

平成 26 年度潮流発電技術実用化推進事業  
(国内の海洋エネルギー利用拡大に向けた 1MW 級  
潮流発電システムの開発・実証事業)

委託業務  
成果報告書

平成 27 年 3 月

東亜建設工業株式会社

川崎重工業株式会社

古河電気工業株式会社

国立大学法人九州大学

## 目次

要約.....	4
1. 委託業務の目的.....	7
2. 委託業務の内容.....	8
2.1. 委託業務の実施体制.....	8
2.2. 業務内容.....	8
3. 実証候補海域の選定.....	10
3.1. 候補海域の予備選定.....	10
3.2. 候補海域の1次選定.....	11
4. 基本検討.....	14
4.1. 事前協議等.....	14
4.2. 法規・許認可.....	15
4.3. 社会受容性.....	17
4.4. 海象条件.....	19
4.4.1. 海域概況調査（1次調査）.....	19
4.4.2. 詳細調査（2次調査）.....	30
4.4.3. 潮流シミュレーション.....	32
4.5. 海底地形・海底土質調査.....	34
4.6. 気象条件.....	45
4.6.1. 風況調査.....	45
4.7. 環境影響評価手法の検討.....	47
4.7.1. 実施概要.....	47
4.7.2. 地域の特性.....	48
4.7.3. 計画段階配慮事項の選定及び予測・評価の手法.....	51
4.7.4. 予測評価の結果.....	54
4.8. 経済性評価.....	57
4.8.1. 先行事例調査.....	57
4.8.2. 経済性評価アプローチ.....	59
4.8.3. 市場規模推定.....	60
4.8.4. 事業採算性.....	61
4.8.5. 検討結果.....	62
5. 概念設計.....	65
5.1. 概念設計の概要.....	65
5.2. 潮流発電システムの選定.....	68
5.3. 概略設備設計.....	84

5.4.	設備運搬・施工方法.....	92
5.5.	運転・保守.....	120
5.6.	撤去工.....	127
6.	今後の実施内容.....	129
6.1.	平成26年度の実施内容.....	129
6.2.	平成27年度の実施予定内容.....	130
6.3.	実証実施に向けたスケジュール.....	131
6.4.	実施スケジュール（案）.....	132
6.5.	平成27年度計画.....	132
7.	今後の展開と課題.....	153
7.1.	事業展開.....	153
7.2.	平成27年度展開.....	154
7.3.	課題整理.....	157
8.	検討会の開催.....	164
8.1.	地域協議会.....	164
8.1.1.	第1回地域協議会.....	165
8.1.2.	第2回地域協議会.....	165
8.2.	評価委員会.....	166
8.2.1.	第1回評価委員会.....	166
8.2.2.	第2回評価委員会.....	167

## 要約

本委託業務は、長崎県五島市沖において国内最大級の 1MW 級潮流発電システムの実証研究を実施し、国内の海象等に対応し、環境負荷を低減した事業性の高い潮流発電の技術を実用化することを目的としている。平成 26 年度（本年度）は、事業の初年度であり、適地選定調査、設計、施工検討及び事業計画や経済性に関する実現可能性調査等を実施し、実証に当たっての課題の検証を含め、次年度以降の事業に反映するものである。具体的には、以下の主要 8 項目を実施したものである。

### <業務内容>

- (1) 法規・許認可調査
- (2) 潮流シミュレーションの実施
- (3) 実証候補地の選定
- (4) 実証試験装置の基礎設計
- (5) 陸上変電設備、海底ケーブルの検討
- (6) 実証試験装置の設置方法の検討
- (7) 経済性評価
- (8) 地域協議会や評価委員会の開催

そして、奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸を対象に実証候補地 1 次調査（概要調査）を自主的な配慮書検討と共に実施した。上記、業務内容の進捗を踏まえ、奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸に予備選定したそれぞれ複数箇所ずつの海域に対して優先順位付けを行い、実証候補海域として 2 海域への絞込みを行った。その結果を平成 27 年 2 月 2 日に開催した、第 2 回地域協議会（長崎県五島市）に附議し、地元関係者と協議を行い、奈留瀬戸の 1 海域については、実証事業実施に向けた合意を得るに至った。今後、実証候補地 2 次調査（詳細調査）と自主的な方法書検討を実施すると共に、上述の業務内容の詳細検討を行う予定である。

また、本委託業務は環境省及び経済産業省の連携事業であり、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が推進する、「海洋エネルギー技術研究開発」において、潮流発電システムの発電機部分である、ナセルやブレード等の開発を行っている。そのため、評価委員会では、環境省及び経済産業省・NEDO による共同委員会を推進し、外部有識者による助言を受け、事業を実施した。

## Summary

The purpose of this project is to demonstrate the 1MW tidal energy converter system, the largest of its kind, in Japan, off the coast of the City of Goto, Nagasaki Prefecture, in order to move towards a practical application of the environmentally low-impact technology.

As this was the first year of the proposed five-year project, it performed suitable sites selection, conceptual engineering design, construction execution review, and project feasibility study regarding its economics and project planning.

It also aimed at understanding various agenda that the demonstration will face, in order to reflect them to the next phase of the project. Specifically, it performed the following tasks:

### <Project Tasks>

- (1) Investigation of Regulation and Licensing Related to Project Execution;
- (2) Simulation of Tidal Current;
- (3) Selection of Multiple Candidate Sites for Demonstration ;
- (4) Conceptual Design of the Demonstration Devices;
- (5) Examination of Onshore Substation and Subsea Cables;
- (6) Examination of Installation Methods of Demonstration Devices;
- (7) Economic Feasibility Study;
- (8) Holding of Regional and Local Consultation Meetings/Council Meetings as well as Evaluation Committee Meetings

Preliminary investigation of several locations in Naru Sound and Tanoura Sound as potential project site was performed, along with a voluntary investigative effort of environmental impact statement (EIS) of the site. As the project progressed, the number of candidates was narrowed down, and two marine areas were chosen as priority sites; one was in Naru Sound and the other was in Tanoura Sound. The outcome was presented at the Regional Council Meeting on February 2, 2015. As a result of consultation meeting with local stakeholders, an agreement was reached that the site of Naru Sound would be appropriate for demonstration. The next step will be a detailed examination of the site for the project items listed above, along with voluntary scoping of the EIS.

This is a cooperation project between the Ministry of the Environment (MOE) and the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). Furthermore, the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) is currently supporting the "Ocean Energy Technology Research and Development" project to develop nacelle and blades for a power generator of tidal energy convertor system. With these backgrounds, the Evaluation Committee Meeting encouraged the establishment of a joint committee with the MOE, the

METI and the NEDO, and the project has been carried out with various advices from these external experts.

## 1. 委託業務の目的

海洋エネルギー発電の実用化は、再生可能エネルギーの導入を推進し、地球温暖化対策を強化していくために重要な取組である。特に、海洋エネルギー発電の中でも、早期の実用化が期待される潮流発電について、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。

このため、「潮流発電技術実用化推進事業委託業務」では、我が国の海域に適し、普及可能性が高く、かつ、環境影響も小さい潮流発電の開発及び実証を行い、再生可能エネルギーの導入量の拡大と温室効果ガスの削減を更に進めることを目的とし、原則 5 年以内に以下の業務を実施するものである。

- (1) 国内において潮流発電の開発・実証を行うこと。
- (2) 当該海域において、潮流等の海象調査を行うこと。
- (3) 1 基で 500kW 程度以上の出力を有する潮流発電機を当該実証海域に設置し、実証を行うこと。なお、当該発電機について、実証海域のみならず、実証海域以外の国内の他の海域において適用可能な設計とすること。実証期間中は、発電効率や機械の挙動等のデータを収集すること。
- (4) 施工時や稼働時の環境負荷低減のための対策を行うこと。
- (5) 実証期間の前後及び期間中に環境影響評価を行い、その検証を行うとともに、標準的な環境影響評価項目・手法等の検討等を行うこと。
- (6) 効率的かつ環境負荷低減に資するメンテナンス手法等を検討すること。

## 2. 委託業務の内容

### 2.1. 委託業務の実施体制

上述の委託業務の目的を踏まえ、本委託業務では、東亜建設工業株式会社、川崎重工業株式会社、古河電気工業株式会社、国立大学法人九州大学からなるコンソーシアムにより、長崎県五島市沖を実証候補海域とし、「国内の海洋エネルギー利用拡大に向けた1MW級潮流発電システムの開発・実証事業」を推進するものである。また、本委託業務は環境省及び経済産業省の連携事業であり、NEDOが推進する、「海洋エネルギー技術研究開発」において、潮流発電システムの発電機部分である、ナセルやブレード等の開発を行っている（図2-1-1）。

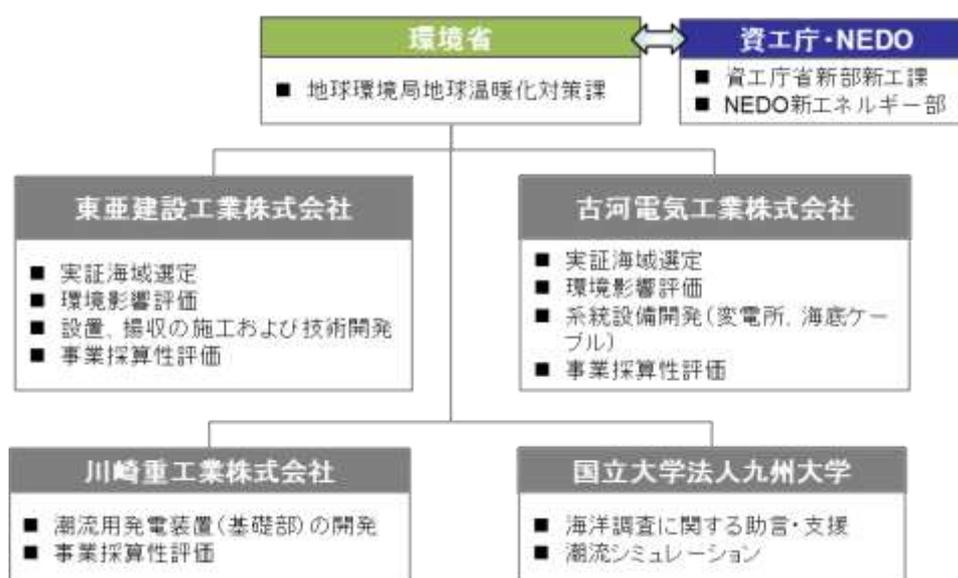


図 2-1-1 本委託業務の実施体制

### 2.2. 業務内容

本委託業務は、国内最大級の1MW級潮流発電システムの実証研究に向けて、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、長崎県五島市沖を実証候補海域としている。

具体的には、平成26年から27年度に掛けて、気象・海象や環境影響、事業計画や経済性等に関する実現可能性調査（FS）を実施する。平成28年から29年度に掛けて、詳細設計やデバイス製作、施工方法の事前検証等を実施する。そして、平成30年度、実海域へ潮流発電システム及び海底ケーブルの設置並びに敷設、その後、運転試験等を実施し、発電データやメンテナンス手法等の検証を行う。本年度は、以下の業務内容に基づき、FSを実施するものである（表2-2-1）。

表 2-2-1 平成 26 年度業務内容と本報告書の対応

平成 26 年度業務内容	本報告書の章立てとの対応
(1) 法規・許認可調査	4. 基本検討 (4.2. 法規・許認可)
(2) 潮流シミュレーションの実施	4. 基本検討 (4.4. 海象条件)
(3) 実証候補地の選定	3. 実証候補海域の選定
(4) 実証試験装置の基礎設計	5. 概念設計 6. 今後の実施内容
(5) 陸上変電設備、海底ケーブルの検討	
(6) 実証試験装置の設置方法の検討	
(7) 経済性評価	4. 基本検討 (4.8. 経済性評価)
(8) 地域協議会や評価委員会の開催	8 検討会の開催

### 3. 実証候補海域の選定

#### 3.1. 候補海域の予備選定

奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸の2海域の実証フィールドについて、1次調査（概況調査）を行い、発電装置の実証機設置候補地点の選定を行った。

まず、潮流流速の平面分布、海底地形及び海底地盤などの必要最低限の選定条件から、実証候補海域の予備選定を行った。この結果、図3-1-1の赤ハッチで示すように、奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸でそれぞれ2海域の予備選定候補海域が選定された。

予備選定条件は、以下のとおりである。

#### \* 潮流流速

実証機の発電量を最低限確保するため、大潮における潮流の最大流速が、上げ潮、下げ潮ともに1.5m/s以上であること。

#### \* 海底地形

航行船舶の安全性を確保するため、実証機のブレードの上端が海面下10~20m以上確保できること。ローター回転中心の高さ20m、直径18mとして、水深40~50mであること。

#### \* 海底地盤

実証機の安定した支持力を確保するため、原則的に海底面は岩盤であること。砂の堆積がある場合でも、完全に洗掘されても発電装置が過度に傾斜したり転倒したりしないこと。砂層厚は50cm以下を目安とする。

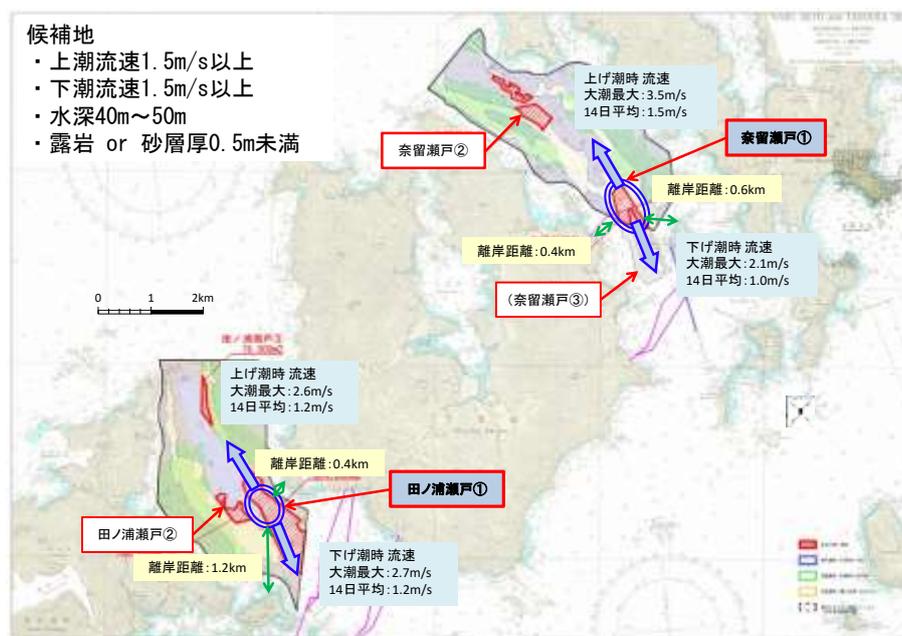


図 3-1-1 1次選定候補海域

### 3.2. 候補海域の1次選定

下記のような条件について、比較検討を行い、4つの予備選定海域から実証機の設置候補海域を奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸でそれぞれ1海域ずつ選定した。

#### (1) 海底地形

予備選定において示した水深40～50mの海域が地形の条件である。また、発電装置の設置条件から、海底地盤の傾斜が5度以下であることが求められている。

#### (2) 海底地盤

予備選定において示した条件のとおり、岩盤が露出しているか堆積砂層厚が50cm以下であることが求められている。

#### (3) 潮流流速（発電装置の設計）

予備選定において示した条件のとおり、上げ潮・下げ潮で安定した速い流速が求められている。また、ブレードの構造強度上、上下端での流速差が大きくてはならない。

#### (4) 潮流流速（発電ポテンシャル）

十分な発電量が確保できるよう、流速が速く年間潮流発電ポテンシャルが大きいことが望まれる。また、発電装置の定格出力1MWを発生させるため、最大流速2.7m/s以上であることが望ましい。

#### (5) 波浪

精度良く安全確実な設置作業を行うため、実証機設置位置とその周辺は静穏性が高い海域であることが望ましい。

#### (6) 実証フィールド

長崎県が設定し総合海洋政策本部によって選定された、実証フィールド内での実証事業の実施を前提としている。

#### (7) 海底ケーブル（布設）

経済性を見地から、実証機から系統連携地点までの距離が短い海域が望ましい。また、施工性の問題からケーブルルートが平坦で障害物がないこと、既設ケーブルとの交差ないことが望ましい。

#### (8) 系統連系

用地の確保など変電所の設置や陸上ケーブルの布設が容易であること、変電所から連系地点までが距離が短いことが望ましい。

#### (9) 社会的条件

実証フィールド内では基本的に解決済みと見なせるが、地元漁協の承諾や一般航行船舶に影響を与えないことなどが求められている。

#### (10) 施工性

設置作業時やメンテナンスなどにおける発電装置の取外し、撤去作業時には、施工精度や安全確実性が求められる。潮流の影響が小さい小潮時に施工するため、このとき流速が

小さいことや流向が安定していることが望ましい。

(11) 環境影響

国立公園などの法的保全エリアで発電装置の設置に規制がかからないこと、希少種などの生息・生育に重大な影響を及ぼさないことなどが求められる。発電装置の発生する騒音・振動や後流が環境に重大な影響を及ぼさないことなどが求められる、

(12) 候補海域の 1 次選定結果

表 3-2-1 に上記の条件をまとめた実証機の設置候補海域の 1 次選定結果を示す。奈留瀬戸のフィールドでは奈留瀬戸①、田ノ浦瀬戸のフィールドでは田ノ浦瀬戸①が選定された。ただし、予備選定で最低限の条件のもとで絞り込まれた海域であるため、それぞれの海域で顕著な長短は見られない。

これらの調査結果を、次章の「基本検討」に示す。

表 3-2-1 実証機設置候補海域の1次選定結果

◆:予備選定の条件

項目	選定条件	奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②	備考
地形	◆水深=40~50m	○	○	○	○	
	海底勾配<5°	△ 設置可能域点在	○ ほぼ全域可	○ or △ 堆砂範囲で良	○ ほぼ全域可	
海底地盤	◆海底表面地質 岩盤露出が望ましい	○ 岩盤	△ 粗砂	○ 岩盤 or 細砂	△ 細砂	
	◆堆積砂層厚<50cm	○	△	△	△	許容砂層厚は参考値
潮流 (発電装置設計)	◆上下潮>1.5m/s	○	○	○	○	
	平面分布	△ 両側に渦	△ 両側に渦	△ 両側に渦	△ 両側に渦	
	ブレード上下の最大流速差 0.56m/s以下	△	○	△ 東端部	○	
潮流 (発電パワー)	年間潮流パワー (kWh/year)	○ 1000~1400MWh	△	△ 1000MWh	△	
	最大流速>2.7m/s望ましい	○ 3.0m/s以上	○ 2.7~3.0m/s	△ 2.5~2.7m/s 下げ潮時は小さい	△ 2.0~2.5m/s 下げ潮時は小さい	
	平均流速	◎	○	○	△	
	流向	○ Yaw制御	○ Yaw制御	○ Yaw制御	○ Yaw制御	
	流速頻度分布	◎	○	○	△	
波浪	静穏性が高い	○ 静穏性高い	△ 北の波浪に 若干弱い	○ 静穏性高い	△ 北の波浪に 若干弱い	
	潮流との干渉 (波高の増大)	△ 潮流との干渉 波高増大	△ 潮流との干渉 波高増大	△ 潮流との干渉 波高増大	△ 潮流との干渉 波高増大	
実証フィールド	エリア内	○	○	○	○	
海底ケーブル (布設) ※ 発電機設置海 域側	ケーブル延長が短い (経済性他)	○ 短い 鈴ノ浦 2.3 km	× 長い 鈴ノ浦 5 km	○ 短~中位 樫ノ浦 2.6 km 野園 1.9 km	△ 中位 樫ノ浦 3.6 km 野園 2.9km	
	ケーブルルートが平坦	○ 調査海域は比 較的平坦なルート が確保できそう	○ 調査海域は比 較的平坦なルート が確保できそう	○ 調査海域は比 較的平坦なルート が確保できそう	○ 調査海域は比 較的平坦なルート が確保できそう	
	既設海底ケーブルとの交差がない	○ 交差しない	△ 交差する	△ 交差する	△ 交差する	
	海底に障害物がない	○ 障害物なし	○ 障害物なし	○ 障害物なし	○ 障害物なし	
系統連系	変電所の設置が可能	○ 鈴ノ浦	○ 鈴ノ浦	○ 野園 △ 樫ノ浦:近くに 建屋あり	○ 野園 △ 樫ノ浦:近くに 建屋あり	
	66kV系統への連系が容易 ・変電所~鉄塔の距離 ・その他条件	○ 変電所~鉄塔間 は約150m △ 樹木伐採必要	○ 変電所~鉄塔間 は約150m △ 樹木伐採必要	△ 樫ノ浦250m 野園 約370m △ 樫ノ浦は近くに民 家あり	△ 樫ノ浦250m 野園 約370m △ 樫ノ浦は近くに民 家あり	
社会的条件	地元意見	○ 地元漁協OK △ 鯖釣漁業あり	○ 地元漁協OK	△ 地元漁協?	△ 地元漁協?	漁協意見と組合員意見に相違
	航行船舶	○ 定期船なし	○ 定期船なし	△ 東の外側に フェリー航路	○ 定期船なし	
	漁業権区域内	△	△	△	△	
	重要な漁場	△	△	△	△	
施工性	小潮時の流速が小さい 流況の安定性	△ 流速が 比較的速い	△ 流速が 比較的速い	○ 流速が 比較的遅い	○ 流速が 比較的遅い	(推定値)
	作業エリア	△ 瀬戸幅が狭い	○ 広い	○ 広い	○ 広い	施工時も漁船の航行は可能
	既設海底ケーブルの近接 (係留シンカーの設置)	△ 既設海底 ケーブルに近接	○	○	○	
環境	保全のための法的な指定エリア	○	○	○	○	国立・国定公園、保護区等
	特定種の生息・生育	○	○	○	○	天然記念物、RDB記載種等
	環境上重要な機能を有する場の存在	○	○	○	○	干潟・藻場・サンゴ礁
	空間の消失による重要な影響が懸念されるか	○	○	○	○	
	後流影響が環境へ重大な影響を 及ぼすかどうか 装置からの騒音振動による重大な 影響が懸念されるか	△なるべく岸近傍 を避ける	△なるべく岸近傍 を避ける	△なるべく岸近傍 を避ける	△なるべく岸近傍 を避ける	
面積	-	0.44 (km2)	0.33 (km2)	1.08 (km2)	0.30 (km2)	参考データ
総合評価		○	△	○	△	

## 4. 基本検討

### 4.1. 事前協議等

実証事業における実証候補地の絞り込みおよびそれに先立つ海洋調査を実施するため、実証海域関係者への事前協議を行った。表 4-1-1 に事前協議の状況を示す。

表 4-1-1 事前協議の状況 (1/2)

種別	関係先	協議事項
自治体	長崎県 産業労働部海洋産業創造室 五島振興局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 海洋再生可能エネルギー実証フィールド設立を含む県の海洋産業政策・地域振興政策に関する意見聴取</li> <li>・ 同海洋産業政策に関する検討会議への参加</li> <li>・ 関係機関との事前協議に関する協力要請</li> </ul>
	五島市 商工振興課 水産課 再生可能エネルギー推進室 奈留支所 久賀島出張所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 海洋再生可能エネルギー実証フィールド設立を含む市の海洋産業政策・地域振興政策に関する意見聴取</li> <li>・ 関係機関との事前協議に関する協力要請</li> </ul>
電力	九州電力 福岡本店 長崎電力センター 五島営業所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 実証事業により得られた電力の系統連系接続の可否・方法に関する協議</li> </ul>
海上保安	長崎海上保安部 五島海上保安署	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 実証候補海域における海上保安上の留意点の確認</li> </ul>
学識経験者	長崎総合科学大学 長崎大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 地域学識経験者の立場から実証事業に期待する要望・懸念事項等の協議</li> </ul>
商工会	福江商工会議所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 地元商業から実証事業に期待される要望・懸念事項等の協議</li> </ul>

表 4-1-1 事前協議の状況(2/2)

種別	関係先	協議事項
漁協	五島漁業協同組合 五島ふくえ漁業協同組合 奈留町漁業協同組合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画案の説明</li> <li>・ 実証候補海域における漁業の状況、各漁協理事会における意見などの聴取</li> <li>・ 海洋調査実施に関する協力要請</li> <li>・ 地元漁業から実証事業に期待される要望・懸念事項等の協議</li> </ul>
地域住民	五島市町内会連合会 久賀島地区町内会連合会 奈留町町内会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実証計画案の説明</li> <li>・ 実証候補海域における海域利用状況の聴取</li> <li>・ 地域住民から実証事業に期待される要望・懸念事項等の協議</li> </ul>

#### 4.2. 法規・許認可

電気事業の運営を適正ならしめるためにこれを司るのは電気事業法であり、潮流発電事業の実施にあたってはこれに従う必要がある。ただし、潮流発電装置に固有の規定は現在存在せず、その他の法令においても定めがない。そのため、本事業においては関連法規並びに類似事例の調査、所管官庁へのヒヤリングを通じて対象法規を整理した。調査結果を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 法規調査結果

対象法規	諸手続き	【手続き要否】内容
電気事業法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工事計画認可申請書（経済産業大臣認可に係わる申請に必要な書類）</li> <li>・ 主任技術者選任届出書</li> <li>・ 保安規定届出書</li> </ul>	<p>【要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新たな発電設備の設置となるため、経済産業省の認可が必要</li> <li>・ 1MW の潮流発電装置では、主任技術者選任、保安規定届等が必要</li> </ul>
建築基準法	建築確認申請	<p>【不要】</p> <p>設備申請は不必要と考えられるが、現在海洋エネルギーに関して検討中であるため、今後の動向に注目する必要あり</p>
船舶安全法	船舶認証のための審査	<p>【不要】</p> <p>着定式潮流発電装置は船舶安全法の対象外のため、諸手続きは不要</p>
港湾法	工事許可申請書	<p>【場合により必要】</p> <p>福江港内での工事が想定される場合に必要</p>
環境影響評価法	環境影響評価	<p>【自主で要】</p> <p>環境影響評価法の対象外となるが、自主アセスが必要</p>

更に、対象法規に基づき、実際に申請等の手続きが必要とされる事項について、対応する地方自治体、電力事業者等にもヒヤリングを行い、申請項目及び手続等を確認した。結果を表 4-2-2 に示す。

表 4-2-2 申請項目及び手続等の確認結果

対応機関		申請が必要とされる想定事項	申請項目	関連事項
発電事業	経済産業省 (本省)	事業用電気工作物の設置にあたって、経済産業大臣の認可が必要である。	工事計画認可申請書	潮流発電事業 (潮流発電装置、海底ケーブル、陸上施設)
	経済産業省 (九州)	施工工事を実施するにあたり各種届を提出する	保安規定届出書 主任技術者選任届出書 工事計画届出書	潮流発電事業 (潮流発電装置～陸上施設)
	九州電力	陸上施設から系統に接続するにあたり契約等を申請する。	系統連系申請書 電力供給契約関係	発電～系統連系
工事	五島振興局	工事開始にあたり利用許可申請を提出する。発電装置設置海域の水域利用、陸上施設場所、陸上組立ヤード利用。	水域(公共空地)占有許可申請書 港湾施設用地目的外使用許可申請書 海岸保全区域等占有許可申請書	水域等の確保、工事の実施
	長崎労働局	工事を実施するにあたり必要とされる書類を提出する。	特定元方事業者等の事業開始報告 建設工事計画届 機械等設置・移転・変更届	工事(全般)の実施
	海上保安部 (五島)	工事(海上工事)を実施するにあたり必要とされる書類を提出する。	工事・作業又は工事認可申請書、工事・作業完了届	海上工事の実施
全般	環境省	発電事業を実施するにあたり環境への配慮事項を提出する(法アセスでは規定されていないため、自主アセスの形で実施)。	環境影響評価方法書・評価書等	潮流発電事業

#### 4.3. 社会受容性

国内最大級の 1MW 級潮流発電システムの実証研究を行う上では、技術的に国内海象へ対応し、環境負荷を低減するとともに、地域漁業など、地域社会への受容性の高い事業を目指す必要がある。

長崎県は古くから造船関連産業の技術・施設が集積する地域であり、平成 25 年 2 月に「ながさき海洋・環境産業拠点特区」として指定され、地域全体として海洋・環境産業の振興に積極的に取り組んでおり、本実証事業の候補海域とする長崎県五島市では、平成 24 年度から環境省洋上風力発電実証事業が行われている。

先ごろ内閣官房総合海洋政策本部より募集された海洋再生可能エネルギー利用のための実験海域である「実証フィールド」については、県内より本件実証海域である五島市久賀島沖を含む県内 3 海域について、海域を実証フィールドとして利用することに関して地域漁業協同組合からの同意を得たうえで応募を行い、いずれも実証フィールドとしての選定を受けている。

本実証事業は、既の実証フィールドとして選定され、社会受容性が高いと評価することができる海域において、実証計画をより具体的に説明した上で社会受容性をあらためて聴取、協議を行うため、実証候補地域の関係者の参加を得て地域協議会を開催した。表 4-3-1 に地域協議会の状況を示す。

表 4-3-1 地域協議会の実施状況

日時	場所	議事
2014/11/17	長崎県五島市	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 実証事業全体計画の説明</li><li>・ 一次海洋調査計画の説明および協力の要請</li><li>・ 地域関係者として実証事業によせる要望等の聴取</li></ul>
2015/2/2	長崎県五島市	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 海洋調査結果の説明</li><li>・ 二次海洋調査計画の説明および協力の要請</li><li>・ 地域関係者として実証事業に寄せる要望等に関するディスカッション</li></ul>

実証候補地である五島市では平成 26 年に「五島市 再生可能エネルギー基本構想」<sup>1</sup>を策定し、四方を海に囲まれた地域の優位性を活かして海洋再生可能エネルギー産業の推進に積極的に取り組んでいる。一方で、市の人口は、昭和 35 年（9 万人弱）から半分以下（平成 27 年 1 月 31 日現在 39,529 人）まで減少しており、構想の中で市は、再生可能エネルギーが「五島の地域活力向上につながる導入」であることを第一の基本方針として掲げており、実証フィールドの運営にあたっては、「漁業・地域協調メニューの検討」を行い、「実

<sup>1</sup> 長崎県五島市ホームページ

[http://www3.city.goto.nagasaki.jp/contents/city\\_ad/pdf/saiene\\_kihonkousou.pdf](http://www3.city.goto.nagasaki.jp/contents/city_ad/pdf/saiene_kihonkousou.pdf)

用化フィールドが漁場としても有効に活用され、発電事業者、漁業者、関連事業者、地域住民と共に創る Win-Win 方式の構築を目指す」としている。

地域協議会では、多くの実証海域関係者の参加を得て本事業に関する要望、関心事項等を伺い、市の構想にもあらわされている意見を直接伺うことができた。関係者の意見と今後検討すべき課題を図 4-3-1 に示す。

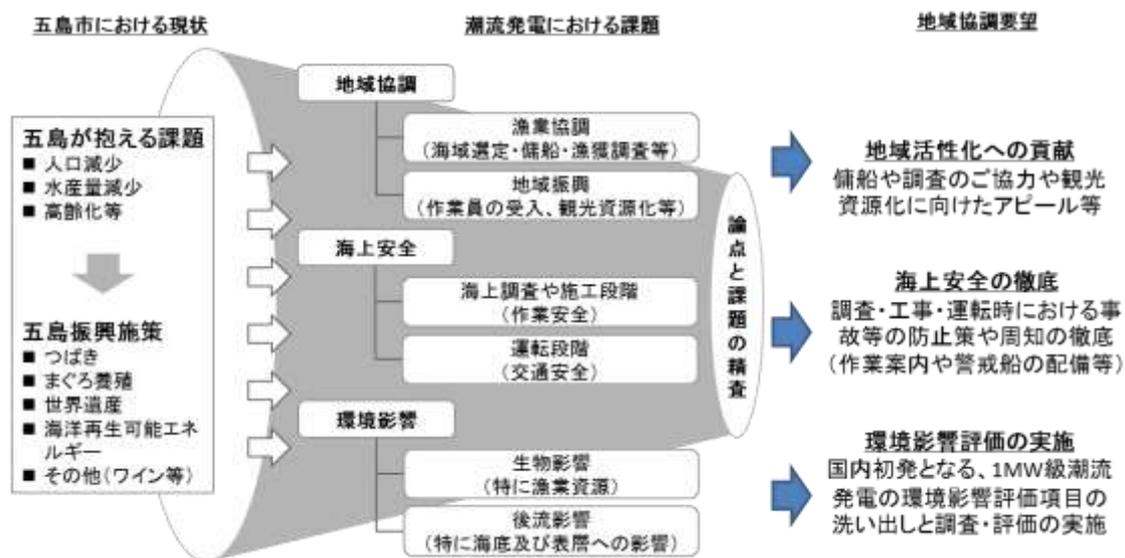


図 4-3-1 地域協議会における今後の検討課題

#### 4.4. 海象条件

##### 4.4.1. 海域概況調査（1次調査）

###### (1) 調査概要

###### 調査目的

実証候補地の1次調査として、実証フィールド2海域（田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸）の概況を把握するために、海象調査を実施した。

###### 調査項目

- ・ 潮流曳航調査（平面分布）
- ・ 潮流固定点調査（時間変化）
- ・ 海洋乱流調査
- ・ 波浪調査
- ・ 海水温調査

###### 調査地点

調査は実証フィールドである田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸で行った。また、波浪調査は地形の影響を受ける前のデータを得るため、玄魚鼻地先、崎山地先を合わせて調査した。図4-4-1に調査地点を示す。

###### 調査時期

平成26年9月30日～平成26年10月18日

海象1次調査の現地調査工程を表4-4-1に示す。波浪調査は来年度まで継続して行う。海洋乱流調査は計測データ不良のため、11月15日～29日に再測定を行った。

表 4-4-1 海象1次調査 工程表

調査項目	10月小潮			大潮							小潮													
	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
海象調査	曳航調査(潮流速平面分布調査)								田ノ浦奈留															
	潮流調査(潮流速時間変化調査)			(設置)															(回収)					
	海洋乱流調査			-----															(再調査)					
	波浪調査	(設置)																				以後継続		
	海水温調査			(設置)															(回収)					

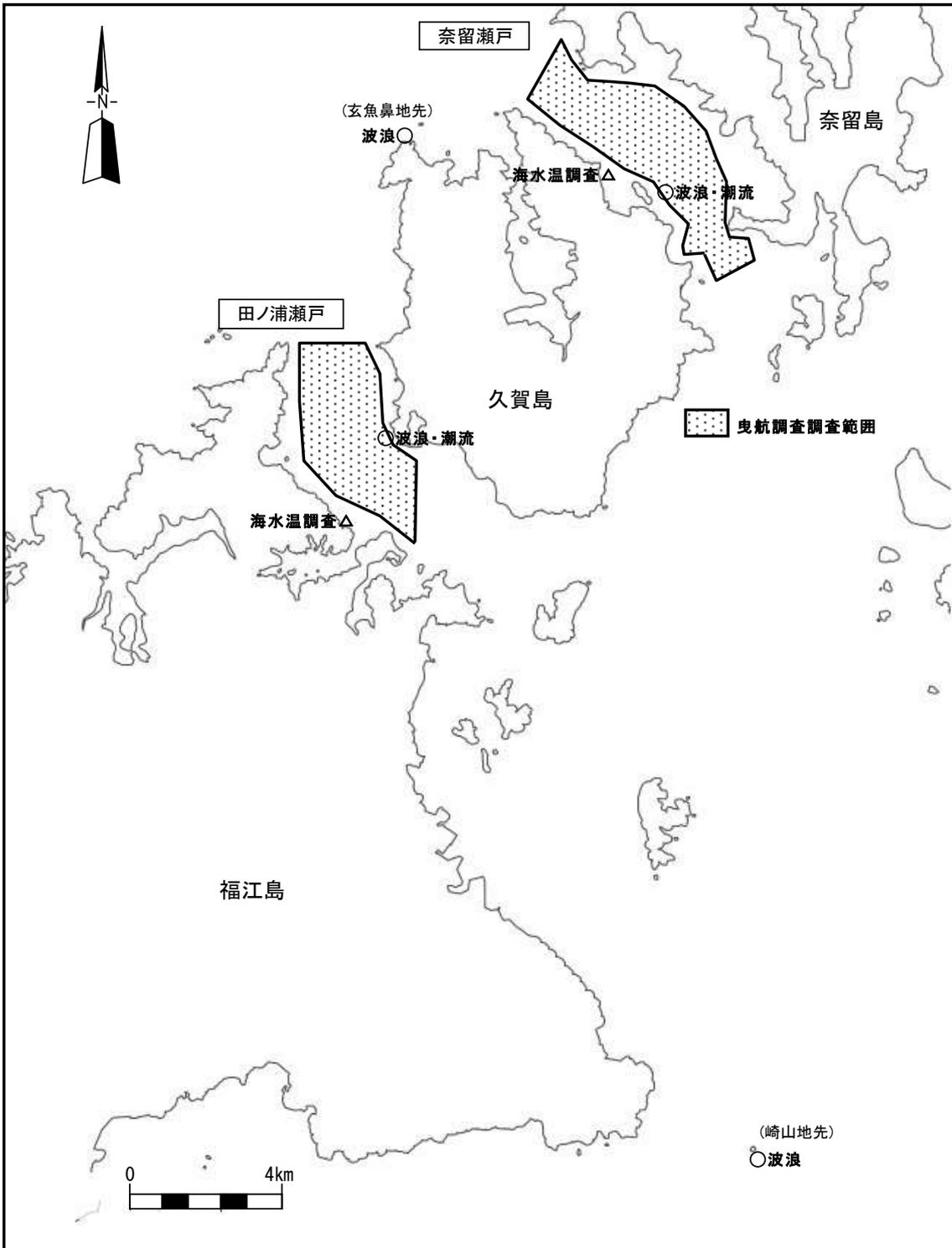


図 4-4-1 海象 1 次調査 調査地点

## (2) 潮流曳航調査（平面分布）

### 調査方法

大潮における最大潮流流速の平面分布を把握するため、ADCP（多層ドップラー流速計）を舷側に取り付けた作業船により、測線上の潮流の分布を測定した。調査は4隻の作業船で行い、1隻あたり2測線の計8測線を、それぞれ2回測定した。測定は大潮期の上げ潮時、下げ潮時の流速が最大となる前後1時間以内を目安に行った。

多層ドップラー流速計はWH-ADCP (Teledyne RD Instruments 社製、300KHz、600KHz)を用いた。作業概要を図4-4-2、ADCPの測定仕様を表4-4-2に示す。

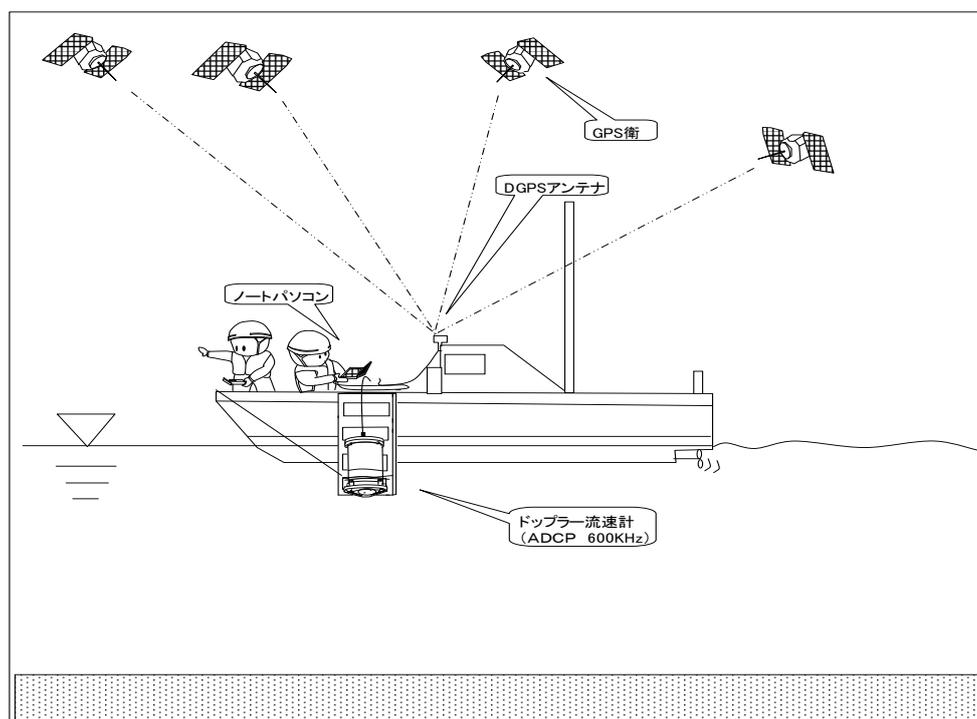


図 4-4-2 潮流曳航調査の作業概要

表 4-4-2 潮流曳航調査 ADCP 測定仕様

周波数	600KHz (300KHz)
測定層厚	1 m
測定第1層	水面下 2.0m 層 (測定開始層)
測定層数	水深の約 9 割までの範囲
測定精度	約 3cm/s 以下 (対水モード指標)

注) 田ノ浦瀬戸北側の海域では水深 60m以上の海域があり、300KHzADCP を使用した。

調査結果

図 4-4-3、図 4-4-4 に測定結果を示す。田ノ浦瀬戸では、長崎鼻の南側の海域で上げ潮、下げ潮ともに流れが速く、最大流速は長崎鼻の南西側で上げ潮時に 2.5m/s 程度の流れが確認された。奈留瀬戸では、上げ潮時は瀬戸の中央の久賀島よりで 2.5m/s 以上の流れが確認された。下げ潮時は瀬戸の幅が狭くなる、篝火崎の南側で流れが速い結果であった。

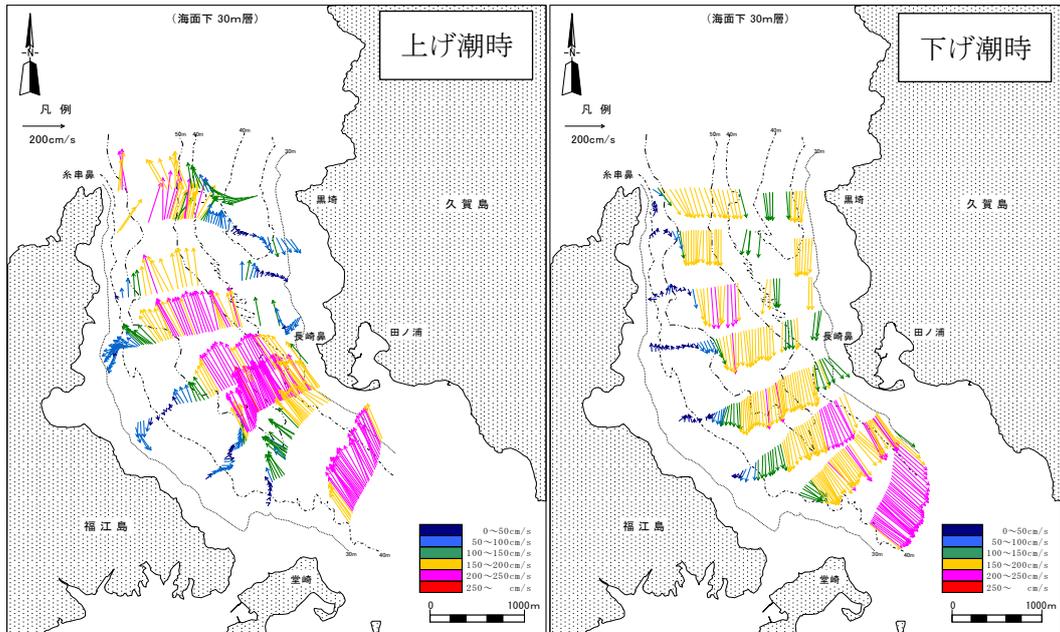


図 4-4-3 水平流速分布 (田ノ浦瀬戸、海面下 30m)

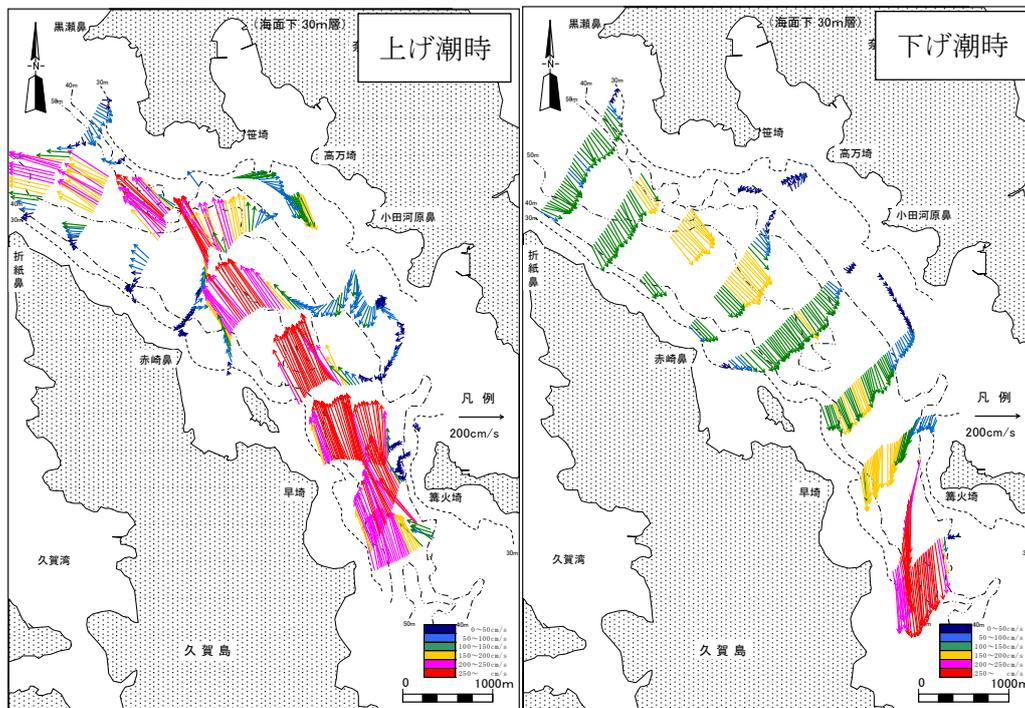


図 4-4-4 水平流速分布 (奈留瀬戸、海面下 30m)

(3) 潮流固定点調査（時間変化）

調査方法

潮流流速の時間変化を把握するため、田ノ浦瀬戸及び奈留瀬戸の水深 30m 程度の地点に ADCP（多層ドップラー流速計、WH-ADCP、Teledyne RD Instruments 社製、600KHz）を設置し調査を行った。測定は 1m 層毎の多層の流向および流速を 15 日間連続して行った。図 4-4-5 に調査概要、表 4-4-3 に測器の測定仕様を示す。

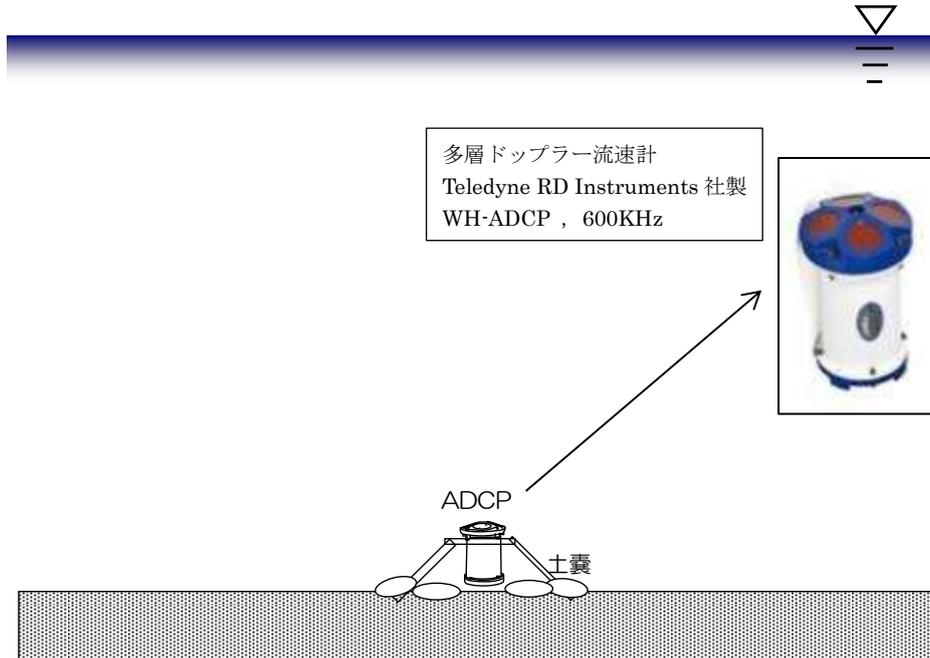


図 4-4-5 潮流固定点調査の調査概要

表 4-4-3 潮流固定点調査の ADCP 測定仕様

周波数	600kHz
測定層厚	1 m
測定第 1 層	海底面上 2.0m 層（測定開始層）
測定層数	水深の約 9 割までの範囲
測定仕様	10 分間隔で 120 秒の測定 サンプリング 2Hz
測定期間	15 日間

調査結果

図 4-4-6、図 4-4-7 に中層（海底上 15m）の流速ベクトルの時系列変化、図 4-4-8、図 4-4-9 に流速の頻度分布、図 4-4-10、図 4-4-11 に流向の頻度分布を示す。田ノ浦瀬戸では上げ潮時に北北西から北西の流れ、下げ潮時に南の流れとなり、最大で 3.0m/s 程度の流速が観測された。奈留瀬戸では上げ潮時に北北西の流れ、下げ潮時に南南東の流れとなり、上げ潮時の流速が下げ潮時より大きく、最大で 3.0m/s を超える流速が観測された。

【田ノ浦瀬戸（海底上 15m）】

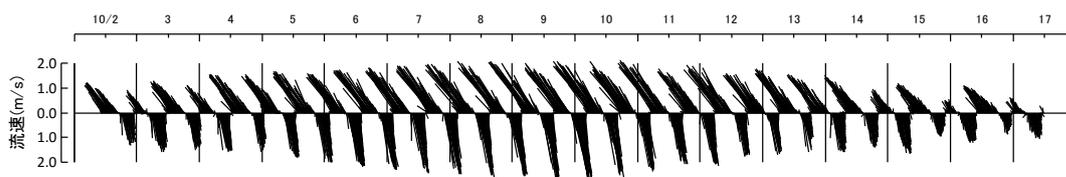


図 4-4-6 流速ベクトルの時系列（田ノ浦瀬戸）

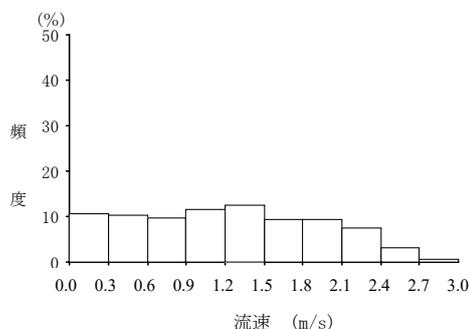


図 4-4-8 流速頻度分布

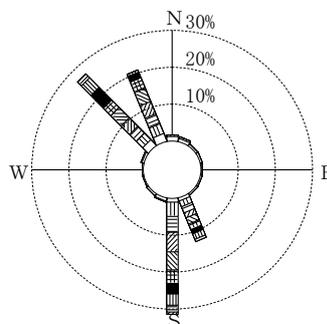


図 4-4-10 流向頻度分布

【奈留瀬戸（海底上 15m）】

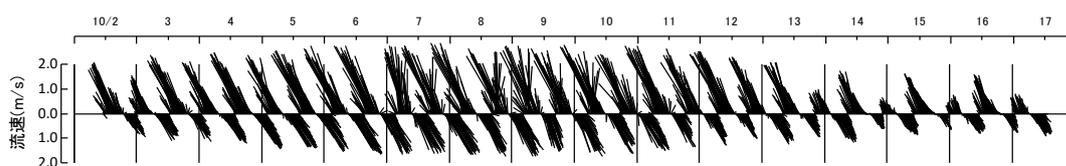


図 4-4-7 流速ベクトルの時系列（奈留瀬戸）

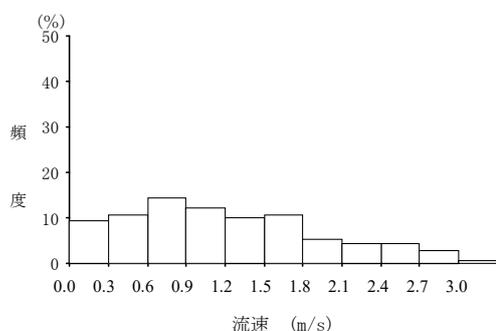


図 4-4-9 流速頻度分布

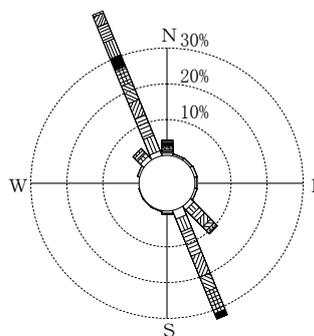


図 4-4-11 流向頻度分布

#### (4) 海洋乱流調査

##### 調査方法

発電装置のブレードの設計に必要な潮流流速の乱流強度を把握するため、田ノ浦瀬戸及び  
び奈留瀬戸の水深 30m 付近の地点に、超音波ドップラー式 3 次元精密流速計（VECTOR、  
NORTEK 社製）を海底面上 3m の位置に架台で固定し、3 次元流速の精密測定を行った。  
図 4-4-12 に調査概要、表 4-4-4 に測定仕様を示す。

