加	Opportunities may be identified for the use of fishing vessels that have been disrupted or displaced as a result of construction activities and/or operational footprint of the development to support activities such as baseline and pre-construction surveys, construction and operation maintenance support or use as 'guard vessels'. However, these vessels must adhere to high safety and operational standards required by the offshore renewables industry and may require additional vessel improvements, vessel crew training and specific guidance to meet standards. 建設活動及び建設の結果としての漁活動の妨害又は魚場移動させられた漁船の使用機会は、開発事業の操業占有面積における支援活動例えばベースライン調査、建設前調査、建設、運転、メンテナンス支援または守衛船などの機会が識別されるかもしれない。しかし、これらの船舶活動は、洋上再生可能エネルギー業界が要求する高い安全性と運用基準を遵守しなければならず、追加の船舶改善、船員の訓練、基準達成のための具体的なガイダンスが必要となる。
Compensation and claims (non-mitigation measure) 報酬と請求(非緩和措置)	If co-existence is not possible, mitigation for disruption and displacement of fishing activity should be considered as a priority and compensation should only be applied as a last resort when there are significant residual impacts that cannot otherwise be mitigated. This may be calculated based on accurate evidence of previous multiple years of catch records <sup>3</sup> . Developers are unlikely to have sufficient budget to commit to any substantial or long term compensation payments and mitigation is likely to be the most effective option. It is not a practice that tends to be used in tidal energy deployments. もし共存が不可能な場合には、最優先事項として漁業への妨害及び魚場移動の必要性に対する緩和措置を考慮し、どうしても緩和できない程の重大な残存影響が有る場合の最終的選択として賠償を適用すべきである。賠償額は過去数年間の漁獲の記録の正確な証拠に基づいて計算することができる。開発者が、実質的または長期的な賠償支払いを約束するのに十分な予算を得る事は考え難く、他の緩和措置が最も効果的な選択肢になり得る。この策は海洋再生可能エネルギー開発が使用しようとするプラクティスでは無い。

欧州では、漁業への影響を低減する措置として漁業調整担当者(以下、FLO という。)の任命が行われる場合がある。FLO は地元の漁業に詳しい方が適任であり、事業者側の計画から地元漁業への影響を指摘できるような知識が必要である。日本では地元の漁業協同組合が窓口となることが多く、必要があれば FLO の導入は容易に行うことが可能であると考えられる。

また、地元の航行者の安全を守るために、適切な操業禁止エリアを設定するなどの

取組が必要となるが、海上利用の頻度や、周辺で行う漁法は地域及び場所によってさまざまであることから、上述の FLO や、地域の漁業関係者との十分な協議のうえで行われるべきである。

## (2) 環境影響評価項目における評価手法

環境影響評価においては、環境の状態の変化等を定量的に予測する定量的手法と、定性的に予測する定性的手法の2つの評価手法が用いられている。

潮流発電事業における重要な評価項目である流動の変化については、数値シミュレーションを用いた定量的手法によってその評価を行うことができる。流動に関する数値シミュレーションは、コンピュータの性能向上や様々なモデルが提案されており、その精度も次第に向上している。潮流発電事業では発電機を海中に設置することが多いことから、2次元単層ではなく、できれば3次元で計算可能なモデルによる検証が望まれる。

流動の変化の他、定量的手法によって評価できる項目については大気質や陸上の騒音、振動等があり、これまでも多くの環境アセスメントで用いられている。こうした定量的手法による評価では、結果として得られた数値をある基準と照らしあわせて影響を予測することが多い。ただし、こうして得られた結果は、一定の条件の元で統計的に成り立つものであり、様々な要因によって現実とは異なる可能性があること、不確実性があることには注意が必要である。

一方、定量的手法では評価が困難な項目については、定性的手法を用いることとなる。潮流発電事業においては、生態系に係る多くの生物への影響、また現状ではモデル化が困難な水中音等の項目については定性的手法が用いられる。定性的手法では、一般的な経験則や知見、専門家や学識経験者の知見、類似の事例における観察結果等から、影響の程度を定性的に評価することとなる。現在、国内における潮流発電事業に関する知見は乏しく、定性的手法による影響評価に対する信頼度は十分ではないと考えられる。今後、類似事例の収集、整理、分析が進むことにより、信頼度の向上が図られるものと考えられる。

### 3.2.4. 今後の課題

今年度の業務では、環境影響評価において検討すべき項目を、海外の事例や国内の洋上風力発電の等の事例を参考にリスト化し、影響を評価すべき項目の洗い出しを行った。

潮流発電における環境影響評価では、欧米においてはタービンへの衝突や、騒音が直接的に生物へ重大な損傷をもたらす例は報告されておらず、全体としてはタービンや海底ケーブルが重大な環境へのインパクトをもたらすとは考えられていない。しかし、今後タービンの数が増えファーム化した場合や、数十年という長期にわたって事業が行われる場合の累積的影響については不明な部分が多く、今後モニタリング手法の開発とデータの蓄積が求められている。

つまり、国内はもとより、海外においても潮流発電に係る環境影響評価手法、モニタリングの手法は確立されておらず、今後の手法の確立とデータの蓄積が必要である。本年度は、環境影響評価として何を評価すべきなのかという点をできる限り網羅的に調査を行い、取りまとめを行った。

潮流発電事業における今後の課題の一つとして、累積的影響の取扱いがあげられる。累積的影響とは、複数の事業が積み重なることにより、環境への影響が空間的、時間的に累積されていくことである。将来、複数の潮流発電機を同じ海域に設置するアレイシステムが検討される際には、累積的影響の取扱いが非常に重要となる。そのため、今後の潮流発電事業において有効なモニタリング計画が策定される必要がある。また、定性的な手法による評価の信頼度を高めるために、現況調査及びモニタリングの方法を統一することも考慮されるべき課題である。特に知見が不足すると考えられる水中音の特性については、観測機器の仕様や観測方法、データの整理解析に係る方法等を統一し、環境影響評価に使用できるモデルを構築することによって、定量的な手法による評価が行えるようになることが期待される。

欧州における事例として、環境への最悪な影響として「ワーストケース」に言及している。例えば、潮流発電機に充填、使用された潤滑油や冷却材等が漏出し、水質、底質を汚染することによって生態系に影響を与える場合等である。このような最悪なリスクを低減するため、「デザインエンベロップ」という手法が用いられる。アクアテラ社のレポートより、「デザインエンベロップ」に係る部分を次に示す。

#### **Design envelope considerations** デザインエンベロープについての検討

The Design envelope is an approach taken if the final design of the project has not been finalized and there are a range of designs being assessed as part of the environmental impact assessment. This approach allows the developer to have flexibility for determination of design or technology within the envelope during the EIA process. This allows the environmental impact assessment to be conducted for the 'worst case' design scenario for each receptor. This means that the assessment will be relevant for any design that is completed within the design envelope.

デザインエンベロープとは、環境アセスメントの一部として評価される事業の設計範囲の最終設計が決定していない場合に使用されるアプローチです。このアプローチにより開発者は環境アセスメント過程中に、エンベロープ（包絡）の範囲の中で技術や設計の決定に対しての柔軟性も持つ事が許されます。このアプローチでは、各レセプターへの環境影響評価が想定した『ワーストシナリオ』を基に実施される事を可能にします。つまり、デザインエンベロープの範囲内で、関連する全ての事業設計は評価された事を意味します。

潮流発電事業では潮流発電機やデバイス等の設計や仕様に係るもの、あるいは事業予定地の選定等、事業の初期段階で多くの計画や設計等が行われる。こうした段階で「ワーストケース」を検討しておくことで、潮流発電機の変更等の見直しが行われる際に、「デザインエンベロープ」の範囲内であれば環境負荷の低減措置を行っていることとなり、環境影響負荷の低減に向けた取り組みとして有効な手法ではないかと考えられる。

### 3.3. 生物付着調査

#### 3.3.1. 調査概要

海洋エネルギー産業における大きな懸念事項として水中の構造物への生物付着と腐食が挙げられる。この2つの現象は潮流タービンの性能と耐久性に多大な影響を与える。生物付着は摩擦抵抗を上げ、表面が荒くなることによりタービン翼の効率を下げ、結果的にエネルギー発電量を下げている。さらには保護塗料のダメージ、高精度箇所がむき出しになり腐食や変色、伝導率の変性などが懸念される。これらの現象の特徴を把握することは、欧米の実証サイトに比べて海水温度の高い五島列島においては特に重要である。第1テスト期間（6月～9月）が行われた夏の数か月に着目したところ、五島区域の平均最高気温は他のオープンハイドロ社のタービンが実証されているカナダ及びフランスと比べて約10℃高かった。

これらの理由から、違う材質や塗料への生物付着と腐食についての実験を奈留瀬戸にて2017年6月から行っている。この実験にはそれぞれ違う塗料のパネルを18から22個取り付けたフレームを6個海底に設置し経過を検査するものである。フレームは6ヶ月毎に回収し2017年9月より3年間にわたり評価する。フレームは3ヶ月毎に海底にて写真撮影を行う。

表 3.3-1 調査工程

2017年			2018年				2019年			
6月	9月	3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月
6基 設置	回収 ※	写真 回収 ※	写真	写真 回収 ※	写真	写真 回収 ※	写真	写真 回収 ※	写真	写真 回収 ※

※回収は、一度に一基ずつ行う。

### 3.3.2. 調査場所

フレームの設置場所は二つの基準、水深と潮流速度によって決定した。設置条件としては以下が挙げられる。

- ・水深はなるべくタービン設置と同じ光条件にするために 20m程の深さが望ましい。
- ・潮流速度については、潮流の流れの向きはフレームに対して平行であり、それぞれのパネル表面の均一の劣化を図るには引き潮と上げ潮が必要である。
- ・潮流速度に関しては、海底との距離が近いため、タービン設置位置と同一条件は望めないが、比較的速い潮流が望ましい。

これらの設置条件と、2016年11月から12月にかけてタービン設置予定場所に設置された ADCP から得たデータ結果に基づいた数値モデルを踏まえて、タービン設置サイトと篝火岬の間にあるエリアを選定した。シミュレーション結果によると選定したエリアの主な流れの方向は、上げ潮時に西方向に  $52^\circ$ 、引き潮時に東方向に  $8^\circ$  偏位する。フレーム設置は N-S 軸に対して  $30^\circ$  の角度で、平均方向で設置することとした。



図 3.3-1 生物付着フレームの設置場所

### 3.3.3. フレームとテストパネル

各パネル（200mm×150mm）は防汚と錆止め塗装され犠牲防食された 65kg の金属製フレームに取り付けられ、そのフレームは 1,850 kg のコンクリート基盤に固定された。

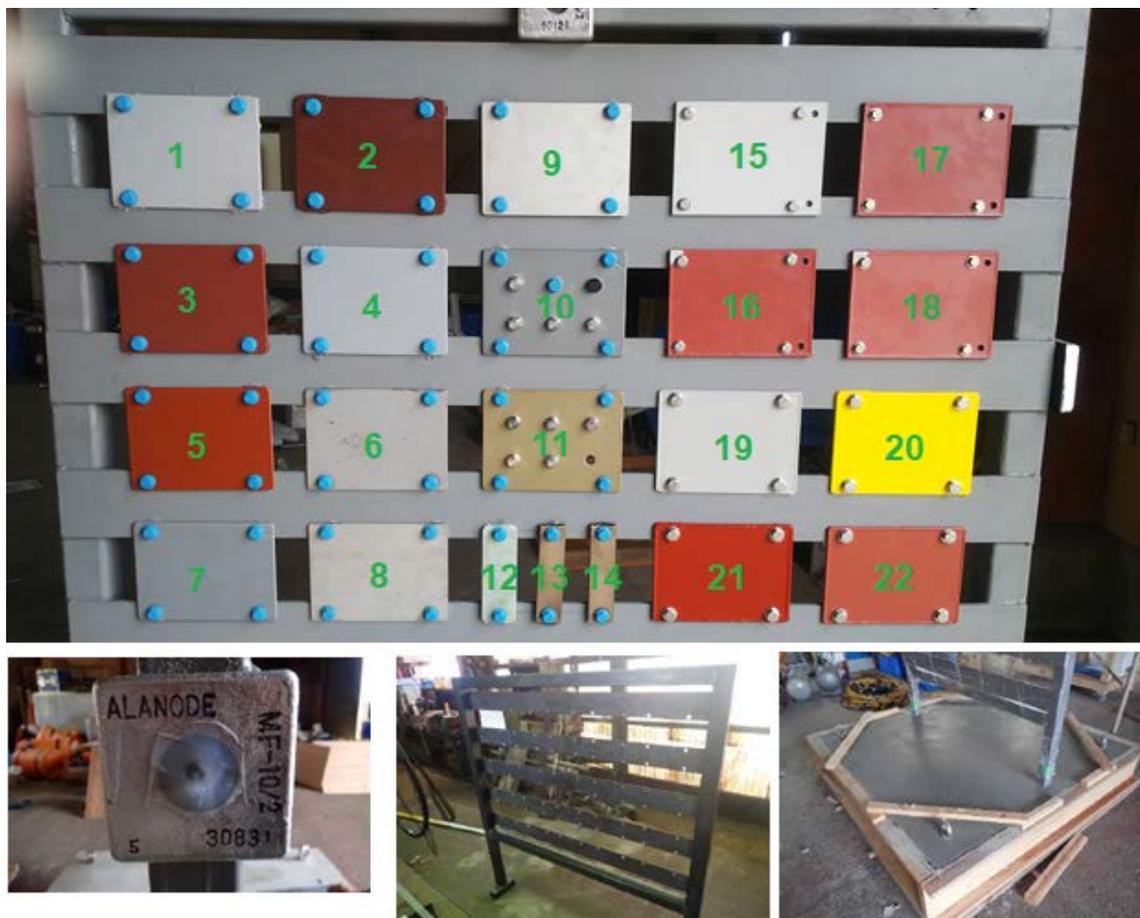


図 3.3-2 テストフレームとテストパネル

パネルの塗装は、1 から 14 はオープン hidro 社からの提供、15 から 18 は経塚雄策教授(長崎大学 海洋未来イノベーション機構)、19 から 22 は国内塗料メーカー提供の物である。

2017 年 9 月に回収された最初のフレームについての材質、加工、パネルの接続性の情報は表 3.3-2 に記した。

表 3.3-2 パネル提供社、材質、加工と接続状況

番号	提供社	材質	加工	接続
1	オープン ハイドロ社	軟鋼	インターナショナル社腐食防止 コーティング	防食保護
2		軟鋼	インターナショナル社腐食生物忌 避コーティング	防食保護
3		軟鋼	Jotun 社抗腐食生物忌避コーティン グ	防食保護
4		軟鋼	ヘンプル社防腐食防汚コーティン グ	防食保護
5		軟鋼	ヘンプル社腐食ハイブリッド防汚 生物忌避コーティング	防食保護
6		軟鋼	加工なし	防食保護
7		軟鋼	防食コーティングのみ	防食保護
8		ステンレス鋼 316L	加工なし	防食保護
9		スーパー二相 ステンレス鋼	加工なし	防食保護
10		軟鋼	防食コーティングのみ	防食保護
11		軟鋼	防食コーティングのみ	防食保護
12		GRP-翼材料	加工なし	防食なし
13		銅ニッケル	加工なし	防食なし
14		銅ニッケル	加工なし	防食保護
15	経塚教授	プラスチック	中国塗料製 シリコン系塗料	防食なし
16			中国塗料製 シリコン系塗料	防食なし
17			中国塗料製 船底用塗料	防食なし
18			中国塗料製 船底用塗料	防食なし
19	中国塗料	軟鋼	低速向けシリコン系塗料	防食保護
20			中速向けシリコン系塗料	防食保護
21			生物忌避剤シリコン系塗料	防食保護
22			船底用塗料	防食保護

さらにパネル 10 と 11 には材質の違うボルト、ナットをそれぞれ 6 個と 5 個取り付けました。実験に用いられたボルト、ナット、ロードワッシャーの材質と加工を表 3.3-3、図 3.3-3 に示す。

表 3.3-3 ボルト、ナット、ワッシャー材質と加工

ボルト	材質	加工	ボルト	材質	加工
10. A	軟鋼	加工なし	11. G	チタニウム	加工なし
10. B	軟鋼	セラブラック ス塗装	11. H	インコネル 625	加工なし
10. C	軟鋼	ザイラン塗装	11. K	インコネル 725	加工なし
10. D	ステンレス鋼	加工なし	11. L	銅ニッケル 90/10	加工なし
10. E	ステンレス鋼	加工なし	11. M	スーパーオーステナ イト系ステンレス鋼	加工なし
10. F	ステンレス鋼	加工なし			

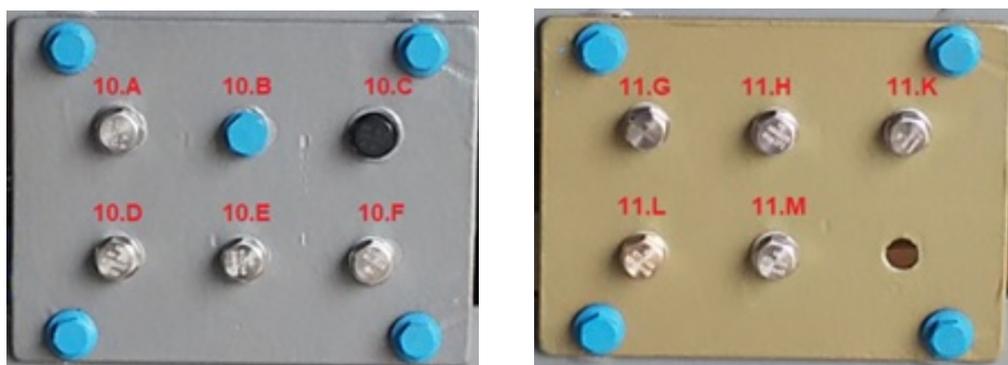


図 3.3-3 パネル 10 とパネル 11 のボルト

### 3.3.4. 調査結果

最初のフレームは設置から3か月後の2017年9月に回収を行った。回収後、全てのパネルに写真撮影、接続性テスト、重量を計測、高水圧又はブラシでの清掃、清掃後の重量の計測、清掃後の写真撮影、という作業を行った。最初に回収したこのフレームには経塚教授からの提供されたパネルは含まれていない。過去に1年未満での試験をすでに行ったことがあったため、1年間以上設置するフレームのみに経塚教授提供のパネルが含まれている。海底設置前（左）、回収直後（中央）、清掃後（右）の写真を示す。

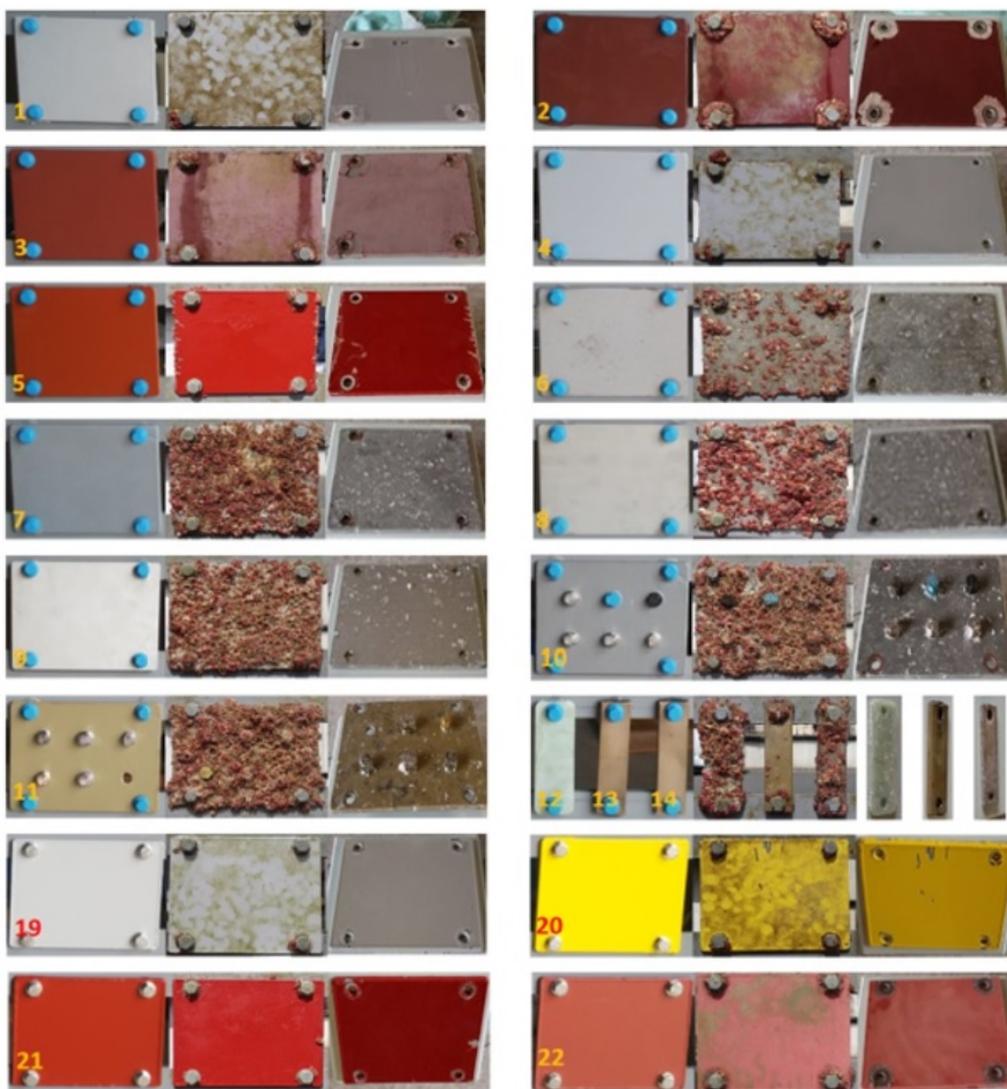


図 3.3-4 海底設置前パネル、回収後、清掃後（左から右）

表 3.3-4 調査結果

パネル	結果
パネル 1～5	3ヶ月間のテスト期間で、ほとんど変化が見られなかった。フジツボ付着は塗装の傷の近くで小さな面積にのみ確認された。生物忌避剤加工されたパネル2と3の表面には緑藻類のバイオフィームがわずかに確認された。
パネル 6～11	全面に生物付着が観測された。付着していた生物のほとんどが赤フジツボ（メガバラヌス・ロサ）と三角形のフジツボ（バラヌス・ツリゴヌス）で、白フジツボは少なかった。フジツボが付着した面積は、未塗装の軟鋼のパネル6で50%、錆止め塗装加工されたその他のパネルには全面に付着していた。
パネル 12	塗装加工のないタービン翼のパネル12には生物付着率が高く、表面全てが覆われていた。
パネル 13～14	タービンラジエーター素材のパネル13、14では金属性フレームに接続されていないパネル13と接続されているパネル14で、はっきりとした違いが見られた。接続されたパネル14は中心の僅かな面積を残してほぼ全面（約90%）がフジツボに覆われているのに対して、接続のないパネル13はボルト周りに狭い範囲で生物付着が見られた。
パネル 19～22	中国塗料のパネルは、3ヶ月間のテスト期間でほとんど影響が見られなかった。フジツボの付着は、塗装の傷の近くで小さな面積にのみ確認された。生物忌避剤加工されたパネル21には緑藻類のバイオフィームが確認された。

パネル10と11に取り付けたボルト、ナット、ワッシャーについても、生物付着と腐食の進行状況を確認した。生物付着に関しては、図3.3-4で確認できるように、銅ニッケル(11.L)を除いて、全面又は部分的に生物に覆われていた。

実験に使われたセットの中には腐食が見られたものもあった。10.A(加工なしの軟鋼)への影響が大きかった。その他のものについては、ほとんど変化が見られなかった。清掃後のボルト、ナット、ワッシャーの写真を図3.3-5に示す。



図 3.3-5 パネル10と11の清掃後のボルト、ナット、ワッシャー

### 3.4. 関係法令への対応

潮流発電に係る許認可事業については明確に取りまとめられているものがないため、潮流発電施設が海中に敷設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の場合を参考に調査した。

具体的には、許認可関係の法令・条例等を次の5つのカテゴリ、すなわち①発電設備の設置・海域占用、②土地造成・土地利用、③航行安全、④その他、⑤県・市条例に分けて、適用条文名、行為の内容、所轄部署名、許可・届出等受付窓口及び申請様式について調べた。

また、法令・条例等に基づく施行令・施行規則等についても同様の調べを行った。

以上の作業の元にとりまとめた長崎県五島市潮流発電許認可等手続に関する情報一覧に基づき、本事業に係る関係法令の対応を表 3.4-1 に示す。

各法令への対応方針について、平成30年5月の工事着手を目指し、現在、各所轄部署と協議を行っている。

表 3.4-1 関係法令への対応表 (1)

No.	法令・条例等				施行令・施行規則等				区分		所轄部署名	許可・届出等 受付窓口		
	法令・条例等名	条番号	適用条文名	行為の内容	施行令名・施行規則名等	条番号	適用条文名	行為の内容	許可	届出				
(1) 発電設備の設置・海域占用														
1	建築基準法	第6条第1項第4号	建築物の建築等に関する申請及び確認	建築物又は工作物の建築確認申請 ○潮流発電設備が確認申請を要する工作物に該当するか精査する必要があるが、付属する施設等については確認申請が必要となる場合があるので、相談窓口にて確認されたい。	建築基準法施行規則	第1条第3項	確認申請書の様式	法第6条第1項(法第八十七条第1項において準用する場合を含む)の規定による申請	-	○	長崎県土木建築課審査指導班	五島市建設水道部建設課		
		第87条の2	建築設備への準用			第138条第1項	工作物の指定		煙突、広告塔、高架水槽、擁壁その他これらに類する工作物の規定	-			○	土木建築課審査指導班又は五島市建設水道部建設課
		第88条第1項	工作物への準用											
2	海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律	第4条第4項	船舶からの油の排出の禁止	船舶からの油の排出の承認	海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行規則	第8条第4項	海洋の汚染の防止に関する試験等のため にする船舶からの油の排出の承認の申請等	海洋の汚染の防止に関する試験、研究又は調査のために船舶から油を排出しようとする場合に承認申請書を提出	-	○	第七管区海上保安本部 長崎海上保安部	第七管区海上保安本部 長崎海上保安部		
		第9条第2項	船舶からの有害液体物質の排出の禁止	有害液体物質の事前処理の確認		第12条第2項第2号	事前処理の確認の申請	有害液体物質の事前処理の確認を受ける事前に登録確認機関に事前処理確認申請書を提出	-	○				
		第18条第2項第2号	海洋施設からの廃棄物排出の確認	海洋施設から廃棄物を排出する前における許可申請		第12条第16項	海洋施設からの廃棄物排出の確認の申請	法第18条第2項の規定による許可申請	○	-				
		第18条第3項	海洋施設の設置の届出	海洋施設を設置する場合の届出		第12条第16項第3号	海洋施設の設置の届出	法第18条第3項の規定による海洋施設の設置の届出	-	○				
3	漁港漁場整備法	第39条第1項	漁港の保全	漁港水域または公共空地における工作物の建設若しくは改良、土地の一部の占用等の場合の許可	漁港漁場整備法施行規則	第12条	漁港の水域又は公共空地における工作物の建設等の許可申請等	法第39条第1項の規定による許可申請	○	-	長崎県水産部漁港漁場課	五島振興局建設部管理・用地課管理班		
4	自然公園法	第33条第1項	普通地域	国立公園及び国定公園内の開発行為等の許可申請または届出	自然公園法施行規則	第10条	特別地域、特別保護地区及び海域公園地区内における行為の許可申請書	工作物の新・改・増築	-	○	長崎県環境部自然環境課	五島振興局総務課		
							海底の形状変更	-	○					
5	港湾法 ※設置海域は港湾区域、臨港区域外であるため参考とする。	第37条	港湾区域内の工事等の許可	港湾区域、港湾隣接地域の水域又は土地を占用する場合の許可	港湾法施行規則	第3条の4	港湾区域内等における技術基準対象施設の建設等の許可	(条文に記載のとおり)	○	-	長崎県土木部港湾課管理班	五島振興局 管理・用地課		
		第38条の2	臨港地区内における行為の届出等	臨港地区内における行為の届出等		第5条	臨港地区内における行為の届出	(条文に記載のとおり)	-	○				
		第56条	港湾区域の定めのない港湾	港湾区域の定めのない区域を占用し行為をする場合の許可		第27条の8	公告水域における技術基準対象施設の建設等の許可	(条文に記載のとおり)	○	-				

表 3.4-1 関係法令への対応表 (2)

No.	法令・条例等				施行令・施行規則等				区分		所轄部署名	許可・届出等 受付窓口
	法令・条例等名	条番号	適用条文名	行為の内容	施行令名・施行規則名等	条番号	適用条文名	行為の内容	許可	届出		
(1) 発電設備の設置・海域占用												
6	海岸法	第7条	海岸保全区域の占用	・海岸保全区域(公共海岸に限る)及び一般公共海岸区域内(水面を除く)において、工作物を設置する場合の占用許可 ・海岸保全区域及び一般公共海岸区域内の水面又は土地において、工作物等を新築する場合の許可	海岸法施行規則	第3条	海岸保全区域の占用の許可	(条文に記載のとおり)	○	-	長崎県土木部港湾課管理班	・海岸保全区域:五島振興局建設部管理・用地課 ・一般公共海岸区域:五島市
		第8条、第8条の2	海岸保全区域における行為の制限			第4条	海岸保全区域における制限行為の許可	(条文に記載のとおり)				
		第37条の4	一般公共海岸区域の占用			第11条	一般公共海岸区域への準用	(条文に記載のとおり)				
		第37条の5、6	一般公共海岸区域における行為の制限									
7	労働安全衛生法	第88条	計画の届出等	ボイラー・圧力容器・クレーンの設置の届出等	労働安全衛生規則	第85条	計画の届出をすべき機械等	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎労働局労働基準部健康安全課	長崎労働基準監督署五島駐在事務所
						第86条	計画の届出等	(条文に記載のとおり)	-			
8	消防法	第11条第1項	危険物製造所等の設置の許可	危険物製造所、貯蔵所又は取扱所設置の場合の許可					○	-	長崎県危機管理監消防保安室消防班	危機管理監消防保安室消防班
9	水質汚濁防止法	第5条第1項	特定施設等の設置の届出	特定施設(有害物質貯蔵指定施設)の設置届出	水質汚濁防止法施行令	第3条	特定施設等の設置の届出	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県環境部地域環境課	五島保健所
10	道路法	第32条第1項第1号	道路の占用の許可	電柱、電線、変圧塔、郵便差出箱、公衆電話所、広告塔その他これらに類する工作物(運系線の道路上への架設、工事での占用)	道路法施行規則	第4条の3	道路の占用の許可申請書等の様式	(条文に記載のとおり)	○	-	五島振興局管理課	同左
11	港則法	第23条第4項	危険物運搬の許可	特定港における危険物の積込、積替又は荷卸をする場合の港長の許可	港則法施行規則	第13条 ~第19条	許可の申請	(条文に記載のとおり)	○	-	第七管区海上保安本部 長崎海上保安部	同左
		第31条第1項	工事等の許可及び進水等の届出	特定港内及び特定港境界付近で工事又は作業する場合の許可					○	-		
		第37条第5項	準用規定	特定港以外の港則法適用港又は適用港の境界付近で工事又は作業する場合の許可					-	○		
		第33条	工事等の許可及び進水等の届出	特定港の国土交通省令で定める区域内において長さが国土交通省令で定める長さ以上である船舶を進水、ドックに出入させる場合の許可					-	○		
12	自然環境保全法 ※長崎県未来につながる環境を守り育てる条例に代替	第28条	普通地区	自然環境保全地域の区域のうち特別地区及び海域特別地区に含まれない区域における行為の届出	長崎県未来につながる環境を守り育てる条例施行規則	第22条	工作物の基準	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県環境部地域環境課	五島振興局総務課
13	工場立地法	第6条~第8条	届出及び変更の届出	特定工場の新設・変更等の届出	工場立地法施行規則	第6条	特定工場の新設等の届出	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県産業労働部 企業立地課	同左
(2) 土地造成・土地利用												
14	砂防法 ※長崎県砂防指定地管理条例	第4条	砂防指定地における行為の禁止もしくは制限	砂防指定地における行為の許可	長崎県砂防指定地管理条例	第4条	砂防指定地における行為の禁止もしくは制限	(条文に記載のとおり)	○	-	長崎県砂防課	五島振興局 管理・用地課
15	急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	第7条第3項	行為の制限	急傾斜地崩壊危険区域内における行為の届出	急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律施行規則	第3条	急傾斜地崩壊危険区域における行為等の届出の届出の手続	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県砂防課	五島振興局 管理・用地課
16	地すべり等防止法	第18条第1項	行為の制限	地すべり等防止区域内の行為の許可					○	-	長崎県砂防課	五島振興局 管理・用地課
17	国土利用計画法	第23条	土地に関する権利の移転又は設定後における利用目的等の届出	一定面積以上の土地の売買後の届出(事後届出)	国土利用計画法施行規則	第5条	許可申請	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県企画振興部土地対策室土地利用班	同左
18	土壌汚染対策法	第4条第1項	土壌汚染のおそれがある土地の形質の変更が行われる場合の調査	一定の規模以上の土地の形質変更時の届出	土壌汚染対策法施工規則	第23条	土地の形質の変更の届出	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県地域環境課	同左

表 3.4-1 関係法令への対応表 (3)

No.	法令・条例等				施行令・施行規則等				区分		所轄部署名	許可・届出等 受付窓口
	法令・条例等名	条番号	適用条文名	行為の内容	施行令・施行規則名等	条番号	適用条文名	行為の内容	許可	届出		
(3) 航行安全												
19	航路標識法	第3条	海上保安庁以外の者の行う航路標識の設置の許可	灯台、灯標等の航行船舶の指標とするための施設	航路標識法施行規則	第2条	設置の許可申請	(条文に記載のとおり)	○	-	第七管区海上保安本部 長崎海上保安部	交通部交通課
20	海上交通安全法	第30条第1項第1号	航路及びその周辺の海域における工事等又は作業	航路又はその周辺海域において工事又は作業する場合の許可	海上交通安全法施行規則	第25条	許可の申請	(条文に記載のとおり)	○	-	第七管区海上保安本部 長崎海上保安部	管区海上保安部長 (海上保安部長経由)
		第30条第1項第2号	航路及びその周辺の海域における工作物の設置	航路又はその周辺(港湾区域と重複している海域を除く。)において工作物の設置をする場合の許可				(条文に記載のとおり)	○	-		
		第31条第1項第1号	航路及びその周辺の海域以外の海域における工事又は作業	航路及びその周辺海域以外における海上交通安全法適用海域における工事又は作業する場合の許可				(条文に記載のとおり)	-	○		
		第31条第1項第2号	航路及びその周辺の海域以外の海域における工作物の設置	航路又はその周辺(港湾区域と重複している海域を除く。)において工作物の設置をする場合の許可				(条文に記載のとおり)	-	○		
(4) その他												
21	水路業務法	第6条	海上保安庁以外の者が実施する水路測量	水路測量の許可	水路業務法施行規則	第2条	水路測量許可申請書の様式	(条文に記載のとおり)	○	-	第七管区海上保安本部 長崎海上保安部	海洋情報部
		第19条第1項	水路関係事項の通報	港湾の修築等の工事をする場合の通報					-	○		
22	騒音規制法	第6条	特定施設の設置の届出	特定施設の設置の場合の市町村長への届出	騒音規制法施行規則	第4条	特定施設の設置の届出	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県地域環境課	五島保健所
		第14条	特定建設作業の実施の届出	特定建設作業の実施の場合の市町村長への届出		第10条	特定建設作業の実施の届出	(条文に記載のとおり)	-	○		
23	振動規制法	第6条	特定施設の設置の届出	特定施設の設置の場合の市町村長への届出	振動規制法施行規則	第4条	特定施設の設置の届出	(条文に記載のとおり)	-	○	長崎県地域環境課	五島市生活環境課環境班
		第14条	特定建設作業の実施の届出	特定建設作業の実施の場合の市町村長への届出		第10条	特定建設作業の実施の届出	(条文に記載のとおり)	-	○		
24	文化財保護法	第93条	土木工事等のための発掘に関する届出及び指示	周知の埋蔵文化財包蔵地における土木工事等の届出	文化財保護法施行細則	第4条	土木工事等のための発掘に関する届出	(条文に記載のとおり)	-	○	教育庁学芸文化課文化財班	五島市教育委員会生涯学習課
25	漁業法(漁業区域の行為)	第6条	漁業権の定義	漁業権とは、定置漁業権、区画漁業権及び共同漁業権をいう							長崎県漁業振興課	同左
		第23条	漁業権の性質	漁業権は物権とみなし、土地に関する規定を準用								
		第28条	水面使用の権利義務	漁業権者の有する水面使用に関する権利義務								
26	電気通信事業法 (NTT海底線等敷設の行為)	第140条	公用水面の使用	公用水面に水底線路を敷設する場合の届出	電気通信事業法施行規則	第48条	公用水面の使用に係る認可の申請	法第140条第4項の認可を受ける場合の申請書の提出	-	○	総合通信基盤局電気通信事業部事業政策課	同左
		第141条	水底線路の保護	水底線路の保護区域の指定		第49条	水底線路の保護区域の指定の申請等	法第141条第1項の規定による保護区域の指定を受ける場合の申請書の提出	-	○		

表 3.4-1 関係法令への対応表 (4)

No.	法令・条例等				施行令・施行規則等				区分		所轄部署名	許可・届出等 受付窓口
	法令・条例等名	条番号	適用条文名	行為の内容	施行令名・施行規則名等	条番号	適用条文名	行為の内容	許可	届出		
(4) その他												
27	景観法	第16条 (第4項が五島市景観条例に該当)	届出及び勧告等	景観計画区内における工作物の建設等行為の届出	景観法施行規則	第1条	景観計画区域内における行為の届出 (条文中に記載のとおり)		-	○	長崎県土木部都市計画課景観班	同左
(5) 県・市条例												
28	長崎県未来につながる環境を守り育てる条例	第22条	指定施設の届出(騒音関係、汚水等関係)	指定施設(騒音関係、汚水等関係)を設置する者の県知事への届出	長崎県未来につながる環境を守り育てる条例施行規則	第49条第1項	様式等	(条文中に記載のとおり)	-	○	長崎県環境部地域環境課	五島保健所
		第49条第1項	普通地区	普通地域における行為の届出		第49条第19項	様式等	(条文中に記載のとおり)	-	○	長崎県環境部自然環境課	五島振興局総務課
29	長崎県港湾管理条例	第8条	目的外使用の許可	知事による目的外使用の許可	長崎県港湾管理規則	第2条	使用許可の申請手続	(条文中に記載のとおり)	○	-	長崎県土木部港湾課	五島振興局建設部管理・用地課
		第12条	法に基づく占用等の手続等	港湾法第37条第1項又は第56条第1項の規定による許可を受ける者は、規則で定める申請書を知事に提出		第4条	法に基づく許可等の申請	(条文中に記載のとおり)	-	○		
		第20条	行為の許可	知事による港湾施設内における爆発物その他の危険物の荷役、又は蔵置行為等の許可		第8条	行為の許可申請手続	(条文中に記載のとおり)	○	-		
30	長崎県海域管理条例	第3条	海域における行為の許可	一般海域工作物その他の物件の設置による海域占用する場合の許可等	長崎県海域管理条例施行規則	第2条	許可の申請	条例第3条第1項の許可を受ける場合の許可の申請	○	-	長崎県土木部港湾課管理班	五島振興局建設部管理・用地課
31	長崎県文化財保護条例	第15条	現状変更等の制限	県指定有形文化財に関する現状変更等の場合の教育委員会の許可	長崎県文化財保護条例施行規則	第10条	現状変更等の許可	条例第15条第1項の許可を受ける場合の許可の申請	○	-	長崎県教育庁学芸文化課	五島市教育委員会
32	五島市文化財保護条例	第10条	現状変更等の制限	指定文化財の現状の変更等の場合の教育委員会の許可	五島市文化財保護条例施行規則	第4条	現状変更の許可申請	条例第10条第1項の許可を受ける場合の許可の申請	○	-	五島市教育委員会	五島市教育委員会生涯学習課
33	長崎県漁港管理条例	第12条	占用の許可等	甲種漁港施設(水域施設を除く)の占用許可等	長崎県漁港管理規則	第11条	占用の許可等の申請	条例第10条第1項の許可を受ける場合の許可の申請	○	-	長崎県水産部漁港漁場課	五島振興局建設部管理・用地課
34	五島市漁港管理条例	第13条	占用の許可等	甲種漁港施設(水域施設を除く)を占用許可等	五島市漁港管理条例施行規則	第9条	漁港施設占用・工作物新築等の許可申請	条例第13条の許可を受ける場合の許可の申請	○	-	五島市長	水産課
35	長崎県立自然公園条例	第20条	普通地域	普通地域における行為の届出	長崎県立自然公園条例施行規則	第13条	普通地域内における行為の届出	条例第20条第1項の規程による行為の届出	-	○	長崎県環境部自然環境課	五島振興局総務課
36	五島市景観条例	第6条	事前協議	法第16条第1項又は第2項の規定による行為の届出	五島市景観条例施行規則	第5条	事前協議	(条文中に記載のとおり)	事前協議		五島市長	建設水道部建設課
		第6条の2	再生可能エネルギー発電設備の建設等に係る説明会等	・当該建設等に係る景観への影響について、当該影響を受ける範囲であると認められる地域住民及び周辺の関係者に対し、当該届出の日までに説明会を開催 ・当該説明会の結果の要旨を記載した書面を作成し、及びその書面を市長に提出		第5条の2	再生可能エネルギー発電設備の建設等に係る説明会等	(条文中に記載のとおり)	説明会の開催及び結果の提出		五島市長	建設水道部建設課

