

2021年度成果報告会

海洋エネルギー発電実証等研究開発事業／海洋エネルギー発電長期実証研究／

水中浮遊式海流発電システム 発電事業に係る実証試験

IHI

株式会社 I H I

委託先：(国)東京大学
(国)鹿児島大学

本資料について、以下のことを株式会社IHIによる事前承諾なく行うことを禁じます。
(1)複製(方法を問わず) (2)第三者への開示 (3)供与目的以外への使用

Copyright © 2021 IHI Corporation All Rights Reserved. IHNED-133

問い合わせ先

株式会社 I H I

TEL：0120-117-769

URL: <http://www.ihl.co.jp/ihl/contact/>

1. 期間

開始 : 2018年 6月

終了 : 2022年 2月

2. 最終目標

海流発電システムの実用化実現をめざし、実海域における実証試験を実施することで、様々な季節・気象条件下での発電性能や信頼性の向上、および生物付着・環境影響並びに運用に関する課題等の検証を行い、2030年以降、本技術の実用化への迅速な移行を目標とする。

3. 成果・進捗概要

水中浮遊式海流発電システムの100kW実証試験機を用いた実海域における長期実証試験に対して、2019年に発生した実証試験機の不具合の原因究明と再発防止対策を実施した。

2020年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響等を考慮して実証試験方法を見直し、曳航形態による発電安定性確認試験および黒潮ホバリング試験に変更することとし、両試験実施のために必要な電気機器や係留機器の見直し等の試験準備作業を実施した。

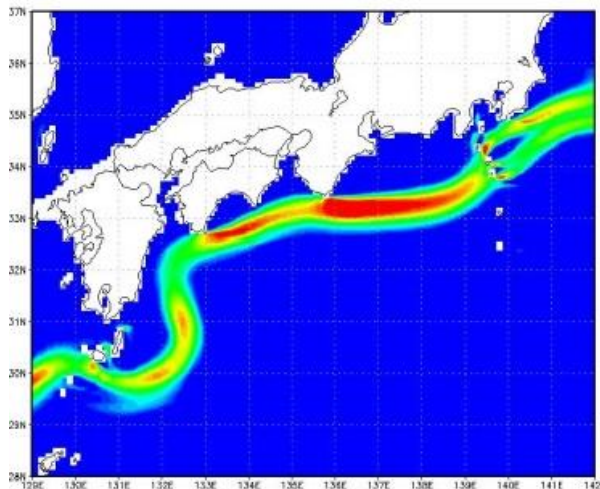
“海流”は、昼夜や季節による流れの速さ・向きの変動が少なく安定しており、長期かつ連続的に利用することで年間を通じて安定的で大きな発電量が期待できる。

日本沿岸を流れる“**黒潮**”は世界的にも有数の強い海流であり、将来の日本のエネルギーを担うことが期待されている**有望な再生可能エネルギー源**である。

黒潮が持つエネルギーポテンシャルの試算： 約200GW

出典： NEDO「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」報告書

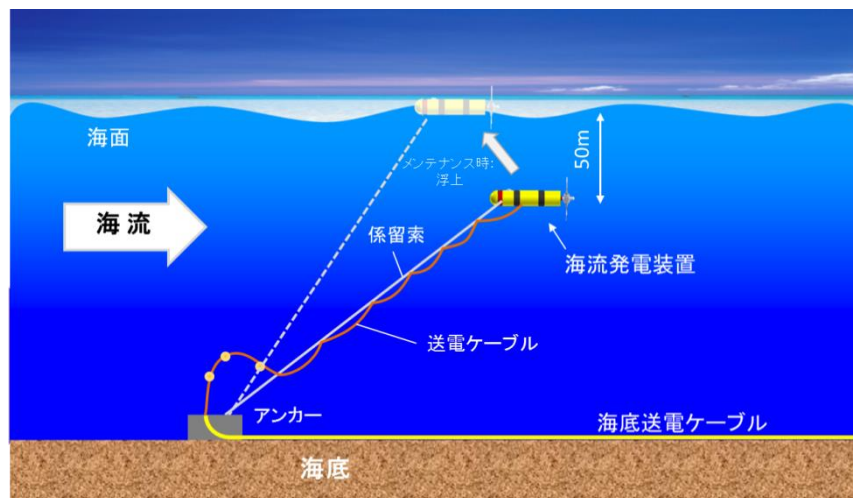
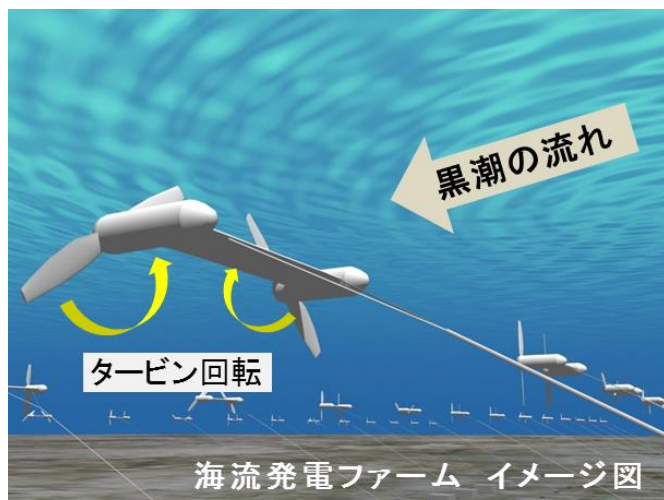
その黒潮からの発電を可能とする「**水中浮遊式海流発電**」の開発を進めている。