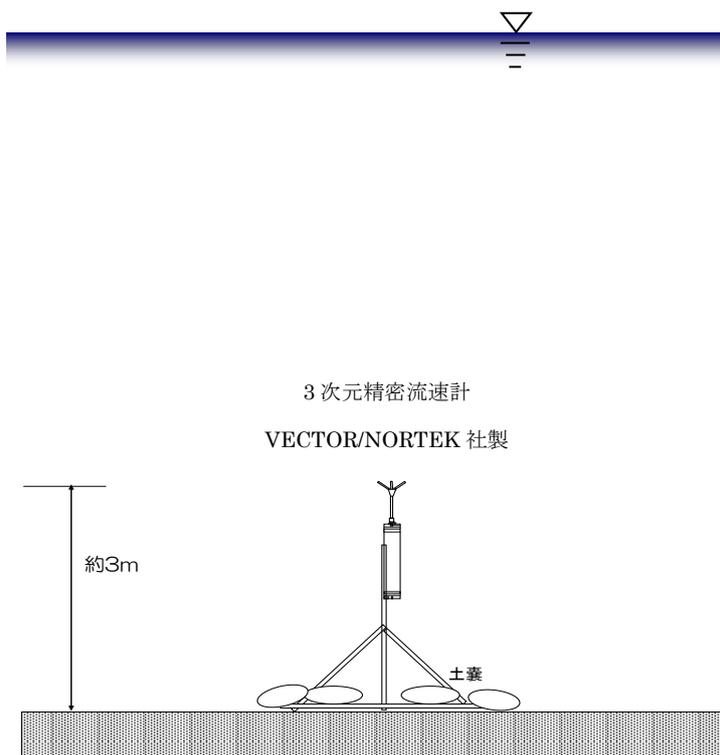


図 4-4-12 海洋乱流調査の調査概要

表 4-4-4 海洋乱流調査の測定仕様

測定間隔	10 分
測定時間	180 秒
サンプリング	32Hz
データ个数	5760 個
観測期間	約 1 週間

## 調査結果

図 4-4-13、図 4-4-14 に流速の平均値の経時変化、図 4-4-15、図 4-4-16 に乱流強度の経時変化を示す。乱流強度は流速 0.5m/s 以上の時の値を示す。流速は大潮（11/21～23）にかけて増大し、田ノ浦瀬戸の乱流強度は EW 成分が上げ潮、下げ潮時ともに大きく、田ノ浦瀬戸の NS 成分および奈留瀬戸の EW、NS 成分は上げ潮時のみ乱流強度が大きくなった。乱流強度は流速の速い時間帯で 0.2～0.4 程度であった。

### 【田ノ浦瀬戸】

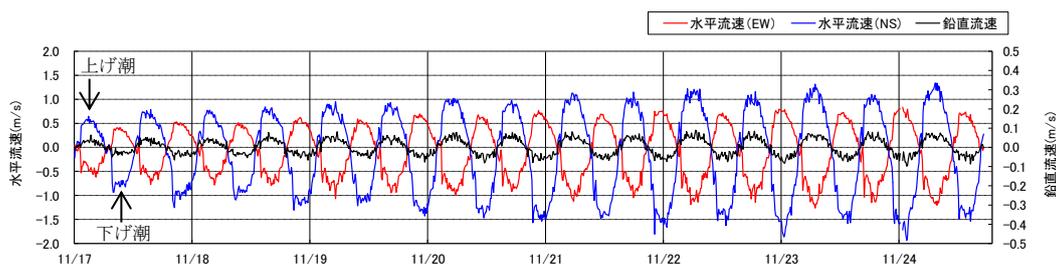


図 4-4-13 流速の平均値の経時変化（田ノ浦瀬戸）

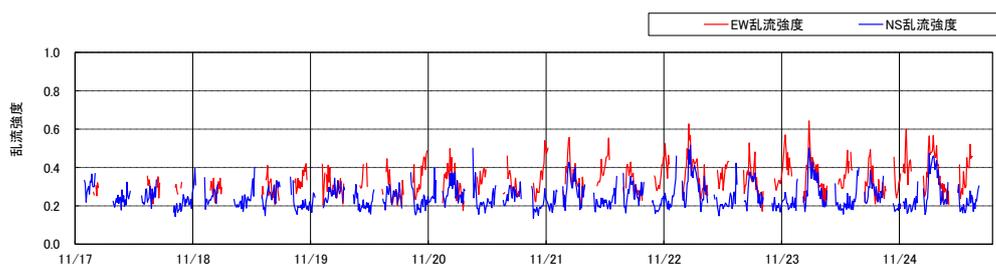


図 4-4-14 流速の乱流強度の経時変化（田ノ浦瀬戸）

### 【奈留瀬戸】

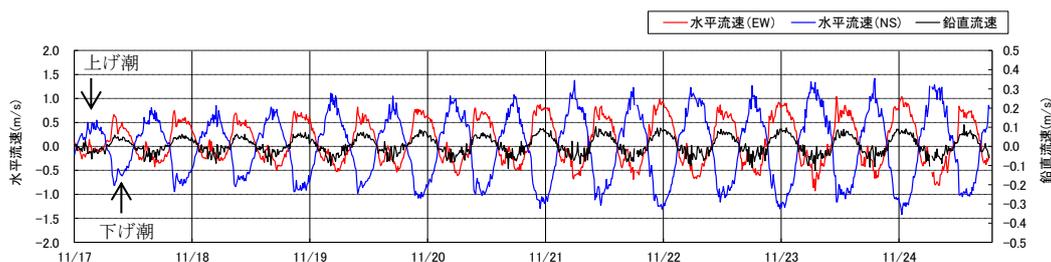


図 4-4-15 流速の平均値の経時変化（奈留瀬戸）

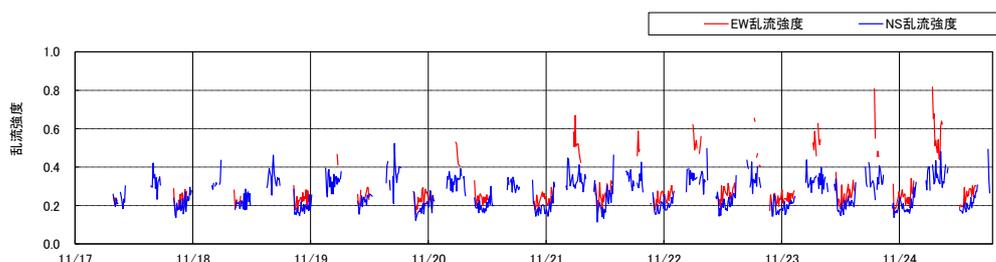


図 4-4-16 流速の乱流強度の経時変化（奈留瀬戸）

## (5) 波浪調査

### 調査方法

波浪による施工の稼働率や潮流への影響を検討するため、波浪調査を行った。調査は地形の影響を受ける前の沖の波浪と、瀬戸の内部の波浪を観測するため、4地点で行った。水深 30m付近の海底面に波高計（WAVEHUNTER-08、アイオーテック社製）を設置し、波高、波向の連続測定を行った。計測は来年度まで継続して行い、1.5ヶ月に1度の頻度でデータ回収とメンテナンスを行う。図 4-4-17 に調査概要、表 4-4-5 に測定仕様を示す。

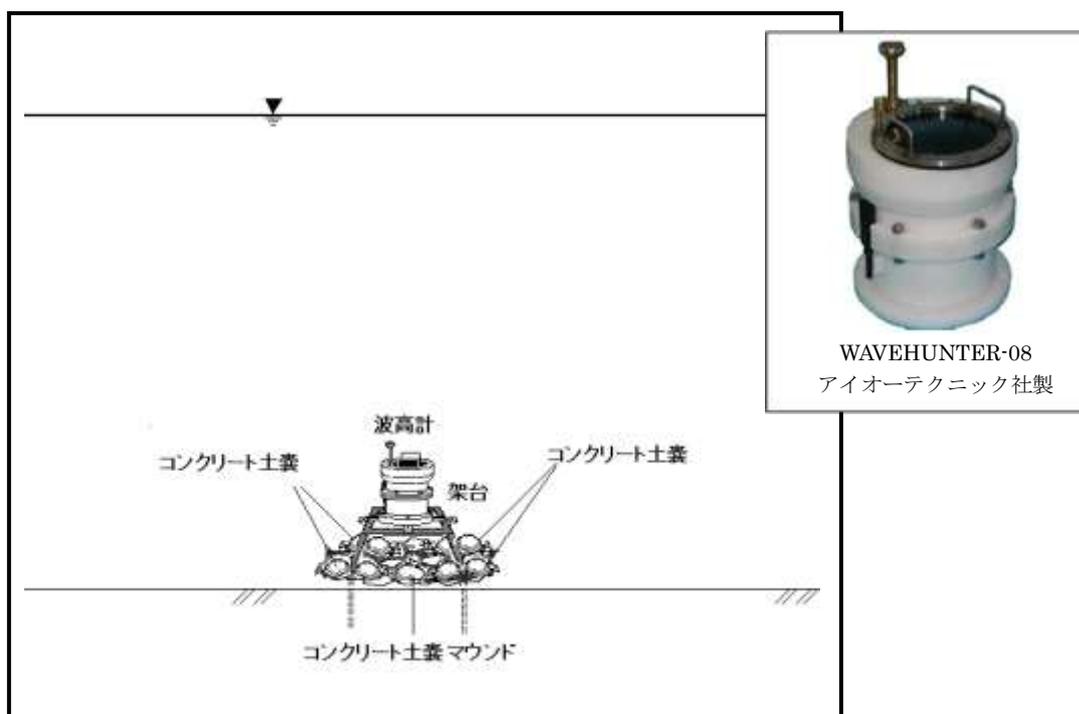


図 4-4-17 波浪調査の調査概要

表 4-4-5 波浪調査の測定仕様

観測間隔	60分（毎正時）
観測時間	20分間、サンプリング 2Hz
観測項目	水面変動（超音波）、機器位置の水圧、 機器位置の水平流速

調査結果

図 4-4-18 に有義波高と有義波周期の経時変化を示す。観測期間中に台風 18 号(10/5~6)、台風 19 号(10/12~13)の接近があり高い波高を計測した。また、観測期間中は北側からの風の頻度が高く、玄魚鼻地先での波高が大きかった。高波浪時の玄魚鼻地先と田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸の有義波高比は 0.3 程度であったが、上げ潮時に潮流流向と波向が逆向きになると瀬戸内の波高が大きくなり、沖の玄魚鼻と同程度の有義波高となる事もあった。

図 4-4-19、図 4-4-20 は田ノ浦瀬戸と奈留瀬戸の波向、有義波高、有義波周期の頻度分布である。高波浪時は田ノ浦瀬戸で WNW および NW、奈留瀬戸で NW の波向が多い結果であった。

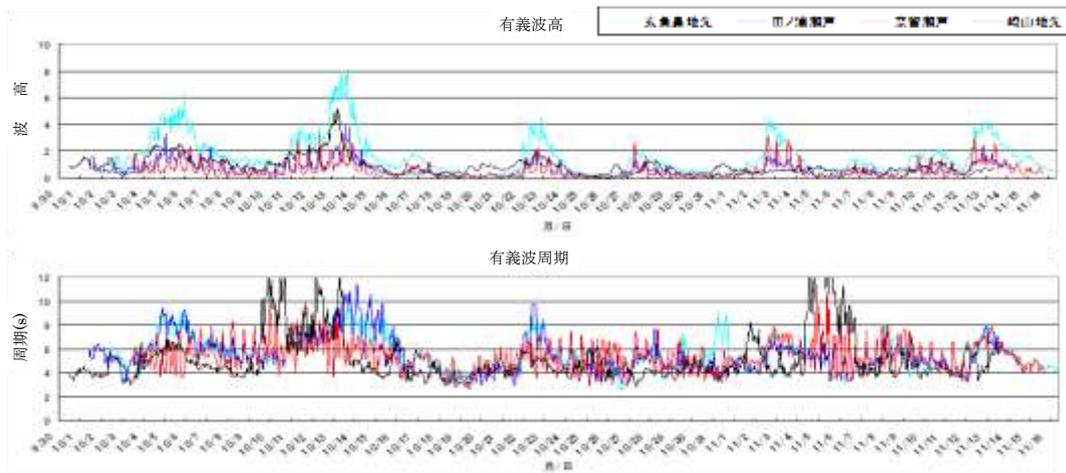


図 4-4-18 有義波高と有義波周期の経時変化

【田ノ浦瀬戸】

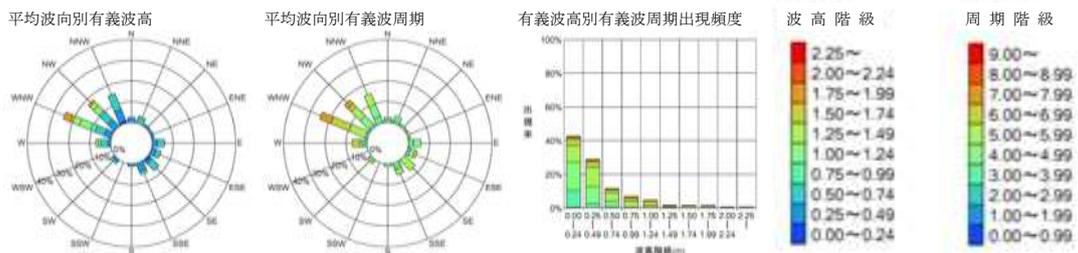


図 4-4-19 波向・有義波高・有義波周期の頻度分布 (田ノ浦瀬戸)

【奈留瀬戸】

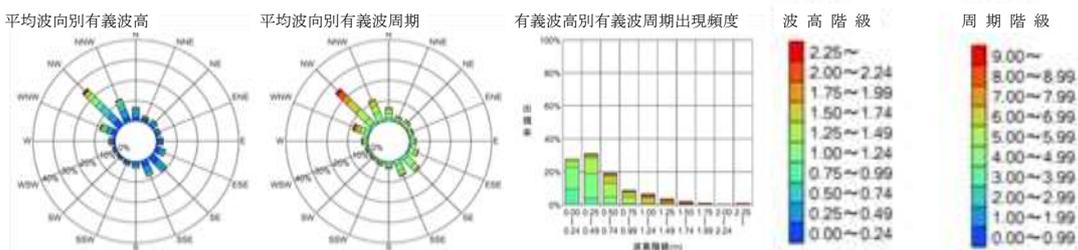


図 4-4-20 波向・有義波高・有義波周期の頻度分布 (奈留瀬戸)

## (6) 海水温調査

### 調査方法

田ノ浦瀬戸（水深約 30m）、奈留瀬戸（水深約 20m）の各 1 点において、表層、中層、下層の 3 層にメモリー式水温・塩分計（C-CT 計、J F E アドバンテック社製）を取り付け水温の連続測定を行った。測定は 10 分間隔とし、測定層は海面下 1m 層、水深の中間層および海底上 1m 層の 3 層とした。表 4-4-6 に測器の仕様を示す。

表 4-4-6 メモリー式水温・塩分計の仕様

水 温		塩 分	
センサタイプ	サーミスタ	センサタイプ	電磁誘導セル
測定範囲	-5~40℃	測定範囲	0~60mS/cm
分解能	0.001℃	分解能	0.001mS/cm
精度	±0.05℃	精度	±0.05mS/cm

### 調査結果

図 4-4-21、図 4-4-22 に海水温の経時変化を示す。田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸とも、上層、中層、下層での水温の鉛直方向に差はなかった。また、2 地点の水温はおおむね同程度であり、長崎県水産総合試験場が実施している五島沖での観測結果よりやや低い水温であった。

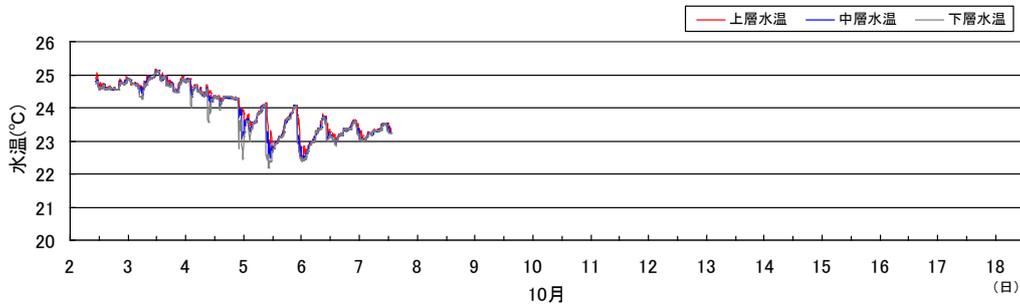


図 4-4-21 海水温測定結果（田ノ浦瀬戸）

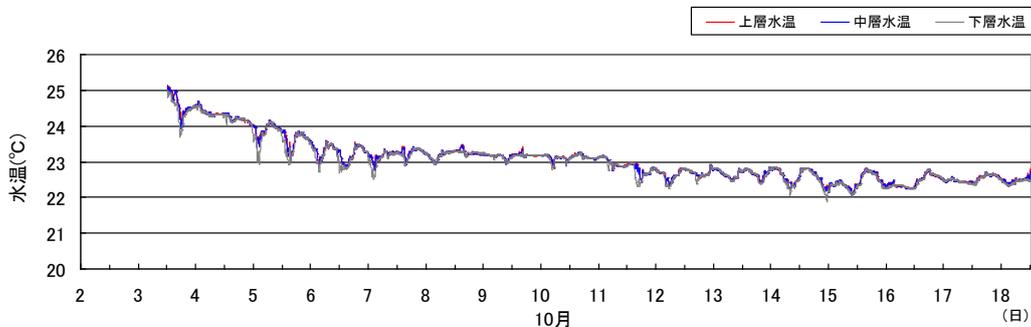


図 4-4-22 海水温測定結果（奈留瀬戸）

#### 4.4.2. 詳細調査（2次調査）

##### (1) 調査概要

###### 調査目的

潮流発電実証機の設置位置を決定するため1次調査で選定された候補海域について詳細に海象調査（2次調査）を行う。2次調査は4季の調査とし、本年度（平成26年度）は冬期調査を実施した。平成27年度に春期、夏期、秋期調査を行う。

###### 調査項目

- ・潮流曳航調査（平面分布）
- ・潮流固定点調査（時間変化）
- ・海洋乱流調査
- ・波浪調査
- ・海水温調査

###### 調査場所

海象2次調査の調査地点を図4-4-23に示す。調査は1次調査で選定した田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸の候補海域について行った。

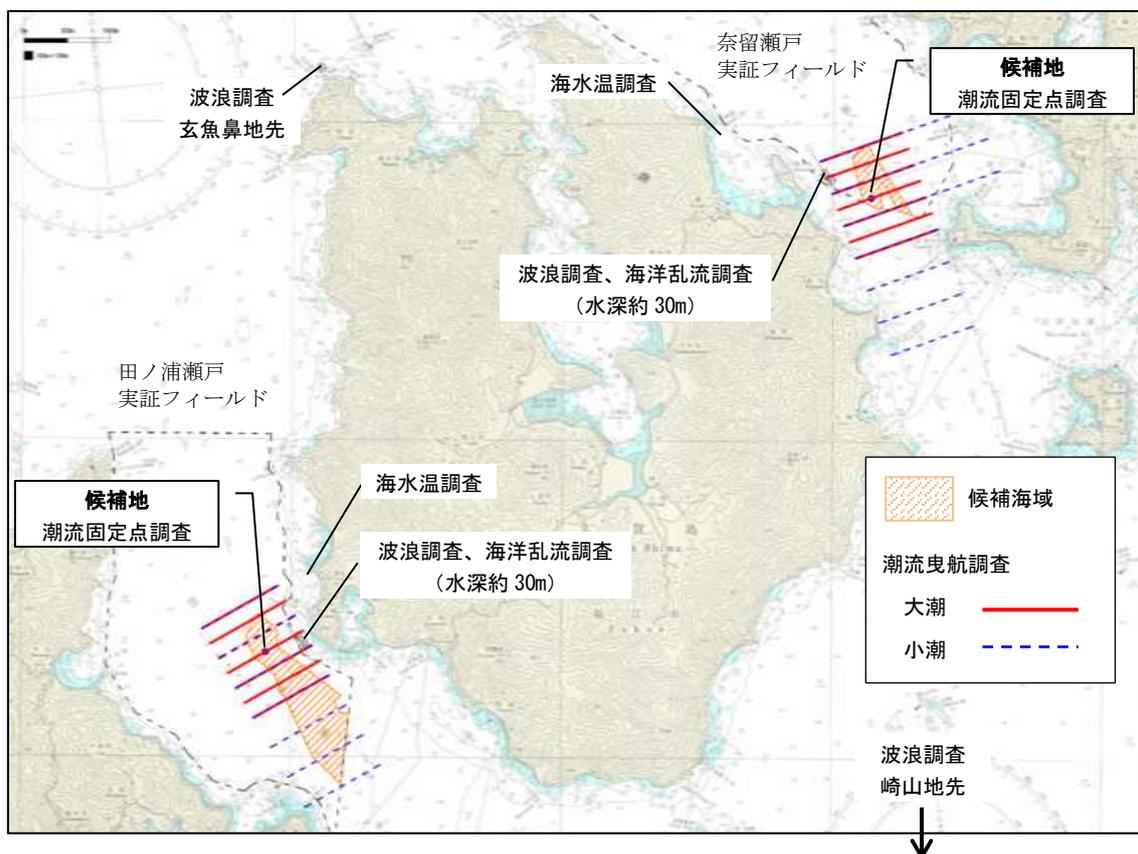


図 4-4-23 海象 2 次調査 調査地点



### 4.4.3. 潮流シミュレーション

#### (1) 目的

潮流シミュレーションの目的は、対象海域の潮流の密な時空間情報を得ることである。観測値との比較によって信頼性が確かめられた潮流シミュレーションは、観測では得られない長期かつ空間的に密な潮流データを予測可能であり、潮流発電のために有用な情報を提供することができる。

#### (2) 数値モデル

本事業では、潮流計算モデルとしては有限体積法沿岸海洋モデル (FVCOM) を用いる。この海洋モデルは、Chen et al.(2006)によって開発され、インターネットで公開されている。主な特徴としては、水平面では三角形非構造格子、鉛直方向には $\sigma$ 座標を用いることによって複雑な海岸線を精度良く表現できることである。図 4-4-24 は、今回用いた計算領域 (約 120km X 80km) とメッシュ分割を示しており、メッシュサイズは最小 30m から最大 4,000m まで場所に応じて変化させている。

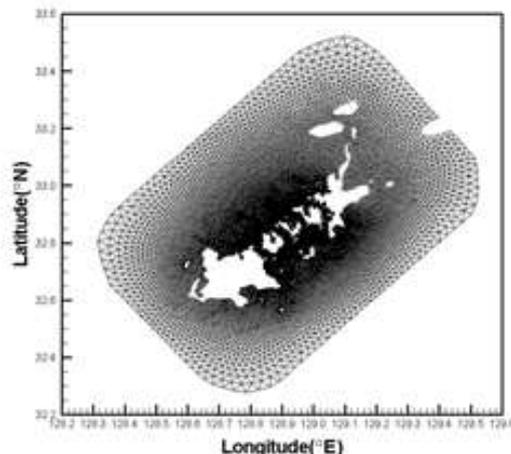


図 4-4-24 計算領域とメッシュ

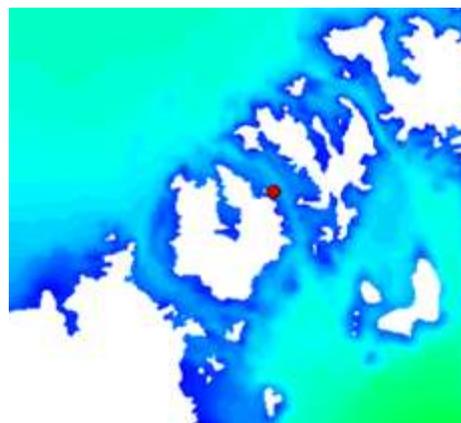


図 4-4-25 水深と ADCP 設置点 (赤丸)

#### (3) シミュレーション結果

まず、潮流シミュレーションの妥当性検証のために本事業で実施した潮流定点観測データと比較を行った。図 4-4-25 は、超音波多層流速計(ADCP)の設置位置を示しており、奈留瀬戸の久賀島に近い水深約 27m の海域である。

図 4-4-26 は、海底直上 10m における流速 hodograph の観測値と計算値の比較である。流向及び流速ともに良好な一致を示していることが分かる。この観測点では、上潮時の最高流速は 3m/s を超えるが下げ潮時の最高流速は約 1.6m/s ほどである。

図 4-4-27 及び図 4-4-28 は、観測期間 (2014 年 10 月 2 日から 18 日) までの潮流の時刻歴データの比較であり、東西方向と南北方向の流速値について比較した。これらを見ると両者の違いは僅かであり、シミュレーション

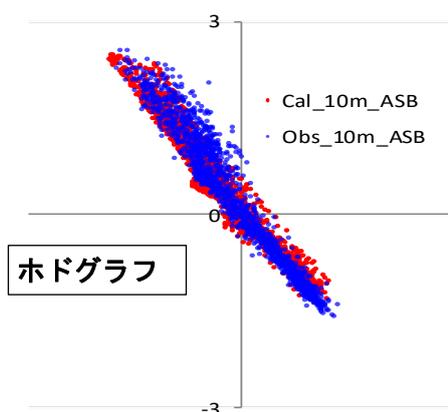


図 4-4-26 流速 hodograph (海底上 10m)

結果は高精度なものであると言える。

図 4-4-29 及び 4-4-30 は、このシミュレーションによって大潮時の潮流速の空間分布を田ノ浦瀬戸及び奈留瀬戸において求めたもので、流速値を等高線によって描いたものである。図 4-4-29 は上潮時であり、奈留瀬戸の広い範囲において 3m/s を超える海域が存在することが分かる。田ノ浦瀬戸では久賀島に近い海域で強い潮流域が存在していることが分かるが、流速値は 3m/s までには達していない。一方、図 4-4-30 は、下げ潮時の流速であるが、奈留瀬戸においては強い流れは篝火崎よりも南側に生じているが、反面、奈留瀬戸中央部では流速は約 1.5m/s 程度であることが分かる。つまり、奈留瀬戸の篝火崎が海峡に突き出た半島となって、その北側では上潮時に強い潮流（噴流）、下げ潮時に中程度の潮流（縮流）を作って、いわゆる片潮となることが分かる。南側ではこの逆となる。一方、田ノ浦瀬戸においては、最大流速については奈留瀬戸に及ばないが、上潮と下げ潮で均等な潮流速が得られるので、潮流発電においては上潮、下げ潮間の発電量がほぼ等しくなるので好ましい特性と言える。

本年度の潮流シミュレーションは、潮流発電装置がない場合のものであり、今後、複数の潮流発電装置が設置された場合の潮流発電ポテンシャルを求める必要がある。

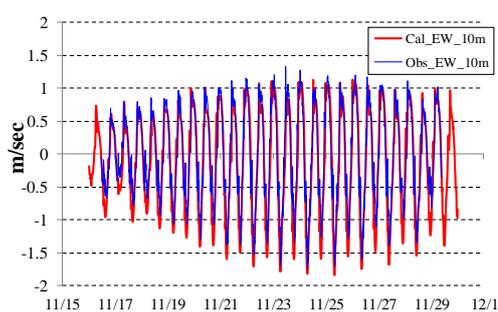


図 4-4-27 東西流時刻歴（観測と計算）

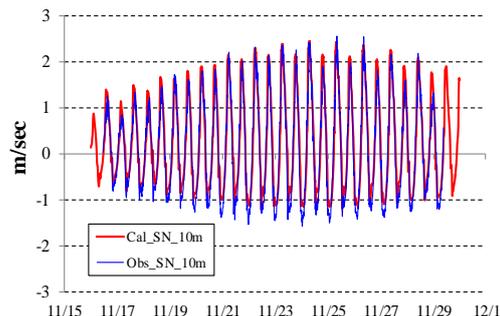


図 4-4-28 南北流時刻歴（観測と計算）

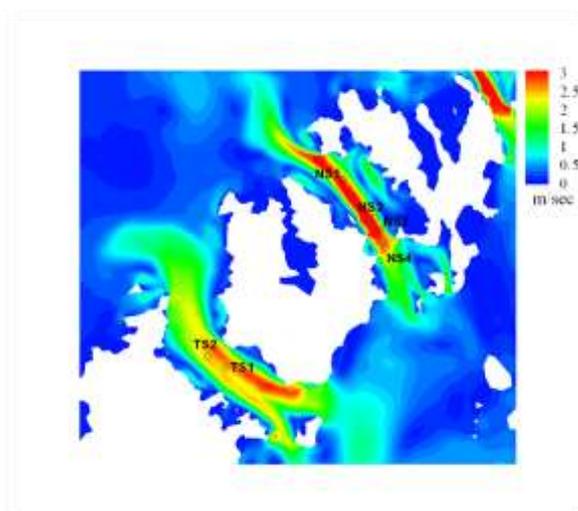


図 4-4-29 上潮時の流速分布（大潮時）

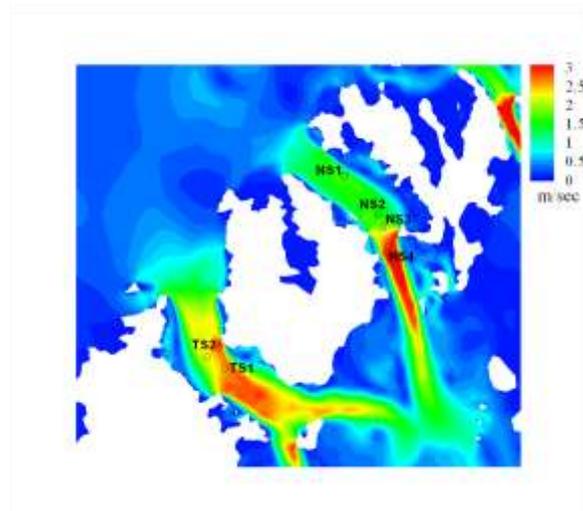


図 4-4-30 下げ潮時の流速分布（大潮時）

#### 4.5. 海底地形・海底土質調査

##### (1) 調査概要

###### 調査目的

田ノ浦瀬戸及び奈留島瀬戸において、海底地形および海底面状況を把握し、潮流発電機器設置の為に基礎資料とする。

###### 調査項目

- ・ 海底地形調査①（深淺測量）
- ・ 海底地形調査②（ROVによる局地微地形の目視調査）
- ・ 海底下砂層厚調査
- ・ 海底地盤調査
- ・ 海底土質調査①（採泥調査）
- ・ 海底土質調査②（ボーリング）

###### 調査地点

図 4-5-1 に海底地形・海底土質調査の調査地点を示す。

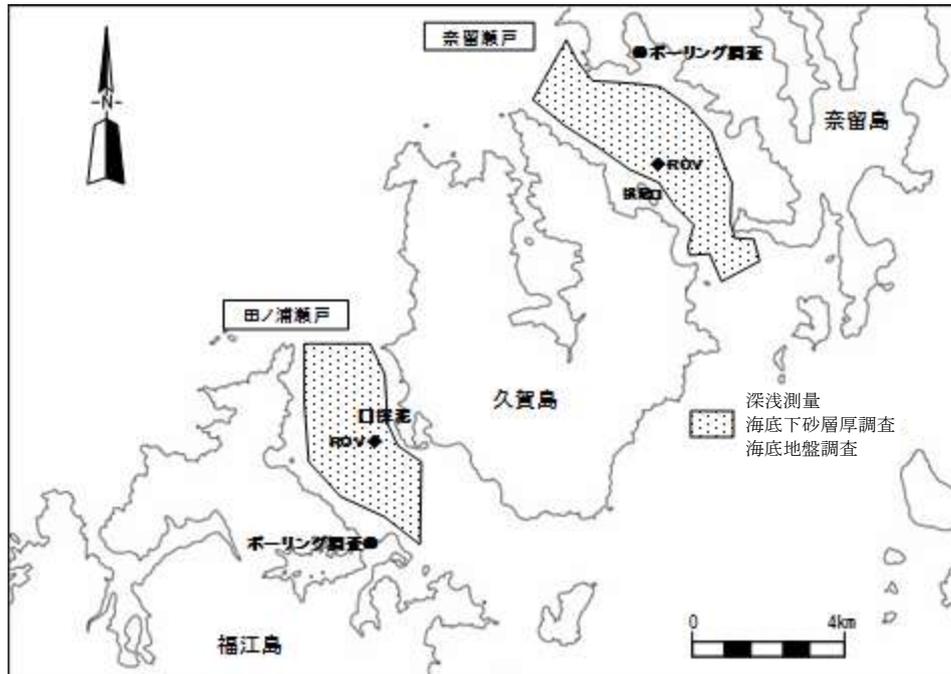


図 4-5-1 調査位置図

###### 調査時期

田ノ浦瀬戸：平成 26 年 9 月 22 日～9 月 29 日

奈留瀬戸：平成 26 年 9 月 30 日～10 月 3 日

## (2) 海底地形調査①（深淺測量）

### 調査方法

実証フィールドの地形を確認するため、音響測深器による深淺測量を行った。測深機は、ナローマルチビーム音響測深システム（R2Sonic 製 Sonic2024 型）を使用した。また、測深データの他に船舶の動揺および方位、水中音速度、測位データを同時収録し解析時の補正を行った。表 4-5-1 に測定仕様、図 4-5-2 に調査イメージを示す。

表 4-5-1 ナローマルチビームの測定仕様（概要）

ナローマルチビーム音響測深機（sonic2024/R2sonic 社製）		 Sonic2024
最大レンジ	500m	
レンジ分解能	1.25cm	
パルス幅	15～1000μs	
ビーム数	256	
スワップ幅	0～160°	
温度範囲	0～+50℃（動作） -30℃～+50℃（保存）	

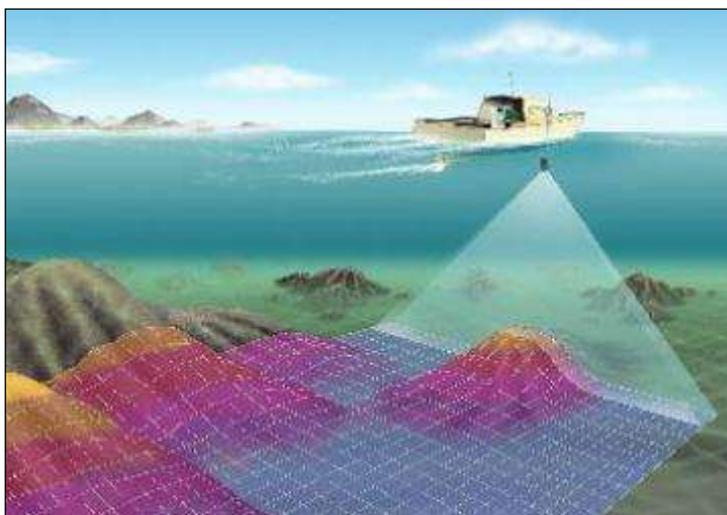


図 4-5-2 ナローマルチビームによる地形測量イメージ

調査結果

図 4-5-3、図 4-5-4 に地形測量の結果の水深図を示す。

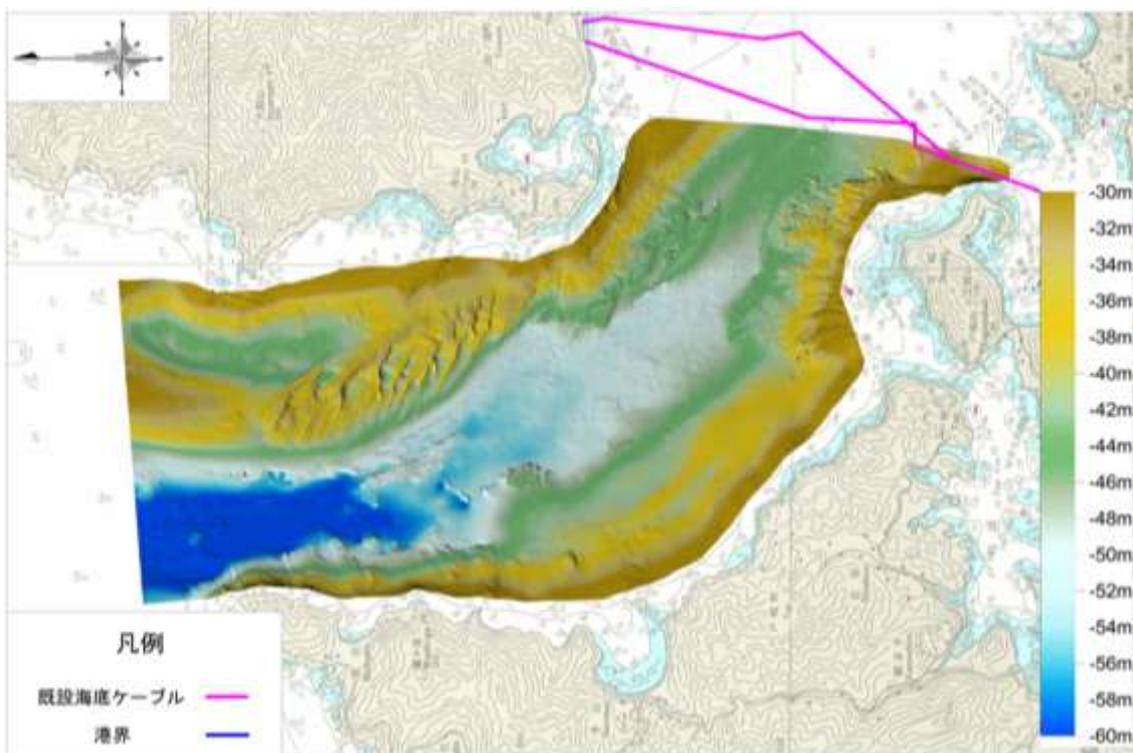


図 4-5-3 水深図（田ノ浦瀬戸）

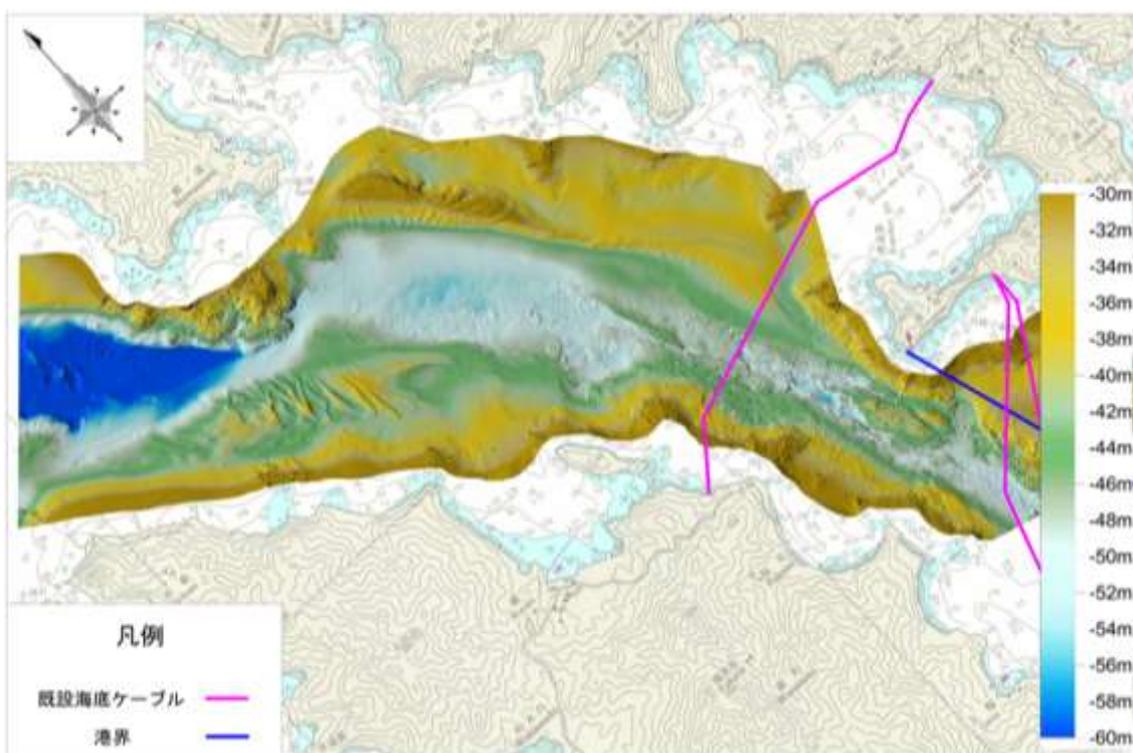


図 4-5-4 水深図（奈留瀬戸）

図 4-5-5、図 4-5-6 に海底勾配を示す。海底勾配は 1m 間隔に整理した地形データを用いて算出し、最大傾斜方向の値を示した。

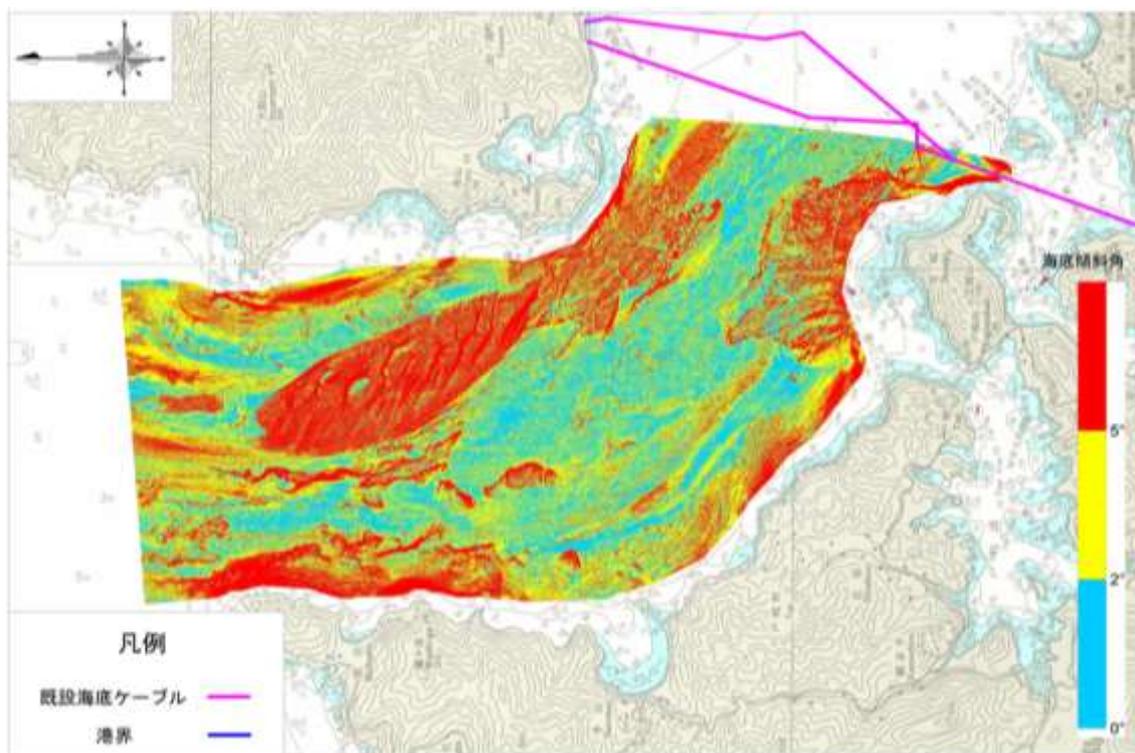


図 4-5-5 海底勾配（田ノ浦瀬戸）

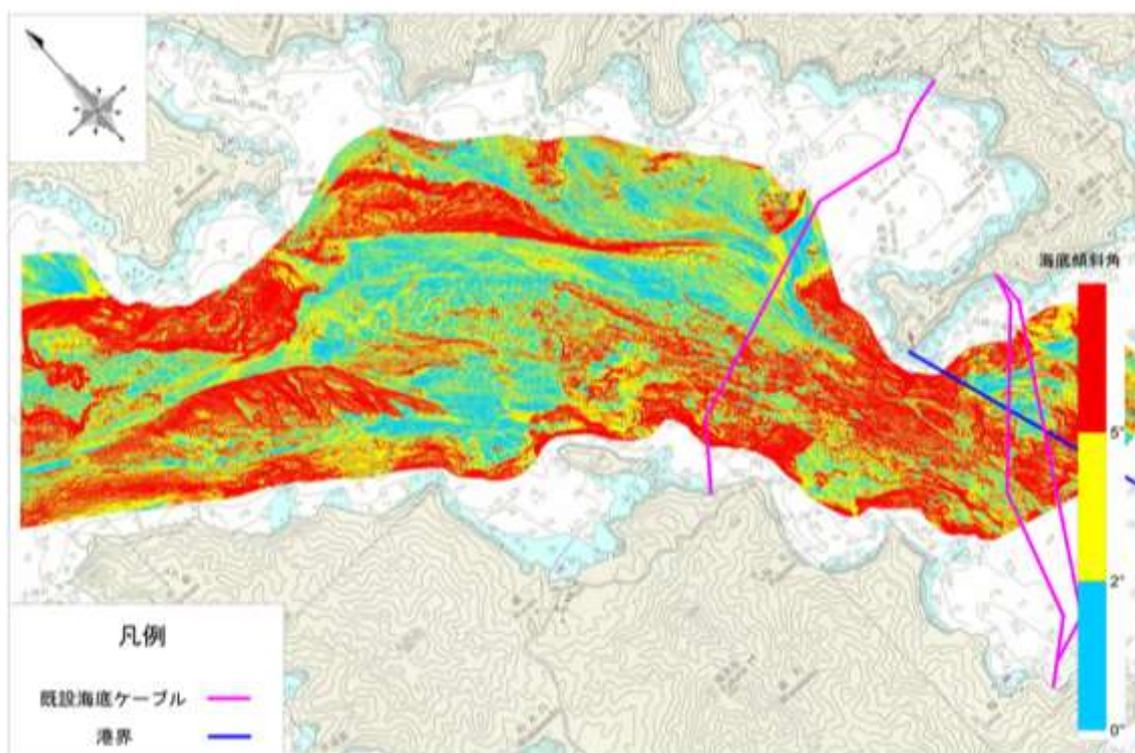


図 4-5-6 海底勾配（奈留瀬戸）

### (3) 海底地形調査②（微地形目視調査、ROV）

#### 調査方法

海底の微地形を確認するため、図 4-5-7 に示す田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸の各 1 点において、ROV（Mitsui RTV N-100、三井造船製）を用いて海底付近の状況をビデオ撮影した。調査状況写真を以下に示す。



図 4-5-7 ROV 調査状況

#### 調査結果

図 4-5-8、図 4-5-9 に ROV の撮影画像の一例を示す。田ノ浦瀬戸の調査範囲は岩礁域で高さ 0.5m 程度、幅数 m の岩礁が多く、拳～人頭大の石の間に砂が堆積していた。奈留瀬戸の調査範囲は、起伏が少なく 200m の間に 1～2 ヶ所 0.3m 程度の段差があった。拳大の石が多いが稀に大きな岩が存在した。

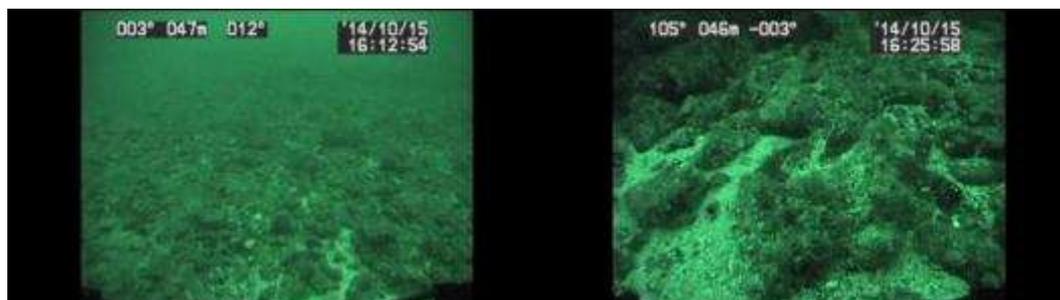


図 4-5-8 ROV による撮影画像一例（田ノ浦瀬戸）



図 4-5-9 ROV による撮影画像一例（奈留瀬戸）

(4) 海底下砂層厚調査、海底地盤調査

調査方法

海底の砂層厚及び海底地盤を確認するための調査を行った。調査は地層探査機及びサイドスキャンソナーを作業船で曳航し行った。調査概要を図 4-5-10 に示す。地層探査機は砂層を透過する音波を発信し反射記録から地層層序を明らかにする測定器である。測定原理の概念図を図 4-5-11 に示す。サイドスキャンソナーは扇状に発射した超音波により海底面の音響画像を取得する測定器である。測定結果の一例を図 4-5-12 に示す。

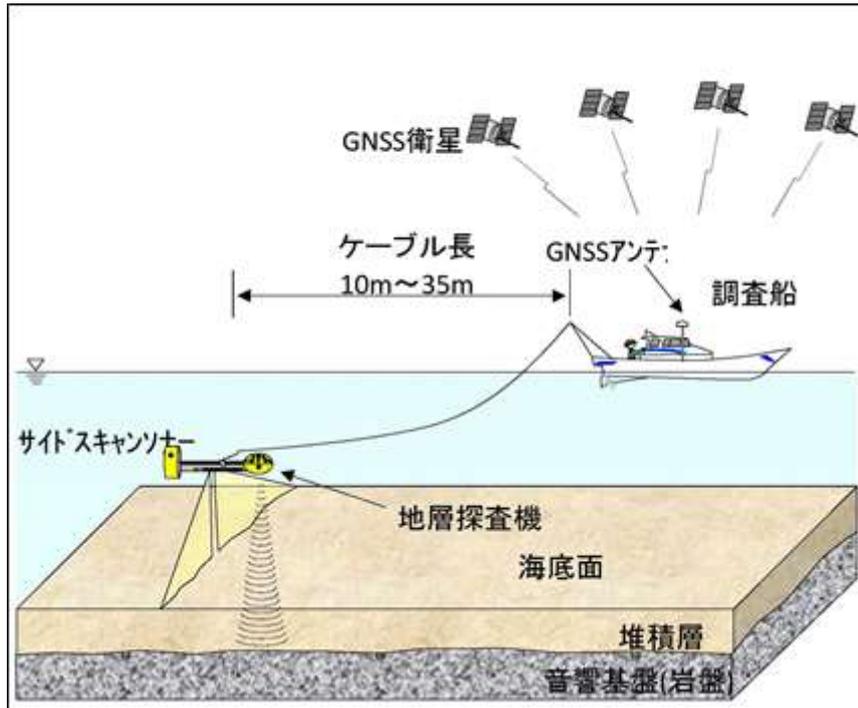


図 4-5-10 調査概要

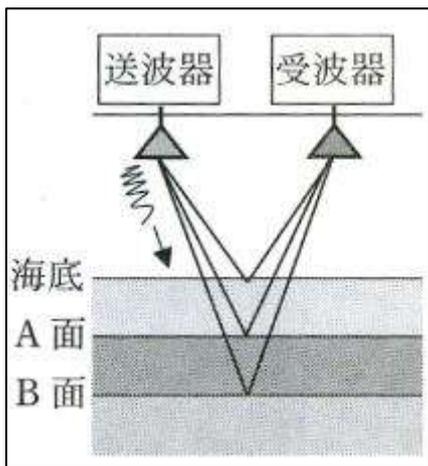


図 4-5-11 地層探査機測定原理概念図

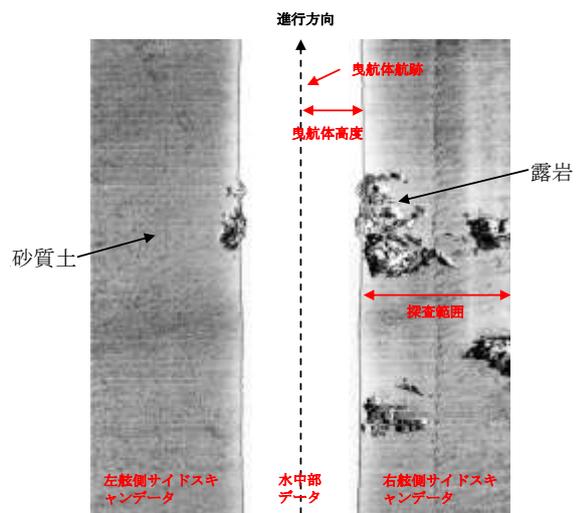


図 4-5-12 サイドスキャンソナー測定結果例

調査結果

図 4-5-13、図 4-5-14 に海底下砂層厚調査の結果を示す。

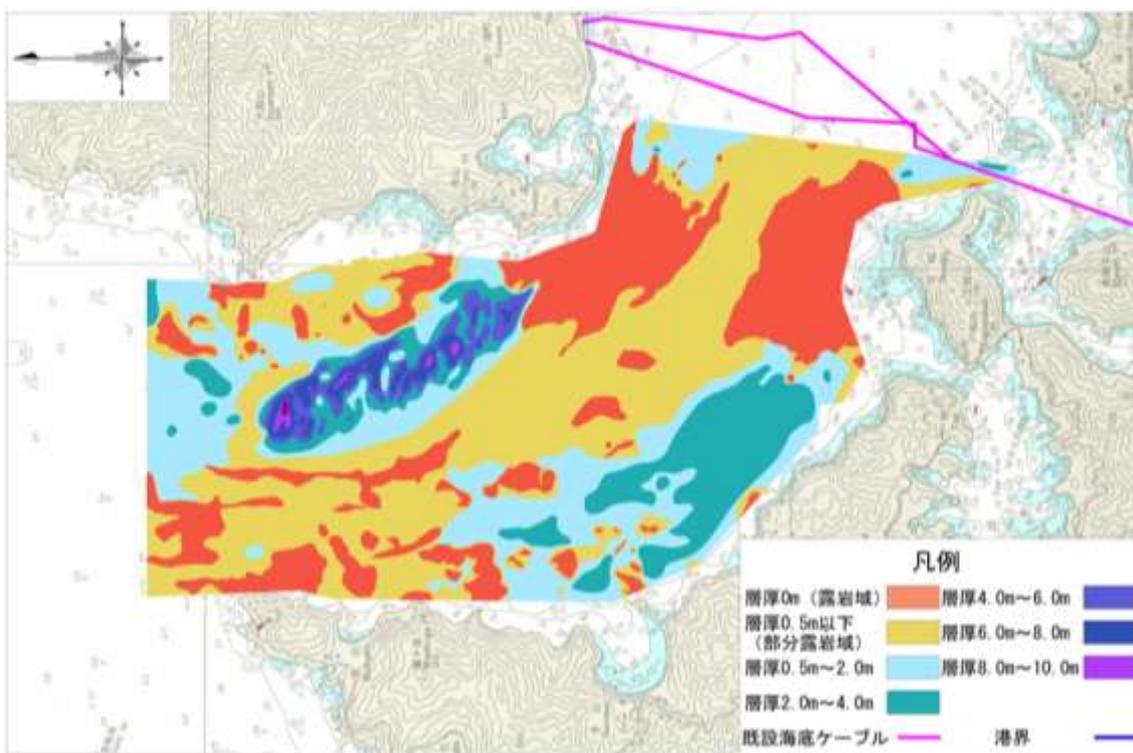


図 4-5-13 海底下砂層厚の分布 (田ノ浦瀬戸)