## 4. 許認可取得に関する業務

### 4.1. 発電機の認証取得

#### 4.1.1. 日本海事協会ガイドライン

オープンハイドロ社は2017年中に日本海事協会による設計評価を完了させるために必要な要求事項及び作業範囲に関する協議を2016年より開始した。

2016年にはオープンハイドロ社は海事協会にて解析に必要な書類の作成を行い、下記の書類を日本海事協会に提出した。

- ・ 2018年から2025年までのプロジェクト期間をカバーするピーク及び10分間平均潮流に関する環境データ
- ・ 奈留瀬戸に設置したセンサーで計測した波浪条件に関する環境データ
- ・ 発電機設置サイトの海底地形調査報告書
- ・ 発電機のコントロール方法に関する報告書
- ・ 電機システム及び機器に関する複数の関連書類

上記に加え、日本海事協会発行の潮流・海流発電システムの認証ガイドライン（2015年）に基づく設計評価を実施した。

#### 4.1.2. 設計評価

下記の通り設計図書を設計評価のために日本海事協会に提出済。2018年3月までに日本海事協会より設計評価書が発出される予定である。

表 4.1-1 日本海事協会に提出した書類（参考）

種別	名称/内容	提出書類名	
外部条件と設計荷重 External Conditions and Design Load Case (DLC)	荷重計算	Loadings Methodology Report	
	サイト環境データ	Environmental Inputs Report for Japan	
	設計概要（荷重仕様）	Design Premise Report	
発電機と支持構造物の構造設計 Structure including turbine and support structure	全体設計図 （発電機・主要システム）	Turbine System GA Rotor Assembly GA Stator Assemble GA SSB Assembly GA TCC GA	
	構造解析報告書（運転時荷重）	Rotor Structural Analysis Report Stator Structural Analysis Report Combined Structural Analysis Report SSB Structural Analysis Report	
	輸送・設置方法	Mobilization Storyboard Mobilization temporary load case reports Deployment/Recovery Method Statement Marine Ops Load Case Report	
	圧力容器設計	Pressure Vessel Design Report	
	塗装・防食	Paint spec report Corrosion report	
	機械・機器 Machinery component	発電機詳細図面	Blade Assembly Drawings Bearing Assembly Drawings
		ブレード	Blade structural analysis
ベアリングシステム		Bearing Structural Analysis Report	
TCC冷却システム		P&ID, Piping Diagram	
電機機器 Electrical component	短結線図	Basic system SLD	
	発電機仕様書	Generator design drawings Generator specifications	
	電機システム仕様書	Specifications of TCC Export Transformer Specifications of PCU Specifications of MV Switchgear	
	電機機器配置	Electrical Arrangement Drawing	
	電機配線図	Electrical Cable layout - Plan & Elevation	
	制御手法	Control Philosophy	
追加情報 Additional	設計ベース	Design Basis	

日本海事協会への書類の提出とそのレビューによりオープン hidro社は日本海事協会の全ての指摘事項に対応し、下記の日本固有の荷重条件に基づく設計荷重計算の修正を行った。

- ・津波荷重
- ・台風荷重
- ・地震荷重
- ・日本の荒天波荷重
- ・日本の海底地盤条件

オープン hidro社にて、日本海事協会の指摘に基づき全ての書類の修正を行い、修正報告書を提出し、これが日本海事協会に受け入れられた。

日本海事協会による設計評価は2018年3月までに完了する予定である。

## 4.2. 系統連系枠の確保

### (1) 目的

本業務の目的は、電力会社への系統接続を行うため「電気設備の技術基準の解釈」、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」、及び電力会社の「系統アクセス基準」、「配電系統連系基準」に基づき、潮流発電システムの各種諸元を確認し、九州電力株式会社との協議を行った。

### (2) 協議結果

平成 28 年度は、五島市沖奈留瀬戸での設置を想定し、当該海峡に隣接する奈留島及び久賀島の各々への系統連系させる 2 パターンを計画し、九州電力株式会社へ系統連系の事前相談申込みを実施した。

九州電力株式会社より久賀島側の系統容量は小さく、系統連系が難しいとの回答結果を得たため、本事業では、奈留島側へ系統連系させる方向で接続検討申込みを行った。平成 29 年度は、接続契約申込を行い、九州電力株式会社の系統連系に係る契約のご案内の連系の承諾(接続契約の成立)をもって、本事業の送配電系統の連系枠が確保された。

潮流発電設備の系統連系に必要な工事については、九州電力株式会社との工事負担金契約書が締結されたため、平成 31 年 3 月 31 日の竣工を目途に実施される。

### (3) 課題

九州電力株式会社の五島エリアの送配電系統の接続容量については、風力・太陽光等の事業用再生可能エネルギー発電の申込が増加傾向にあり、空き容量がなく、上位系統による制約が発生している。系統連系については、五島エリアのような潮流発電のポテンシャルの高いエリアが存在しても将来、送配電系統の制約（九州本土と五島エリアを連系する海底ケーブル容量超過等）により、潮流発電のファーム化・商業化の支障となることが考えられる。

#### 4.2.1. 受電電力・連系電圧

九州電力株式会社の送電部門は、発電者の契約受電電力又は需要者の契約電力（会社間連系点を受電地点及び供給地点とする場合を除く）に応じた表 4.2-1 の受電電圧・供給電圧（連系電圧）を目安に、既設送変電及び配電設備の状況等を考慮し連系電圧を個別に選定する。具体的には、発電者又は需要者の将来における増設計画、周辺地域の需要動向等を踏まえた将来の系統構成、既設送変電及び配電設備の状況、技術面等を総合的に考慮して、効率的・合理的な設備形成となる連系電圧を選定する。なお、個別に選定される結果、下表の連系電圧より上位又は下位の電圧となる場合がある。このため、受電計画箇所の連系電圧については、22kV 系統の連系電圧がないため、表 4.2-1 の契約(受電)電力に応じた「6.6kV」、及び「66kV」の2択の選定となる。本事業については、2000kW 未満のため、「6.6kV」を選定した。

表 4.2-1 受電電力・連系電圧一覧

契約（受電）電力	電圧区分	連系電圧
2,000kW 未満	高圧	6.6kV
2,000kW 以上 10,000kW 未満	特別高圧	22kV
10,000kW 以上 50,000kW 未満		66kV
50,000kW 以上		110kV※

※110kV については、220kV 導入以前の基幹系統であったが、220kV 及び 500kV 系統の拡充進展により、110kV 系統は一部地域を除き段階的に縮小する方向である。このため、110kV 系統への連系検討にあたっては、その廃止構想を考慮する。

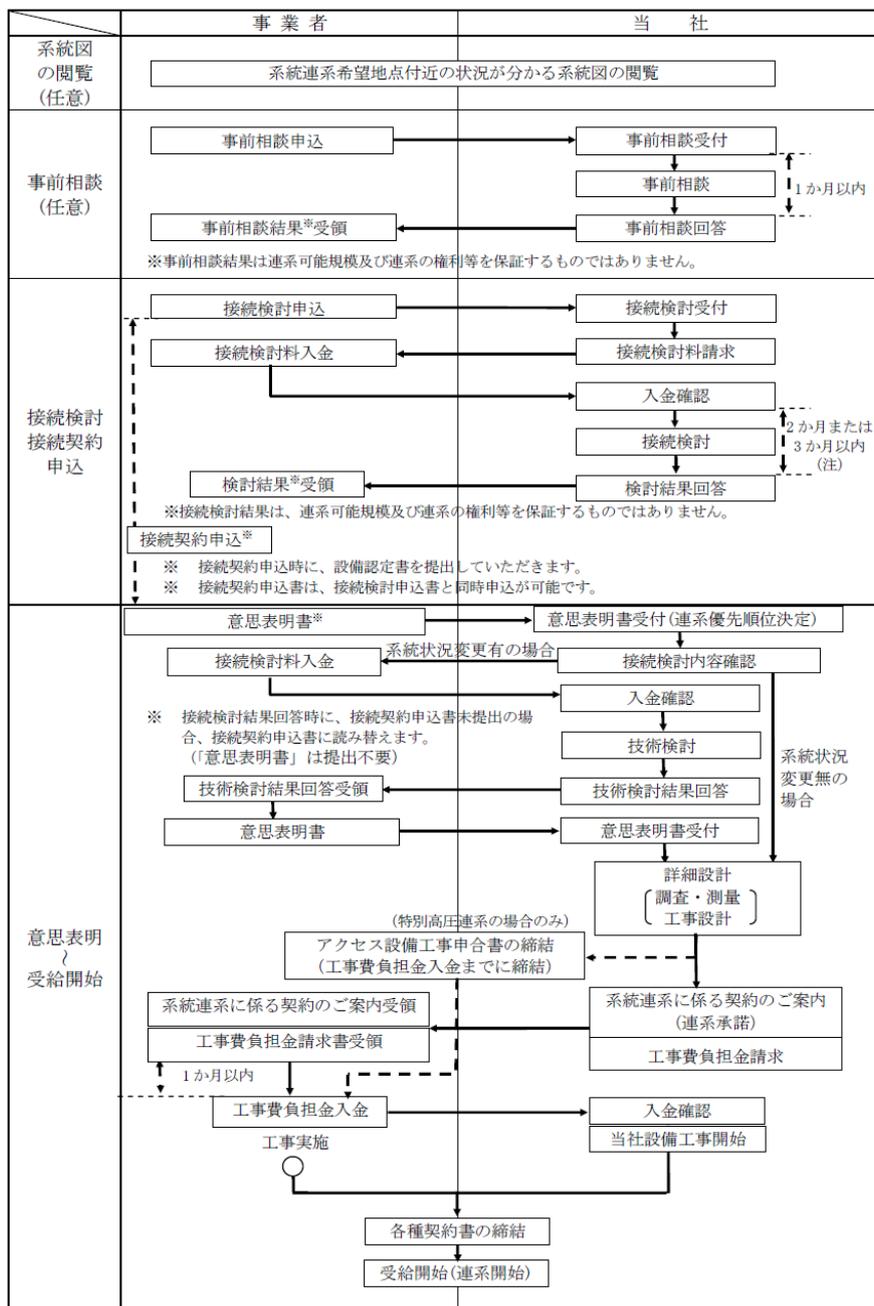
出典：「系統アクセス基準」（九州電力 HP）

## 4.2.2. 系統連系に必要な手続き

系統連系手続きフローを図 4.2-1 に示す。

(参考) 手続きフロー

系統連系に必要な手続きの大まかな流れは次のとおりです。



(注) 接続検討は、接続検討料の入金を確認し、かつ、接続検討に必要な申込書類が全て揃った後に開始し、接続検討結果は、原則として検討終了後すみやかにかつ高圧連系で逆変換装置を用いている再エネ発電のうち発電機出力が500kW未満の場合は2か月以内、その他の場合は3か月以内にお知らせします。

図 4.2-1 系統連系手続きフロー

出典：「事業用再生可能エネルギー発電系統連系受付要領」(九州電力 HP)

### 4.2.3. 送配電系統空き容量の状況

五島エリアの送配電系統を図 4.2-2、送配電系統空き容量一覧を表 4.2-2 に示す。送配電系統空き容量一覧表は、熱容量を考慮した空き容量が記載されており、その他の要因（短絡容量や電圧変動等）で、連系制約が発生する場合がある。

また、熱容量を考慮した空き容量は、系統毎に電源の並入状況等によって変動する。空き容量は、電源の並入状況を一定の条件で算定されたものである。詳細については別途、接続検討の申し込みによる詳細検討が必要となる。

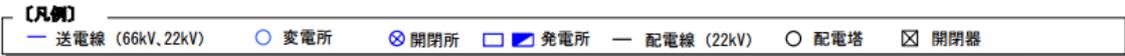


図 4.2-2 五島列島の送電系統図

出典：「九州電力管内における発電機連系制約マップ」（九州電力 HP）

表 4.2-2 五島列島の送配電系統空き容量一覧表

〔送電線〕

線路名 ○：線路番号	空き容量 [MW]					備考
	H28.3	H28.11	H28.12	H29.2	H30.2	
(1)22kV 浦桑小値架線	14	14	14	14	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
(2)22kV 阿瀬津小値賀線	8	8	31	31	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
(3)66kV 阿瀬津浦桑線	32	31	28	22	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
(4)66kV 阿瀬津奈良尾線	72	49	28	22	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
(5)66kV 松島奈良尾線	72	49	28	22	0	—
(6)66kV 奥浦奈良尾線	72	49	28	22	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
(7)66kV 奥浦福江線	72	49	28	22	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
(8)66kV 二本楠分岐線	72	49	28	8	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)

 潮流発電機の連系申込に係る系統を示す

〔配電用変圧器〕

変電所名 ○：変電所番号	空き容量 [MW]					備考
	H28.3	H28.11	H28.12	H29.2	H30.2	
①小値賀変電所	6	6	6	6	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
②浦桑変電所	19	18	18	18	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
③阿瀬津変電所	11	11	11	11	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
④奈良尾変電所	10	10	10	10	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
⑤奈留変電所	6	6	6	6	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
⑥久賀変電所	1	1	1	1	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
⑦福江変電所	9	10	10	10	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
⑧二本楠変電所	6	5	5	3	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)

 潮流発電機の連系申込に係る系統を示す

〔配電塔〕

配電塔 ○：配電塔番号	空き容量 [MW]					備考
	H28.3	H28.11	H28.12	H29.2	H30.2	
①青砂配電塔	6	6	6	6	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)
⑬宇久配電塔	3	3	3	3	0	上位系による制約(66kV 松島奈良尾線)

出典：「九州電力管内における発電機連系制約マップ」（九州電力 HP）に追記

### 4.3. 工事計画認可の取得

経済産業省への工事計画認可申請書及び使用前検査要領書の申請にあわせて、九州保安監督部への保安規程及び電気主任技術者選任の申請を行うため、平成30年5月の認可を目指し、工事計画書に必要な下記書類について経済産業省と協議を行っている。

また、潮流発電に関する電気設備技術基準は、現時点で整備されていないため、経済産業省と協議を行い、技術基準適合に関する考え方を整理し、技術基準適合性確認表の作成を行った。

- (1) 主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図
- (2) 単線結線図
- (3) 発電方式に関する説明書
- (4) 潮流発電の構造図及び強度計算書
- (5) 支持物(S S B)の構造図及び強度計算書
- (6) 発電機短絡強度計算書
- (7) 変圧器短絡強度計算書
- (8) 遮断器三相短絡容量計算書
- (9) 発電所の運転を管理するため制御装置の制御方法に関する説明書

### 4.3.1. 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。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に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4.3-1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4.3-1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 <sup>※2</sup>	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(省)	届出(省)	届出(省)	届出(省)	認可(省)
10,000未満	届出(部)	届出(部)	届出(省)	届出(部)	届出(部)	届出(部)	届出(部)	
2,000未満 1,000未満								
500未満								
300未満								
200未満								
50未満				※3				
20未満					※4			
10未満				※3				

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

(説明) ① 黒塗り部分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 黒塗り部分は一般用電気工作物(小出力発電設備を含む)

図 4.3-1 工事計画の認可・届出の範囲

出典：「系統連系規程」JEAC 9701-2016

### 4.3.2. 工事計画認可

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、本事業における潮流発電の場合、以下の電気事業法上に係る諸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。
- ・使用前検査(電気事業法施工規則第六十八条)が必要。
- ・認可申請における鑑書は、様式第47(電気事業法施行規則第六十三条関係)を使用。図4.3-2に工事計画(変更)認可届出書を示す。また、図4.3-3に工事計画届出申請に必要な項目、添付資料を示す。
- ・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4.3-1に示す。

表 4.3-1 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) ⑩

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 1 用紙の大きさは、日本工業規格 A 4 とすること。  
2 氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この  
場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

図 4.3-2 工事計画(変更)認可申請書

出典：「電気事業法令集」

## 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

図 4.3-3 工事計画認可申請に必要な項目、添付資料

出典：「電気事業法令集」

### 4.3.3. 使用前検査

電気事業法第 49 条第 1 項及び同法施行規則第六十八条において水力、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、同法施行規則第六十九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おり、使用前検査申請書の提出が必要である。図 4.3-4 に使用前検査申請書を示す。

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  
○○ ○○ 殿

住 所  
氏 名 (名称及び代表者の氏名) ⑩

電気事業法第 49 条第 1 項(第 47 条第 2 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、日本工業規格 A 4 とすること。

3 氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

図 4.3-4 使用前検査申請書

出典：「電気事業法令集」

## 5. 各種エンジニアリングに関する業務

### 5.1. 発電機基礎構造の詳細設計

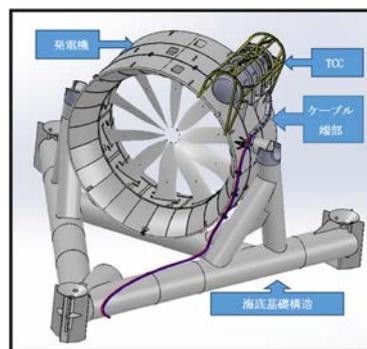
#### 5.1.1. 発電機の設計評価と改善

##### (1) 設計変更概要

発電機の基本設計は2017年度に完了しているが、フランス及びカナダでの実証事業の内容に基づく改善を行うために、設計の再評価を行い以下の設計変更を行った。また、日本での適用基準・要求条件への適合を確認した。



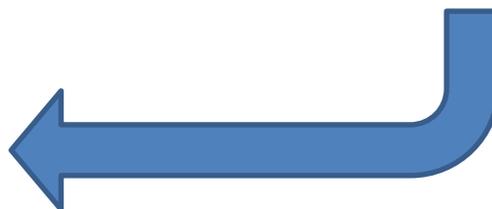
フランス・カナダ向け当初設計



日本向け第一次設計



日本向け最終設計



フランス・カナダでの設計・製作・設置・運転  
経験に基づき設計を最適化

##### ① 設計変更箇所

- ・ 発電機： ①ブレード形状、②アノード取付位置
  - ・ 基礎構造： ①発電機固定方法、②リフティング・システム
  - ・ 制御装置： ①取付位置、②圧力容器サイズ、③パイロット電圧
- 各設計変更内容は以下に示す。

## ② フランス、カナダでの実証事業において発生した不具合の原因とその対策

### フランスで発生した不具合とその対策（発電機の停止）

#### （原因）

- ・発電機のコイルを固定するボルトが仕様書と異なる材質で製造されていたため、コイルが外れて発電機の回転を妨げた。
- ・流速の遅い海域では発電機回転部の停止時間が長くなることで海洋生物が付着し発電機の回転を妨げた。

#### （対策）

- ・メーカーでの材料検査、製品完成検査を強化することで各部材のトレーサビリティを高め品質管理を強化する。又、取付け構造の簡素化を行う。
- ・キックスタート・システムを導入することで低い流速よりの回転開始を促進する。

### カナダで発生した不具合とその対策（TCC 冷却装置への浸水）

#### （原因）

- ・冷却水配管の部材であるステンレスの腐食が発生したこと、及び冷却水配管に潮流による負荷が過大にかかった。

#### （対策）

- ・ステンレス部材とニッケル部材の距離を充分とる設計に変更し腐食の発生を防ぐ。また、潮流が直接冷却水配管に当たらない設計に見直すと共に配管補強部品を取り付ける。

(2) 設計変更の詳細

① 発電機関係



図 5.1-1 発電機関係

表 5.1-1 発電機関係

No	機器	変更内容	フィードバック
1	Turbine 発電機	起動時のトルク改善のためにブレードの・ピッチを含む形状を変更。また、機能向上のためにブレード長と断面を変更	フランス、カナダでの操業、CFDと流体力学検証の結果より
2		タービンへの乱流を最小化するために、ローター上のアノードの設置方向を変更	カナダでの実績と CFD 検討の結果より

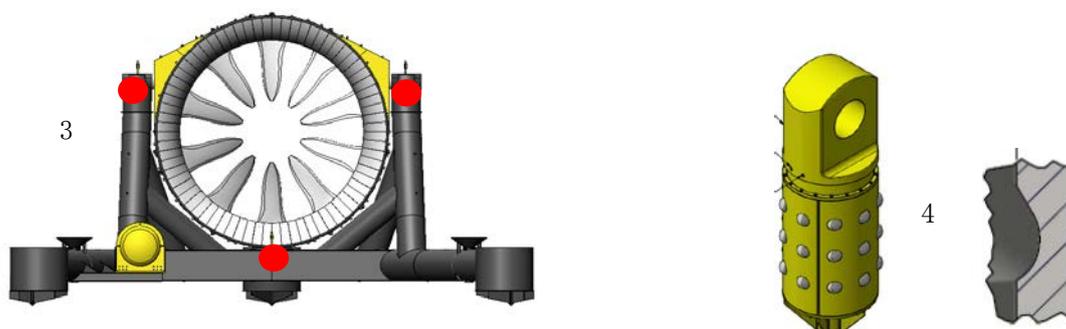


図 5.1-2 発電機/SSB、リフティング・システム関連

表 5.1-2 発電機/SSB、リフティング・システム関連

No	機器	変更内容	フィードバック
3	SSB	ローターとステーターとのより効率的な接続のために、タービンと SSB の 3 点連結部にトラニオン方式（両端）と 6 時方向のボトルピン方式を採用	設計改善
4	基礎構造	新日鉄住金エンジニアリングの要請でリフティング・レシーバーを LiftLOK より Ball & Grove タイプに変更	新日鉄住金エンジニアリングよりの要請による

② TCC 関連



5, 6, 7

図 5.1-3 TCC 関連

表 5.1-3 TCC 関連

No	機器	変更内容	フィードバック
5	TCC 制御装置	TCC の設置位置をステーター上部より SSB 上へ変更 —新たな位置とすることで海洋工事の際の TCC とリカバリーフレームの干渉リスクを軽減 —TCC への流体抵抗を減少させ、ステーターの構造を簡素化	フランス、カナダでの経験より
6		圧力容器のサイズを減少しコストを削減するために内部機器の配置を改善 カナダでの水漏れ問題の教訓を活かした冷却装置の改善	カナダでの経験より
7		パイロット電圧を日本の基準にあわせて変更	電気設備技術基準

### (3) 日本海事協会の要求事項と電気設備技術基準への適合

#### ① 日本海事協会の要求事項

設計は日本固有の台風、荒天波浪、地震発生、及び、奈留瀬戸での環境荷重条件に関する日本海事協会の要求事項を遵守した。

オープン hidro社では設置サイトでの台風、荒天波浪及び統計的に発生する可能性のある最悪の環境条件にも耐えうる充分なる堅牢性を維持できる設計になっていることを確認するために、波浪、暴風雨及びその他の環境条件の複数の組み合わせに関する詳細なコンピューター解析を行った。また、発電システム構造は日本海事協会の地震と津波に関するガイドライン条件に合致している。

#### ② 電気設備技術基準への適合

発電機：パワーコンバーターを最大 600V までの発電電圧に変更した。

パイロット電源供給：パイロット電圧トランスフォーマーを含むパイロット電源供給を 600V にて制限するように変更した。

#### ③ その他の要求事項

- ・冷却装置は水温 30℃に対応。夏期の奈留瀬戸での高水温条件でも冷却システムが稼働することを確認した。
- ・SCADA の表記を日本語に変更。日本人オペレーターでの運転を可能とするために、表示される関連情報を日本語とする。
- ・奈留瀬戸における高水温下では発電機表面での動植物の発生が促進される。発電機の塗装とコーティングはこの生物付着を避けるために慎重に検討されなければならない。現在、この塗装・コーティング剤評価試験が奈留瀬戸にて実施されている。

### 5.1.2. 設計コンセプト

発電機基礎構造は重力式で、主要部分は鋼材とコンクリート・バラストにより構成され、鋼製支持固定ピン（Penetrator）を使用して3点で支持する。基礎構造は鋼製部材を使用する。全体フットプリントは三角形でビーム幅は31.831m（前方の幅）、全長は30.123mとなる。発電機は2本の鉛直鋼製支持構造上に設置され、発電機の中心軸が支持固定ピン端より12mの高さとなる。基礎構造図面を下記に示す。

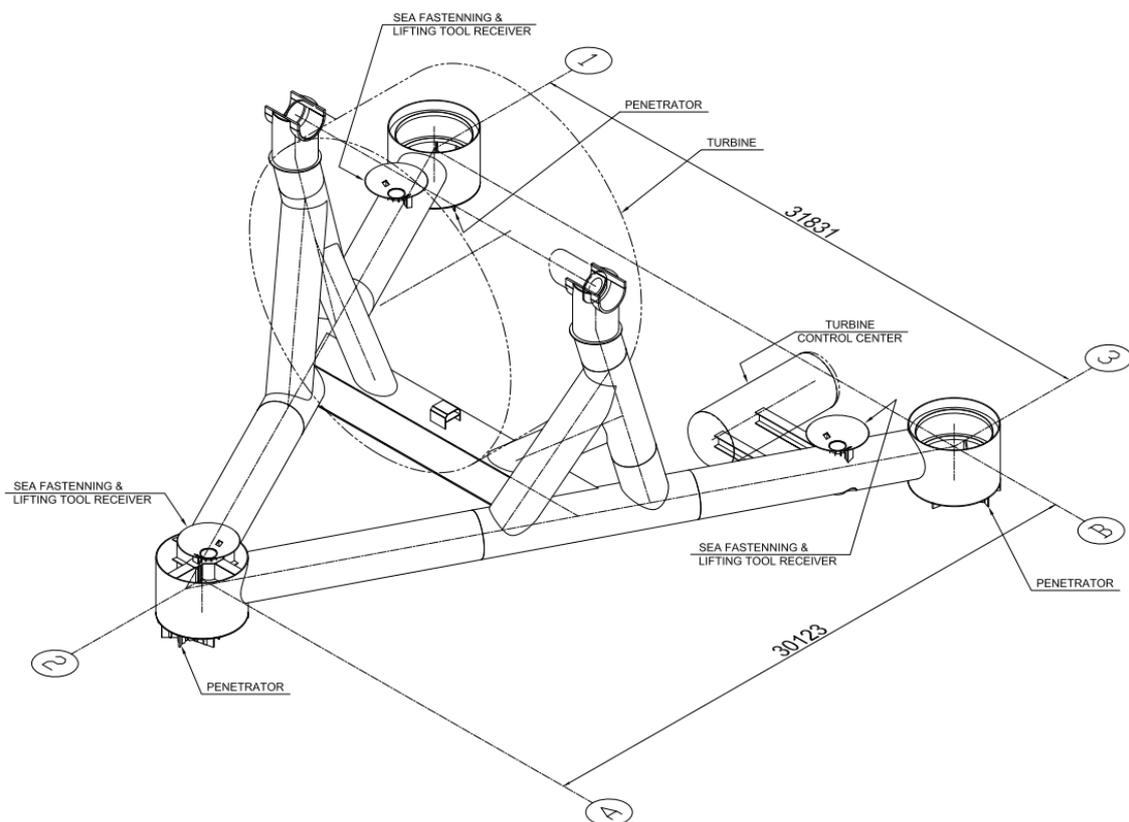


図 5.1-4 基礎構造図面

### 5.1.3. 設計基準

基礎構造の耐荷重計算の適切性は下記分析を行うことで確認する。また、基礎構造設計は日本海事協会の設計評価においても確認される。

- ・設計条件と前提条件
- ・挙動検討
- ・材料検討
- ・数値解析
- ・安定性解析

#### 5.1.4. 設計評価

##### (1) 設計条件と前提条件

基礎構造の設計条件は水密度  $1.025\text{t/m}^3$ 、水深  $50\text{m}$  を適用した。流体力学荷重は抗力と慣性力を含め、モリソン式に基づき計算し、同様に発電機に対する抗力・慣性力係数も計算した。また、海洋付着物の荷重への影響は全体設計に反映した。

##### (2) 挙動検討

基礎構造の挙動は下記を含む実際のサイト条件により検討した。

- ・鋼材とバラストによる重力と環境負荷を考慮し、運転中の全ての荷重下での構造維持を確認
- ・安定性と耐転倒性と耐滑動性を確認
- ・強度と安定性分析により、構造の挙動に対応できることと確認

##### (3) 材料検討

材料組成の評価に続いて、基礎構造の材料として下記の鋼材特性を規定した。

- ・高張鋼材の最低降伏応力は  $355\text{MPa}$  とする。
- ・特に別途の記載がない場合 -  $40$  度での耐衝撃試験を推奨する。

設計温度に準じていない鋼材グレードを使用した場合は基礎構造に大きな影響を及ぼすことになる。

##### (4) 数値解析

基礎構造の数値解析流体力学的応力の解析するために開発されたもので、コンピュータモデルには基礎構造の全体強度と負荷伝達力を含む。また、主要構造部材はモデル化されている。解析は発電機にかかる水平荷重がひとつの縦構造にて保持されることを確認するために行った。

##### (5) SSB の設置安定性解析

基礎構造 (SSB) と海底面との間に起こる最大、最小の相互作用反応 (摩擦など) を計算した。その結果、全ての荷重が設計限界内であり SSB の安定性が確保されていることを確認した。

## 5.2. 海底・陸上ケーブル及び陸上電気設備の詳細設計

昨年度に行った奈留瀬戸の調査をもとに、本年度は海底ケーブルのルートを設置し、海底ケーブルの設計と、陸上電気設備の設計を行った。

本年度の海底ケーブル及び陸上電気設備の詳細設計について、検討した結果を以下に示す。

### 5.2.1. 変電所新設予定地の調査

地質調査及びボーリング調査を行った結果、変電所建設予定地域において地盤の改良やくい打ちは必要なく、コンクリートを地面に敷き詰める、「ベタ基礎」と呼ばれる簡易な方法で変電所を建設できることが分かった。調査の詳細の内容と試験結果について以下に示す。

#### (1) 地質調査

##### 【地形概要】

本調査地は五島列島の「奈留島」南西部に位置する。長崎県本土西側の長崎港から西方約 60～120km 地点に五島列島が位置しており、五島列島の中心部に奈留島が位置する。奈留町浦は奈留島の中～南西部を占める地域で、調査地のある鈴ノ浦地区は南側にある岬付近の地域を表す。奈留島は北部が標高 250m 前後の山地を、南部が 200m 以下の広陵地を基本とする島である。調査地付近は海岸近くであり、標高は低く、周辺の海岸沿いには磯や浜が広がっている。

##### 【地質概要】

奈留島の地質は新第三系の「五島層群」が基盤をなしており、砂岩・泥岩及びこれらの互層からなるほか、しばしば凝灰岩を伴う場合もある。五島層群は下部の「奥浦層」と上部の「戸楽層」に区分され、調査地のある奈留島南部は奥浦層が地表に分布する。奥浦層は砂岩・泥岩の互層を主とするが、互層のリズムは不規則である。砂岩には無層理塊状のものから、並行葉理が発達して薄い板状を呈するものなどがある。また、泥岩や細粒砂岩には絹雲母状の白色微粒子を含むことがある。調査地周辺を図 5.2-1 に示す。

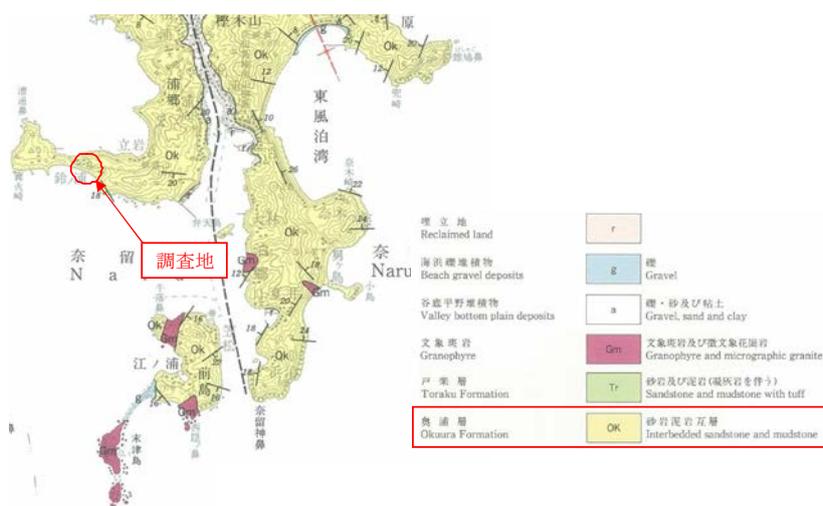


図 5.2-1 変電所付近の地質

【調査目的と項目】

電気設備建設予定地（五島市奈留町浦字池ノ上）において、標準貫入試験併用のボーリングとスウェーデン式サウンディング試験、攪乱資料採取及び室内土質試験を行い、地質構成や地盤物性値を把握し、電気設備の設計や施工に必要な基礎資料を得る目的で実施した。

- ・工期：平成 29 年 6 月 1 日～8 月 30 日
- ・調査項目：①ボーリング（2 箇所、計 15m）
  - ②標準貫入試験（2 箇所、計 19 回）
  - ③スウェーデン式サウンディング試験（4 箇所）
  - ④攪乱資料採取（1 箇所、計 1 回）
  - ⑤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

以上の調査内容、範囲を図 5.2-2 に示す。

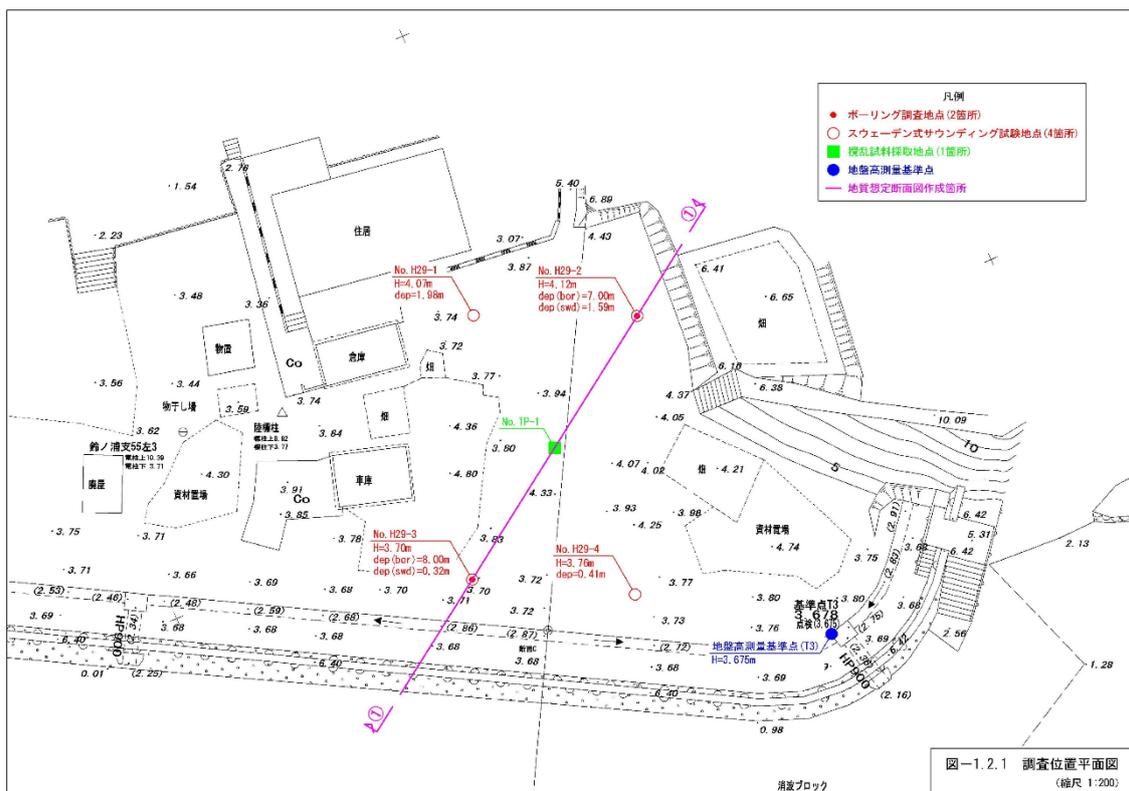


図 5.2-2 調査範囲

今回の調査ではブロックサンプリングを予定していたが、現地地盤は硬質な礫・玉石を多量に混入しており、不攪乱資料は採取できなかった。このため、現地盛土の不攪乱資料を採取し、試験室での突き固めにより適切な湿潤密度に調整して、試験資料を作成した。

## (2) 調査結果

### 【ボーリング調査結果】

今回実施したボーリング調査地点の地盤構成状況は以下のとおりであり、判明した土質構成及び土質分布については表 5.2-3 の地質想定断面図に示す。

- No.H29-2 (地盤高さ : H=4.12m、掘削深度 : L=7.00m)

① 盛土層[B] : GL-0.00~0.20m

砂岩の強風化部による造成盛土。全体に粘土を含む細粒砂を主体とし、土質的には粘土質砂に区分されN値は不明。

② 奥浦層一強風化部[0k-vw] : GL-0.20m~3.60m

粘土分を多く含む砂岩の土砂状強風化部にあたる。全体的に風化が激しく、土砂

状～土柱状及びφ10～40mm程度の亜角礫～亜角礫状コアで採取される。土柱状コアは手で割れ、強い指圧でシルト質砂状に潰れる。礫状コアは硬質で、ハンマー打撃により砕ける。岩級はDL～DMに級岩盤に区分され、N値は18～50以上を示す。

③ 奥浦層一風化部[Ok-w]：GL-3.60m～7.00m

上部は砂岩の、下部は礫岩の強風化部にあたる。砂岩は上層部と同様、粘土分を含む細粒砂からなる。礫岩はφ5～10mm程度の砂岩礫を主体とする。概ねL=5～30cm程度の棒状コアで採取される。コアは硬質で、ハンマー打撃により砕ける。亀裂が多く特に縦亀裂が発達しており、亀裂面は酸化により褐色～黒褐色に変色している。岩級はDH～CL級岩盤に区分され、N値は50以上を示す。

・No.H29 - 3 (地盤高さ：H=3.70m、掘削深度：L=8.00m)

① 盛土層[B]：GL-0.00m～1.50m

砂岩の強風化部による造成盛土。全体に粘土分を含む細粒砂を主体とする。瓦礫や玉石、崩落石などを含む。土質的には礫混じり粘土質砂に区分され、N値は8～9を示す。

② 沖積礫質土層[Ag]：GL-1.50m～4.60m

φ5～20mm程度の亜角礫～亜円礫を主体とする礫質土。基質部は中～粗粒砂からなる。砂岩由来の玉石を多く含み、下部ほど玉石が多い。深度3.80m～4.10m付近は、貝殻小片を含む中～粗粒砂よりなる。土質的には玉石混じり砂礫に区分され、N値は7～50以上を示す。