黒潮流速の分布解析例

- 発電装置を海底から係留して海中に浮遊させることで、大水深域でも設置が可能で、船舶航行に支障を及ぼさず、波浪の影響も受けない
(設置場所の制約が少ない ⇒ 多数設置)
- 互いに逆方向に回転する双発式の水中タービンで、タービンの回転トルクを相殺し、海中で安定した姿勢保持が可能
- 浮力を調整することで海上に浮上させ、メンテナンスや修理を容易に実施可能
- 実用機の発電出力： 2 MW (1,000kW×2 基) (発電出力の大規模化が可能な方式)
※ 実証試験機は 100kW (50kW × 2基)
- 高い設備利用率 50 ～ 70 % が見込まれる (安定した発電)
※ 設備利用率： ある期間に、定格出力の100%で発電した場合の電力量に対して、実際に発電した電力量の割合。

水中浮遊式海流発電は、“たこ揚げ”のように、黒潮の流れの中に発電装置を浮かせて発電する



- 2011年度からNEDO事業による海洋エネルギーの次世代要素技術開発を開始
 - 水中浮遊式浮体システムや浮体耐圧構造等の要素技術を開発
- その成果を受けて2015年度からの実証研究に移行し、実証海域の選定、実証試験の基本設計等を含めた実施計画についてNEDOから承認を受け、最終年度である2017年度に実海域実証試験を実施
- 黒潮海域で長期にわたり発電能力や設備の耐久性・経済性などを検証することを目的とした実証研究を、2018年度からNEDO助成事業として実施中