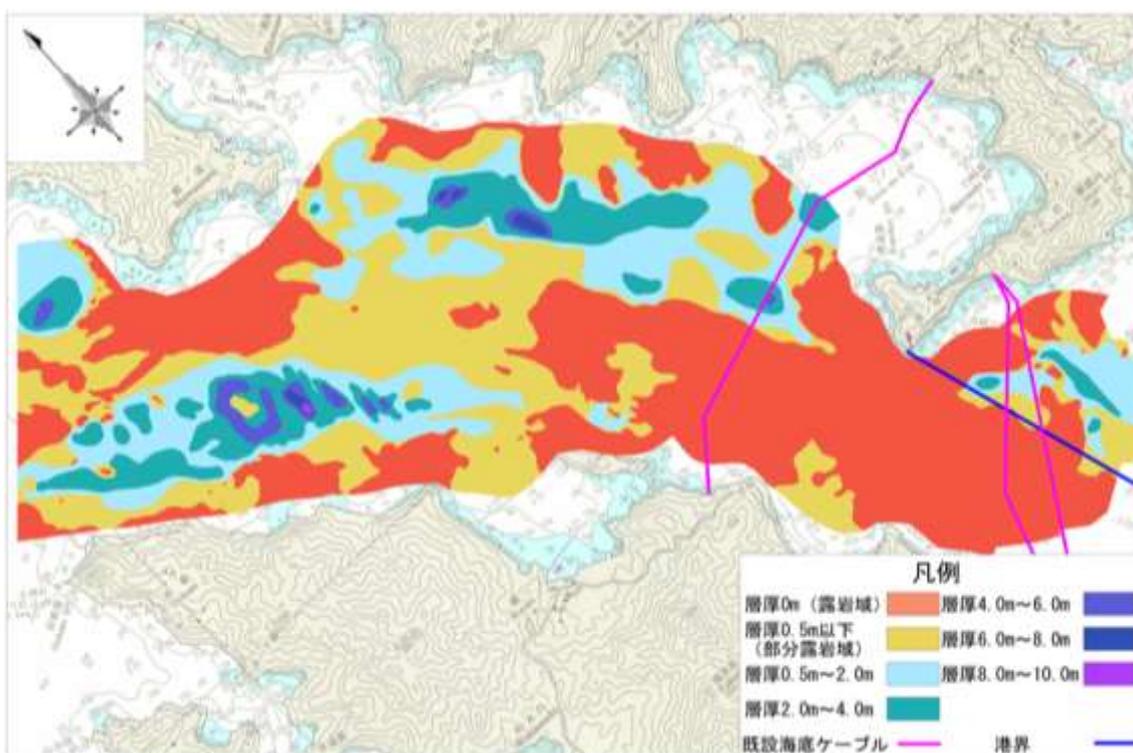


図 4-5-14 海底下砂層厚の分布 (奈留瀬戸)

図 4-5-15、図 4-5-16 に海底地盤調査の結果を示す。

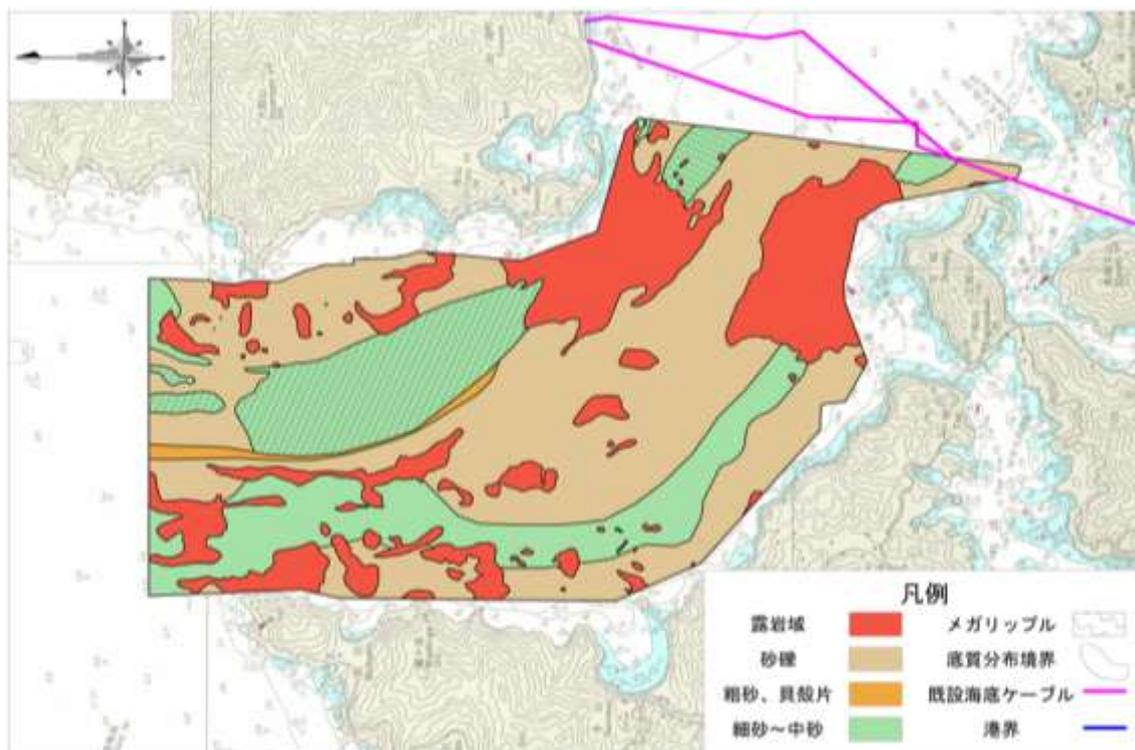


図 4-5-15 海底地盤の分布（田ノ浦瀬戸）

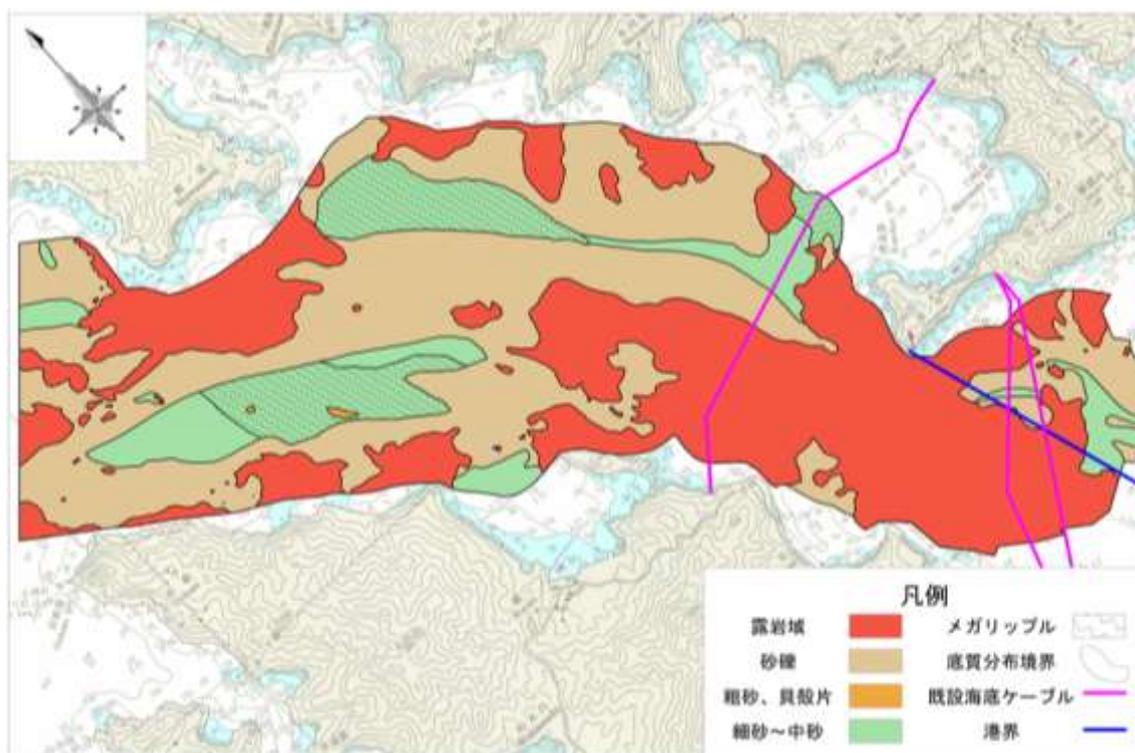


図 4-5-16 海底地盤の分布（奈留瀬戸）

#### (5) 海底土質調査①（採泥調査）

##### 調査方法

田ノ浦瀬戸及び奈留瀬戸の各1地点で、海底の砂を採取し、粒度分析を行った。

##### 調査結果

表 4-5-2 に各地点で採取した砂の粒度組成を示す。田ノ浦瀬戸の採泥地点は、海底地形調査の結果から砂層厚が大きく、砂移動が大きいと思われる地域であり、中央粒径値は1.47mmであった。一方、奈留瀬戸の採泥地点は岸に近い砂だまりであり、中央粒径値は0.384mmと田ノ浦瀬戸の調査地点より粒径が細かくなっていた。

奈留瀬戸の他の調査海域においては田ノ浦瀬戸の採泥地点と同じ様な砂層厚が大きく、海底形状が類似する地域があり、これらの海底の砂は田ノ浦瀬戸の粒径に近いものと思われる。

表 4-5-2 粒度組成

測点	粒度組成					
	礫分	粗砂分	中砂分	細砂分	シルト・粘土分	50%粒径
	2mm以上	2~0.85mm	0.85~0.25mm	0.25~0.075mm	0.075mm以下	
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mm)	
田ノ浦瀬戸	29.5	56.7	13.0	0.4	0.4	1.47
奈留瀬戸	8.4	5.3	74.2	10.8	1.3	0.384

注) 分析方法 : JIS A1204、ふるい分け法

## (6) 海底土質調査② (ボーリング調査)

### 調査方法

実証機を設置する岩盤の概要を確認するため、図 4-5-17 に示す 2 地点でボーリング調査を実施した。調査はオイルフィールド式ロータリーボーリングマシンを使用し、孔径 66mm のコア試料を採取した。地質図<sup>2</sup>によると実証フィールドの田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸の両岸は、主に五島層群 (Gs、Ga、Gt) と五島花崗岩類 (G2、G3、G4) で形成される。ボーリングを実施した戸岐地区は「Ga：砂岩泥岩互層」、大串地区は「Gs：砂岩」が分布する。

また、「G3：花崗閃緑岩」が分布するとされている桉ノ浦の海岸部でブロック岩塊を採取した。戸岐地区のボーリングで採取したコア試料、桉ノ浦で採取したブロック岩塊を用いて岩石試験を実施した。

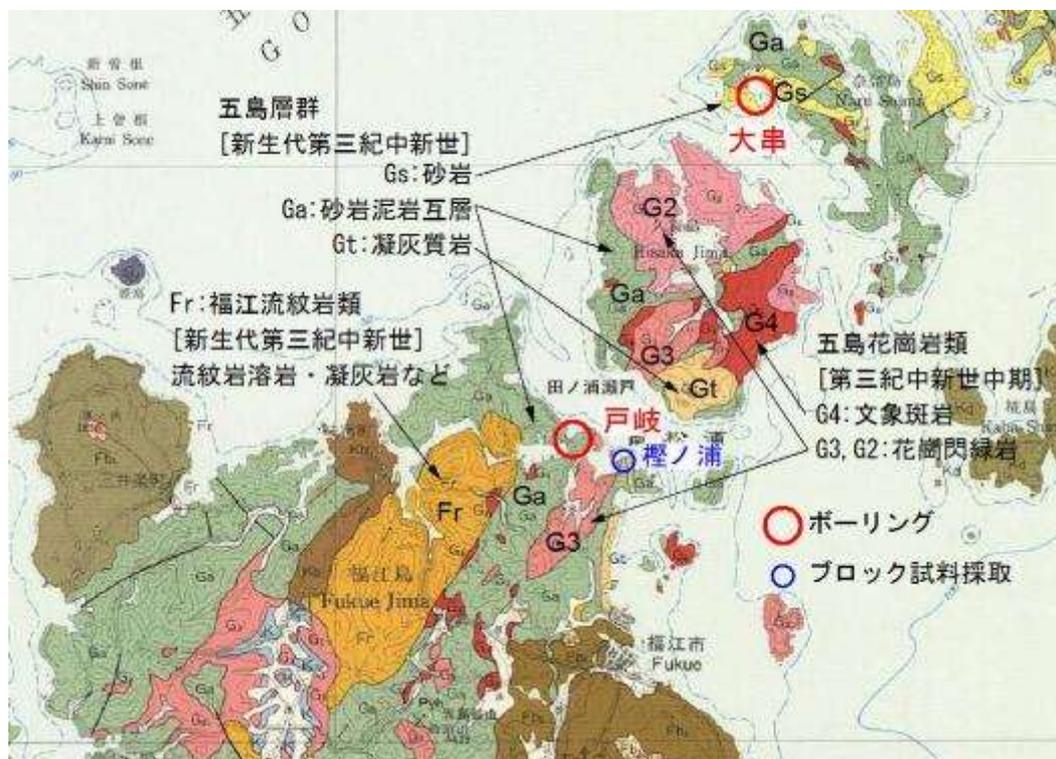


図 4-5-17 五島列島の地質図<sup>1</sup>とボーリング調査位置

<sup>2</sup> 20 万分の 1 地質図幅「長崎」、地質調査所 (現 地質調査総合センター)、1989

調査結果

図 4-5-18、図 4-5-19 にボーリングコアの写真と地質構成の概要を示す。戸岐地区の海底には上部より頁岩が分布し、大串地区の海底は沖積砂礫層が厚さ 0.9m で薄く分布し、その下は砂岩による岩盤が確認された。



地質時代	地層名	記号	層相	N値
新生代 第三紀 中新世	五島層群 頁岩	Sh	上部より概ね新鮮。葉理が明瞭で5~20°程度の低角度をなす。割れ目は10°前後が多く、所により70°以上の高角度で分布。コア試料は主に長さ5~20cmの柱状で採取。岩片自体は中硬質であるが、ヘアクラックに沿って割れやすい。	50<

図 4-5-18 ボーリングコア試料（戸岐地区）



地質時代	地層名	記号	層相	N値	
新生代	第四紀 完新世	沖積砂礫層	Ag	φ2~20mmの礫を主体とし、最大径はφ30mm程度が確認された。礫間は砂質土で充填され、シルト分をやや多く含む。含水量が多い。	23
	第三紀 中新世	五島層群 砂岩	Ss	岩盤面付近は風化が進んで砂質土状をなす。全体に熱変質を受けたホルンフェルス様をなし、部分的に堆積構造(葉理)が認められる。割れ目が多く、コア試料は角礫状あるいは10cm以下の岩片状~短柱状をなす。岩片は中硬質で、ハンマーの普通打撃で割れる程度の硬さ。	50<

図 4-5-19 ボーリングコア試料（大串地区）

#### 4.6. 気象条件

##### 4.6.1. 風況調査

###### (1) 調査概要

###### 調査目的

調査海域の風況を把握するため、風向・風速の連続観測を行った。

###### 調査方法

久賀島蕨地区の折紙展望台に、テレメトリーシステムによる風向・風速計を設置した。風速計の設置高さは10mとし、測定間隔は10分とした。図4-6-1に風速計の設置位置を示す。



図 4-6-1 風速計設置位置

###### 調査時期

平成 26 年 10 月 23 日に風速計を設置し、来年度まで継続して観測を行う。

## 調査結果

図 4-6-2 に風速ベクトルの経時変化、図 4-6-3 に風向別の出現頻度と平均風速を示す。今回結果を整理した 11 月から 1 月にかけては北西の風が卓越し、平均風速 10m/s を超えるやや強い風が高い頻度で確認された。

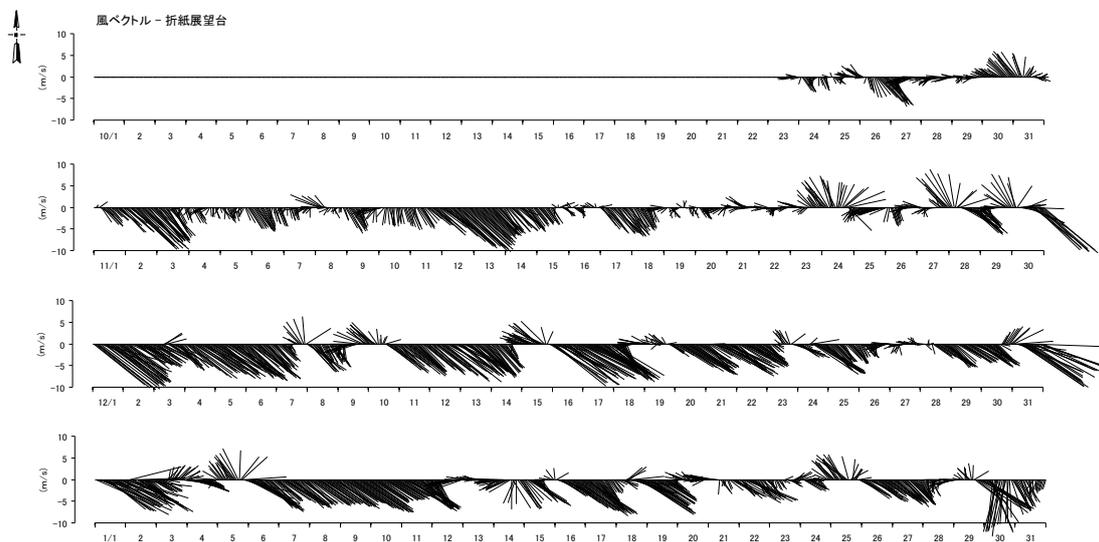


図 4-6-2 風速ベクトルの経時変化

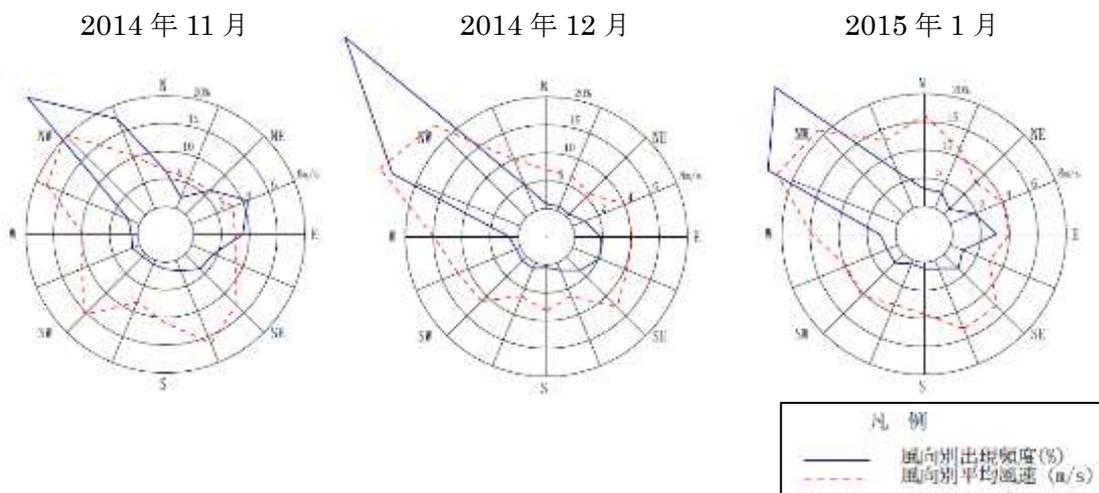


図 4-6-3 風向別出現頻度と風向別平均風速

## 4.7. 環境影響評価手法の検討

### 4.7.1. 実施概要

今回実施する実証事業については、事業の種類（潮流発電所）及び規模（出力 0.1 万 kW）においても環境影響評価法に基づく環境影響評価を実施する対象ではないが、前例のない事業の種類であるため、今後の事業化に向けての知見を集積するために、自主的に実施するものである。しかし、対外的な手続き（公告縦覧や説明会あるいは意見聴取）を除いて、基本的な手順は環境影響評価法に準じて実施することとした。そして、今回の実証事業に対する環境影響評価を実施することによって、潮流発電における標準的な環境影響評価項目・手法等の検討等に結びつけるものである。

環境影響評価の一般的な手続きは、図 4-7-1 に示す通りであるが、この流れに沿って今回の実証事業における環境影響評価の作業の計画を表 4-7-1 に示すが、今年度は配慮書作業と配慮書の作成を行った。

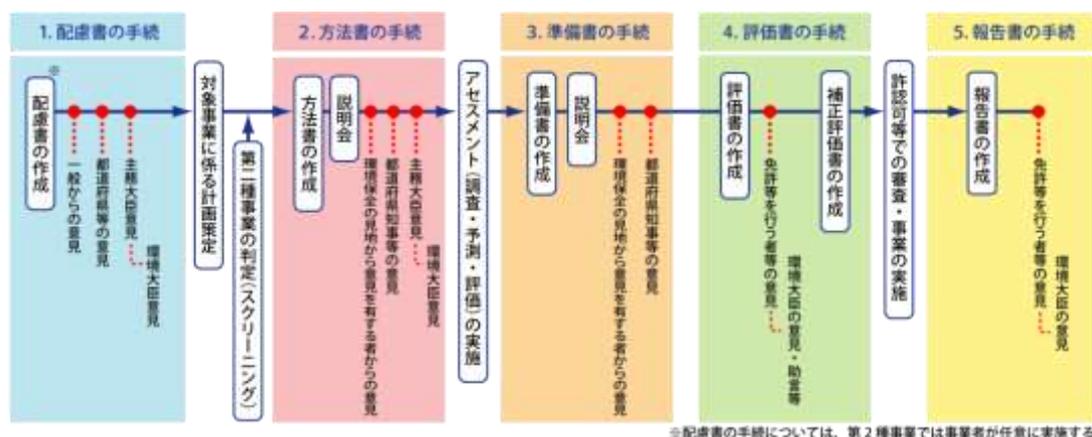


図 4-7-1 一般的な環境影響評価手続きの流れ

表 4-7-1 本事業における環境影響評価作業の実施予定

2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度
配慮書作成	方法書作成	現況調査 (事前)	影響予測・評価 (準備書・評価書作成)	モニタリング調査 (施工・供用中、撤去後)

今年度の環境影響評価の作業内容については、図 4-7-2 に示すが、今回の実証試験フィールド及びその周辺の概況について、主な調査対象地域を実証フィールドの位置する五島市を対象として、入手可能な最新の文献その他の資料等により情報を把握した。なお、既存資料では十分な情報が得られない項目及び影響が想定される項目については、専門家等へのヒアリングを実施して、情報を補完した。

このようにして得られた地域の環境情報と事業計画の特性を踏まえて、配慮書段階にお

ける環境影響評価項目及び環境影響評価手法を検討した。そして、選定された評価項目についての影響評価を実施し、環境影響評価図書（配慮書）としてとりまとめた。

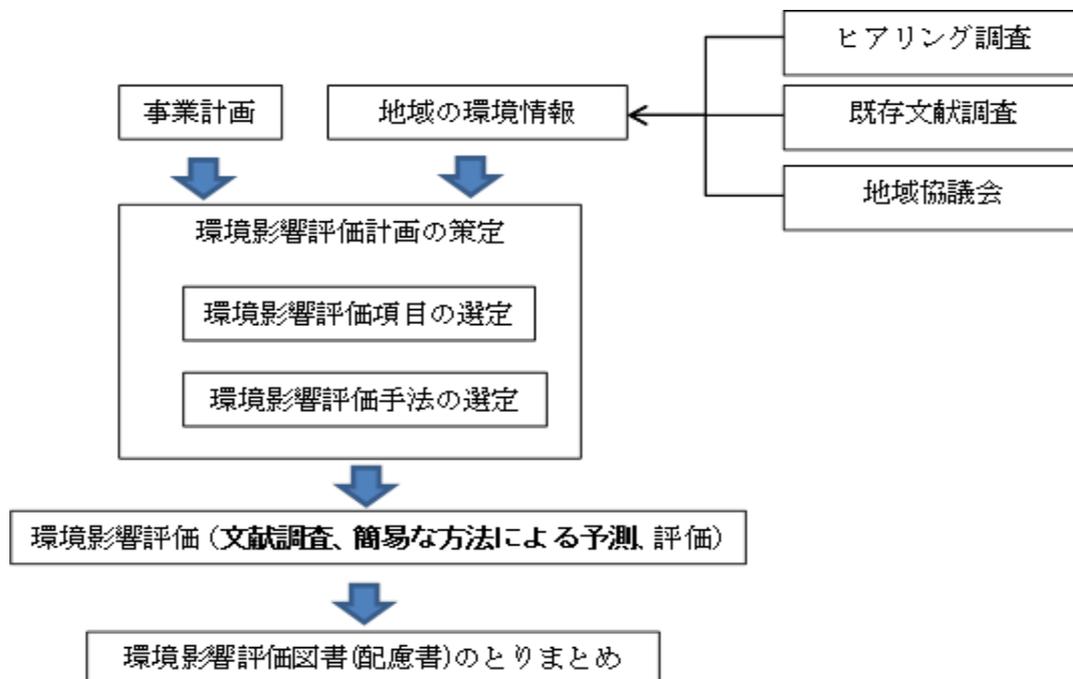


図 4-7-2 配慮書作成の流れ（平成 26 年度作業）

#### 4.7.2. 地域の特性

##### (1) 既存文献調査

実証試験フィールド及びその周囲における自然的状況及び社会的状況（以下、「地域特性」という。）については、主な調査地域を実証試験フィールドが位置する五島市とし、環境要素毎に影響を受けるおそれがあると考えられる範囲を勘案して、五島市を対象に入手可能な最新の文献その他の資料等により情報を把握した。なお、参考にした主な文献は以下の通りである。

- ・ 各種行政資料類、統計資料等（国、長崎県、五島市）
- ・ 地域計画資料類（長崎県、五島市）
- ・ 環境情報データベース（国立環境研究所、国、長崎県）
- ・ 自然環境保全基礎調査結果資料、レッドデータブック（リスト）
- ・ 地形図，海図，海の基本図等（国土交通省，海上保安庁）
- ・ 一般図書（「五島の生物」、他）、報告書類、データ集（関係機関）

## (2) ヒアリング

専門家等へのヒアリングは、既存資料では十分な情報が得られない項目及び影響が想定される項目を対象に実施した。

対象とした項目は水質、海生生物、陸生生物であり、その実施概要は表 4-7-2 のとおりである。

表 4-7-2 専門家等へのヒアリング実施概要

実施日	名 前	所 属	主なヒアリング事項	備 考
平成 26 年 12 月 4 日	石川 創氏	(公財) 下関海洋科学 アカデミー 鯨類研究 室長	・五島近海の鯨類の出現状況等 ・潮流発電事業に関する鯨類への影響につ いて	ヒアリング 調査
平成 26 年 12 月 9 日	赤松 友成氏	(独) 水産総合研究セ ンター水産工学研究 所 水産業システム 研究センター エネ ルギー・生物機能利用 技術グループ長	・潮流発電と生物への影響について ・フィッシュストライクについて ・環境影響評価について	ヒアリング 調査
平成 26 年 12 月 18 日	中田 英明氏	長崎大学 海洋資源 動態科学講座 教授	・環境影響評価について ・生物情報について ・潮流発電事業の影響について	ヒアリング 調査
平成 27 年 1 月 20 日	北澤 大輔氏	東京大学生産技術研 究所 機械・生体系部 門 准教授	・潮流発電・洋上風力発電施設の環境影響 について ・後流域の影響について	ヒアリング 調査
平成 26 年 12 月 12 日	餌網代卓也氏	五島ふくえ漁協 久賀島支所長	・事業実施想定区域の周辺海域における魚 介類の生息状況等 ・漁業についての懸念事項等	アンケート 回収
平成 26 年 12 月 16 日	濱崎 清巳氏	五島ふくえ漁協 奥浦支所長	・事業実施想定区域の周辺海域における魚 介類の生息状況等 ・漁業についての懸念事項等	アンケート 回収
平成 26 年 12 月 26 日	出口 浩一氏	奈留町漁協参事	・事業実施想定区域の周辺海域における魚 介類の生息状況等 ・漁業についての懸念事項等	アンケート 回収
平成 27 年 1 月 19 日	大久保金政氏 出口 浩一氏	奈留町漁協組合長 奈留町漁協参事	・事業実施想定区域の周辺海域における魚 介類の生息状況等 ・漁業についての懸念事項等	ヒアリング 調査
平成 27 年 1 月 20 日	山田 敏昭氏 餌網代卓也氏 濱崎 清巳氏 金田 典久氏	五島ふくえ漁協参事 久賀島支所長 奥浦支所長 五島漁協専務理事	・事業実施想定区域の周辺海域における魚 介類の生息状況等 ・漁業についての懸念事項等	ヒアリング 調査

## (3) 主な地域特性

既存文献調査およびヒアリング調査に基づいて把握した地域の特性の概要は、以下の通りである。

### ① 大気環境

- ・大気質の測定は、実証試験フィールドが位置する五島市では 1 局のみで行われており、二酸化硫黄、二酸化窒素、浮遊粒子状物質については環境基準に適合している。光化

学オキシダントについては環境基準に適合していない。

- ・一般地域（道路に面する地域以外の地域）における騒音の測定は、実証試験フィールドの周辺において行われていない。
- ・自動車騒音の測定は、実証試験フィールドが位置する五島市では 1 地点で測定が行われており、平成 24 年度は、評価戸数 443 戸のうち 81.3%で昼間、夜間ともに環境基準を達成している。
- ・一般地域における振動及び道路交通振動の測定は、実証試験フィールドが位置する五島市では行われていない。
- ・実証試験フィールドに接する陸側の地域では、騒音及び振動の環境基準について類型指定されていない。

## ② 水環境

- ・実証試験フィールドが位置する五島市では河川 6 測定点、海域 4 測定点で水質が測定されており、平成 21 年度では生活環境項目（生物化学的酸素要求量、化学的酸素要求量）及び健康項目ではすべての環境基準点で環境基準を達成している。
- ・実証試験フィールドでは流速が速く、下げ潮、上げ潮の両方で 1.5m/s 以上の箇所がある。

## ③ その他の環境

- ・実証試験フィールド周辺の海岸は、大部分がリアス式自然海岸となっている。
- ・実証試験フィールド及びその周辺の海底地形は、水深 30m 付近までは比較的急な斜面である。
- ・実証試験フィールド及びその周辺の海底地質は、主に岩盤～粗砂である。
- ・実証試験フィールド内には重要な地形及び地質は存在しない。実証試験フィールドの周辺には、典型地形として池塚の「ビーチロック」、前島及び末津島の「トンボロ及び陸繋島」が存在する。
- ・実証試験フィールドから学校・病院等の特に配慮が必要な施設までの最短距離は、約 1.5km である。また、実証試験フィールドから最寄りの住居までの距離は、約 0.6km である。
- ・実証試験フィールド（田ノ浦瀬戸）に接する陸側の地域は福江島、久賀島ともに都市計画が定められていない。
- ・実証試験フィールド（奈留瀬戸）に接する陸側の地域は、久賀島、奈留島ともに都市計画が定められていない。
- ・実証試験フィールドには共同漁業権が設定されている。
- ・実証試験フィールドの周辺には重要港湾である福江港があり、漁港としては田ノ浦、蕨、宿輪等がある。

- ・実証試験フィールドが位置する五島市の主要な道路における平成 22 年における平日の昼間 12 時間の交通量は、一般国道 384 号では 11,208 台、福江島の河務福江線では 2,253 台、久賀島線では 227 台、奈留島線では 2,118 台である。

#### ④ 動物、植物、生態系

- ・実証試験フィールドが位置する五島列島ではマイルカ、ハンドウイルカ等のイルカ類、アカウミガメ、メバル、ブダイ、カサゴ等が確認されている。
- ・実証試験フィールドが接する陸域の主な植生はシイ・カシ二次林、オニヤブソテツ、ハマビワ群集、タブノキ・ヤブニッケイ二次林等であり、海岸線は自然裸地が分布している。
- ・実証試験フィールド及びその周辺海域には藻場・干潟が分布する。

#### ⑤ 景観及び人と自然との触れ合いの活動の場

- ・実証試験フィールド及びその周辺の自然景観資源として、田ノ浦海岸、鈴ノ浦、末津島等が存在している。
- ・実証試験フィールド及びその周辺の人と自然との触れ合いの活動の場として、奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸に接している場は確認できていない。
- ・歴史的・文化的環境としては、五島市には「長崎の教会群とキリスト教関連遺産」に含まれる江上天主堂、堂崎協会等があるほか、久賀島は重要文化的景観の選定を受けている。

### 4.7.3. 計画段階配慮事項の選定及び予測・評価の手法

#### (1) 配慮事項の選定

「発電所アセス省令<sup>3</sup>」第 4 条に基づき、本事業の事業特性及び地域特性を踏まえ、環境影響要因とその環境影響要素を検討するとともに、「発電所アセス省令」第 5 条の規定に基づき、表 4-7-3 のとおり選定した。

なお、本事業は原動力が潮流という再生可能エネルギーであるため、既存の再生可能エネルギーを利用している水力発電所、地熱発電所及び風力発電所と類似の事業特性を持つものと考えられる。そこで、水力発電所、地熱発電所及び風力発電所の事業の内容と本事業の内容を整理・把握した上で選定した。

<sup>3</sup>「発電所の設置又は変更の工事の事業に係る計画段階配慮事項の選定並びに当該計画段階配慮事項に係る調査、予測及び評価の手法に関する指針、環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針並びに環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成 10 年通商産業省令第 54 号）

表 4-7-3 計画段階配慮事項の項目の選定

環境要素の区分	影響要因の区分			工事の実施				土地又は工作物の存在及び供用		
	大気環境	水環境	その他の環境	工事用資材等の搬出入	建設機械の稼働	造成等の施工による	一時的な影響	地形の変及	施設の存在	施設の稼働
環境の自然的構成要素の良好な状態の保持を旨として調査、予測及び評価されるべき環境要素	大気環境	大気質	窒素酸化物							
			粉じん等							
		騒音	騒音及び超低周波音							
		振動	振動							
	水環境	水質	水の汚れ							
			水の濁り							○
		底質	有害物質							
		その他	流向及び流速							
	水中騒音									◎
	その他の環境	地形及び地質	重要な地形及び地質						○	○
生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全を旨として調査、予測及び評価されるべき環境要素	動物	重要な種及び注目すべき生息地 (海域に生息するものを除く)								
		海域に生息する動物							○	◎
	植物	重要な種及び重要な群落 (海域に生育するものを除く)								
		海域に生育する植物							○	◎
	生態系	地域を特徴づける生態系								
人と自然との豊かな触れ合いの確保を旨として調査、予測及び評価されるべき環境要素	景観	主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観								
	人と自然との触れ合いの活動の場	主要な人と自然との触れ合いの活動の場								
	歴史的文化的環境	文化財等								
環境への負荷の量の程度により予測及び評価されるべき環境要素	廃棄物等	産業廃棄物								
		残土								
漁業関連	漁業実態							◎	◎	
	魚介類増集効果							◎	◎	
備考： <input type="checkbox"/> は「発電所アセス省令」第21条第1項に定める「水力発電所 別表第1」、「地熱発電所 別表第4」、「風力発電所 別表第5」に示す参考項目であり、「○」は計画段階配慮事項の項目として選定する項目を示し、「◎」は参考項目以外に、計画段階配慮事項の項目として選定することを示す。										

(2) 予測・評価の手法

本事業において選定した計画段階配慮事項に対する、配慮書作業段階における予測及び評価の手法を表 4-7-4 の通り選定した。

表 4-7-4 配慮事項における予測及び評価の手法 (1/2)

環境要素	影響要因	調査の手法	予測の手法	評価の方法
水の濁り	施設の存在・稼働	【調査項目】 ・底質の状況 ・漁業の状況 ・藻場の状況 【調査方法】 ・既存資料の整理	潮流発電影響域を設定し、区画漁業権漁場及び藻場等までの距離を整理し、調査結果の重ね合わせにより影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごとに重大な環境影響の程度を整理し、その結果を比較した。併せて基準、目標との整合性を検討した。
流向及び流速	施設の存在・稼働	【調査項目】 ・流況 【調査方法】 ・既存資料の整理	事業実施想定区域の境界に潮流発電施設を設置したと仮定し、後流の影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごとに重大な環境影響の程度を整理し、その結果を比較した。併せて基準、目標との整合性を検討した。
水中騒音	施設の存在・稼働	【調査項目】 ・漁業の状況 【調査方法】 ・既存資料の整理	事業実施想定区域の境界から区画漁業権漁場までの距離を整理し、調査結果の重ね合わせにより影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごとに重大な環境影響の程度を整理し、その結果を比較した。併せて基準、目標との整合性を検討した。
重要な地形及び地質	施設の存在・稼働	【調査項目】 ・重要な地形及び地質の状況 【調査方法】 ・既存資料の整理	潮流発電影響域を設定し、重要な地形及び地質までの距離を整理し、調査結果の重ね合わせにより影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごとに重大な環境影響の程度を整理し、その結果を比較した。併せて基準、目標との整合性を検討した。
海域に生息する動物	施設の存在・稼働	【調査項目】 ・海域に生息する動物の状況 ・重要な種及び注目すべき生息地 【調査方法】 ・既存資料の整理	事業実施想定区域内の改変の程度を把握し、主な海生動物の分布及び生態的特性等の知見を基に影響の程度を予測。潮流発電影響域を設定し、干潟・藻場までの距離を整理し、調査結果の重ね合わせにより影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごとに重大な環境影響の程度を整理し、その結果を比較した。併せて基準、目標との整合性を検討した。
海域に生育する植物	施設の存在・稼働	【調査項目】 ・海域に生育する植物の状況 ・重要な種及び重要な群落 【調査方法】 ・既存資料の整理	事業実施想定区域内の改変の程度を把握し、主な海生植物の分布及び生態的特性等の知見を基に影響の程度を予測。潮流発電影響域を設定し、藻場までの距離を整理し、調査結果の重ね合わせにより影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごとに重大な環境影響の程度を整理し、その結果を比較した。併せて基準、目標との整合性を検討した。

表 4-7-4 配慮事項における予測及び評価の手法 (2/2)

環境要素	影響要因	調査の手法	予測の手法	評価の方法
漁業実態 ／魚介類 蛸集効果	施設の存在・ 稼働	【調査項目】 ・漁業の状況 【調査方法】 ・既存資料の整理 ・ヒアリング	事業実施想定区域内の 改変の程度を把握し、漁 業の調査結果及び海生 生物の生態特性等を基 に影響の程度を予測。	複数の事業計画案ごと に重大な環境影響の程 度を整理し、その結果 を比較した。併せて基 準、目標との整合性を 検討した。

#### 4.7.4. 予測評価の結果

本事業において選定した計画段階配慮事項について、評価を行った結果の比較を表 4-7-5 から 4-7-12 に要約をまとめる。

表 4-7-5 水の濁りの影響の比較

項目		奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②	
水の 濁り	潮流発電影響域 からの距離、 重なり具合	区画漁業 権	重ならない			
		底質	濁りの発生は少ない			
		藻場	一部重なる 約 0.07km <sup>2</sup>	一部重なる 約 0.06km <sup>2</sup>	一部重なる 約 0.11km <sup>2</sup>	重ならない
	比較	影響は少ない				影響は ほとんどない
		本事業では発電機 1 基のみを設置することから、事業実施想定区域 による差はほとんど見られない。				

注：ハッチングは、事業実施想定区域を比較して値に差があるものを表す。

表 4-7-6 流向及び流速への影響の比較

項目		奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②
流向 及び 流速	潮流発電影響域 の面積 (km <sup>2</sup> )	1.74	2.06	3.13	1.35
	比較	1 基あたりの後流域の面積には差がない。 事業実施想定区域による差はほとんど見られない			

表 4-7-7 水中騒音の影響の比較

項目		奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②
水中 騒音	最寄の区画漁業権漁場 までの距離	五区計第 1071 号 約 800m	五区計第 1067 号 約 1100m	五区計第 1504 号 約 1300m	五区計第 2516 号 約 2500m
	比較	事業の実施により一定の影響がある。 事業実施想定区域による差はほとんど見られない			

注：ハッチングは、事業実施想定区域を比較して値に差があるものを表す。

表 4-7-8 重要な地形及び地質等への影響の比較

項目		奈留瀬戸①		奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②
重要な地形及び地質	典型地形の名称	池塚	前島及び末津島	池塚	存在しない	存在しない
	潮流発電影響域からの距離	約 2500m	2500m 以上	約 750m (岬の背後)	—	—
	比較	影響はほとんどない			影響はない	
事業実施想定区域による差はわずかに見られる。						

注：ハッチングは、事業実施想定区域を比較して値に差があるものを表す。

表 4-7-9 海生動物への影響の比較

項目				奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②	
海生動物	一般種	魚等の遊泳動物	生息地の改変	生息地の改変比率	0.42%	0.37%	0.12%	0.77%
			衝突／後流	改変の程度	約 0.3%	約 0.3%	約 0.1%	約 0.3%
		潮間帯動物	生息地の改変	改変の程度	瀬戸の断面積に対して数%程度 底生性の魚類には後流の影響			
			後流	改変の程度	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
		底生生物	生息地の改変	生息地の改変比率	0.42%	0.37%	0.12%	0.77%
			後流	改変の程度	後流による底質の変化の程度による			
		動物プランクトン	生息地の改変	生息地の改変比率	約 0.3%	約 0.3%	約 0.1%	約 0.3%
			衝突／後流	改変の程度	瀬戸の断面積に対して数%程度			
		魚卵・稚仔魚	生息地の改変	生息地の改変比率	約 0.3%	約 0.3%	約 0.1%	約 0.3%
			衝突／後流	改変の程度	瀬戸の断面積に対して数%程度			
	重要な種	グループ① (マダライルカ、サワラ等)	生息地の改変	生息地の改変比率	約 0.3%	約 0.3%	約 0.1%	約 0.3%
			衝突／後流	改変の程度	瀬戸の断面積に対して数%程度			
		グループ② (ヤナギムシガレイ、アコヤガイ等)	生息地の改変	生息地の改変比率	0.42%	0.37%	0.12%	0.77%
			衝突／後流	改変の程度	瀬戸の断面積に対して数%程度 後流による底質の変化の程度による			
	注目すべき生息地	藻場	生息地の改変	改変の程度	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
			後流	改変の程度	一部重なる 約 0.07km <sup>2</sup>	一部重なる 約 0.06km <sup>2</sup>	一部重なる 約 0.11km <sup>2</sup>	重ならない
		干潟	生息地の改変	改変の程度	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
			後流	改変の程度	重ならない			
	比較				海生動物の生息地に対して一定の影響が想定される。 事業実施想定区域による差はほとんど見られない。			

注：ハッチングは、事業実施想定区域を比較して値に差があるものを表す。

表 4-7-10 海生植物への影響の比較

項目				奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②	
海生植物	一般種	潮間帯植物	生育地の改変	改変の程度	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
			後流	改変の程度	後流による底質の変化の程度による			
		海藻草類	生育地の改変	改変の程度	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
			後流	改変の程度	後流による底質の変化の程度による			
		植物プランクトン	生育地の改変	生育地の改変比率	約 0.3%	約 0.3%	約 0.1%	約 0.3%
			衝突/後流	改変の程度	瀬戸の断面積に対して数%程度			
	重要な種	コアマモ	生育地の改変	生育地の改変比率	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
			後流	改変の程度	後流による底質の変化の程度による			
	藻場		生育地の改変	改変の程度	ケーブル敷設箇所近傍に影響			
			後流	改変の程度	一部重なる 約 0.07km <sup>2</sup>	一部重なる 約 0.06km <sup>2</sup>	一部重なる 約 0.11km <sup>2</sup>	重ならない
	比較				海生植物の生育地に対して一定の影響が想定される。			
					事業実施想定区域による差はほとんど見られない。			

注：ハッチングは、事業実施想定区域を比較して値に差があるものを表す。

表 4-7-11 漁業への影響の比較

項目		奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②
漁業	事業実施想定区域境界から最寄の区画漁業権までの距離	五区計第 1071 号 約 800m	五区計第 1067 号 約 1100m	五区計第 1504 号 約 1300m	五区計第 2516 号 約 2500m
	潮流発電影響域との重複	重複しない			
	評価	影響はほとんどない 事業実施想定区域による差はほとんど見られない			

注：ハッチングは、事業実施想定区域を比較して値に差があるものを表す。

表 4-7-12 魚介類蛸集効果への影響の比較

項目		奈留瀬戸①	奈留瀬戸②	田ノ浦瀬戸①	田ノ浦瀬戸②
魚介類 蛸集効果	施設が存在による影響	漁礁性の高い魚等の遊泳動物及び底生生物の蛸集が想定される。			
	施設の稼働による影響	底生性の魚等の遊泳動物及び底生生物には、衝突による影響が想定される。			
	評価	事業実施想定区域による差はほとんど見られない			

#### 4.8. 経済性評価

潮流発電に係る経済性評価は、海外の先行事例調査、市場規模推定、事業採算性の評価を行い、1MW 実証研究の事業費を明らかにすると共に、将来的に潮流発電が実用化された場合を想定し、検証を行う。

##### 4.8.1. 先行事例調査

###### (1) 英国動向

海洋エネルギー発電の分野で世界を牽引する位置付けにある英国は、2020 年までに潮流発電の導入見込を 167MW、波力発電の導入見込を 74MW としている<sup>4</sup>。それらの実現に向けて、潮流及び波力発電の 2020 年までの投資総額として、表 4-8-1 に示す通り、累計約 1,000 億円（£1bn=1,863 億円）を見込んでいる<sup>5</sup>。

表 4-8-1 英国における 2020 年までの再生可能エネルギーに関連する投資見通し

再生可能エネルギー	再生可能エネルギー投資 (2010-2013)	再生可能エネルギー投資 (2014-2020)
陸上風力	£7.6bn	£3.7-5.8bn
洋上風力	£6.9bn	£16.2-21.3bn
バイオマス	£6.3bn	£5.0-5.9bn
潮流及び波力	£0.1bn (約186億円)	£0.4-0.5bn (約745-932億円)
太陽光	£6.4bn	£11.9-13.0bn
水素	£0.2bn	£0.4-0.5bn
その他、再生可能エネルギー	£1.4bn	£2.2-2.4bn
合計	£28.9bn (約5.4兆円)	£40-50bn (約7.5-9.3兆円)

###### (2) 大規模発電事業

世界最大級の 398MW 潮流発電所 (MeyGen Project) のフェーズ 1a として、1.5MW×4 基の建設に係る世界初の投資意思決定(FID: Final Investment Decision)が 2014 年 9 月に成された<sup>6</sup>。その後、フェーズ 1 では、86MW の開発を行い、フェーズ 2 へと移行し、最終的に 398MW の開発を目指すものである (図 4-8-1)。

<sup>4</sup> Bloomberg(2014), Bloomberg New Energy Finance

<sup>5</sup> Energy Technology Innovation Showcase(2014), British Embassy Tokyo

<sup>6</sup> MeyGen ホームページ

<http://www.meygen.com/2014/09/51-million-meygen-financial-close-completed/>

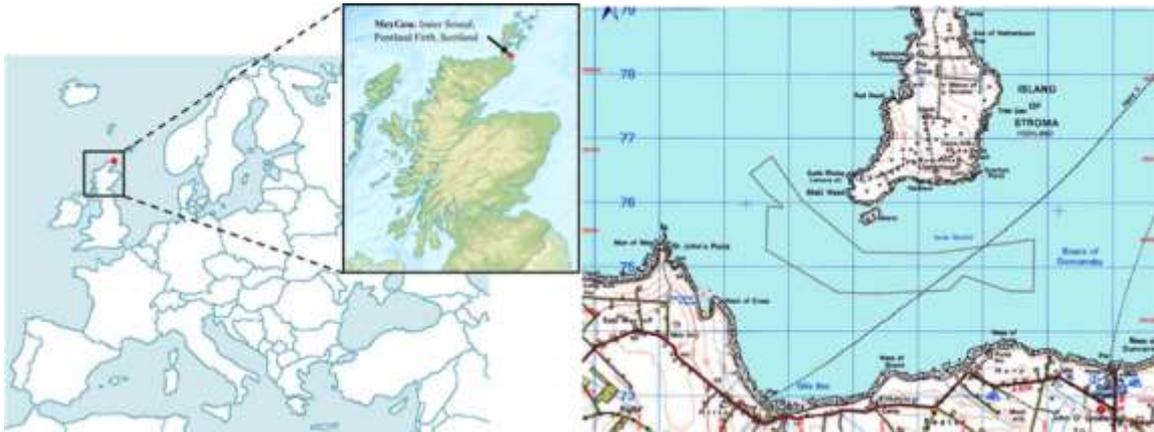


図 4-8-1 MeyGen Project のサイト情報

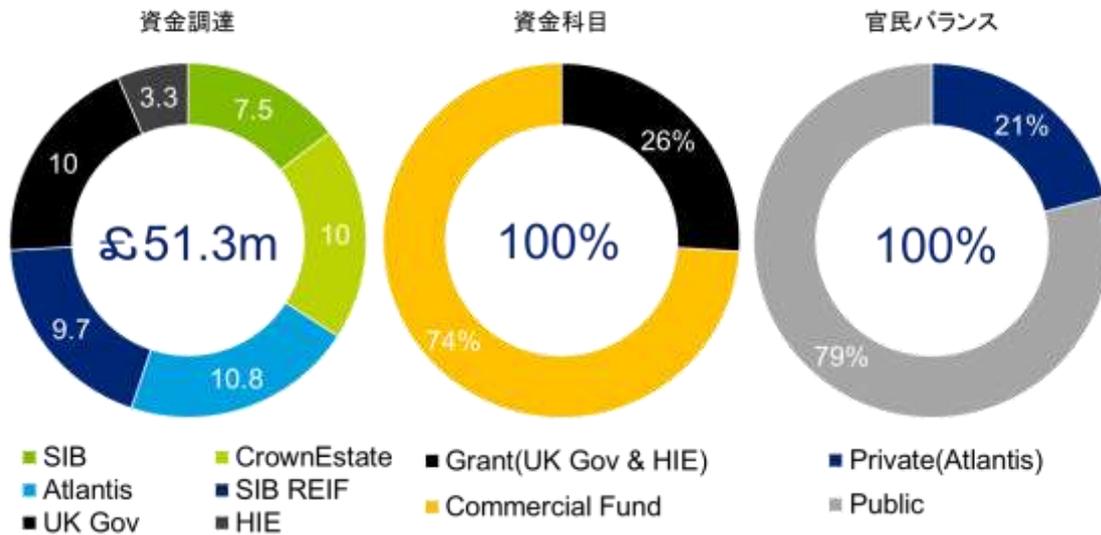


図 4-8-2 フェーズ 1a における投資額の内訳

フェーズ 1a の投資額は、約 95.6 億円（£1million=1.86 億円）であり、資金調達の内訳等は図 4-8-2 の通りである。そして、2015 年 7-9 月に掛けてケーブル及び基礎を施工し、タービンの据付及び試運転は 2015 年 3-10 月に掛けて実施する予定である。

### (3) 投資家の視点

海外の投資家が再生可能エネルギーへの投資を検討する際に、対象事業に要求する主要な項目は、以下の 7 つである<sup>7</sup>。

- ① 50 億円以上を目安とする効率的な開発規模
- ② 予測可能な O&M コスト
- ③ 実績を有する体制
- ④ 売電契約を有する信用力のある事業

<sup>7</sup> ICOE2014, Nawitka Capital Advisors Ltd.