③ 奥浦層一風化部[Ok-w]：GL-4.60m～8.00m

粘土分を多く含み、砂岩の土砂状強風化部にあたる。全体的に風化が激しく、土砂状～土柱状及びφ5～40mm程度の角礫～亜角礫状コアで採取される。土柱コアは手で割れ、強い指圧でシルト質砂状に潰れる。ハンマー打撃により砕ける。亀裂が多く、亀裂面は酸化により褐色～黒褐色に変色している。岩級はDL～DM級岩盤に区分され、N値は50以上を示す。

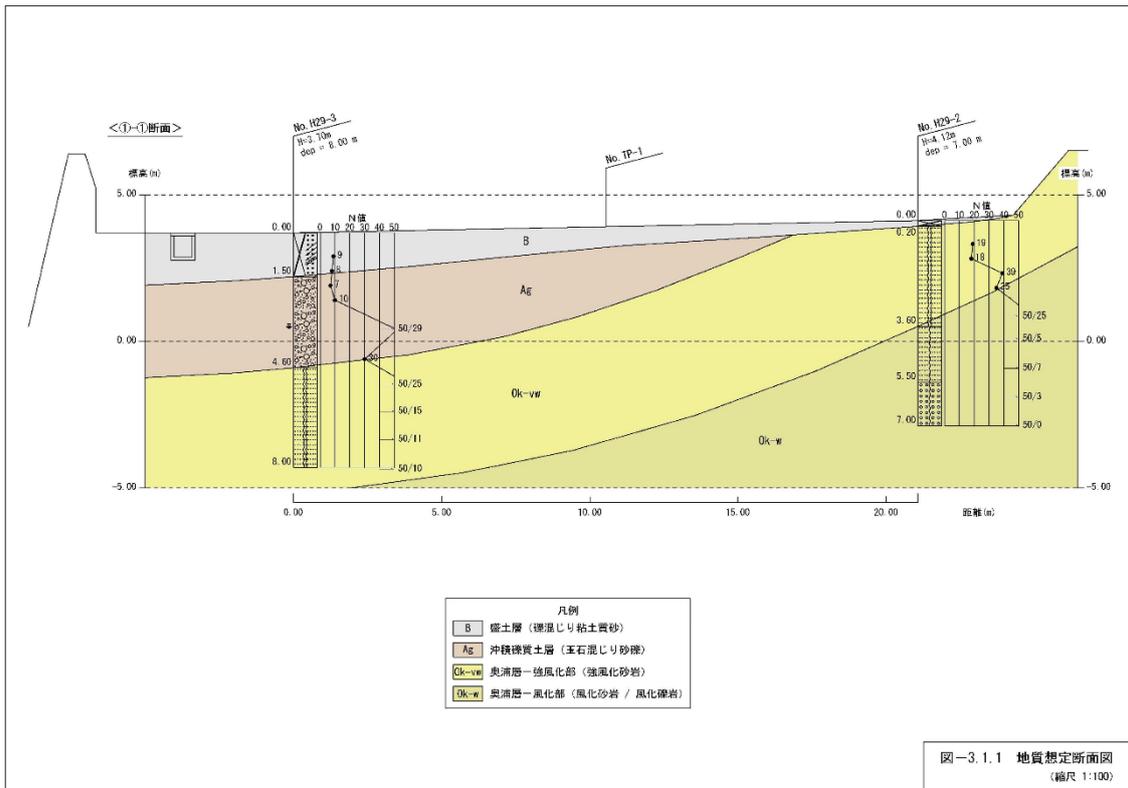


図 5.2-3 地質想定断面図

【スウェーデン式サウディング試験結果】

調査地は盛土層[B]及び強風化砂岩の奥浦層-強風化部[Ok-vw]に区分するものとした。表 5.2-1 の「試験結果一覧表」に、地層・土質区分毎の換算N値及び地盤支持力をまとめる。

盛土層[B]：確認層厚 0.20m～0.50m

各地点の表層より分布する。Nsw (1m当たりの半回転数) は 6～150 以上とばらついており、1 KN (100kgf) の荷重により自沈する箇所はない。No.H29 - 1 地点及び No.H29 - 2 地点では深度 0.20～0.50m付近で地層が変化したが、No.H29 - 3 地点及び No.H29 - 4 地点では深度 0.32～0.41m付近で貫入不能となった。土質は、礫混じり粘土質砂からなると想定される。

奥浦層-強風化部[Ok-vw]：確認層厚 2.02m～3.39m

No.H29 - 1 地点及び No.H29 - 2 地点の深度 0.20～0.50m以深に分布する。Nsw は 108～150 以上と比較的良好な数値を示しており、1 KN (100kgf) の荷重により自沈する箇所はない。土質は、強風化砂岩からなると想定される。

表 5.2-1 試験結果一覧表

No.	No. H29-1					No. H29-2					
	貫入深度	荷重 W <sub>sw</sub> (kN)	半回転数 N <sub>a</sub>	1m当りの 半回転数 N <sub>sw</sub>	換算N値	長期許容 支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	荷重 W <sub>sw</sub> (kN)	半回転数 N <sub>a</sub>	1m当りの 半回転数 N <sub>sw</sub>	換算N値	長期許容 支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )
	0.25	1.00	6	24	3.6	44.4	1.00	17	68	6.6	70.8
	0.50	1.00	10	40	4.7	54.0	1.00	63	150	18.9	120.0
	0.75	1.00	106	150	30.4	120.0	1.00	46	150	14.3	120.0
	1.00	1.00	59	150	17.8	120.0	1.00	27	108	9.2	94.8
	1.25	1.00	74	150	21.8	120.0	1.00	50	150	15.4	120.0
	1.50	1.00	43	150	13.5	120.0	1.00	121	150	34.4	120.0
	1.75	1.00	32	128	10.6	106.8					
0.50~1.75m間 平均値			63	146	18.8	117.4		61	140	18	114
No.	No. H29-3					No. H29-4					
	貫入深度	荷重 W <sub>sw</sub> (kN)	半回転数 N <sub>a</sub>	1m当りの 半回転数 N <sub>sw</sub>	換算N値	長期許容 支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	荷重 W <sub>sw</sub> (kN)	半回転数 N <sub>a</sub>	1m当りの 半回転数 N <sub>sw</sub>	換算N値	長期許容 支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )
	0.25	1.00	167	150	46.8	120.0	1.00	26	104	9.0	92.4
0.00~0.25m間 平均値			167	150	47	120		26	104	9	92

B 盛土層   
 0k-vw 奥浦層-強風化部

\*計算上の基礎底面深度はGL-0.50mと仮定した

\*N<sub>sw</sub>の上限値は150、長期許容支持力度の上限値は30+0.6×150=120kN/m<sup>2</sup>とする

【標準貫入試験結果】

標準貫入試験は地盤の締り具合や、その軟硬を把握することを目的とした。試験実施間は、深度0.5~2mは0.5m毎に、それ以深は1m毎とした。今回行った標準貫入試験は別紙ボーリング柱状図に併記しており試験結果を表5.2-2及び表5.2-3に取りまとめた。以下に地層毎のN値特性を示す。

- ・ 盛土層[B]
- ・ N値範囲は8~9を示し、平均N値としてN=8が得られた。
- ・ 沖積礫質土層[Ag]
- ・ N値範囲は7~50以上を示し、平均N値としてN=24が得られた。N値のばらつきが大きいが、玉石による影響と考えられる。
- ・ 奥浦層-強風化部[0k - vw]
- ・ N値範囲は18~50以上を示しており、平均N値として換算N値でN=68が得られた。風化の度合いでN値が大きく異なる。
- ・ 奥浦層-風化部[0k -w]
- ・ N値は50以上を示しており、平均N値として換算N値でN=278が得られた。

表 5.2-2 地層別のN値範囲と平均

時代	地層名	記号	最小値 (回)	最大値 (回)	平均値 (回)	測定回数 (個)	標準偏差
現世	盛土層	B	8	9	8	2	0.7
完新世	沖積礫質土層	Ag	7	52	24	4	20.7
中新世	奥浦層－強風化部	0k-vw	18	150	68	9	49.2
	奥浦層－風化部	0k-w	214	300	278	4	42.9

注) 換算N値=合計N値/貫入深さ×30 cm、上限は300とした。

表 5.2-3 深度別N値総括表

孔番号	No. H 2 9 - 2			
深度 (GL-m)	地層名	記号	回 / c m	換算N値
0.5	奥浦層－強風化部	0k-v w	19/30	19
1.0	奥浦層－強風化部	0k-v w	18/30	18
1.5	奥浦層－強風化部	0k-v w	39/30	39
2.0	奥浦層－強風化部	0k-v w	35/30	35
3.0	奥浦層－強風化部	0k-v w	50/25	60
4.0	奥浦層－風化部	0k-w	50/5	300
5.0	奥浦層－風化部	0k-w	50/7	214
6.0	奥浦層－風化部	0k-w	50/3	300
7.0	奥浦層－風化部	0k-w	50/0	300
計測数 (回)				9
孔番号	No. H 2 9 - 3			
深度 (GL-m)	地層名	記号	回 / c m	換算N値
0.5	盛土層	0k-v w	9/30	9
1.0	盛土層	0k-v w	8/30	8
1.5	沖積礫質層	0k-v w	7/30	7
2.0	沖積礫質層	0k-v w	10/30	10
3.0	沖積礫質層	0k-v w	50/29	52
4.0	沖積礫質層	0k-w	30/30	30
5.0	奥浦層－強風化部	0k-w	50/25	60
6.0	奥浦層－強風化部	0k-w	50/15	100
7.0	奥浦層－強風化部		50/11	136
8.0	奥浦層－強風化部	0k-w	50/10	150
計測数 (回)				10

【地下水状況について】

調査ボーリング地点における孔内水位はケーシング抜管後の最終孔内水位を採用し、表 5.2-4 に取りまとめた。

表 5.2-4 ボーリング地点における孔内水位

ボーリング地点	地盤高 (H=m)	掘削長 (L=m)	孔内水位	
No. H2 9-2	4.12	7.00	孔底までなし	
No. H2 9-2	3.70	8.00	3.20	0.50

【室内土質試験結果】

土質試験は攪乱試料を用いて、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験（ふるい・沈降）、湿潤密度試験、三軸圧縮試験（CD試験）、突き固めによる締固め試験を実施した。各データは別紙資料を参照願ひ、試験結果をとりまとめた表 5.2-5 に総括表として示す。

表 5.2-5 土質試験結果総括表

地層名			盛土層	
記号			B	
試料番号			TP-1	
深度 (GL-m)			0.00~0.50	
物理	湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.047	
	乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )		1.711	
	土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.675	
	自然含水比 $w_n$ (%)		19.5	
	間隙比 $e$		0.564	
	飽和度 $S_r$ (%)		93.2	
粒度	礫分 [2~75mm] %		30.1	
	砂分 [0.75~2mm] %		32.1	
	シルト分 [0.005~0.75mm] %		20.5	
	粘土分 [0.005未満] %		17.3	
	最大粒径 (mm)		37.5	
	均等係数 $U_c$		—	
分類	地盤材料の分類名		粘性土質礫質砂	
	分類記号		SC s G	
締固め	試験方法		A-b	
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )		1.745	
	最適含水比 $W_{opt}$		16.6	
三軸圧縮	奥浦層一強風化部		CD	
	有効応力	粘着力C	kgf/cm <sup>2</sup>	0.12
			kN/cm <sup>2</sup>	12.13
		内部摩擦角 $\phi$ (°)		32.4

### (3) 基礎工事に関する考察

#### ① 設計用土質定数について

当敷地の地盤構成は、盛土層・沖積礫質土層・奥浦層（基盤岩）からなる。各土層のN値、単位体積重量（ $\gamma$ ）、粘着力（C）及び内部摩擦角（ $\phi$ ）等の土質定数について以下に提案する。今回の調査では、盛土層[B]に関する土質試験値は得られているが、それ以外の地層に関する土質定数については一般値やN値から推定値を示すものとする。

N値は、各地点の標準貫入試験結果に基づき、表 5.2-2 に示す平均値を採用する。

単位体積重量 $\gamma$ については表 5.2-5 の示す試験値を、その他の層については別紙出典資料を参考に推定する。

内部摩擦角（ $\phi$ ）及び粘着力（C）は別紙詳細の計算式と換算値N値による軟質岩盤強度定数の推定式により算出した。

以上の条件に基づいて求めた各土層の土質定数を表 5.2-6 に総括して示す。

表 5.2-6 各土層の土質定数（提案値）

地層名 (土質)	記号	N値範囲 (平均N値)	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{tf/m}^3$ ) [ $\text{KN/m}^3$ ]	内部摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	粘着力 C ( $\text{tf/m}^2$ ) [ $\text{KN/m}^2$ ]
盛土層 (礫混じり粘土質砂)	B	8~9 (8)	2.0 [20]	32	1.2 [12]
沖積礫質土層 (玉石混じり砂礫)	Ag	7~52 (24)	1.8 [18]	36	0 [0]
奥浦層－強風化部 (強風化砂岩)	0k-vw	18~150 (68)	1.7 [17]	38	6 [60]
奥浦層－風化部 (風化砂岩・風化礫岩)	0k-w	214~300 (278)	2.1 [21]	41	9.5 [95]

#### ② 支持層の選定と基礎形式

基礎形式を選定するにあたり、以下の土質的条件を考慮して支持地盤を選定する必要がある。

##### 【支持層としての地盤条件】

- ・ 長期許容支持力が計画荷重に対して十分大きい。
- ・ 土性の均一性とその連続性に対する信頼性が十分である。
- ・ 下位にN値の小さな軟弱な層が存在しない。
- ・ 上記の条件を満足する地層の中でも最も浅い深度にある。

### 【支持地盤の目安】

上記の条件を満たす地層は支持地盤として選定できるが、支持地盤は原則として十分な厚さを有する必要がある。粘土地盤では $N \geq 20$ 、砂質地盤では $N \geq 30$ の地層が、一般に良質な支持地盤のN値の目安とされている。

### 【支持層の選定】

支持地盤や基礎の選定にあたっては、敷地周辺に及ぼす影響を十分に考慮した上で、構造性能のほか、施工性や経済性等に関する比較検討を行い、最も合理的な基礎形式を選定する必要がある。

基礎構造はその支持形式により、直接基礎・杭基礎及びその併用基礎に大きく分類され、さらに直接基礎では基礎スラブの形式により、また杭基礎では杭の設置工法と杭の支持形式によりさらに細分類される。建築物の規模及び設計荷重によるが、直接基礎は支持層深度が（概ね深度3mより）浅い場合に適用され、杭基礎は支持層深度が（概ね深度5mより）深い場合に適用されることが多い。

調査地は表層から盛土層・沖積礫質土層・奥浦層（基盤岩）が分布する形態となっている。No.H29-2地点の基礎底面付近には奥浦層－強風化部〔Ok - vw〕が分布している。また、No.H29-1地点はスウェーデン式サンウディング試験結果より、No.H29-2地点と同様の傾向を示すと推察される。この2地点について、奥浦層－強風化部〔Ok - vw〕を支持層とした直接基礎による支持力の試算を行う。

No.H29-3地点の基礎底面付近には盛土層[B]が分布している。また、No.H29-4地点はスウェーデン式サンウディング試験結果より、No.H29-3地点と同様の傾向を示すと推察される。この2地点について、盛土層[B]を支持層とした直接基礎による支持力の試算を行う。

No.H29-1地点及びNo.H29-4地点はスウェーデン式サンウディング試験によって得られた換算値N値を No.H29-2地点は標準貫入試験で得られた換算値N値を No.H29-3地点は室内土質試験結果をそれぞれ用いて支持力を試算し検討した。

以下表 5.2-7 に調査対象物に参考として、10MVA 変圧器基礎の基礎形式と支持地盤の関係を総括する。なお、基礎形状は過去の参考資料のもとに仮定した。

表 5.2-7 建築想定 of 構造物適用基礎形式

構造物の種類	基礎形状			調査地点	支持層	換算N値 (平均)	適用 基礎形式
	L(m)	B(m)	D(m)				
10MVA 変圧器 基礎 (参考)	4.10	3.00	0.65	No.H29-1	奥浦層－強風化部 [0k-vw]	10.6～30.4 (18.8)	直接基礎
				No.H29-2		18～60 (34)	
				No.H29-3	盛土層 [B]	8～9 (8)	
				No.H29-4		9.0	

③ 支持力の試算結果

建設予定構造物について、スウェーデン式サウンディング試験（Nsw 値）による地盤支持力を表 5.2-8 に、換算N値及び土質試験結果を用いた直接基礎による試算結果を表 5.2-9 に示す。

表 5.2-8 (Nsw 値) による地盤支支持力

支持層	調査No.	長期許容 支持力度 <sup>※1</sup> (KN/m <sup>2</sup> ) [tf/m <sup>2</sup> ]	短期許容 支持力度 <sup>※1</sup> (KN/m <sup>2</sup> ) [tf/m <sup>2</sup> ]	自沈層の 有無 <sup>※2</sup>	自沈層分布 (現地盤面下GL-m) <自沈層厚m>
奥浦層－ 強風化部 [0k-vw]	H29 - 1	117.4 [11.98]	234.8 [23.96]	×	—
	H29 - 2	114.0 [11.63]	228.0 [23.27]	×	—
	平均値	115.7 [11.81]	231.4 [23.61]		—
盛土層 [B]	H29 - 3	120.0 [12.24]	240.0 [24.49]	×	—
	H29 - 4	92.0 [9.39]	184.0 [18.78]	×	—
	平均値	106.0 [10.82]	212.0 [21.63]		—

※1 深度0.50～2.50m間の平均値、長期・短期許容支持力の上限値は各、120.0KN/m<sup>2</sup>、[12.24tf/m<sup>2</sup>]とする

※2 自沈層なし： 1KN (100kgf) 自沈あり：△ 750N (75kgf) 自沈あり：○ 500N (50kgf) 自沈あり◎

表 5.2-9 直接基礎適用時における地盤鉛直支持力の試算結果

機器名称		10MVA変圧器基礎 (参考)			
直接基礎概略図					
諸元	記号 (単位)	スウェーデン式サウンディング試験結果 (換算N値) による試算 No. H29-1地点	標準貫入試験結果 (N値) による試算 No. H29-2地点	室内土質試験 (三軸圧縮試験) 結果 による試算 No. H29-3地点	スウェーデン式サウンディング試験結果 (換算N値) による試算 No. H29-4地点
基礎幅	$B$ (m)	3.00	3.00	3.00	3.00
基礎幅	$L$ (m)	4.10	4.10	4.10	4.10
根入れの深さ	$D_f$ (m)	0.65	0.65	0.65	0.65
基礎底面積	$A$ (m <sup>2</sup> )	12.30	12.30	12.30	12.30
支持地盤の土質区分		奥浦層-強風化部[0k-vv] (強風化砂岩)	奥浦層-強風化部[0k-vv] (強風化砂岩)	盛土層[B] (雑混じり粘土質砂)	盛土層[B] (雑混じり粘土質砂)
支持地盤の換算N値	$N$	18.8	34.0	8.0	9.0
支持地盤の粘着力	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	39.67	48.15	12.00	0.00
支持地盤の内部摩擦角	$\phi$ (度)	35.8	37.1	32.0	28.4
支持地盤の単位体積重量	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	17.0	17.0	20.0	20.0
根入れ部分の土の単位体積重量	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	20.0	20.0	20.0
基礎の形状係数	$\alpha$	1.1	1.1	1.1	1.1
基礎の形状係数	$\beta$	0.4	0.4	0.4	0.4
支持力係数	$N_s$	49.6	56.2	25.5	26.6
支持力係数	$N_c$	42.8	54.4	22.0	12.0
支持力係数	$N_\phi$	36.8	43.5	23.2	15.4
荷重の傾斜に対する補正係数	$i_s, i_\phi, i_c$	1.0	1.0	1.0	1.0
基礎の寸法効果による補正係数	$g$	0.7	0.7	0.7	0.7
$i_s \cdot \alpha \cdot c \cdot N_s$	(kN/m <sup>2</sup> )	2,257	3,103	488	0
$i_\phi \cdot \beta \cdot \gamma_s \cdot B \cdot g \cdot N_\phi$	(kN/m <sup>2</sup> )	535	679	324	176
$i_c \cdot \gamma_d \cdot D_f \cdot N_c$	(kN/m <sup>2</sup> )	478	566	301	200
単位面積当りの極限鉛直支持力	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	3,270.0	4,348.0	1,113.0	376.0
$n$	$q_u$ (t/m <sup>2</sup> )	333.7	443.7	113.6	38.4
短期支持力 ( $R_s=2/3q_u$ )	$R_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	2,180.0	2,898.7	742.0	250.7
$n$	$R_s$ (t/m <sup>2</sup> )	222.4	295.8	75.7	25.6
長期支持力 ( $Q_u=1/3q_u$ )	$Q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	1,090.0	1,449.3	371.0	125.3
$n$	$Q_u$ (t/m <sup>2</sup> )	111.2	147.9	37.9	12.8

\*換算N値による試算では、盛土層[B]の土質定数を $\phi = \sqrt{20N+15}^\circ$ ,  $c=0$  (kN/m<sup>2</sup>)、奥浦層-強風化部[0k-vv]の土質定数を $\phi = 5.10 \log N + 29.3^\circ$ ,  $c = 15.2N^{0.20}$  (kN/m<sup>2</sup>)により算出した。

#### (4) まとめ及び設計・施工上の留意点

今回の地質調査を踏まえ、今後予定される変電所新設工事における設計・施工上の留意点を以下に示す。

##### 【地盤状況】

- ・敷地を構成する地盤は、地表から盛土層[B]・沖積礫質土層[Ag]・奥浦層[0k]（基盤岩）が分布する形態となっている。沖積礫質土層は[Ag]は No.H29-3 地点でのみ確認された。
- ・地下水位は No.H29-2 地点では孔底まで確認されず、No.H29-3 地点で深度 3.20m（標高 0.50m）付近にて確認された。

##### 【支持地盤及び基礎形式について】

- ・No.H29-1 地点及び No.H29-2 地点の深度 0.20～0.50m 付近以深に分布する奥浦層－強風化部 [0k - vw] は、平均N値で 68 を示しているため支持層となり得る。支持層深度が浅いため、直接基礎形式の採用も可能であると考えられる。
- ・No.H29-3 地点及び No.H29-4 地点の深度 1.50m 付近以浅に分布する盛土層[B]では、N値 8～9 程度を示しているが、比較的低荷重の構造物であれば、盛土層[B]を支持地盤とした直接基礎形式の採用も可能であると考えられる。

##### 【地盤の支持力について】

- ・No.H29-1 地点及び No.H29-2 地点：奥浦層－強風化部[0k - vw]を支持地盤として直接基礎を採用した場合の長期許容支持力を試算すると、1090.0～1449.3KN/m<sup>2</sup>(111.2～147.9tf/m<sup>2</sup>) 程度の支持力が期待される。
- ・No.H29-3 及び No.H29-4 地点：盛土層[B] を支持地盤として直接基礎を採用した場合の長期許容支持力を試算すると、125.3～371.0KN/m<sup>2</sup>(12.8～37.9tf/m<sup>2</sup>) 程度の支持力が期待される。

##### 【その他の留意点】

- ・支持層となる奥浦層－強風化部[0k - vw]の上面の分布深度は、図 5.2-3 の地質想定断面図に示すように、山側で浅く海側で深くなっている。また、沖積礫質土層[Ag]は山側には存在しないものと推察されるため、基礎底面深度の決定には留意が必要である。
- ・表層付近の盛土層や沖積礫質土層内は硬質な礫や玉石を豊富に含むため、掘削工法の検討が必要である。

## 5.2.2. 陸上電気設備（変電所）の設計

### (1) 基本設計（電気設備）

#### 【電気設備概要】

1. 変電所形式：全屋内変電所
2. 設置機器
  - ① 変圧器
  - ② 海底複合ケーブル
  - ③ 配開装置：受電盤、配電線盤（保護継電器含む）、所内 Tr 盤、動力 Tr 盤
  - ④ 配電線：ケーブル引込
  - ⑤ 低圧装置： 低圧 Tr 盤
  - ⑥ 直流電源装置：1面
  - ⑦ 無停電電源装置：UPS 盤及び入出力盤（2面）
  - ⑧ 単独運転検出装置：1面
  - ⑨ 監視制御装置：1式（PLC 含む2面）
3. 設計者 1：協和機電工業(株)電力部門（全体構想設計起案・電気工事システム設計）
4. 設計者 2：(株)九電ハイテック電気部（詳細設計）
5. 建設予定地：五島市奈留町鈴の浦海岸地区

#### 【機器仕様、建屋形式、座標、基準レベルの検討】

- ・主機である特高、高圧機器メーカーの選定にあたっては、塩害の激しい五島列島での電力会社納入実績と変電所運用実績で日新電機を採用した。その他周辺機器も変電所での運用実績のある機器メーカーを採用した。
- ・建物形状を決定するに当たり、過去の建設実績ほか、機器メーカーの提出資料にて型式・形状をもとに基本レイアウト検討案（第1案）を起案した。
- ・検討案（第1案）にて、保守点検スペース、機器搬入、搬出スペース他ケーブルダクトを含む機器配置計画図を複数創案した。
- ・機器メーカー各社、西日本技術開発(株)一級建築士、(株)九電ハイテック電気部、協和機電工業(株)にて複数回の会議と打ち合わせにて、機器基礎形状、重量、各機器熱量などの基本情報を集め、現地調査と並行作業で変電所建屋内機器配置設計を実施した。
- ・建設予定地の建物基本配置については、地権者側ブロック塀に並行配置案と消波ブロック側防波堤通路並行案を作成し、地権者伺いも行い、周辺状況に適した配置計画を検討した。最終的には通路～建物間の機材運搬スペース等から「消波ブロック側防波堤並行案」に決定した（図 5.2-4）

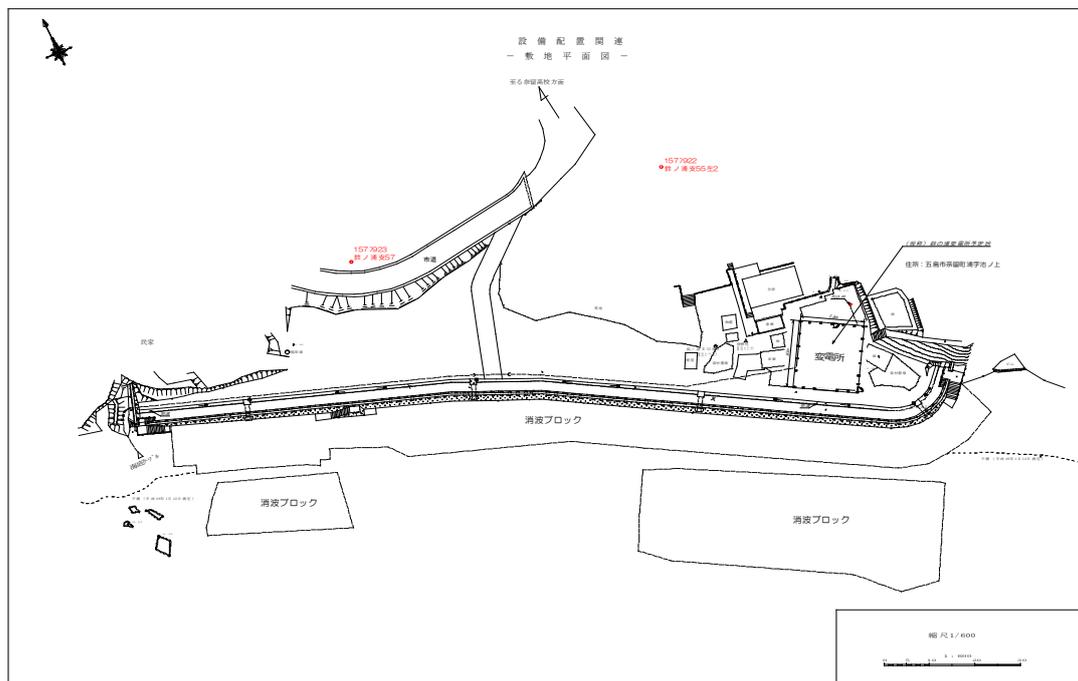
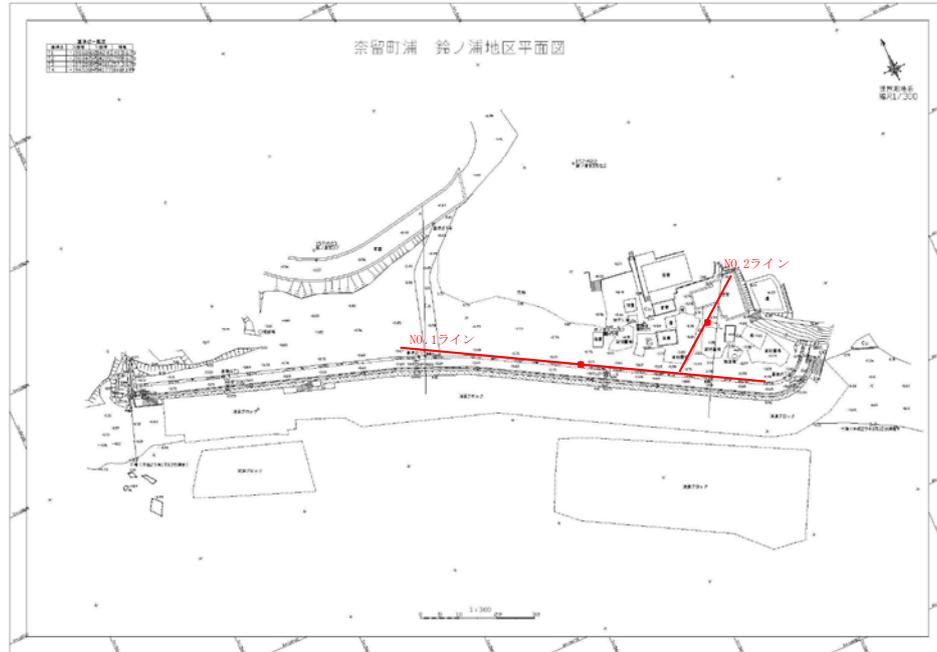


図 5.2-4 変電所の配置

- ・ GL (グランドレベル) 基準エレベーションは測量後に設置した鋸 T1～T3のうち最も近接の T3 (EL=3.675) とし、変電所フロアレベルを+300mm と決定した。
- ・ 当初屋外に予定したケーブルダクトは屋内設置とし、海底複合ケーブルは直接 (管路) 埋設方式にて変電所海側のケーブルダクト口から挿入 (GL-600～1000)、配線・接続させることとした。
- ・ また借地予定地に対して、変電所の外柵は設置しないことを地権者とも相談決定した。

#### 【接地設計】

- ・ 変電所予定地の大地固有抵抗を平成 29 年 8 月に測定した。
- ・ 測定結果より、当地点の基礎支持方式が「直接基礎」であることも考慮して平均的の大地固有抵抗率を求めた結果、No.2 ラインで  $34.5 \Omega\text{-m}$  となったことから接地網設計に採用する大地固有抵抗値を  $35 \Omega\text{-m}$  とする。測定箇所の No.1.2 ライン、測定法については図 5.2-5 で示す。
- ・ 接地網設計における接地抵抗目標値は、電気設備技術基準より A 種接地抵抗値  $10 \Omega$  でも良いが、実績から  $4 \Omega$  を目標値とした。



測定方法

L-10型大地比抵抗測定器を用いWennerの4電極法により、 $a=1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 30$ の各々における抵抗を測定し、 $\rho = 2\pi a R$  ( $\Omega\cdot m$ ) より各測定点の見掛け抵抗を求める。また、下図に示す様な方法で各測定ラインの中央における打ち込み電極棒の抵抗値を測定する。

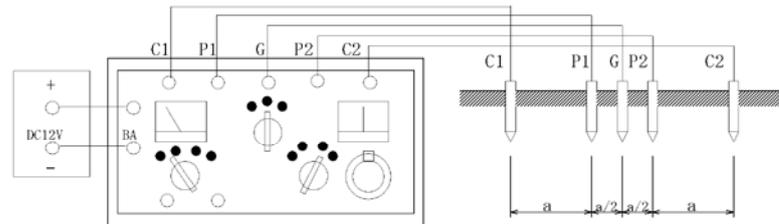


図 5.2-5 接地抵抗の検討

- ・ 接地網設計の結果は、接地母線は裸軟銅線（100mm<sup>2</sup>）にてメッシュの大きさは12m×14m（屋外機器の設置面積+ $\alpha$ ）で目標値 4.0 $\Omega$ を満足するが、安全を考慮し、接地板6枚を等間隔で設置する（図 5.2-6）

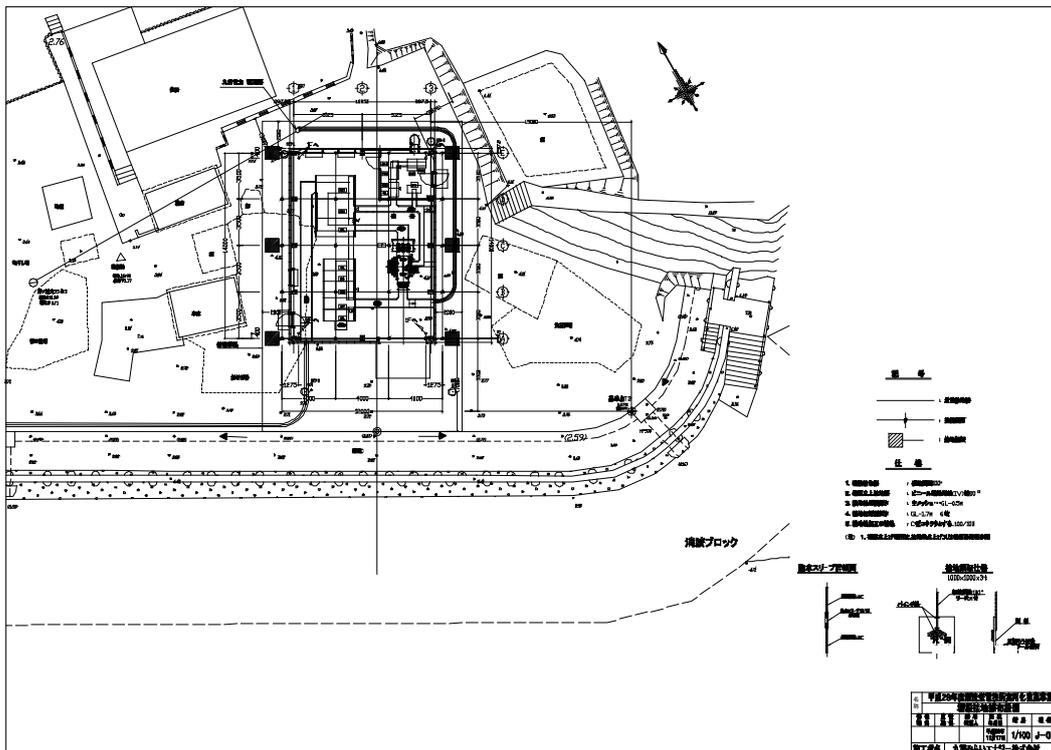


図 5.2-6 埋設接地線敷設図

【機器レイアウト・仕様の決定】

- ・変電所構内に配置する主要変圧器及び開閉器盤群を特別高圧機器と高圧機器群とに大別し、遮断機のメンテナンスに伴う引出スペースも確保した。
- ・主要変圧器の位置は、機器搬入・搬出ほか1次2次ケーブルの位置・方向・騒音等将来のメンテナンスを考慮した配置とした。
- ・海底ケーブルを接続するための海底線接続盤は特別高圧盤の列盤に接続し、ケーブルヘッド設置スペース、海底ケーブル側の主回路単独絶縁測定器具、通信ケーブル終端箱の配置他を考慮した設計とした。発電機操作電源線は端子台受け渡しとする。
- ・所内変圧器と発電機操作電源用変圧器盤は高圧盤群に配置することで最適なレイアウトに、また主回路用ケーブルダクト及び制御回路配線を考慮したケーブルダクトはフロアレベル以下とし、ダクト蓋上面がフロアレベルとする。
- ・主要機器は建物内に配置するが、奈留島は塩害の激しいD地区のため、屋外仕様とした。
- ・周辺機器のUPS（無停電電源装置）ほか直流電源装置、監視制御装置と単独運転検出装置は建屋構内に空調制御室を作り、配置することとした。
- ・上記仕様で複数案を1つの案に絞り込み、最終的な機器配置とケーブルダクトの設計平面図を図5.2-7に、断面図を図5.2-8に示す。

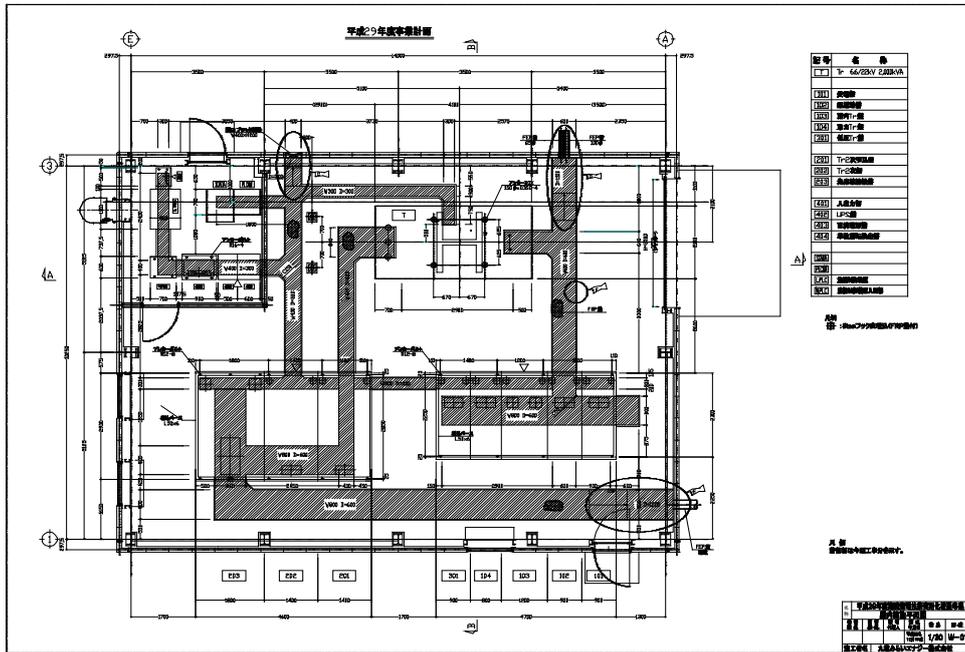


図 5.2-7 平面図

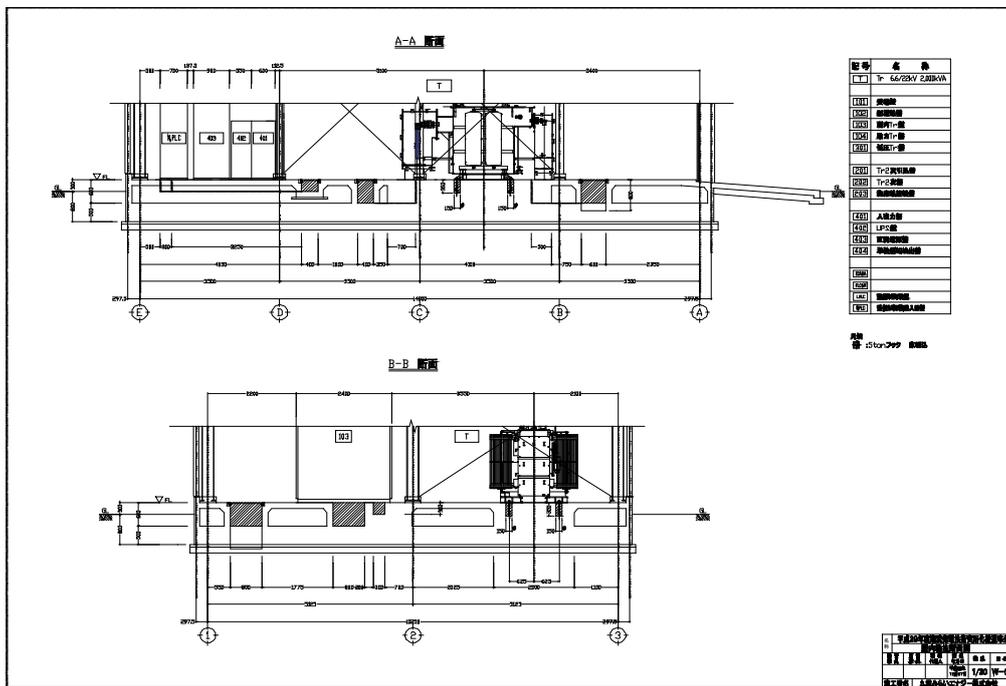


図 5.2-8 断面図

## 【騒音設計】

陸上電気設備（変電所ほか）周辺の境界点における新設工事後の騒音値を推定する。境界点における騒音値は、音源から各測定点までの距離減衰での減音効果の推定値として求める。