将来の事業化時の
発電コスト目標

小規模： ¥40/kWh

大規模： ¥20/kWh

2011年～2014年度

2015年～2017年度

2018年～2021年度

次世代要素技術開発

実海域実証研究

離島での実海域
長期実証研究

水中浮遊式浮体 海中浮遊試験



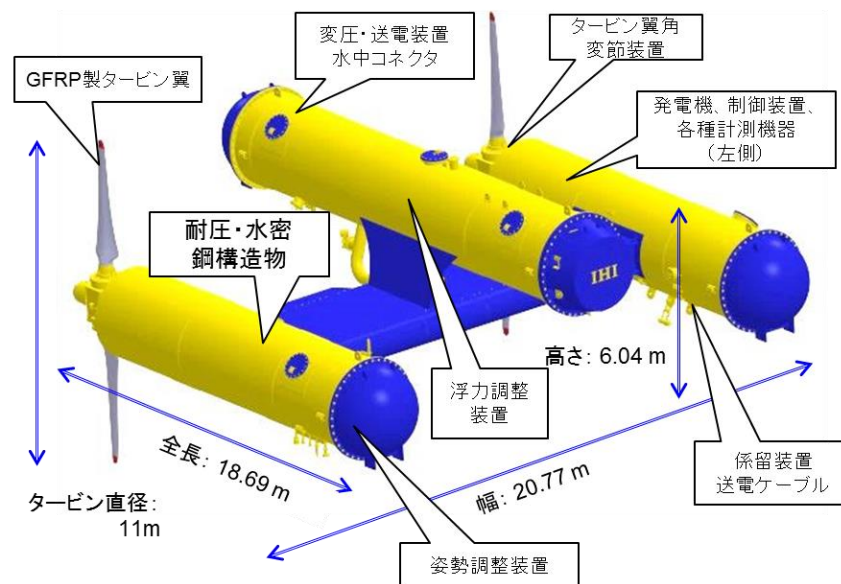
実証試験機浮体 耐圧構造モックアップ 水中吊架試験



100kW実証試験機「かいりゅう」

- 発電出力100kW級の水中浮遊式の海流発電システムとしては世界初となる「かいりゅう」は、船舶・海洋構造物の基本設計技術をベースに、発電機器や浮上・潜行のための浮力調整装置、発電状態や浮遊安定性を自律制御する機器などを内蔵した、これまでにない新しいコンセプトの海洋エネルギー発電デバイスである。
- 搭載する機器や海上作業のほとんどを国産の装置・技術で構成しており、オールジャパンで実現したプロジェクト。