- ⑤ 全工程を包含し、実績のある EPC 事業者
- ⑥ 信頼の高いメーカーによる性能保証

#### 4.8.2. 経済性評価アプローチ

上述の先行事例調査を踏まえ、潮流発電事業に関する経済性検証に関するアプローチについて、洋上風力や海洋エネルギー等の開発実績を有する欧州発電大手と意見交換を行い、図 4-8-3 の通り、整理した。

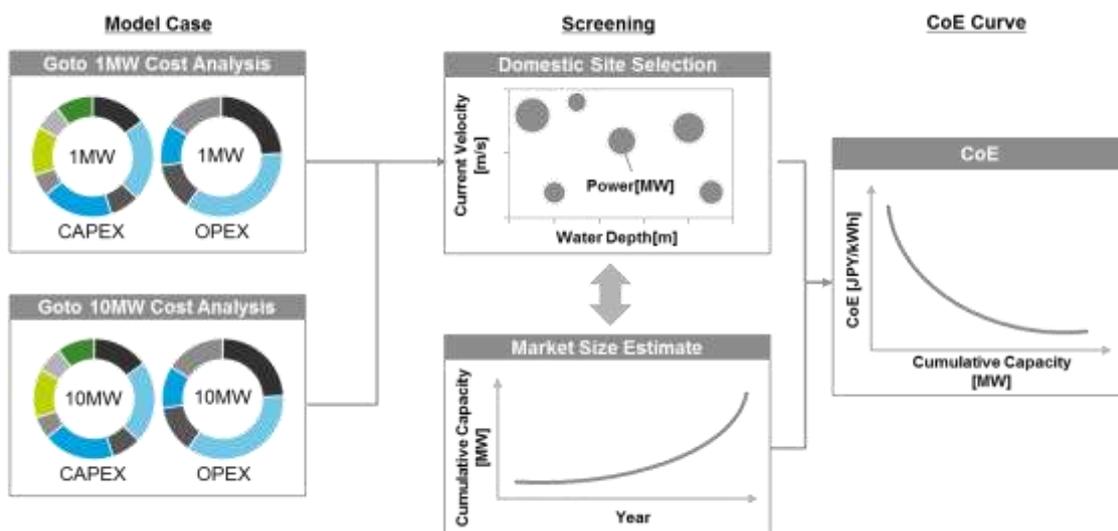


図 4-8-3 潮流発電の経済性評価アプローチ

##### ① モデルケース(Model Case)

R&D フェーズにある 1MW 潮流発電に関する事業費用を明らかにすると共に、世界的に商用化前段階として検討が進められている、10MW 発電事業に関する事業費を試算し、モデルケースとして費用を取り纏める。本委託業務では、実証候補海域において、1MW 及び 10MW の事業費をそれぞれ試算し、1MW の費用は実証研究費用の最適化、10MW の費用は将来的な商用化検討に向けた根拠データとする。

##### ② スクリーニング(Screening)

国内サイト条件を精査し、潮流発電装置が導入可能な市場規模を推定する。そして、その結果を踏まえ、市場の立ち上がりや市場の伸びをシナリオ分析し、市場規模推移を行う。本委託業務では、既存の海象データや潮流発電装置の設置条件等から国内の代表的な瀬戸を抽出し、各瀬戸において市場規模を推定し、国内における他の再生可能エネルギーの導入推移の実績値等を参照し、シナリオ分析を行い、潮流発電の市場規模推移を検証する。

### ③ 発電コスト曲線(CoE Curve)

①及び②の結果を踏まえ、国内市場規模の推移と発電コストの関係を明らかにする。その際、市場拡大に伴う、設備投資や隣接するサイト開発に関する学習効果等の考慮を行う必要がある。本委託業務では、技術的な発電コストの低減手法のみならず（定格出力の増大、タービン長大化、運転保守の効率化等）、ナセル工場投資や隣接するサイト開発によるスケールメリットや学習効果等も検討する。

#### 4.8.3. 市場規模推定

市場規模推定のアプローチとして、図 4-8-4 に示す通り、瀬戸等の候補海域に対し、流速や波浪等の海象データ及び水深や海底地質等の海底データに対し、設置する潮流発電装置の設置条件から示される設置海域を明らかにする。そして、潮流発電装置の設置台数から瀬戸毎の市場規模推定を行い、それらの総和から国内全体の市場規模を推定する。

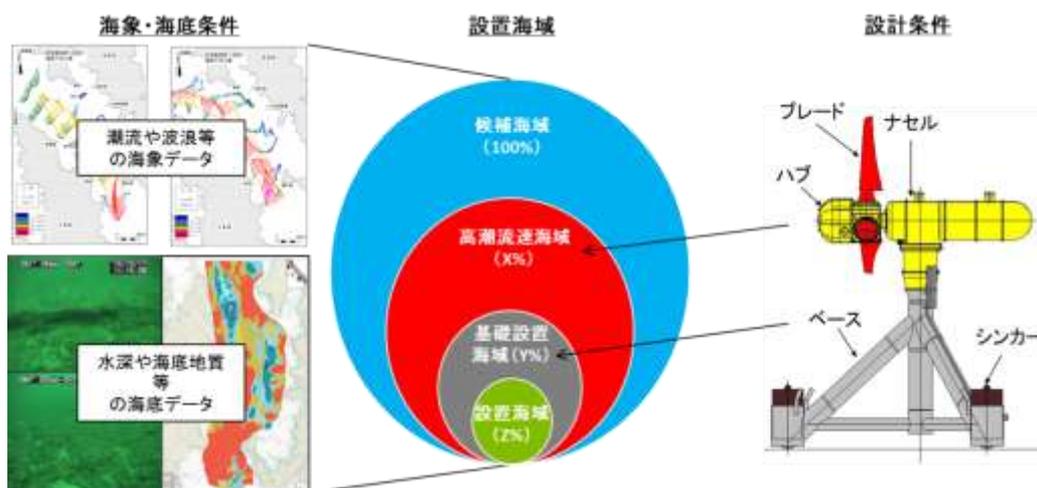


図 4-8-4 潮流発電装置の設置海域の絞込みのイメージ

国内全体の市場規模推定については、図 4-8-5 に示す通り、Step1 で瀬戸の絞込みを行い、Step2 で基礎設置可能台数を田ノ浦瀬戸や奈留瀬戸の実測値を基に試算すると共に、Step3 で潮流発電装置の設置台数の試算を行い、その総和を国内全体の市場規模とする。

特に Step2 については、各瀬戸の海象データや海底データの実測値の結果が極めて限られているため、田ノ浦瀬戸や奈留瀬戸の実測値の値を流用することを想定しているがこの点については、不確実性を多く有しているため、今後、各瀬戸の海象・海底データが取得された段階で見直しを行い、不確実性の改善を図る必要がある。また、Step1 のスクリーニングで対象とならなかった瀬戸についても、今後、設計条件の変更等で設置可能対象と成り得る可能性もある。そのため、本委託業務で推定する市場規模の推定結果については、潮流発電事業の開発初期段階で比較的、開発リスクの低い市場規模と言える。

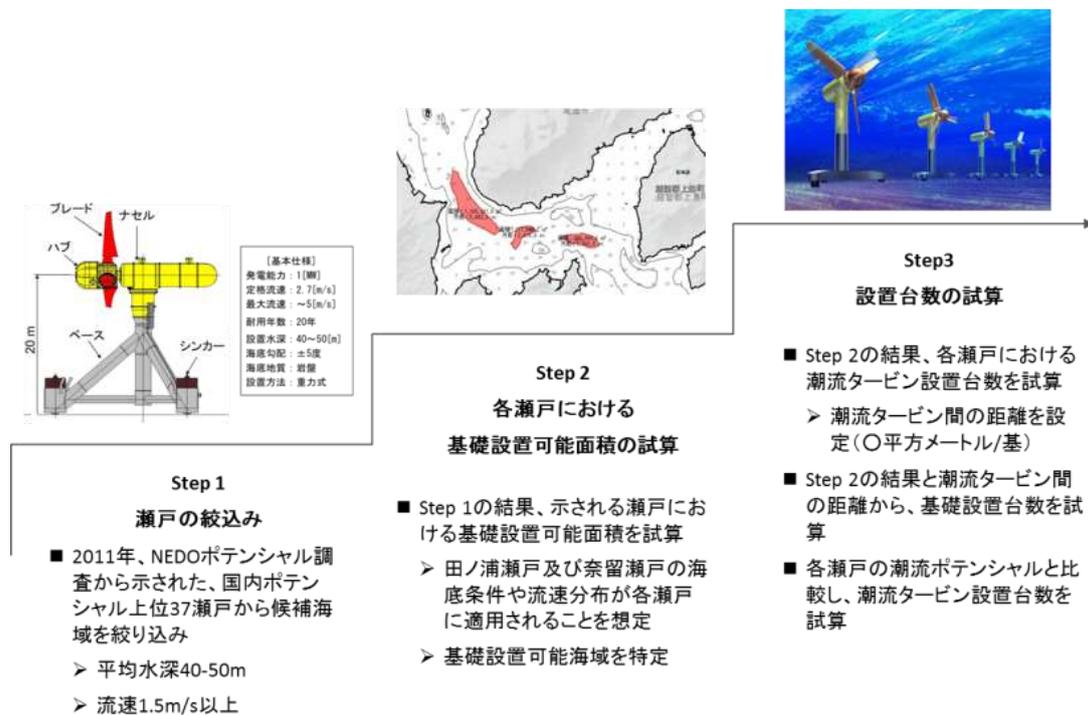


図 4-8-5 国内全体の市場規模推定のイメージ

#### 4.8.4. 事業採算性

潮流発電事業に要する費用を決定するために、既に固定価格買取制度の対象と成っている海洋再生可能エネルギーの一つである、洋上風力発電を参照し<sup>8</sup>、潮流発電事業のコスト構造を表 4-8-2 の通り整理を行った。1MW 及び 10MW の事業費については、表 4-8-2 のそれぞれを適用し、事業費を精査すると共に、1MW については、実証研究に要する費用をその他に計上し、事業総額等の検証を行う。

<sup>8</sup> 資源エネルギー庁 洋上風力の調達価格に係る研究会（2014年）  
<http://www.meti.go.jp/press/2013/01/20140107001/20140107001.html>

表 4-8-2 潮流発電事業の事業費内訳

大項目	中項目	小項目
資本金 (CAPEX)	① 調査費	① 流速や海底地盤、環境、系統連系
	② 設計費	② タービン、基礎、施工、電気設備
	③ 設備費	③ タービン、基礎、施工、電気設備
	④ 施工費	④ タービン、基礎、施工、電気設備、保険料
	⑤ 接続費	⑤ 電気設備
	⑥ その他	⑥ その他
運転維持費 (OPEX)	① 土地等賃借料	① 海域及び陸上利用
	② 修繕費	② 修繕・保守、大規模修繕
	③ 諸費	③ 安全管理
	④ 一般管理費	④ 行政申請、事務所経費
	⑤ 人件費	⑤ 電気主任技術者等の人件費
	⑥ 法人・固定資産税	⑥ 法人税、固定資産税
	⑦ その他	⑦ その他
撤去費	① 撤去費	① タービン、基礎、施工、電気設備

そして、最終的に発電コストを資本回収法により簡易計算<sup>9</sup>し、1MW 及び 10MW におけるそれぞれの試算を行うと共に、感度分析等を行い、事業採算性の評価を行う。

#### 4.8.5. 検討結果

##### (1) 将来的な発電コストの評価

上述の検討項目を踏まえ、世界的に商用化前段階の発電事業に位置付けられる 1MW×10 基による 10MW 発電事業を長崎県五島市沖において検討した。10MW 事業の事業費及び発電コストは、1MW 実証研究の検討項目を踏まえ、特に、事業に要する費用やリスクを十分に考慮した。想定される工期は 2 カ年であり、年間 5 基の潮流発電装置及び基礎をそれぞれ分割して施工する計画である。具体的には、波浪の穏やかな時期の潮止まりのタイミングを利用し、月 1 基施工する。また、10 基の潮流発電装置それぞれに水中コネクタが設置されており、海底ケーブルとナセルの着脱を可能とする仕様である。

評価の結果、1MW 実証研究における発電容量当たりのコストに比して、潮流発電装置の構成要素についてはコスト低減の可能性があるが見込まれること、潮流発電装置の設置、揚収、再設置等についても、施工工程の効率化によりコスト低減の可能性があるが見込まれること、一方で、重量構造物やケーブルなど重量あたりの単価が固定的であるものについては、コスト低減の可能性が限定的であること、調達先や施工手段が海外事業者である等の特殊な構成要素についてはコスト低減の可能性が乏しいこと等が確認された。

<sup>9</sup> 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 風力発電導入ガイドブック (2008)

## (2) 将来的に必要なとなる設備投資等の洗い出し

1MW 実証研究及び 10MW 発電事業の検討において、大規模な投資を必要とする前提は基本的には含んでいないが、船舶艀装や吊具の開発、試験装置やプロトタイプ機の試作等のコストは含んでいる。これらは、1MW や 10MW の事業開発のみに必要となる経費であり、発電コストを押し上げる主な要因となった。他方、英国の事例に示されているように、潮流発電の市場規模が近い将来、数百 MW 以上、見込まれる場合は、インフラ設備、製品や開発品等の有効利活用、サプライチェーンのスケールメリットが享受される可能性が高いことが示された<sup>10</sup>。一方、十分な市場規模が見出せない市場環境において、企業は設備投資を実施することはできないため、市場組成と共に必要な設備投資の割り出しが極めて重要になることが明らかになった。また、10MW 発電事業の事業費において、特にコスト低減が必要となる項目として、CAPEX の設備費及び施工費、OPEX の修繕費であることが明らかとなった。これらを踏まえ、将来的に必要なとなる設備投資等の洗い出し結果及びアプローチは、以下の通りである。

### <投資対象の洗い出し結果>

#### ・ CAPEX に対するもの

以下の(ア)~(ウ)までは、現行の環境省及び NEDO 事業で実施中である。(エ)~(オ)については、基本的に既存施設や設備を利用できると共に、他の用途による影響が支配的である。(カ)については、潮流発電特有の事項であり、詳細検討が必要な投資対象である。

(ア) 施工法に関する研究開発投資（船舶の艀装や吊具、施工計画等）

(イ) 発電装置に関する研究開発投資（ブレード、ナセル、基礎、付帯設備等）

(ウ) 電気設備に関する研究開発投資（水中コネクタ、布設ルート等）

(エ) 施工に際し利用する港湾の利便性向上に関するインフラ投資

(オ) 施工に際し必要となる船舶や起重機等の設備投資

(カ) ナセル製造を行う工場の設備投資

#### ・ OPEX に対するもの

以下の(ア)については、環境省事業で実証研究を行い検証する予定であるが、今後、潮流発電装置が想定する 20 年間のライフサイクルにおいて、継続的にモニタリング等が必要である。(イ)については、基本的に上述の CAPEX と同様の設備を利用する予定であるが、実海域で ROV 等を利用し修繕・保守を行う場合は、それらの考慮が必要となる。

(ア) 潮流発電装置の信頼性や修繕・保守効率の向上に関する研究開発投資（メンテナンス周期の向上や水中作業等）

<sup>10</sup> SI OCEAN(2013), Cost of Energy and Cost Reduction Opportunities

(イ) 修繕・保守に際し必要となる船舶や起重機等の設備投資

・ AEP に対するもの

以下の(ア)~(ウ)について、実証候補地周辺で絞り込み調査や研究機開発を環境省及びNEDO 事業で実施中である。(エ)については、実施中の事業の進捗を踏まえ、投資の実施可否の判断が必要である。

(ア) 国内潮流や海底地質・地層調査による有望海域の絞り込みを行う事業投資

(イ) 潮流シミュレーション技術の向上に関する研究開発投資

(ウ) 発電装置のブレードや発電機の大型化に関する研究開発投資

(エ) 大規模発電に向けた実現可能調査(FS)を行う事業投資

<投資分析のアプローチ>

上述の投資対象の洗い出し結果を踏まえ、今後、潮流発電の市場規模推定を継続すると共に、設備投資については特に、ナセル工場を中心とするサプライヤーにとって必要となる設備投資について詳細検討を行い、投資対効果を踏まえた、発電コストの低減を検討する。また、施工に際し、必要となる投資については、基本的に専用船を利用しない工法を採用し、コスト低減することを前提としているが、国内保有船舶の絶対量を踏まえ、市場規模推定の結果に対応するために必要となる、船舶や港湾インフラ整備等の追加投資の有無を明らかにする。これらを踏まえ、今後、投資分析を以下のアプローチで行う。

- ・ 市場規模推移を踏まえた、投資対象及び投資規模の洗い出し
- ・ 市場規模からシェア及び売上予想
- ・ 売上と原価等から利益率予想
- ・ 投資対効果を踏まえた発電コストの低減を検証

## 5. 概念設計

### 5.1. 概念設計の概要

潮流発電は、潮の流れを利用しエネルギーを回収する発電である。潮流は、太陽・月の引力と地球の公転により引き起こされる満潮・干潮ごとに規則的に1日4回または2回向きが変わるため、その流況を容易に把握できるエネルギー媒体である。よって、天候に左右されやすい太陽光や風力など他の自然エネルギーと比べ、非常に安定的であるため、潮流による発電量を予測しやすくなる。また、海水の密度は空気と比べて約800倍であるため、同じ出力を得るのに風力発電と比べて、装置を小型化できる特徴がある。

開発するデバイスは、厳しい潮流環境条件でも安定して発電できる海底据置式を採用する。海底での基礎工事・据付作業等の設置費用や海中に設置された発電装置を点検するために陸へ引揚げ等を行うため、メンテナンス費用が高コストとなるが、信頼性・経済性の高いシステムを両立するため、イニシャル・ランニングコストの低減を目指し、潮流発電装置の開発を行う。

潮流発電装置は、水中翼が取り付けられたロータ部、発電装置及びコントローラ盤を内蔵するナセル部、その支持部となるタービンベースで構成される。ロータで、潮流のエネルギーを回転エネルギーに変換し、さらに発電装置で発電エネルギーに変換する。発電装置は、他の補機類とともにナセルの管胴中に格納されており、水密構造となっている。発電した電気は、概ね電力変換装置（コンバータ）や変圧器などを介し、周波数や電圧が調整されて海底ケーブルにて陸側へ送電される。

発電容量は1MW、水中翼中心までの高さ20m、水中翼径18m、全体重量は約800tonと大型の装置となる。

防食対策については経済性を考慮し、ナセルとタービンベース部等部位ごとに異なる仕様を適用する。

[静止部] ナセル：普通鋼材＋重防食塗装  
タービンベース：普通鋼材＋防食塗装＋電気防食

[回転部] 普通鋼材＋電気防食

また、装置の海洋生物付着対策及び防汚対策についても以下のように適用する。

[水中翼] 水中翼表面への付着防止のために防汚塗料を塗布

[ナセル・タービンベース] 防食塗装のみ。

ナセルは定期点検のために、支持部（タービンベース）と分離できる機構となっており、着脱機構を有する。本機構を設けることで、発電装置を内蔵したナセルを支持部から切り離し、作業の簡略化、作業時間短縮が可能なシステムとしている。また、海底工事となる支持部工事の作業簡略化・コスト削減のため、固定用重り（シンカー）を用いた重力式を採用した。さらに、本潮流発電装置の経済性向上のために、風車発電部品を活用することで装置コストの低減を行う。潮流発電装置の構造を図5-1-1に示す。

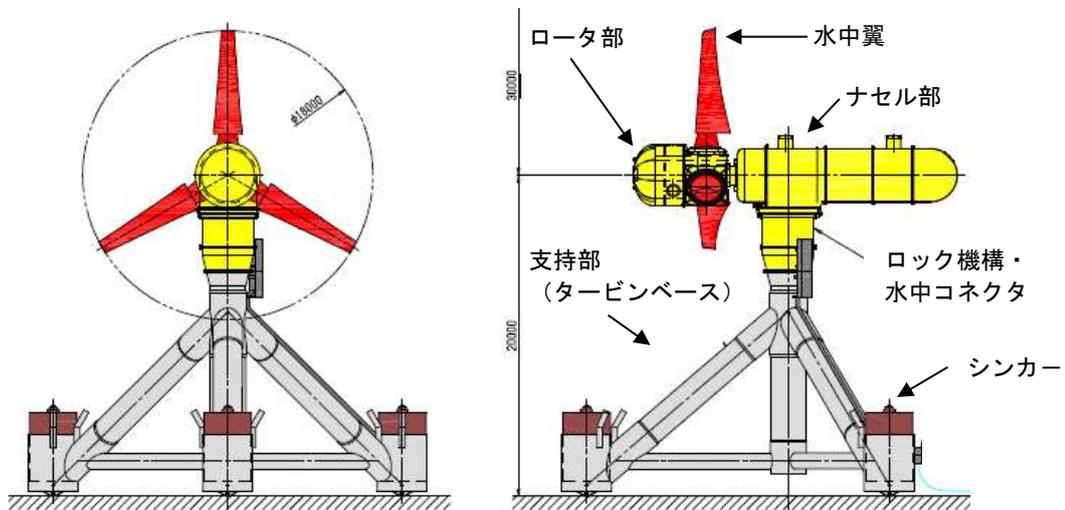


図 5-1-1 開発デバイス全体図

(1) 潮流発電装置の対環境性能

潮流発電装置の環境条件は、表 5-1-1 に示す条件を想定している。

表 5-1-1 想定する環境条件 (1/2)

項目		条件
気象		風速 最大値 : 22.1m/s 気温 最小値 : -14.8°C、最大値 : 18.7°C
海象	波	波 (波高) <sup>11)</sup> 1 年波 : 3.9m、 50 年波 : 5.2m
	潮流	潮流 (流速等) 日平均流速 : 2.4m/s、50 年周期流速 : 4.7m/s
	水位	水位 (潮位等) HSWL <sup>12)</sup> : 47m
	水温	6.5~13.2°C
	塩分濃度	約 3%
	海洋付着生物	性質 : ゴカイ等単独棲管虫類、 付着厚 : 10mm/年
	海水	考慮しない

<sup>11)</sup> 1 年波は年間最大波高、50 年波は 50 年の間に発生しうる最大波高を指す。

<sup>12)</sup> High Sea Water Level で朔望平均満潮面のこと。潮位で、朔及び望の日から 5 日以内に現れる各月の最高潮位を平均した水位をいう。

表 5-1-1 想定する環境条件 (2/2)

項目		条件
地震・津波	地震動	水平地震動：0.0、鉛直地震動：0.0
	津波	考慮しない
その他	寒冷地	積雪：考慮しない
	海底	土質：硬質岩盤

(2) 潮流発電装置の設計条件

表 5-1-1 に想定する環境条件より、潮流発電装置の設計条件を以下とした。

[設置（環境）条件]

- ・ 流速：～5.0m/s
- ・ 設置水深：30～50m
- ・ 離岸距離：3km 以内
- ・ 設置予定地海底勾配：±5deg
- ・ 海底地質：岩盤

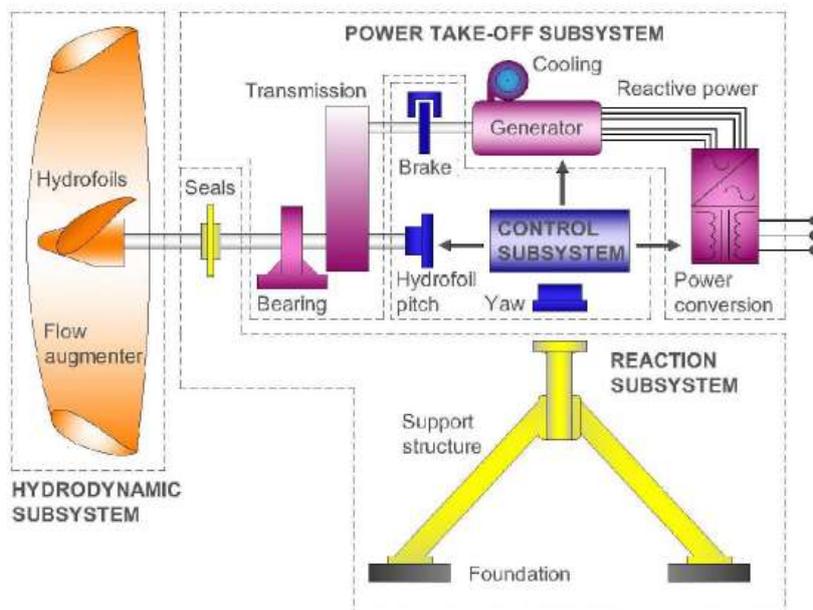
[基本設計条件]

- ・ 発電能力：1MW（発電機出口出力）
- ・ 定格流速：2.7m/s
- ・ 限界流速：5.0m/s
- ・ カットイン流速（発電開始流速）：0.9m/s
- ・ カットアウト流速（発電停止流速）：4.0m/s
- ・ 設計耐用年数：20 年
- ・ 設備利用率：40%
- ・ 設計温度（ハブ・ナセル内）：常時 4～40℃、最高 65℃
- ・ 付属設備
  - ✓ 可変ピッチ機構：定格流速からカットアウト流速まで、出力一定とする。
  - ✓ 流向変化追従機構：流向の変化にナセルの向きを追従（ヨーシステム制御）という）させる。
  - ✓ 潤滑システム：設置環境を考慮し、油を極力使わず、海中に漏れない潤滑機構を採用する（漏れても環境への影響の少ない生分解性油の使用）。
  - ✓ 非常停止装置：制御システムとは独立に、非常停止可能（外部非常停止ボタン）とする。
- ・ その他
  - ✓ 制御システム：制御システムでは、以下の機能・制御を行う。
    - ◆運転制御

- ・ 起動（自動カットイン）・・・回転数検知
  - ・ カットイン～定格流速・・・トルク制御（ピッチ角）固定
  - ・ 定格流速～カットアウト流速・・・ピッチ角度制御（回転数固定）
  - ・ 停止（カットアウト流速）・・・ピッチ角操作
  - ・ カットアウト流速→復帰・・・ピッチ角操作
- ◆非常停止制御・・・緊急停止
- ✓ 安全システム：設備の正常な運転が困難になった場合においても、安全な状態を確実に継続出来るように制御するシステムを搭載する。

## 5.2. 潮流発電システムの選定

潮流発電装置を機能の観点からサブシステムに分解し、その構成・仕様を記述する。潮流発電装置では、基本となる「流体動力系サブシステム」、「電力取出系サブシステム」、「制御系サブシステム」、「係留・着床系サブシステム」の4つのサブシステムに加えて、その他システムとして「嵌合システム」、「水中コネクタサブシステム」に分解される。図5-2-1に潮流発電装置を構成する4つのサブシステムとサブシステムの構成要素を示す。



サブシステム		構成要素
流体動力系サブシステム (Hydrodynamic Subsystem)		水中翼(Hydrofoils) 翼旋回装置(Pitch System)
電力取出系サブシステム (Power Take-Off Subsystem)		軸受装置(Bearing) 変換装置(Transmission) 発電装置(Generator) 電力変換装置(Power Conversion) 冷却装置(Cooling)
制御系サブシステム (Control Subsystem)		動力制御装置 発電制御装置 電力変換制御装置
係留・着床系サブシステム (Reaction Subsystem)		支持構造(Support Structure) 基礎・バラスト(Foundation・Ballast)
その他 サブシステム	ナセル・支持構造 嵌合システム	ロック機構 ヨーガイド
	水中コネクタ サブシステム	水中コネクタ
		水中コネクタ着脱装置

図 5-2-1 デバイスを構成する 4 つのサブシステムとサブシステムの構成要素

### (1) 流動動力系サブシステム

流体動力系サブシステムの構成要素を、表 5-2-1 に示す。

水中翼は、潮流からエネルギーを取り出す機能を持つと同時に、翼旋回装置と合わせてロータの回転を抑制するためのブレーキとしての機能を持つ。そのため、破損が無いように、水中翼には想定される環境条件に対して十分な強度を持たなくてはならない。

なお、翼に取り付けられる流れの増幅装置は、一般的には翼外周を覆う形状のものが採用されている。しかし、このような巨大な構造物を水中に設置すると流体抵抗が大きくな

るため、基礎構造の大型化などが危惧され、新しく開発が必要となる。今回の潮流発電システムでは開発時間の問題から、流れの増幅装置は採用しないこととした。

翼旋回装置は、翼旋回角度すなわち水中翼の向き（ピッチ角）を変えるための装置であり、翼ごとに個別に搭載されている。発電運転中において、定格流速以上の場合に出力制御するために使われ、ピッチ角を発電効率が最大となる角度（「ファインピッチ角度」と呼ぶ）に移行し発電を開始する。流速が定格流速以上になった場合や潮流発電システムに故障が発生した場合は、ピッチ角を退避角度（「フェザリング角度」と呼ぶ）へ調整し、翼回転を待機もしくは回転を止めるブレーキ機能も兼ねている。また、停電時でも翼旋回装置が動作可能なように、制御する制御盤・ドライブ装置は、蓄電池による非常用電源を搭載している。

表 5-2-1 流体動力系サブシステムの構成要素

サブシステム	構成要素
流体動力系サブシステム	① 水中翼 (Hydrofoils)
	② 翼旋回装置 (Pitch system)

流体動力系サブシステムの各構成要素に関する仕様を、以下に示す。

① 水中翼

水中翼の仕様を表 5-2-2 に、水中翼形状詳細を図 5-2-2 に示す。水中翼材質は、CFRP 及び GFRP による複合材構造とした。翼素運動量理論と翼端渦補正による流体力学設計を行った翼形状に対して、構造強度上の制約を考慮した形状修正を行い、水中翼形状を設定した。水中翼はブレーキとしての役割も担うため、破損や折損してはならない。水中翼に負荷される最大の曲げ荷重は、機器故障時に発生する。水中翼の強度設計では、ガイドライン「GL<sup>13)</sup> Guideline for the Certification of Ocean Energy Converter Part:1 Ocean Current Turbines」にて参照されているガイドライン「GL2005 Offshore wind turbine」に記載されている、荷重に対する安全率 1.35 を考慮して耐荷重性能を決定した。

表 5-2-2 水中翼仕様

項目	仕様
水中翼長さ	7.5m (ロータ直径 18m)
設計寿命	20 年
材質	CFRP 及び GFRP
設計水深	30±9m

<sup>13)</sup> Germanischer Lloyd の略でドイツの船級協会であり、船舶をはじめ石油プラットフォームや海洋構造物などを対象とする第三者認証機関。現在は、2013年9月にノルウェーの船級協会 DNV (Det Norske Veritas) と合併し、DNV-GL グループを構成する。

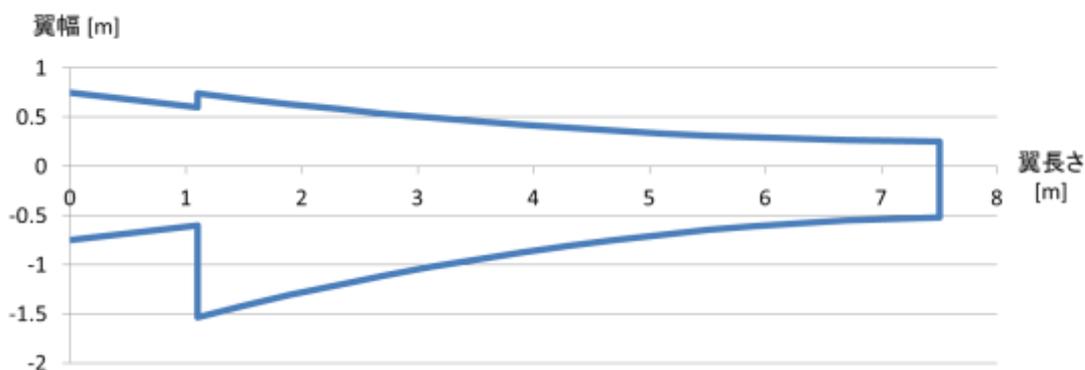


図 5-2-2 水中翼形状詳細

## ② 翼旋回装置

翼旋回装置の仕様を、表 5-2-3 に示す。

表 5-2-3 翼旋回装置仕様

項目	仕様
形式	個別制御 (Individual pitch control)
ドライブ装置形式	電動モータドライブ
ドライブ数	3 個 (翼ごとに 1 個)
モータ定格出力	7.5kW
制御盤数	3 個
センサ	退避角度リミットスイッチ (翼ごとに 1 個) 発電角度リミットスイッチ (翼ごとに 1 個) 翼角度エンコーダ (翼ごとに 1 個)
非常用電源	蓄電池 (制御盤内設置)
非常時動作	非常用電源を使い、水中翼を退避角度 (フェザリング角度) まで旋回させる。

## (3) 電力取出系サブシステム

電力取出系サブシステムの構成要素を、表 5-2-4 に示す。

- ① 軸受装置は、ロータ回転軸のトルクを伝えると同時にロータから入る軸方向荷重を支える機能を持つ。また、設計耐用年数と同じ 20 年を想定しているため、装置の交換は想定せず、本環境条件に対して耐えられる寿命を有する 2 軸受式 (軸受 2 個による 2 点支持) を採用した。
- ② 変換装置は増速機を指し、ロータの回転を変速して発電装置へと伝達するための機能を持つ。本装置も交換を想定しないため、想定される環境条件に対して 20 年間耐えられる寿命を有する変換装置を採用した。

- ③ 発電装置は、回転エネルギーを電力に変換する機能を持つ。本装置も、交換を想定しないため、想定される環境条件に対して 20 年間耐えられる寿命を有する永久磁石同期発電機を採用した。
- ④ 電力変換装置はコンバータを指し、発電装置から出力された電力を一定周波数に変換する機能を持つ。自然環境では、出力変動があるため発電装置の定格出力以上の能力を有する電力変換装置を採用した。
- ⑤ 冷却装置は、変換装置及び電力変換装置の損失で発生した熱を外部に排出する機能を持つ。よって、発生熱量に対する十分な容量を持つ冷却装置を採用した。

表 5-2-4 電力取出系サブシステムの構成要素

サブシステム	構成要素
電力取出系サブシステム (Power Take-off Subsystem)	① 軸受装置 (Main bearing)
	② 変換装置 (Transmission)
	③ 発電装置 (Generator)
	④ 電力変換装置 (Power conversion)
	⑤ 冷却装置 (Cooling)

電力取出系サブシステムの各構成要素に関する仕様を、以降に示す。

① 軸受装置

軸受装置の仕様を、表 5-2-5 に示す。

表 5-2-5 軸受装置仕様

項目	仕様
支持形式	2 軸受式
1 段目軸受形式	背面合わせ円錐ころ軸受
2 段目軸受形式	円筒ころ軸受

② 変換装置

変換装置の仕様を、表 5-2-6 に示す。

表 5-2-6 変換装置仕様

項目	仕様
形式	遊星歯車 1 段 + 平行歯車 2 段
入力回転数/出力回転数	15rpm/ 1500rpm

③ 発電装置

発電装置の仕様を、表 5-2-7 に示す。

表 5-2-7 発電装置仕様

項目	仕様
形式	永久磁石同期発電機
定格出力	1,100kW
保護等級	IP54
絶縁	F 種

④ 電力変換装置

電力変換装置の仕様を、表 5-2-8 に示す。

表 5-2-8 電力変換装置仕様

項目	仕様
定格出力	1,500kW
保護等級	IP54

⑤ 冷却装置

冷却装置の仕様を表 5-2-9 に、冷却装置の概略図を図 5-2-3 に示す。

表 5-2-9 冷却装置仕様

項目	仕様
冷媒	海水
熱交換部材質	チタン

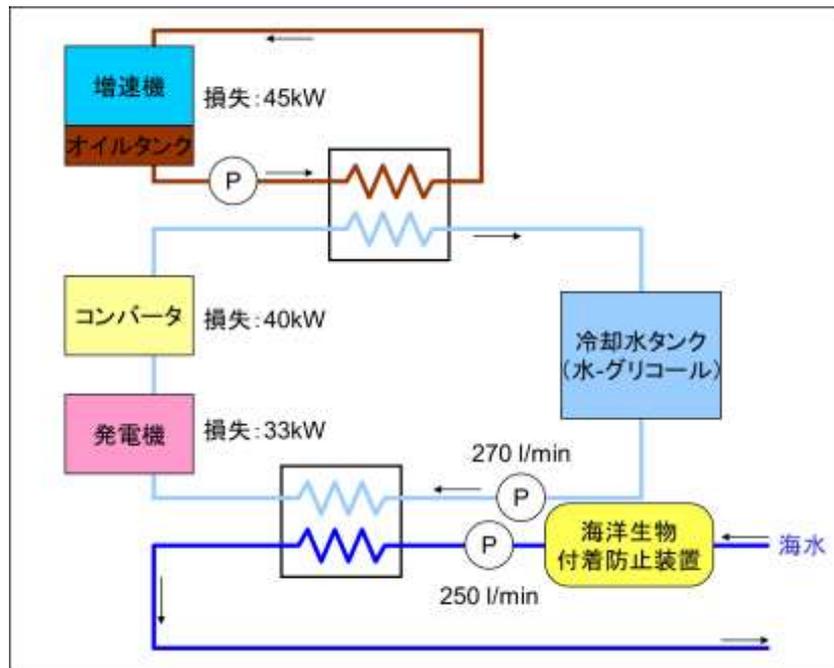


図 5-2-3 冷却装置概略図

#### (4) 制御系サブシステム

潮流発電装置の挙動を制御する制御系サブシステムの構成要素を、表5-2-10に示す。制御系サブシステムは、大きくは次の3つの主要構成要素に分類され、それぞれ制御項目をもって基本的制御を行う。

- ① 動力制御装置は、最大効率の発電を行うための主要動力機器類の制御を行う。
- ② 発電制御装置は、発電を安全・安定に行うための各種監視を行い、装置全体に必要な基本的な制御を行う。
- ③ 電力変換制御装置は、取り出した電力を安全に系統に送り出すための制御を行う。

表 5-2-10 制御系サブシステムの構成要素

サブシステム	主要構成要素	制御項目
制御系サブシステム (Control Subsystem)	① 動力制御装置	I 翼旋回装置制御 II ヨーシステム制御 III ロータブレーキ制御
	② 発電制御装置	I 冷却システム制御 II 排水システム制御
	③ 電力変換制御装置	I 電力変換制御

制御系サブシステムの各構成要素に関する仕様を、以下に示す。

① 動力制御装置

I. 翼旋回装置制御

潮流速度に応じ、システムへのトルク負荷の影響を抑えるため、翼旋回角度（ピッチ角度）の制御を行う。図 5-2-4 に、翼旋回角度（ピッチ角度）制御の状態概要を示す。

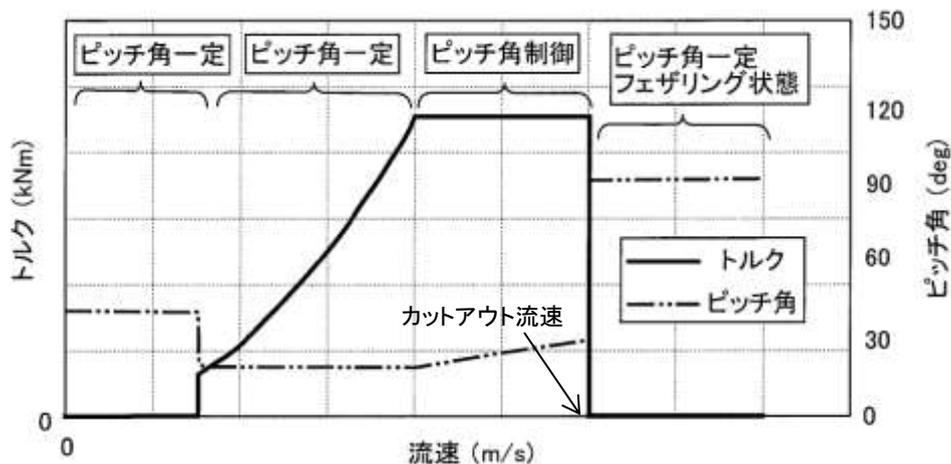


図 5-2-4 翼旋回角度（ピッチ角度）制御の状態概要

II. ヨーシステム制御

一日に 4 回方向が反転する潮流に合わせ、ロータの向きを反転させる制御を行う。また、通常発電時、微小に変化する潮流の向きに合わせ、より高い発電出力が得られるようロータの向きも微調整する。前者は基本的に潮流速度が最も小さい時に行い、後者は潮流がある状態で行われる。図 5-2-5 に、ヨーシステム制御の概要図を示す。

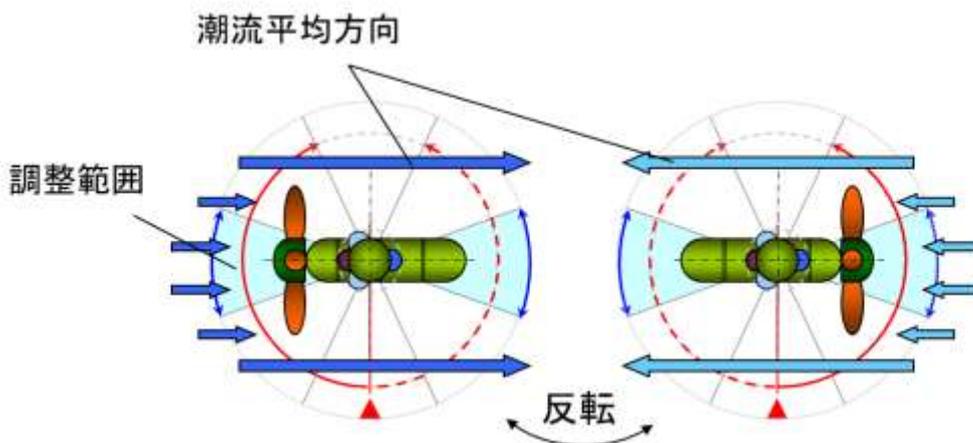


図 5-2-5 ヨーシステム制御概要図

### III. ロータブレーキ制御

ロータブレーキは、ロータの回転をディスクブレーキにて強制的に停止させるための機構であるが、潮流があってもロータ回転が最低となるような回転抑制制御は先の翼旋回装置制御により行われるため、ロータブレーキは通常運転時の停止では動作させず、緊急停止時にのみ作動させる。電力が失われる緊急事態も想定されるため、ブレーキ動作は油圧により行われ、他の機器が正常に動作している条件下では、常にブレーキが開となるような状態を維持する。

#### ② 発電制御装置

##### I. 冷却システム制御

熱を発生する機器類を保護するための冷却系の制御を行う。冷却は、冷却媒体（清水・海水・潤滑油）により行い、発生した熱は最終的に取り込んだ海水に与え、再び海中に戻すことで行う。通常運転時は、これら媒体が滞りなく流れるよう流量・圧力・温度の常時監視を行うが、これら媒体が運転停止時に冷え過ぎとならないようなヒータ制御や、そのための配管ラインのバイパス制御なども行う。

##### II. 排水システム制御

ナセル内に発生した水の排水を行う。排水対象となる水は、ナセル内壁面などに発生が懸念される結露水滴や、事故や故障により水密シール部から漏れ入った場合の海水などである。これら漏水はタービントワー底部にあるビルジタンクと呼ばれる貯留部に集められ、ある水量に達した場合、ポンプにより排水動作を行う。また、排水動作が正常に行われるよう、タービントワー内に設けたテストループにより定期的なポンプ動作試験の制御も行う。

#### ③ 電力変換制御装置

##### I. 電力変換制御

電力変換に係る制御は、通常の風力発電と同様、電力変換装置（コンバータ）による自動制御が行われる。

#### (5) 係留・着床系サブシステム

潮流発電装置の係留・着床系サブシステムの構成要素を、表 5-2-11 に示す。係留・着床系サブシステムの構成要素を、表 5-2-12 に示す。本研究の潮流発電システムは海底設置方式のため、係留装置は存在しない。海底設置方式の基礎については、大きく分けて杭打ち方式と重力方式がある。杭打ち方式では杭、重力方式ではバラスト（重石）によりそれぞれ海底面と固定する。

表 5-2-11 係留・着床系サブシステムの構成要素

サブシステム	構成要素
係留・着床系サブシステム (Reaction Subsystem)	① 支持構造(Support Structure)
	② 基礎・バラスト(Foundation・Ballast)

係留・着床系サブシステムの仕様を、表 5-2-12 に示す。

表 5-2-12 係留・着床系サブシステムの仕様

項目	仕様
支持構造形式	3 本脚タワー
基礎形式	重力式

① 支持構造形式の検討

支持構造の形式として、モノタワー・ブレース付きモノタワー・3 本脚タワーの 3 種類を検討した。図 5-2-6 に各形式の簡易的なモデルを示す。

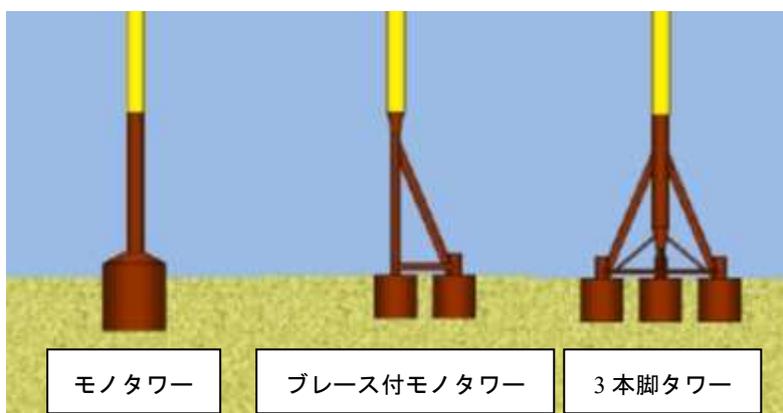


図 5-2-6 支持構造の形式

モノタワーは構造が単純であり、製造工程が簡素化できコストを削減できると考えられる。しかし、圧延鋼板の厚さには限りがあり、100mm を超えるものを調達するのは困難である。また、土台との接続が一本のパイプのみとなり、応力が増加しやすい構造でもある。ブレース付きモノタワーはブレースと呼ばれる筒構造で、モノタワーを補強したものである。モノタワーを補強することで応力を分散し、使用する圧延鋼板の肉厚を減らすことができる。3 本脚タワーはモノタワーと比較し、各部のサイズを小さくすることができ軽量化が可能となる。今回の研究では、発電装置の出力、設置場所の水深、設置環境条件を考慮し、十分な強度を得るために 3 本脚タワーを用いることとした。

## ② 基礎形式

基礎形式として、杭打ち方式・重力方式の2方式の検討を実施した。杭打ち方式は、水中油圧ハンマーで基礎杭を海底に打ち込み、堅固な基礎を構築する。設置した基礎杭と支持構造を嵌合し、グラウトを注入して固定する。支持構造物には基礎杭まで突き抜けた脚がついており、構造物の重量は構造物の脚に溶接したフランジに掛かるようになっている。フランジは、基礎杭頭頂部水平度のずれを補正するよう位置調節を実施する。これにより、時間を要する据付レベル調整の必要がなく、完全な水平出しを効果的に達成できる。さらに、海底の傾斜部にも耐えるという利点もある。必要に応じ基礎杭頭頂部は、最大10m海底から高くすることができる。図5-2-7に杭打ち方式の模式図を示す。

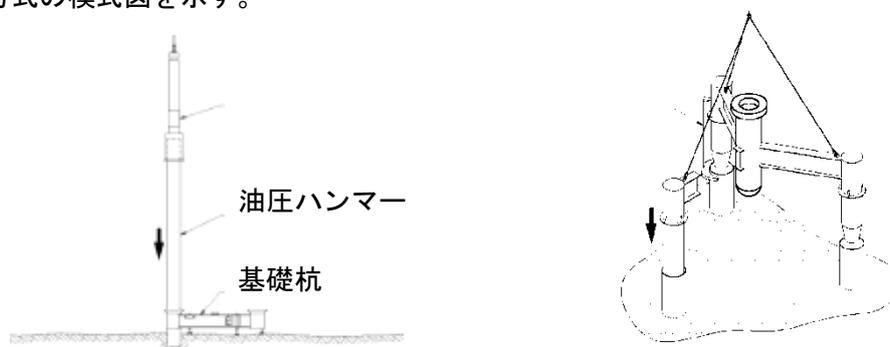


図 5-2-7 杭打ち方式

重力方式は、支持構造を海底に設置後、支持構造の上にバラストと呼ばれる重石を設置する。このバラストと支持構造の重量が海底面との摩擦力を増大させ、海底面との設置を確かなものにする。図5-2-8に重力方式の模式図を示す。

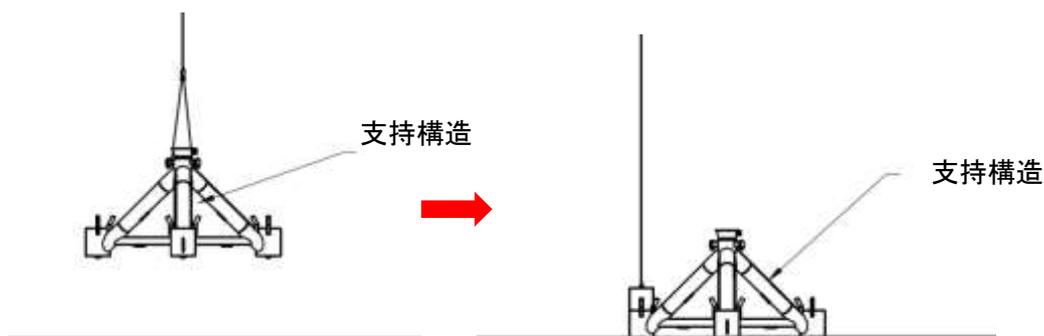


図 5-2-8 重力方式

重力方式基礎は、基礎部重量が大きくなるため、基礎部を設置の際に大型のクレーン船が必要となり備船費が高くなる懸念がある。しかし、杭打ち方式と比べて設置作業として杭打ちが不要によるコスト削減効果の方が期待でき、また設置作業自体も容易である。一方、杭打ち方式基礎は、基礎部重量を軽減できる可能性があるものの、

杭打ち作業を含む海洋工事期間が長期化する可能性がある。よって、本研究で想定している設置海底面の斜度・摩擦係数・地耐力を考慮した結果、重力方式を用いることとした。本潮流発電装置の支持構造の概形図を、図 5-2-9 に示す。

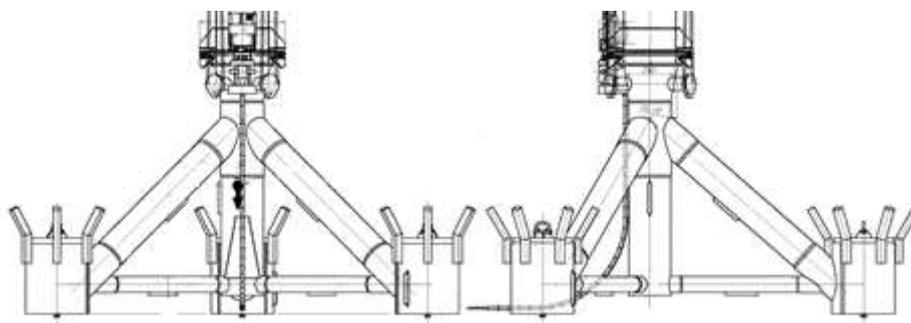


図 5-2-9 支持構造概形図

### ③ タービンベース海底面形状

重力方式基礎は海底面の斜度・摩擦係数により、支持構造を固定するための摩擦力が影響を受ける。そのため、重力方式基礎を採用する場合は、設置場所の調査が重要となる。また、海底面が平坦ではなく隆起している場合には、支持構造と海底面の接触が均一でない可能性がある。接触が局所的になった場合、摩擦力の低下が懸念される。このため接触部を突起形状にすることで、先端の突起部が海底面岩盤に食い込み、摩擦力を確保することができる。突起部は、図 5-2-10 に示す形状になっており、先端部の接触面に作用する構造体水中重量による設置面圧は、想定している設置海底面の岩盤強度は十分大きく、設計した突起形であれば確実に岩盤に食い込み摩擦力を向上することができる。また、突起部が完全に岩盤に埋まった場合には、接触面の圧力は岩盤強度以下であることから、支持構造全体は岩盤に埋没しない。さらに想定している最大スラスト力を受けた場合、突起部にかかるせん断力は、材料強度的に十分許容できる数値であることを確認した。

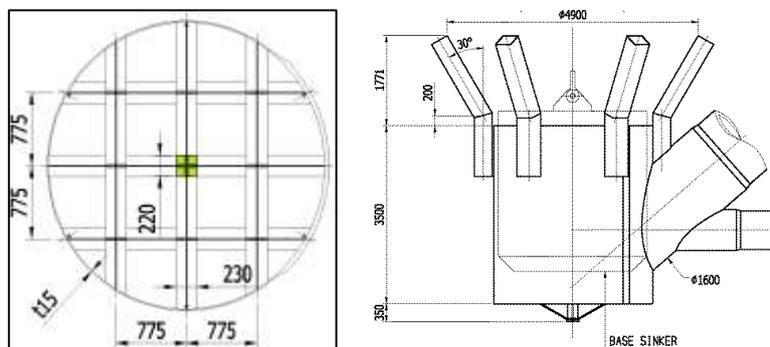


図 5-2-10 支持構造海底面先端部突起形状

④ 装置吊構造

発電装置の設置、ナセルのメンテナンス時には装置を作業船から吊り下げ所定の場所に設置することとなる。その際に、イニシャルコストの低減のために設置・撤去時はナセルとベースを接続した状態で実施し、メンテナンスの時はナセル部のみを分離し引揚げ／降下させる方式を採用している。図 5-2-11 に概略図を示す。

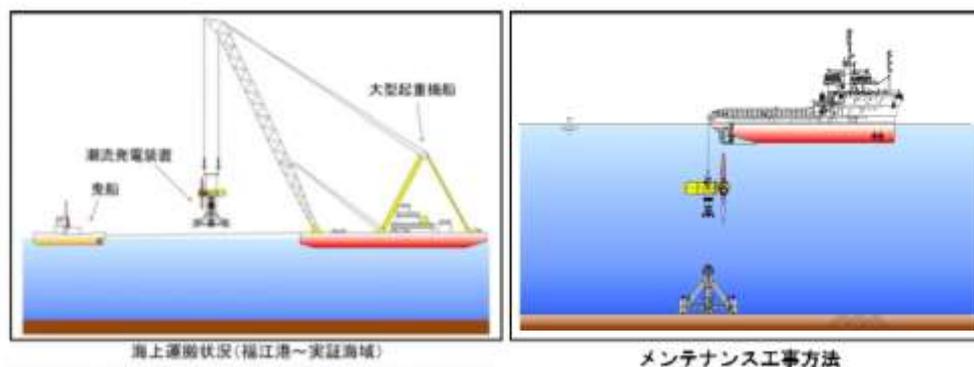


図 5-2-11 イニシャル・ランニングコストの低減案の概略図

(6) その他のサブシステム

潮流発電システムのメンテナンス時には、ナセル部を支持構造から切り離して水面まで浮上させ持ち帰り、陸上でのメンテナンス終了後には、海上まで輸送し、ナセル部を水面から降下させて支持部に再び連結・嵌合する必要がある。このため、ナセル部と支持部とを安全・正確に連結・分離できるナセル・支持構造嵌合システムが必要である。その他、メンテナンス時には、陸上と潮流発電装置をつなぐケーブルを着脱するための水中コネクタが必要となる。