平成29年8月に測定した現地想定値より、音推定検討を行った。騒音規制では長崎県条例区域外であるが、近接民家への影響を考慮し最高騒音推定値を設計した。

適用指針は「発変電所等における騒音振動防止対策指針」JEAG-5001-2015 日本電気協会とし、対象機器は変電所屋内設置の主要変圧器で（三相油入自冷式 6.6/20kV、2 MVA）60Hz）製造者：日新電機、騒音レベル=67dB（JEM-1118 基準値 64dB+裕度 3dB）で設計した。騒音推定値を図 5.2-9 に示す。

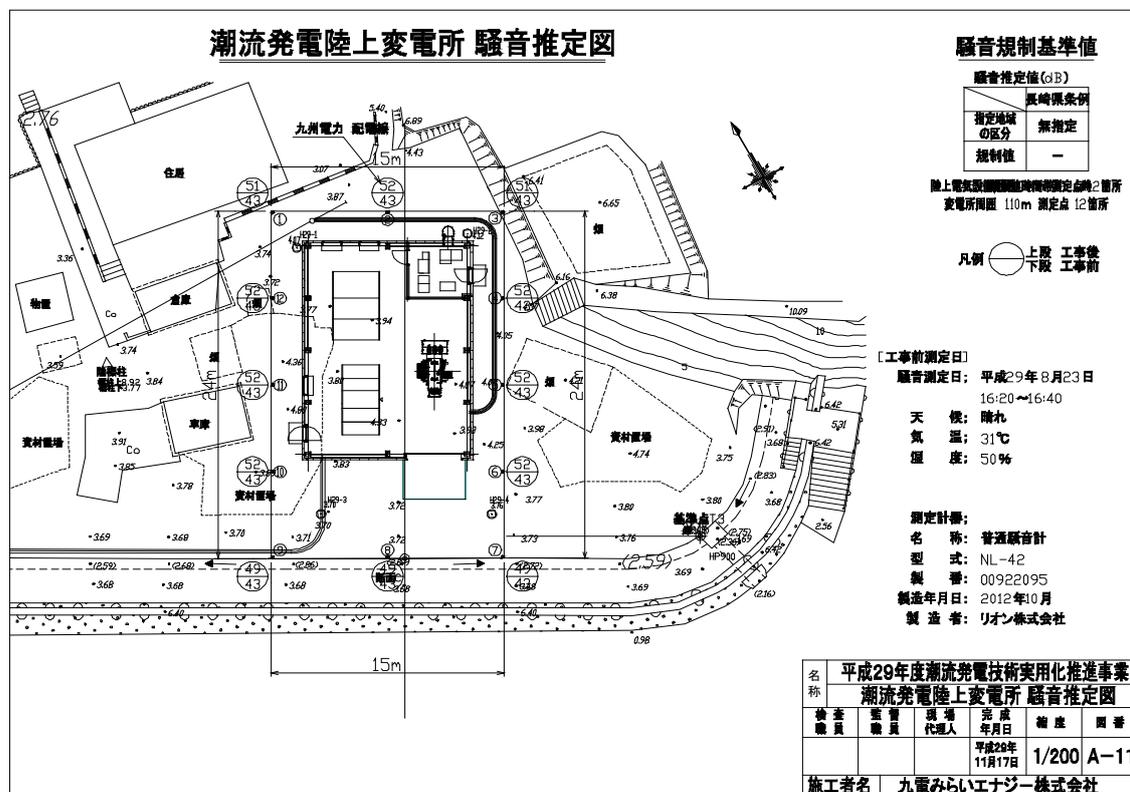


図 5.2-9 騒音推定図

## 【基本設計電気設備のまとめ】

変電所の機器レイアウト詳細については建物・基礎設計者と相互に協議し、建設工事を考慮した機器の埋設ベースの先行設計、変圧器搬入引込用フック（金具）の埋設設計など過去の変電所建設実績で得られた知見を反映させた。また自動火災報知設備は法的義務がないことを監督官庁と確認したが、今回は任意で設置することとし、警報は別途設計の変電所監視制御装置へ取り込むこととした。

## (2) 基本設計 (建屋・基礎)

### 【建築物概要】

- ・建物名及び工事名：潮流発電陸上変電所新設工事
- ・設計者1：協和機電工業(株) 電力部門 (電気システム設計・全体の構成)
- ・設計者2：西日本技術開発(株) 一級建築士事務所 (建屋構造・基礎構造)
- ・設計者3：(株)九電ハイテック電気部 (電気詳細設計)
- ・建築場所：長崎県五島市奈留町浦字池ノ上
- ・用途：電力供給用変電所
- ・規模：建築面積 158.28m<sup>2</sup> 地上1階、高さ GL+6.505m 基礎深度 GL-0.8m
- ・構造種別：鉄骨造
- ・構造形式：X方向Y方向ともにブレース付きラーメン構造
- ・基礎種別：直接基礎 (べた基礎)

### 【基礎及び上部構造について】

潮流発電陸上変電所は、長崎県五島市奈留町浦字池の上に計画する建物であり、屋内にはトランス等を設置する。建物形状は、X方向2スパン、Y方向4スパンの矩形な平面形状をもつ鉄骨造平屋の電力供給業用変電所である。以下の項目に整理し、設計を行う。

- ・基礎は、敷地内で行われた地盤調査結果を基に、GL-0.80mを基礎下端とし、直接基礎 (べた基礎) で計画する。
- ・地質調査結果より、支持層付近のN値は、7~19程度であるため、設計においてはN値を8として地耐力を算定する。
- ・本建物の主架構は、X方向は10.25m (5.125m×2スパン)、Y方向は14.0m (3.50m×4スパン)の長方形の平面形状で構成され、軒の高さ及び最高高さはGL+6.505mの平屋の建物である。
- ・建物の用途は電力供給用建築物であり、構造種別はS造で、X方向、Y方向ともブレース付きラーメン架構である。
- ・主柱は、H形鋼 (SN400B) を使用し、柱脚は露出型柱脚とする。
- ・大梁は、H形鋼 (SN400B) を使用する。梁継手は柱芯から500mmの位置を基本とし、高力ボルト接合とする。
- ・9.小梁はH形鋼 (SS400) を使用する。
- ・10.鉛直ブレースには等辺山形鋼 (SS400)、水平ブレースにはターンバックルブレース (SS400) を使用し、引張ブレースとする。
- ・11.高力ボルトには、溶融亜鉛メッキによる防錆塗装を施したF8Tを用いる。屋根は、ALC版 (t=100) を用いる。壁は、ALC版 (t=125) を用い、縦張りとする。



#### 【上部及び基礎構造計算方針について】

- ・設計ルートは X 方向、Y 方向共にルート 1-2 とする。
- ・地盤は、第二種地盤と判定し  $R_t$  を算出する。
- ・ $A_i, R_t$  の算定に用いる一次固有周期は告示式より算定する。
- ・応力解析には、一貫構造計算プログラム「Super Build SS7 ver.1.1.1.7」を使用する。
- ・計算用柱スパンは柱芯間、階高は梁天端間とする。但し、中間階については、梁芯レベルとする。
- ・平面形状を X 方向 2 スパン、Y 方向 4 スパンとしてモデル化する。また、中間梁を考慮し、構造計算上は階数を 2 層としてモデル化する。
- ・屋根は、水平ブレースの面内剛性を考慮し、剛床としてモデル化する。中間階については、剛床が成立しないため、剛床を解除してモデル化する。
- ・部材モデルについて、柱は軸・曲げ・せん断変形を、梁は曲げ、せん断変形を考慮した線材要素として計算を行う。
- ・柱脚は、露出型柱脚としてモデル化し、回転剛性を考慮する。
- ・鉄骨部断面設計の端部応力には、鉛直荷重時については節点位置での応力を用い、水平地震時についてはフェイス位置での応力を用いる。
- ・柱の断面算定には、二軸曲げを考慮する。
- ・大梁の断面算定については、両端部、継手位置及び中央部の 5 箇所で行う。
- ・ベタ基礎については、基礎部分のみの分離モデルを作成し、FEM 解析を行う。
- ・応力解析には、汎用構造解析プログラム「midas iGen 2016 Ver.855 R1」を使用する。
- ・上部構造より柱脚に作用する荷重、トランス機器の荷重及び基礎の慣性力を考慮する。上部構造より柱脚に作用する荷重は、応力解析で得られた支点反力より設定する。
- ・基礎の検討は、地盤の許容応力度に対する接地圧の検定、基礎マットに生じる曲げモーメント及びせん断力に対する検討を行う。
- ・地盤の許容応力度については、長期で  $100\text{kN/m}^2$ 、短期で  $200\text{kN/m}^2$  として接地圧に対する検討を行う。

【建屋、基礎構造の関係法令ほか建屋材の仕様について】

構造設計等の計算上準拠した指針・規基準等について、表 5.2-10 に示す。

表 5.2-10 構造設計等の計算上準拠した指針・規基準等

建築基準法・同施行令・告示等
建築物の構造関係技術基準解説書（2015年版）
鉄筋コンクリート構造計算規準・同解（1991、1999、2010年版）
鋼構造設計規準（2002、2005年版）
鋼構造接合部設計指針（2006年版）
建築基礎構造設計指針（2001年版）

建屋鉄骨構造ほか外部仕上げ側面図を、図 5.2-12 と図 5.2-13 に示す。

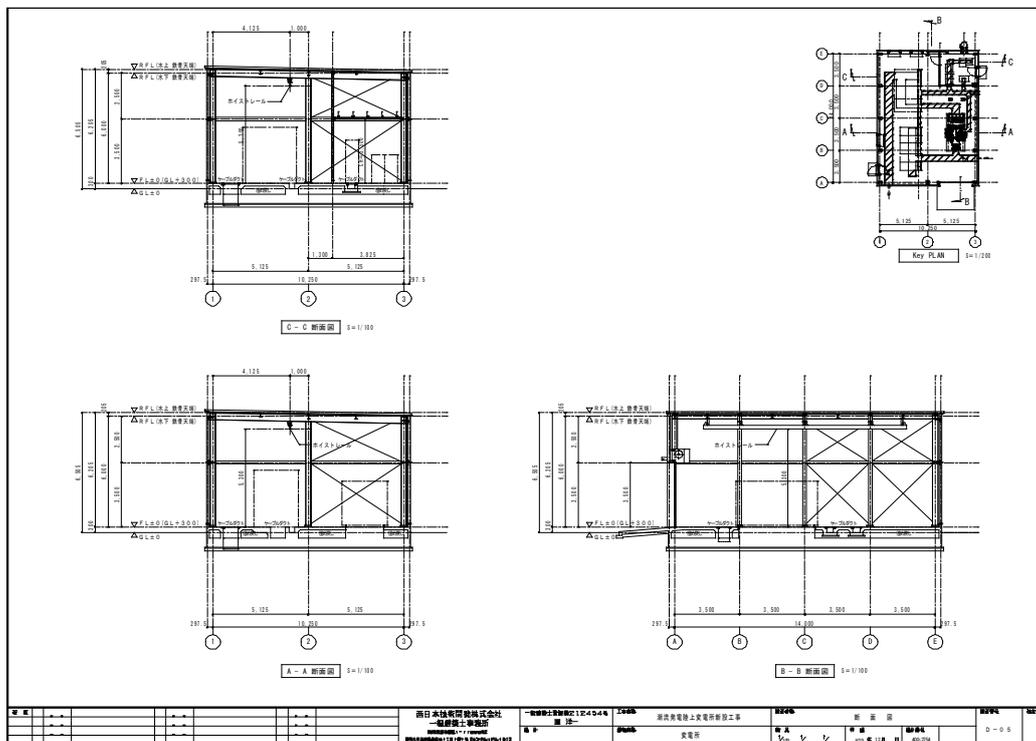


図 5.2-12 鉄骨構造

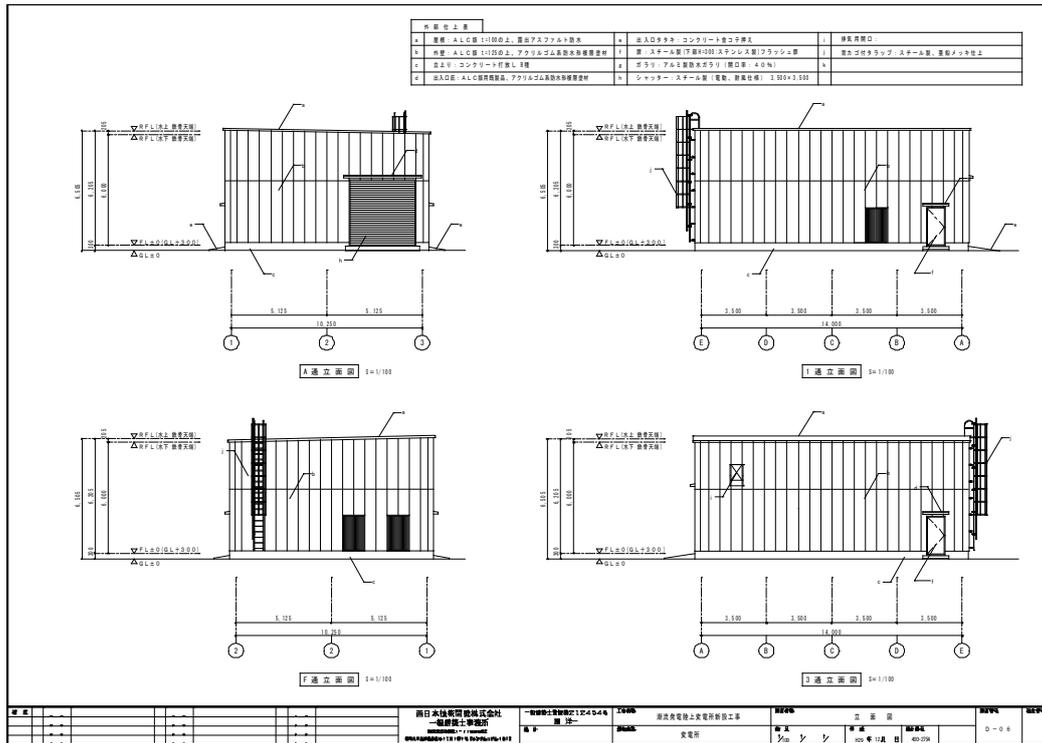


図 5.2-13 側面図

表 5.2-11 に構造物の使用する材料に対する基準強度を使用部位毎に示す。

表 5.2-11 構造物の使用材料に対する基準強度

材 料	設計基準強度 又は品質(N/mm <sup>2</sup> )	使用部位
普通コンクリート	Fc24	基礎、床
鉄 筋	SD295A	D19 未満
鉄 筋	SD345	D19～D25
鋼 材	SS400	小梁・ブレース・開口補強・PL・ アンカーボルト(開口補強)
鋼 材	SN400B	主柱・大梁
鋼 材	ABR400	アンカーボルト(主柱)

【使用材料の許容応力度】

各種の許容応力度については、表 5.2-12 にコンクリートの許容応力度を、表 5.2-13 に鉄筋の許容応力度を、表 5.2-14 に鋼材の許容応力度を示す。

表 5.2-12 コンクリートの許容応力

種 類	長期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )				短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )			
	圧縮	せん断	付着		圧縮	せん断	付着	
			上端筋	その他の鉄筋			上端筋	その他の鉄筋
Fc24	8.00	0.73	1.54	2.31	16.00	1.10	2.31	3.47

表 5.2-13 鉄筋の許容応力

種 類	長期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )			短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )			基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	圧縮	引張り	せん断	圧縮	引張り	せん断	
SD295A	195	195	195	295	295	295	295
SD345	215(195)	215(195)	195	345	345	345	345

表 5.2-14 鋼材の許容応力

種類	長期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )				短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )				基準強度(N/mm <sup>2</sup> )	備考
	圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断		
SS400	156	156	156	90	235	235	235	135	235	t ≤ 40
SS400	143	143	143	82	215	215	215	124	215	t > 40
SN400B	156	156	156	90	235	235	235	135	235	t ≤ 40
SN400B	143	143	143	82	215	215	215	124	215	t > 40
SN490C	216	216	216	125	325	325	325	187	325	t ≤ 40
SN490C	196	196	196	113	295	295	295	170	295	t > 40

【変電所外部について】

建屋周囲は一定の幅をアスファルト舗装仕上げと縁石で境界端部を表現することとした。変電所機器搬入口側はコンクリートスラブ仕上げとし、防波堤側に勾配を考慮した整地仕上げとする。図 5.2-14 に変電所建屋周囲に施設する舗装・縁石範囲の計画図を示す。

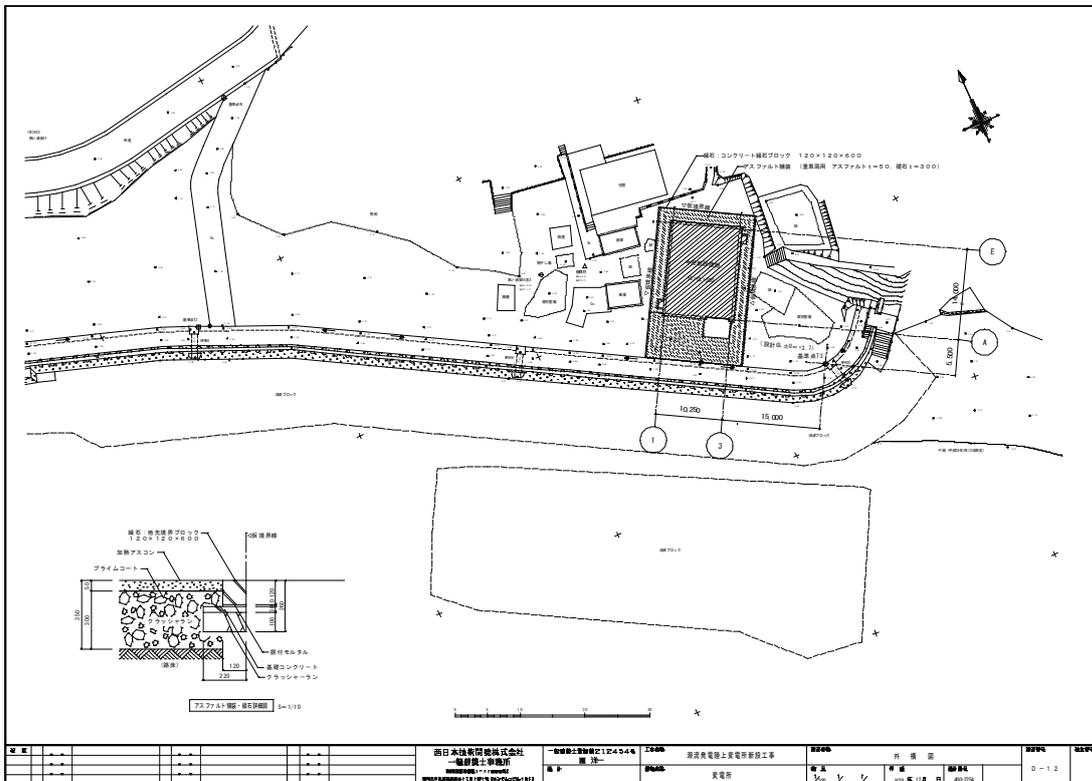


図 5.2-14 変電所建屋周囲の計画図

### 5.2.3. 海底ケーブルの設計

#### (1) 製作設計

##### 【使用条件と概要】

- ・電線路と種類：水底電線路の海底電線（電気設備技術基準）
- ・設計者1：協和機電工業㈱ 電力部門（電気システム設計・全体の構成）
- ・設計者2：住友電気工業㈱（製作・敷設工事設計）
- ・設置・敷設場所：奈留町浦字池ノ上陸上変電所 ～ 奈留瀬戸（海底設置発電機）
- ・用途：発電機電源線、通信線、操作電源線
- ・条長：敷設ルート約 1,600m（陸上ルート含む）

##### 【海底ケーブル敷設ルート・条長について】

陸上変電所の設置場所が確定し発電機の設置位置、方向（最終位置は未決）概要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の調査内容を精査し平面上の条長を確定した。また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 5.2-15 に敷設ルートを示す。

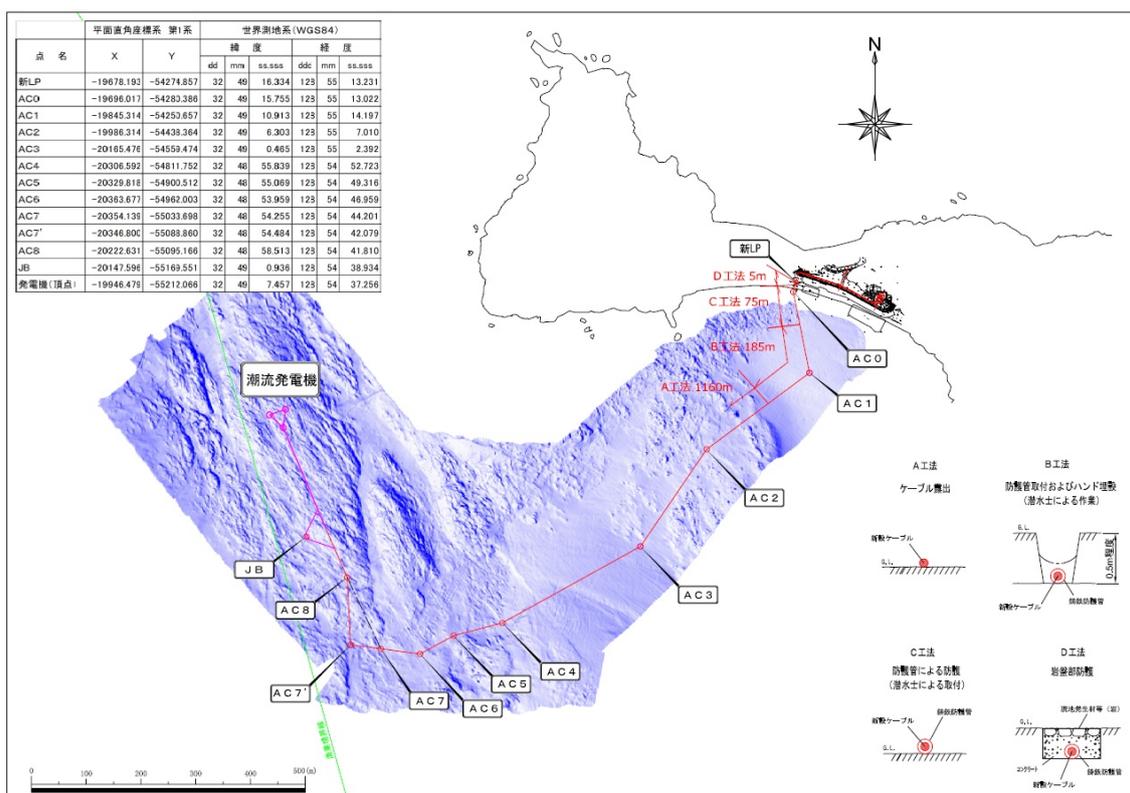


図 5.2-15 海底ケーブル敷設ルート図

【設計準拠規格について】

発電機側（オープン hidro 社）の要求する [国際規格（IEC 規格）] 仕様では日本の商用電圧 22kV に直接対応した電圧が記載されていないため、日本国内の電気事業法に掛る電気設備技術基準や国内電力用規格などに準拠することとした。外装（鉄線）は電気設備技術基準に準拠し、絶縁厚や試験電圧に関する部分は該当する記述がないため、この部分は電力用規格（地中ケーブル用の規格）に合致した仕様とする。

【海底ケーブルの防護方式と表示について】

今回設計したケーブルの防護方式は次年度の工事計画（工事設計）で決定する。陸上部は直接埋設方式とするが、海際から海底部については奈留瀬戸の潮流分析とその評価、また漁協等の地元の方々の意見を踏まえ海上の利用に関する意見集約後に決定することとした。

また、海底ケーブルの表示に関する陸漂についても、法的拘束はないが設置個所と表示方法を検討し、防護方式と同様に地元意見集約後に設計・製作・設置することとした。

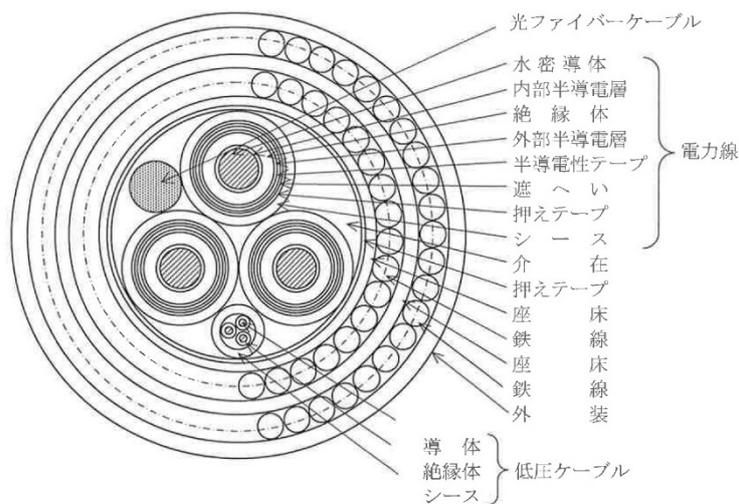


図 5.2-16 海底ケーブルの仕様

## (2) 海底ケーブルの接続設計

### 【接続方式の選定】

海底ケーブルの陸上側は直接埋設にて敷設する。変電所入り口付近に二重鉄線引き止装置を設置し、変電所内ケーブルダクトには外装鉄線を外した状態での挿入とする。

端部の接続は海底線接続盤内に碍管方式にてケーブルヘッドを製作し、導体にて母線接続とする。

低圧ケーブルは同盤内端子台に接続し、光ケーブルは終端箱を同盤内に取り付ける。海底に設置する発電機側との接続は、使用実績のある国内ケーブルメーカー（住友電気工業）の直線接続材料を使用し接続することとした。図 5.2-17 に、陸上端部を図 5.2-18 に海底接続部を示す。

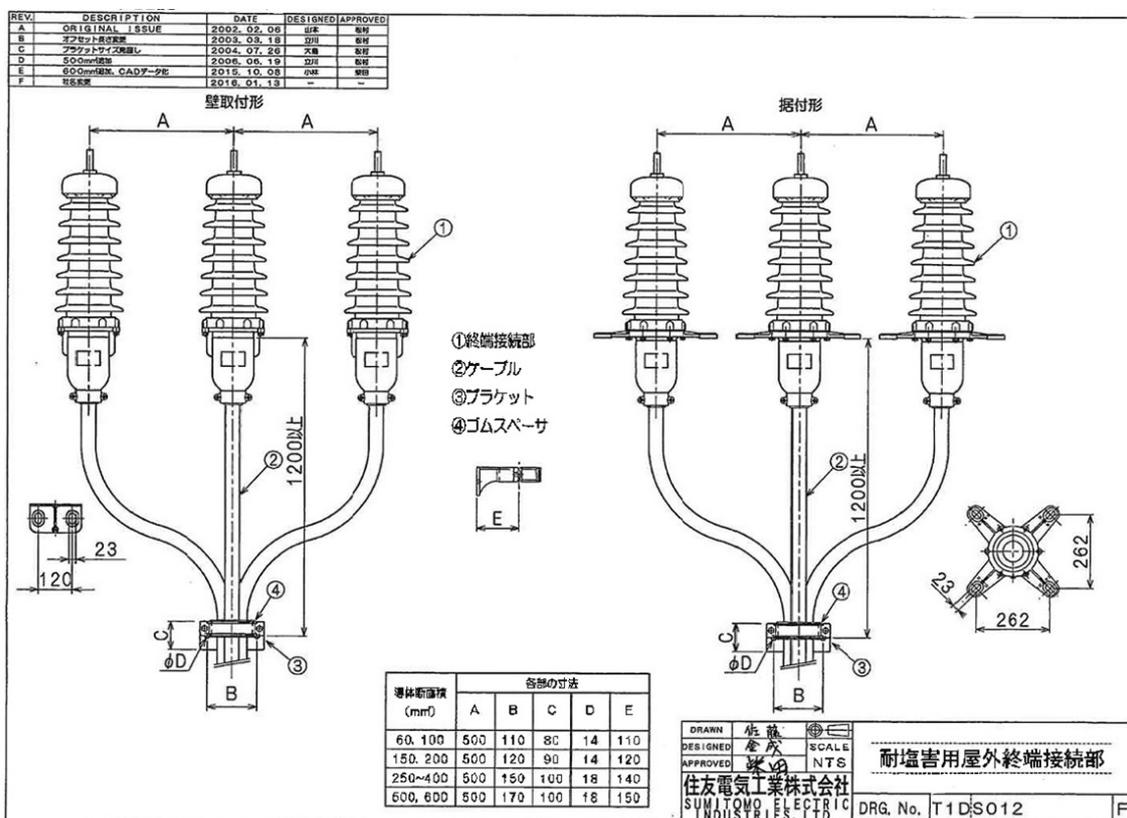
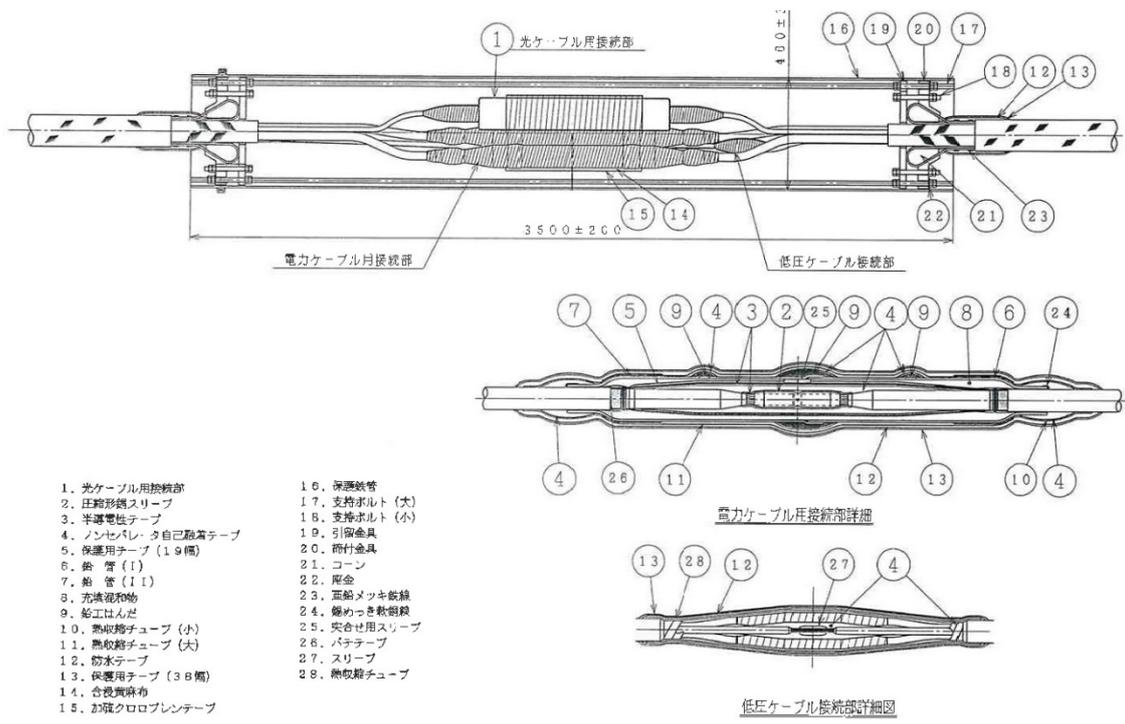


図 5.2-17 陸上端部



- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| 1. 光ケーブル用接続部      | 16. 保護管       |
| 2. 圧縮形熱スリーブ       | 17. 支持ボルト (大) |
| 3. 半導電性テープ        | 18. 支持ボルト (小) |
| 4. ノンセパレータ自己融着テープ | 19. 引留金具      |
| 5. 保護用テープ (19個)   | 20. 荷付金具      |
| 6. 鉛管 (I)         | 21. コーン       |
| 7. 鉛管 (II)        | 22. 圧金        |
| 8. 充填剤            | 23. 亜鉛メッキ鉄線   |
| 9. 鉛工はんだ          | 24. 締めつき軟鋼線   |
| 10. 熱収縮チューブ (小)   | 25. 突合せ用スリーブ  |
| 11. 熱収縮チューブ (大)   | 26. パテテープ     |
| 12. 防水テープ         | 27. スリーブ      |
| 13. 保護用テープ (38個)  | 28. 熱収縮チューブ   |
| 14. 合授貫麻布         |               |
| 15. 加硫クロロレンテープ    |               |

図 5.2-18 海底接続部

### 5.3. 施工工法及び施工台船の仕様の検討

#### 5.3.1. 概要

##### (1) 検討概要

昨年度は潮流の速い海域における発電機の施工工法の FS を行い、起重機船のクレーンを用いる従来の施工工法では十分な稼働率を確保できず、双胴船にウインチを備えて施工する新工法の採用が好ましいと結論付けた。

今年度は発電機設置及び回収に使用する施工台船（海外で適用実績がある双胴船の代替船）及び主要設備の仕様検討を実施した。また、発電機と基礎構造を一体化する組立作業フローや発電機設置時のタイムスタディー等の施工要領に係る基本検討を行った。

##### (2) 発電機及び基礎構造諸元

発電機全体及び基礎構造の参考図を図 5.3-1 及び図 5.3-2 に、また現時点で最新の気中及び水中重量を表 5.3-1 に示す。基礎構造は重力式の 3 点支持形式であり、杭等での固定は行わない。このため、発電機の水中での安定性確保を目的として、基礎構造のパイプ内にコンクリートを充填し水中重量を増大させる設計となっている。



図 5.3-1 発電機参考図

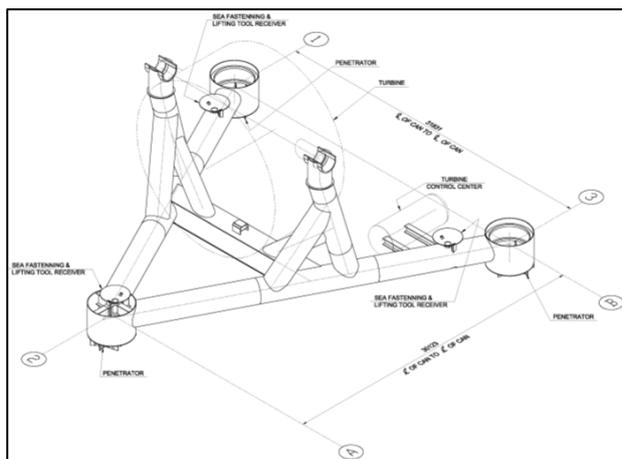


図 5.3-2 基礎構造参考図

表 5.3-1 発電機の重量（参考）

番号	品目	気中重量	水中重量	
1	発電機	340トン	180トン	
2	TCC			
3	基礎構造	350トン	300トン	
4	コンクリート	850トン	480トン	
5	付着生物	70トン	20トン	
	合計	設置時	1,540トン	960トン
		回収時	1,610トン	980トン
参考	リカバリーフレーム	100トン	60トン	

### (3) 発電機設置位置と海底面状況

奈留瀬戸における発電機設置位置近傍の海底地形図を図 5.3-3 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、昨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。

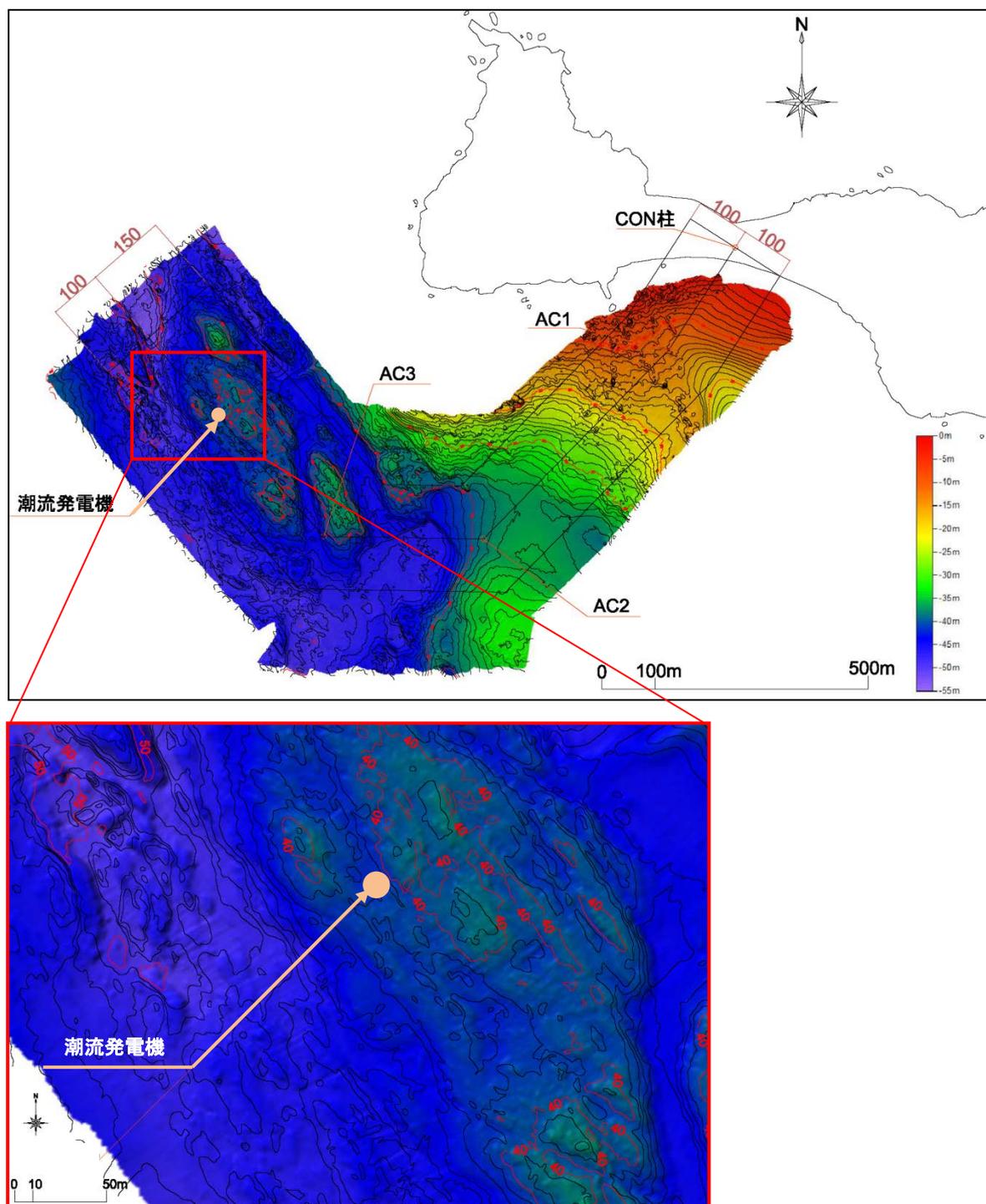


図 5.3-3 海底地形図

### 5.3.2. 施工台船の仕様の検討

#### (1) 施工台船の形状

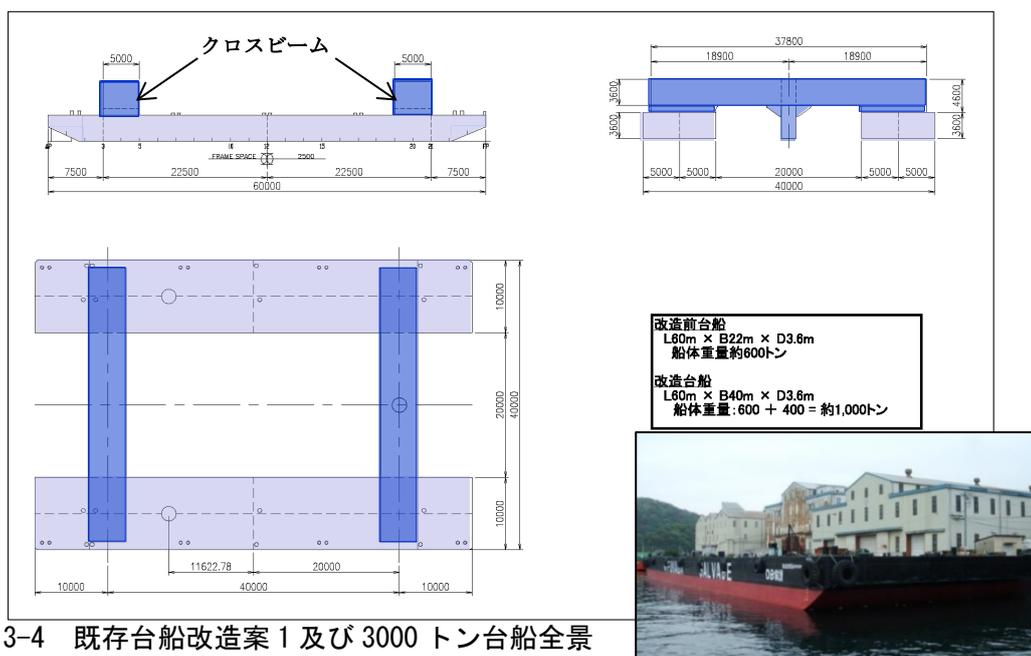
オープン hidro 社の発電機を設置及び回収するための施工台船は海外に2隻存在するものの国内には施工に適した施工台船は存在しない。今年度の検討では、海外から施工台船を備船するケース、国内にて専用船を新造するケース、国内の既存台船を改造するケースを検討対象とし、その中から国内既存台船を改造することを選択した。主な選択理由を以下に示す。

