７．４．地元協調・漁業共生メニュー検討のための海域調査

７．４．１．調査目的と調査内容

海中に設置する潮流発電施設（潮流発電機、電力ケーブル等）設置工事前後の当該海域における漁業資源環境の様子を記録し、その漁業資源環境調査から地元協調・漁業共生メニューの検討を行う。設置に伴い、約１年間のデバイス周辺に集まる漁業資源（魚類）を長期的に観察した。調査フローを以下の図 7.4-1 に示す。使用した機材は表 7.4-1、調査場所・調査個所を図 7.4-2、調査状況を図 7.4-3 に示す。

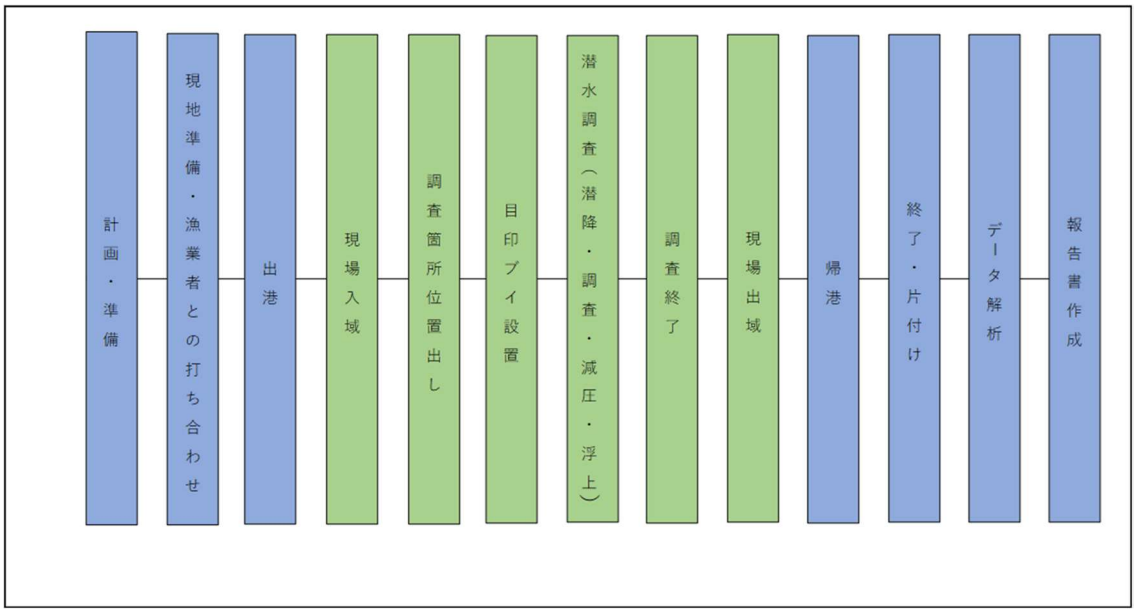


図 7.4-1　調査フロー

表 7.4-1　潜水調査使用機材

水中カメラ	Nikon D850 性能表
	型式：レンズ交換型一眼レフレックスタイプデジタルカメラ 有効画素数：4575 万画素 シャッタースピード：1/8000～30 秒 露出補正：範囲　±5 段 感度：ISO 64～25600（推奨露光指数）
水中ビデオ	Panasonic GH5 性能表
	形式：レンズ交換式デジタル一眼カメラ 有効画素数：2033 万画素 シャッタースピード：1/16000～60 秒 感度：ISO100～25600 動画撮影：4K60p