① ナセル・支持構造嵌合システム

ナセル・支持構造嵌合システムの構成を表 5-2-13 に、仕様を表 5-2-14 に示す。

表 5-2-13 ナセル・支持構造嵌合システムの構成要素

サブシステム	構成要素
ナセル・支持構造嵌合システム	I ロック機構
	II ヨーガイド

表 5-2-14 ナセル・支持構造嵌合システムの仕様

項目	仕様
I ロック機構	ナセル部（タービンタワー）下端と支持部上端との連結をロックする機構。ロックを解除すれば、ナセル部と支持部とは分離されてナセル部の浮上が可能となる。 ナセル部下端に設置されたフック部を、支持部上端に設置されたフック固定部に油圧を用いてロックする。
II ヨーガイド	嵌合開始時（ナセル部下端が支持部上端に接し始める時）にヨー角が所定の角度からずれていたとしても、そのずれ角度が $\pm 30\text{deg}$ 以内であれば、ナセル部の降下につれてヨー角を所定角度位置にスライドさせながら導いていくガイド。ナセル部下端内側にガイドの凸部・支持部外側にガイドの凹部が設置される。

② 水中コネクタサブシステム

水中コネクタサブシステムの構成要素を、表 5-2-15 に示す。水中コネクタサブシステムは、次の 2 つの主要構成要素に分類される。

I. 水中コネクタ

ナセル内のケーブルと海中でのケーブルは、コネクタを介して海水中での着脱を可能とした装置である。海底に設置された潮流発電システムは、メンテナンス作業の際に海中にてケーブルを分離するためのコネクタが必要となる。

II. 水中コネクタ着脱装置

水中コネクタを海中で着脱するための補助装置。海中での着脱作業は、潮止まりの限られた時間内に完遂させる必要があり、嵌合動作によって自動的に位置補正され、確実に嵌合できる仕組みが必要となる。

表 5-2-15 水中コネクタサブシステムの構成要素

サブシステム	主要構成要素
水中コネクタサブシステム (Wet-mate Connector Subsystem)	I 水中コネクタ
	II 水中コネクタ着脱装置

水中コネクタサブシステムの各構成要素に関する仕様を表 5-2-16、表 5-2-17 に示す。

I. 水中コネクタ

表 5-2-16 水中コネクタ仕様

項目	仕様
方式	油充填、圧力バランス、ソケット接触式
構成	プラグ - レセプタクルセット
芯数	4
最大電圧(対地/相間)	3.3kV / 5.7kV
最大電流	200A
耐用年数/設計着脱数	20 年以上/100 回以上
耐圧	5at 以上

II. 水中コネクタ着脱装置

表 5-2-17 水中コネクタ着脱装置仕様

項目	仕様
方式	スタブプレート油圧駆動
構成	下部固定プレート、上部浮動プレート 油圧駆動アクチュエータ、 ガイドピン、緊急時取り外しピン
接続後	浮動プレートにより接続後の強制力を吸収

## (7) 電気設備等

海底に設置した潮流発電機により発電された電力を電力系統に接続することを前提に考える。主な構成要素としては、電力ケーブル（海底ケーブル：潮流発電機～陸上変電設備、陸上ケーブル：陸上変電設備～電力系統連系点）、水中コネクタ及び陸上変電設備である。これに基づいて検討した概略図を図 5-2-12 に示す。

### ① 陸上変電設備

底ケーブル陸揚げ地点及び電力系統連系点近傍であること。

### ② 海底ケーブル

工時ならびに発電機運転時に安定的に電力を送るためのルートを確認すること。

### ③ 水中コネクタ

電機を安全かつ効率的に設置するとともに、ナセルのメンテナンスに配慮するなど必要な個数設置を検討。

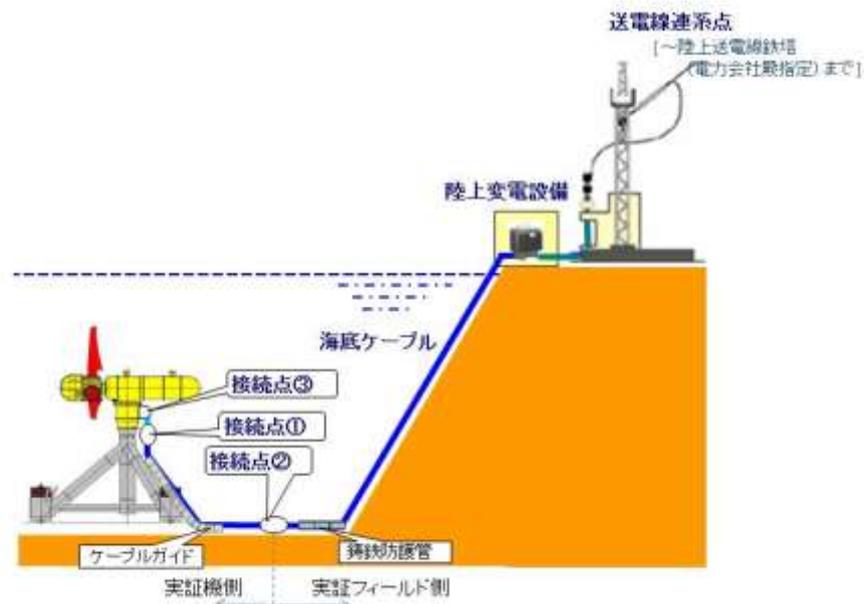


図 5-2-12 電力システムシステム構成例（概要）

### 5.3. 概略設備設計

#### (1) 発電装置

実証試験装置は前記開発中の発電装置にて試験計画する。実証試験候補地での設置条件を以下にまとめる。

##### [設置条件]

- 最大流速：3.0m/s
- 設置水深：40-50m
- 離岸距離：3km 以内
- 設置予定地海底勾配：±5deg 以内
- 海底地質：岩盤

実証試験装置の設計は、以下のように、標準の設計を踏襲する。

##### [設計条件]

- 発電能力：1MW（発電機出口出力）
- 定格流速：2.7m/s
- 限界流速：5.0m/s
- カットイン流速（発電開始流速）：0.9m/s
- カットアウト流速（発電停止流速）：4.0m/s
- 設計温度（海水温）：常時 30℃
- 可変ピッチ機構：定格流速からカットアウト流速まで、出力一定とする。
- ヨーシステム制御：流向の変化にナセルの向きを追従。
- 制御システム：

##### 運転制御

- ・起動（自動カットイン）・・・回転数検知
- ・カットイン～定格流速・・・トルク制御（ピッチ角）固定
- ・定格流速～カットアウト流速・・・ピッチ角度制御（回転数固定）
- ・停止（カットアウト流速）・・・ピッチ角操作
- ・カットアウト流速→復帰・・・ピッチ角操作

##### 非常停止制御（緊急停止）

以下については、図 5-3-1 に示す通り、実証試験場所条件を考慮した設計とする。

- 実証海域海底地盤が想定よりも固いため、タービンベース海底面部形状のスパイク爪形状を尖らせる。

岩盤試験結果一覧表

地点	試料番号	岩種	圧縮強度 $\sigma_c$
			(N/mm <sup>2</sup> )
戸岐	戸岐①	頁岩	14.5
	戸岐②	頁岩	7.2
	戸岐③	頁岩	6.5
	戸岐④	頁岩	9.3
	戸岐⑤	砂岩	48.6
			17.22
樫ノ浦	樫ノ浦①	花崗岩類	64.1
	樫ノ浦②	花崗岩類	51.0
	樫ノ浦③	花崗岩類	124.8
	樫ノ浦④	花崗岩類	108.2
	樫ノ浦⑤	花崗岩類	93.7
			88.36

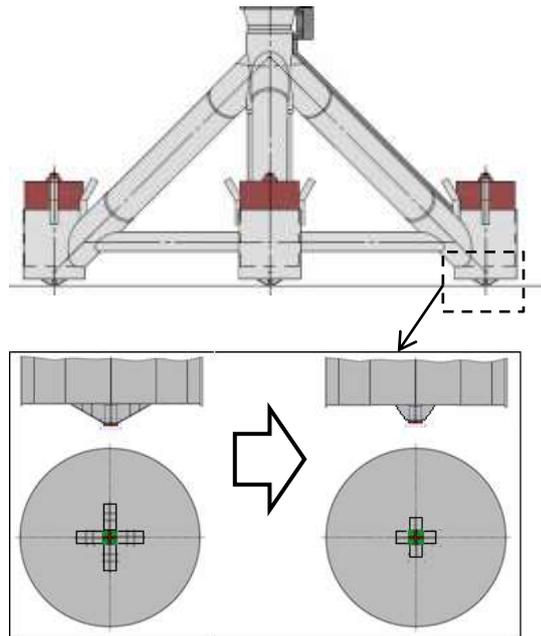


図 5-3-1 タービンベース海底面部形状の検討

実証試験では装置一体吊にて設置を計画しているため、図 5-3-2 及び図 5-3-3 に示す通り、ベース部吊構造（トラニオン）と実証試験作業船に対応するためのナセル吊構造（トラニオン構造、ナセル内部補強構造）の検討を行う。

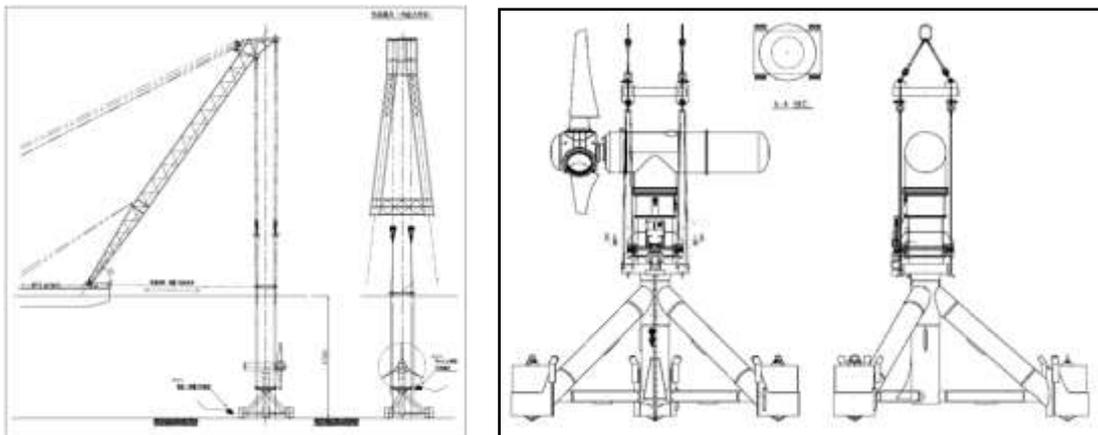


図 5-3-2 装置一体吊のためのベース部トラニオン構造

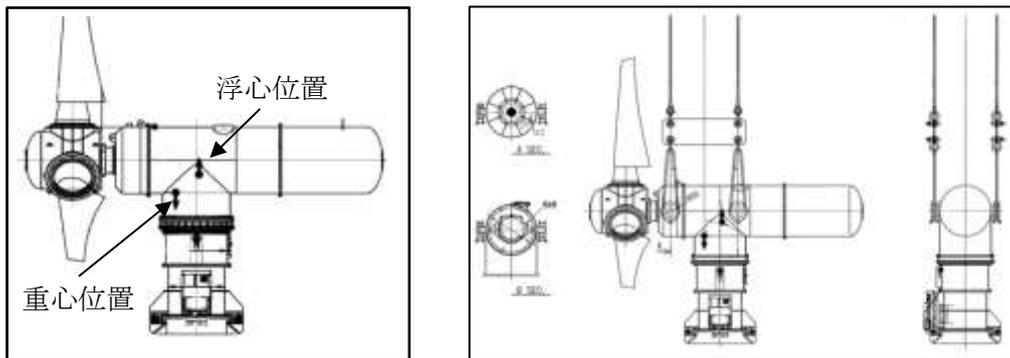


図 5-3-3 ナセル吊に対応するためのトラニオン構造、ナセル内部補強構造

そして、実証試験に用いる作業船の設置精度 ( $\pm 1.0\text{m}$ ) を考慮したタービンベースシンカー受け形状を図 5-3-4 に示す通り検討を行う。

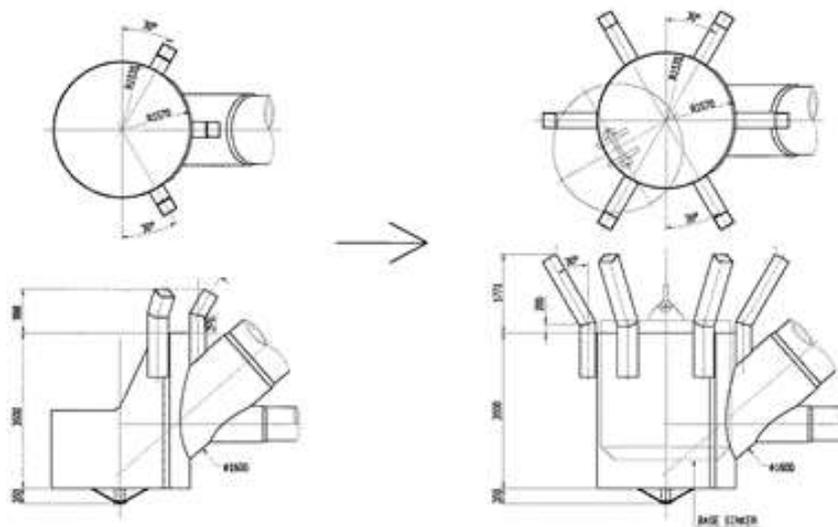


図 5-3-4 タービンベースシンカー受け形状

## (2) 電力システムシステム

発電機設置海域として考えている候補地から、海底ケーブルの布設ルート、陸揚げ地点は 図 5-3-5 に示すものを考えており、これを基に検討する。



黄色実線が 布設ルート例

図 5-3-5 海底ケーブル布設ルート検討例（奈留瀬戸の場合）

## (2) 海底ケーブル

表 5-3-1 の仕様から、ケーブル構造を検討した。

表 5-3-1 海底ケーブル概略仕様及び検討結果

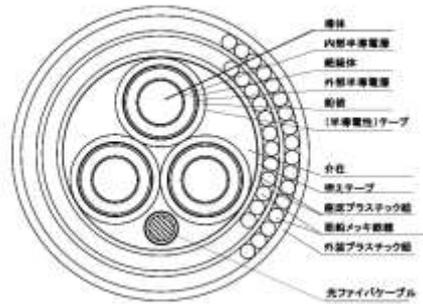
仕様項目など	内容
系統連系先	・系統連系線になるべく近い地点に陸揚げ想定 (海底ケーブル亘長: 約2.5km 想定)
接続する発電機容量 など	・三相交流, 線間電圧6.6kV想定 ・周波数 60Hz (連系系統より) ・送電容量1MW相当 (力率 $\cos\phi=0.9$ と仮定) (約93A @6.9kV(線間最高電圧))
ケーブル品種など	・国内海底線の主流であるCVケーブル(架橋ポリエチレン絶縁)を採用。 ・データ伝送のため、光ケーブル複合採用。
ケーブル構造	・潮流速度が比較的早いこと等から、施工時、運開後の耐久性などを考慮して二重鉄線鎧装を採用。 ・海水に常時さらされるため、水密導体、鉛被遮水 採用。 ・光ケーブルを電力ケーブルに抱合せる構造となるため、電力ケーブル導体サイズは100mm <sup>2</sup> 以上必要。
検討結果(導体サイズ 100mm <sup>2</sup> の場合)	
許容電流(93A以上)	280A(布設条件で 最も厳しい 陸揚げ地点 地中埋設部)
電圧降下(6%以内)	1.6%(ケーブル亘長 2.5kmと想定)

上述を基にした検討結果として、許容電流及び電圧降下(送電可能距離)の観点から、電カケーブル所要サイズは 100mm<sup>2</sup> を選定した。その概略構造表等を表 5-3-2 に示す。

表 5-3-2 6.6kV 光複合 CV 海底ケーブル構造表

種 別		電力線	光ファイバ通信線
線 心 数	心	3	SM8 芯
導 体	公 称 断 面 積	mm <sup>2</sup>	100
	形 状 ・ 構 造		円形圧縮(水密)
	外 径	mm	12.0
絶 縁 体 厚 さ (内部半導電層厚さ含む)		mm	5.0
絶 縁 体 外 径		mm	22.0
外 部 半 導 電 層 厚 さ		約 mm	0.7
鉛 被 下 水 密 厚 さ		約 mm	0.6
鉛 被 厚 さ		mm	1.6
(半導電性)テープ巻き厚さ		約 mm	0.3
線 心 外 径		約 mm	29
電 力 線 外 径			14
機 合 せ 外 径		約 mm	62
押 え テー プ 巻 き 厚 さ		約 mm	0.3
座 床 プラスチック絶縁厚さ		mm	2.0
重 鉛 メ ッ キ 鉄 線		mm	6.0
座 床 プラスチック絶縁厚さ		mm	2.0
重 鉛 メ ッ キ 鉄 線		mm	6.0
外 装 プラスチック絶縁厚さ		mm	3.5
仕 上 外 径		約 mm	102
機 原 質 量		kg/km	30.900
電 気 特 性	最大導体抵抗 (20℃)	Ω/km	0.187
	試 験 電 圧	kV×分	AC18×10
	最小絶縁抵抗 (常温)	MΩ・km	2000
	最 大 静 電 容 量	μF/km	0.23

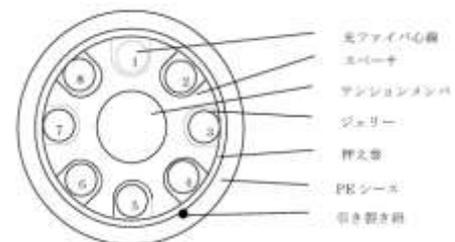
付図 1. 海底ケーブル概略構造図



付表 1. 光ファイバケーブル構造表

項 目	仕 様	
アンションメンバ	材質	防錆処理鋼線
	構成	本/mm
溝付金	材質	ポリエチレン
	外径	約 mm
	溝種類	一方両溝型
集合押え巻	構造図及び配列表参照*ジェリーを充填する *ナイロンパナネ+プラスチックテープ	
シース	材質	黒色ポリエチレン
	標準厚	mm
仕上外径	約 mm	11
観音質量	kg/km	130
許容曲げ半径	起線時	220mm 以上
	固定時	110mm 以上
許容張力	(N) (kgf)	1710 (170) 以下
許容圧縮力 (50mm)	(N) (kgf)	1000 (102) 以下

付図 2. 光ファイバケーブル概略構造図



### (3) 水中コネクタ

水中コネクタは 海底油田などで使用される例が多く、欧米諸国の海外コネクタメーカーで開発されている。用途で分類すると、水中で着脱可能か、それとも海上で着脱作業を行うかで大別される。ここでは、施工上、課題が多いと考えられる発電機ナセルに設置され

る接続点①に対する検討を行う。その概略仕様を表 5-3-3 に示す。

表 5-3-3 水中コネクタ概略仕様例(接続点①：発電機ナセル設置)

仕様項目	内 容
海底ケーブルおよびナセル内ケーブルとの接続性	電力線 3 相および光ファイバをコネクタ内で一括に接続
想定される環境条件（海中）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 周囲潮流速度（シュミレーション結果より）： 4～5m/s @定格流速 2.7m/s 時 5～7m/s @カットアウト流速 4m/s 時</li> <li>・ 水温： 14～32℃</li> <li>・ ナセル可動範囲角度： 220°</li> <li>・ 発電機傾斜角度： 5°</li> </ul>
設計寿命	運開後の環境条件下での稼働 20 年想定

この他、ナセルのメンテナンス性を考慮する場合、ナセル切り離し時にコネクタも切り離し可能な構造にする必要がある。

上述を基にした検討結果として、用途分類で比較した結果を表 5-3-4 に示す。水中で着脱可能な Wet-Mate タイプでは、現状の技術レベルではコネクタ本体などにシリコンオイルが充填されているタイプが主流となっている。一方、海上での着脱が必要な Dry-Mate タイプでは 前者のような充填物は特になく構造と考えられるが、それぞれ表 5-3-4 のような特徴を有している。

表 5-3-4 水中コネクタの用途別比較

分 類	Wet-Mateタイプ1 (コネクタ、ケーブルとも シリコンオイル充填型)	Wet-Mateタイプ2 (コネクタのみ シリコンオイル充填型)	Dry-Mateタイプ	
構 成	コネクタ本体	シリコン・オイル充填	シリコン・オイル充填、 勘合時に洗浄能力あり	オイル非充填
	電カケーブル (コネクタとの直結側)	シリコン・オイル充填	CVケーブル対応可	CVケーブル対応可
	光ケーブル (コネクタとの直結側)	対応可(シリコン・オイル充填)	現状、光コネクタなし(今後の開発要素)	対応可(オイル非充填)
概略構成図				
特徴など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コネクタ本体の気密性が良いが、直接CVケーブルと接続できない。</li> <li>・着脱の際に、微量オイル(mlオーダー)が外部に漏れる懸念あり</li> <li>・通信用で、国内実績あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コネクタ本体に洗浄機能があり、CVケーブルと直接接続可能</li> <li>・洗浄機能のため、比較して 容積大</li> <li>・洗浄機能があるので、着脱時のオイル外部漏れ 懸念なし</li> <li>・洗浄には 専用ROVが必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリコン・オイル不使用 であり、CVケーブルと直接接続可能</li> <li>・ナセル直付け</li> <li>・EMECで実績あり</li> </ul>	
	開発要素： ・電力、光の一括脱着機構 ・Junction Box(シリコン・オイル充填ケーブル/CVケーブルとの切替器)	開発要素： ・光コネクタ 新規開発要 ・専用ROV	開発要素： ・ナセル直付けの場合、潮流方向変化に伴うナセル首振り対応のために さらに耐久性の高い海底ケーブルが必要	

後述の「5.4 設備運搬・施工方法」及び図 5-3-6 は Wet-Mate タイプを例に発電機ナセルに設置した場合のケーブルを含めたシステム構成イメージを描いたものである。この場合、表 5-3-4 の Wet-Mate タイプ 1 に示したとおり、水中コネクタの構造上、海底 CV ケーブルを直接接続することが出来ないため、Junction Box と呼ばれる切換器を介して CV ケーブルに接続する必要があること、着脱時にコネクタ本体電極勘合部から微量(ml オーダ)シリコンオイルの滲み出しが発生することが、基本検討である現時点で明らかとなった。これに対して、陸上変電所側の海底ケーブルとの接続点②に関しては、後述の「5.4 設備運搬・施工方法」に示すように 海上での接続作業を想定しており、表 5-3-4 の Dry-Mate タイプを現時点では想定している。

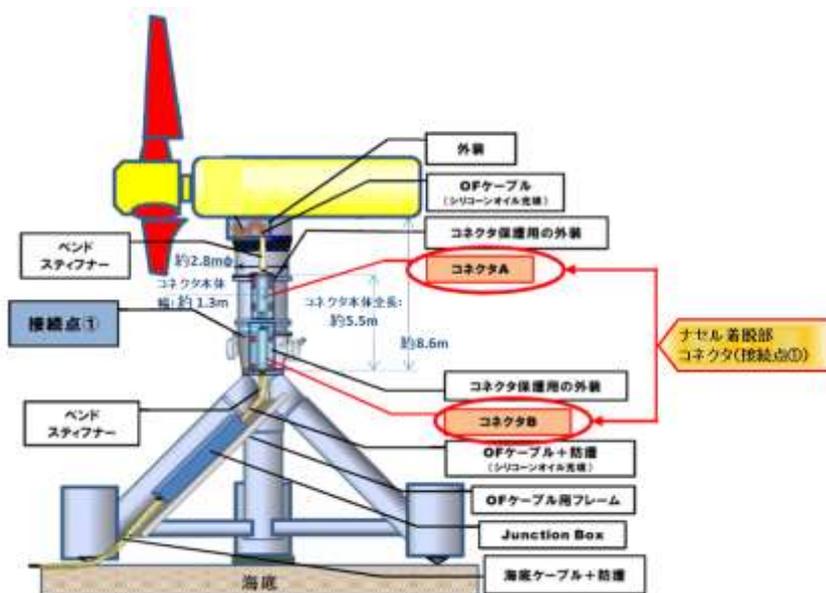


図 5-3-6 発電機側ケーブルシステム構成イメージ例 (Wet-Mate タイプ)

#### (4) 陸上変電設備

陸揚げ地点の候補地として奈留瀬戸側 鈴の浦を考えているが、発電機からの電力は 6.6kV であり、これを陸揚げ地点近傍の電力系統連系点に接続する場合、66kV に昇圧する必要がある。この変電設備の構成を単線結線図にまとめたものが図 5-3-7 であり、この内容で 九州電力殿と系統連系事前協議を行っている。



## 5.4. 設備運搬・施工方法

### 5.4.1. 発電装置及び基礎の運搬・設置方法

#### (1) 施工条件

##### 1. 自然条件

##### (ア) 潮位条件

表 5-4-1 に福江港の潮位を示す。朔望平均満潮位が CDL+2.836m と比較的潮位差が大きいことがわかる。

表 5-4-1 福江港の潮位<sup>14</sup>

名 称	高さ(m)		値の出典	解 説
	CDL から	TP から		
既往最高潮位 HHWL	3.316	1.760	長崎県基本計画	過去に起きた最高潮位。
最高水面	3.180	1.624	海保資料	
略最高高潮面 NHHW	3.163	1.607	TIDEwin(NIFTY-ServeのWEB)	主要四分潮の振幅に平均水面を加えた高さ。
朔望平均満潮位 HWL	2.836	1.280	長崎県基本計画	朔(新月)及び望(満月)の日から5日以内に現れる、最高満潮面の平均値。
大潮升 SpR	2.700	1.144	海図	基本水準面から大潮期の平均高潮面までの高さ。
小潮升 NpR	2.000	0.444	海図	基本水準面から小潮期の平均高潮面までの高さ。

名 称	高さ(m)		値の出典	解 説
	CDL から	TP から		
平均水面 MSL	1.590	0.034	海図	その海域で潮汐が無いと仮定したときの海面。
東京湾平均海面 TP	1.556	0.000	気象庁 WEB	日本における標高の基準面。
朔望平均干潮位 LWL	0.066	-1.490	長崎県基本計画	朔(新月)及び望(満月)の日から5日以内に現れる、最高干潮面の平均値。
潮位基準面 CDL	0.000	-1.556	海図	これ以上海面の下がることを希な面。海図の水深の基準面、潮汐表の潮高の基準面。

<sup>14</sup> 平成 22 年度浮体式洋上風力発電実証事業委託業務成果報告書、平成 23 年 3 月、京都大学

(イ) 波浪条件

既往の波浪観測資料として図 5-4-1、図 5-4-2 に示す長崎海洋気象台<sup>15</sup>のデータがある。波浪が比較的穏やかなのは4月～6月であり、冬期は比較的波高、周期ともに大きい傾向がある。ただし、波高計が福江島の北側海域に設置されており、南の波浪は島影となるため本事業の検討に適用するには不十分である。このため、本事業において波浪観測、波浪変形計算を実施しており、その結果より現場海域の波浪状況を明らかにする。

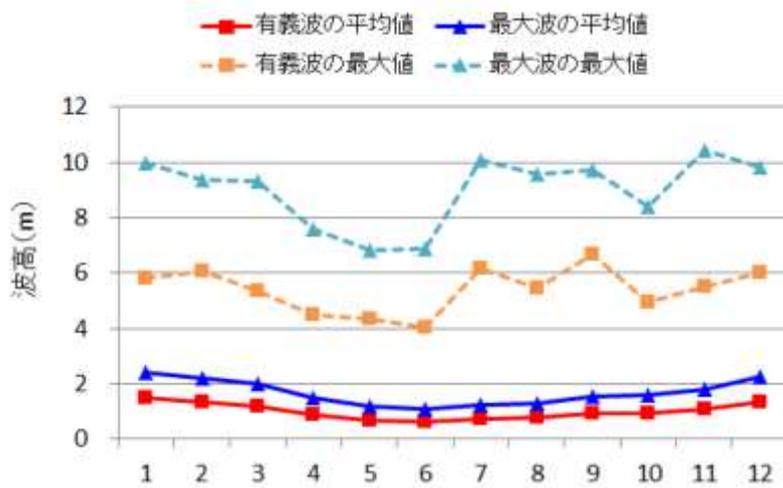


図 5-4-1 有義波高、最大波高の最大値および平均値（月別）

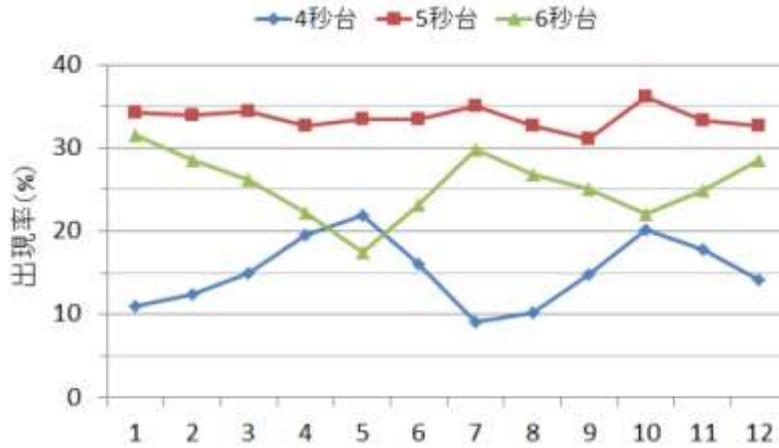


図 5-4-2 有義波周期の出現確率（月別）

<sup>15</sup> 福江島沿岸波浪観測 32 年報、平成 25 年 9 月、長崎海洋気象台

(ウ) 潮流条件

今回調査における潮流の15日間連続観測結果では、大潮期の最大流速は3.0m/s近い値が観測されており、起重機船を用いた海上工事は比較的潮流の小さい小潮期の潮止り付近に実施する必要がある。図5-4-3に小潮期(2014/10/16)における流速絶対値の経時変化を示す。両瀬戸とも。転流付近では流速0.5m/s以下となる時間帯が1時間程度は確保できるが、転流後は急激に流速が大きくなる傾向があることがわかる。

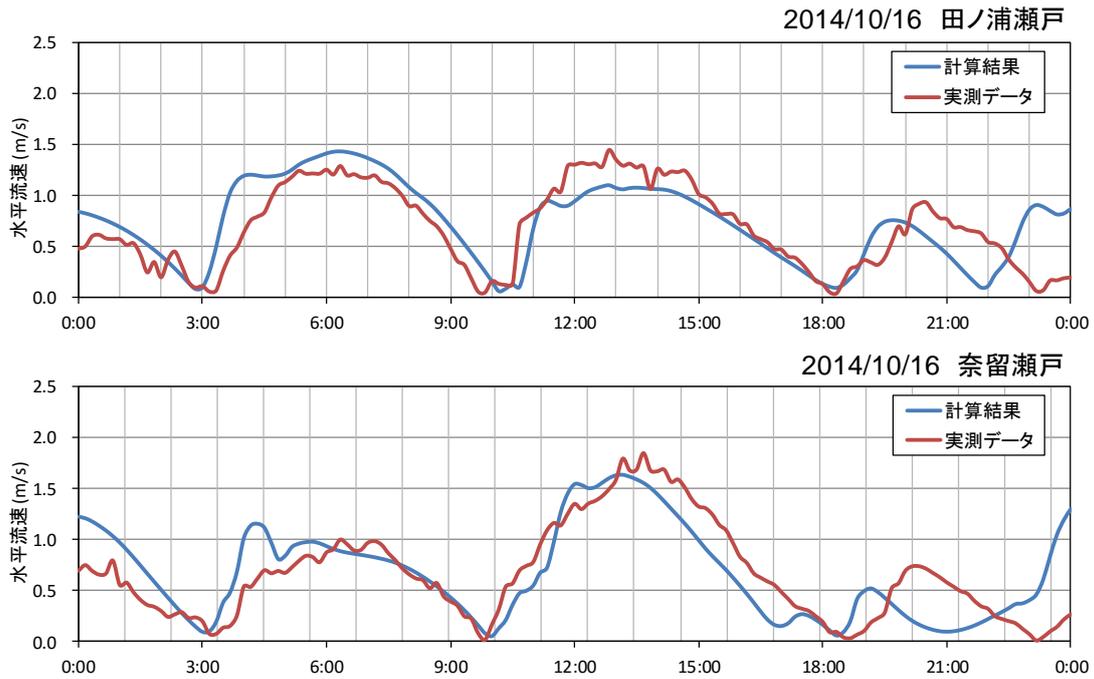


図 5-4-3 流速の経時変化

II. 作業限界条件

表5-4-2に今回の施工検討で想定した作業限界条件を示す。起重機船の作業限界については、現在進めている水理模型実験および動揺解析結果を参考に定めるものとする。

表 5-4-2 作業限界条件の想定

項目		有義波高 (m)	有義波周期 (s)	潮流 (m/s)
起重機船	待機	1.0	7.0	1.5
	準備	0.5	6.0	1.0
	設置	0.5	6.0	0.5
潜水作業		0.5	6.0	0.5
ROV作業		0.5	6.0	0.5

### III. 現場条件

#### (ア) 作業ヤードの現地踏査結果

図 5-4-4 に実証海域周辺の作業ヤード位置図を示す。実証海域に近いヤードは奈留島、久賀島のヤードであるが、資機材搬入等の交通アクセス、静穏性、面積などから、図 5-4-5 に示す福江港の作業ヤードを使用するものとする。

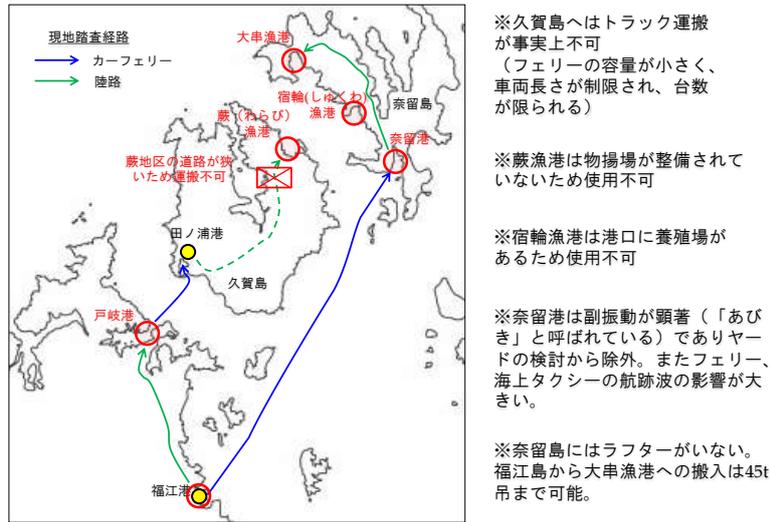
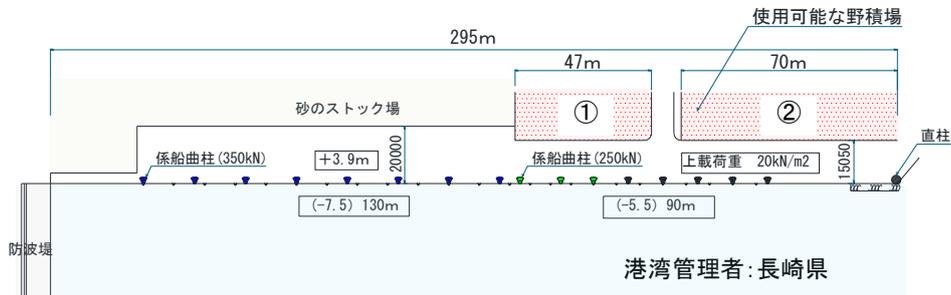


図 5-4-4 実証海域周辺の作業ヤード



※-7.5m岸壁は使用不可  
 ※-5.5m岸壁および背後の野積場は使用可能

図 5-4-5 作業ヤード (福江港大津地区)

(イ) 福江港作業ヤードからの距離

図 5-4-6 に、福江港作業ヤードから実証海域までの距離を示す。



図 5-4-6 作業ヤード（奈留島・久賀島位置）

IV. 潮流発電装置の条件

(ア) 荷重条件

潮流発電装置の荷重条件を表 5-4-3 に示す。タービン本体組立、タービンベース、ベースシンカー（3基）は分離可能な構造となっている。

表 5-4-3 潮流発電装置の重量

名称	気中重量(tf)	水中重量(tf)	浮力(tf)
タービン本体組立	190	170	20
タービンベース	130	17	113
ベースシンカー(3基)	480	139	417
合計	800	326	550

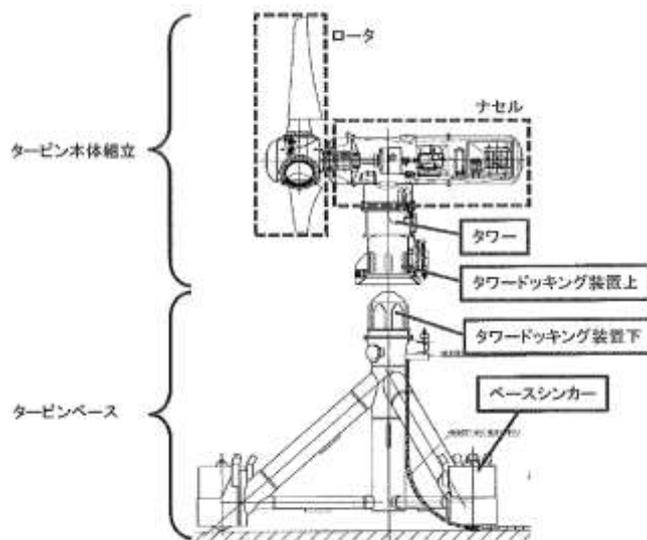


図 5-4-7 潮流発電装置の名称

(イ) 設置精度

表 5-4-4、図 5-4-8 に潮流発電装置の設置精度に関する条件を示す。

表 5-4-4 潮流発電装置の設置精度

項目		許容値	備考
タービンベース (一括設置)	水平角	$\pm 20^\circ$	潮流軸に対するベース配置は下図の通り
	仰角	$\pm 5^\circ$	
タービン本体組立	水平位置	$\pm 1.35\text{m}$	施工時に許容範囲内に誘導すれば所定位置に配置される構造となっている
	水平角	$\pm 25^\circ$	
ベースシンカー	水平位置	$\pm 1.0\text{m}$	

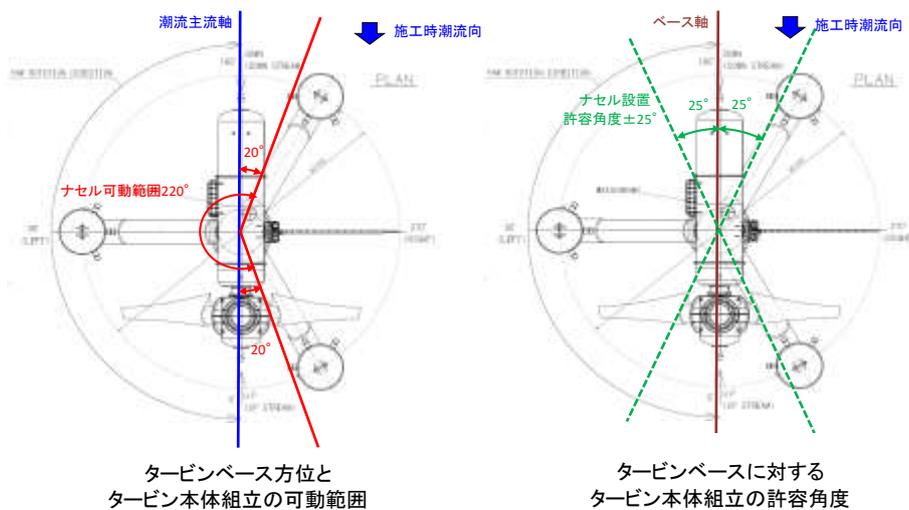


図 5-4-8 潮流発電装置の設置精度

(2) 施工課題の整理

実証海域における作業内容は、潮流発電装置の設置、撤去及びメンテナンス時のタービン本体組立の揚収・再設置作業である。潮流発電装置は、タービン本体組立、タービンベース、ベースシンカー（3基）で組立てられており、重量は潮流発電装置一括で 800tf、分割された個々の重量にしても 130～190tf の重量物である。そのため、大型・中型起重機船を使用しての作業となる。

施工方法は、潮流発電装置を一括で施工する「大型起重機船による一括方式」と、分割して施工する「中型起重機船による分割方式」とが考えられる。どちらの方式を選択するにしても、下記に示す厳しい条件下での作業となる。

- ① 潮流と波浪の作用による起重機船の動揺
- ② 起重機船の動揺、潮流と波浪の作用による水中での潮流発電装置の複雑な挙動
- ③ 小潮の潮間での作業による時間的な制約
- ④ 水平方向・回転方向・傾きにおいて要求される高い据付精度
- ⑤ 設置水深が-40m～-50m となる大水深下での作業

上記に述べた厳しい作業条件下における潮流発電装置の設置、撤去及びメンテナンス作業に対して、一括方式と分割方式それぞれについての施工上の課題を表 5-4-5 に整理した。

表 5-4-5 潮流発電装置の施工方法と課題

施工方法		潮流発電装置設置・撤去		メンテナンス	
		設置時	撤去時	タービン本体組立 分離	タービン本体組立 接続
一括方式 (大型起重機船)		回転制御 衝撃の少ない設置方法 吊ワイヤー取外し	吊ワイヤー取付	設置時と同様	撤去時と同様
分割方式 (中型起重機船)	タービンベース	回転制御 吊ワイヤー取外し	吊ワイヤー取付	—	—
	ベースシンカー	水平位置制御 吊ワイヤー取外し		—	—
	タービン本体組立	回転制御 水平位置制御 衝撃の少ない設置方法 吊ワイヤー取外し		設置時と同様	撤去時と同様

また、これらの課題を解決するためには、潮流発電装置の挙動を解明するための水理模型実験、動揺解析を実施することが必要となる。さらに、起重機船の作業可否の判断を行うための、波浪予測、波浪変形計算が必要とされる。

(3) 施工法の検討

1. 作業船の種類

表 5-4-6 に今回の潮流発電装置の設置工事にて検討対象としている作業船を示す。現場は潮流の強い海域であることから、潮流に対する受圧面積の比較的小さい固定式起重機船が有利であるが、最終的には作業内容等を考慮して選定する必要がある。

表 5-4-6 潮流発電装置の施工方法と作業船

施工法		一括設置方式		
作業船種別		固定式大型起重機船	旋回式大型起重機船	
特 徴		<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮流発電装置を一括(約800t)で吊ることが可能。</li> <li>・全旋回式よりも喫水が小さいため、潮流に対する抵抗が小さい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮流発電装置を一括(約800t)で吊ることが可能。</li> <li>・固定式よりも吊荷位置の調整などが容易。</li> </ul>	
作業船の例	船名	駿河	第一豊号	
	所有者	深田サルベージ建設	森長組	
	規格	2,200t吊	1,800t吊	
	写真			
施工法		分割設置方式(メンテナンス)		
作業船種別		固定式中型起重機船	旋回式中型起重機船	DP船 (ヒープコンベンサータウインチ艙装)
特 徴		<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮流発電装置を分割した状態(最大190tf)を吊ることが可能。</li> <li>・全旋回式よりも喫水が小さいため、潮流に対する抵抗が小さい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮流発電装置を分割した状態(最大190tf)を吊ることが可能。</li> <li>・固定式よりも吊荷位置の調整などが容易。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DPS機構により、アンカーによらず位置保持が可能。</li> <li>・DP船にヒープコンベンサータウインチを艙装して、吊荷のヒープ動揺量を低減させる。</li> </ul>
作業船の例	船名	伊豆	第八十八大栄号	新潮丸
	所有者	深田サルベージ建設	大栄建設	深田サルベージ建設
	規格	700t吊	550t吊	3750PS×2基
	写真			

## II. 実施項目

### (ア) 事前試験

実証試験での施工を確実なものとするために、実海域で実施可能な試験施工について検討を行った。表 5-4-7 に事前試験項目を示す。本事業への提案段階では潮流発電装置のモックアップによる設置テストを実施する予定であったが、費用低減等を考慮してシンカーブロック設置時の吊降しテストで代替することとした。

表 5-4-7 事前試験項目の検討結果

試験	事前試験					
	一括設置テスト	分割設置テスト	吊降しテスト			
主要船舶	大型起重機船	中型起重機船+DP船	大型起重機船	中型起重機船	DP船	調査船等
設置対象	モックアップ	モックアップ	シンカーブロック	シンカーブロック	シンカーブロック (小型)	シンカーor 調査機器
実施内容	大型起重機船により、潮流発電装置のモックアップを用いた一括設置テストを行う。	中型起重機船+DP船により、潮流発電装置のモックアップを用いた分割設置テストを行う。	大型起重機船により実証試験で使用するシンカーを設置する際に、各種テストを行う。	中型起重機船により実証試験で使用するシンカーを設置する際に、各種テストを行う。	ヒープコンベンセータ艀装のDP船にて小型のシンカーブロック (50t以内) を吊降し、各種テストを行う。	現地調査時に、調査船ウインチにて位置計測装置を付けたシンカーなどを吊り降ろして、潮流下での挙動確認を行う。
目的、効果	大型起重機船での施工は、既存技術の組み合わせではあるが、不確定な事項を確認して、実証試験での施工を確実なものとする。	潮流発電装置を分割して施工することで、大型起重機船を使用しない設置・メンテナンス工法を確立し、コスト低減を図る。	・大型起重機船団による模擬演習を行うことで実証海域での習熟度を上げる。 ・シンカーにジャイロ等設置して、潮流発電装置誘導システムの確認を行う。	・中型起重機船団による模擬演習を行うことで実証海域での習熟度を上げる。 ・シンカーにジャイロ等設置して、潮流発電装置誘導システムの確認を行う。	・DP船による位置決め精度、ヒープコンウインチの性能確認を行う。 ・シンカーにジャイロ等設置して、潮流発電装置誘導システムの確認を行う。	・得られるデータが直接的に利用できないかもしれないが、早い段階で実海域での吊荷挙動の確認ができる。
懸念事項	モックアップの製作に費用がかかり、製作工程も厳しい。	・モックアップの製作に費用がかかり、製作工程も厳しい。 ・高精度の位置、回転制御が必要。	吊り方、重量等が実機と異なるため、どこまで実証試験で役立つか不明。	吊り方、重量等が実機と異なるため、どこまで実証試験で役立つか不明。	中型起重機によるテストはシンカー設置工を兼ねるが、DP船のテストは独立した試験となる。	
費用	高	高	高	低	中	低
実施判定	一括設置方式は現状で最も確実な方法であり、必ずしもテストが必要というわけではない。	必要性は高いが、実証試験期間中に実施することも可能。	吊降しテストで得られる知見は限られ、必ずしも大型起重機船である必要はない。	シンカーブロック設置工を兼ねるため、テスト費用は小さい。	実証試験時にテストを行うのであれば、必ずしも事前に実施する必要はない。	何らかの情報が得られるかもしれないが、定量評価はできない。
	△	△	△	◎	○	△
備考	事前試験を実施しない場合、実証試験では工程に余裕をみるなどのリスク回避策も必要である。	事前試験を実施しない場合、実証試験でのメンテナンス工事がテストの場となる。				

(イ) 実証試験

表 5-4-8 に実証試験項目を示す。実証試験での潮流発電装置設置工法としては、比較的安全かつ確実な工法である大型起重機船による一括設置工法を採用する。メンテナンス時には中型起重機船+DP 船を用い、タービン本体組立の揚収・再設置を行う。また、メンテナンス期間中には、分割設置工法のテストを実施する。

表 5-4-8 実証試験項目の検討結果

試験	実証試験						
	一括設置	分割設置	ナセルメンテナンス		分割設置テスト	デバイス撤去	
実施事項	大型起重機船	中型起重機船+DP船	大型起重機船	中型起重機船+DP船	中型起重機船	大型起重機船	中型起重機船
主要船舶	大型起重機船	中型起重機船+DP船	大型起重機船	中型起重機船+DP船	中型起重機船	大型起重機船	中型起重機船
設置対象	発電装置全体	発電装置全体	発電装置全体	タービン本体組立	ベースシンカー	潮流発電装置	潮流発電装置
実施内容	大型起重機船により潮流発電装置の一括設置を行う。	中型起重機船+DP船で潮流発電装置の分割設置を行う。	大型起重機船により潮流発電装置を一括撤去し、福江港に吊り曳航する。メンテナンス後、再度一括設置を行う。	中型起重機船+DP船でタービン本体組立を分離し、福江港に吊り曳航する。メンテナンス後、再度ナセル接続を行う。	ナセルメンテナンス中に、中型起重機船により実機のベースシンカーを用いて、撤去・再設置テストを行う。	大型起重機船により潮流発電装置の一括撤去を行う。	中型起重機船で潮流発電装置の分割撤去を行う。
目的、効果	・大型起重機船による一括設置工法の実証を行う。 ・現状で比較的確実な施工法を用い、リスクを低減する。	・中型起重機船+DP船による分割設置工法の実証を行う。 ・将来の設置コスト低減技術に役立つ。	大型起重機船によるメンテナンス工法の実証を行う。	・中型起重機船+DP船による分割設置工法の実証を行う。 ・将来のメンテナンスコスト低減技術に役立つ。	実機ベースシンカーは高い設置精度を要求されるため、中型起重機船での施工性を検証する。	最終段階では、大きな技術的課題はクリアされていると考えられ、実証試験的な要素はあまりない。	同左
懸念事項	比較的费用が高い。	事前試験での分割設置テストを実施しない場合、実証試験で実績のない工法を適用するリスクがある。	将来のメンテナンスコスト低減工法の実証ができない。	この工法で再設置ができなかった場合、発電試験はここで終了とし、撤去工に移る可能性がある。	ベースシンカーの再設置ができない場合、タービン本体組立の設置テスト、発電試験に支障を来す。		
費用	高	中	高	中	中	高	中
実施判定	現状で最も確実な方法であり、施工上のリスクは低い。	上記リスクがあるため、確実な方法とは言えない。	一括設置時と同じ工法である。	メンテナンスコスト低減のために実証する必要がある。	設置費用低減のための分割設置工法の可能性を探る上で必要なテストである。		
	◎	△	△	◎	◎	△	○
備考							

### III. 工 程

表 5-4-9、表 5-4-10 に施工関係の全体工程、実証試験での現場工程を示す。潮流発電装置の設置時期は、海象条件が比較的穏やかな 4 月とした。発電期間 1 の終了する 9 月に、メンテナンスのためのタービン本体組立分離・再設置の実証および将来の分割設置工事のためのベースシンカーの設置テストを実施する。その後再発電の確認をして、海象条件の悪化が予想される冬期を避けて撤去工事を実施する。

表 5-4-9 全体工程（施工関係）

工 程	平成26年度			平成27年度			平成28年度			平成29年度			平成30年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
施工検討																								
数値シミュレーション																								
水理模型実験																								
吊り治具等開発・製作																								
仮設工																								
吊降し試験																								
実証試験																								
設置（一括）																								
発電期間1																								
メンテナンス																								
分割設置テスト																								
発電期間2																								
撤去（分割）																								

表 5-4-10 実証試験現場工程

	平成30年度（最終年）						
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	
福江港	潮流発電装置海上運搬 発電装置最終組立					メンテナンス	
実証海域	発電装置設置 大型起重機船による一括設置	発電期間1				タービン本体組立撤去 DP船	分割設置テスト 中型起重機船
福江港	メンテナンス						
実証海域	タービン本体組立撤去 DP船	発電期間2		発電装置撤去 中型起重機船による分割撤去			

(4) 大型起重機船による潮流発電装置一括設置方法

今回の実証事業では、施工の確実性を重視して潮流発電装置の設置は一括設置方式を採用する。表 5-4-11 に一括設置方法の施工フローを示す。

表 5-4-11 一括設置施工フロー (1/2)