- 実証試験機の建造に当たっては、潮流・海流発電システムの認証に関するガイドラインに沿ったプロトタイプ認証を日本海事協会から日本で初めて取得した。

※「かいりゅう」の名前は、十島村の小中学生から公募した中から命名された。



2020年度初めから続く新型コロナウイルス感染拡大の影響から、かいりゅうで発電した電力を離島に送電する方式での実証試験は、実施が困難であると判断した。

本実証研究で予定していた内容のうち、研究目標である海流発電技術の実用化を目指すうえで、実海域試験での検証が必要な以下の内容に絞り込んだ実証試験方法への見直しを行った。

- ✓ **100kW級実証試験機の発電効率および変動特性**
- ✓ **黒潮環境下での発電特性**
- ✓ **海流エネルギーの推定**

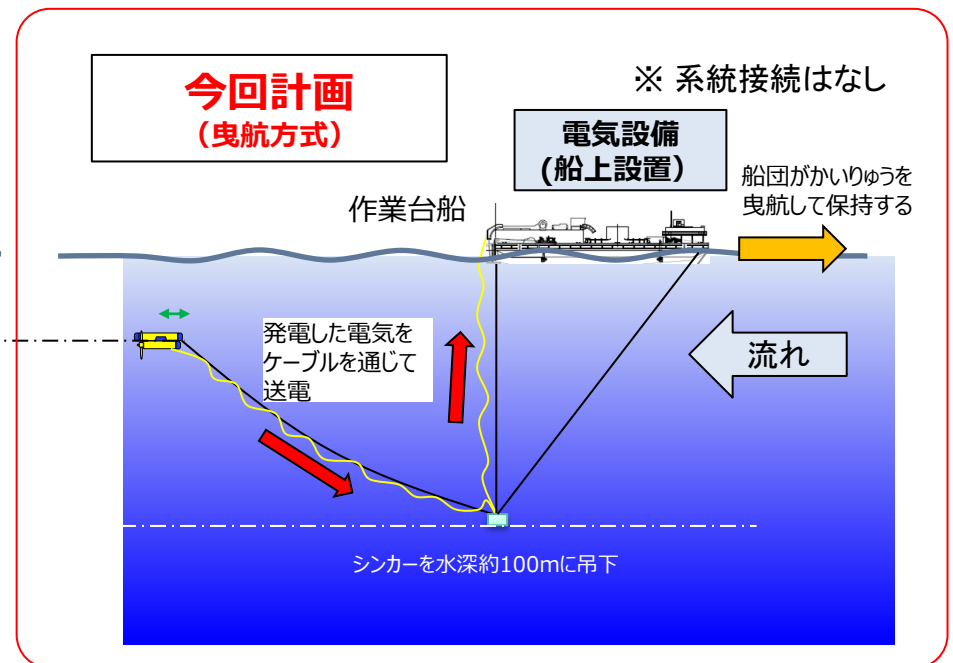
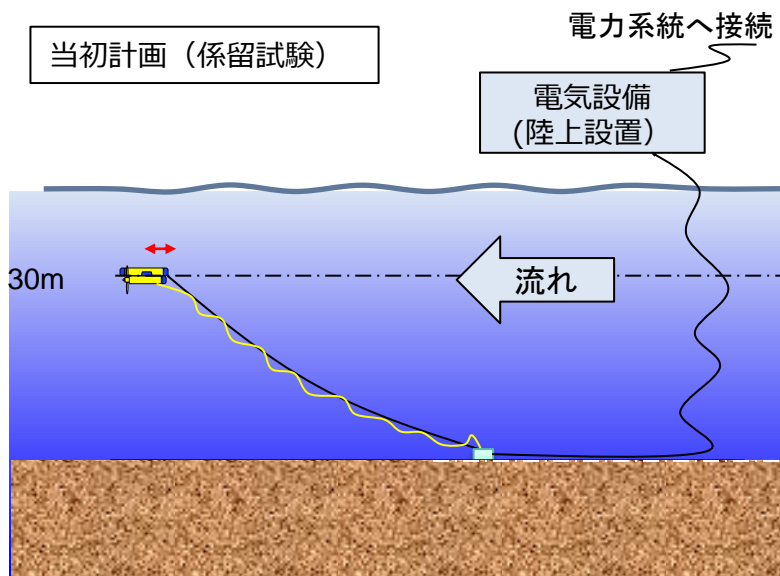
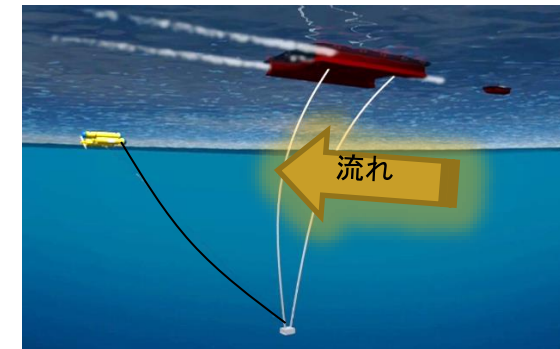
これらの検証を実海域で行う試験方法として、