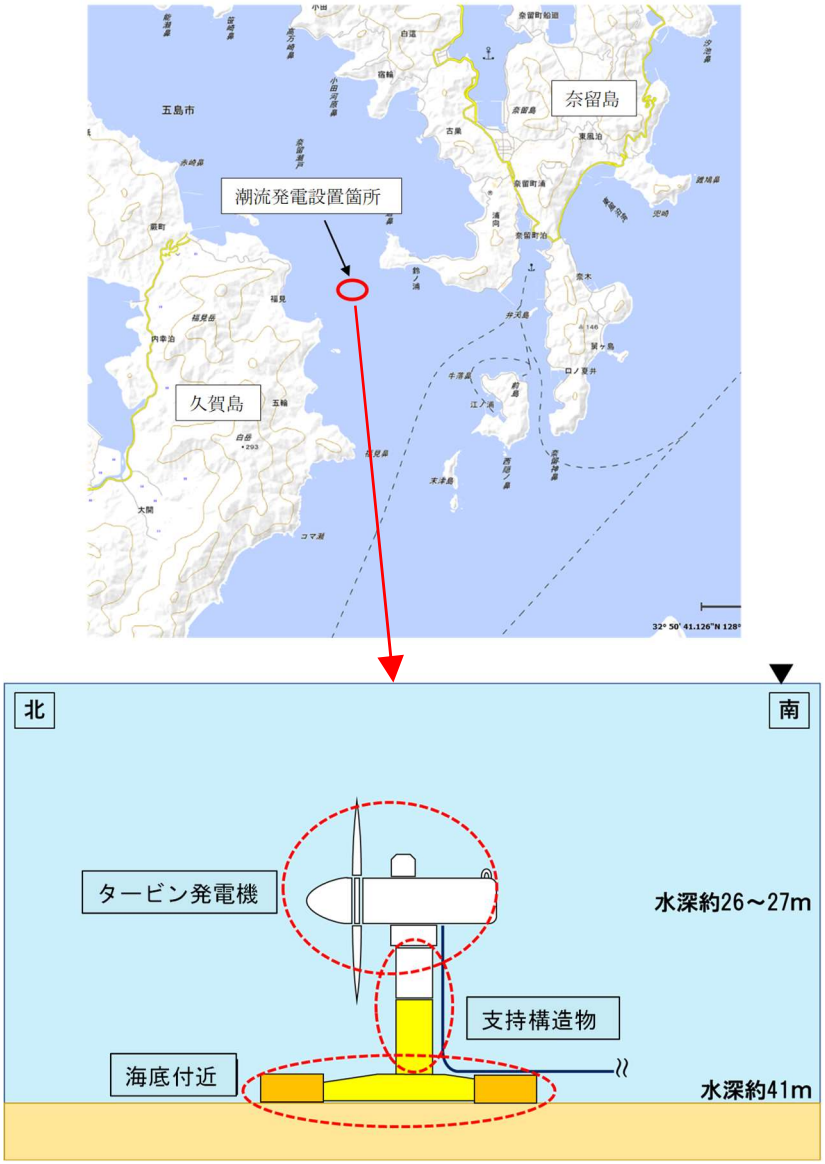


図 7.4-2　調査場所・個所イメージ図

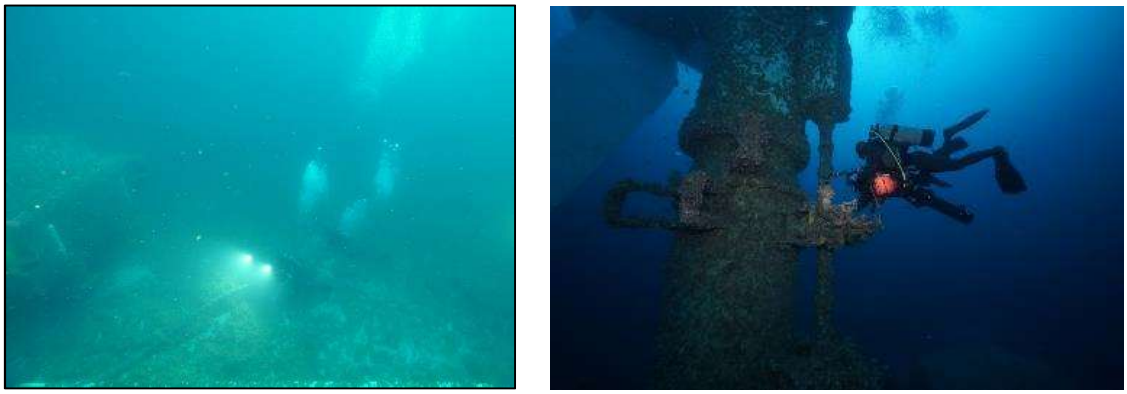


図 7.4-3　調査状況（左：海底付近、右：支持構造物部付近）

７．４．２．スケジュール

漁業資源の調査は図 7.4-4 に示すとおり、2020 年度から 2021 年度にかけて、約１ヶ月ごとに行った。2021 年度の 5 月は、天候不順により調査を行うことができなかった。