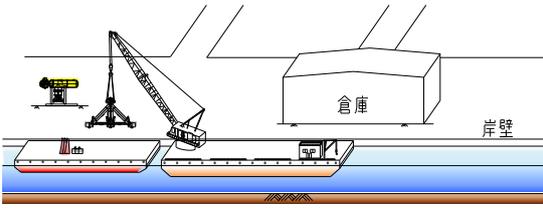
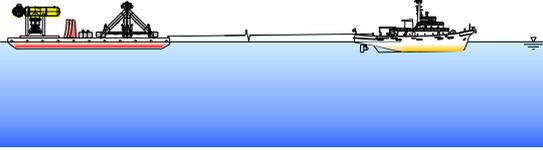
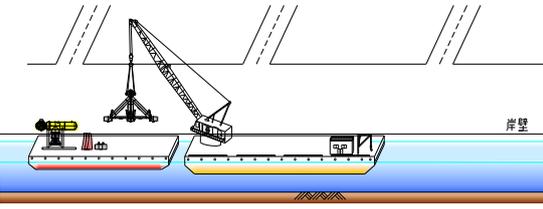
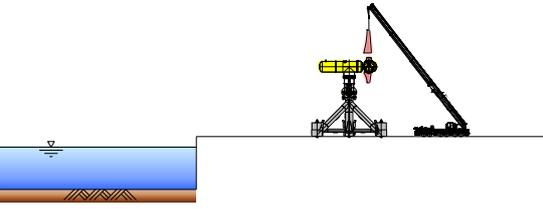
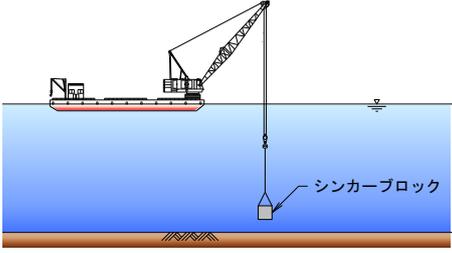
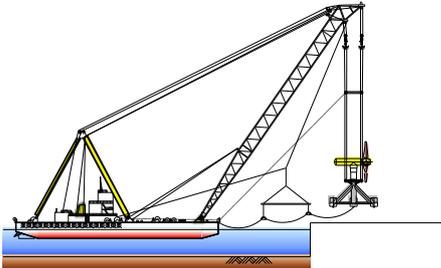
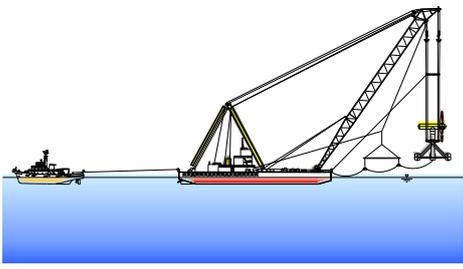
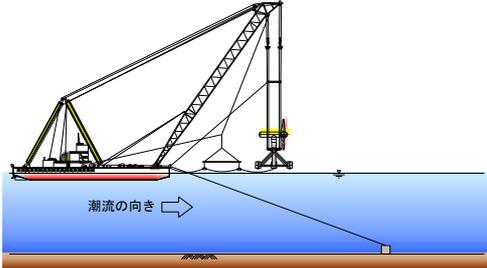
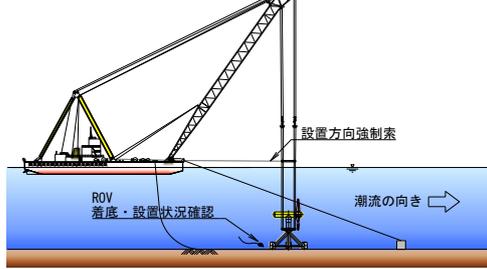
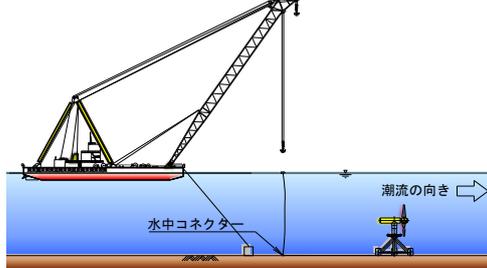
順序	項目	施工状況図	概要
1	工場出荷		<p>・播磨にて台船に分割された潮流発電装置を積込む。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、鋼台船、曳船</p>
2	海上運搬		<p>・播磨から福江港へ海上運搬</p> <p>【主要船舶機械】 鋼台船、曳船</p>
3	水切り・組立て (重量物)		<p>・福江港にて潮流発電装置をヤードに陸揚げする。その際、タービン本体組立、タービンベース、ベースシンカーは海上起重機船により組立てる。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、鋼台船</p>
4	現地最終組立		<p>・ブレード等比較的軽量の機材の組立て、および最終調整を行う。</p> <p>【主要船舶機械】 ラフテレーンクレーン</p>
5	シンカーブロック設置		<p>・大型起重機船係留用のシンカーブロックを設置</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、曳船、警戒船</p>

表 5-4-11 一括設置施工フロー (2/2)

順序	項目	施工状況図	概要
6	潮流発電装置積込		<p>・福江港にて大型起重機船により潮流発電装置を吊込む。</p> <p>【主要船舶機械】 大型起重機船、曳船</p>
7	海上運搬 (吊曳航)		<p>・福江港から実証海域へ吊曳航にて海上運搬。</p> <p>【主要船舶機械】 大型起重機船、曳船</p>
8	本船係留		<p>・実証海域にて大型起重機船を所定の位置に係留する。</p> <p>【主要船舶機械】 大型起重機船、曳船、揚錨船、警戒船、ROV母船</p>
9	一括設置		<p>・発電装置を吊降し、所定の位置に設置。ROVにて設置状況の確認をする。</p> <p>【主要船舶機械】 大型起重機船、曳船、揚錨船、警戒船、ROV母船</p>
10	発電機側ケーブルの仮置		<p>・発電機に接続されたケーブル(100m程度)を海底に沈める(後日、陸上側ケーブルと接続)</p> <p>・アンカリング解除、帰港。</p> <p>【主要船舶機械】 大型起重機船、曳船、揚錨船、警戒船、ROV母船</p>

## (5) 技術開発項目の抽出

外洋からのうねりの影響を受ける施工海域で、水深 50m への潮流発電装置の設置は、コスト面・安全面ともにリスクを伴うため、リスクの緩和が必要となる。海象条件の悪い場所での施工歩掛かり向上によるコスト削減と、水深 50m でのリスク緩和を目的とした技術開発を行った。

### I. ヒープコンペンセータ付き 潮流発電装置設置・撤去システム

外洋での作業で使用している、ヒープコンペンセータ付きのウインチを主な装置とし、潮流発電装置の設置を検討する。今後、ファームも視野に入れ、ウインチワイヤへの負担が少ないウインチドラム直接制御方法を選定し、重量物への対応は複数台連動による制御を検討する。図 5-4-9 に参考となるヒープコンペンセータ付きウインチを示す。



図 5-4-9 ヒープコンペンセータ付きウインチ (参考)

### II. 潮流発電装置誘導システム

実証事業での潮流発電装置の沈設は、一括設置で施工を行う。しかし、施工範囲や作業船の規模による制約が多いため、将来的には分割の設置を行うことが必要と考えられる。メンテナンスを行う際もコスト削減を考えると分割設置が必要となる。分割設置の場合は、タービンベースとタービン本体組立、ベースシンカーシンカーを水中で接続するが、この場合、高精度の位置制御が求められ、水中位置計測装置も高い精度が必要となる。計測精度のみならず、計測装置取り付け及び回収も含めてシステムを開発する。図 5-4-10 に潮流発電装置誘導システム図を示す。

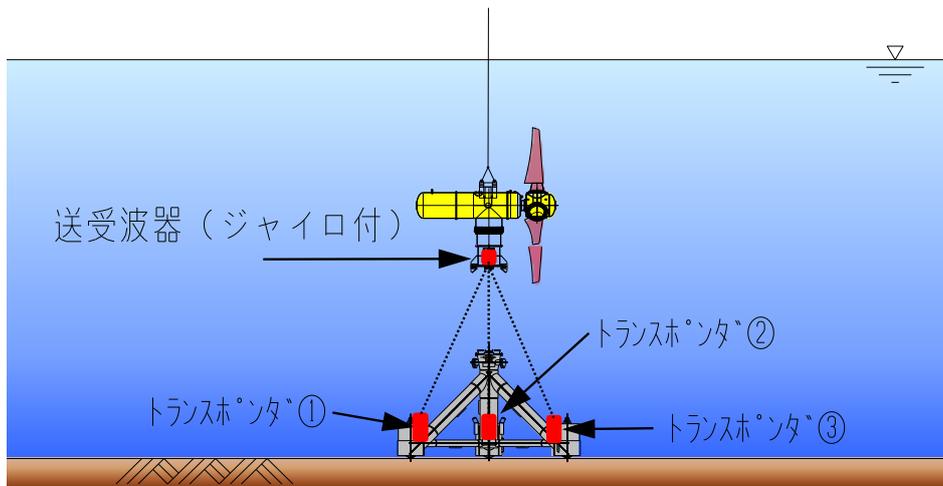


図 5-4-10 潮流発電装置誘導システム図

### III. 水中玉掛け・玉外し装置（遠隔操作）

実証事業では発電機の一括設置を行う計画であり、一括設置の利点は、現有の作業船を使用した施工で、最もコストを抑えることができると考えられるが、玉外しは水深 30m 以上になるため、安全に玉外しができる吊り治具を検討する。また、メンテナンスをする際に必要となる、タービン本体組立部の取り外し時と再接続時の玉掛け及び玉外し装置も合わせて開発する。図 5-4-11 に遠隔での操作で玉掛け・玉外しができる装置の概要図を示す。

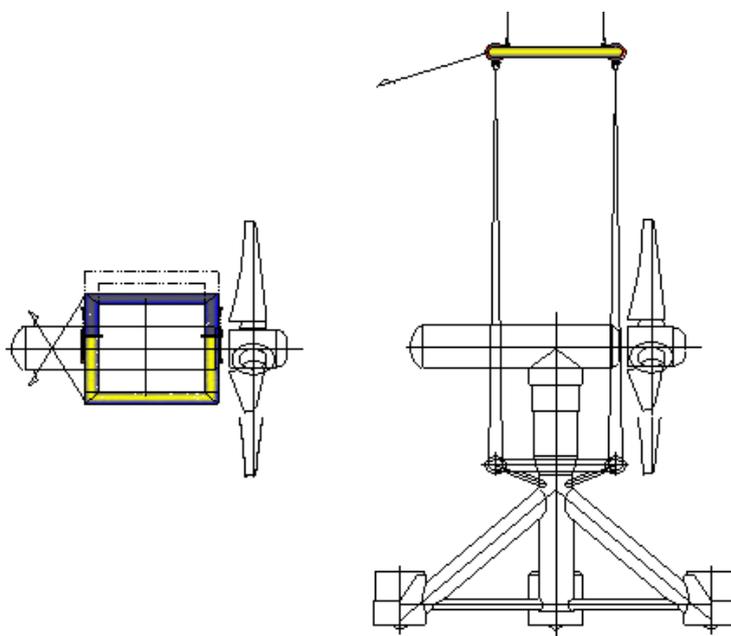


図 5-4-11 水中玉掛け・玉外し装置

## (6) 作業可否予測精度向上のための検討

### I. 検討の概要

施工計画策定、実施工時の作業可否判断などには、実施海域の波浪条件、作業船の動揺特性、作業限界条件などを正確に把握する必要がある。しかしながら実証海域は潮流・波浪条件が厳しい上、比較的水深の深い海底に潮流発電装置を設置するという国内では事例のない工事であるため、既往の工事实績から得られる情報が非常に少ないのが現状である。

本事業においては、水理模型実験、施工数値シミュレーション（波浪予測、波浪変形計算、動揺解析）を実施して、この海域での作業可否予測や設置精度向上のための検討を実施する。

### II. 波浪予測

#### (ア) 概要

現状の作業船等による施工可否判断は、波高と周期などから決定した作業限界と工事海域の波浪データ（例えば、国土交通省のナウファス、気象庁や民間等の波浪予測）から経験的に行われている。気象庁や民間等の波浪予測は、海域の広範囲についての予測であり、かつ一般的に高波浪を対象に行われているものである。したがって、施工海域のスポットとしての波浪予測には取得した予測データに対して浅水変形や屈折回折変形等を考慮した推算が必要となる。また、海上工事における施工可否の判断基準となる波高 1m 程度以下の波浪に関する予測については保証されたものでもない。そこで、本研究は、円滑な施工管理を施すため、施工海域のスポット的に波浪条件が施工当日の 3 日前または最低でも 2 日前から高い精度で予測できるリアルタイム波浪予測システムを開発するものである。

本研究では、波浪条件に伴う海上施工の可否判断支援システム構築の第 1 段階として、2012 年 7 月～12 月に鹿島港において行われた海上工事を例として、観測された海象・気象データをもとに、ニューラルネットワークシステムを用いたリアルタイム波浪予測システムを開発し、その適用性を検討するものである。

#### (イ) リアルタイム波浪予測システム

本研究では、パラメータ間の因果関係の分析に有効なニューラルネットワークを利用して観測される波浪と気象データより、リアルタイム波浪予測システムを開発する。まず、採用するニューラルネットワークは、図 5-4-12 に示すような入力層、中間層、出力層からなる階層型モデルである。本波浪予測システムにおける情報の流れは、入力層→中間層→出力層という一方的に伝播するフィードフォワード構造となっている。学習パラメータによる学習アルゴリズムには、非線形モデルの 2 乗誤差を最小にする変数を求め最適化する方法である Levenberg-Marquardt 法を採用した。この方法はガウス・ニュートン法と最急降下法を組み合わせたアルゴリズムである。学習回数は、基本的に 10,000 回（学習繰返）を 1 回として 500 回行う過程において、ニューラルネットワークの不適切な過学習を防ぐ

ために early stopping 方法を用いて平均誤差が  $1 \times 10^{-5}$  になれば内部繰返が終わるような方法を用いる。学習方法は、1. training、2. testing、3. validating の3段階で行い、training は入力データの80%、testing には20%のデータを用いた。用いたデータとしては、training には2012年7月1日00:00~12月31日23:00の期間の1時間毎の海象・気象データの13要素、validating には2012年7月1日00:00~12月2日20:00の期間を用いている。精度あるニューラルネットワークの選定方法としては、validating の誤差出力データより最低誤差を示すニューラルネットワークを選定した。学習させた後、2012年10月30日01:00~11月30日20:00の間の観測された海象・気象データ用いて24h、48hの時間先の有義波高と有義周期を予測した結果が図5-4-13、図5-4-14に示したものである。24h後の予測結果は観測結果とよく一致しているが、予測時間が長くなるに伴って相関係数が低下する傾向にある。特に有義周期に関する予測結果と観測結果の対応にその傾向が強く現れている。図5-4-15は全ての有義波高と有義周期に関する予測結果と観測結果の相関関係を示したものである。有義波高の相関係数が0.78、有義周期が0.79と比較的精度よく予測できているが、更なるチューニングによる精度向上を行う予定である。

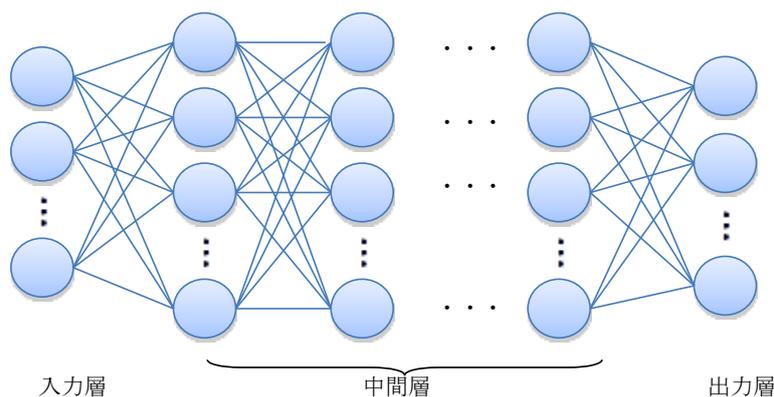


図 5-4-12 ニューラルネットワークの概略図

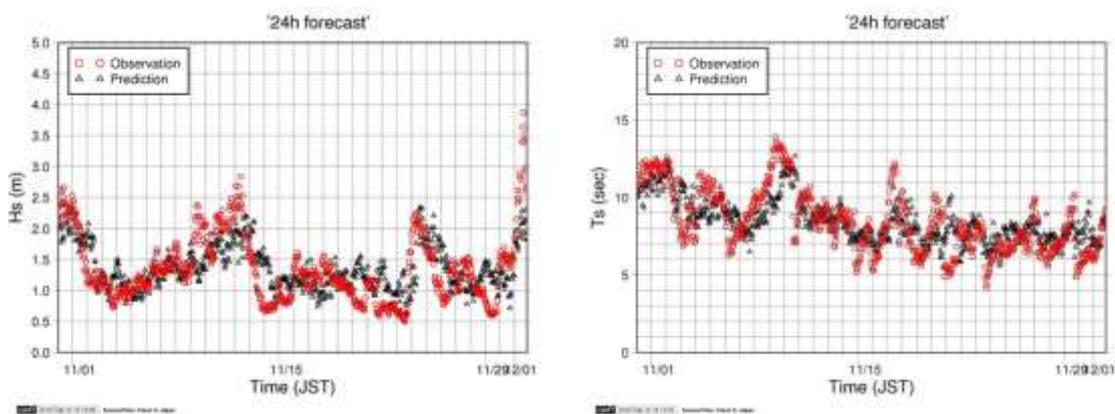


図 5-4-13 24h 先の予想結果と観測結果

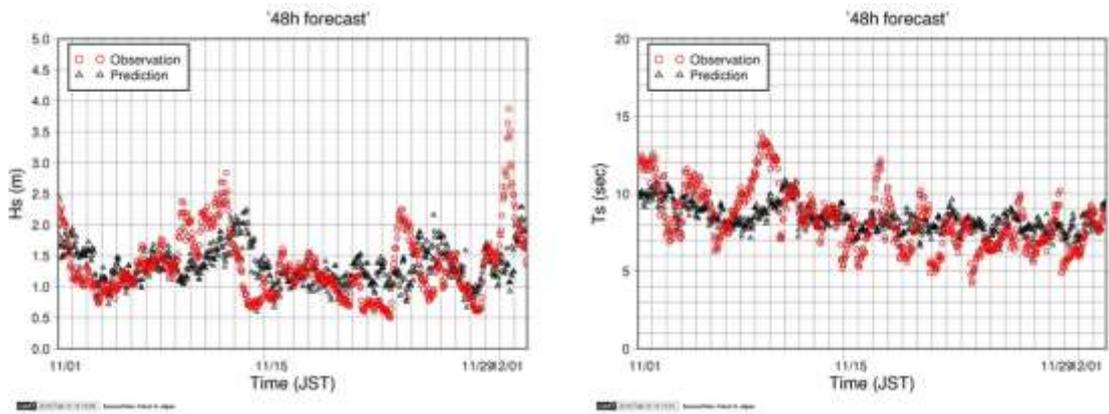


図 5-4-14 48h 先の予想結果と観測結果

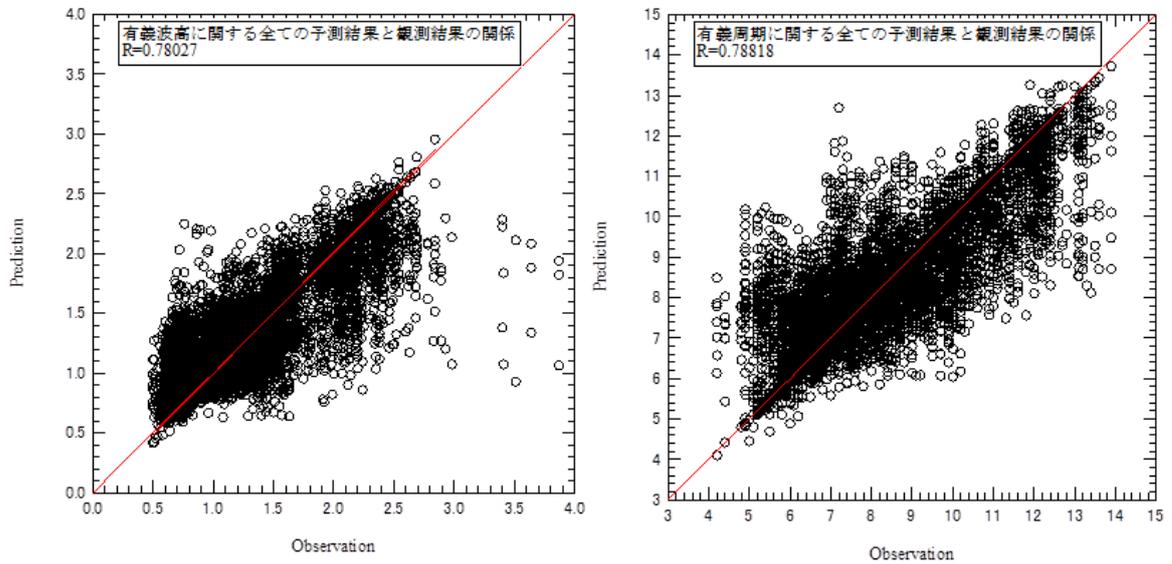


図 5-4-15 有義波高と有義周期に関する全ての予測結果と観測結果の関係

### III. 波浪変形計算

#### (ア) 概要

潮流発電装置を現地に設置する際に、設置予定地点の波浪状態を事前に得ておくことで、効率的な設置作業を行うことが期待できる。本検討はこのようなことを目的として、沖での波浪が既知である時の対象海域の波浪状況を、波浪変形計算によって予測するためのシステムを構築するものである。

波浪の予測計算手法は、様々なモデルが実用化されているが、広領域での不規則波の様々な変形を扱える計算モデルを用いることが望ましいことから、エネルギー平衡方程式をモデル方程式とした波浪変形計算モデルを採用した。ここで、本海域は島嶼が数多く存在し、また、入り組んだ地形を有する海域であるため、回折の影響が無視できない。しかしながら、エネルギー平衡方程式での変形計算では、波の位相情報を平均化するため理論的には回折変形を扱うことができない。また、潮流の速度が大きく、潮流が波浪の変形に与える影響も考慮する必要がある。

そこで、本検討では初めに間瀬ら(1999)が開発した波の回折を考慮できるエネルギー平衡方程式を用いて計算を行い、さらに間瀬ら(2004)の流れの影響と回折効果を組み込んだ波浪変形予測モデルを使用し、潮流による波浪変形の影響についても検討する。

#### (イ) エネルギー平衡方程式

本検討では、平面位置座標 $(x,y)$ 及び波向き $\theta$ を独立変数とする波作用量平衡式に回折項を組み込んだ間瀬ら(2004)の式を用いた。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(C_x N)}{\partial x} + \frac{\partial(C_y N)}{\partial y} + \frac{\partial(C_\theta N)}{\partial \theta} \\ & = \frac{\kappa}{2\sigma} \left\{ \frac{\partial}{\partial y} \left( C C_g \cos^2 \theta \cdot \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{1}{2} C C_g \cos^2 \theta \cdot \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right\} - \varepsilon_b N \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $N$ は波作用量、 $C$ は波速、 $C_g$ は群速度、 $\sigma$ は角周波数、 $\kappa$ は回折影響係数、 $\varepsilon_b$ は碎波等によるエネルギー減衰係数であり、特性速度( $C_x$   $C_y$ および $C_\theta$ )はそれぞれ次のように表すことができる。

$$\begin{aligned} C_x & \\ & = C_g \cos \theta \\ & + U \\ C_y & \\ & = C_g \cos \theta \\ & + V \end{aligned}$$

$$C_\theta = \frac{\sigma}{\sinh 2kh} \left( \sin \theta \frac{\partial h}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial h}{\partial y} \right)$$

$$\begin{aligned}
& +\cos\theta\sin\theta\frac{\partial U}{\partial x}-\cos^2\theta\frac{\partial U}{\partial y} \\
& -\sin^2\theta\frac{\partial V}{\partial x} \\
& -\sin\theta\cos\theta\frac{\partial V}{\partial y}
\end{aligned}
\tag{4}$$

ここで、 $(U, V)$ は場の流速ベクトル、 $k$ は波数、 $h$ は水深である。

(ウ) 計算条件

入射波は沖波波向き；16方位、沖波波高； $H_o=1.0\text{m}$ 、沖波周期； $T_o=4.0、8.0\text{s}$ の不規則波で、周波数分割数は10、方向分割数は36とした。スペクトル形状はBretschneider-光易型で、方向関数は光易型方向関数とした。地形による反射波は考慮していない。想定される作業条件から、潮流流速1m/sに対しても計算を行った。

海底地形は深淺測量結果と海図から作成した。計算範囲は南北方向35km、東西方向24kmである。計算格子間隔（DX=DY）は100mとした。

(エ) 波浪変形計算結果

図5-4-16から図5-4-19は、それぞれ沖波の波向きがN、NW、S、周期4.0sの場合の波高分布および波向き分布の計算結果である。図中の白丸印は、計算結果を検証した波高計の設置地点である。また、表5-4-12は、波高計の測定地点における波高、周期、および波向きの計算結果をまとめたものである。実証フィールド内では、波浪の入射方向の瀬戸の入口側では波浪の低減は小さいが、瀬戸の奥に入るにしたがって、沖波に対する波高比で0.5~0.2に低減している。特に施工時期に卓越している波向きSでは、実証フィールド内の静穏性が高いことが読み取れる。図5-4-19は、沖波の波向きS、潮流流速1m/sでの計算結果である。施工時は潮流流速が小さい小潮時を想定しているため、潮流の波浪への影響は小さいことが示された。

表 5-4-12 波高計設置地点における波浪変形計算結果の例

				入射波条件								
				沖波波向き	NW	N	S					
				$H_o$ (m)	1.0	1.0	1.0					
				$T_o$ (s)	4.0	4.0	4.0					
				潮流条件								
							計算結果					
波高計地点	水深	X座標	Y座標	H (m)	T (s)	D (deg)	H (m)	T (s)	D (deg)	H (m)	T (s)	D (deg)
① 玄魚鼻地先	約29m	-17,652.55579	-62,089.50115	1.00	4.17	142.40	0.95	4.22	173.64	0.00	5.33	11.79
② 崎山鼻地先	約24m	-40,096.46695	-54,210.12701	0.05	4.08	182.56	0.06	4.32	186.47	0.78	4.14	347.27
③ 田ノ浦瀬戸	約28m	-24,286.15438	-62,370.52113	0.65	4.25	151.06	0.58	4.27	157.81	0.09	3.88	320.60
④ 奈留瀬戸	約27m	-18,959.98038	-56,204.15149	0.40	4.30	135.82	0.26	4.03	139.25	0.14	4.26	337.39

※波向きはNから時計回りで表示

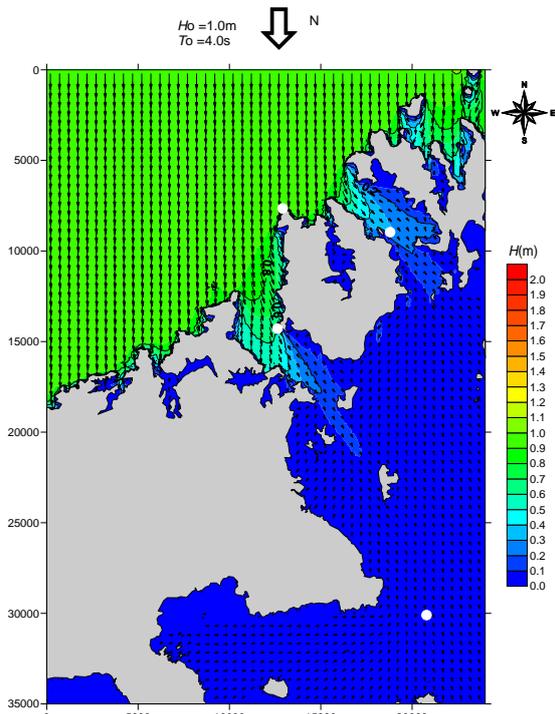


Fig-2. Distribution of wave height and wave direction (Offshore wave direction: N)

(U=0.0m/s, V=0.0m/s, Kr = 0.0)

図 5-4-16 波高計算結果 (波向き N)

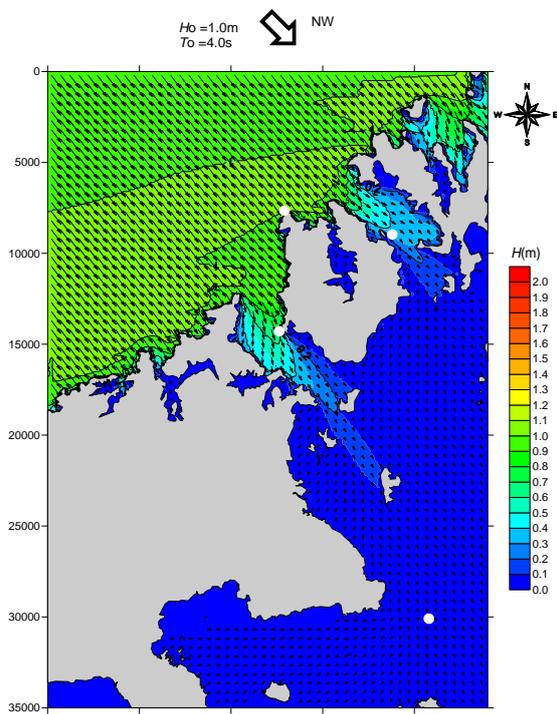


Fig-5. Distribution of wave height and wave direction (Offshore wave direction: NW)

(U=0.0m/s, V=0.0m/s, Kr = 0.0)

図 5-4-17 波高計算結果 (波向き NW)

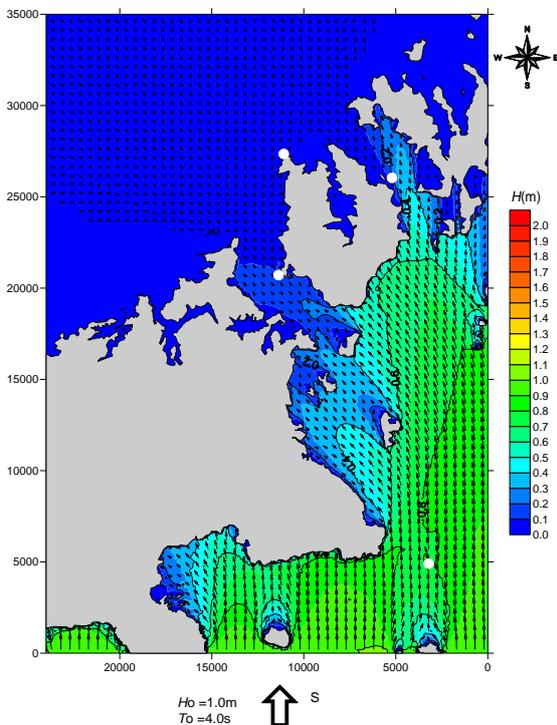


Fig-8. Distribution of wave height and wave direction (Offshore wave direction: S)

(U=0.0m/s, V=0.0m/s, Kr = 0.0)

図 5-4-18 波高計算結果 (波向き S)

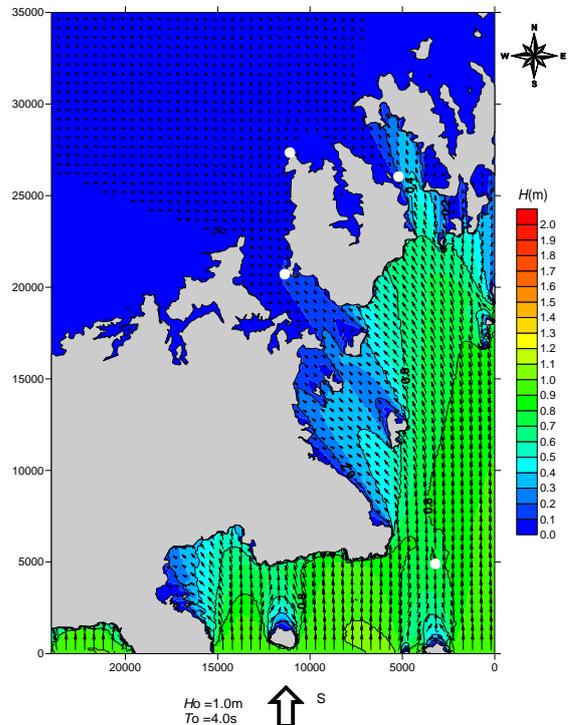


Fig-9. Distribution of wave height and wave direction (Offshore wave direction: S)

(U=1.0m/s, V=0.0m/s, Kr = 0.0)

図 5-4-19 波高計算結果 (波向き S、流速 1m/s)

#### IV. 水理模型実験

##### (ア) 業務内容

潮流発電装置設置時の挙動を確認するため、起重機船の模型を製作し、水理模型実験を実施した。実験では、施工時の吊荷の水中挙動についての基礎検討を行うとともに、施工に関する数値シミュレーションの適用性の検討データを取得した。

##### (イ) 水理模型実験概要

起重機船模型は、2,200t 吊級のジブ固定式起重機船をモデルとし、縮尺は 1/50 で製作した。本試験は、長さ 48m、幅 4m、高さ 2.5m の回流式造波水槽において実施した。水理模型実験の状況を図 5-4-20 に示す。実験では、起重機船のブームから水中に吊荷（ステンレス製円柱体）を吊り下げた状態で起重機船に波浪および流れを作用させ、船体動揺及び吊荷の水中挙動を画像解析により計測した。主な実験諸元を表 5-4-13 に示す。

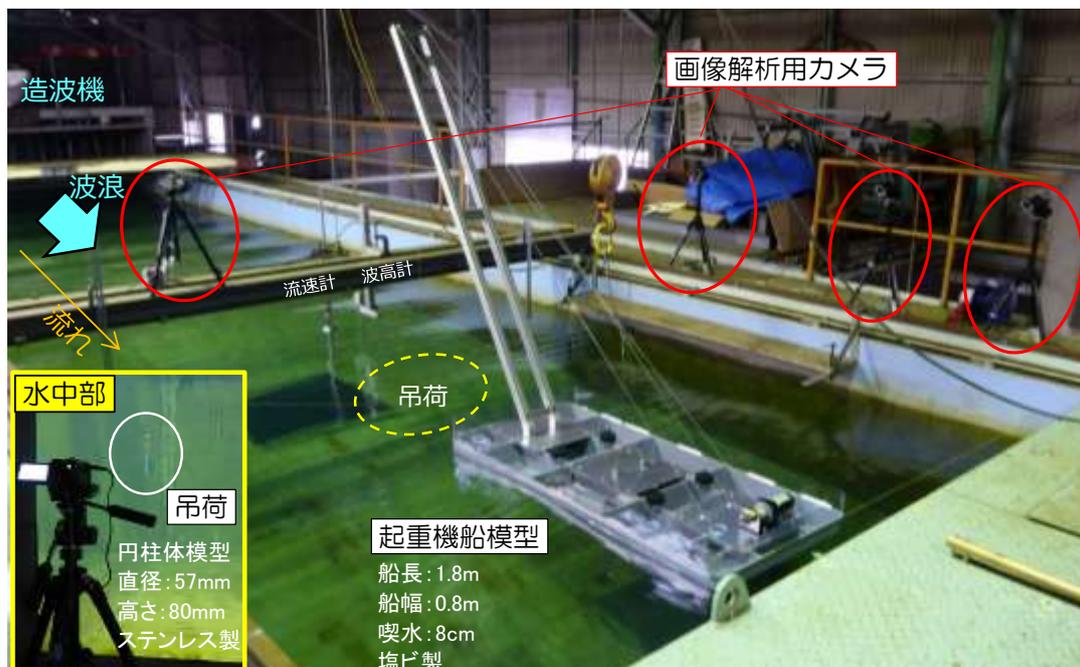


図 5-4-20 水理模型実験の状況

表 5-4-13 主な実験諸元

	現地縮尺	実験縮尺 (1/50)
波高	1.0 (m)	2.0 (cm)
周期	6、8、10、12、14 (s)	0.84、1.13、1.41、1.70、1.98 (s)
流速	0、1.0 (m/s)	0、0.14 (m/s)
船体係留角度	0° (正面)、45°、90° (右舷)	

(ウ) 起重機船、吊荷の動揺計測結果

起重機船に船首方向から波浪及び流れが同時に作用したときの船体動揺 (Surge, Heave, Pitch) の結果を図 5-4-21 に、吊荷の水中軌跡を図 5-4-22 に示す。結果は現地スケールに換算した値を示す。起重機船の Heave, Pitch および吊荷の揺れはともに周期が 10 秒のときに最も大きくなった。吊荷の揺れ振幅は、気中では水平方向に大きくなる場合が多いが、水中においては水平方向に比べて鉛直方向の揺れが卓越することがわかった。

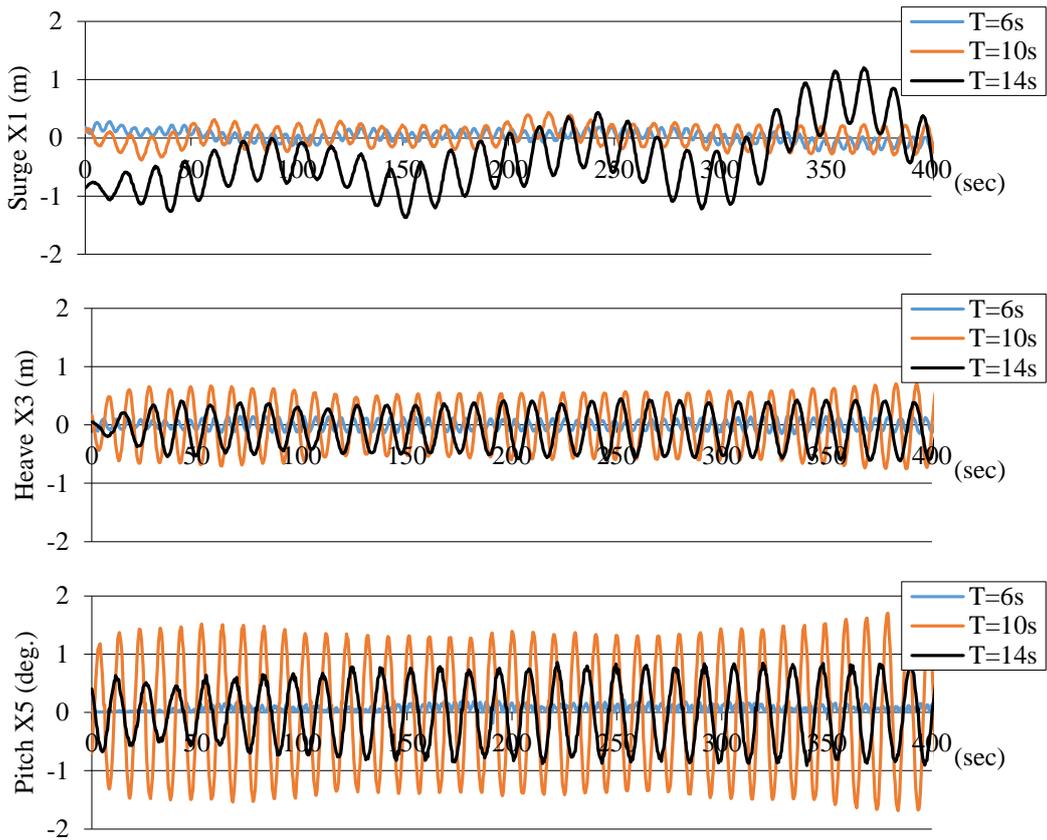


図 5-4-21 起重機船の船体動揺 (Surge, Heave, Pitch) の時系列

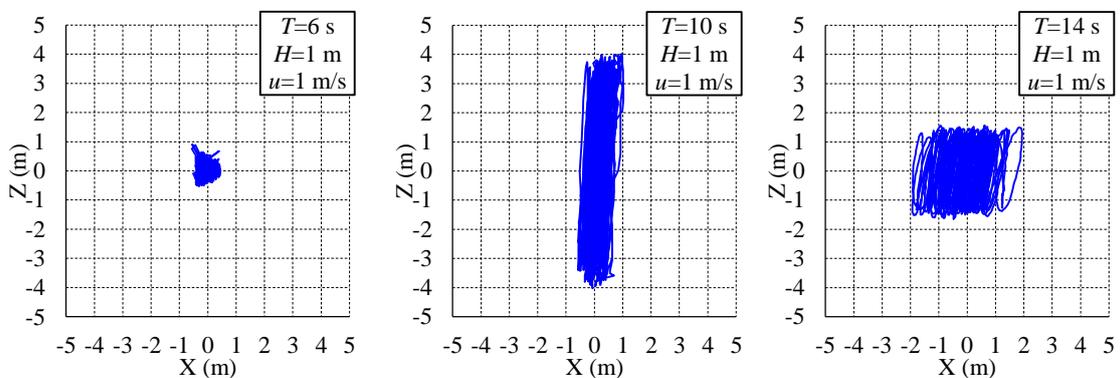


図 5-4-22 周期ごとの吊荷の水中軌跡

## V. 動揺解析

### (ア) 業務内容

本委託業務は、潮流発電装置の施工を想定し、波浪中における起重機船の船体動揺及び吊荷の水中挙動を予測する動揺数値シミュレーション手法を確立することを目的とする。本委託業務では、吊荷が気中にある状態を対象とした宮崎ら(2014)の数値シミュレーションを拡張し、吊荷が水中にある状態における吊荷の連成運動方程式を定式化した。また、水理模型実験によって、簡易形状の吊荷に対する数値シミュレーションの再現性を検証した。

### (イ) 解析座標系と計算仮定

数値シミュレーションの解析モデル及び船体に固定する xyz 座標系を図 5-4-23 に示す。静止水面に xy 平面を一致し、起重機船の中心線を x 軸、重心通る鉛直下方を z 軸とする。x 軸と  $\beta$  なる角度より、振幅  $h$ 、円周波数  $\omega$  の規則波が起重機船に入射する。起重機船は、x、y、z 軸の軸方向併進運動  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  と軸周りの回転運動  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$  の 6 自由度の運動 (Surge、Sway、Heave、Roll、Pitch、Yaw) を行う。吊荷は、x、y、z 軸方向の併進運動のみを行うものとし、yz 平面、xz 平面内の回転角度  $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、および、吊りライン  $l$  の伸び  $\Delta z$  の 3 自由運動をする。したがって、起重機船と吊荷の運動は合計 9 自由度の運動を行う。

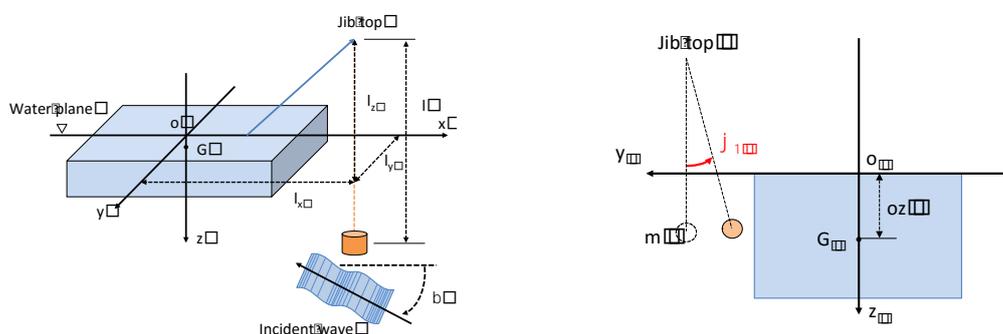


図 5-4-23 数値シミュレーションのモデルと起重機船の座標系

### (ウ) 運動方程式

Newton の質量保存則に基づき、起重機船と吊荷の運動方程式を次式で表示する。

$$\text{慣性力} = \text{流体力}$$

慣性力は、起重機船あるいは吊荷の質量とそれぞれの運動加速度との積である。流体力は、起重機船及び吊荷の運動に伴う流体攪乱による力と、入射波による起重機船、吊荷への強制力との和となる。よって、起重機船と吊荷の 9 自由度の運動方程式は次式となる。

$$\sum_{j=1}^9 [(m_{ij} + A_{ij}) \ddot{X}_j + B_{ij} \dot{X}_j + C_{ij} X_j] = E_i \quad \text{for } i = 1 \sim 9$$

ここに、 $i$ 、 $j$  は起重機船あるいは吊荷の各運動モードを示し、 $m_{ij}$  は一般化質量、 $A_{ij}$  は付加質量、 $B_{ij}$  は造波減衰力係数、 $C_{ij}$  は復元力係数、 $E_{ij}$  は入射波強制力を示す。

(エ) 起重機船、吊荷の動揺解析結果

水理模型実験と同様の諸元で動揺数値シミュレーションを行った。起重機船の船体動揺の運動振幅と入射波の周期との関係を図 5-4-24 に、起重機船の静止位置に原点 0 から見た吊荷の x、y、z 方向の運動振幅と入射波の周期との関係を図 5-4-25 に示す。それぞれの図の縦軸は、運動振幅を入射波の振幅  $h$  で割った値である。横軸は入射波の周期である。起重機船の Roll や Pitch の回転運動では周期 9 秒付近にピークが見られ、これに同調して吊荷の動揺が大きくなる特性が明らかになった。吊荷の Z 方向の挙動に着目すると、船体係留角度 0 度に比べ 90 度の方が振幅は小さくなるのがわかった。図中には水理模型実験の計測値を記している。数値シミュレーションは計測値と概ね一致し、起重機船の動揺特性が再現された。

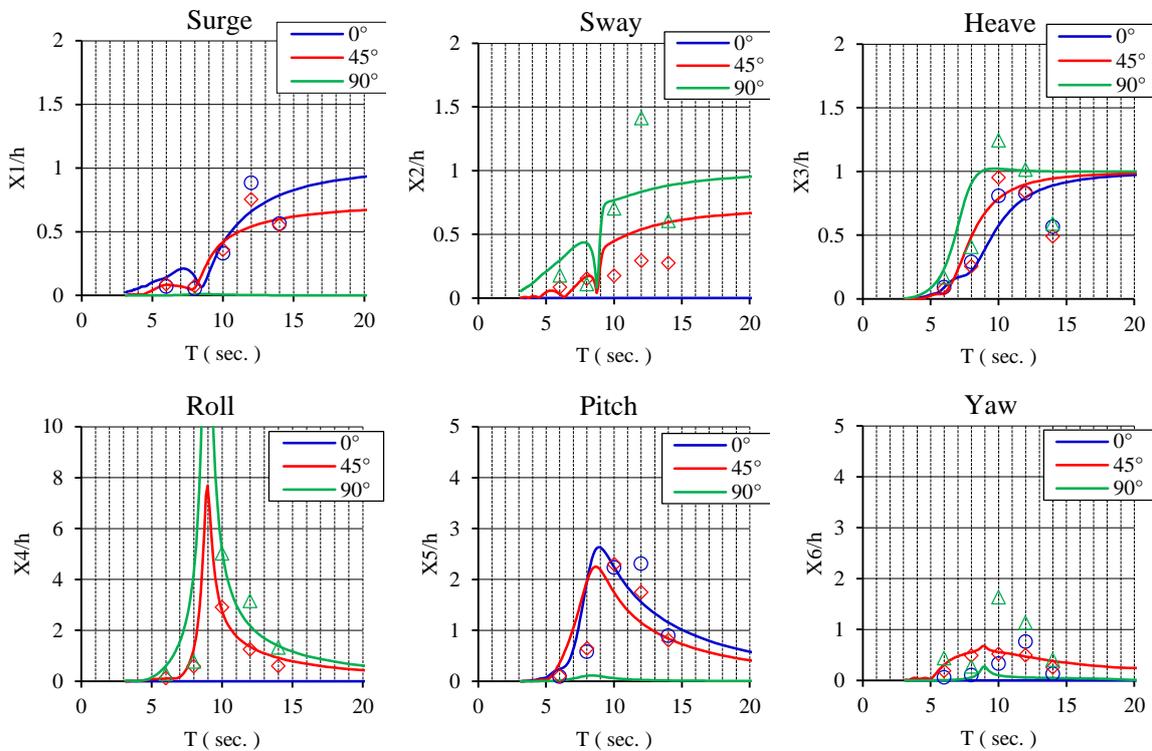


図 5-4-24 波浪周期に対する起重機船の船体運動振幅

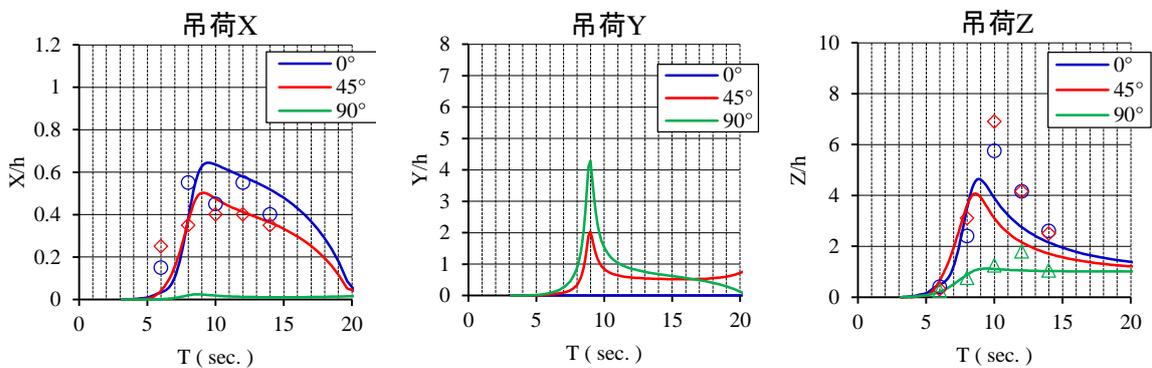
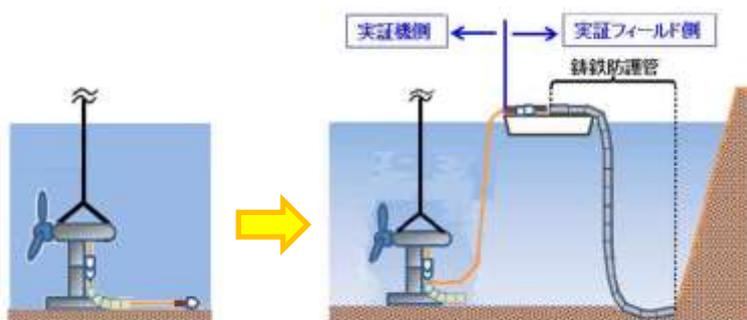


図 5-4-25 波浪周期に対する吊荷の運動振幅

#### 5.4.2. ケーブル布設方法

ケーブル布設方法として 図 5-4-26 に示すように、まず発電機側（海底ケーブル、水中コネクタ付）を海上輸送した後、海底に設置、その後に発電機側に付いた水中コネクタ（接続点②の片側）を引き揚げ、海底ケーブル（陸上変電所に至る側）に付いた水中コネクタ（接続点②のもう一方側）とを接続して海底に設置する。



a) 海上輸送後、発電機側海底設置      b) 水中コネクタ(接続点②)接続作業

図 5-4-26 海底ケーブル及び水中コネクタ（接続点②）の施工イメージ

上述において、施工上、課題が多いと思われる「発電機側」の海底ケーブル及び水中コネクタにおける港から設置海域までの輸送方法に関して検討する。現状検討中の方法として、図 5-4-27 に示す。海底ケーブルに与える張力を極力小さくするため、さらに海上輸送時に潮流の影響を排除するために ケーブル中間を 2 点支持する方法（図 c）を基本に、検討してゆく。

なお、この場合、発電機海底設置時にケーブル支持金具を取り外す必要があり、その手順、方法に関して、詳細検討する必要がある。



## 5.5. 運転・保守

### 5.5.1. 運転

潮流発電タービン（以下、タービン）のシステム構成の概略を図 5-5-1 に示す。タービンは海底ケーブルおよび陸上設備を中継して系統に接続されている。陸上設備及びタービンの電気系統の概略図を図 5-5-2 に示す。タービンと陸上の通信は海底ケーブル中の光ファイバを介して行う。ネットワーク構成を図 5-5-3 に示す。