- ① **発電安定性確認試験**
- ② **黒潮ホバリング試験**
- ③ **黒潮海域の長期海況計測**

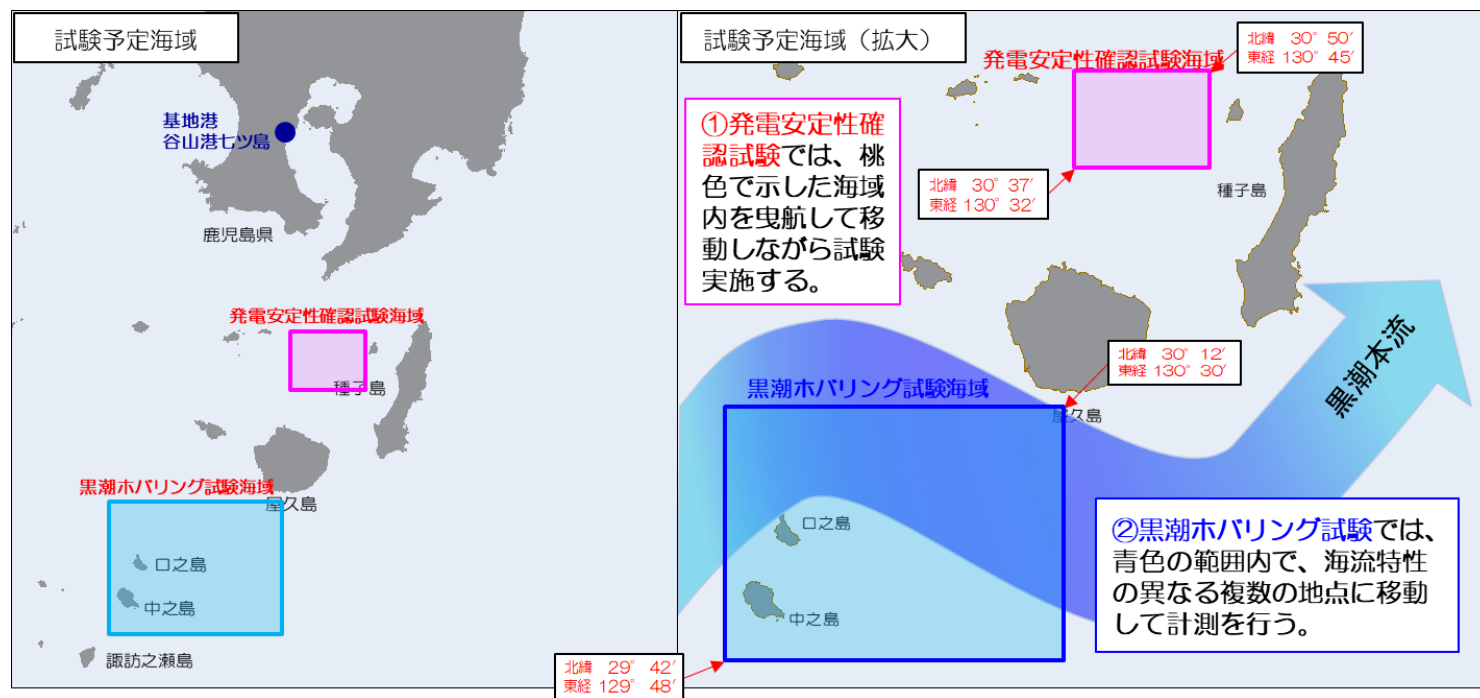
に変更して実施することとした。

- 試験は台船から吊下げた状態のシンカーから係留装置を介して「かいりゅう」と作業台船を接続し、台船を曳航する方式で実施する。
- ① **発電安定性確認試験**は、**台船が航走すること**で海流の流れを模擬し、**任意の流速における「かいりゅう」の発電の安定性を検証する**。
- ② **黒潮ホバリング試験**は、**黒潮中での発電特性を検証するため、黒潮本流域中の定点に「かいりゅう」を保持（ホバリング）した状態**で発電する試験を行う。

試験状態のイメージ

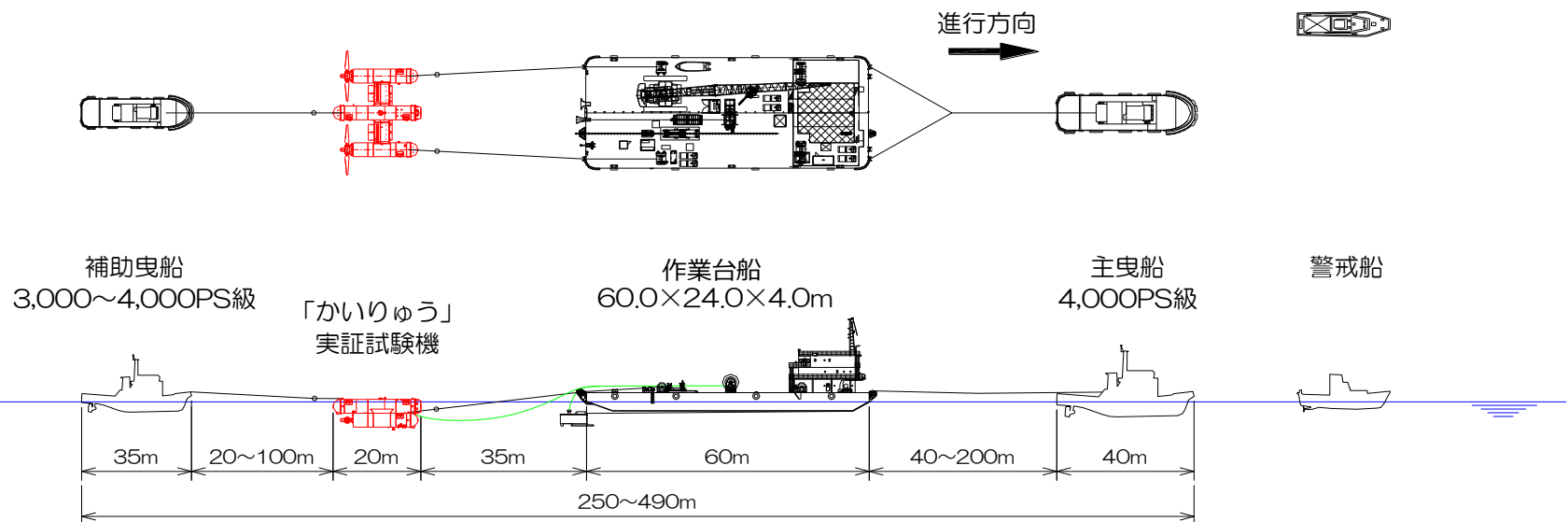


- ・ 発電安定性確認試験および黒潮ホバリング試験を行う実証試験海域として下記のエリアを設定した。
- ・ 発電安定性確認試験は、波浪が穏やかな島嶼に囲まれた海域で実施する。
- ・ 黒潮ホバリング試験は、曳航形態によって試験地点の変更ができる利点を生かし、黒潮本流中の複数の地点で計測を行う。
- ・ これらの海域で実証試験を行うことを、近隣の自治体や関係する行政機関、漁業関係者やフェリー運航会社等に周知して、周囲の安全に配慮して試験作業を行う。