- ① 供用開始後の維持管理や発電機トラブルにより速やかな発電機の回収が必要となる場合を想定すると、本事業終了後も国内で施工台船が備船可能であることが求められる。
- ② 本事業は将来的な商業化を見据えた実証事業であるものの具体的なアレイ化やファーム化の予定は未定である。そのため、施工台船は発電機設置の専用船とせず本事業終了後にも他の用途で利用可能な船型が望ましい。
- ③ 出来る限り費用を抑えるために既存の台船や設備を活用することが望ましい。

国内既存台船の改造にあたり、既存台船の入手確実性を踏まえて以下2案を検討した。案1は既存台船の改造やクロスビームの製作等に使用する鋼材量が少なく改造費用の抑制が可能と考えたものの、発電機搭載時の曳航、発電機の設定及び回収作業に耐える十分な船体強度を有していないことから大掛かりな補強が必要であることが判明した。結果、案1では改造費用を抑制できないことから案2を採用することとした。

#### (案1) 積載重量3,000トンの既存台船の改造案

3,000トン台船を長手方向中央で切断しクロスビームで連結する改造案である。



(案2) 積載重量 24,000 トンの既存台船の改造案

既存台船を二分割し、発電機を搭載するための張り出し部を新規に製造し船尾に接合する。また船尾に発電機の吊り点を設ける必要があるため、張り出し部同士をクロスビームで連結する改造案である。

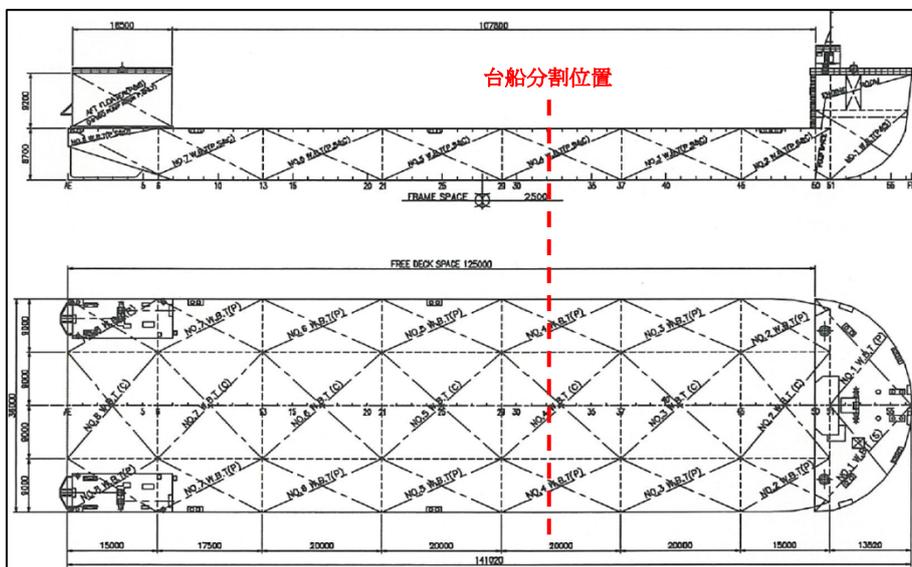


図 5.3-5 既存台船切断位置

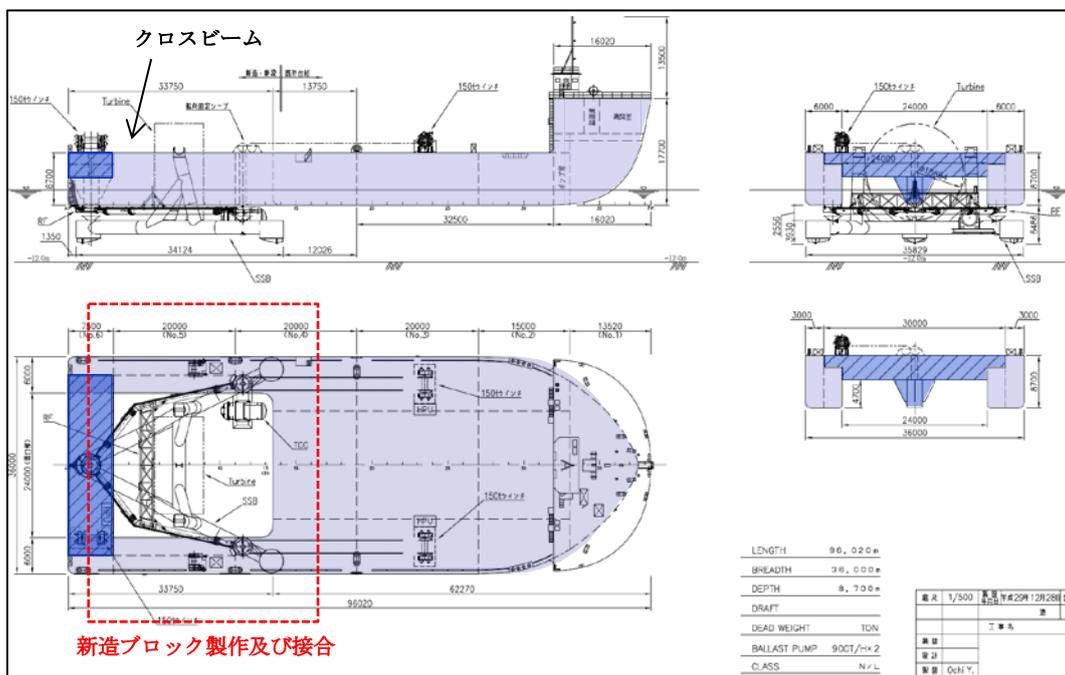
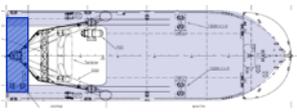


図 5.3-6 既存台船改造案 2

ここで、オープン hidro 社が海外で保有する潮流発電専用の施工台船と改造案2の基本諸元の比較を表 5.3-2 に示す。改造案2の施工台船は、船体中央ではなく船尾に発電機を搭載することから、荷重作用点の偏心に対する船体強度、及び発電機着底後の発電機水中重量（約 1,000t）の除荷に対する船体安定性を確保するため海外の施工台船に比べ寸法を大きくした。表中の改造案2の施工台船の作業可能な海象条件に関しては、来年度に船体の動揺特性検討を実施し決定する。

表 5.3-2 施工台船比較

船名		本事業向け施工台船 改造案2	Scotia Tide	Openhydro Triskell
全景				
船籍		日本	カナダ	イギリス
船級		NA (設計基準: Class NK)	Lloyds Register	Bureau VERITAS
吊荷重量 (MT)		1,150	1,150	920
寸法 (m)	全長	89	64	58
	全幅	36	37	35
	ポンツーン幅	6.5	7	7
	深さ	8.7	4	4
	最大喫水	動揺特性検討結果による	2.7	2.7
海象 条件	輸送	動揺特性検討結果による	有義波高 < 2.0m	有義波高 < 2.0m
	設置 回収	動揺特性検討結果による	有義波高 < 1.5m	有義波高 < 1.5m
			風速 < 25kt	風速 < 25kt
			1kt < 潮流速度 < 4kt	1kt < 潮流速度 < 4kt

## (2) 台船形状の決定に至るリスクアセスメント

以下に施工台船の形状を検討した過程で前述の改造案2に至るまでの経緯を記す。

施工台船の検討初期段階では、施工台船への発電機搭載方向を図 5.3-7 及び図 5.3-9 のように考えた。流れの下流側から所定の位置まで施工台船を曳航して発電機を設置するものとし、その際に基礎構造の三角形頂点は流れの上流側を向く計画としていた。基礎構造の三角形頂点を上流側へ向けることで基礎構造及びリカバリーフレームの流体抵抗を低減できるため、発電機を海底に設置する際に方位調整が容易になり施工時間短縮に繋がると考えたことが理由である。

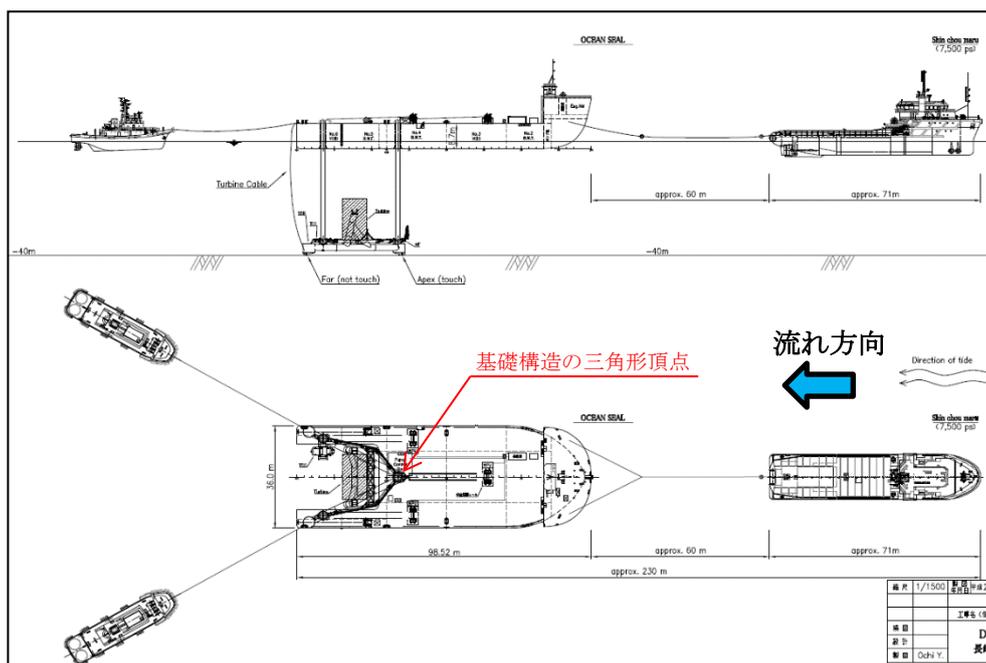


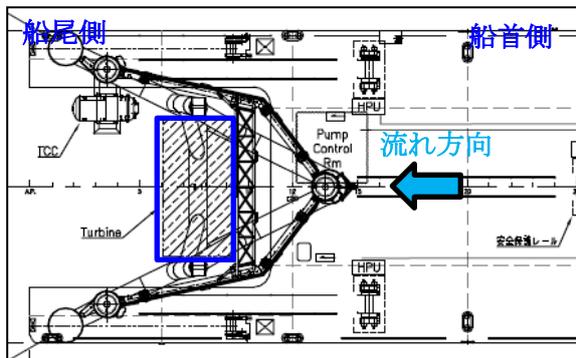
図 5.3-7 検討初期段階での発電機設置時の施工図

一方で海外の施工実績では、流れの下流側から所定の位置まで施工台船を曳航する際に基礎構造の三角形頂点は流れの下流側となっている。基礎構造及び流れ方向の関係を図 5.3-8、図 5.3-9 に示す。



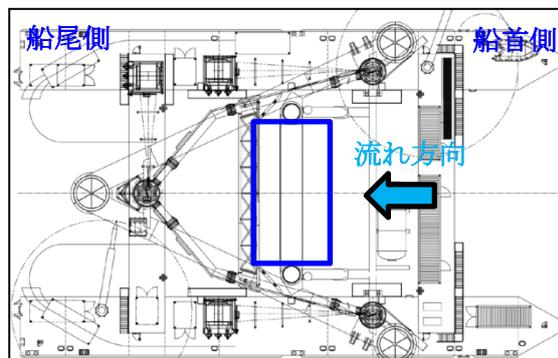
図 5.3-8 発電機搭載方向と流れ方向（海外での施工実績）

1) 検討初期段階での施工法



基礎構造及びリカバリーフレームの頂点は上流側となる。船首側の主曳船で位置を調整し、船尾側の2隻の補助曳船で設置方位を調整する。

2) 海外での施工実績



基礎構造及びリカバリーフレームの頂点は下流側となる。船首側の主曳船で位置・設置方位を調整する。

図 5.3-9 発電機搭載方向と流れ方向の比較

検討初期段階に計画した施工法は、海外で実績のある施工法と比較すると流れ方向に対する発電機搭載方向（基礎構造の三角形頂点の向き）が異なることから、オープン hidro社を交えて施工時のリスクアセスメントを実施した。その際に議論されたリスクを表 5.3-3 及び図 5.3-10、図 5.3-11 に抜粋した。

表 5.3-3 検討初期段階で想定されたリスクと緩和策

番号	リスク	発生タイミング	発生原因	影響	緩和策
1	リカバリーフレームと発電機の衝突	発電機設置時 発電機回収時	主曳船の位置保持ができず施工台船が発電機方向に流される（エンジン故障、曳船索の損傷等）	発電機の損傷 リカバリーフレームの損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用前の各設備点検（MWS立会）</li> <li>・施工海域でのDPシステムの事前確認</li> <li>・流れに逆らいエンジン1機で位置保持できる出力を有する曳船の選定、もしくは施工時の潮流条件の緩和</li> </ul>
2	リカバリーフレームと発電機の衝突	発電機回収時	曳船により施工台船の速度を制御できない（曳船と施工台船を繋ぐ曳船索が緩むと制御不可となる）	発電機の損傷 リカバリーフレームの損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮流を船首から受けた状態で適切な速度で接近するための主曳船の出力調整要領の検討・確認</li> <li>・船尾側の補助曳船によるサポート</li> </ul>
3	アンビリカルケーブルの発電機への巻き込み、発電機外周部の突起物への引っ掛かり	発電機回収時	アンビリカルケーブル繰り出し長の制御トラブル	発電機の損傷 ケーブル断線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業時のケーブル制御要領の検討</li> <li>・台船上のケーブル繰り出し位置の検討</li> <li>・張力管理が可能なウインチの利用</li> </ul>
4	ケーブルテールの発電機への巻き込み	発電機設置時	ケーブルテール繰り出し長の制御トラブル	発電機の損傷 ケーブル断線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーブルの基礎構造上レイアウトの検討</li> <li>・台船上ケーブル繰り出し位置の検討</li> <li>・ケーブル敷設要領の検討</li> </ul>
5	回収時のリカバリーフレームの位置出し不可	発電機回収時	潮流が遅いと荷重が不十分となりリカバリーフレームの位置出しが出来ず施工工具をSSBへ挿入できない	工程遅延	<ul style="list-style-type: none"> <li>・船尾側の補助曳船によるサポート</li> </ul>

①発電機設置時のリカバリーフレーム回収

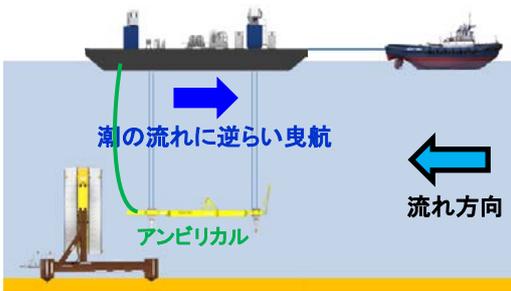
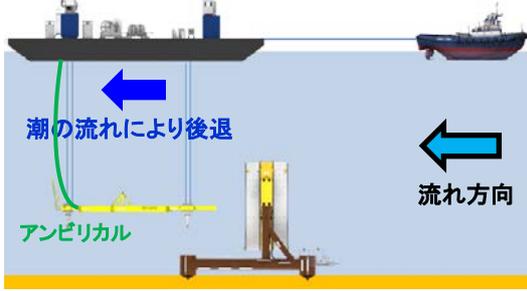
1) 検討初期段階での施工法	2) 海外での施工実績
	
<p>発電機設置後、曳船の出力を上げて施工台船を設置現場から離脱させる。 リカバリーフレームが発電機を高さ方向にかわすまでの間に、主曳船が制御不能に陥った場合には、<u>リカバリーフレームと発電機の衝突リスクが存在する。</u></p>	<p>発電機設置後、曳船の出力を下げることで施工台船を流れ方向にシフトさせ設置現場から離脱させる。 主曳船のエンジンが故障した場合でも施工台船は発電機から遠ざかる方向に流されるため、<u>リカバリーフレームと発電機の衝突リスクは存在しない。</u></p>

図 5.3-10 検討初期段階で想定されたリスク (その1)

②発電機回収時のリカバリーフレーム接続

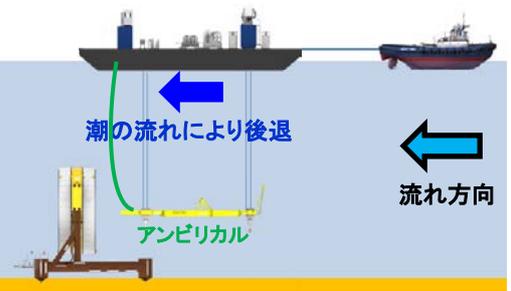
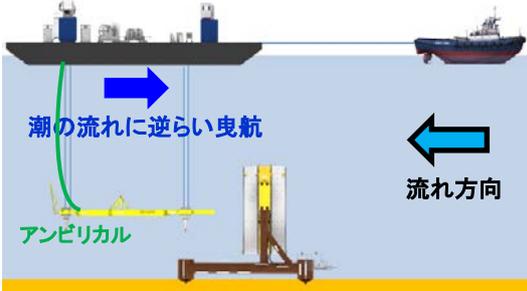
1) 検討初期段階での施工法	2) 海外での施工実績
	
<p>発電機回収時、曳船の出力を下げることで施工台船を流れ方向にシフトさせ発電機に接近させる。 ケーブル類は潮流により発電機に近づく方向に流されるため、<u>発電機への巻き込みリスクが存在する。</u> リカバリーフレームを発電機に押し当てることで吊点の位置出しを行うが、潮流が遅い場合には所定の荷重を得られず吊治具を SSB に接続できないリスクが存在する。</p>	<p>発電機回収時、曳船の出力を上げて施工台船を発電機に接近させる。 ケーブル類は潮流により発電機から遠ざかる方向に流されるため、<u>発電機への巻き込みリスクは存在しない。</u> 曳船の出力調整により、リカバリーフレームを発電機に押し当てる荷重を調整可能であり、<u>吊治具を SSB に接続できないリスクは存在しない。</u></p>

図 5.3-11 検討初期段階で想定されたリスク (その2)

リスクアセスメントではリスク緩和策についても併せて検討したものの、表 5.3-3 に示す番号 1 のリスク「リカバリーフレームと発電機の衝突」に対しては、検討初期段階に計画した施工法では、リスクを緩和することができてもリスクをゼロにすることができず、将来的なアレイ化やファーム化を見据えても受容可能なリスクではないと結論付けた。そのため図 5.3-12 に示す通り発電機搭載向きを変更することとし、結果、海外で実績のある施工法と基礎構造の三角形頂点が同一方向となった。

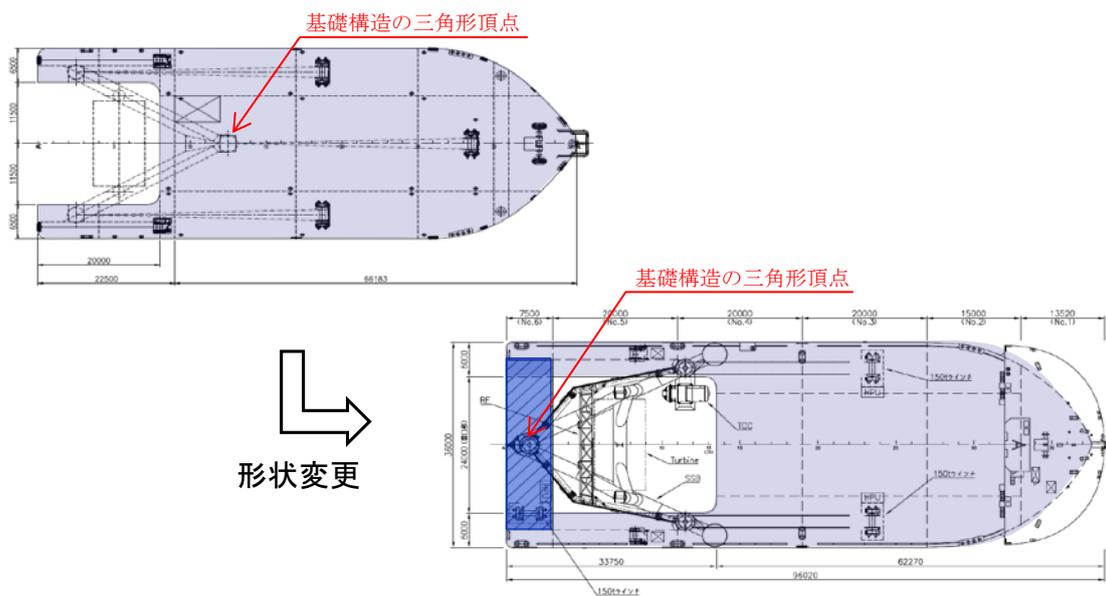


図 5.3-12 台船形状の変更

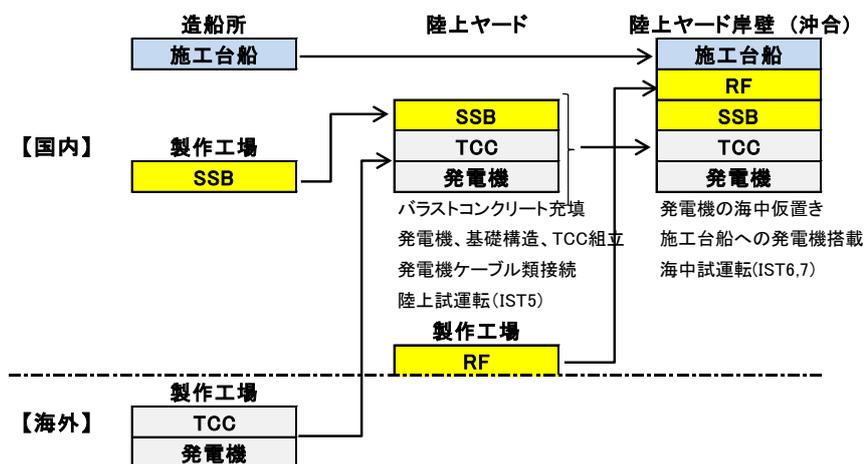
### 5.3.3. 施工工法の検討

#### (1) 発電機一体化・試運転の作業工程

発電機及び TCC は海外製作、基礎構造及びリカバリーフレームは国内製作を予定している。発電機設置前に国内で発電機、TCC、基礎構造などの個別アイテムを組み立て、機械的及び電氣的に接続し、発電システムの試運転を気中にて実施する。続いて、発電機を施工台船へ搭載した後、発電システムの試運転を海中にて実施する。これら試験に合格した後に発電機設置のため五島沖へ曳航する。

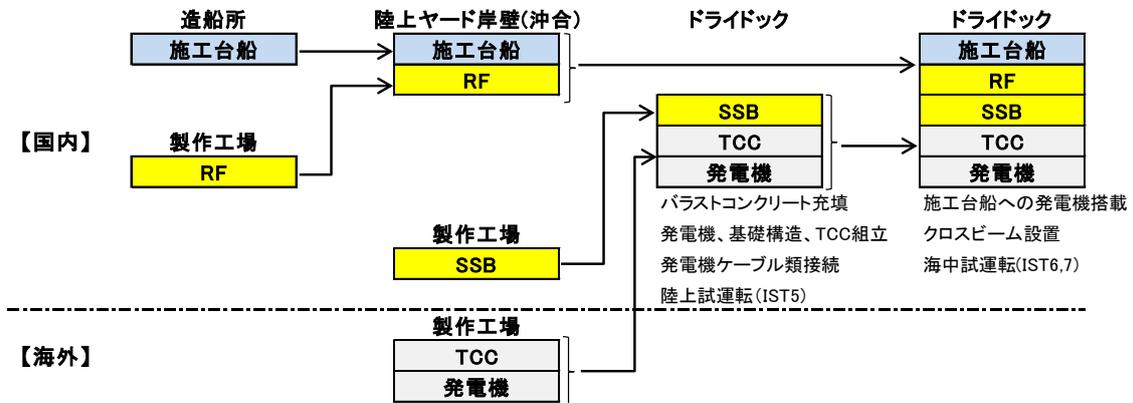
上述した組み立て～試運転までの作業工程は、陸上ヤード（水中作業についてはヤード近傍の岸壁もしくは沖合にて実施）もしくはドライドックが候補地として挙げられるため、適地選定に向け作業工程の整理を行った。それぞれの概略フロー及び工程を以下に示す。

#### ① 陸上ヤードを使用する場合



番号	項目	1ヶ月目			2ヶ月目		
		B	M	E	B	M	E
1	SSB輸送・陸揚げ	■					
2	パラストコンクリート充填	■					
3	発電機、基礎構造、TCC組立		■	■			岸壁/沖合
4	発電機ケーブル類接続		■	■			
5	陸上試運転 (IST5)				■		
6	発電機の海中仮置き					■	
7	施工台船への発電機搭載					■	
8	海中試運転 (IST6,7)						■
9	現地曳航準備作業						■

② ドライドックを使用する場合



番号	項目	1ヶ月目			2ヶ月目			3ヶ月目
		B	M	E	B	M	E	B
1	SSB輸送・陸揚げ	■						
2	バラストコンクリート充填	■						
3	発電機、基礎構造、TCC組立		■	■				
4	発電機ケーブル類接続		■	■				
5	陸上試運転(IST5)				■			
6	施工台船のドライドックへの曳航・入渠					■		
7	施工台船への発電機搭載					■		
8	施工台船へのクロスビーム設置					■		
9	海中試運転(IST6.7)						■	
10	現地曳航準備作業							■

注記

IST5; 気中での総合試運転

IST6; 水中での総合試運転

IST7; 水中での最終総合試運転

## (2) 施工工法検討

今年度は施工台船を用いた発電機の設置方法の基本検討を実施した。施工フロー及び施工要領を以下に記す。

### ① 施工フロー

発電機設置工事の施工フロー及び各作業の想定所用時間を表 5.3-4 に示す。また施工海域を図 5.3-14 に示す。

表 5.3-4 施工フロー

番号	場所	所要時間	作業項目	作業内容
1	福江港内	-	係留	・港内にて作業員が搭乗する
2	福江港内 ～奈留瀬戸前面	120(分)	移動	・福江港内より奈留瀬戸前面へ曳航する
3	奈留瀬戸前面	-	仮係留・待機(潮待ち)	・奈留瀬戸南側の位置で仮係留し、待機(潮待ち)する
4	奈留瀬戸前面 ～設置位置近傍	45(分)	入域	・仮係留を解除し、曳船で奈留瀬戸に進入する ・固縛解除のため静穏な場所(鈴ノ浦南側)へ移動する
5	設置位置近傍	90(分)	固縛解除	・主曳船と補助曳船2隻にて施工台船を位置保持する ・発電機曳船用固縛(6箇所)を解除し、ウインチ保持に切り替える
6	設置位置近傍 ～設置位置	30(分)	移動	・発電機設置位置まで移動する
7	設置位置	60(分)	位置決め・設置	・主曳船と補助曳船2隻にて施工台船を位置保持する ・ウインチを巻き下げて発電機を着底させる ・発電機と吊上げ装置を切り離す(LiftLOK)
8	設置位置	90(分)	ケーブル処理	・ケーブルテール端部にブイを取付け沈設する
9	設置位置 ～設置位置近傍	30(分)	移動	・リカバリフレーム固縛のために静穏な場所へ移動する
10	設置位置近傍	45(分)	曳航準備	・リカバリフレームをを固縛し、補助曳船2隻を解除する
11	設置位置近傍 ～奈留瀬戸前面	30(分)	出域	・曳船で現場から出域する

## ② 発電機の施工要領検討

施工台船を奈留瀬戸に進入させた後に、鈴ノ浦南側（静穏域）にて輸送固縛を解除し、発電機の荷重をウインチに盛替える。その後、静穏域にて発電機設置のタイミング（潮流の速度など施工に最適な海象条件）を計った後に発電機設置位置に進入する。施工台船の曳航図を図 5.3-13 に示す。発電機設置位置に進入する前の静穏域でのこれらの作業は、発電機設置作業を安全に行うことと、発電機設置時の作業時間を短縮させることを意図している。

施工台船は下げ潮時に下流側から進入する。発電機設置にあたり施工台船の係留を行わないことから、進入時には曳船及び施工台船の安定性確保のために船首を潮向きに合わせる必要がある。

施工台船を発電機の設置位置に合わせた後、施工台船上のウインチによって発電機を吊り下ろす。ここで発電機設置位置の潮流の向きは、地形の関係から上げ潮と下げ潮が 180 度反対方向となっていない。そのため効率的な発電を目的として発電機の方向が概ね両者の中間となっている（図 5.3-15）。従い、基礎構造を着底させる際には、まず基礎構造の三角形頂点側の支持点 1 点を着底させ、その点を軸として曳船及び補助曳船により施工台船を回転させることで方位調整を行う。発電機設置後に設置座標及び方位が許容範囲内（位置 $\pm 5\text{m}$ 、方位 $\pm 5^\circ$ ）に収まっていることを確認した後に、基礎構造から吊り治具（LiftLOK）を外し現場海域から離脱する。

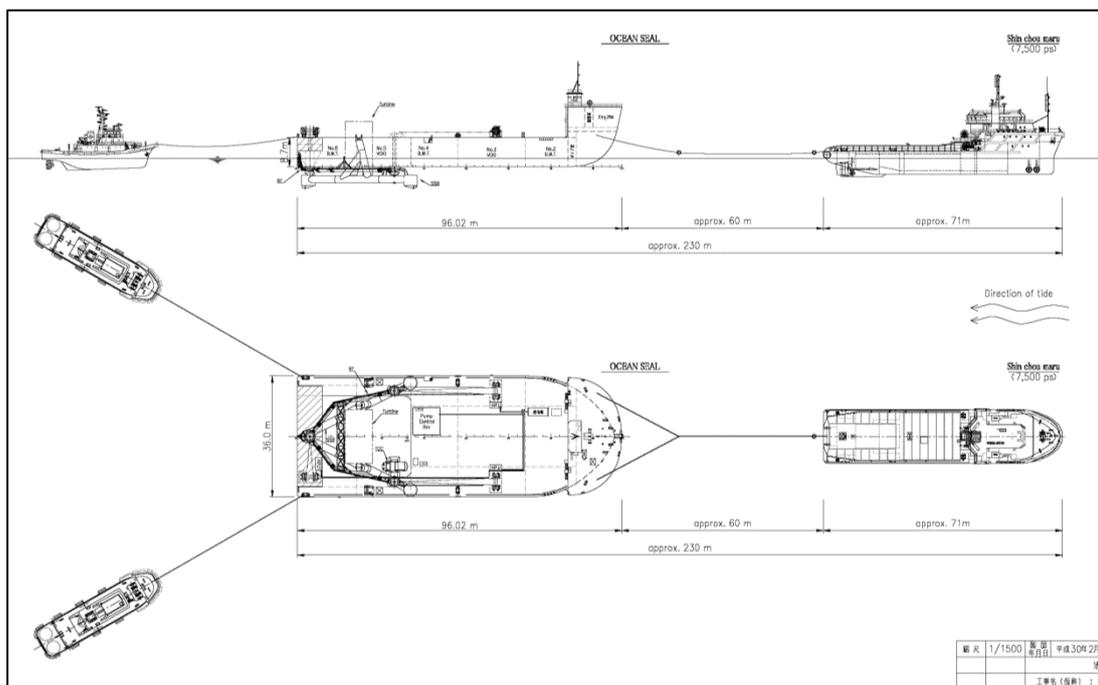


図 5.3-13 施工台船曳航図



図 5.3-14 施工海域

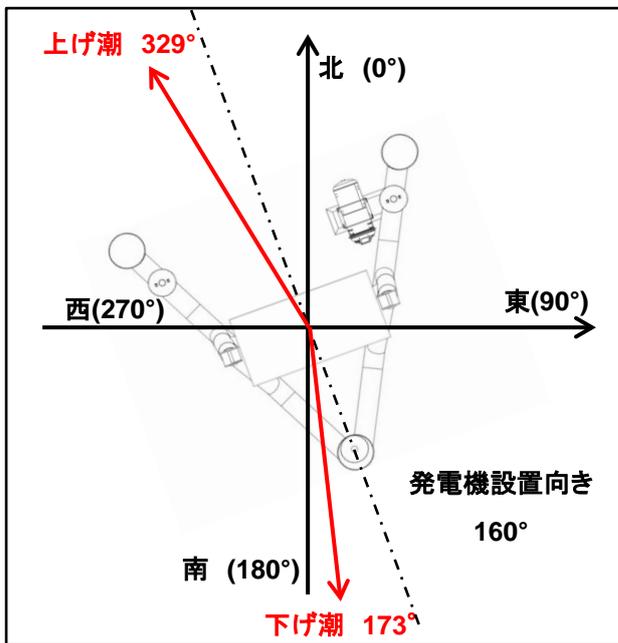


図 5.3-15 発電機方位と潮流の向き

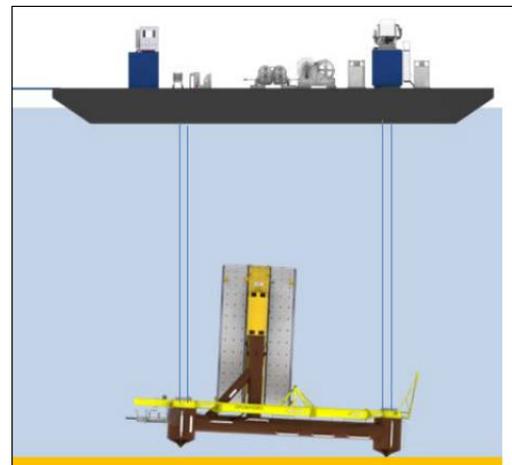


図 5.3-16 着底時の発電機姿勢

### (3) 施工設備検討

#### ① 発電機設置に用いる吊りシステム及び曳航中の固縛材

発電機設置に用いる吊りシステム及び曳航中に用いる固縛材の基本仕様検討を実施した。吊りシステム及び曳航中の固縛材に関連する主要設備の配置を図 5.3-17 に示す。

発電機の吊りシステムの概要を以下に示す。

- ・施工台船上のウインチから台船上及び水中の滑車（シーブ）を介してシーブキャンにウインチワイヤーを接続する。滑車は台船上に 2 枚、シーブキャン内（水中）に 2 枚の合計 4 枚を計画している。
- ・シーブキャンにピン接合している吊治具（LiftLOK）を基礎構造の吊り点と接合することで発電機を吊り上げる。
- ・曳航中はウインチワイヤーの損傷による発電機の脱落を避けるため、鋼製の固縛材にて発電機を保持する。

また 3 点の吊点の相対位置を固定するためにリカバリーフレームを使用し、さらに、施工中の各種状況をモニタリングするため、リカバリーフレームには計測機器を取り付ける計画である。