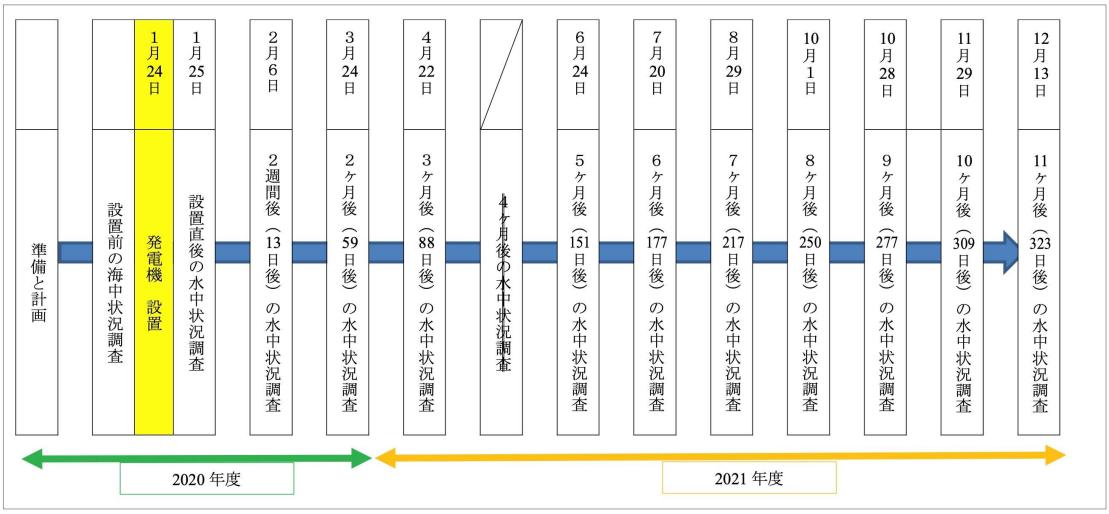


図 7.4-4　調査スケジュール

７．４．３．調査結果

（１） 設置前調査結果

潮流発電設備設置前の調査結果のうち、表 7.4-2 に調査時の気象・海象状況、表 7.4-3 に調査時の海中の状況を示す。また、図 7.4-5 に調査時の写真を示す。

表 7.4-2　調査時の気象海象

2020 年 11 月 26 日　調査海域情報						
気象・海象	天　候	晴れ		気　温	13.1℃	
	風　向	北西		風　速	北北西 2m	
	波　高	0.2m		海底水温	21.5℃	
	水中視界	10m				
	潮　汐（福江）／中潮					
	満　潮	05：55	212 cm	干　潮	11：50	98 cm
		17：53	230 cm			

表 7.4-3　調査時の海中の状況

海底状況				
調査箇所	奈留瀬戸デバイス設置個所			
設置魚礁	無し			
設置状況	水　深	43m	底　質	岩礁、玉石
	地　形	岩礁	水中姿勢	無し
	洗　掘	無し	埋　没	無し
	堆　積	無し	漁具の掛り	無し