- 試験作業中は下記のような作業船団を構成し、周囲に複数の警戒船を配置することで、安全に十分注意して試験を行う。
- 悪天候時や非常時の退避計画、他船団との遭遇時の対応などをあらかじめ想定し準備する。

実証試験海域へ移動する際の試験船団の構成



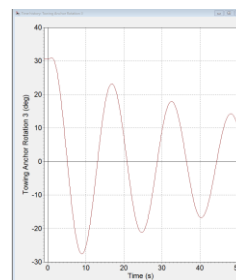
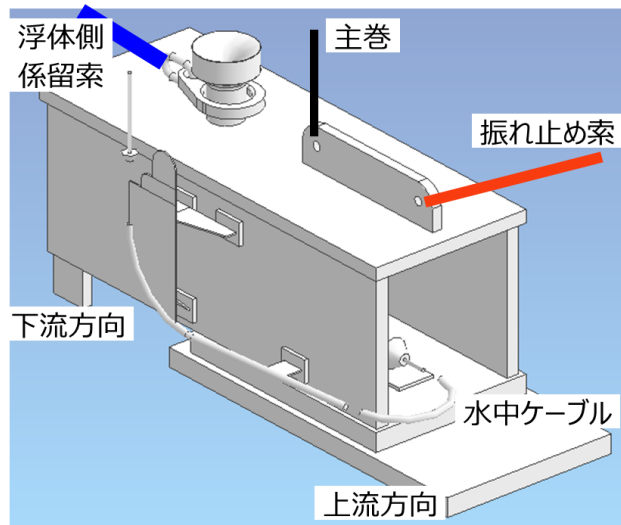
2019年度に発生した不具合を受けて、以下の見直しを実施

- 「かいりゅう」に内蔵した制御・通信・電源系統の冗長化
- 悪海象時や輸送時の振動による接触不良発生を、機器取付方法強化によって防止
- 不調を早期に発見するために、試験準備段階から機器動作状況をモニタリングできるように改良



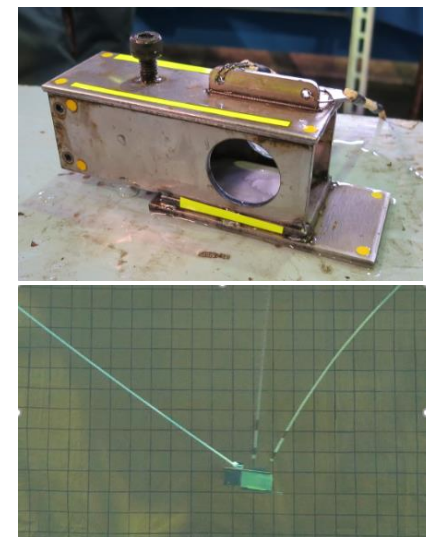
- 曳航用シンカーは、鋼製の溶接構造とし、台船から吊下げるための主巻や浮体との係留索、送電・通信用の電力ケーブルを接続した構成とする。
- 本実証試験で想定する曳航状態に対する浮体・係留シミュレーションを行い、シンカーの動揺特性や回転振動の固有周期等を推定・評価した。その結果、シンカーの重量を80トンとすることで、シンカーの変位が抑えられることが分かった。
- シンカーの動揺については、小型スケール模型による水槽試験を実施して、曳航による振動や回転は見られないことを確認した。
- 実証試験では、曳航によるシンカーの動揺が浮体挙動に与える影響を検証できるように、シンカーにジャイロセンサーを取り付け、動揺データを船上で計測・モニタリングする。