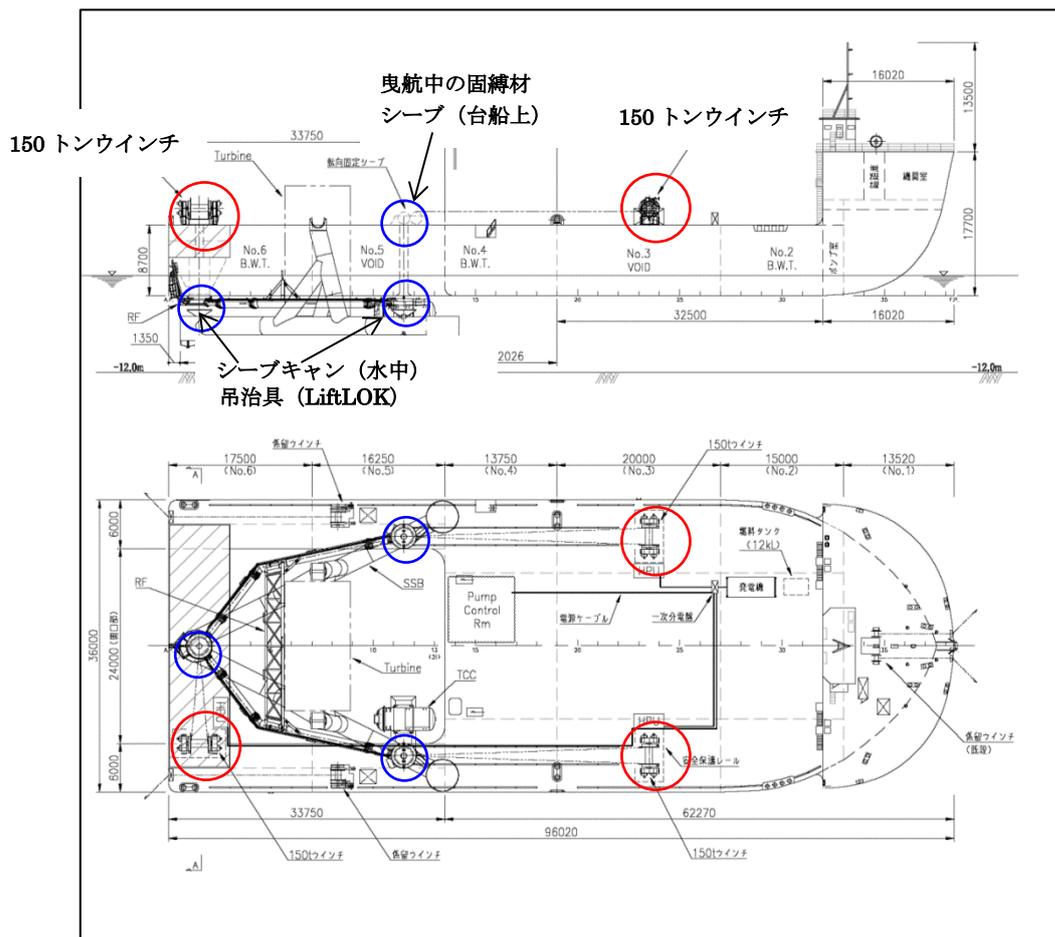


図 5.3-17 吊りシステムの配置

吊りシステム各設備の参考図を図 5.3-18 に示す。

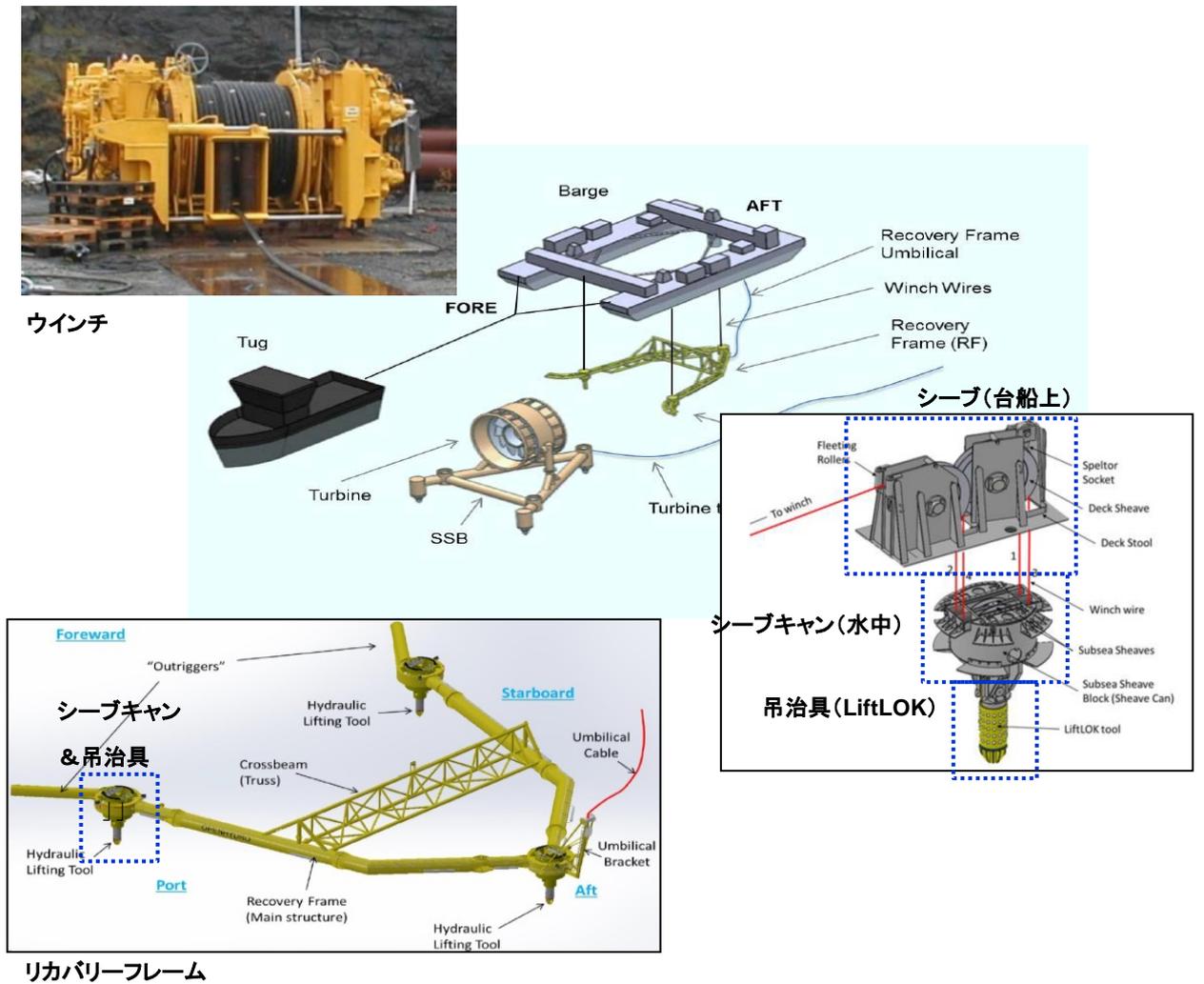


図 5.3-18 発電機の吊りシステム

曳航中の発電機固縛材の参考図を図 5.3-19 に示す。固縛材は T ヘッドボルトを基礎構造と接続し、台船上のセンターホールジャッキにて保持する機構とした。T ヘッドボルト及びセンターホールジャッキの一例を図 5.3-20 及び図 5.3-21 に示す。

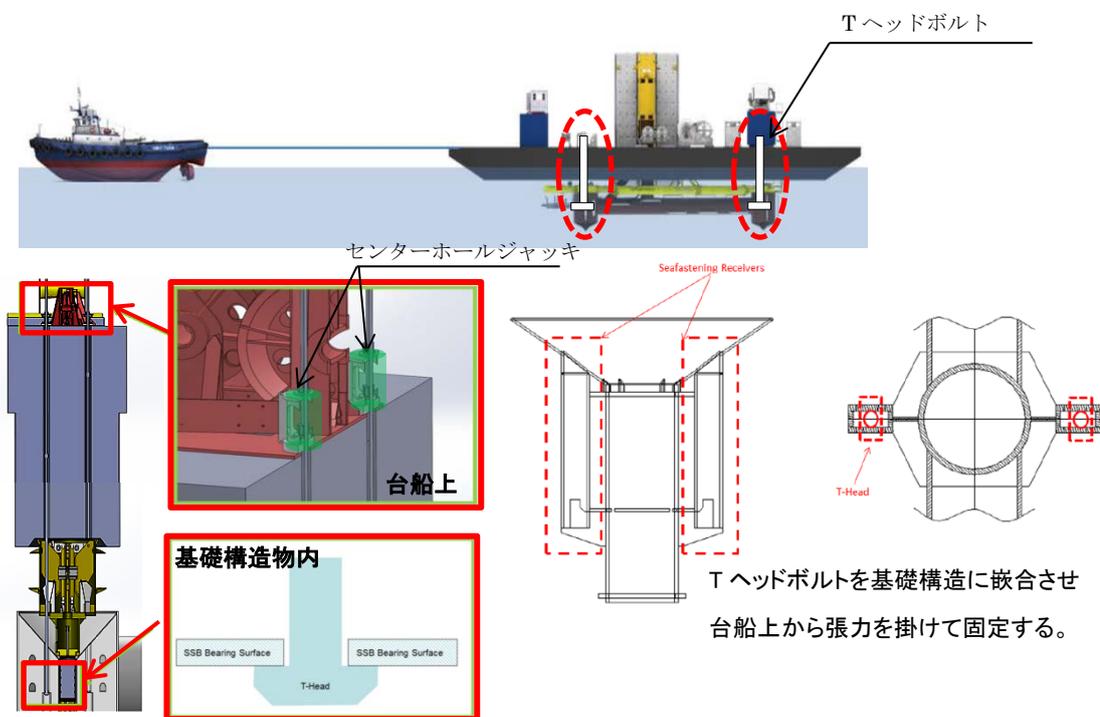


図 5.3-19 曳航中の発電機固縛材



図 5.3-20 T ヘッドボルト (参考)



図 5.3-21 センターホールジャッキ (参考)

## ② 仕様検討

吊りシステム各設備及び発電機固縛材の基本仕様を以下の通り定めた。表 5.3-5 に検討対象とした設備を示し、表 5.3-6 に設計荷重と設備仕様、また表 5.3-7 に強度照査結果の要約を示す。照査した全アイテムは、使用上問題ない安全率が確保されている。

表 5.3-5 検討対象とした設備の仕様

番号	アイテム	基本仕様	能力
1	ウインチ	巻能力 150 トン	吊能力 150 トン x 4 ライン = 600 トン (滑車 4 枚)
2	ウインチワイヤー	外径 84mm	破断荷重 510 トン
3	滑車/台船上 (2 枚)	—	使用荷重 600 トン
4	滑車/シーブキャブ (2 枚)	—	使用荷重 600 トン
5	吊治具 (LiftLOK)	Ball & Groove System	使用荷重 6~700 トン (検討中)
6	発電機固縛材	DIN7992, T Head Bar	使用荷重 336 トン x 2 本 = 672 トン

表 5.3-6 設計荷重と設備仕様

設計荷重		項目	備考
水中重量	設計重量	1050 ton	
	最大静荷重(吊点1箇所あたり)	420 ton	設計重量 x 最大不均等
輸送重量	設計重量	1150 ton	
	最大静荷重(吊点1箇所あたり)	460 ton	設計重量 x 最大不均等
荷重分散	最大不均等(割合)	40%	

設備仕様		項目	備考
ウインチ	巻能力(4層目)	150 ton	最小巻能力150トンを設計値とする
	巻能力(1層目)	197 ton	
	ブレーキ能力(4層目)	200 ton	
	ブレーキ能力(1層目)	262 ton	
ウインチワイヤー	ワイヤー径	84 mm	Galvanized 8XWS(36)+IWRC EEIPS rotation - resistance designed
	最小破断荷重(MBL)	510 ton	
シーブ(水中)	数量	2 pcs	
	外径	1826 mm	
	ピン径	380 mm	ブッシュ式
シーブ(甲板上)	使用荷重(WLL)	600 ton	
	数量	2 pcs	
	外径	1826 mm	
輸送中固縛材	ピン径	280 mm	ベアリング式
	使用荷重(WLL)	600 ton	
	Tヘッドバー数量(吊点1箇所あたり)	2 pcs	
	使用荷重(WLL)(Tヘッドバー1本あたり)	336 ton	DIN 7992 最小降伏応力 800N/mm <sup>2</sup>
使用荷重(WLL)(吊点1箇所あたり)	672 ton		
吊治具(LiftLOK)	センターホールジャッキ	ton	未検討
	使用荷重(WLL)	600~700 ton	Ball & Groove type

表 5.3-7 強度照査結果（要約）

項目		備考
作用荷重		
設計重量	1150 ton	輸送重量
最大静荷重	460 ton	最大不均等40%を考慮
DAF (Dynamic Amplification Factor)		
ウインチ巻能力(1ラインあたり)	150 ton	
吊能力	600 ton	吊能力 150t x 4ライン(滑車4枚)
DAF	1.30	
安全率		
ウインチワイヤー	3.40	510t x 4ライン / 600t
固縛材	1.12	336t x 2 / 600t
吊治具(LiftLOK)	1.00	WLL600tを選定した場合
吊治具(LiftLOK)	1.17	WLL700tを選定した場合
施工可能条件		
	動的解析によりDAF=1.3以下となる海象条件を定める	

曳航中の発電機固縛材からウインチに荷重を盛替えるタイミングにて吊りシステムに作用する荷重が最大となり、最大静荷重は吊点ごとの荷重不均等を考慮し 460 トンとなる。また吊能力はウインチ巻能力と滑車数量から 600 トンとなるため、これを使用荷重とする。

ここで、曳航時、設置時及び回収時ともに施工台船の動揺に伴い吊荷に鉛直加速度が発生するため、この動的な影響を加味した動荷重にて吊りシステムの強度照査を実施する必要がある。動的影響は DAF (Dynamic Amplification Factor) で表され、動荷重 = 静荷重 × DAF と定義される。

吊りシステムの強度上、使用荷重 ≧ 動荷重である必要があり、曳航時、設置及び回収時ともに原則 DAF (使用荷重 / 静荷重) は 1.3 以下となる条件で作業を実施しなければならない。今後、動的解析を実施することで  $DAF \leq 1.3$  となる海象条件を決定する。

### ③ 発電機設置時の計測機器類検討

発電機を安全かつ精度良く設置するためには、施工中の各種必要情報を把握しながら施工管理を行う必要がある。そこで海外での発電機設置及び回収実績を踏まえ、図 5.3-22、表 5.3-8 の計測機器を選定した。本事業では発電機設置精度が求められることから②ジャイロコンパス及び④トランスポンダーを用いて発電機設置精度を確保する予定である。

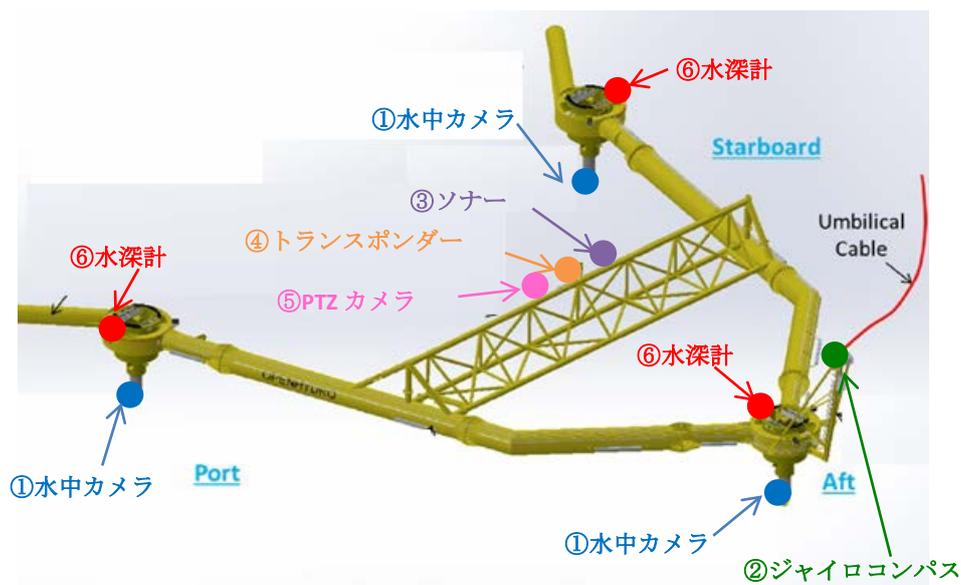


図 5.3-22 リカバリーフレームへの計測機器取付位置

表 5.3-8 計測機器の機能

番号	名称	役割
1	水中カメラ	吊治具(LiftLOK)着脱時の目視確認
2	ジャイロコンパス	発電機の方角（平面角度）確認
3	ソナー	リカバリーフレームの位置検出
4	トランスポンダー	施工台船と発電機の相対位置確認
5	PTZカメラ	作業全般の目視確認（全方向確認）
6	水深計	発電機の深度、水平度（傾き）確認

## 5.4. 運転管理方法の検討

日本における発電機の運転、及び、保守管理方法に関しては、今後実際の現地での状況、並びに日本固有の基準による留意事項に基づいて、適切な方法を確認する必要がある。本年度は、主にカナダにて適用されている運転・保守管理報告書を明確にした。

### 5.4.1. 運転監視案

運転管理方法としてオープン hidro 社は日本向けに SCADA スクリーンと HMI スクリーンを提供する。カナダ・プロジェクトでの参考例を図 5.4-1 に示す。

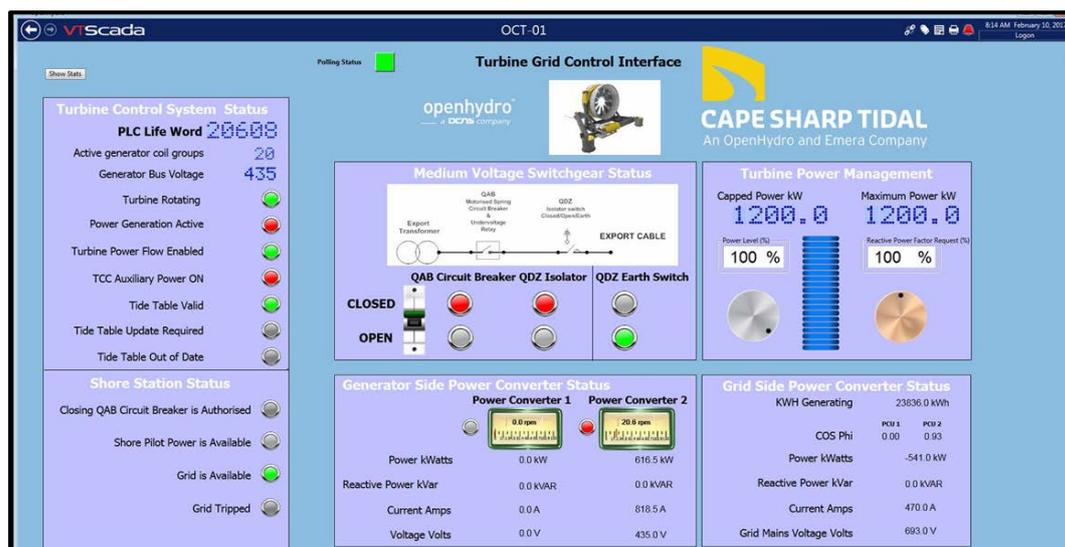


図 5.4-1 Cape Sharp HMI (参考)

発電機の運転状況を示すために、多くのセンサーを取付け発電機のシステムの監視を行う。センサー・リストを図 5.4-2、及び表 5.4-1 に示す。

表 5.4-1 センサー・リスト



図 5.4-2 センサー (参考)

No	対象	センサー
1	発電機	距離センサー : ローターとステーターの距離 (ギャップ) を監視
2		回転計 : 発電機の回転数を監視
3	TCC	水侵入を監視
4		内部温度計
5		内部圧力計
6		湿度計

### 5.4.2. 異常検知アラーム案

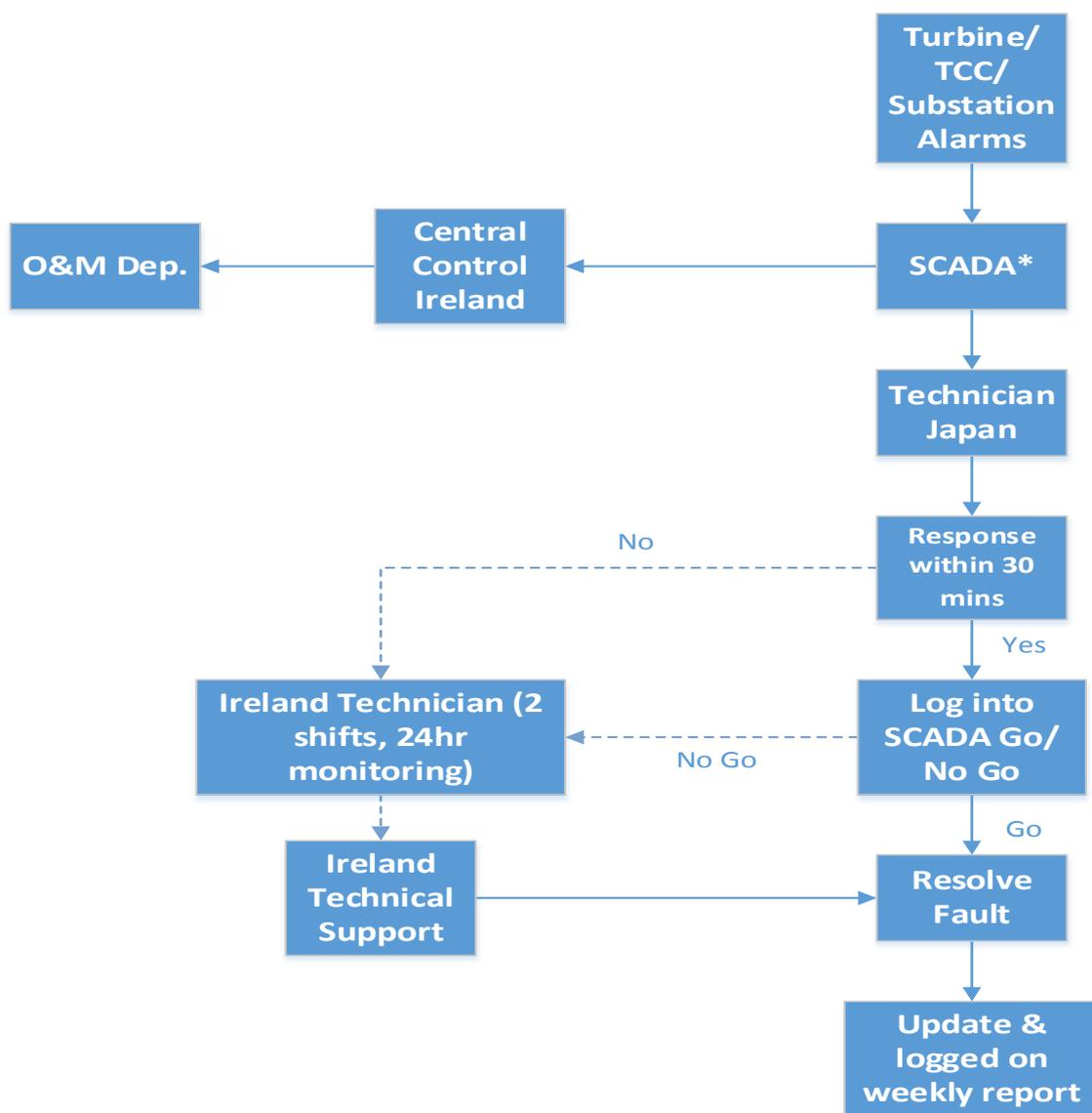


図 5.4-3 アラーム発生時の対応図

アラーム・レベルは4段階で重要度はコントロール・システムにて感知する。

表 5.4-2 アラームレベル一覧

アラーム・レベル	発生事例	対応と機器の状態
<u>表示アラーム</u> システムへの障害あるいは発電の中断無し。	ステーター、ローター間のギャップアラーム 温度警報	コントロール・システムとしての対応は不要 システムは発電モードを継続
<u>構成システムアラーム</u> 機器の不具合。コントロール・システムのバックアップ作動によりシステムは正常状態を維持	冷却ポンプ不具合 冷却ファン不具合 コイル類不具合	バックアップ機器が作動し、通常発電モードに復帰
<u>深刻アラーム</u> TCC 機器あるいは発電を阻害する重要な不具合	温度上昇による不具合 補助サプライ不具合 パワーコンバーター不具合	コントロール・システムによりLOW POWER STANDBY モードに移行し、送電を切断し発電機はフリー・スピン状態になる。
<u>非常に深刻なアラーム</u> 発電中の送電機器の深刻な不具合	送電トランスの不具合 MV スイッチギア不具合 系統連系不具合	コントロール・システムによりLOW POWER STANDBY モードに移行し、送電を切断し発電機はフリー・スピン状態になる。

### 5.4.3. 管理方法の検討

オープン hidro 社は本事業に関する運転管理手法を作成した。補修に関しては下記 3 分野に分けられる。

#### (1) 計画／予防補修

- ・定期計画的補修（5 年毎を推奨）
- ・下記フローチャートに示す補修手順シーケンス
- ・岸壁あるいは陸上運転・保守管理施設にて行う作業

#### (2) 状態／想定補修

- ・主要センサーを監視して機器に起こりうる不具合を想定
- ・潮流発電システムの傾向データ
- ・定期補修作業中に想定される特別補修
- ・計画されていない補修要求に対するアクション
- ・計画補修頻度の延長と削減のためのデータ提供
- ・計画補修以前の不具合発見診断ツールの提供

#### (3) 修繕補修

- ・主要な不具合に対する対応補修
- ・最も効果的な各種シナリオの決定をフローチャートで支援

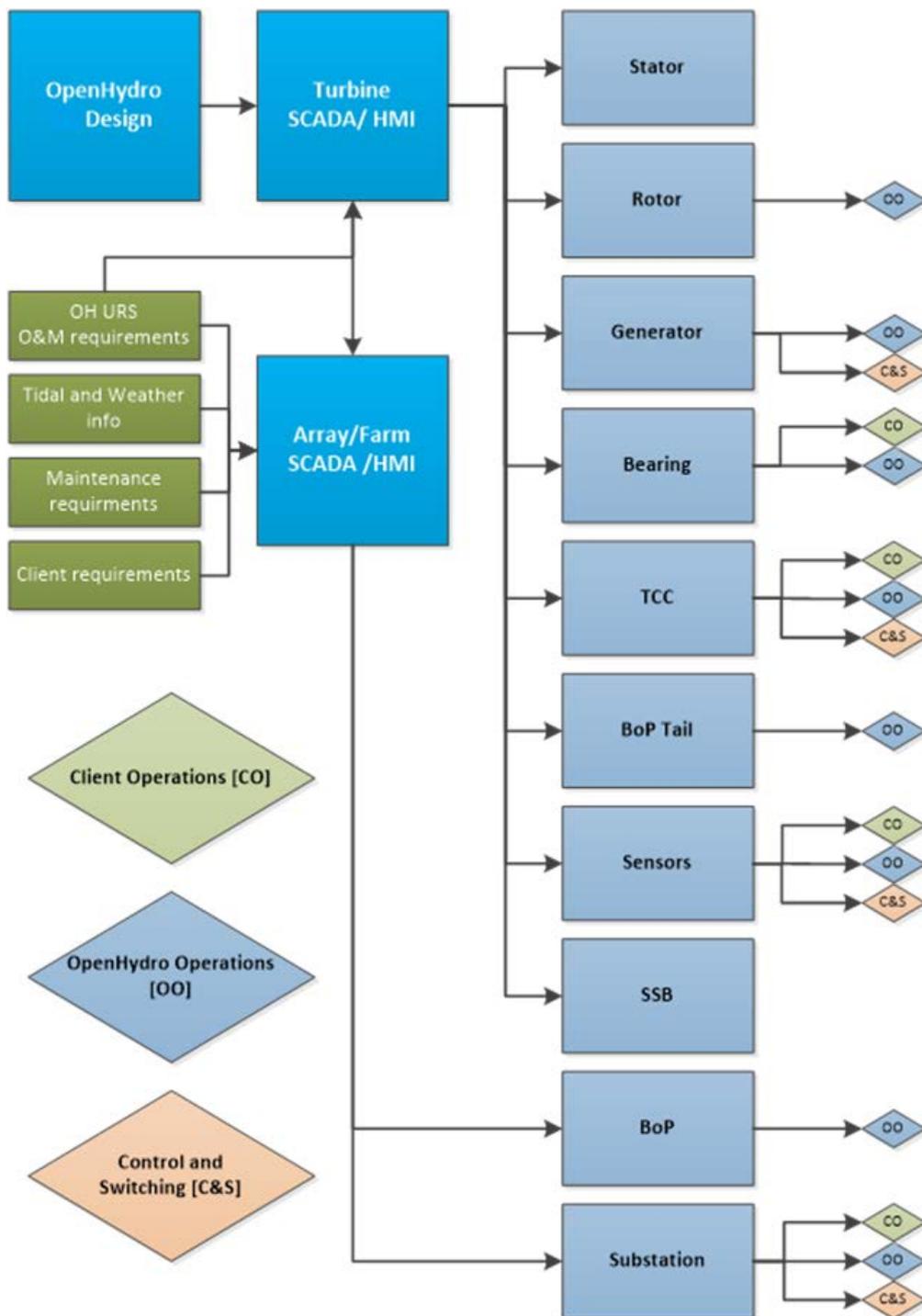


図 5.4-4 補修フローチャート

#### 5.4.4. 点検・補修計画案

オープン hidro 社製潮流発電機の定期補修は5年毎である。

定期補修は運転開始後5年、10年、15年毎に行われる。

各定期補修時の補修作業を下記する。

##### 5年、15年毎の定期補修

- ・発電機と TCC 状況定期補修
- ・ステーター上のベアリング・パッド交換
- ・ステーター、ローター、発電機、基礎構造の検査作業

##### 10年毎定期補修

- ・発電機と TCC の状況定期補修
- ・ステーター上のベアリング・パッド交換
- ・ステーターとローター上のアノード交換
- ・ステーター、ローター、発電機、基礎構造の検査作業

各主要機器の定期補修項目を下記する。

表 5.4-3 ステーターの点検・補修計画案

System	Minor overhaul at 5 year	Major overhaul at 10 year	Minor overhaul at 15 year	Recovery at 20 year
<b>STATOR</b>	<b>Service</b> - Replace Endcap Fixing Kit - Cleaning of External surface - Cleaning of the water gap  <b>Inspection</b> - NDT Lifting Points - Anode - Paint	<b>Service</b> - Replace Endcap Fixing Kit - Cleaning of External surface - Cleaning of the water gap - relace internal/external anodes  <b>Inspection</b> - NDT Lifting Points - Anode - Paint	<b>Service</b> - Replace Endcap Fixing Kit - Cleaning of External surface - Cleaning of the water gap  <b>Inspection</b> - NDT Lifting Points - Anode - Paint	Decommission End of Life

表 5.4-4 発電機／コイルとマグネットの点検・補修計画案

System	Minor overhaul at 5 year	Major overhaul at 10 year	Minor overhaul at 15 year	Recovery at 20 year
GENERATOR (Coil & Magnets)	<b>Service</b> - Replace Connector O-rings - Cleaning of External surface of Coil and Magnets	<b>Service</b> - Replace Connector O-rings - Cleaning of External surface of Coil and Magnets	<b>Service</b> - Replace Connector O-rings - Cleaning of External surface of Coil and Magnets	Decommission End of Life
	<b>Inspection</b> - Cable inspection - IR Coil Test - Magnet Test - Paint Measurement	<b>Inspection</b> - Cable inspection - IR Coil Test - Magnet Test - Paint Measurement	<b>Inspection</b> - Cable inspection - IR Coil Test - Magnet Test - Paint Measurement	

表 5.4-5 TCC の点検・補修計画案

System	Minor overhaul at 5 year	Major overhaul at 10 year	Minor overhaul at 15 year	Recovery at 20 year
TCC	<b>Service</b> - O-Ring Replacement Connectors & Flange - Cooling system Pumps, Fans, & Coolant replaced - Keel cooler clean - UPS Battery replace - GCP Fuses replace - Internal Sensors	<b>Service</b> - O-Ring Replacement Connectors & Flange - Cooling system Pumps, Fans, & Coolant replaced - Keel cooler clean - UPS Battery replace - GCP Fuses replace - Internal Sensors - Vessel repainted - Anodes replaced	<b>Service</b> - O-Ring Replacement Connectors & Flange - Cooling system Pumps, Fans, & Coolant replaced - Keel cooler clean - UPS Battery replace - GCP Fuses replace - Internal Sensors	Decommission End of Life
	<b>Inspection</b> - Cable & Connector - IR Cable Test - Fibre db Test - MV Switch - Transformers - Power convertors	<b>Inspection</b> - Cable & Connector - IR Cable Test - Fibre db Test - MV Switch - Transformers - Power convertors	<b>Inspection</b> - Cable & Connector - IR Cable Test - Fibre db Test - MV Switch - Transformers - Power convertors	

## 6. 発電機等の製作に関する業務

### 6.1. 発電機及び制御装置（TCC）の製作

#### 6.1.1. 調達フロー

平成 29 年にオープンハイドロ社が設計評価を行った上で実施した調達フローを図 6.1-1 に示す。

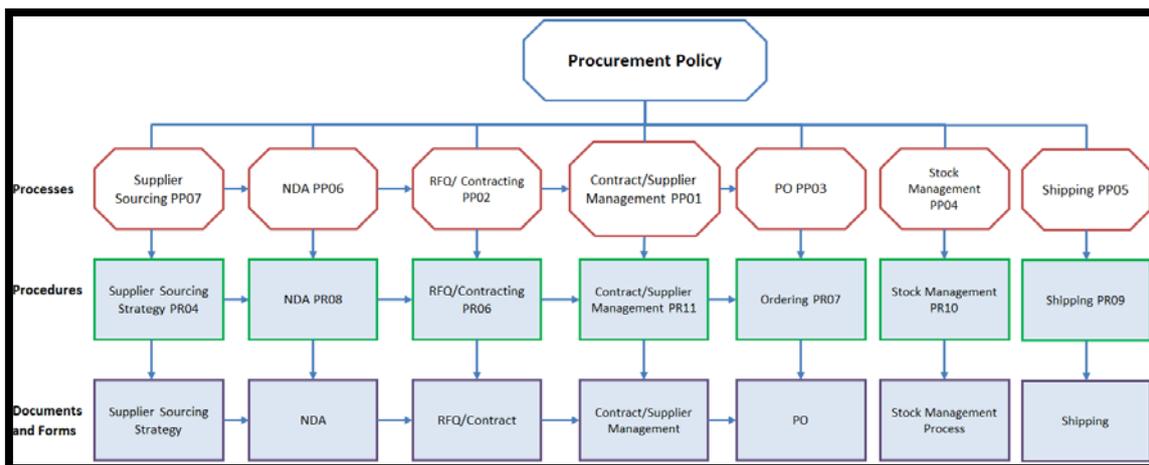


図 6.1-1 調達フロー

- ・ 発電機と TCC 関連機器の見積もりをサプライヤーより提出
- ・ サプライヤーよりの技術・商業見積り条件を検討
- ・ 技術・商業見積り内容の分析を実施
- ・ 契約書準備
- ・ 選定したサプライヤーに発注書を発行

### 6.1.2. 調達実施状況

ブレード、ローター用鋼材、TCC 関連機器、ステーター用鋼材、浮力フォームの発注を2018年3月までに調達を完了予定である。(一部機器写真を下記に示す。)

表 6.1-1 調達実施状況

対象機器	部品・部材名	数量
ローター	Outer Ring Steel	1 set
	Blades	10 blades
	Buoyancy Foam	1 set
	Journal Assembly	1 set
ステーター	Endcap 1	1
	Endcap 2	1
	Bearings Assembly	1 set
	Proximity Sensors	1 set
発電機	Magnets	1 set
	Coils	1 set
制御機器 (TCC)	Pressure Vessel	1
	Framework	1
	Cooling System	1
	Switchgear Software	1
	Switchgear	1
	Export Transformer	1
	Pilot Transformer	1
	Aux. Transformer	1
	Break Resistor	1
	Power Converter	2
	Electrical Panels	Set
	UPS System	1



ブレード・プラグ



ブレード・モールド



電力変換装置



コネクタ



TCC ファスナー



ブレーキ抵抗器



変圧器

図 6.1-2 調達品写真

## 6.2. 海底ケーブルの製作

海底ケーブルについては、本年度の詳細設計完了後、ケーブルメーカーに対し発注を行う計画にしていた。しかしながら、ケーブルメーカーとの協議の中で、本年度発注した場合、海底ケーブルの敷設前に早期に海底ケーブルが完成し、保管費用が発生することが明らかになったため、全体工程を考慮し、ケーブルの発注・製作は次年度に繰り延べすることとした。

## 6.3. 陸上電気設備の建設

次年度の陸上電気設備の建設に向け、本年度の詳細設計完了後、機器類の調達を開始することを計画していた。しかしながら、陸上電気設備の建屋完成前に早期に機器類が完成、納品させると、保管費用が発生することが明らかになったため、機器類の調達は次年度に繰り延べすることとした。

## 7. 潮流シミュレーションに関する業務

### 7.1. 今年度に実施の局所潮流シミュレーション

昨年度に策定した発電量予測の精度向上の検討方針に従い、今年度は局所潮流シミュレーションを実施した。図 7.1-1 に発電量予測フローにおける局所潮流シミュレーションの位置づけを示す。局所潮流シミュレーションでは、昨年度に実施した有限体積法沿岸海洋モデル (FVCOM) による数値シミュレーション (以降では「広域潮流シミュレーション」又は「FVCOM」と略す) の結果を使用し、発電機設置海域に関して広域潮流シミュレーションより微細なメッシュでモデル化を行っている。また、局所潮流シミュレーションでは、静水圧近似を使用しない 3 次元の流動解析手法を用いることにより、最小メッシュサイズを水平・鉛直方向とも約 1m サイズまで微細化している。これにより、発電機廻りの詳細な流れ分布を把握し、流速算出精度を向上し、発電量予測の精度向上を目指した。局所潮流シミュレーションには汎用熱流体解析ソフト ANSYS FLUENT (以降、「FLUENT」と記載) を用いた。また、オープン hidro 社製の発電機をモデル化し、発電機による影響範囲を算出した。なお本シミュレーションはオープン hidro 社がモデル化を行ったものでなく、オープン hidro 社はシミュレーション結果について関係しない。

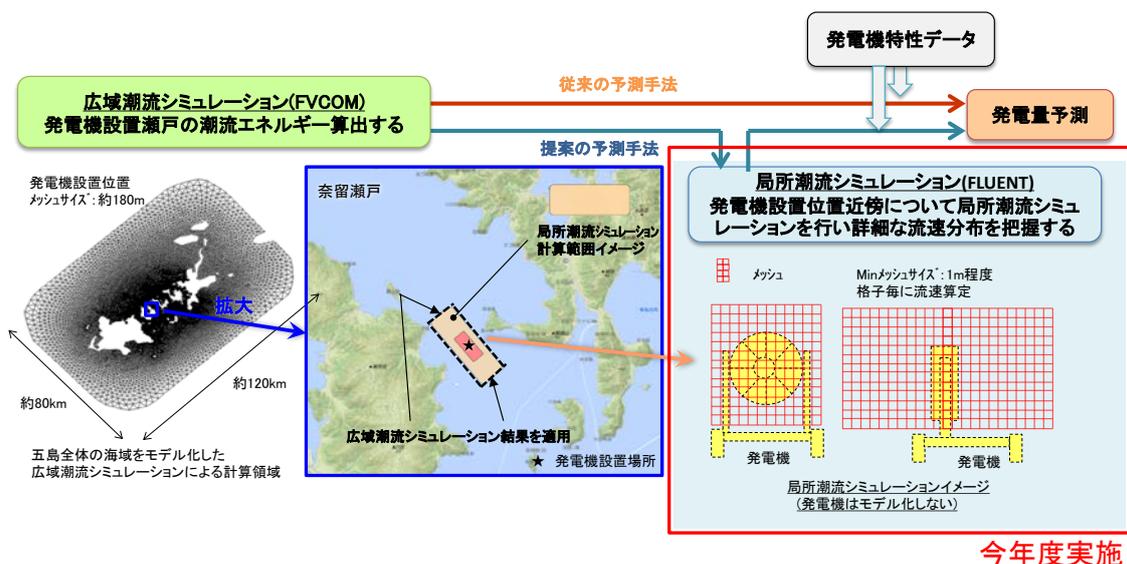


図 7.1-1 発電量予測フローにおける局所潮流シミュレーション

## 7.2. 局所潮流シミュレーションの計算手法

昨年度に実施した広域潮流シミュレーションでは、図 7.1-1 に示す五島全体の海域をモデル化している。また今年度を実施した局所潮流シミュレーションのモデル化範囲は、広域潮流シミュレーションとの接続位置を流れの変化が少ない場所とすること、また局所潮流シミュレーションにおける計算時間を考慮し、図 7.2-1 に示す範囲とした。局所潮流シミュレーションにおけるメッシュサイズは、図 7.2-1 に示すように、発電機の近傍で約 1m としている。局所潮流シミュレーションにおける広域潮流シミュレーションとの境界条件として、図 7.2-2 に示すように、北南それぞれの境界に広域潮流シミュレーションの計算結果の流速をインプットした。局所潮流シミュレーションでは海面変動を考慮せず、海面位置は海拔ゼロの高さで変化しないものとした。

したがって、広域潮流シミュレーションの計算結果を局所潮流シミュレーションへ直接インプットすると、入側出側での収支が合わなくなり、計算が停止することも考えられるため、流出する流量で収支を調節した。海水の密度及び粘度は一定とした。深さ方向の分割数は、発電機設置位置近傍で 1 層あたり 1m 程度となるよう、40 分割とした。潮流エネルギーの季節変動を評価するため、四季の潮流場を再現した。具体的には上記の境界条件について、春季は 5 月、夏季は 8 月、秋季は 11 月、冬季は 2 月の FVCOM 計算結果を用いて 30 日程度の計算を実行した。