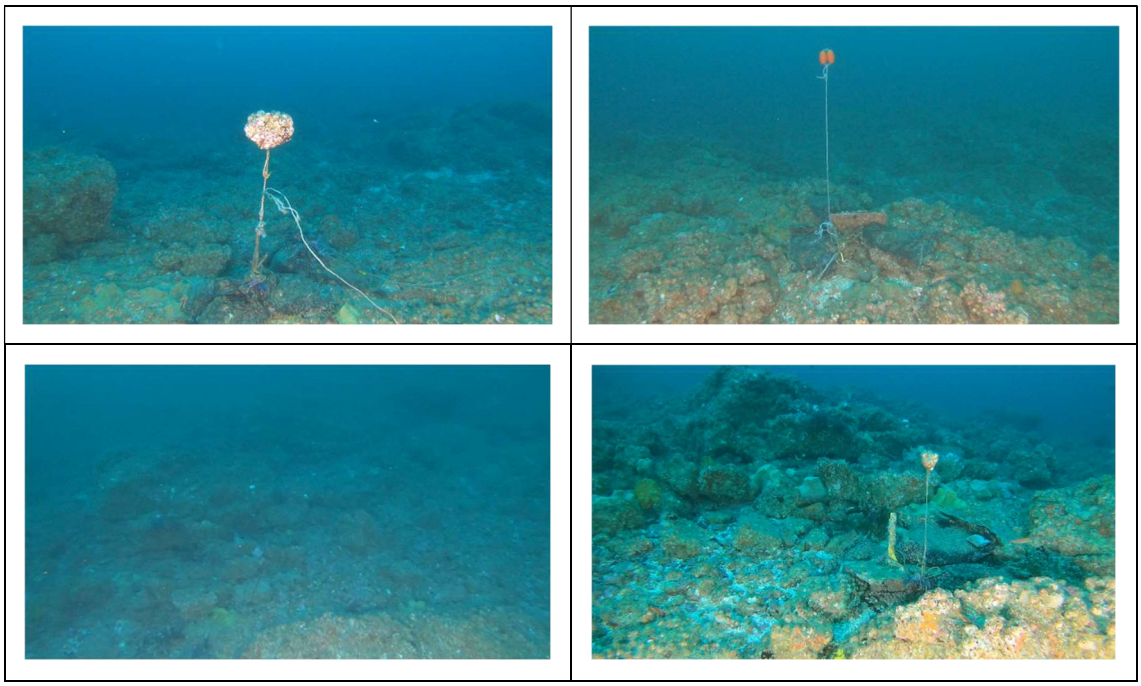


図 7.4-5　潮流発電機設置前の海底状況（全て潮流発電機設置場所付近）

潮流発電機設置場所付近の魚類の視認調査も実施。調査した海域は、岩礁帯であり周囲に魚礁や起伏の大きい根は無く、比較的平坦な地形である。潮流発電機設置海域周辺にはメジナ、スズメダイ、イシダイ、カサゴ、キンチャクダイ、アオブダイ、ホシササノハベラ、ウマヅラハギ、コロダイが確認できた。

（２） 潮流発電機設置後調査

① 調査方法

潜水士が潮流発電機に目印ブイを取り付け、支援船を操船し定点保持する。その後、潜水士が潜降、水中カメラにより魚類、海底現状及び、発電デバイス周辺に蝟集している魚類等の調査を行った。