曳航用シンカーの構成



浮体係留シミュレーションモデルと固有周期推定結果

小型スケール模型による水槽試験



実際の黒潮海域の流速を長期間計測し、将来事業化時の設備利用率の推定に用いるとともに、かいりゅうシミュレーションの検証にも利用する。

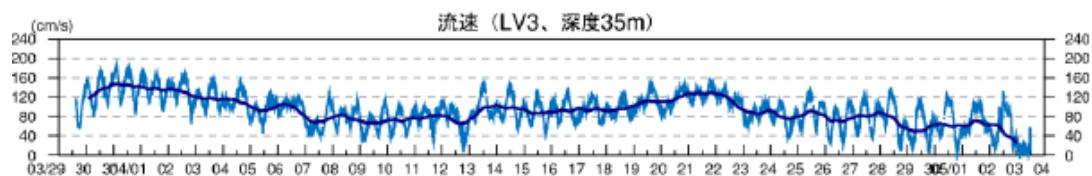
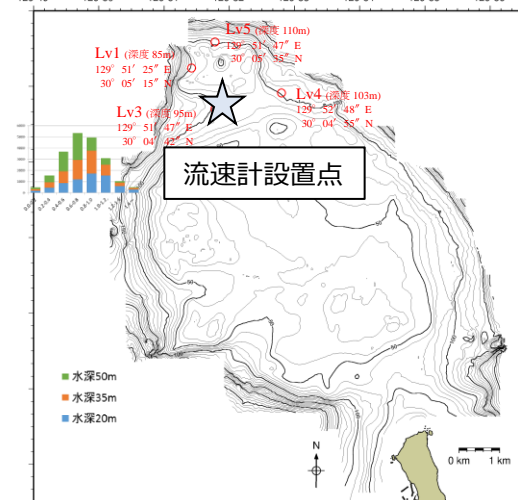
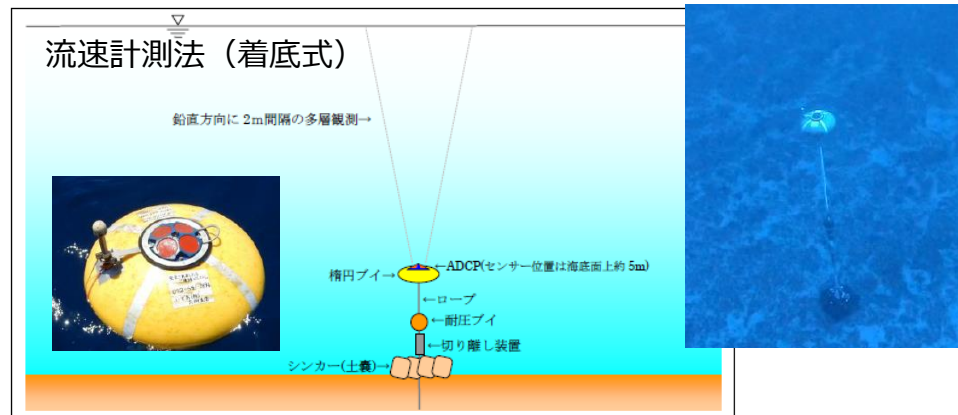
実施時期と設置位置

年間データを以下の期間に対して、右図の地点に流速計を設置して計測を行う。

- ・2021.1-3 (冬)
- 2021.3-4 (冬)
- ・2021.4-6(春)
- ・2021.7-9 (夏)
- ・2021.10-12(秋)

試験機器

- ・DCP : 流速プロファイル
- ・解析 : 海流速時系列, 頻度, 流軸, 潮流分離



令和3年3月29日～5月3日の計測結果抜粋

ここで得られた試験結果を元に、発電特性や変動特性等を詳細に解析するとともに、実用化に向けた評価や課題の抽出を行っていく。

An aerial photograph showing a yellow and blue ROV being towed by a cable from a support vessel in the open ocean. The ROV is partially submerged, with its yellow upper section and blue lower section visible. The support vessel is a large, white and blue ship with a crane, located in the upper right of the frame. The ocean is a deep blue with visible wave patterns.

Figure 10 is a scatter plot with a trend line showing the relationship between flow rate and power output. The x-axis is labeled '流速 (m/s)' (Flow Rate (m/s)) and ranges from 0.0 to 1.7. The y-axis is labeled '発電出力 [kW]' (Power Output [kW]) and ranges from 0 to 110. The legend indicates that red dots represent '実測値' (Measured values) and the blue dashed line represents '計画値' (Calculated values). The calculated curve starts at (0,0), remains near zero until approximately 0.4 m/s, then rises steeply, reaching a plateau of 100 kW at 1.5 m/s. The measured data points are scattered around this curve, showing a similar trend but with some deviation, particularly at higher flow rates where the power output fluctuates between approximately 90 kW and 100 kW.