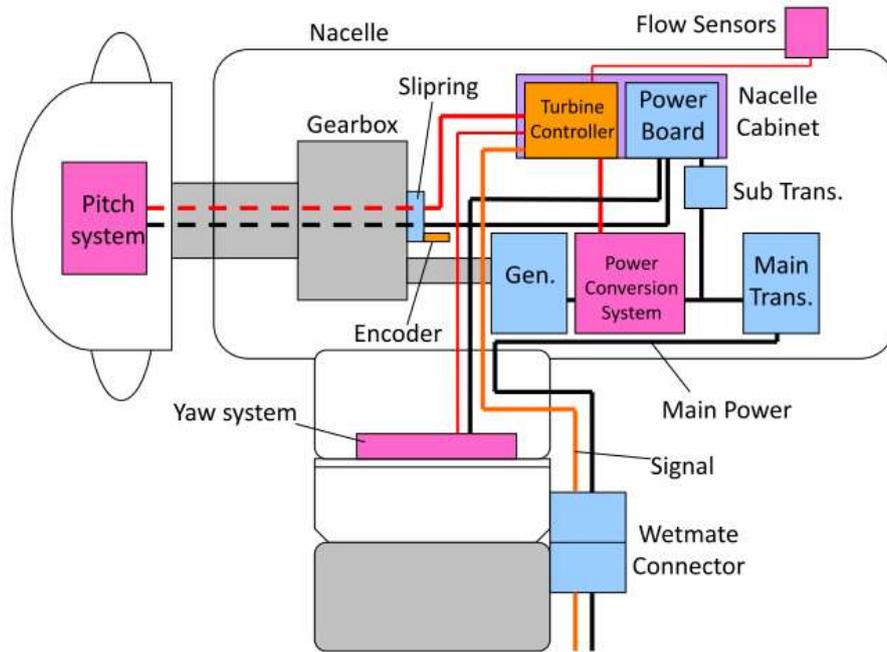


図 5-5-1 システム構成概略図

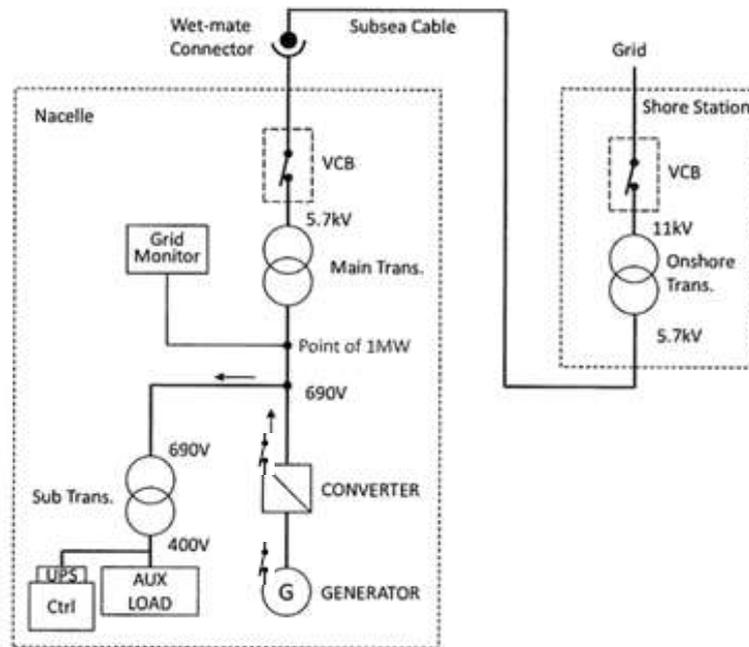


図 5-5-2 電気系統の概略図

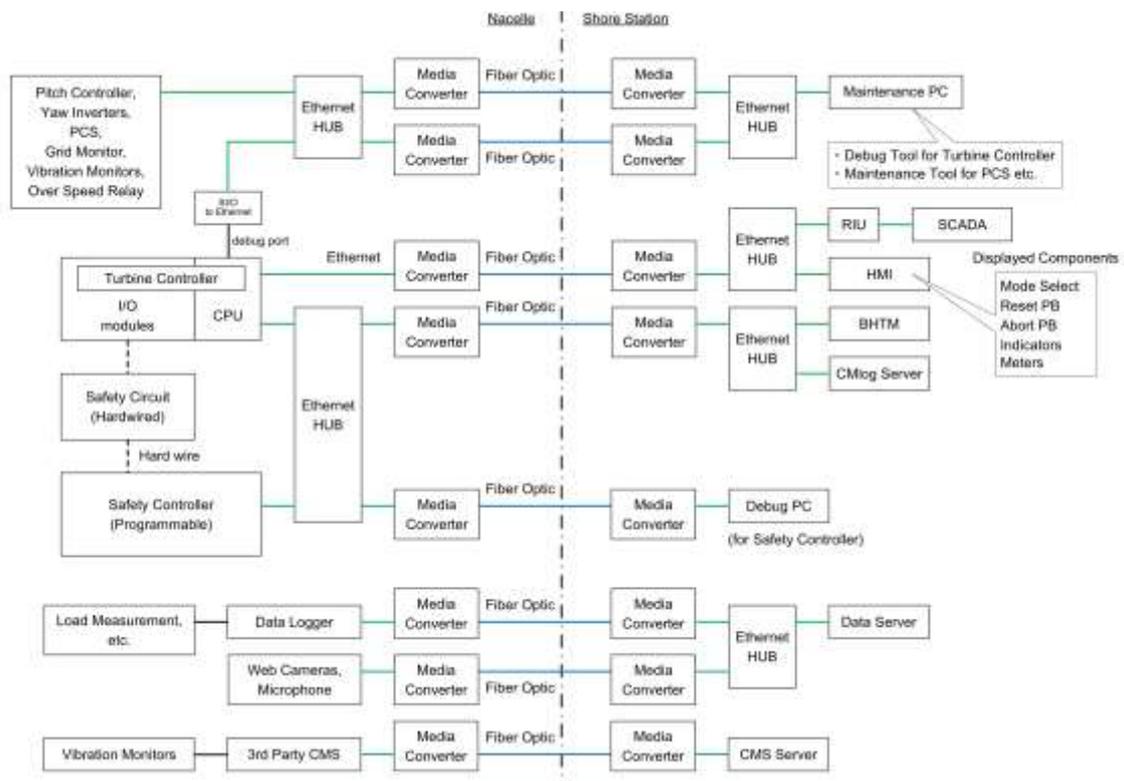


図 5-5-3 ネットワーク構成図

## (1) タービンコントローラ（TCS）の機能

タービンコントローラは主に以下の機能を有する。

- ・ 発電制御

ピッチシステム、コンバータ、ヨーシステム等を連動制御し、潮流速度に応じた発電開始／停止（cut in/out/off）の制御、発電中の効率維持制御（発電機トルク制御、ピッチ角制御、ヨートラッキング）などを行う。

- ・ 補機制御

冷却水循環システム（発電機、コンバータ用）、増速機潤滑システム、油圧制御システム（ロータブレーキ、ヨーブレーキ用）、除湿機などの運転／停止を管理する。

- ・ 故障診断と対応

各サブシステムの故障監視（異常信号モニタ、コマンド応答確認など）を行い、検出した故障に対応したレベルの対応（shutdown）を行う。

- ・ 運転データ収集

各機器やサブシステムの運転状態や発電量等のデータを収集し、陸上へ送信する。

- ・ 遠隔監視／操作対応

陸上に設置した HMI や SCADA などに対して状態データを送信する。またこれらからの操作に応じて、タービンや個別機器の起動や停止などを行う。

## (2) 安全システム（SS）の機能

安全システムは、故障発生時にタービンの安全性を確保するためのシステムで、GL ガイドラインにてその実装が義務付けられている。GL ガイドラインにおける制御システム（本タービンでは TCS が相当）と安全システムの関係図を図 5-5-4 に示す。安全システムはタービンコントローラの上位システムに位置づけられており、機器の故障や異常状態を検知するとタービンコントローラからの指令に関わらずタービンを安全な状態に移行（shutdown）させる。システムは主に安全コントローラと周辺ハードワイヤ回路、ブレーキシステム（ピッチフェザー、ロータブレーキ、ヨーブレーキ）で構成される。なお安全システムの対応も原因によりレベル分けされており、レベルに応じて停止範囲や停止方法が異なる。タービンコントローラおよび安全システムの電源はナセル内に設置した UPS でバックアップされており、系統側電源が喪失しても一定時間機能を維持できる。なお安全システムは UPS バックアップ電源が喪失すると自動的にタービンが安全な状態となるような回路構成となっている。

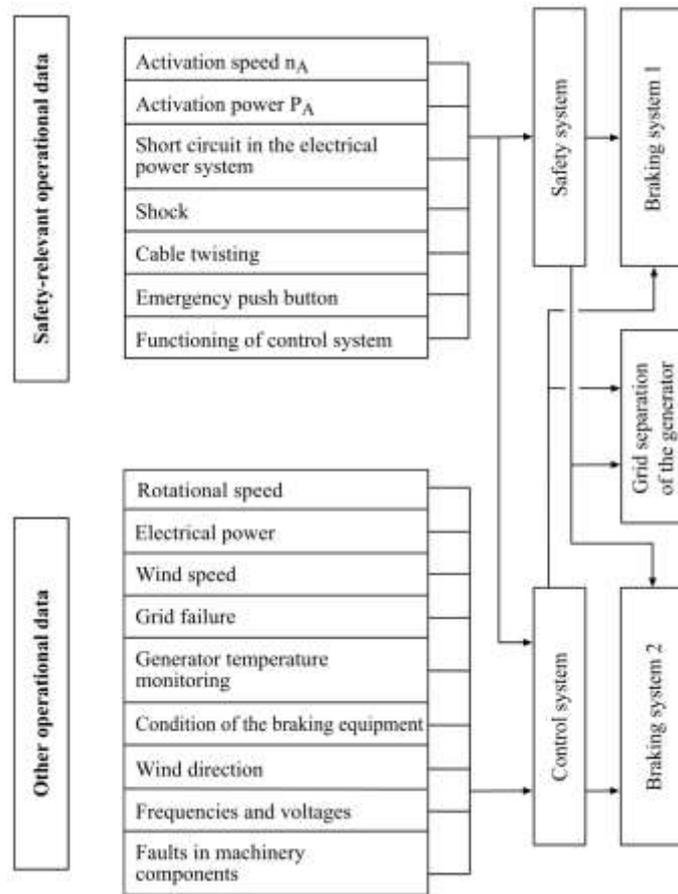


図 5-5-4 GL ガイドラインにおける安全システムの位置づけ<sup>16</sup>

## 5.5.2. 保守

### (1) 潮流発電装置の保守計画

潮流発電装置は多くの機械品や電気品から構成されており、定期的に保守が必要となる。そのため、保守が必要となる機械品および電気品が内蔵したナセル部をベースから切り離し、ナセル部だけを港に持ち込み保守作業を行う。保守とは点検・交換・修理などのメンテナンスを指しているが、点検を主とした作業で、近くの港などに用意した設置場所で行う A メンテナンス、重量物の部品交換や修理作業を、実施可能な工場に持ち込んで行う B メンテナンスの 2 種類に分けて適宜行う。その定義を表 5-5-1 に示す。

<sup>16</sup>本件の場合、TCS が“Control system”に相当し、ピッチシステム、ヨーブレーキ、ロータブレーキが“Braking system”に相当する。

表 5-5-1 A メンテナンスと B メンテナンスの定義

種類	港	実施時期	保守内容
A メンテナンス	近くの港の 設置場所 (仮設場所)	2 年間隔	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検が主となるメンテナンス。</li> <li>・ナセル外殻を外して内部の重量物等を交換する作業などは不可。</li> <li>・400V を供給しタービンコントローラの動作及び補機動作が可能。</li> </ul>
B メンテナンス	工場	5 年間隔	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交換・修理が主となるメンテナンス。</li> <li>・外部電源から 690V を接続することにより、コントローラや補機動作のみならず、発電機の動作も可能。</li> </ul>

ナセルを海底から引き揚げる場合には、装置に異常がない限りブレードを逆 Y 字の状態にロータロックを掛けて引き揚げる。そのため、引き揚げ前にはブレードを逆 Y 字状態に調整するロータのインチング操作を行う。また、ナセルのベースからの切離す前にはナセルの電源を切断しなければならないため、陸上遮断機を開く操作を行う。

ナセルの再設置ではナセルをベースにドッキングすると共に水中コネクタの接続作業を行う海洋工事の他、陸側遮断機を閉じて再起動させる作業を行う。

ナセル内及びハブ内は密閉空間であり、またナセル引き揚げ後には何らかの理由により内部の酸素が不足している可能性がある。そのため、ナセル内・ハブ内に立ち入るときには十分換気してから立ち入ることとする。換気に際しては全てのハッチを開けて換気を良くするだけでなく、立ち入り時には携帯型酸素濃度計を付けて中へ入る。

この他、メンテナンス中にはタービンコントローラ等の補機を動作させる保守も必要であり、外部より電力を供給する場合がある。そのためナセル内、ハブ内、ナセルタワー内で作業する場合には、十分感電対策を行い、作業を実施する。

## (2) 保守時の施工方法

表 5-5-2 に一括設置方法の施工フローを示す。メンテナンス時のタービン本体組立の揚収・再設置にはヒープコンペンセータウインチを艀装した DP 船を用い、ヒープ動揺による影響の低減を図る。

表 5-5-2 メンテナンス時のタービン本体組立の揚収・再設置フロー (1/2)

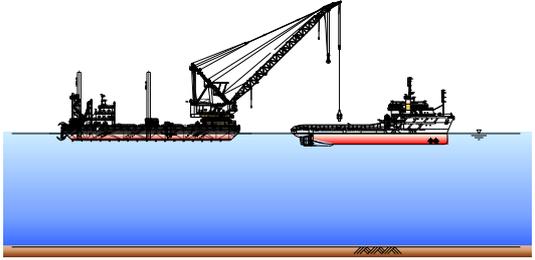
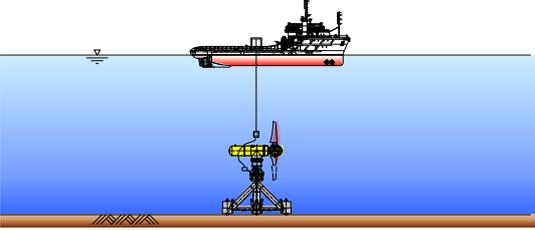
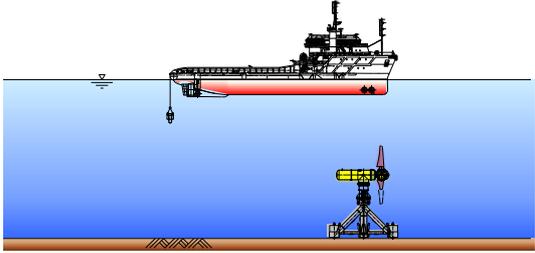
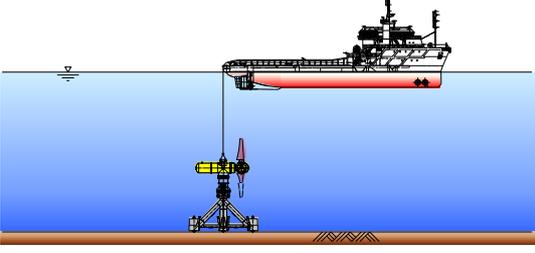
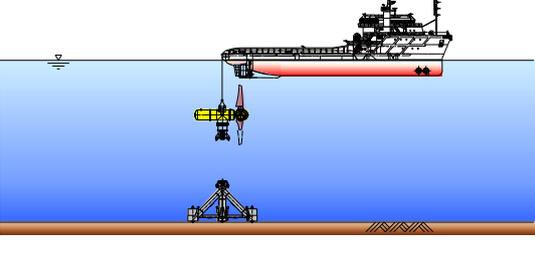
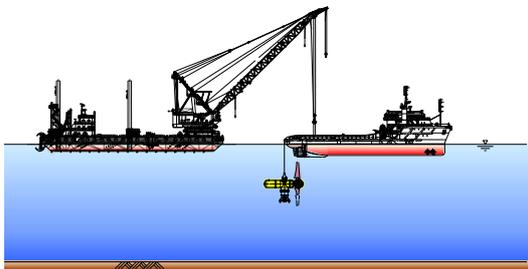
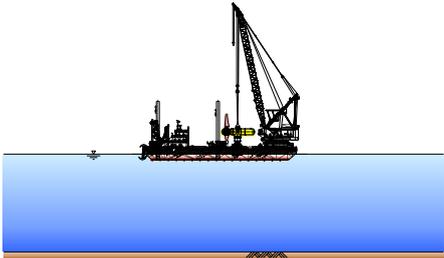
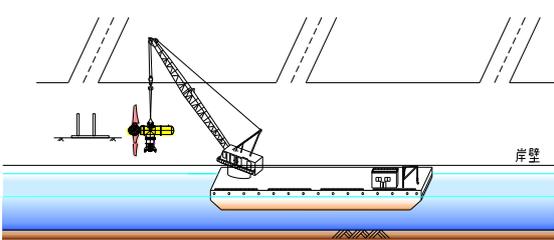
順序	項目	施工状況図	概要
1	準備作業		<p>・現場海域にて吊治具準備。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、DP船、ROV母船、曳船</p>
2	水中コネクタ解除		<p>・ROVにて水中コネクタ解除。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、DP船、ROV母船、曳船</p>
3	DP船位置決め		<p>・DP船を所定の位置へ移動、位置決め。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、DP船、ROV母船、曳船</p>
4	水中玉掛け		<p>・吊治具を吊り降ろし、水中にてタービン本体組立に玉掛けする。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、DP船、ROV母船、曳船</p>
5	分離・吊上げ		<p>・タービン本体組立をヒープコンペンセータウインチで吊上げる。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、DP船、ROV母船、曳船</p>

表 5-5-2 メンテナンス時のタービン本体組立の揚収・再設置フロー (2/2)

順序	項目	施工状況図	概要
6	回収準備	 <p>The diagram shows a crane ship on the surface with a crane lifting a yellow turbine assembly from the seabed. A smaller support vessel is nearby.</p>	<p>・水深の深い静穏域にて、タービン本体組立を中型起重機船に吊り替える。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、DP船、ROV母船、曳船</p>
7	海上運搬	 <p>The diagram shows a crane ship on the surface with a yellow turbine assembly mounted on its deck. The seabed is visible below.</p>	<p>・中型起重機船の船上にタービン本体組立を配置して福江港まで海上運搬する。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、曳船</p>
8	タービン本体組立陸揚	 <p>The diagram shows a crane ship at a shore with a crane lifting a yellow turbine assembly onto a structure on the shore. The seabed and water are visible.</p>	<p>・中型起重機船にて、福江港ヤードへ陸揚、メンテナンス作業を実施。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、曳船</p>
9	タービン本体組立再設置		<p>・タービン本体組立の再設置は上記手順8～1までを順次実施する。</p>

## 5.6. 撤去工

表 5-6-1 に潮流発電装置の撤去フローを示す。撤去工では、中型起重機船を用いた分割撤去方式を採用する。

表 5-6-1 潮流発電装置の撤去フロー (1/2)

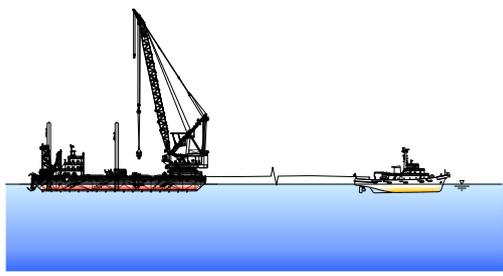
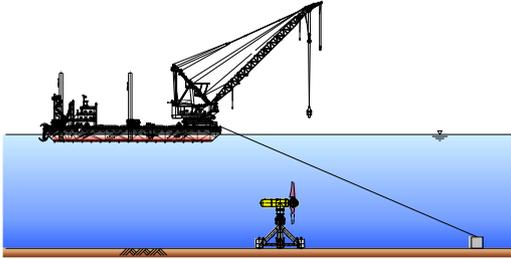
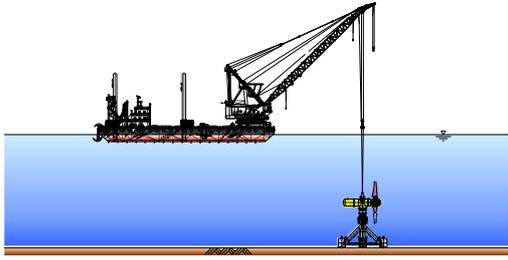
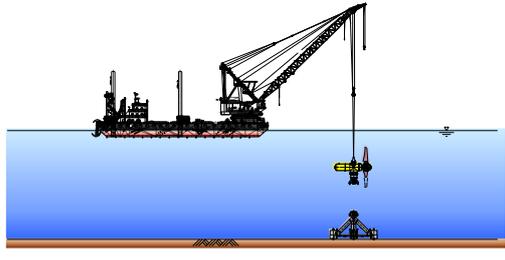
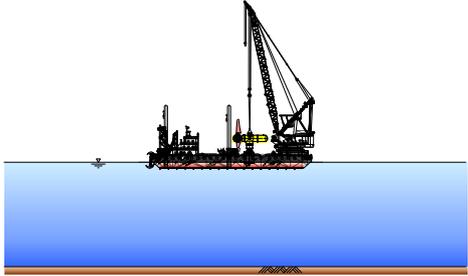
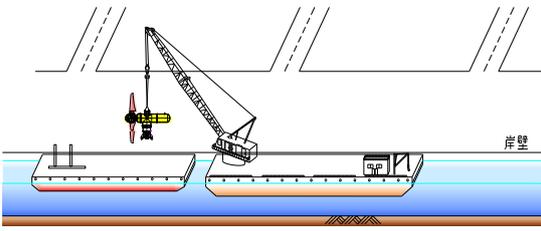
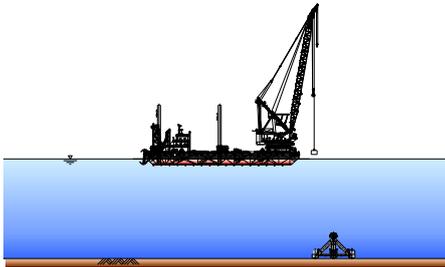
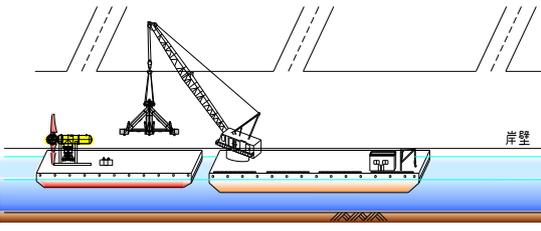
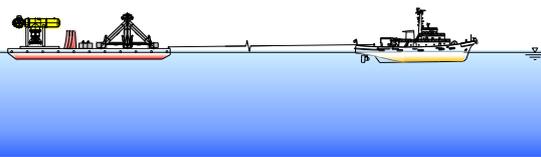
順序	項目	施工状況図	概要
1	準備作業		<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場海域へ曳航する。</li> </ul> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、ROV母船、曳船</p>
2	中型起重機船位置決め		<ul style="list-style-type: none"> <li>・中型起重機船を所定の位置へ移動、位置決め。</li> </ul> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、ROV母船、曳船</p>
3	水中玉掛け		<ul style="list-style-type: none"> <li>・吊治具を吊り降ろし、水中にてタービン本体組立に玉掛けする。</li> <li>・ROVにより水中コネクタを解除する。</li> </ul> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、ROV母船、曳船</p>
4	分離・吊上げ		<ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン本体組立を中型起重機船で吊上げる。</li> </ul> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、ROV母船、曳船</p>
5	海上運搬		<ul style="list-style-type: none"> <li>・中型起重機船の船上にタービン本体組立を配置して福江港まで海上運搬する。</li> </ul> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、曳船</p>

表 5-6-1 潮流発電装置の撤去フロー (2/2)

順序	項目	施工状況図	概要
6	タービン 本体組立 積込		<p>・中型起重機船にて、海上運搬用の鋼台船へタービン本体組立を積込む。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、鋼台船</p>
7	ベースシン カー、ター ビンベース 撤去		<p>・中型起重機船にてベースシンカー、タービンベースを撤去する。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、ROV母船、曳船</p>
8	ベースシン カー、ター ビンベース 積込		<p>・中型起重機船にて、海上運搬用の鋼台船へベースシンカー、タービンベースを積込む。</p> <p>【主要船舶機械】 中型起重機船、鋼台船</p>
9	海上運搬		<p>・福江港から播磨へ潮流発電装置を海上運搬する。</p> <p>【主要船舶機械】 鋼台船、曳船</p>

## 6. 今後の実施内容

本委託業務は、環境負荷を低減した事業性の高い潮流発電の技術を実用化するために、長崎県五島市沖において国内最大級の1MW級潮流発電システムの実証研究の実施することを目的とし、本年度は、適地選定調査、設計、施工検討及び事業計画や経済性に関する実現可能性調査等を実施し、次年度以降に実証に当たっての課題の検証等を実施し、5ヵ年計画で実証試験の実施を目指す。

### 6.1. 平成 26 年度の実施内容

本年度では以下のFS内容を実施し、次年度以降のための基礎データをまとめた。

- (1) デバイスの設置、海底ケーブルの布設、その他海洋工事のための許認可申請に必要な法規・許認可調査。
- (2) 田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸における実証フィールドの地形や流速等のデータを元にした潮流発電装置の最適設置点分析のためのシミュレーション。
- (3) 実証候補地1次調査として、実証フィールド全域（2海域）の概要を把握するために、潮流速、波浪、海水温、風況、海底面起伏、海底面地質・海底下地層調査、地質サンプル採取、付着生物調査試験体設置等の調査を実施。1次調査では、現地データの取得、1次処理、解析及び実証候補地絞込みのための検討を行い、2海域についてそれぞれ1地点の候補地を選定した。
- (4) 実証候補地の選定における1次調査結果から基礎資料整理により、環境影響に関する検討を行った。
- (5) 発電規模 1MW、ロータ直径18m 程度の実証試験装置に必要な基礎部（ベース）について、田ノ浦瀬戸、奈留瀬戸の実証場所海底地形や地質条件の調査結果から、設計変更部の把握と概略設計変更を行った。
- (6) メンテナンス時のナセル着脱に必要な水中コネクタは海外の製品が主であるため、適用調査を行った。
- (7) 実証候補地で系統連系するための陸上変電設備、海底ケーブル、陸上変電設備の基礎検討を行う。陸上変電設備における陸上連系点との連系方法について、電力会社、地元自治体等を含めて検討した。
- (8) 実証候補地でのデバイスの設置、メンテナンス時を想定したナセルの回収・設置方法について概略施工計画の立案及び技術開発課題の抽出を行った。
- (9) デバイス設置時の挙動確認のための予備水理実験を行う。そのために、作業船模型の製作・調整や施工時の吊荷の挙動予備試験を行った。

- (10) 波浪予測、動揺解析等、施工に関する数値シミュレーション手法を確立するために、入力データ作成のための資料収集、既存プログラムの拡張、数値シミュレーションの適用性検討を行った。
- (11) 潮流発電の海外先行事例について、文献調査及び海外動向調査等を行い、発電事業にかかる事業費や発電コスト等を調査した。調査結果を参考に、本実証研究及び事業化時を想定し、発電設備の開発製造及び設置にかかる費用検証を行い、また海底ケーブルの開発製造や敷設、陸上変電設備等にかかる費用検証を行った。費用は設計情報及び実証場所の調査情報をもとに、発電量、装置コスト、設置コスト、メンテナンスコスト、運用コスト、撤去コストを推定した。
- (12) 地元自治体等と社会受容性の検討を行う地域協議会（2回）、外部有識者による評価委員会（2回）をそれぞれ開催し、地域協調すると共に、有識者から助言等を受けた。

## 6.2. 平成 27 年度の実施予定内容

本年度のFS結果を受け、次年度以降では以下の(1)~(2)のFS内容を実施する。

### (1) 実測調査

実証候補地2次調査として、本年度で選定した候補地2点について、1次選定よりも詳細に潮流速、波浪、海水温、風況等の現地データを取得し、1次処理、解析を行いデバイス設置候補地の最終選考のための基礎資料をとりまとめること。2次調査は4季の調査とし、本年度は冬季の調査を実施する。

### (2) 潮流シミュレーション

海水密度や水温、塩分の鉛直分布等のデータを元に、潮流発電装置が実証海域の環境影響分析のための高精度潮流シミュレーションを実施。

### (3) 環境影響評価

方法書の作成を行い、将来の潮流発電事業における環境影響評価の参考となるように標準的な項目や手法に対する検討を行う。

### (4) 試験装置基礎部の設計

次年度ではベースの基本設計を行う。その中には、ナセルとベースを一体設置するための吊方式の検討等も実施する。

### (5) 水中コネクタの適用

適用検討した水中コネクタにてセルとベースの接続/解除のためのドッキングシステムの基本設計を行う。その際には日本での使用に問題ないかも含め検討する。

### (6) 陸上変電設備、海底ケーブルの検討

引き続き、陸上変電設備、海底ケーブル、陸上変電設備の基礎検討を行う。実証試

験計画の陸上変電設備では系統連系協議を元に地元自治体との協議も含め進める。

(7) 実証試験装置の設置方法の検討

本年度の施工検討により抽出した技術開発課題に対して基本検討を実施する。

(8) デバイス設置に関する水理模型実験

本年度に引き続き、施工時の吊荷の挙動把握のため、作業船模型による実験、データ整理、解析を実施する。また、施工に関する数値シミュレーションの適用性の検討データを取得する。

(9) 施工数値シミュレーションの確立

調査した施工シミュレーションのプログラム拡張、構築を行う。

(10) 経済性評価

算出した発電設備の費用について、発電事業者の事業採算性及び装置サプライヤーや施工事業者の事業採算性を市場性も含め評価する。さらに装置の大型化検討や装置の設置台数の影響も考慮して行う。装置サプライヤー及び施工事業者としての事業採算性評価については、世界全体の市場規模を推定して装置の売上高と利益率を推定し、それに装置の量産及び据付施工に必要となる設備投資額を加味して行う。

(11) 地域協議会や評価委員会の開催

次年度以降も引き続き地域協議会、外部有識者による評価委員会を開催し、有識者から助言等を受ける。

(12) その他

この他、潮流発電実証試験のために独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「海洋エネルギー技術研究開発/次世代海洋エネルギー発電技術研究開発」と連携して、発電装置の要素技術開発、試験装置の製作を行う。

### 6.3. 実証実施に向けたスケジュール

本委託業務では、今年度次年度のFSを通じて将来の事業採算性を十分に自主評価し、普及の見込みを確認したうえで多額のコストが発生する製造段階に進み、最終的な実証の実施を目指すものである。3年目からの発電装置の製作、陸上設備の製作においては、後の実証に十分な期間を確保できるよう、詳細設計と一部の製作工程を並行させ、平成29年度中には発電装置の製作を完了させる。

発電装置の設置に先立ち、現地組み立て、設置工事が速やかに行えるよう、ケーブル布設及び現地組み立て工事の施工計画検討、準備工事を計画的に行う。また、海洋工事の実施に際しては、工事の安全の確保、また、無駄な待機ロスの発生を避けるため、十分に海

象条件を確認し、可能な限り速やかな設置工事を実現するため、平成30年度の春先に設置工事を行う。

#### 6.4. 実施スケジュール（案）

5年間のスケジュールを図6-4-1に示す。



図 6-4-1 5年間のスケジュール

#### 6.5. 平成27年度計画

##### 6.5.1. 2次調査

###### (1) 調査の概要

潮流発電実証機の設置位置を決定するため、平成26年度に実施した実証フィールド概要調査（1次調査）で選定された候補海域について詳細な海象調査を行う。対象海域は奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸のそれぞれ1つの候補海域とする。気象調査は引き続き、両海域の中間に位置する久賀島折り紙展望台において観測する。また、設置候補地点の海底の状況や既存の海底ケーブルの状態を調査する。

表6-5-1に2次調査の工程を示す。なお、2次調査は1年間の四季調査であり、冬季調査は平成26年度に実施しているため、平成27年度は春季・夏季・秋季調査を実施する。図6-5-1に2次調査の調査地点を示す。

表 6-5-1 2次調査の工程

調査項目	場所	平成27年												平成28年			
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
流速曳航調査	奈留・田ノ浦瀬戸			===		===			===								
流速固定点調査	奈留・田ノ浦瀬戸			===		===			===			===					
海洋乱流調査	奈留・田ノ浦瀬戸			===		===			===								
波浪調査	奈留・田ノ浦瀬戸 玄魚鼻・崎山鼻沖	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===
風況調査	久賀島	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===	===
水温調査	奈留・田ノ浦瀬戸			===		===			===			===					
海底地盤調査	奈留・田ノ浦瀬戸					===			===								
生物付着調査	奈留瀬戸			===		===			===			===					===



図 6-5-1 2次調査の調査地点

## (2) 流速曳航調査（平面分布）

### 調査目的

大潮における最大潮流流速の平面分布を詳細に調査し、実証機設置の最適地点や発電性能の検討に適用する。小潮における最大流速と潮留まりにおける流速平面分布を調査し、施工検討に適用する。

### 調査地点

奈留瀬戸の久賀島早崎沖及び田ノ浦瀬戸の久賀島長崎鼻沖の海域とする。大潮の調査は実証機設置地点の候補海域、小潮の調査は施工時の起重機船の配置を考慮して候補海域の周辺海域を含めて実施する。

### 調査時期

実証機の設置工程に合わせて春季、密度成層の影響などの検討のために夏季に調査する。

### 調査方法

1次調査と同様に、調査船に ADCP を艀装して調査海域を航走する。海面から海底面までの水深 1m ごとの流速を計測する。

## (3) 流速固定点調査（時間変化）

### 調査目的

潮流流速の時間変化を調査し、発電ポテンシャルの検討、潮流シミュレーションの検証や施工検討に適用する。

### 調査地点

奈留瀬戸の久賀島早崎沖及び田ノ浦瀬戸の久賀島長崎鼻沖で、実証機設置地点の候補海域において計測する。

### 調査時期

春季、夏季、秋季に 2 潮汐 1 か月間、調査する。

### 調査方法

1次調査と同様に、ADCP を海底に設置して、海面から海底面までの水深 1m ごとの流速を計測する。

#### (4) 海洋乱流調査

##### 調査目的

潮流流速の乱流強度の時間変化を調査し、発電装置のブレードの設計に適用する。

##### 調査地点

奈留瀬戸の久賀島早崎沖及び田ノ浦瀬戸の久賀島長崎鼻沖で、実証機設置地点の候補海域において計測する。

##### 調査時期

春季の大潮の1週間、調査する。

##### 調査方法

高速サンプリングが可能な ADCP を海底に設置して、海底面から 20m 上方の流速を計測する。

#### (5) 波浪調査

##### 調査目的

外洋と実証機設置候補海域の波浪を調査し、施工の稼働率や施工の可否の検討に適用する。波浪予測シミュレーションの検証データとしても利用する。

##### 調査地点

五島北側の外洋海域として久賀島玄魚鼻沖、南側の外洋海域として福江島崎山沖、奈留瀬戸の久賀島早崎沖及び田ノ浦瀬戸の福江島半泊浦沖の4点において計測する。

##### 調査時期

1次調査から継続して通年調査する。

##### 調査方法

波高計を海底に設置して、波高、周期や波向きなどを計測する。

#### (6) 風況調査

##### 調査目的

実証機設置候補海域周辺の風況を調査し、波浪予測シミュレーションの検証データとして利用する。

#### 調査地点

久賀島折り紙展望台において計測する。

#### 調査時期

1次調査から継続して通年調査する。

#### 調査方法

風況計を高さ 10m のポールに設置して、風速や風向などを計測する。

### (7) 水温調査

#### 調査目的

実証機設置候補海域の水温を調査し、発電装置の設計や環境影響評価に適用する。

#### 調査地点

奈留瀬戸の久賀島早崎沖及び田ノ浦瀬戸の久賀島長崎鼻沖で、実証機設置地点の候補海域において計測する。また、波高計のメンテナンス時に波高計設置地点で鉛直分布を計測する。

#### 調査時期

春季、夏季、秋季に2潮汐1か月間、調査する。

#### 調査方法

1次調査と同様に、水温計を海底面上 1m、中層及び海面下 1m に設置して、水温を計測する。また、波高計のメンテナンス時には船上から、投込み式水温計で水温や塩分濃度の鉛直分布を計測する。

### (8) 海底地盤調査

#### 調査目的

実証機設置候補海域の海底地盤を調査し、発電装置の設置可否の判断に適用する。また、既設の海底ケーブルの布設経路や状況を確認し、施工検討に適用する。

#### 調査地点

奈留瀬戸の久賀島早崎沖及び田ノ浦瀬戸の久賀島長崎鼻沖で、実証機設置地点の候補海域の海底地盤を調査する。奈留瀬戸の海底ケーブルの布設経路を調査する。

#### 調査時期

春季に調査する。

#### 調査方法

1次調査の海底面地質調査と同様に、調査船からサイドスキャンを吊下げ曳航し、海底ケーブルの布設経路を調査する。その結果をもとにROVを使用して海底ケーブルの布設状況をビデオ撮影し確認する。

#### (9) 生物付着調査

##### 調査目的

実証機のナセルやブレードに付着する生物を調査し、潮流発電装置のメンテナンス計画の策定に適用する。

##### 調査地点

奈留瀬戸の久賀島早崎沖の海域にテストピースを設置する。

##### 調査時期

平成26年3月上旬にテストピースを設置し、2年間存置する、四季にテストピースを回収し生物の付着状況を調査する。

##### 調査方法

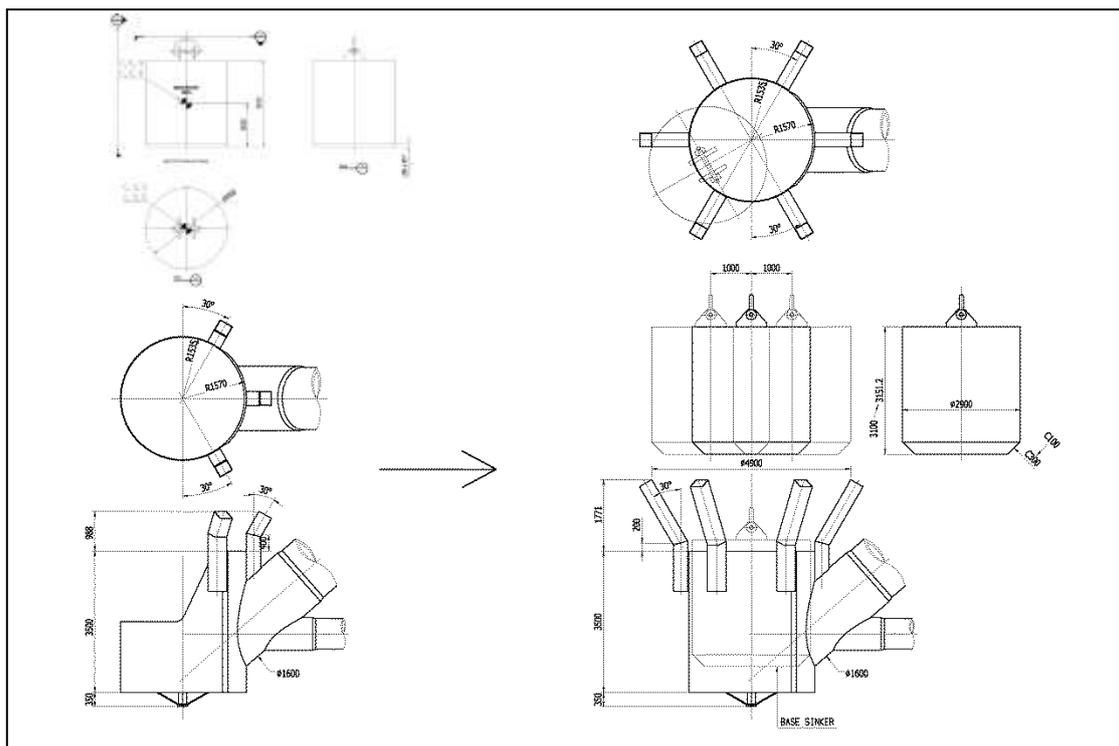
ナセルやブレードの生材、塗装したテストピース及び熱交換器のテストピースを回収し、付着生物の種類や付着量を調査する。また、高圧洗浄水を噴射し、付着生物の除去作業の状況を確認する。その他、着脱部テストピースの両端に載荷して引剥しに必要な荷重を確認する。

### 6.5.2. 潮流発電システム

本事業は、定格出力 1MW、ロータ直径が約 18m、デバイスの総重量約 800 トン、海底からロータ中心までの高さ約 20m の着定式潮流発電システムの実証研究を予定しており、発電した電力は 6.6kV の海底ケーブルで陸上に送電し、陸上変電所で 66kV に昇圧し、系統連系する予定である。ナセル設計については、別途 NEDO 事業で実施し、本事業ではタービンベースの設計、施工、海底ケーブルの敷設等の検討を行う。

#### (1) タービンベース：シンカー受け・形状の見直し

実証候補地に応じた設置工事を考慮したタービンベースのシンカー受け形状の設計を実施した。分割設置のためにはタービンベース設置後にシンカー受け部へ敷設作業が必要となるが、実証海域の海象条件、作業船を考慮すると設置精度は $\pm 1.0\text{m}$  の対応が必要となった。そのためシンカー受けの形状、シンカー形状を図 6-5-2 に示す形状に変更した。今後は本形状で確実に敷設できるのか解析や模型実験によるシンカー挿入確認を行う。



(a) 旧形状

(b) 新形状(案)

図 6-5-2 基礎部シンカー受け・シンカー形状の変更

(2) ベース底面突起形状の検討

重力方式基礎は支持構造を固定するための摩擦力の確保が重要であり、接触部を突起形状にすることで、先端の突起部が海底面岩盤に食い込み、摩擦力を確保する方法を採用している（図 6-5-3）。実証候補地の海底地盤硬さは、同一地点であっても、ある範囲を有する事が調査により判明した。この地盤硬さの範囲に対してロバストとなるような、基礎部底面形状の設計を行う必要があるため、ベース底面突起形状の設計変更を行った。その結果を図 6-5-4 に示す。地盤硬さの範囲はあるものの、想定よりも固い地盤であったため、図 6-5-4-b のように突起部接触面積は小さくなっている。

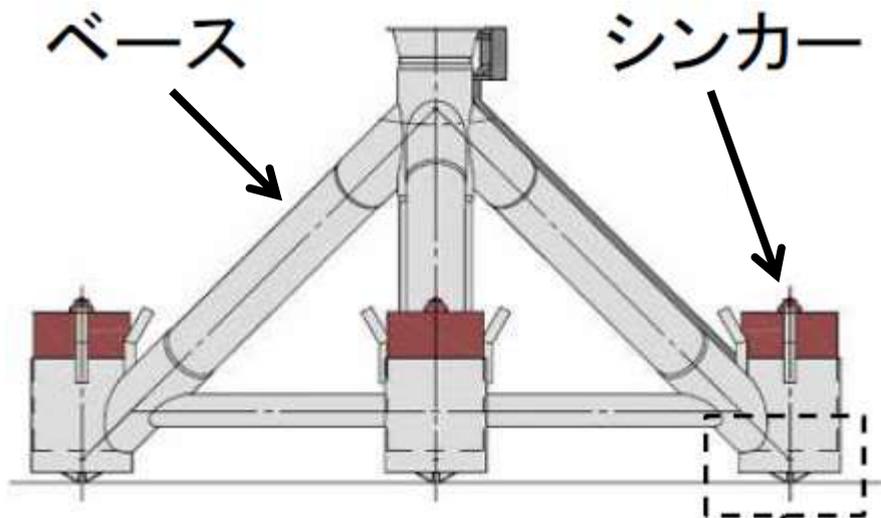


図 6-5-3 基礎部底面の形状

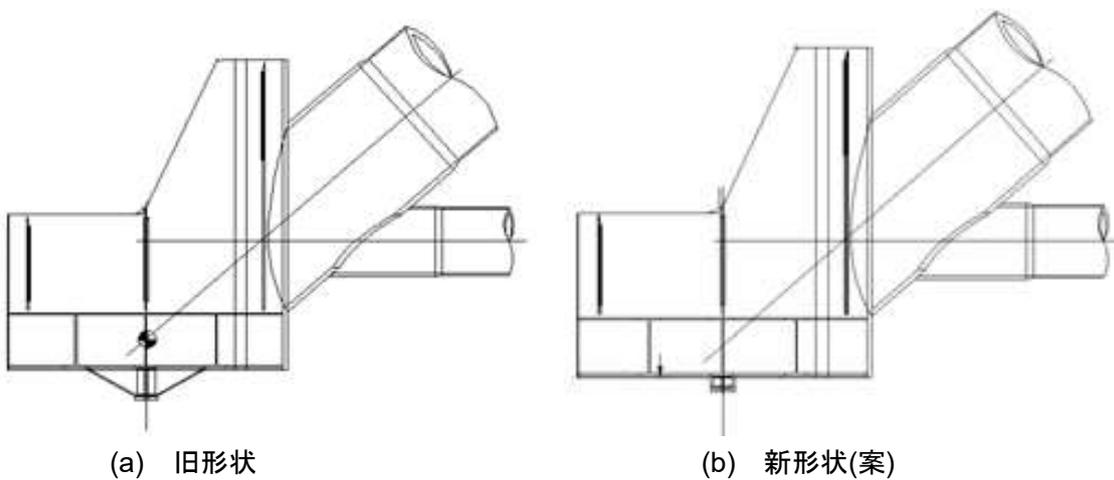


図 6-5-4 基礎部底面の形状変更案

### (3) 装置全体吊りに対応するタービンベース形状の検討

本実証研究では実証候補地に応じた設置工事の確実性を考え、ナセルとベースを一体設置する案にて検討している。そのために工事の簡略化のためタービンベースにトラニオンを設け、吊り下げる方式を採用した。図 6-5-5 に装置全体吊り案を示す。

作業船動揺による不均等係数(安全率)を考慮し、4点吊にて設計を行っているが十分な強度を確保できることが確認できた。今後は吊り下げ時作業で問題ないか、吊治具の設計を行い、設計を固めていく。

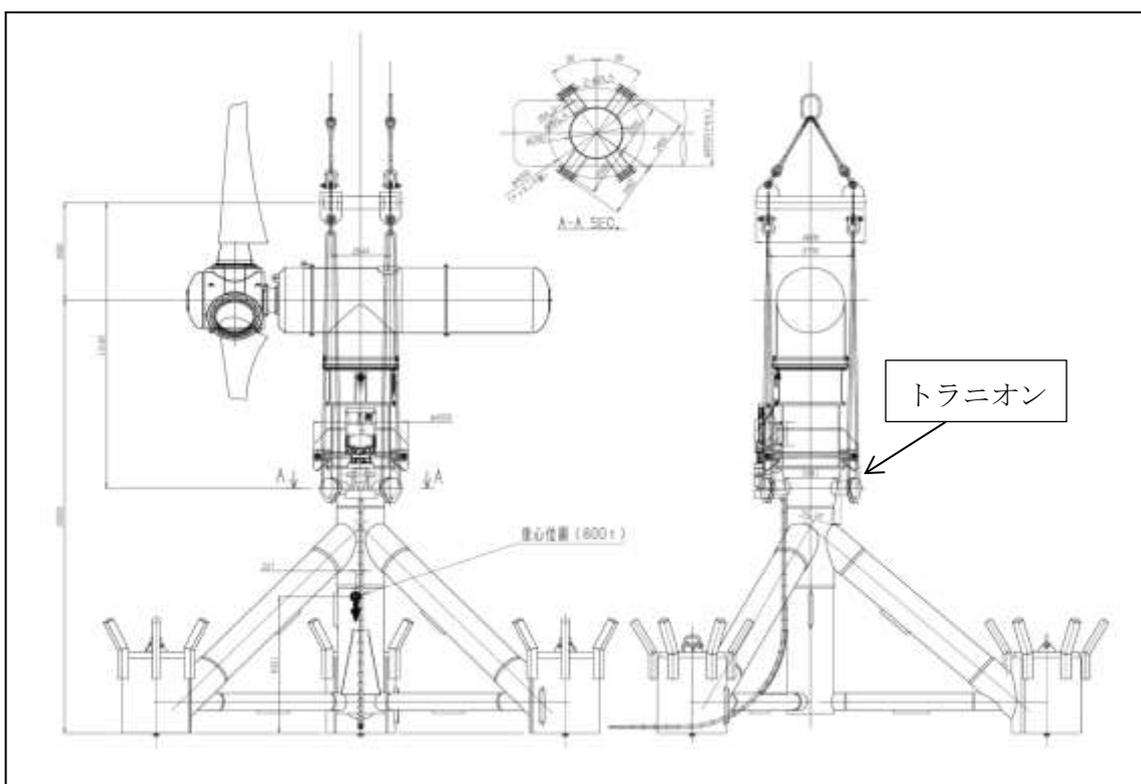


図 6-5-5 装置全体吊り用トラニオンの検討 (案)

#### (4) ナセル吊りに対応するトラニオンの検討

メンテナンス時にはナセル部のみを分離し引揚げ／降下させる方式を採用している。ナセルの場合にも工事の簡略化のためナセルにトラニオンを設け、吊り下げる方式を採用した。図 6-5-6 にナセル吊り案を示す。ナセルは水密を取るための外壁での設計であったため、吊り下げ時荷重に外壁のみで耐えることができなかつたため、内蔵機器配置を考慮した内面補強を施した。今後は吊り下げ時作業で問題ないか、吊治具の設計を行い、設計を固めていく。

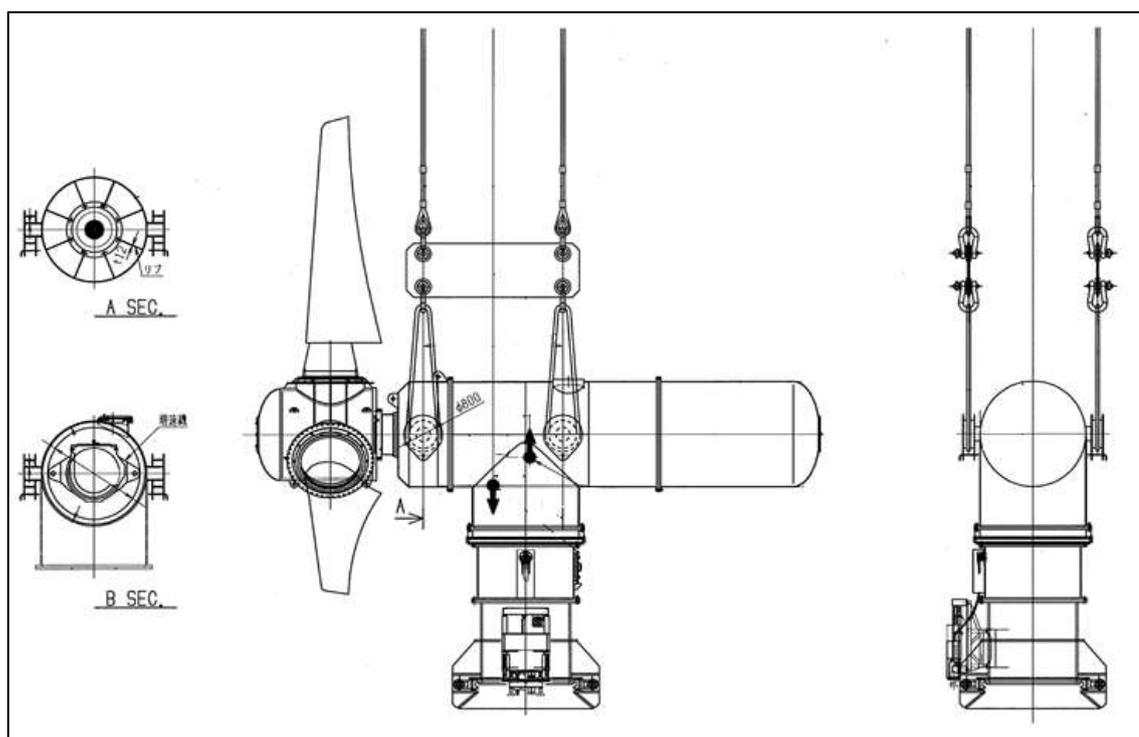


図 6-5-6 ナセル吊り（案）

#### (5) 生物付着影響調査

潮流発電装置において、海中における表面への海洋生物付着や腐食は、耐久上大きな問題の1つである。特に、生物付着では稼働部であるロータの減速や、腐食では構造材の劣化が懸念され、性能低下や安全性に対して大きな影響を与える可能性が高いと考えられる。このため、海洋生物の付着防止対策として防汚塗料を、腐食対策として重防食塗料を装置に塗布する予定である。よって、それぞれの塗料による効果を検証するために、潮流発電装置の設置候補海域にて、塗料の防汚・防食効果を確認する。試験期間は2年間とし、以下を候補とする。

H27 2 月末から 3 月初旬に浸漬開始。

H27 春 (5 月:3 ヶ月間)、夏 (9 月:6 ヶ月間)、秋 (11 月:9 ヶ月間)

H28 冬 (1 月:12 ヶ月間) H28 春 (5 月:15 ヶ月間)、夏 (9 月:18 ヶ月間)、

秋 (11 月:21 ヶ月間) H29 冬 (1 月:24 ヶ月間) 合計 : 8 回



図 6-5-7 生物付着影響確認試験

#### 1. 浸漬試験片

本試験では、装置設計で計画する材料を考慮し、材質の異なる 4 種類の試験片 (母材) を準備する。各装置部位での母材材質と塗布予定の塗料を表 6-5-2 に示す。特にナセル内の発熱を除去するための熱交換器は生物付着により性能劣化 (除熱量の変化) が考えられ、試験により装置設計の修正が必要になると考えられる。また、海洋生物が付着した場合のメンテナンス性 (水圧洗浄による洗浄性) についても試験で確認する。

表 6-5-2 各装置部位での母材材質と塗布予定の塗料

発電装置部位	試験品 材質	塗料	浸漬期間	合計	備考
			[ヶ月間]	[個]	
ナセル部 本体	SM400	無 <sup>*3)</sup>	3,6,9,12,15,18,21,24	8	1種類
		防食塗料 (重防食塗料)	6,12,18,24	4	
ブレード部 <sup>*3)</sup>	G-FRP	無 <sup>*3)</sup>	3,6,9,12,15,18,21,24	8	2種類
		防汚塗料 (シリコン系防食塗料)	6,12,18,24	各4	
着脱部	SUS316L	無	3,6,9,12,15,18,21,24	8	2重円管 <sup>*4)</sup>
熱交換器部	チタン	無 <sup>*3)</sup>	6,12,18,24	4	熱交換器の模擬品

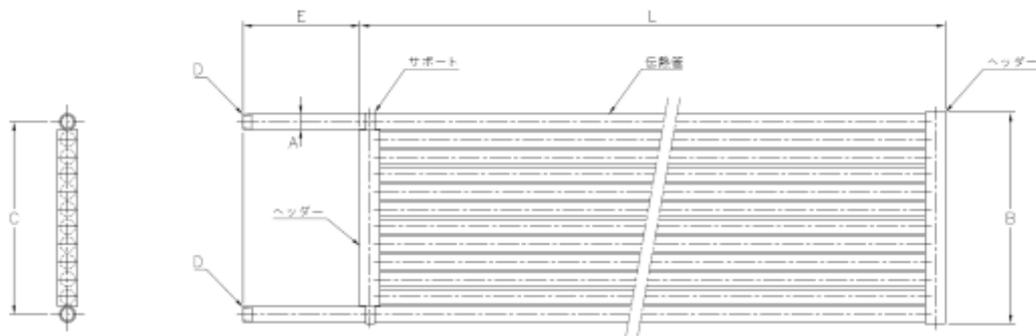


図 6-5-8 熱交換器

### 6.5.3. 施工方法

#### (1) 開発課題の検討

平成 26 年度に実施した施工検討において、潮流発電装置の設置、メンテナンスに必要な下記に示す開発課題を抽出した。

- ① ヒープコンベンサー付き 潮流発電装置設置・撤去システム
- ② 潮流発電装置誘導システム
- ③ 水中玉掛け・玉外し装置（遠隔操作）

次年度は、これらの開発課題に対して具体的な検討、基本設計を実施する。

#### (2) 作業可否予測精度向上のための検討

平成 26 年度に実施した実証事業の施工検討では、潮流発電装置の設置工事は一括設置方式、メンテナンスの際はナセルのみの分割方式で行うことが最良の方法であると結論付けた。この中で、事業性を評価する際の稼働率は近郊の気象・海象データから予測しているが、実際の起重機及び吊り荷の挙動は未知のところが多い。また、潮流に対する作業性や作業可否についても今後、明らかにすることにより、精度の高い事業性を評価することができる。前項の現場海域データを元に、スケールダウンの模型実験を行い、施工前に問題点を洗い出すことも必要になる。また、明らかになった海象条件から稼働率を計算し、改善するための開発も必要となる。