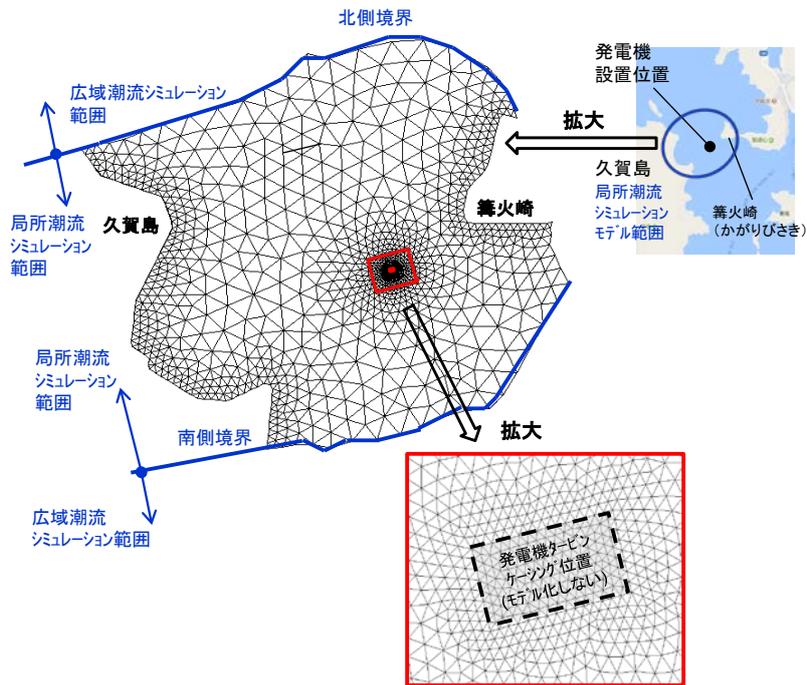


図 7.2-1 局所潮流シミュレーションの計算領域

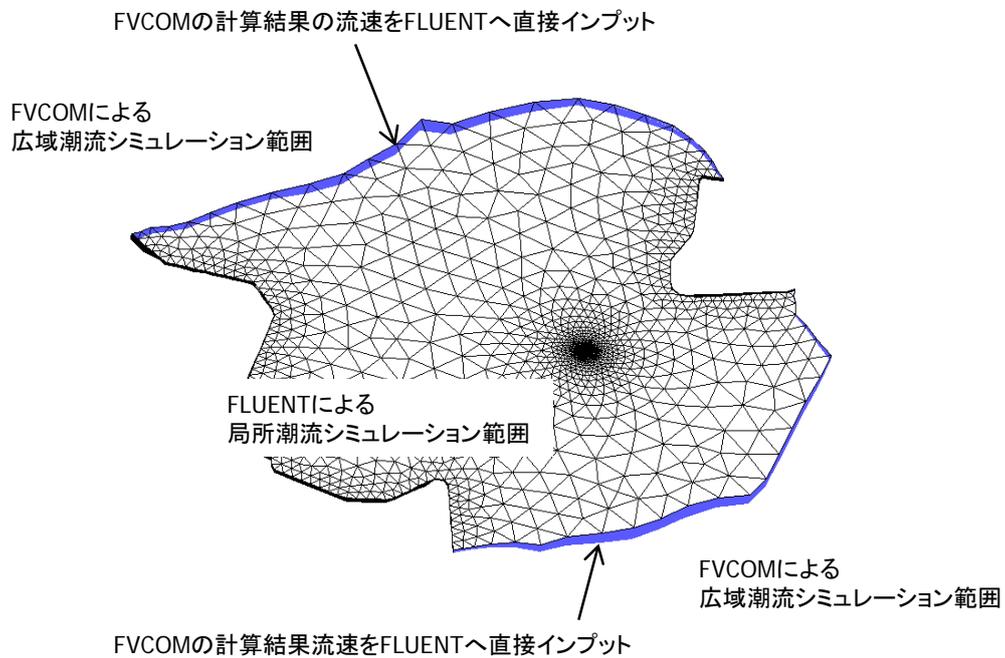


図 7.2-2 局所潮流シミュレーションの境界条件

### 7.3. 局所潮流シミュレーションの結果

#### 7.3.1. 広域潮流シミュレーションの海底地形改善

昨年度に報告した広域潮流シミュレーションの海底地形条件は、海岸付近が含まれない水深データのみを使って作成しており、海岸近傍における海底地形の再現性が良くない箇所があった。そこで、海図情報の併用により海底地形を修正したメッシュで再度 FVCOM の計算を行い、局所潮流シミュレーションの境界条件とした。図 7.3-1 に旧メッシュと新メッシュの海底深さを示す。

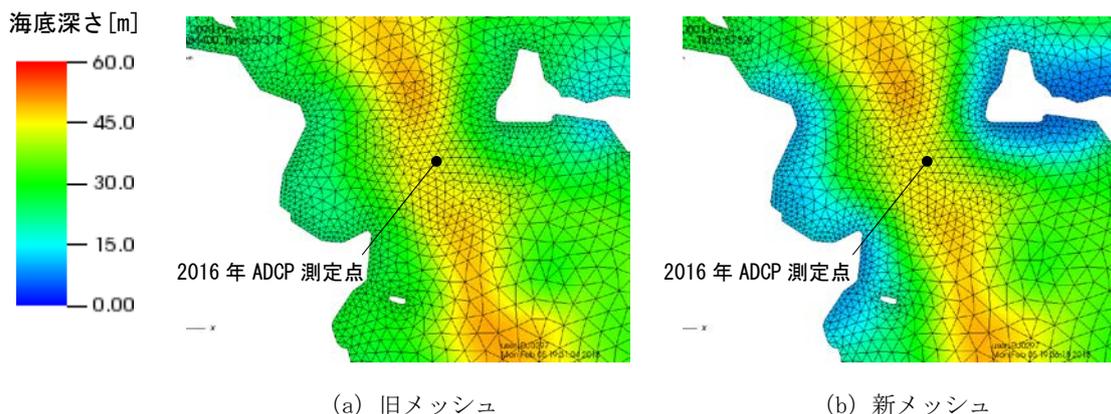


図 7.3-1 旧メッシュと新メッシュの海底深さ

2016 年 ADCP 測定点（図 7.3-1 中に記載）における、秋季・上げ潮最大時及び下げ潮最大時の深さ方向速度分布を図 7.3-2 に示す。上げ潮では旧メッシュと同程度、下げ潮では旧メッシュより僅かに ADCP 測定値に近くなる結果となった。メッシュの修正により、瀬戸の断面積が変化したことで、全体的に瀬戸の流速が速くなる傾向にあるものと考えられる。

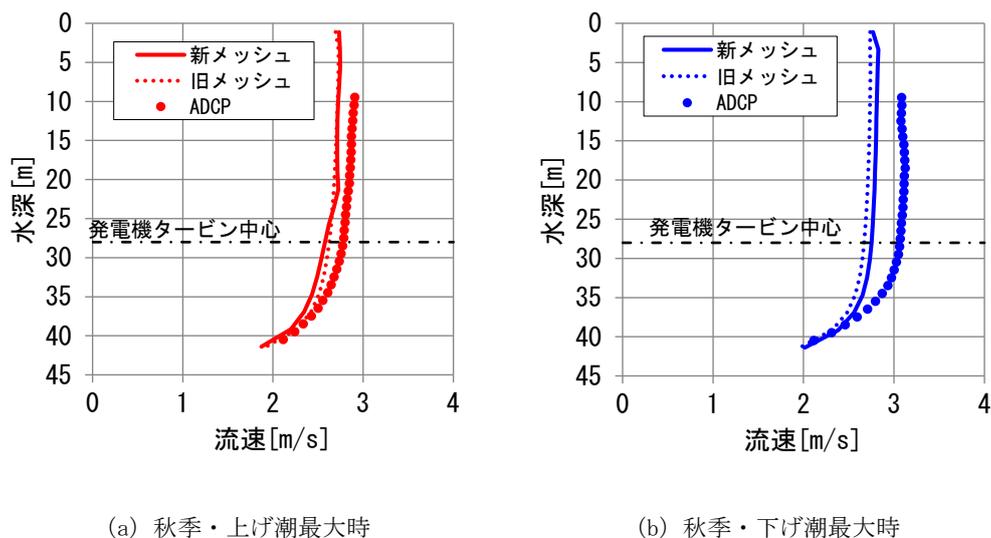


図 7.3-2 2016 年 ADCP 測定点における深さ方向速度分布

### 7.3.2. 計算結果

局所潮流シミュレーションの計算結果を以降に示す。

まず、2016年 ADCP 測定位置における流速の鉛直プロファイルを評価した。局所潮流シミュレーションモデルにおける 2016年 ADCP 測定位置を図 7.3-3 に示す。本測定は、発電機設置予定位置のごく近傍で実施されたものである。

秋季の上げ潮・下げ潮最大時における結果を図 7.3-4 に示す。上げ潮の海面から深さ約 25m の範囲で局所潮流シミュレーションの流速がやや遅くなっているものの、発電機タービン中心高さでは、広域潮流シミュレーションと局所潮流シミュレーションの結果が概ね一致する結果となっており、広域潮流シミュレーションの結果が局所シミュレーションモデルの境界条件として適切に反映されているものと考えられる。

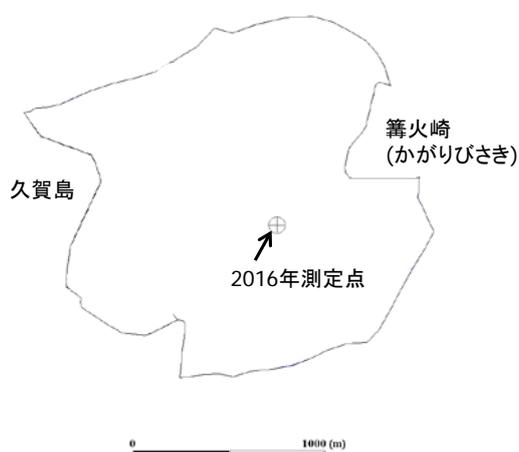


図 7.3-3 2016 年度 ADCP 測定位置

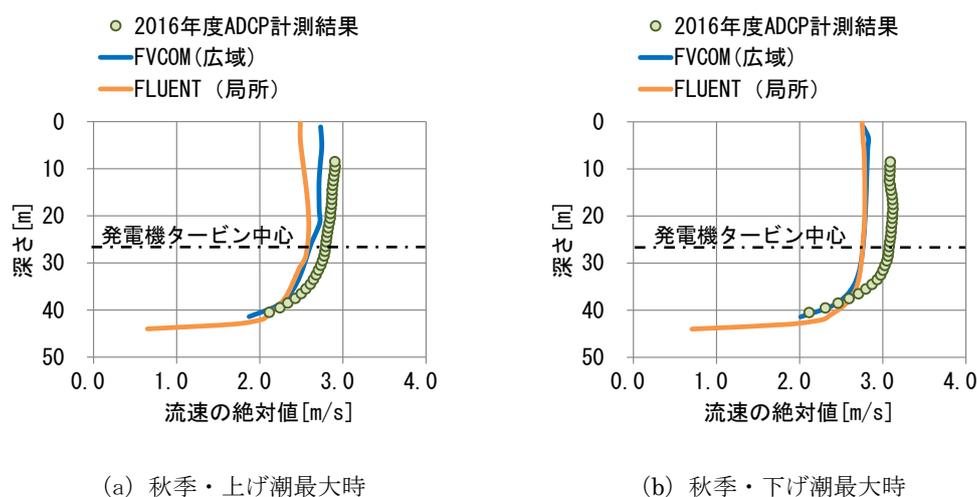


図 7.3-4 ADCP 測定位置における流速プロファイルの比較

図 7.3-5 に他の季節の結果を示す。全体的には局所潮流シミュレーションの方がやや低流速となっているもの、概ね広域潮流シミュレーションと同程度の流速が得られている。ただし、夏季については両者の差が比較的大きくなっており、局所潮流シミュレーションにおいて一様な海水物性を使用していることが一因であると考えられる。

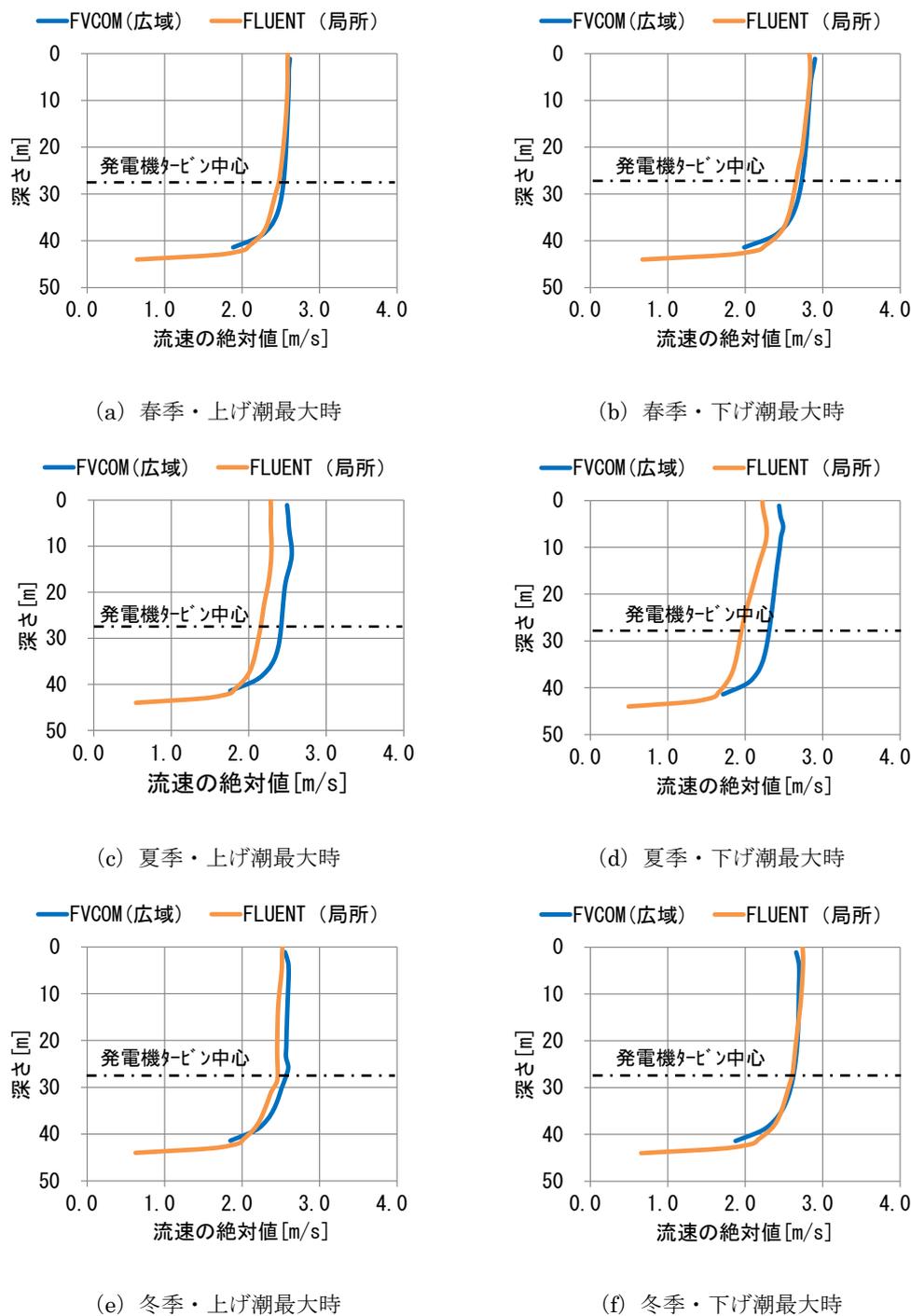


図 7.3-5 ADCP 測定位置における流速プロファイルの比較

図 7.3-6 に 2016 年 ADCP 測定位置の深さ 28m における流速のヒストグラム及び平均値を示す。大潮小潮周期 (30 日間) の流速を 10 分毎に出力した結果で評価したものである。

平均値が最大となる春季と最小となる夏季では 5% 程度の差が生じている。夏季のヒストグラムでは、他の季節と比較して 2.5m/s を超える領域の頻度が少ないことから、最大流速が平均値に影響しているものと考えられる。

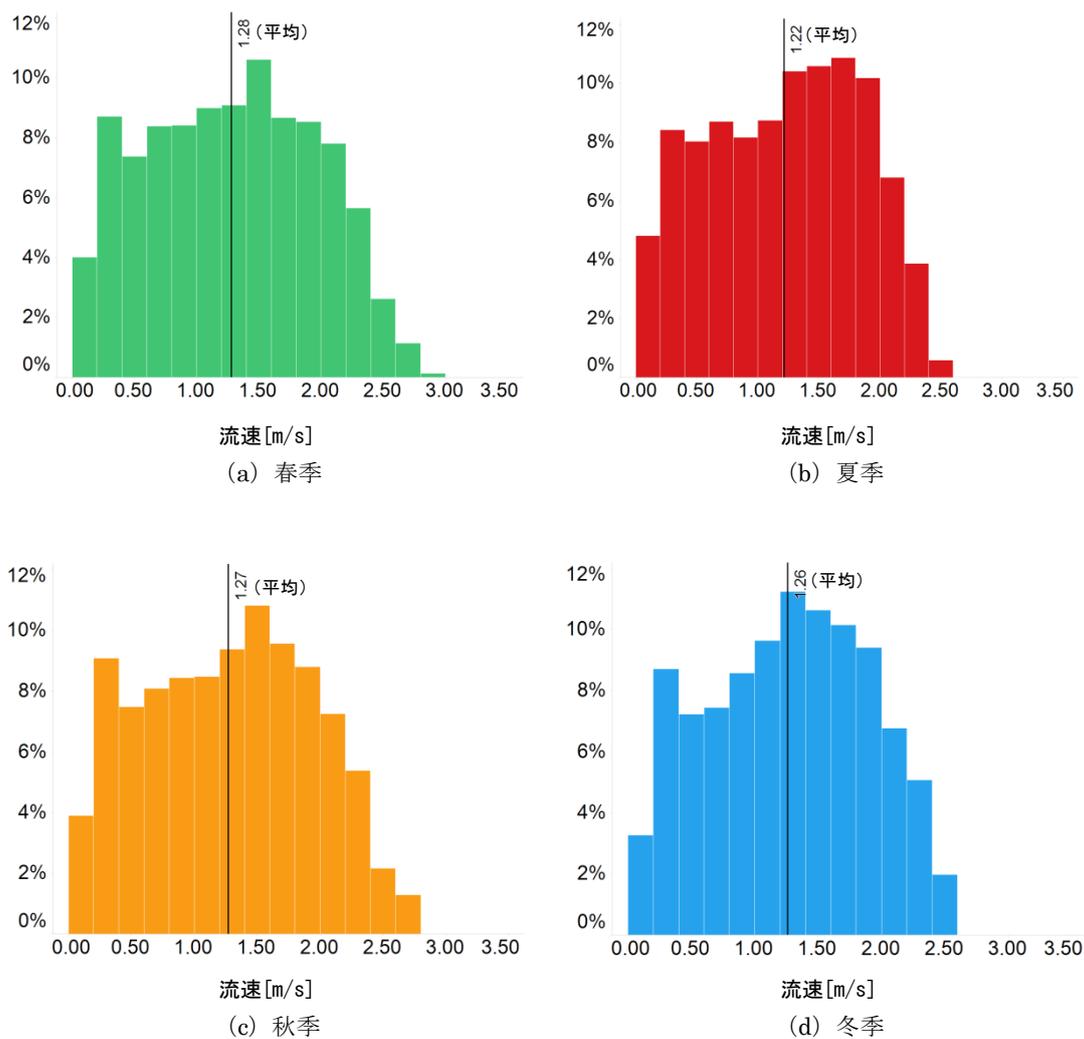


図 7.3-6 流速のヒストグラムと平均値

図 7.3-7 に各季節の上げ潮・下げ潮最大時における海面の流向・流速分布を示す。

上げ潮最大時には、発電機設置予定位置よりもやや北西側の久賀島の海岸付近に最大流速が発現している。一方、下げ潮最大時には発電機設置予定位置である篝火崎先端から南側にかけて最大流速が発現している。

全体的には春季及び秋季の流速が速く、夏季及び冬季の流速が遅い結果となった。この傾向は、条件として使用している広域潮流シミュレーションの結果に強く依存しているものと考えられる。

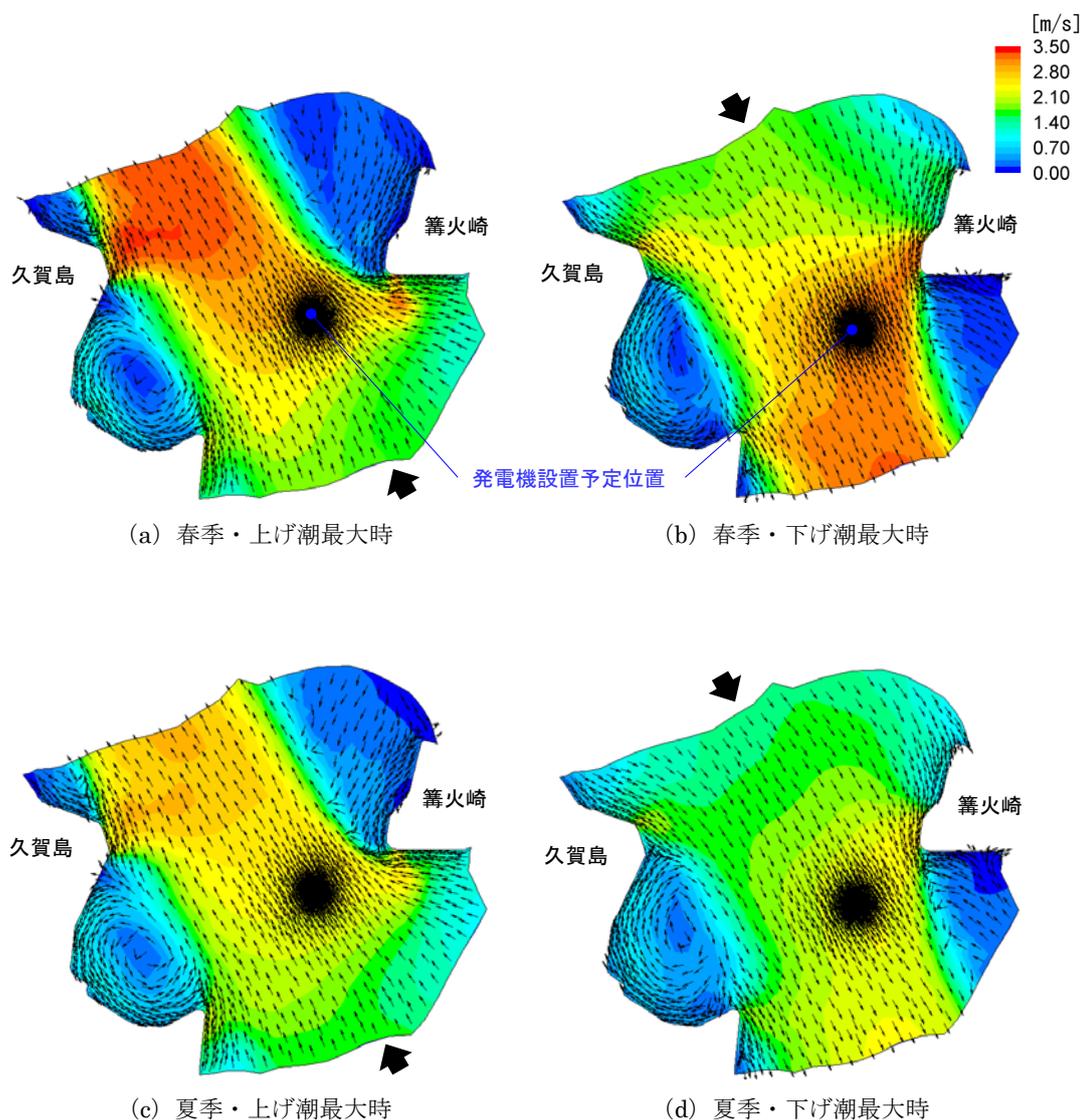


図 7.3-7 海面の流向・流速分布 (1)

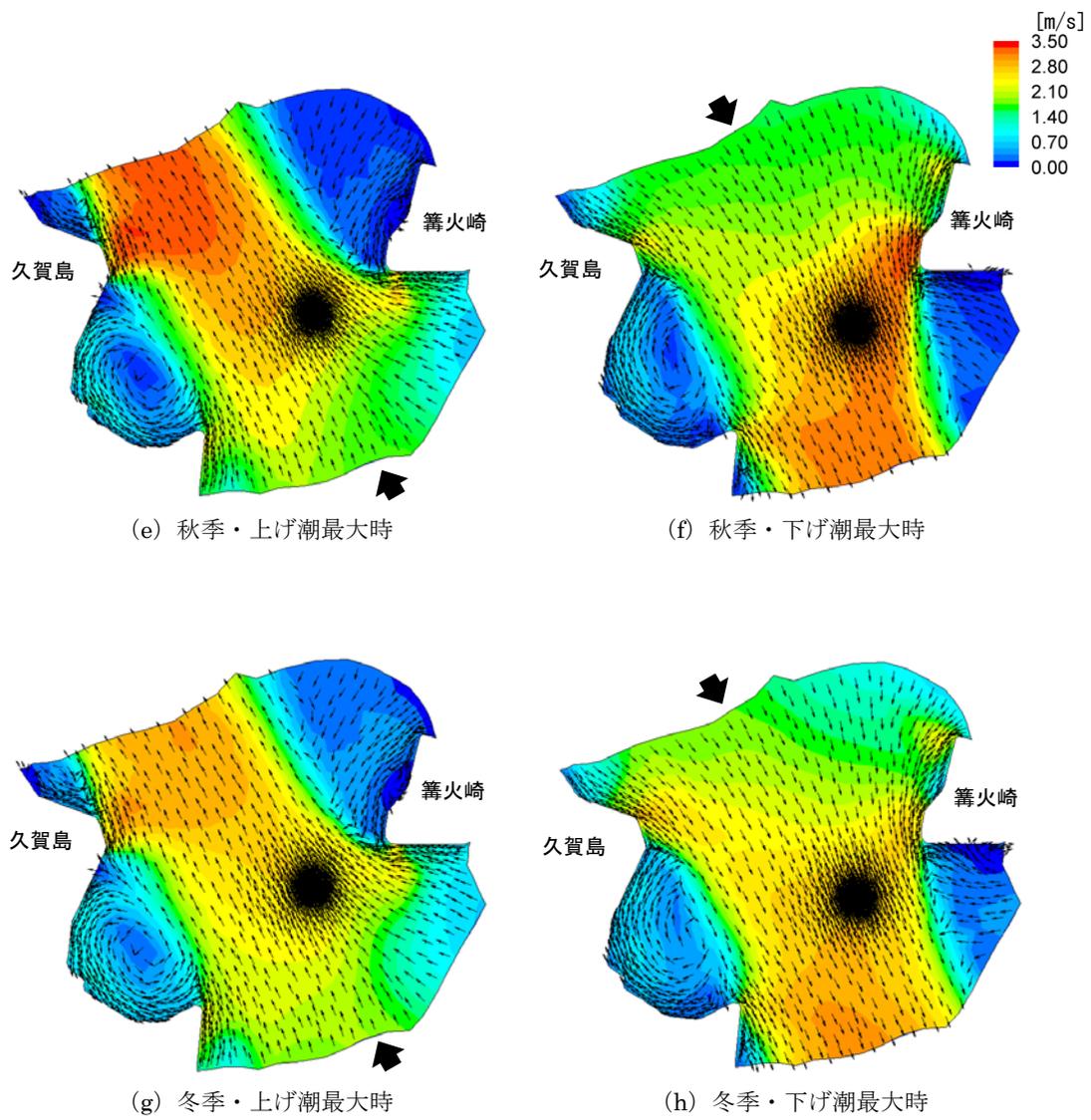
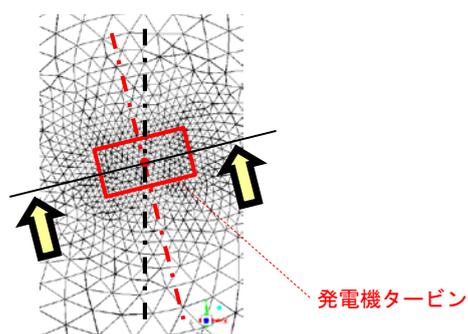


図 7.3-7 海面の流向・流速分布 (2)

上げ潮・下げ潮最大時における発電機タービン断面の流速分布を図 7.3.2-6 に示す。図中の線はメッシュの分割線を表しており、水平・鉛直方向とも約 1m サイズで分割している。

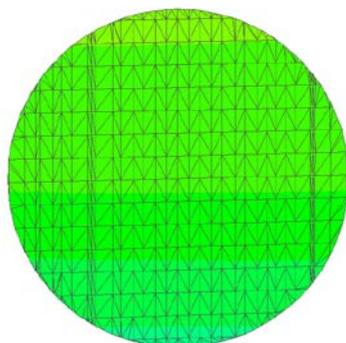
いずれの季節においても、発電機タービン部では流速の鉛直勾配が支配的となっている。

春季の上げ潮最大時は、鉛直方向の速度分布も比較的小さく、0.1m/s 程度の差となっている。一方、下げ潮最大時は、鉛直方向に 0.2m/s を超える速度差が生じており、水平方向にも僅かながら速度差が確認できる。夏季は上げ潮最大時・下げ潮最大時も鉛直方向に 0.1～0.2m/s の差が生じている一方、水平方向には均一な分布となっている。

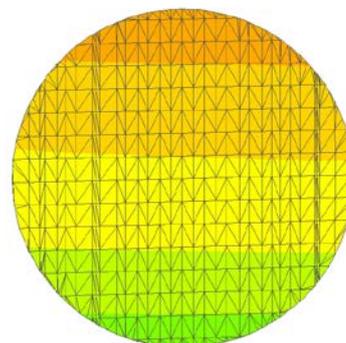


(a) 発電機タービン断面位置

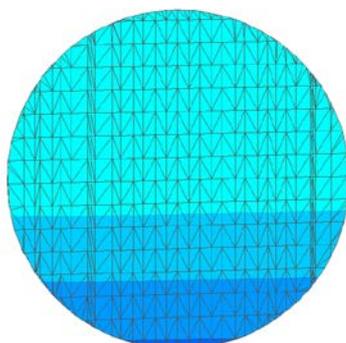
流速 [m/s]



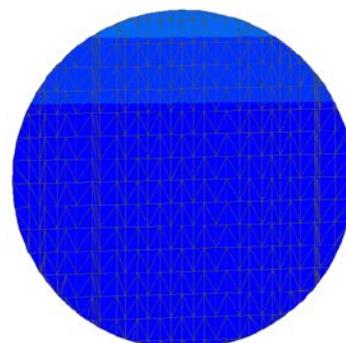
(b) 春季・上げ潮最大時



(c) 春季・下げ潮最大時



(d) 夏季・上げ潮最大時



(e) 夏季・下げ潮最大時

図 7.3-8 発電機タービン断面の流速分布 (1)

秋季では、上げ潮最大時、下げ潮最大時とも鉛直方向に 0.1m/s 程度の差が生じている。また、下げ潮最大時の上部には水平方向にも比較的大きな速度差が生じている。冬季では上げ潮最大時、下げ潮最大時とも鉛直方向に 0.2m/s 程度の速度差が生じている。

以上より、発電機タービンの形状を考慮していない本局所潮流シミュレーションにおいても、僅かながら発電機タービン断面内には速度差が生じていることから、発電量をより正確に予測するためには、特に鉛直方向の速度分布を考慮した予測手法が有効であると考えられる。

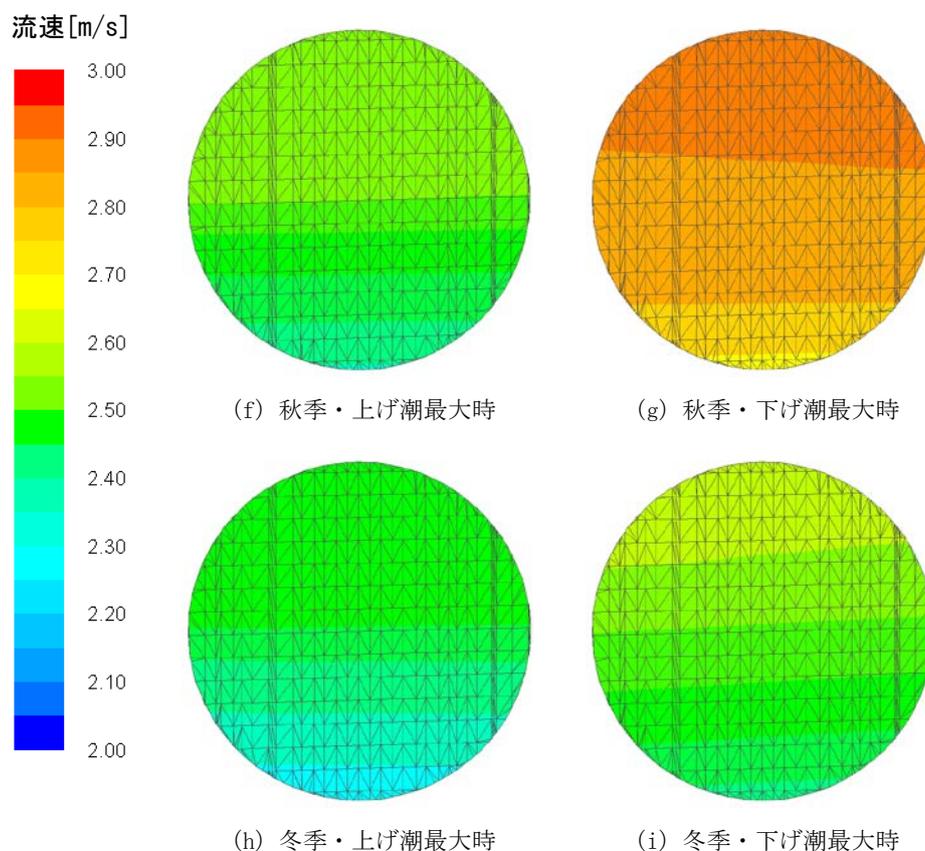


図 7.3-8 発電機タービン断面の流速分布 (2)

### 7.3.3. 潮流エネルギーポテンシャル

局所シミュレーションで得られた速度場から、次式により潮流エネルギーポテンシャル (TCP : Tidal Current Power) を計算した。

$$TCP = \frac{1}{2} \rho A U^3$$

$\rho$  は海水密度、 $A$  は断面積、 $U$  は流速である。 $A$  は単位断面積とした。ADCP 設置位置に関して、大潮小潮周期 (30 日間) で平均した四季の鉛直分布を図 7.3-9 (a) に示す。TCP の最大値は発電機タービンの中心高さよりもやや浅い位置に発現している。

図 7.3-9 (b) は発電機タービン中心高さの TCP を四季で比較したものである。流速と同様、春季と秋季が高く、夏季と冬季で低くなっている。TCP が最大となる春季と最少となる夏季では 20% 程度の差がある。

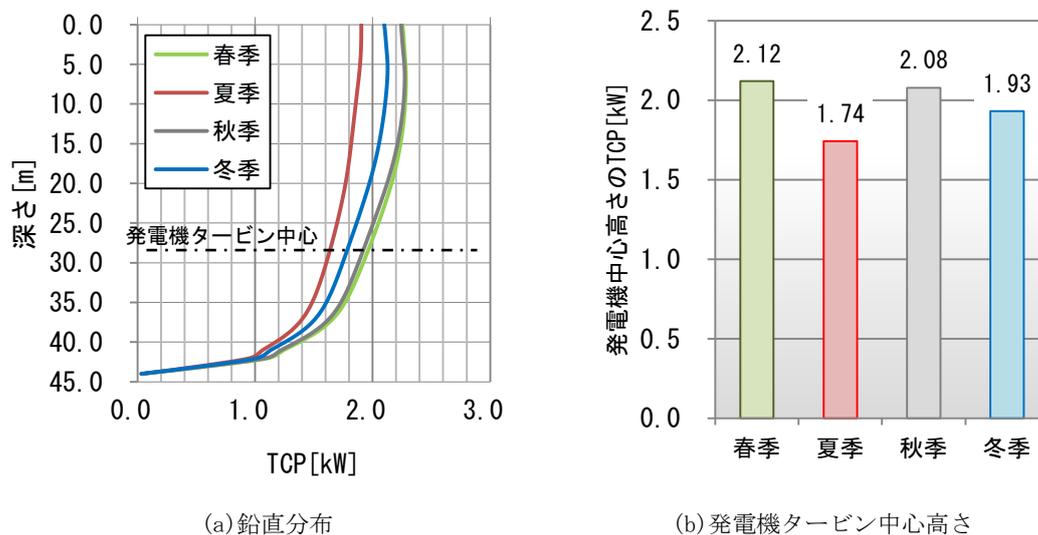


図 7.3-9 2016 年 ADCP 測定点の TCP

大潮小潮周期（30日間）で平均した各季節における海面のTCP分布を図7.3-10に示す。季節によらず瀬戸中央部のTCPが高くなっており、特に黒色破線で示した久賀島の沿岸部及び発電機設置予定位置を含む篝火崎の先端では3.0kWに近いTCPが発現している。これは、図7.3-7に示した上げ潮最大時及び下げ潮最大時の速度分布で流速が速くなっている領域と概ね一致している。

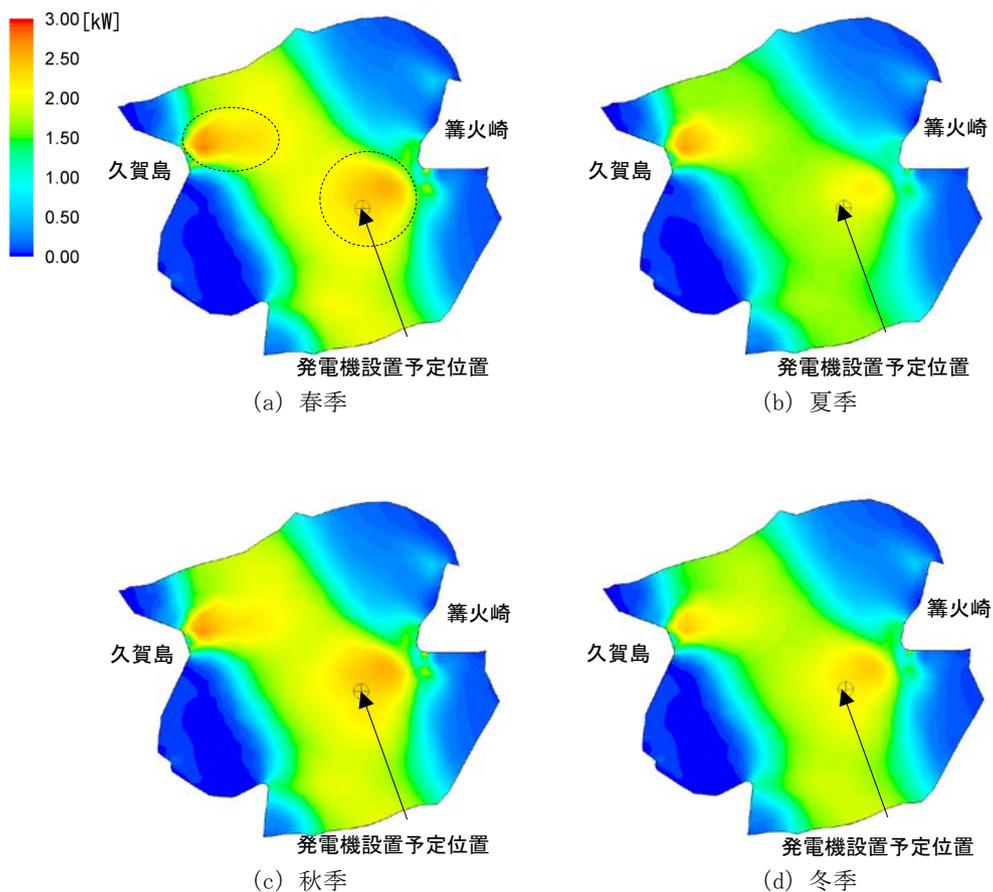


図 7.3-10 海面位置における TCP の平面分布 (30 日平均)

図 7.3-11 に 2016 年 ADCP 測定点の海面から 28m 深さにおける TCP のホドグラフを示す。方向は流れの向きを表している。評価期間は大潮小潮周期 (30 日間)、出力間隔は 10 分とした。

どの季節においても、上げ潮時、下げ潮時それぞれの時間帯では流向のばらつきが少なく安定している。上げ潮時の流向は真北から西に約 30 度の方向であり、発電機タービンの設置予定角度 (軸方向, 真北から西に 20 度) よりやや西向きとなっている。また、下げ潮時の流向は真南から東に約 15 度の方向であり、発電機タービンの設置予定角度よりやや西向きとなっている。