調査方法のイメージ図を図 7.4-6 に示す。

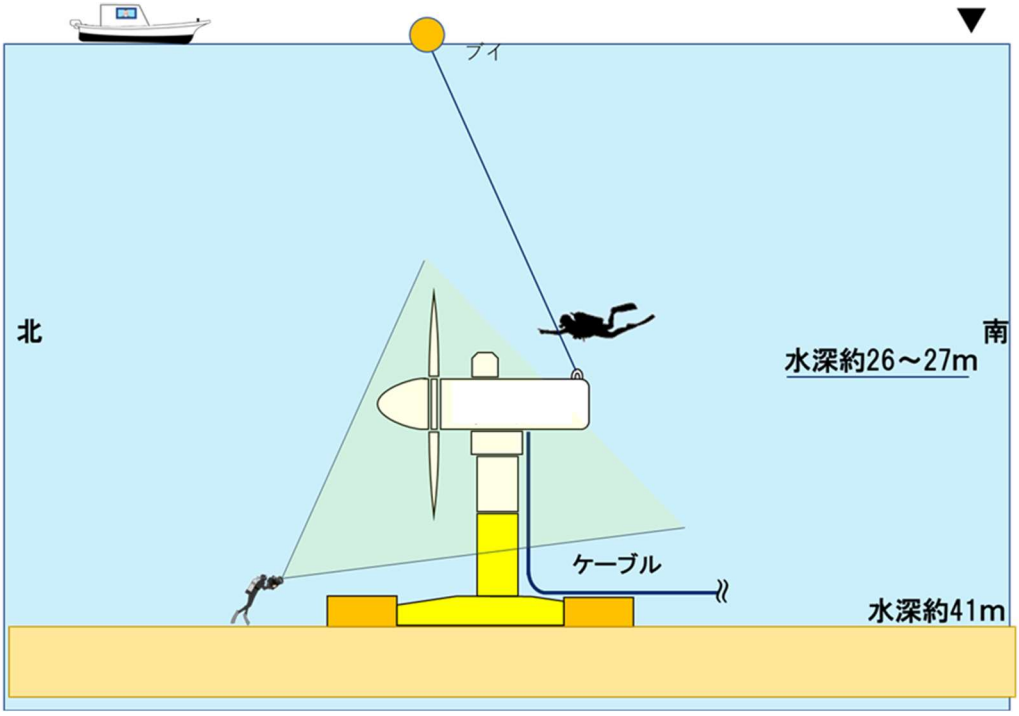


図 7.4-6　調査イメージ図

② 調査結果

図 7.4-7 に視認調査で確認された魚種の一覧を示す。

潮流発電機設置前に視認された魚種の多数（ジナ、スズメダイ、イシダイ、カサゴ、キンチャクダイ、アオブダイ、ホシササノハベラ、コロダイ）は設置後も確認されたこと、イシダイ、ギンチャクダイ、スズメダイ、メジナは年間を通して潮流発電機付近で視認されたことから、潮流発電機の設置が生態系に与える影響は少ないと思われる。

また、季節の変化はあるものの、潮流発電機設置後から魚種が増えていることから、潮流発電機設置が蝟集効果を与えいるものと思われる。その一因として、潮流発電機に付着する海生生物に魚類が集まる漁礁効果が考えられる。

魚種	場所※	1/25	2/10	3/24	4/22	6/24	7/20,21	8/29,30	10/1	10/28	11/29	12/13	
アカハタ	T												
	M												
	B								●			●	
アオブダイ	T												
	M								●	●	●	●	
	B					●	●		●	●	●	●	
イシガキダイ	T					●	●	●					
	M					●	●	●		●	●	●	
	B					●	●	●		●	●	●	
イシダイ	T				●	●	●	●					
	M			●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B			●	●	●	●	●	●	●	●	●	
カサゴ	T												
	M		●										
	B	●	●	●	●			●					
カシワハナダイ	T							●					
	M												
	B												
キュウセン	T					●	●	●	●	●	●	●	
	M					●	●	●	●	●	●	●	
	B					●	●	●	●	●	●	●	
キンギョハナダイ	T							●					
	M												
	B												
キンチャクダイ	T												
	M		●										
	B	●		●		●	●	●	●	●	●	●	
クエ	T												
	M												
	B					●	●	●	●	●	●	●	
コガネスズメダイ	T					●	●		●	●	●	●	
	M								●	●	●	●	
	B									●	●	●	
コロダイ	T												
	M												
	B						●	●		●	●		
コロブダイ	T												
	M												
	B					●							
スジアラ	T												
	M												
	B											●	
スズメダイ	T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	M	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	
	B					●	●	●	●	●	●	●	
タカノハダイ	T												
	M		●	●		●	●	●					
	B	●		●	●	●	●		●				
タキゲンクロダイ	T												
	M												
	B									●	●	●	
テングダイ	T												
	M												
	B					●	●	●					
ニシザイ	T												
	M												
	B											●	
ネンブツダイ	T									●			
	M								●	●	●		
	B								●				
ハコフグ	T					●	●	●					
	M					●	●	●					
	B												
ヒメジ	T												
	M												
	B	●	●										
ベラ	T								●	●	●	●	
	M								●	●	●	●	
	B								●	●	●	●	
ホシササノハベラ	T												
	M		●										
	B	●		●									
マツバスズメダイ	T							●					
	M												
	B												
メジナ	T					●		●	●	●			
	M	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	
	B	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
魚種	T	1	1	1	2	7	6	9	5	6	4	4	
	M	2	6	3	2	7	7	7	8	9	9	8	
	B	6	3	6	4	11	11	10	11	12	12	14	