施工方法を確立する上で必要となる項目としては、①波浪予測、②動揺解析、③模型実験による動揺の検証が考えられる。以上の検証により、今後は施工に向けた装置の設計を進める。

#### I. 波浪予測

平成 26 年度に波浪予測シミュレーションプログラムを作成した。平成 27 年度は平成 26

年度に収集、観測した五島海域の波浪データを適用して、現地海域における波浪予測シミュレーション技術の確立を図る。

これを適用して、動揺解析結果と合わせて据付作業の実施可否の判断基準の検討や、実施工における作業可否の判断を行う。

## II. 動揺解析

平成 26 年度に起重機船と水中の吊荷の動揺シミュレーションプログラムを作成した。平成 27 年度は発電装置の模型実験の結果を適用して、発電装置の据付時の吊荷の動揺状況を再現する動揺シミュレーション技術を確認する。これを適用して、現地海域における発電装置の据付時の動揺状況を再現し、据付時の海象条件の作業限界や作業船の稼働率の検討を行う。

## III. 模型実験

平成 26 年度に据付作業に使用する計画の 2200 t 吊起重機船の 1/50 スケールの模型を製作した。また、波浪と流れの共存場において、簡単な形状の吊荷の水中での動揺を模型実験で再現し、動揺シミュレーションの検証データとした。

平成 27 年度は発電装置とベースの 1/50 模型を製作する。これを起重機船に吊り下げ、波浪と流れの共存場における、据付時の発電装置の動揺状況を再現する。これによって、据付時の海象条件の作業限界や作業船の稼働率の検討を行う。

### 6.5.4. 維持管理対策

修繕・保守の費用は、作業船を使った工事を行うと 1 度の工事で 1.6 億円程度必要である。2 年に一度の目視点検のためにナセルを持ち帰るのは非経済であるため、メンテナンス費用低減のための対策について検討を行う。

### 6.5.5. 環境影響評価

#### (1) 作業の概要

今回の実証事業における環境影響評価の作業の計画は、表 6-5-3 に示す通りであるが、2015 年度は方法書の作成を行い、併せてその作業の過程において将来の潮流発電事業における環境影響評価実施にあたっての参考となるよう標準的な項目や手法に関する検討も行う。

表 6-5-3 本事業における環境影響評価作業の実施予定

2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度
配慮書作成	方法書作成	現況調査 (事前)	影響予測・評価 (準備書・評価書作成)	モニタリング調査 (施工・供用中、撤去後)

方法書の検討にあたっては、2014 年度に作成した配慮書の内容を踏まえて作業を行うが、その際には、配慮書について学識経験者等へのヒアリングを行い、その内容を発展させて方法書を作成する上でのご助言を頂いて、配慮書の反映を行うものとする。

そのうえで、事業計画に関する新たな決定事項等および地域の特性に関する不足する情報等を補完的に調査し、方法書の検討のための事業概要と地域概要を把握する。

方法書作成の作業フローを図 6-5-9 に示す。

## (2) 事業特性及び地域特性の把握

環境影響評価項目の選定及び調査、予測・評価手法の選定にあたって、その検討の基礎となる事業特性や地域特性の把握を行う。

なお、今年度においては実証試験における据え付け場所を特定するが、特定された場所及びその周辺の概況について、配慮書でとりまとめた内容を踏まえ、補完的に把握する必要がある地域の概要についての把握を行ったうえで、事業の特性についても計画の熟度が高まることで得られる情報を加味して把握・整理する。

そして、把握した地域概要及び事業概要を踏まえて、環境影響要因の検討および環境影響要因要素マトリックスの作成を行う。

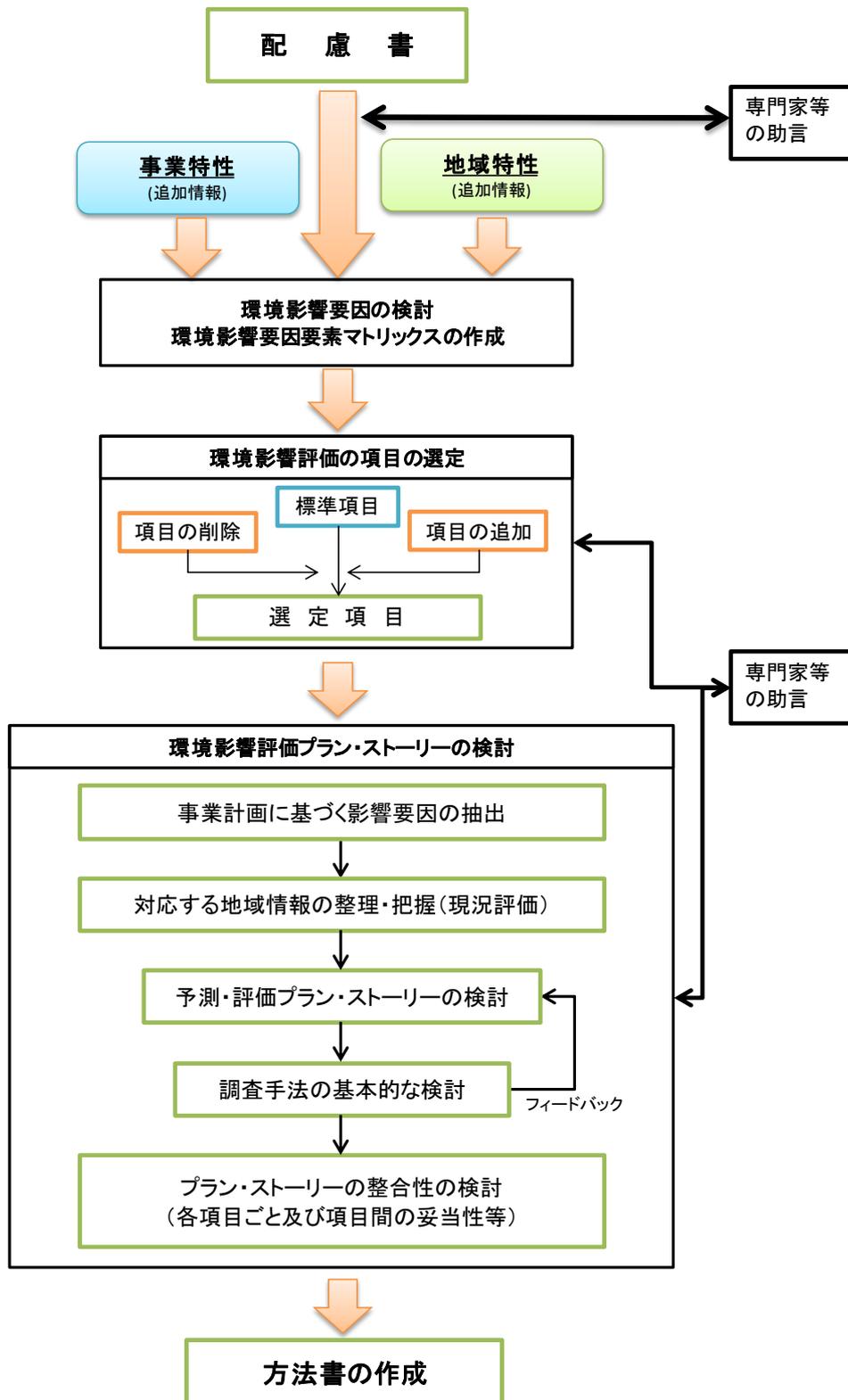


図 6-5-9 方法書作成の流れ

### (3) 環境影響評価項目の選定

把握した地域概要及び事業概要を踏まえて作成した、環境影響要因の検討及び環境影響要因要素マトリックスを基に、環境影響評価の項目の選定を行う。選定は、「発電所アセス省令<sup>17</sup>」第 21 条の規定に基づき行うものとするが、本事業は原動力が潮流という再生可能エネルギーであるため、既存の再生可能エネルギーを利用している水力発電所、地熱発電所及び風力発電所と類似の事業特性を持つものと考えられる。そこで、水力発電所、地熱発電所及び風力発電所の事業の内容と本事業の内容を整理・把握した上で選定する。

項目の選定は、配慮書で選定した項目（表 6-5-4）を踏まえつつ、事業計画の熟度の高まりによって明らかになる事業特性や対象地域の絞込みによって、新たに対象とすべき項目や工事中の影響についての検討も行いながら実施する。なお、配慮書で選定した項目ならびに新たに追加すべき項目については、学識経験者からの助言を頂いたうえで、その助言を踏まえて選定作業を行う。

表 6-5-4 配慮書において選定した項目とその理由（1/2）

項 目			計画段階配慮事項の項目として選定する理由	
環境要素の区分		影響要因の区分		
水環境	水質	水の濁り	施設の存在・稼働	潮流発電施設の稼働により、下流側の攪乱による濁りの発生が想定されることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。
	その他	流向及び流速	施設の存在・稼働	潮流発電施設の存在・稼働により、下流側の流況の変化が想定されることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。
		水中騒音	施設の存在・稼働	潮流発電施設の稼働に伴い発生する騒音により、水中環境に影響を及ぼすことが想定されることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。
土壌に係る環境 その他の環境	地形及び地質	重要な地形及び地質	施設の存在・稼働	実証試験フィールドの周辺にトンボロ及び陸繋島の前島及び末津島等が存在し、潮流発電施設の存在・稼働に伴い下流側の攪乱による周囲の地形への影響が想定されることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。
動物	海域に生息する動物		施設の存在・稼働	潮流発電施設の存在及び稼働に伴い、周辺に生息する海生生物（動物）に影響が及ぶ可能性が考えられることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。

<sup>17</sup> 「発電所の設置又は変更の工事業に係る計画段階配慮事項の選定並びに当該計画段階配慮事項に係る調査、予測及び評価の手法に関する指針、環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針並びに環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成 10 年通商産業省令第 54 号）

表 6-5-4 配慮書において選定した項目とその理由 (2/2)

植 物	海域に生育する植物	施設の 存在・稼働	潮流発電施設の存在及び稼働に伴い、周辺に生息する海生生物(植物)に影響が及ぶ可能性が考えられることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。
漁業実態・魚介類増集効果		施設の 存在・稼働	潮流発電施設の存在及び稼働に伴い、周辺の漁業に影響が及ぶ可能性が考えられることから、計画段階配慮事項の項目として選定する。

#### (4) 環境影響評価プラン・ストーリーの検討

選定した環境影響評価項目について、影響要因の抽出を行い、調査手法についての基本的な検討を行う。調査、予測及び評価の手法は、「発電所アセス省令<sup>18</sup>」第 22 条～第 26 条に基づき、事業特性と地域特性を踏まえて選定する。

調査手法は、その後に実施する予測・評価の方法に適した情報が得られる調査となる必要があるため、相互の検討をフィードバックしながら検討する。

海域における調査、予測・評価について、特に生物分野においては未確立の分野が多くあるため、海域における事業の環境影響評価の既存事例(表 6-5-5)等を参考に、一般的に海域での環境影響評価を行う際に用いられている手法を選択することとする。

なお、環境影響評価項目のうち、今回の事業特性や地域特性を踏まえて、特に注目すべき項目については、実証試験における実施である点及び今後の潮流発電における参考となる情報の取得といった観点も踏まえて、法令に基づく手続きでは行わない作業ではあるが、注目すべき項目の調査手法や予測・評価手法について、学識経験者等のご助言等を頂きながら試験的に実施してみる手法についての提案も試みる。

<sup>18</sup> 「発電所の設置又は変更の工事に係る計画段階配慮事項の選定並びに当該計画段階配慮事項に係る調査、予測及び評価の手法に関する指針、環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針並びに環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」(平成 10 年通商産業省令第 54 号)

表 6-5-5 海域における生物の調査手法選定例(参考)

5. 海域に生息する動物				
影響要因	造成等の施工による一時的な影響	地形改変及び施設が存在	造成等の施工による一時的な影響	地形改変及び施設が存在
環境要素	海域に生息する動物	海域に生息する動物	海域に生育する植物	海域に生育する植物
選定する理由 選定しない理由	○ 工事中においては、造成等の施工により改変区域及びその周囲に生息する動物に影響が生じる可能性があることから選定した。	□ 地形改変及び施設が存在により、改変区域及びその周囲に生息する動物に影響が生じる可能性があることから選定した。	○ 工事中においては、造成等の施工により改変区域及びその周囲に生育する植物に影響が生じる可能性があることから選定した。	○ 地形改変及び施設が存在により、改変区域及びその周囲に生育する植物に影響が生じる可能性があることから選定した。

項目	造成等の施工による一時的な影響 地形改変及び施設が存在 海域に生息する動物	造成等の施工による一時的な影響 地形改変及び施設が存在 海域に生育する植物
現況調査の項目	【一般的な生息状況把握】 海産哺乳類、漁業生物、動物プランクトン、卵・稚仔、重要な種	【一般的な生息状況把握】 植物プランクトン
調査地点	対象事業実施区域及びその周辺 (6 地点)	対象事業実施区域及びその周辺 (6 地点)
現地調査の方法、頻度	四季 海産哺乳類：船舶トランセクト調査及び定点調査による目視観察等 漁業生物：底びき網法による漁獲量調査 動物プランクトン：北原式定量ネットによる指直曳き採取 (2 層) 卵・稚仔：マルチネットによる採取 (2 層)	四季 潮間帯生物：潮間帯、目視観察、方形枠採取 海藻草類：海底表面、目視観察、方形枠採取 植物プランクトン：海面下 0.5m、ハンドーン採水器による採取
予測の基本的な手法	文献その他の資料調査及び現地調査の結果、水の濁りの予測結果等に基づき、分布及び生息環境の変化の程度を把握した上で、海生動物への影響を予測する。	文献その他の資料調査及び現地調査の結果、水の濁りの予測結果等に基づき、分布及び生息環境の変化の程度を把握した上で、海生植物への影響を予測する。
評価の手法	調査及び予測の結果をもとに以下により評価を行う。 ・海生動物並びに重要な種及び注目すべき生息地に係る環境栄養が実行可能な範囲内で回避または軽減されているかを検討し、環境保全についての配慮が適正になされているかを検討する。	調査及び予測の結果をもとに以下により評価を行う。 ・海生植物並びに重要な種及び重要な群落に係る環境栄養が実行可能な範囲内で回避または軽減されているかを検討し、環境保全についての配慮が適正になされているかを検討する。

前述のように、海域の環境要素に関する調査及び予測においては、確立されていない部分があり、不確実性が比較的高い。そのため、今回の実証事業においては、モニタリング調査（施工中、供用中及び撤去後）の実施を計画している。そこで、手法の検討においては、モニタリング調査の項目の選定とその手法についての検討も併せて行う。

#### (5) 方法書のとりまとめ

以上の検討の結果を「発電所アセス省令」第 17 条に基づき、環境影響評価図書（方法書）としてとりまとめる。

#### 6.5.6. 社会受容性

本年度、地域協議会を運営し、環境影響、海上安全、地域協調について、今後更なる検討が必要であることを確認した。これらを踏まえ、着実に実証研究を推進すると共に、海洋再生可能エネルギーの新たな施策に資する成果を生み出す必要がある。

#### (1) 環境影響

##### ① 配慮書における結果概要とそれを踏まえた方法書の留意点

配慮書検討においては、地域の特性および事業の特性を把握した上で、計画段階での影響を簡易的に評価するために影響要因の抽出を行った。地域の特性は、既存文献資料の整

理及びそれを補完するためのヒアリング調査並びに地域協議会での議論を踏まえて、把握した。

影響要素としては、水の濁り、流向及び流速、水中騒音、重要な地形及び地質、海域に生息する動物、海域に生育する植物そして漁業実態と魚介類蛸集効果を抽出した。

これらの環境要素における影響の予測は、潮流発電影響域と、環境要素との重なり具合をオーバーレイ法（重ね合わせ法）により求め、影響の程度について把握した。

複数案としての選定した 4 候補地における影響の程度は、地点間で大きな差は見られなかった。

既存資料等では把握できなかった項目や影響が懸念される要素に関しては、より精度の高い影響評価を行うために、現況を現地調査によって把握する必要がある。その調査方法は方法書作業において検討を行うが、現地の特性を踏まえ、また予測評価に供することができる情報を得ることができるよう方法書段階で検討を行う必要がある。

## ② 方法書の概要

配慮書での検討結果を踏まえつつ、新たに得られる地域の特性や事業計画の熟度の高まりにより得られる事業特性に関する情報等を加味して、環境影響要因の検討及び環境影響要因要素マトリックスの作成を行う。

なお、海域における環境への影響メカニズムは必ずしも全てが明確になっていないので、検討にあたっては、既存の影響評価事例を参考にしつつ学識者の助言や地域の関係者の意見等を踏まえて実施する。

そして、選定した環境影響評価項目について、影響要因の抽出を行い、調査手法についての基本的な検討を行う。調査手法は、その後に実施する予測・評価の方法に適した情報が得られる調査となる必要があるため、相互の検討をフィードバックしながら検討する。

なお、海域の環境要素に関する調査及び予測においては、確立されていない部分があり、不確実性が相対的に高い。そのため、今回の実証事業においては、モニタリング調査(施工中、供用中及び撤去後)の実施を計画している。そこで、手法の検討においては、モニタリング調査の項目の選定とその手法についての検討も併せて行う。

## (2) 海上安全

### ① 一般航行船舶の現状

本事業では、実証フィールド、実証機の組立ヤードから設置地点までの作業船の曳航経路、吊替え作業、潮待ち、波浪の退避等で海域における作業を実施する。これに該当する海域は、実証フィールド、福江港周辺や久賀島の南東海域である。

これらの海域には、漁船の航行、操業の他、福江港から長崎港等への本土航路、福江港から奈留港等への 2 次離島航路、2 次離島間の航路があり、高速船やフェリーが 1 日数本定期運航している。また、田ノ浦瀬戸の実証フィールドの南側には奥浦港（福江島）から浜脇港（久賀島）間のフェリーが定期運航している。その他、福江港からは竹の子島周辺へ

のグラスボートが運航している。

漁船以外では、漁協が一般の釣りやレジャーダイビングは出来るだけ避けるよう周知していることもあり、プレジャーボート等はほとんど航行していない。

## ② 海上安全のための検討課題

海上作業に関する安全確保のためには、事前に海上保安署の指導を受ける、漁業協同組合や海事関係者等との事前の調整、周知が必要となる。

実証機の組立ヤードから実証機設置地点までの曳航作業に関連しては、操縦性能制限船である速度の遅い作業船団が航行するため、事前周知、海事関係者との調整等の検討が必要となる。実証機設置作業においては、狭い瀬戸内に大型起重機船を係留することとなり、漁船等の航行海域を制限することとなる。また、大型起重機船の係留のためのシンカー（コンクリートブロック）の設置においても同様である。作業中は、アンカーワイヤーの水深5mの位置にブイを設置するなど作業エリアを明示し、警戒船を配置することで一般船舶の誤進入を防止するなどの対策検討が必要となる。

実証機の運転中は、実証機のブレード上端での水深が10m以上確保されており、漁船等の小型船舶の航行の障害とはならないが、万一の事態に備えて進入禁止とするなどの検討が必要となる。

## ③ 詳細調査の実施概要（次年度検討項目）

「(1) 環境影響」において調査及び検討を行う。施工時の海上安全については、詳細施工検討において再調査と検討を行う。

## (3) 地域協調

### ① 地域協議会を踏まえた地域協調の検討

第1回地域協議会における主要な論点として、環境影響、海上安全、地域協調等が地域を代表する委員から上げられた。そして、第2回地域協議会では、環境影響評価における配慮書の進捗を報告すると共に、地域協調に関する意見照会を行った。その中で特に、調査段階については地元漁船の警戒船への協力、施工段階については地元企業の協力の可能性について議論を行った。また、海洋再生可能エネルギー実証フィールド整備に伴う、研究者の受入や関連産業・サービスの確保等についても議論を行ったものの、施設整備の遅延により十分な進展が得られていない現状についても確認を行った。更に、実証段階については、発生電力の一部を地域で利用する地元還元策の仕組みや潮流発電を観光資源とするために、海中をガラス窓から確認することができるグラスボートの利活用等についても併せて検討を行った。

## ② 今後の検討

これまでの地域協議会から得られた地元を代表する委員のご発言を踏まえ、今後、実証研究に向けて具体的なアクションプランを検討する必要がある。特に、地域協議会に参加していない、市民の方々へのインターネットや講演会等を通じた情報発信のあり方については、地域協調を醸成する上で、重要であり、今後の検討課題と位置づけられる。そのため、平成27年度に実施する地域協議会では、実証研究のスケジュールや実証海域の詳細調査の結果を踏まえ、実証段階を想定した、地域協調の有り方を具体的に協議していく予定である。

## (4) その他

再生可能エネルギーは一般的に固定価格買取制度<sup>19</sup>の下、調達価格及び調達期間が電源毎に事業が効率的に行われた場合に通常必要となるコストを基礎に適正な利潤等を勘案し、定められている。これまでに太陽光、風力、地熱、水力、バイオマスが同制度の対象となっている一方、潮流発電については、現行、実証研究段階に位置づけられているため、同制度の対象と成っていない。そのため、同制度の対象に向けた検討に資する成果を本実証研究により取り纏めることが、潮流発電の事業環境整備において重要となる。

---

<sup>19</sup> 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（平成二十三年法律第百八号）

## 7. 今後の展開と課題

### 7.1. 事業展開

#### (1) 全体スケジュール

本委託業務は、基本検討、基本設計・評価、詳細設計、製作、実証研究という流れで、5年間の事業計画を推進するものである（図7-1-1）。平成26年度（2014年度）の基本検討を踏まえ、平成27年度（2015年度）は、基本設計を着実に実施する共に、将来の事業採算性を十分に自主評価し、普及の見込みを確認する。そして、平成28年度（2016年度）に詳細設計を行い、多額のコストが発生する製作を平成29年度（2017年度）進め、最終的に実証研究の実施を平成30年度（2018年度）に目指すものである。



図 7-1-1 5年間のスケジュール（再掲）

#### (2) 施工スケジュール

実証研究を実施する、最終年度の潮流発電装置の設置時期は、海象条件が比較的穏やかな平成30年4月を予定する。そして、発電実証①の終了する9月には、メンテナンスのためのナセル分離・再設置の実証及び将来の分割設置工事のためのベースシンカーの設置テストを実施する。その後、発電実証②を実施し、海象条件の悪化が予想される冬期を避けて撤去工事を実施する（図7-1-2）。



図 7-1-2 施工スケジュール

## 7.2. 平成 27 年度展開

### (1) 実施項目

#### ① 海象・気象調査

平成 26 年度の 1 次調査の結果を踏まえ、選定された候補海域について、平成 27 年度は 2 次調査として、以下について、1 年間の四季調査を実施する。

- ・ 流速曳航調査 奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸
- ・ 流速固定調査 奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸
- ・ 海洋乱流調査 奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸
- ・ 波浪調査 奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸、玄魚鼻・崎山鼻沖
- ・ 風況調査 久賀島
- ・ 水温調査 奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸
- ・ 海底地形調査 奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸
- ・ 生物付着調査 奈留瀬戸

#### ② 潮流発電システム検討

平成 26 年度のタービンベースの基本検討等の結果を踏まえ、平成 27 年度は、タービンベースの設計や施工時に必要となるナセル吊りの方法、生物付着影響調査等を実施する。

- ・ シンカー受け・形状の見直し
- ・ ベース底面突起形状の検討
- ・ 装置全体吊りに対応するタービンベース形状の検討
- ・ ナセル吊りに対応するトラニオンの検討
- ・ 生物付着影響調査

#### ③ 施工方法

平成 26 年度の施工検討や潮流発電装置の設置やメンテナンスに必要な開発課題の抽出を踏まえ、平成 27 年度は、以下について、基本検討を行う。

- ・ ヒープコンペンセータ付き 潮流発電装置設置・撤去システムの検討
- ・ 潮流発電装置誘導システムの検討
- ・ 水中玉掛け・玉外し装置（遠隔操作）の検討
- ・ 作業可否予測精度向上のための検討（波浪予測、波浪変形計算、水理模型実験、動揺解析）

#### ④ 環境影響評価

平成 26 年度に実施した、環境影響配慮書を踏まえ、平成 27 年度は、以下の点に留意し、方法書の策定を行う。

- ・ 水中においてブレードが回転する事業特性に基づき、影響を受ける可能性のある環境要因を抽出
- ・ その環境要因への環境影響を評価するための予測・評価手法及びその予測・評価手法に適合した調査手法を選定
- ・ 以上を踏まえ、方法書を取り纏める

#### ⑤ 維持管理対策

平成 26 年度に実施した、作業船を使った工事による修繕・保守に要する費用検討を踏まえ、平成 27 年度は、以下の点に留意し、維持管理対策の検討を行う。

- ・ 2 年に一度の目視点検のために行う、ナセル引き上げ工事の見直し
- ・ メンテナンス費用の低減のための対策

#### ⑥ 社会受容性

平成 26 年度に実施した、全 2 回の地域協議会を踏まえ、平成 27 年度も地域協議会を継続し、以下の主要論点について、地域を代表する関係者と協議を行う。

- ・ 環境影響
- ・ 海上安全
- ・ 地域協調
- ・ その他、潮流発電の事業環境整備において重要となる事項

#### ⑦ 事業性評価

平成 26 年度に実施した、1MW 実証研究に要する費用検討の結果を踏まえ、平成 27 年度は潮流発電事業の市場規模やコスト低減について、以下の点に留意し、検討を行う。

- ・ 着定式潮流発電を想定した、国内市場規模推定
- ・ 1MW 実証研究の事業費の精査
- ・ 10MW 発電事業の発電コストの検証
- ・ 商用化時を想定した発電コストの検証

- ・ 資本費（CAPEX）、運転維持費（OPEX）のコスト低減
- ・ 設備利用率向上手法と、年間発電量（AEP）の改善

## (2) 進捗管理

平成 26 年度の基本検討を踏まえ、平成 27 年度に実施する基本設計・評価の進捗管理を行うために平成 27 年 7 月頃を目処に、事業者による自主評価の結果を外部有識者による委員会に諮る。そのため、以下の項目に留意し、進捗チェックを行い、実証研究を着実に推進すると共に、将来の商用化に向けた方向性を示す。

### ① 技術

世界的に研究開発・実証研究フェーズにある、潮流発電について、実証海域での実証研究や将来的な商用化に向け、潮流発電システム、施工や運転保守に係る技術検討を進めると共に、技術課題を明らかにし、その対策対応を図る。

### ② 地域性

実証候補海域を有する長崎県五島市における地域協議会、利害関係者との意見調整等を踏まえ、実証研究の実施に関する合意を得ると共に、潮流発電を利用した地域貢献や地域協調等のあり方を明らかにし、地域との良好な関係を構築する。

### ③ 市場性

本委託業務で実証研究を行う着定式潮流発電については、支持構造物として、重力式を採用しており、海底地形や海底地質と潮流発電装置の条件との関係で設置可能エリアや設置台数が試算される。また、瀬戸の形状の影響を受けた、潮流速や流向、その分布や時系列変化等の情報を基に各地点における、潮流発電装置の発電量をタービンのパワーカーブとの関係において、試算することができる。そして、市場性を検討するためには、各瀬戸における海底地形や海底条件に基づく、設置可能台数の洗い出しと共に、瀬戸における潮流シミュレーションの結果を踏まえた発電特性の評価、これら両方の結果を基に、瀬戸毎における潮流発電の市場規模を検討する。

### ④ 事業性

本委託業務で検討を行っている 1MW 潮流発電装置の実証研究に要する費用を基に、世界的に商用化前段階の発電事業と位置づけられている、10MW の発電コスト[円/kWh]による事業性評価を行う。簡易計算の結果、1MW から 10MW への規模拡大に伴う、発電コストの低減を確認することができたが、他の再生可能エネルギーと比較し、現行、割高となっている。そのため、潮流発電事業におけるコスト低減の可能性について検討を行う。そして、将来的な商用化を想定し、潮流発電事業における発電コストを算定し、評価・検証を

行う。

### 7.3. 課題整理

#### (1) 地域協議会及び評価委員会を踏まえた課題整理

##### ① 地域協議会

実証研究候補海域の周辺地域が従前、抱える課題を明らかにすると共に、そのような地域で実証研究や発電事業を実施する場合、潮流発電による周辺環境や利害関係者に与える影響を最小限とにすることが必須である。そのため、平成27年度以降も地域協議会を継続し、課題整理や対応策を協議すると共に、そこから見出される課題への対応策を実証研究に反映する。更に、地域協議会へ参加する機会の無い、一般市民へのシンポジウムやホームページ掲載等の機会を通じた、情報発信を促し、地域との協調を醸成する（図7-3-1）。

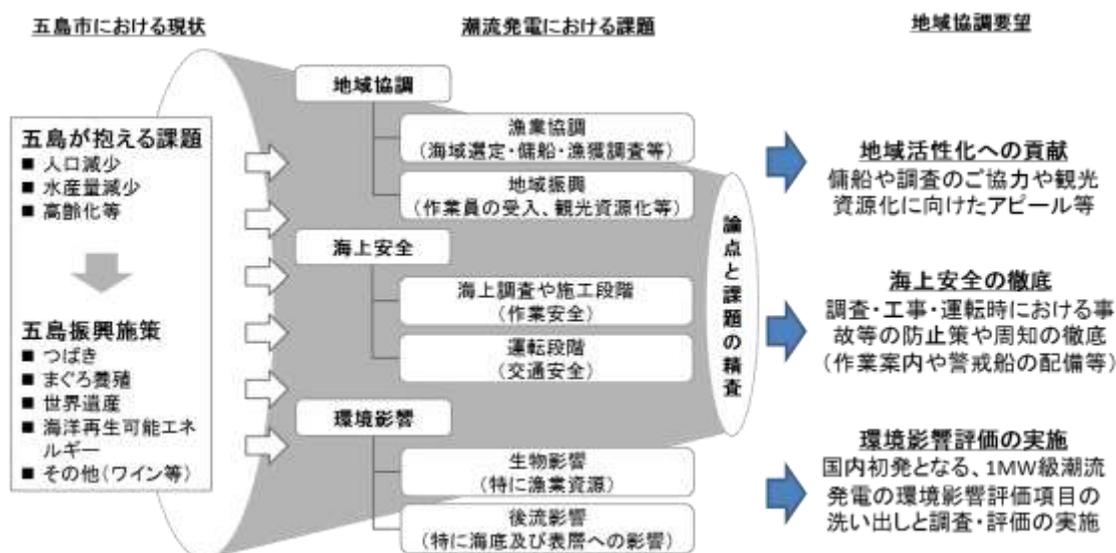


図 7-3-1 地域協議会における今後の検討課題（再掲）

##### ② 評価委員会

本委託業務と NEDO「海洋洋エネルギー技術研究開発／次世代海洋エネルギー発電技術研究開発／着定式潮流発電」における、両事業の効率的な推進に向けて、共通の有識者からなる評価委員会を運営している。その中で、本委託業務では、潮流発電の実証研究に係る社会受容性や経済性等を総合的に協議することを目的としている。特に、表7-3-1に示す、実証候補地の選定、装置の設計、設置方法等については、それぞれの実施項目や課題に対応するのみならず、対応漏れ、役割や作業が重複する海上作業等、事業リスクの分析や評価を踏まえた、効率的かつ、安全な作業を推進する。また、技術検証や課題に対する、水槽試験やシミュレーションによる検証、機械的・電氣的、その他事項に関する、安全率の統一的な設定、乱流やキャビテーション等の局所的な事象に対する検証の進捗を評価委員会に報告する。そして、それらの検証結果等を踏まえ、事業性評価を実施し、事業者によ

る各種自主評価の結果を評価委員会へ諮る。

表 7-3-1 課題の把握と今後の対応

実施項目	課題	対応(期限)	
(1)実証候補地の選定	① 法規・許認可調査 ② 候補地1次選定 ③ 候補地2次選定 ④ 付着生物影響調査 ⑤ 環境影響評価	① 準拠すべき法規の把握 ② 選定条件の明確化及びステークホルダーの承諾 ③ 海象・地形等の詳細把握及び実証地点の根拠明示 ④ 塗料の効果確認及びメンテナンス性や機器影響の確認 ⑤ 評価項目選定及び配慮書作成	① 関係省庁、自治体へのヒアリング(実施済み) ② コンソ内での協議及び自治体への説明(実施済み) ③ 候補地における調査・解析(平成27年2~11月) ④ 供試体の現地海域設置及び引き上げ後試験(平成27年2月設置、平成28年10月まで) ⑤ 文献調査、学識経験者ヒアリング(概実施済み)
(2)実証試験装置の設計	① 装置基礎設計 ② 陸上変電設備、海底ケーブル	① 海底地盤及び施工法による設計変更 ② 設置及び陸揚げ地点の決定及び水中コネクタに係る作業内容の把握	① 海底面設置部やシンカー重量、基礎部形状の変更(平成27年7月) ② 系統連系事前検討協議の実施及び海底調査結果等を踏まえた作業手順、所管範囲等の明確化(概実施済み、水中コネクタ基本設計は平成27年度上期)
(3)実証試験装置の設置方法	① 設置方法 ② 水理模型実験 ③ 施工数値シミュレーション	① 概略施工計画の立案及び技術開発項目の抽出 ② 施工時の発電装置の挙動の把握 ③ 波浪予測技術及び発電装置の挙動解析技術の確立	① 施工及びO&M検討並びに使用船舶の選定後、技術開発項目の抽出(概実施済み) ② 水理模型実験の実施(平成27年度中) ③ 数値解析PRGの開発、海域調査結果及び模型実験結果による検証(平成28年度中)
(4)経済性評価	■ 事業採算性	① 国内外市場規模推定 ② 1MW事業費の算定 ③ 10MW及び商用化時コストの算定	① 市場性評価結果の取り纏め(平成27年7月中) ② CAPEX及びOPEXの試算(概実施済み) ③ 投資対効果等を考慮した事業費試算(平成27年7月)

## (2) 技術的課題の整理

### ① 候補地選定に関する課題

本年度は、1次調査において奈留瀬戸と田ノ浦瀬戸の2海域の実証フィールドについて、フィールド全域の概要調査を行った。海域の水深、海底地盤の状況や大潮時の潮流流速から、それぞれ2海域の検討対象海域を予備選定した。これらの海域に対して、発電ポテンシャル、海底地盤の状況、環境影響、社会的制約、施工性、海底ケーブルや経済性等を比較し、奈留瀬戸と田ノ浦瀬戸でそれぞれ1海域を実証機設置候補地として1次選定した。

今年度末から来年度は、1次選定海域について2次調査で詳細に比較検討を行い、実証機設置位置を最終選定する。2次調査は1年間で4回の四季調査とし、それぞれ1ヶ月間候補海域の潮流流速、乱流流速や水温等の調査を行う。流速の平面分布は計測測線を200m間隔とし、詳細に調査を行う。これらの調査結果に社会的制約条件等を加味して、実証機設置地点を最終決定する。

1次選定で概ね好条件の海域を選定しているため、極端な優劣はつかないと思われるが、発電ポテンシャルが大きく施工性が良好で、自然環境や地元関係者へ及ぼすインパクトが小さい地点を実証機設置点に選定する必要がある。

### ② 潮流シミュレーションに関する課題

本年度の潮流シミュレーションでは、五島全域を含む海域(約120km×80km)において最小30mから最大4,000mまでの三角形メッシュを用いて計算し、その結果を本事業で実施した奈留瀬戸及び田ノ浦瀬戸における潮流定点観測データと比較した。その結果、流

向流速ともに両者の一致は良好であり、本潮流シミュレーションの妥当性が検証された。従来のシミュレーション結果と比較して高精度となったのは、今回の水深データが本事業で実測されたナローマルチビームによる高密度水深データを用いることができたためである。来年度以降の課題としては、本事業で想定している潮流発電装置のタービン直径が約20mであることから最小メッシュサイズを同程度にすること、今回の検証は2014年10月に実施されたものであり水温の降下期に当るため密度変化は考慮していないので夏季の密度成層を考慮した潮流シミュレーション実施する。夏季における密度変化が潮流パワーに与える影響については、発電量の季節変化に関係するため重要であるが、潮流発電が及ぼす周辺の海域の環境に与える影響にも関係している。つまり、潮流を攪拌することによって密度成層が部分的に解消可能であり、潮流発電による環境改善効果等も考えられるので学術的な観点からも重要なテーマと成り得る。これらの課題に対して来年度以降、高密度メッシュを用いた高精度潮流および密度シミュレーションによって取り組み、最終的には、発電装置設置での決定及び年間発電量の平均値、変動量の推定法を確立する。

### ③ 環境影響評価に関する課題

環境影響評価に関する検討においては、実証事業における環境影響を評価するだけでなく、将来の潮流発電事業における環境影響評価の標準的な項目や手法を検討していくことも重要な課題である。潮流発電は新たな発電事業であるため、発電所アセス省令（「発電所の設置又は変更の工事に係る計画段階配慮事項の選定並びに当該計画段階配慮事項に係る調査、予測及び評価の手法に関する指針、環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針並びに環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成10年通商産業省令第54号））において技術的な参考項目は示されていない。そのために潮流発電特有の特性については特に重点的に検討し、更に特有の特性のうち環境への影響が懸念される事項については、その調査、予測及び評価の手法についての標準的な手法の検討が重要となる。

潮流発電における環境要素としての特性は海域におけるものが主であり、特に生物や生態系への影響については留意する必要がある。しかし、海域における生物や生態系に関する現況について十分に把握するための調査手法は、未確立分野である。更に予測や評価にあたっては、生物への影響の程度に関する基礎的な知見の蓄積が十分ではなく、確実な予測や評価は難しい状況である。

このような状況においては、過去の類似事例における環境影響評価を参考にしつつ、関係する学識経験者からの適切な助言を受けながら検討を進める必要がある。また、将来に渡って、海域における調査や予測の事例を重ねつつ知見を蓄積していくように努力していくことが必要であり、そのためにも今回の事業においてモニタリング調査を実施して、その結果を調査、予測及び評価の手法にフィードバックしていくことが重要である。そのため、可能な範囲で新たな手法についても提案する。

#### ④ 施工方法に関する課題

実証海域における作業内容は、潮流発電装置の設置、撤去及びメンテナンス作業のためのタービン本体組立の揚収・再設置である。施工方法としては、潮流発電装置を一括で施工する「大型起重機船による一括方式」と分割して施工する「中型起重機船による分割方式」のどちらかの方式を選択するものであるが、いずれも、下記の通り、厳しい条件下での作業が想定される。

- ・ 潮流と波浪の作用による起重機船の動揺
- ・ 起重機船の動揺、潮流と波浪の作用による水中での潮流発電装置の複雑な挙動
- ・ 小潮の潮間での作業による時間的な制約
- ・ 水平方向・回転方向・傾きにおいて要求される高い据付精度
- ・ 設置水深が-40~50mとなる大水深下での作業

また、安全かつ確実な施工方法を導き出していくには、1次調査結果や潮流発電装置設置に関する要求事項を考慮した上で、以下の技術的課題を解決しなければならない。

- ・ (確実な施工) 潮流発電装置の回転制御、水平位置制御、衝撃の少ない設置方法
- ・ (安全な施工) 大水深下における吊ワイヤーの取付・取外し

そのため、これらの施工方法における技術的課題を解決するためには、水理模型実験や動揺解析を実施することにより潮流発電装置の施工時の挙動を解明し、それらに対する技術対応策を適用し、かつ、詳細な施工計画立案を基に実証事業を行う必要がある。施工関連のシミュレーションについては、今年度、潮流発電装置の設置に対する適用性を向上させるため、既往のシミュレーション技術の改良を行った。来年度は、海象調査等の結果を利用して、五島海域に適用できる波浪予測シミュレーション技術を確立することが課題となる。そして、潮流発電装置の設置作業時の挙動を模型実験で再現し、設置作業における課題を抽出する。また、動揺シミュレーション技術を潮流発電装置に適用できるように改良し、実験結果から検証を行う。

#### ⑤ 系統連系に関する課題

本年度においては、候補海域の選定に基づいて、海底ケーブル基本仕様の検討、陸上系統連系線に隣接した同ケーブル陸揚げ候補地選定を行った。更に、この候補地において、適当と考えられる陸上変電設備の基本構成を検討し、九州電力本店殿と協議に向けた調整を行った。来年度は、作成した系統連系事前検討書をベースに連系に向けた協議を九州電力殿と行うと共に、陸上変電設備の構成及び仕様決定を行う。また、選定された候補海域から陸揚げ地点までの海底ケーブルルートに沿った海底状態及び潮流条件の調査とその結果に基づいた、同ケーブル布設工法の検討も行う。

#### ⑥ 水中コネクタに関する課題

本年度においては、欧米諸国の海外コネクタメーカーを調査し、設置される場所や布設工法等から、適切と考えられるタイプの初期選定並びに設置方法等について検討した。特に、施工上、課題が多いと考えられるナセルに設置されるものに関する検討を行った。当初、メンテナンス時に水中でナセルの着脱が可能なタイプ（Wet-Mate タイプ）を想定し、検討を行っていた。しかしながら、シリコンオイルが充填されており、着脱時等の漏油リスクが現時点では排除できないと考えられたため、接続部構成を来年度見直す。更に、その変更に伴う影響範囲はコネクタ本体だけではないため、発電機設置方法、コネクタ・海底ケーブル施工方法等も含め、今後、再検討する。

#### ⑦ 支持構造物に関する課題

実証候補地の海底地盤ボーリング調査の結果、場所により岩盤強度変化が大きいため、硬さの範囲に対してロバストとなるように海底面先端部突起形状を修正した。来年度以降、変更した形状での強度解析検討を行う。

また、海象条件及び作業船を考慮した設置精度（±1.0m）にてシンカーの設置が可能となるように、タービンベースのシンカー受け形状を変更した。来年度以降は本形状で確実に敷設できるのか解析や模型実験によるシンカー挿入確認を行う。

#### ⑧ 装置吊構造に関する課題

作業船動揺による不均等係数(安全率)と作業性を考慮して、ナセルとベースを一体にて4点吊りで設置する方式を採用し、十分な強度を確保できることを確認した。今後は吊り下げ時作業で問題ないか、吊治具の設計を進めて行く。

また、メンテナンス時のナセル吊りでは、工事の簡略化のためにトラニオンを設け吊り下げの方式を採用した。そのために、内蔵機器配置を考慮したナセル外壁の内面補強を施した。今後は補強部を含めたナセル外壁の強度解析検討を行う。

#### ⑨ 運転保守に関する課題

点検・交換・修理等の保守を、実証場所を考慮した作業内容に分け、費用積算を行ったが、2年に一度の目視点検でも作業船を使った工事にてナセルを持ち帰るのは非経済であることが判明した。そのため、今後はメンテナンス費用低減のための対策について検討を行う。

### (3) 事業性評価に関する課題

事業性評価は、事業費である、資本費（CAPEX）、運転維持費（OPEX）を算定し、潮流シミュレーションの結果及び潮流発電装置のパワーカーブから試算される年間発電量（AEP）を基に、発電コスト[円/kWh]を算定するアプローチを取る。具体的には、1MW 実証研究に要する事業費用を算定すると共に、世界的に商用化前段階に位置づけられている10MW を開発するのに要する事業費用及び発電コストをそれぞれ算定する（図 7-3-2）。

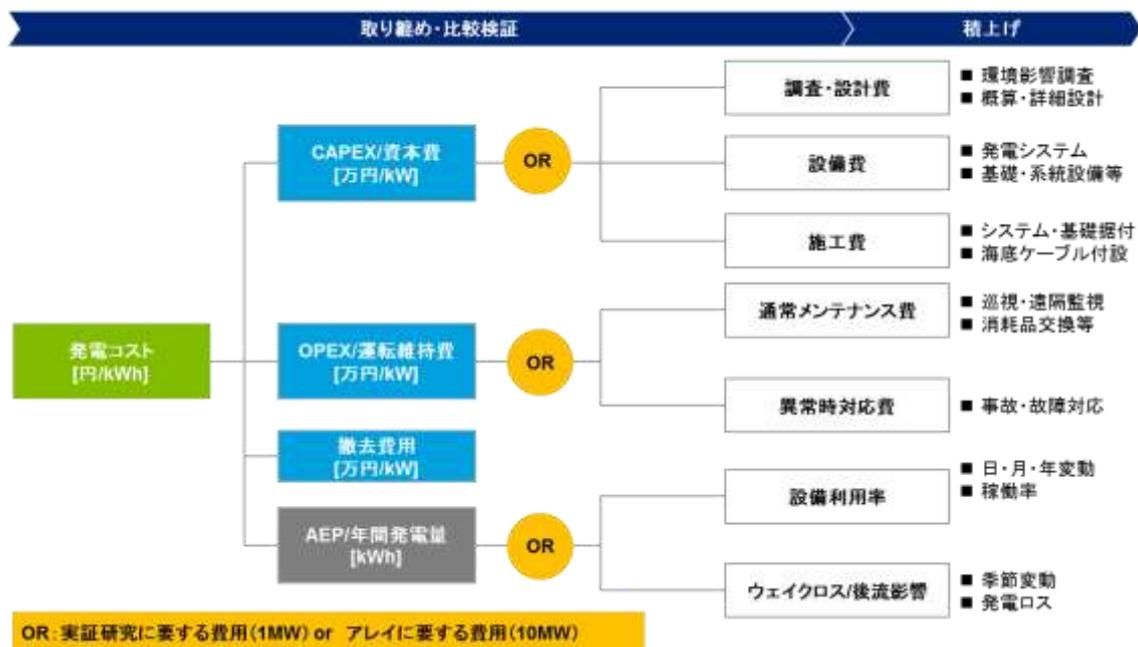


図 7-3-2 事業性評価項目

1MW の事業費用については、研究開発に要する費用やプロトタイプ機として設計及び製作を行うと共に、国内初の事例となる施工に要する費用が発生する。そのため、他の再生可能エネルギーと比べ、CAPEX は比較的高く、また、メンテナンスに要する費用も水中にある潮流発電装置を2年に1回引き上げ工事を行う必要があるため、CAPEX 同様、OPEX も比較的高い。1MW から10MW に規模拡大することにより、研究開発に要する費用等が不要となると共に、設計費及び設備費は顕著に規模効果が効いてくるため、1MW と比較した場合、CAPEX は一定程度、コスト低減の改善が図られる。OPEX についても、巡回メンテナンス等が可能になるため、一定程度改善が見られるが、他の再生可能エネルギーと比べ、相対的に高い水準にあり、CAPEX 及び OPEX 共にコスト低減が不可欠である。また、AEP については、今後、10MW の潮流発電装置10台それぞれの発電量を後流影響等も考慮の上、検討する必要がある。以上を踏まえ、10MW の発電コストを他の再生可能エネルギーと比較した所、現状は相対的に高い水準にあると共に、多くの不確実性を有した値である。

そのため、来年度以降、他の再生可能エネルギーと比較し、競争力を有するレベルの発

電コストを目指すべく、コスト低減について検証を行う。

<コスト低減に資する要検討項目の例>

- ・ CAPEX：定格出力の増大、電気設備の最適化、施工方法の更なる合理化等
- ・ OPEX：メンテナンス周期や大規模修繕頻度の改善、保険適用等
- ・ AEP：ブレードの長大化、高流速海域の選定等

## 8. 検討会の開催

### 8.1. 地域協議会

地域協議会は、長崎県五島沖における本実証研究の推進に向けて、潮流発電の実証候補海域周辺地域における社会受容性や地域協調等を総合的に協議するものである。そのため、産官学の地域を代表する方々に協議会の委員を委嘱し（表 8-1-1）、平成 26 年度は全 2 回協議会を実施した。

表 8-1-1 地域協議会委員名簿

区分	ご所属	ご役職	ご氏名
委員	五島市再生可能エネルギー推進室	室長	井川 吉幸
委員長	長崎総合科学大学	副学長	池上 国広
委員	久賀島地区町内会連合会	会長	稲田 富保
委員	長崎海上保安部交通課	課長	牛崎 泰成
委員	奈留町漁業協同組合	代表理事組合長	大久保 金政
委員	奈留町町内会	会長	鎌田 守
委員	福江商工会議所	会頭	清瀧 誠司
委員	五島漁業協同組合	代表理事組合長	草野 正
委員	五島ふくえ漁業協同組合	代表理事組合長	熊川 長吉
委員	長崎県産業労働部海洋産業創造室	係長	高岡 鋭滋
委員	五島市奈留支所	支所長	戸村 浩志
委員	国立大学法人長崎大学大学院	教授	中田 英昭
委員	五島市久賀島出張所	所長	野口 良美
委員	五島海上保安署	次長	畑中 一男
委員	五島市水産課	課長	林 利則
委員	長崎県五島振興局管理部	部長	山崎 敏朗
委員	五島市商工振興課	課長	山下 登
委員	五島市町内会連合会	会長	山田 義隆

(敬称略、五十音順)

#### 8.1.1. 第1回地域協議会

- (1) 日時：平成26年11月17日（月）15:00～17:00
- (2) 場所：五島市役所3階大会議室
- (3) 議事次第：
  - I. 開会のご挨拶
  - II. 地域協議会の設置
    - (ア) 地域協議会の設置について
    - (イ) 委員長選出
    - (ウ) 委員紹介
  - III. 環境省「平成26年度潮流発電技術実用化推進事業」概要説明
  - IV. 環境省「平成26年度潮流発電技術実用化推進事業」事業進捗
  - V. 環境省「平成26年度潮流発電技術実用化推進事業」今後の予定
  - VI. 質疑応答・その他
- (4) 主要な論点：
  - I. 潮流発電に対する各委員のご意見
  - II. 海域調査の速報
  - III. 環境への影響
  - IV. 海上安全の確保
  - V. 地域協調の有り方

#### 8.1.2. 第2回地域協議会

- (1) 開催日：平成27年2月2日（月）13:00～15:00
- (2) 開催場所：五島振興局4階大会議室
- (3) 議事次第：
  - I. 開会のご挨拶
  - II. 第1回地域協議会議事録（案）確認
  - III. 環境省「平成26年度潮流発電技術実用化推進事業」事業進捗
  - IV. 環境省「平成26年度潮流発電技術実用化推進事業」今後の予定
  - V. 質疑応答・その他
- (4) 主要な論点：
  - I. 実証候補海域の概要調査結果
  - II. 実証候補海域の選定
  - III. 施工方法
  - IV. 環境影響評価（配慮書）
  - V. 地域協調に関する各委員のご意見

## 8.2. 評価委員会

環境省「平成 26 年度潮流発電技術実用化推進事業」と NEDO「海洋洋エネルギー技術研究開発／次世代海洋エネルギー発電技術研究開発／着定式潮流発電」は、両事業の効率的な推進に向けて、共通の有識者からなる委員会を設置する。環境省事業では、潮流発電の実証研究に係る社会受容性や経済性等を総合的に検討する評価委員会を設置し、NEDO 事業では、潮流発電システムの研究開発に係る技術等を受託者と有識者が協議する推進委員会をそれぞれ設置し、運営するものである。そのため、産学を代表する方々に両委員会の委員を委嘱し（表 8-2-1）、平成 26 年度は両委員会を全 2 回共同委員会として実施した。

表 8-2-1 評価委員会委員名簿

区分	ご所属	ご役職	ご氏名
委員	独立行政法人水産総合研究センター 水産工学研究所水産業システム研究センター エネルギー・生物機能利用技術グループ	グループ長	赤松 友成
委員長	日本大学理工学部海洋建築工学科	特任教授	木下 健
委員	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科	教授	鈴木 英之
委員	一般財団法人日本海事協会再生可能エネルギー部	部長	高野 裕文
委員	国立大学法人長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科	教授	中田 英昭

(敬称略、五十音順)

### 8.2.1. 第 1 回評価委員会

- (1) 日時：平成 26 年 12 月 9 日（火）9:30～11:30
- (2) 場所：デロイト トーマツ コンサルティング株式会社 セミナールーム
- (3) 議事次第
  - I. 開会のご挨拶
  - II. 委員会の設置
    - (ア) 委員長選出
    - (イ) 委員紹介
  - III. 事業計画
    - (ア) 環境省事業
    - (イ) NEDO 事業
  - IV. 事業進捗

(ア) 環境省事業

(イ) NEDO 事業

V. 今後の予定

VI. 質疑応答・その他

(4) 主要な論点：

I. 潮流計測やシミュレーションの速報

II. 事業リスク評価

III. 事業スケジュール

IV. 潮流タービンへのスラスト力

V. 海底ケーブルの埋設

VI. 施工方法

#### 8.2.2. 第2回評価委員会

(1) 開催予定日：平成27年3月5日（木）13:00～15:00

(2) 開催予定場所：デロイト トーマツ コンサルティング株式会社 AS ONE

(3) 議事次第：

I. 開会のご挨拶

II. 第1回共同委員会議事録（案）確認

III. 事業進捗

(ア) 環境省事業

(イ) NEDO 事業

IV. 今後の予定

V. 質疑応答・その他

(4) 主要な論点：

I. ブレードのピッチ制御や破壊モード

II. 上潮・下潮における潮流速の乱れや時間変動と潮流シミュレーション

III. リスク評価と試験評価の全体スケジュール

IV. 環境影響評価

V. キャビテーションの検証と対策

VI. 水中コネクタの成立性

VII. 事業性評価を踏まえたコスト低減