TCP の最大値は春季の下げ潮時に発現しており、約 12kW となった。

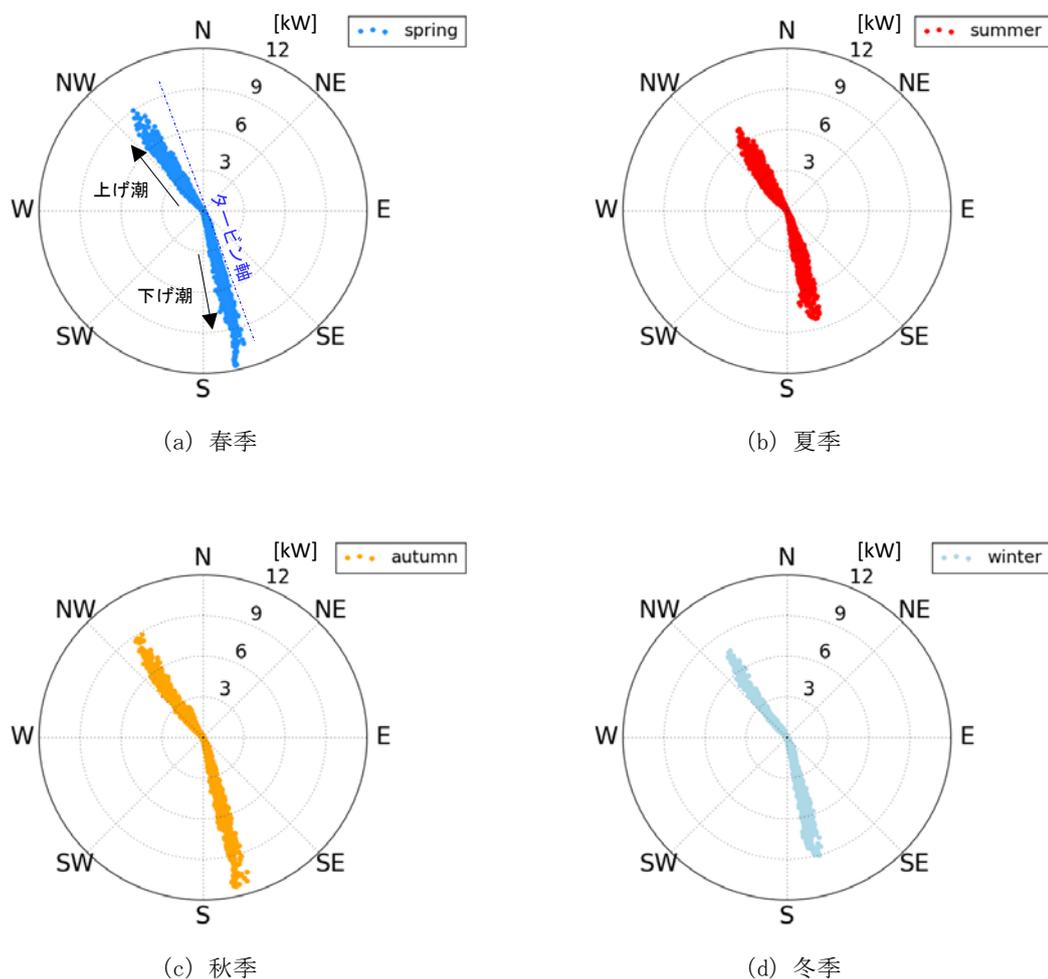


図 7.3-11 TCP のホドグラフ

#### 7.3.4. 局所潮流シミュレーションの課題

局所潮流シミュレーションを実施した結果、広域潮流シミュレーションと同程度の結果が得られたものの、明確な高精度化を示す結果は得られなかった。本年度に実施した局所潮流シミュレーションの課題を表 7.3-1 に示す。

表 7.3-1 局所潮流シミュレーションの課題

項目	内容
海底地形	局所潮流シミュレーション用のメッシュを作成するにあたり、発電機タービン近傍を含む奈留瀬戸の中央部には、過年度に実測された詳細な海底地形形状データを使用した。また、地形データがない沿岸付近には FVCOM の水深データを使用した。しかし、1m 程度の細かなメッシュにしたのは、計算負荷も考慮した上、発電機タービンの近傍の範囲のみで、実測した海底地形データの範囲をカバーしきれていない。海底地形による潮流の乱れの影響を考慮するためには、さらに広い範囲で詳細な海底地形の影響をより正確に反映する必要があると考えられる。
海面変動	局所潮流シミュレーションの領域内における潮位差は水深に対して僅かであるため、計算負荷も考慮した上、本年度の計算では海面位置を海拔零の高さに固定した。しかし、発電機の設置予定位置付近は、瀬戸の幅が狭くなっており、潮位の変動が周辺よりも比較的大きいことから、海面変動の影響について評価する必要があると考えられる。
温度・塩分	広域潮流シミュレーションと比較すると、他の季節と比較して夏季の差が大きい結果となった。夏季は温度・塩分の鉛直分布が大きくなる傾向があることから、その影響について評価する必要があると考えられる。

## 7.4. 発電機の影響範囲に関するシミュレーション

### 7.4.1. 計算手法

発電機が潮流に与える影響を確認するため、局所潮流シミュレーションモデルに発電機タービン形状を追加したモデルでシミュレーションを実施した。発電機モデル形状を図7.4-1に示す。ブレード形状は直接モデル化せず、BEM (Blade Element Momentum) 理論 (以降、「BEM」と記載) を用いて計算した運動量を流体に付与することで、ブレードが回転する影響を考慮した。

ソルバーには局所潮流シミュレーションと同じ FLUENT を使用した。南北の境界条件として、FVCOM で計算した秋季における上げ潮及び下げ潮最大時の条件を一様に付与した定常計算を実施した。

図7.4-1にメッシュ分割を示す。全体を数 m サイズで分割した多面体格子を用いて予備計算を行い、後流の向きを確認した上で、FLUENT のメッシュアダプション機能を用い影響範囲を含む領域を細分割して本計算を実施した。発電機タービンのごく近傍では 0.2m 程度のメッシュサイズとしている。

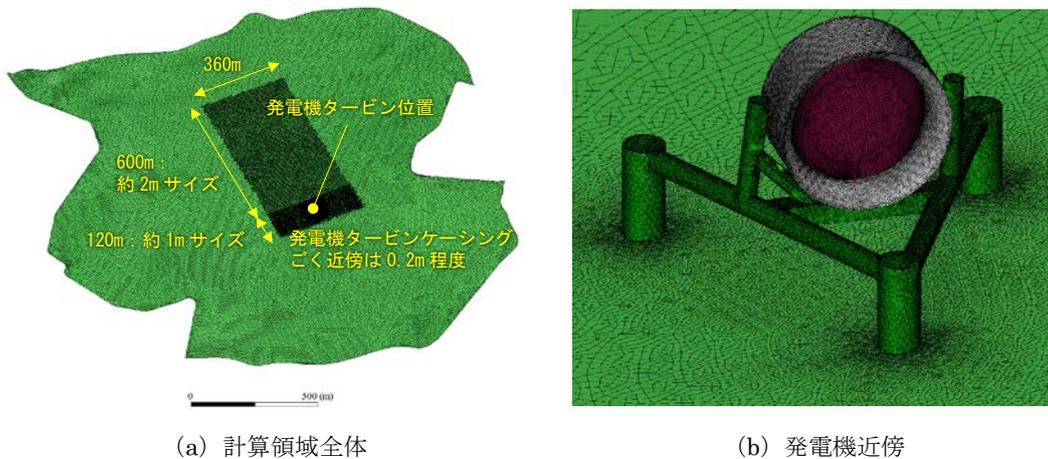


図 7.4-1 海底面と発電機のメッシュ分割図

## 7.4.2. 影響範囲の計算結果

図 7.4.2-1 の(a)及び(b)は、秋季・上げ潮最大時の条件で計算して得られた、発電機タービン中心深さの速度分布を示したものである。発電機タービン位置から下流側に向かって流速の遅い領域が生じていることが分かる。

図 7.4-2 の(c)及び(d)は、発電機タービン非設置時 (7.3 項に示した局所潮流シミュレーション) との速度比である。(c)の横軸は発電機タービン位置から後流側の位置を、(d)の横軸は後流直角方向の位置を示したものであり、タービンの直径 16m で無次元化している。発電機タービン近傍では非設置時と比較して一旦速度が増加した後に 60%程度まで減少し、10D 程度下流の位置では 90%程度まで回復する結果となった。10D 以降の領域では、緩やかに回復する結果となっているが、BEM は細かな渦に関しては考慮できないので、影響範囲の長さが過大になっている可能性があると考えられる。

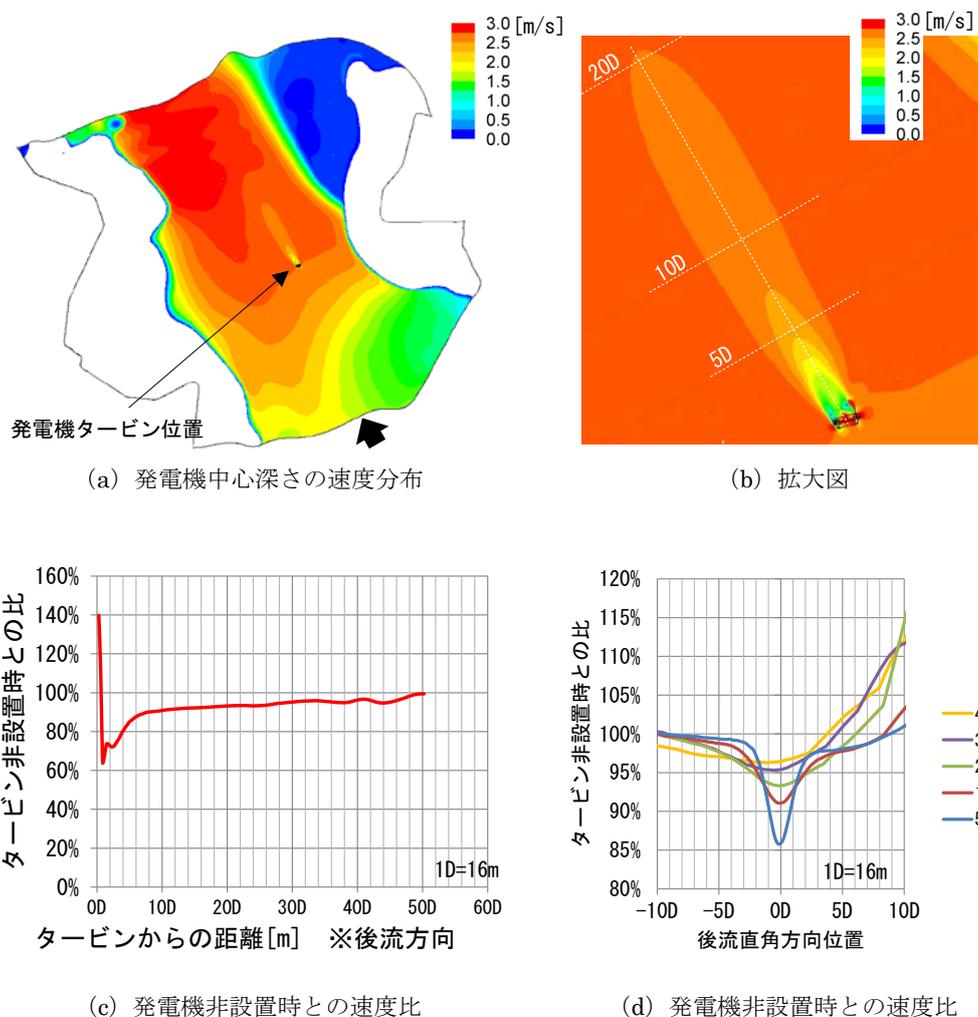


図 7.4-2 発電機の影響範囲

## 7.5. 発電量予測手法検討

発電量の予測手法を検討した。図 7.5-1 に発電量算出フローを示す。従来、潮流発電量の予測には広域潮流シミュレーションで得られた季節ごと、あるいは年間の流速分布を用いることが一般的である。提案する手法では、広域潮流シミュレーションで得られたマクロな速度場を境界条件として詳細な局所シミュレーションを実施し、発電機近傍の流れを高精度化することで発電量予測精度の向上を図っている。次年度以降、従来の手法を含めて発電量を算出し、実証機で得られた発電量と比較する予定である。

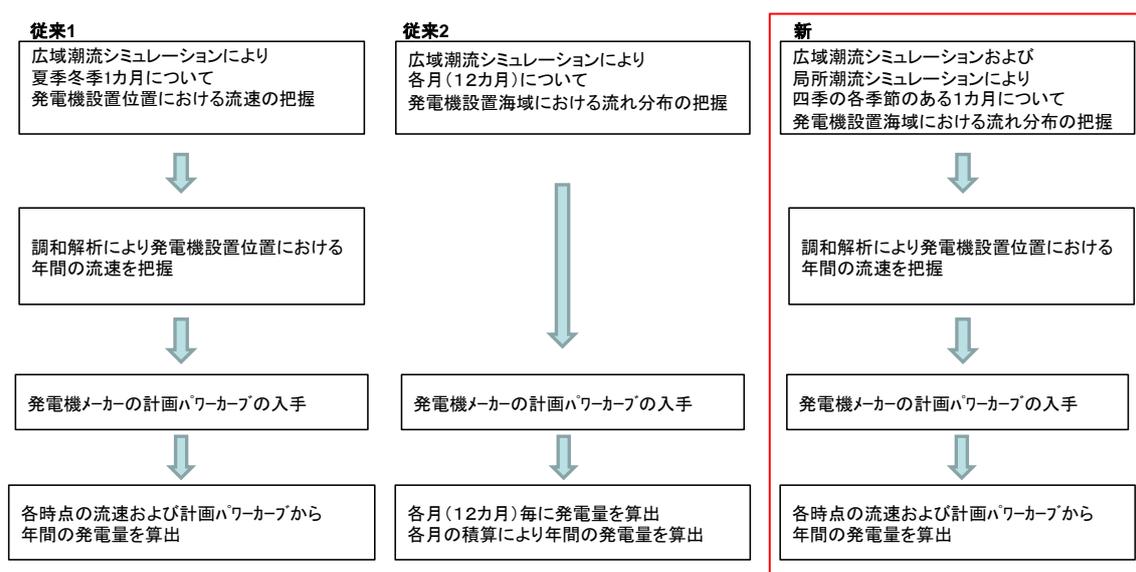


図 7.5-1 発電量算出フロー

## 7.6. まとめ

昨年度に策定した発電量予測の精度向上に関する4ヵ年計画の中で、今年度は局所潮流シミュレーションを実施した。局所潮流シミュレーションでは、昨年度に実施した広域潮流シミュレーション（FVCOM）の結果を境界条件として使用し、また、発電機設置位置近傍に関してメッシュサイズを微細化し、流速算出の精度向上を目指した。広域潮流シミュレーションと局所潮流シミュレーションを接続する方法は確立したものの、局所潮流シミュレーションモデルの海底地形形状や計算手法に課題があり、広域潮流シミュレーションを上回る精度は得られていない。今後、得られた課題を解決し、より高精度な局所潮流シミュレーション手法を構築する予定である。

また、発電機が潮流に与える影響を確認するため、局所潮流シミュレーションモデルに発電機形状を追加したモデルでシミュレーションを実施し、上げ潮最大時の影響範囲を評価した。発電機のごく近傍では発電機を設置しない場合と大きな差が生じているものの、発電機から10D（160m）程度下流の位置では、流速比が90%まで回復する結果が得られた。

一方、今回実施したBEMによるシミュレーションでは、細かな渦に関しては考慮できないので、影響範囲の長さが過大になっている可能性があると考えられ、この点に関しては今後の研究が期待される。

## 8. 地元関係者との協調に関する業務

### 8.1. 目的

本事業を行うにあたり、地元関係者と事業関係者による交流と対話は、本事業における作業の円滑化に欠かせないものである。

- ・現地でのイベント参加や報告会を実施することで相互理解を深め、地元関係者と本事業との連携ができるようにすること。
- ・地元関係者への事業協力依頼を密に行い、本事業の推進が効率的に円滑に進めることができるようにするため。

具体的な実施内容を下記に記す。

### 8.2. 実施内容

#### 8.2.1. 地元関係者への傭船協力依頼

本事業に関する作業を行う船を、地元関係者へ傭船依頼し、本事業に関する理解と協調をはかる。奈留瀬戸での作業は地元の船と漁業者に協力してもらうことで、地元関係者の事業に対する理解が深まり、本事業による作業の理解と効率が向上した。



写真 8.2-1 地元関係者と傭船に関する打合せ風景



写真 8.2-2 傭船した作業船と船長



写真 8.2-3 地元関係者との作業打合せ

### 8.2.2. 海洋情報の提供と共有

本事業に対する理解を深めてもらうために、実証フィールド海域周辺の漁業資源に関する情報を提供し、漁業資源環境の改善と見直しを共有した。



写真 8.2-4 漁業資源に関する説明会

### 8.2.3. 地元関係者へ海洋作業進捗状況の報告会実施

本事業に関する情報と現地の海洋作業状況を地元関係者に報告会を開いて説明し、情報を共有した。報告会を通して海洋作業状況を共有することで現地の漁業者が、より安心安全な漁業が行える方向になった。



写真 8.2-5 地元関係者への報告会実施



写真 8.2-6 報告会による『見える化』実施

#### 8.2.4. 地元関係者と事業関係者の交流

本事業における作業の円滑化と、地元関係者の本事業に対する理解を深めてもらうため、奈留島で行われる行事や交流会に積極的に参加し、直接対話する機会を作った。



写真 8.2-7 地元の行事（綱引き大会）参加



写真 8.2-8 事業関係者への説明会

#### 8.2.5. 地元関係者への本事業 PR 活動

本事業に対し、多くの地元関係者に理解を得るため、奈留島の小学生が行った奈留町漁協職場見学において、潮流発電や周辺海域調査の資料を使ってプレゼンテーションを実施した。また、同職場見学会において奈留町漁協と協力し現地小学生との交流を深め、地元関係者との協調をはかった。



写真 8.2-9 地元小学生へのプレゼン



写真 8.2-10 地元関係者との合同視察

### 8.2.6. 地元イベント参加

本事業を安全で効率よく進めるため、奈留島でのイベントに積極的に参加した。参加した際はイベント会場設置、進行、撤収作業など地元関係者と事業に係る企業との共同作業でイベントを運営できるように配慮した。また、イベントには地元関係者はもちろん、奈留島以外の方々が多く集まり、その方々に対しても本事業に関するPR活動を行い、理解を広めることができた。



写真 8.2-11 現地イベントでのPR活動



写真 8.2-12 参加者へのPR活動

### 8.2.7. 事業紹介のためのリーフレットとPRビデオ制作

地元関係者に本事業への理解を深めてもらうために、事業の概要を1枚に取りまとめたリーフレットを作成し、奈留島及び福江島のフェリーターミナルに配置している。また上記の各種地元イベントでは、リーフレット配布して住民へ説明活動を行うことによって本事業への理解の輪を広げている。

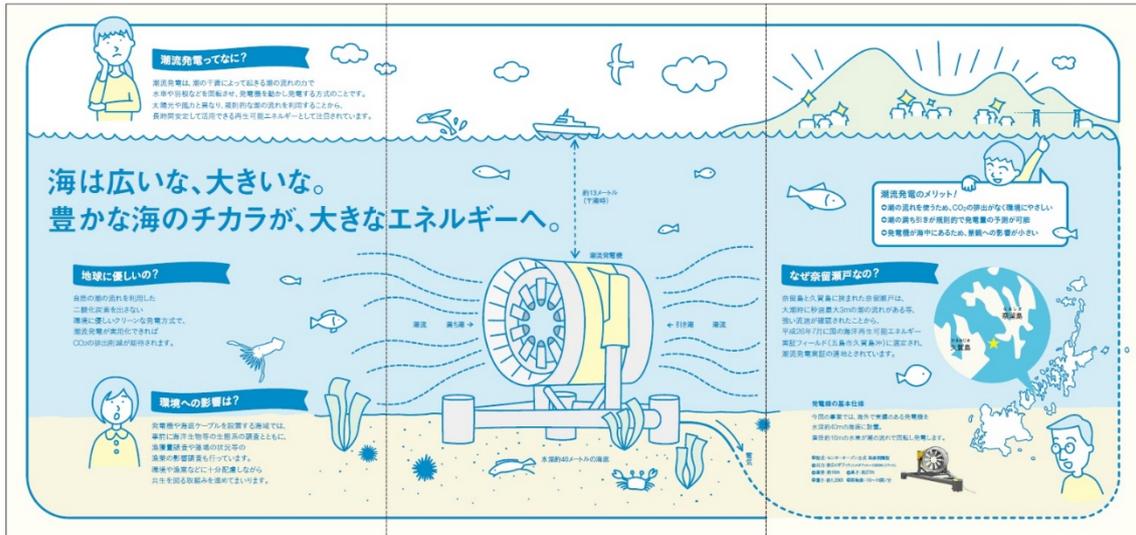


図 8.2-1 事業内容を一般人向けに取りまとめたリーフレット

また、PRビデオの製作を行い、奈留島のフェリーターミナルで映像の公開、五島市ケーブルテレビでの放映などを通じて、地元の方々への事業の周知、理解促進を図っている。



図 8.2-2 PR動画

### 8.3. 結果と今後の課題

現地イベントや交流会の参加により、地元関係者との交流が深まり事業進行が円滑に行われるようになっている。また、地元関係者への備船協力依頼を通して業務内容が周知され、信頼関係が築かれている。さらには、定期的に行っている調査報告会を行うことで本事業と漁業環境がどうであるかの『見える化』となり、地元関係者への安心と信頼につなげることができた。

地元関係者との協調に関する業務の実施は本事業において、作業の効率化・円滑化につながっている。

今後の課題として、地元関係者とのより良い協力関係を築いて行くとともに、現地特有の環境、立地条件、海洋状況など地元関係者の知見を活かして、事業進行が地元関係者と共に進める環境づくりを行って行くようにしたい。そうすることで、本事業が地元関係者と事業関係者が協調して行われているとの共通認識が深まり、事業推進の大きな力になる。その認識づくりを様々な交流を通して、また、地元関係者の声に耳を傾け、今後も進めて行く必要がある。

#### 8.4. 潮流発電事業の地元合意形成（漁業協調、地域共生）に資する先行事例調査

本事業を円滑に開発していくため、地元合意形成に向けた取り組みに関して、欧州の先行事例の調査を実施した。

本調査には奈留町漁協の組合長はじめ長崎県の行政関係者の参加をいただき、先行事例地における合意形成に向けた取り組み状況の調査・ヒアリング、本事業と同型の発電機の視察を通じ、潮流発電事業の合意形成のあり方、課題等について共有を図った。

表 8.4-1 訪問先の概要

先 行 事 例 地	仏 国
	<p>パンポール／ブレザレック村</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>EDF(フランス電力公社)が潮流発電実証事業を行っているサイト。同事業は政府の援助を受けて2003年に漁業者との協議を開始し、2015年に潮流発電機を設置。</li> </ul> <p>シェルブール港</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国が海洋再生エネルギー事業の発展を目的とし、拠点港として整備を推進。国と地方政府がEUの資金支援を得て風車ブレード工場や潮流タービンの組立工場(Openhydro社)等を整備中。</li> </ul>
実 証 サ イ ト	英 国 スコットランド
	<p>オークニー諸島 EMEC 他</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋エネルギー開発に関する世界最大規模の実証サイト。2006年以降、波力・潮流発電の実証に着手し、現在までの実績は10か国、19社、30種類(潮流・波力)。</li> </ul> <p>エディンバラ港</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>北海油田の基地アバディーンの補完基地に加え、スコットランドの首都として海洋エネルギー関連産業の研究開発・PR機能を整備。</li> </ul>



図 8.4-1 訪問先MAP

## 8.5. 調査結果

### 8.5.1. 先行事例地における地元合意形成（パンポール/ブレザレック村）

EDF が潮流発電の実証事業を行っているフランス・ブルターニュ州のパンポール/ブレザレック村において、どのように地元合意形成が図られていったのか地元自治体と漁業関係者へのヒアリングを実施した。ヒアリング結果は以下のとおり。

#### 【具体的な取り組み内容】

- ・事業を計画した事業者と自治体は、地元との合意形成を重視し、計画の初期段階から地元住民や地元漁業者に対して説明会を実施。
- ・事業者が初期段階から地元関係者（自治体、漁協、住民）が参画する協議会を立ち上げ、現地調査のワークショップを開催し情報の共有を図る。
- ・住民説明会では環境に影響が少ない発電機であることと、地元の経済効果の一つとして雇用増加が見込まれることを発信（バージ・SSB の製作、発電機等のメンテナンス、地元の海洋専門学校での教職等）。
- ・積極的な情報公開に努め、実証を行うための調査においても漁業者と実施し、地元関係者と共に事業を実施。
- ・サイト調査は漁協の意見、現場の知見・情報を得ながら実施し、調査結果を周知。
- ・漁業資源の調査によって生息地の分布、資源量を正確に得ることが出来、漁業振興に寄与。
- ・漁協組合長自身が発電機メーカーに出向いて実機及び仕組みを確認し、組合員に情報提供を行った。結果、組合員の安心感・理解が飛躍的に向上し、爾後 9 割の組合員の賛成を獲得。

#### 【取り組みにより得られた結果】

実証開始後は、村の知名度が向上したことで、観光客や視察団の訪問、漁業が衰退した他地域からの漁業者移住で漁獲量が増加する等、観光・漁業面の双方で地元経済の振興に繋がる結果となった。

また、今回、再生可能エネルギーのプロジェクトに関われたことを地元住民は誇りに感じており、再生可能エネルギー事業の誘致による地元活性化のメリットが経済面だけでなく、地元住民の意識向上にも繋がるものとなった。



写真 8.5-1（左）パンポール市役所での地元関係者へのヒアリング

写真 8.5-2（右）実証サイトの海域

### 8.5.2. 実証サイトにおける漁業協調・地域共生（オークニー諸島）

オークニー諸島は、海洋エネルギー資源が豊富であることから、古くは1950年代に風力発電の風車の実験が行われたことに始まり、再生可能エネルギーの開発が盛んに行われてきた。また、漁業と協調した研究や調査等を行う施設や機関の整備が進むとともに、関連産業の立地・創設や地元漁業者の起業も行われる等、再生可能エネルギーの実証事業の発展が地域の振興に寄与した。この間に培われてきた漁業協調や地域共生の取り組みについて以下のとおり報告する。

表 8.5-1 主な施設・機関・企業

漁業協調	
ヘリオットワット大学 OSF (Orkney Sustainable Fishery)	持続可能な漁業(サステイナブル漁業)の普及、発展を目的とし、海洋環境の資源を管理する専門知識を持って、持続可能な漁業の研究やコンサルティング、科学的な調査、分析を行う。
地域共生／地域振興	
Aquatera 社	海洋再エネ関連の海洋調査や環境コンサルティングをはじめ、地域の社会経済的発展を含めた事業戦略計画立案の支援等を実施。また、スコットランド国際開発庁の窓口業務も担う(実証事業に関する各種申請や視察団の地元受入)。
Green Marine 社	地元漁業者であったが、EMECの発展に伴い蟹漁の経験を活かして発電タービンやケーブル等の設置工事、海域作業を行う会社を起業。大型船に依らない海洋工事の提案により海洋再エネのコスト削減に貢献。

#### 【ヘリオットワット大学・OSFの取り組み】

ヘリオットワット大学は、オークニーのキャンパス内にある ICIT（アイランドテクノロジーセンター）を本拠地とし、海洋環境の資源を管理する専門知識を持って、研究、教育、コンサルティングを実施している。

持続可能な漁業の研究においては「未来の漁獲に影響を与えない、環境にダメージを与えない、漁業活動の未来を考える、人間活動の未来を考える」等、様々な意味をもつと考え、従来の獲るだけの漁業ではなく獲物を資源と考え、漁業の資産（魚、甲殻類）を管理しながら、適正な数を適正な方法で漁を行い、未来のために資源を確保することを目的とした研究である。

英国では世界の人口増による食物危機、乱獲防止、絶滅危惧種の保護等の観点から、2012年に明確な食料調達基準を設けた。具体的には、

- ・英 NGO・MCS の”Fish to Avoid”にリストされた魚種の調達を禁止
- ・資源状況、IUU（違法・無報告・無規制）漁業対策、産卵期の考慮と組織的なトレーサビリティ（追跡可能）の追求を行うこと

・MSC 認証、英 MCS の”Fish to Eat”にリストされている魚種であることを掲げており、MSC 認証\*については同大学の教授も審査員として活動している。

\*MSC (Marine Stewardship Council) 認証とは、環境保全や管理漁業等を行っている商品に認証 (MSC ラベル) を授与し、資源の差別化による付加価値を向上させることで持続可能な漁業の発展に寄与している。漁業者の意識改革だけでなく、消費者に対して海洋保全についての意識を広めることにも繋がっている。



写真 8.5-3 ヘリオットワット大学アイルランドテクノロジーセンター



写真 8.5-4 MSC ラベル

OSF は、漁業者と共に持続可能な漁業産業の構築に向けた研究に取り組んでいる。

一例では、オークニーで水揚げ量の多い蟹 (ベルベットクラブ、ブラウクラブ) の生態調査を実施している。調査では籠に入った蟹のサイズを測り、EU の捕獲規定に基づいてリリースが必要なサイズの蟹は IC タグを着用してリリースする。その IC タグのデータを基に成長度合いや生存率をモニタリングし、水産資源の地理的な分布状況の把握、サイズや雌雄のグラフ化を行い、年間を通じての水揚げ時期の把握をできるような仕組みを構築した。

調査で得たデータは漁業組合が保有し、スコットランド政府や英国政府へ報告書として提出し、オークニーでの持続可能な漁業産業への取り組みをアピールしている。

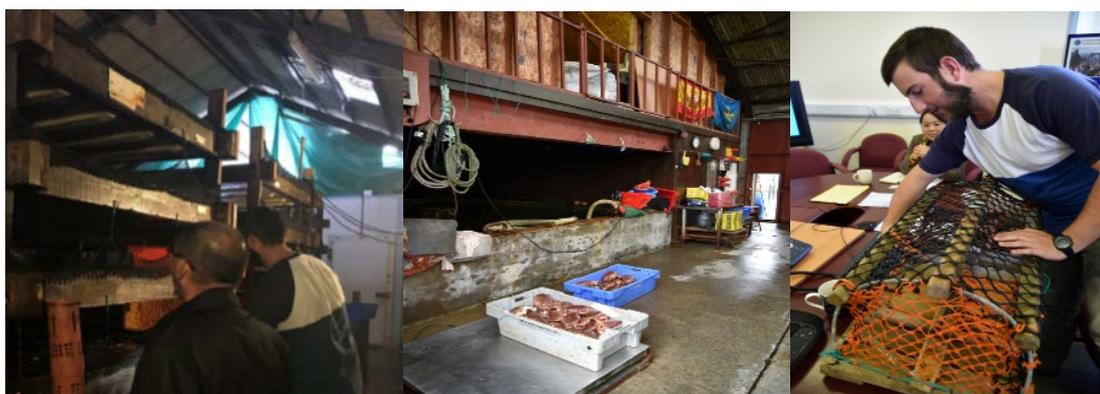


写真 8.5-5 甲殻類管理施設内

写真 8.5-6 蟹漁向けの籠

### 【Aquatera 社の取り組み】

Aquatera 社は、海洋再生可能エネルギー関連の環境調査やコンサルをはじめ、海洋調査や地球環境保護を考慮した事業の開発、地域の社会経済的発展を含めた戦略計画立案の支援等を行う会社である。

EMEC の手掛ける事業にも参画し、数多くの取組みを展開する中で、海洋再生可能エネルギー事業を更に発展させるためには環境の保護と開発における地域社会経済への貢献も重視し、研究を進めながら政府へレポートを提出している。海洋再生可能エネルギー事業が雇用や産業振興等、地域経済の発展に寄与するという結果を示すことで国や自治体の取組みが広がれば、事業サイトの誘致や民間企業の投資に対する支援にも期待が持て、レポートの存在は大変意義のあるものとなる。

オークニーでの再生可能エネルギー事業については、2016 年には島の需要電力の 120% の発電量となり、上回った分については「地域で消費する」という観点で電気自動車の充電ポートを設置し、無料で電気自動車向けに供給している。

また、社会性、経済性については統計データを蓄積し、2000 年から雇用が始まり仕事を生み出してきたという結果を可視化することで住民の理解促進や実感を得ることに役立っている。

再エネ発電事業から地元が受けた恩恵は以下のようなものがある。

- ・ 300 名程度の雇用があったこと
- ・ 500 世帯以上の住民が小型風力発電機を持っていること
- ・ 400 世帯以上の住宅に太陽光発電を設置していること
- ・ 5 つのコミュニティで所持している風力発電機が 800 世帯をカバーしていること
- ・ 40 名の発電機に関する地域投資家がいること
- ・ 150 人が電気自動車を所有していること（人口：約 21,000 名）



写真 8.5-7 再エネ普及の成長

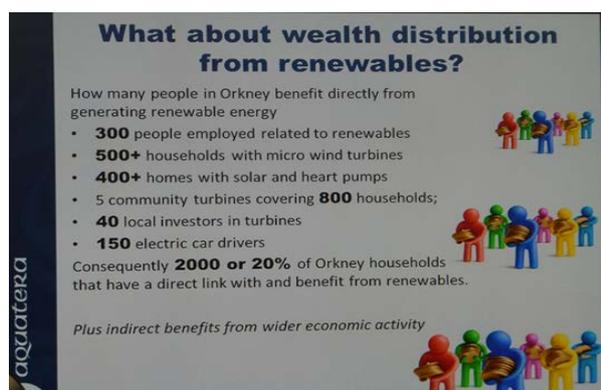


写真 8.5-8 再エネによる恩恵

### 【Green Marine 社の取り組み】

Green Marine 社は、再生可能エネルギー事業に係わる発電タービンやケーブル等の設置工事、海域作業を小型作業船で行う会社である。その創業者である Jason 氏は、以前は漁業を生業とし、大型漁船で遠洋漁業を行いながら、1988 年におきたパイパーアルファ北海油田の火災事故後は、油田関連の仕事も請け負ってきた。

その後、EMEC が設立された際に、伝統的に行われてきた漁業や油田関連事業で培われた海の知識を活かし、新興産業である海洋再生可能エネルギーに使用するデバイス（発電機）のインストールについて等、開発企業にとって有益な実施方法を良く理解した企業として海洋再エネプロジェクトに参加するようになり、2012 年に Green Marine 社を設立、作業船購入等の設備投資を行い、本格的に海洋再エネプロジェクトに関わる海上作業を行う会社へ事業内容を移行した。

現在働いているスタッフの殆どは元漁師で、現在の専属クルーは 22 名、作業に応じて臨時の作業員を雇用する等、雇用面でも地元貢献している。

大きな功績としては、オイル産業等に使用する大型船を使用していた機器インストールやケーブル敷設作業を小型作業船によって行うことで、大幅な経費削減を可能にしたことである。

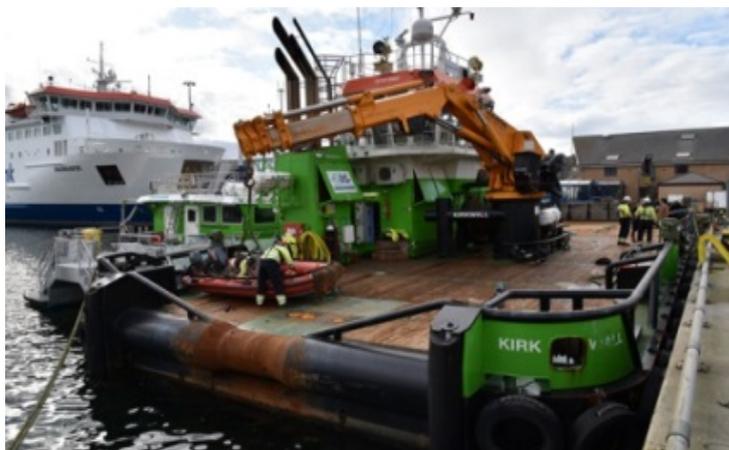


写真 8.5-9 Green Marine の多目的作業船

### 8.5.3. 実証サイト視察（オークニー諸島）

オークニー諸島の波力発電サイトでは、実証エリア海域での設置状況や系統連系、発電関連施設の整備状況、見学者用関連施設、拠点港整備の状況などを確認し、本事業における課題解決等の参考とした。

拠点港のハットストーン棧橋は、再エネ事業と観光事業双方の発展を目的とし、2013年に拡張工事を実施、現在では実証機設置時の拠点港として活用している（仮置き場、最終メンテナンス等）。後背地にはインキュベーション施設となる「海洋エネルギー産業用施設（通称：ワーネスパーク）」を整備し、複数の企業の入居を可能とした。

また、大型客船の同時接岸も可能で、夏季の観光シーズンには2～4千人の乗客が一度に訪問、観光振興にも寄与している。



写真 8.5-10 波力発電実証サイト



写真 8.5-11 ハットストーン棧橋（赤円が拡張部）

#### 8.5.4. タービン実機視察（シェルブール）

本事業で使用するタービンの実機と設置バージを視察し、実機のサイズ感や発電の仕組みを確認した（同港湾区域内に整備中のオープン hidro 社の量産工場も見学）。

具体的には、タービン内部を見学し、タービンとステーターには潤滑油等の海中環境を壊す恐れのあるものは一切使用しない設計であることや、発電トラブルを回避するために海洋生物の付着を防止する塗装が施されている等についての説明を受けた。

また、過去のトラブル事例として、発電機のコイルを固定するボルトが仕様と異なる材質で製造されていたためボルトが外れ、発電機の回転を妨げる事態が発生したことから、その経験を踏まえた設計や改良、品質管理の徹底を図っていることの説明を受けた。

こういった実機の見学や機器の不具合を着実にフィードバックしている状況を組合長や地元行政関係者に知ってもらうことで、本事業の地元の理解や安心感の醸成に結びつくものになったと考えている。



写真 8.5-12 補修中のタービン



写真 8.5-13 バージ上のタービン

今回の先行事例調査で海洋再生可能エネルギー事業を行う際の地元合意形成においては、計画段階から実証中に至るまで継続的、積極的な情報公開を行うことが重要であること、また、地元関係者と連携し協力して事業を進めることが事業の成功の近道でもあり、事業が地元の社会性、経済性の発展にも大きく寄与することを本事業の地元関係者と共有することが出来た。

来年度以降にもこの知見を活かし、引き続き地元関係者との協調に取り組んでいくこととする。

## 9. 開発検討会

本受託業務を円滑に実施するため、事業の進捗状況等を確認し、外部有識者の専門的知見へ助言を求める開発検討会を開催した。第2回検討会には、外部有識者、環境省担当官に加え、本事業が経済産業省連携事業であることを踏まえ、経済産業省担当官にも参加いただいた。開発検討会の外部有識者は、表 8.5-1 のとおり。

### 第1回開発検討会

- |        |   |
|--------|---|
| 1.開催日  | 平成29年8月2日(水)  |
| 2.開催場所 | 五島市役所奈留支所   |
| 3.議事次第 | (1)平成29年度業務内容・目標・スケジュールについて<br>(2)平成29年度の計画と実施状況について<br>①海域・生物付着調査の状況<br>②発電機の認証取得、系統連系枠の確保、工事計画認可に向けた進捗状況について<br>③発電機の認証取得、詳細設計、運転管理の検討、部材・部品の調達<br>④施工工法、施工台船の仕様検討<br>⑤海底ケーブル・陸上電気設備の詳細設計、製作・機器類の調達<br>⑥局所潮流シミュレーションの検討状況<br>⑦地元関係者との協調 |
| 4.その他  | 開発検討会に先立ち、有識者は発電機設置海域及び陸上電気設備の設置場所を視察   |

### 第2回開発検討会

- |        |  |
|--------|--|
| 1.開催日  | 平成30年1月23日(火)  |
| 2.開催場所 | 新日鉄住金エンジニアリング株式会社  |
| 3.議事次第 | (1)平成29年度の実施状況について<br>①海域・生物付着調査の状況<br>②発電機の認証取得、工事計画認可等の協議状況<br>③海外での実証事業の進捗状況及び発電機の詳細設計、運転管理の検討、部材・部品の調達<br>④施工工法・施工台船の仕様検討<br>⑤海底ケーブル・陸上電気設備の詳細設計<br>⑥局所潮流シミュレーションの実施状況<br>⑦地元関係者との協調、漁業共生への取り組み<br>(2)平成30年度の事業計画案について |

表 8.5-1 開発検討会 有識者名簿

所属	役職	氏名
東京大学大学院 新領域創成科学研究科	教授	高 木 健
長崎大学 海洋未来イノベーション機構 海洋エネルギー開発研究部門	教授	経 塚 雄 策
九州大学大学院 総合理工学研究院 流体環境理工学部門	助教	山 口 創 一