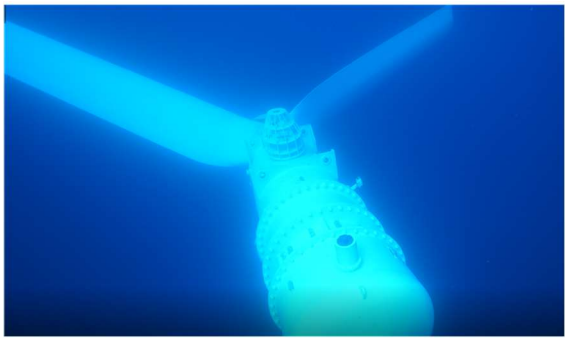
※　T:潮流発電機上部、M:潮流発電機中部、B:海底部

図 7.4-7　魚種調査結果一覧

図 7.4-8～10 に潜水士による潮流発電機設置後（設置直後、3 ヶ月後、6 ヶ月後、9 ヶ月後、11 ヶ月後）の様子を示す。

時間の経過とともに、各部位に海生生物が付着していることが確認された。潮流発電機上部のブレードやナセルの一部に付着物有無の場所がある。これは部位により、塗料が異なるためと思われる。時間の経過とともに付着物は増加しているが、本事業期間中は問題なく発電できたことから、付託物が 1 年間の発電に与える影響は少なかったものと思われる。

設置から 11 ヶ月後の 2021 年 12 月 13 日の調査では、イシダイ、メジナ、アオブダイ、アカハタ、クエ、キンチャクダイ、キュウセン、ニザダイなど、多様な魚種の蝟集が確認された。

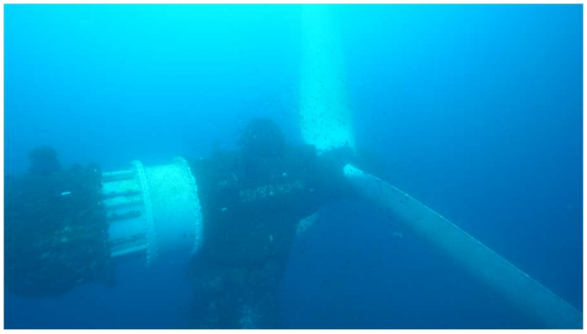


設置直後（2021 年 1 月 25 日）

3 ヶ月後（2021 年 4 月 22 日）

6 ヶ月後（2021 年 7 月 20 日）

9 ヶ月後（2021 年 10 月 28 日）



11 ヶ月後（2021 年 12 月 13 日）

図 7.4-8　潮流発電機設置後の状況（タービン発電機付近）

設置直後（2021 年 1 月 25 日）

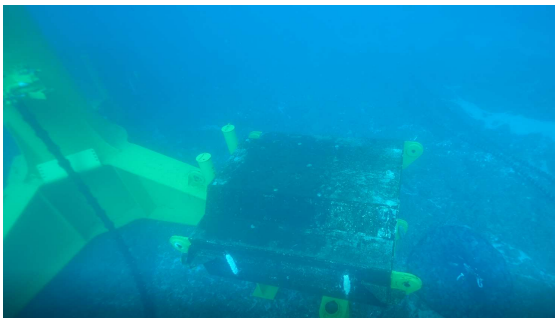
3 ヶ月後（2021 年 4 月 22 日）

6 ヶ月後（2021 年 7 月 20 日）

9 ヶ月後（2021 年 10 月 28 日）

11 ヶ月後（2021 年 12 月 13 日）

図 7.4-9　潮流発電機設置後の状況（支持構造物支柱部）



設置直後（2021 年 1 月 25 日）

3 ヶ月後（2021 年 4 月 22 日）

6 ヶ月後（2021 年 7 月 20 日）

9 ヶ月後（2021 年 10 月 28 日）

11 ヶ月後（2021 年 12 月 13 日）

図 7.4-10　潮流発電機設置後の状況（海底部）

７．５．地元関係者との協調の取り組み

７．５．１．目的

本事業を円滑に推進するには、漁業関係者をはじめとする地元関係者の理解及び協力を得ながら“地域と共生”することが不可欠である。そのために「地元理解醸成」と「事業への参加による地域との一体化」の視点で取り組み、地域との共生手法を確立する。

７．５．２．地元関係者との継続的な意見交換及び地元への丁寧な工事周知

本事業は、2016、2017 年度 潮流発電技術実用化推進事業の実施後、再公募を経て事業再開となったため、前回の事業で良好な関係を築いてきた地元関係者への事業再開の報告および事業概要の説明を順次実施した。

事業開始後は、定期的な事業進捗状況の共有の他、地元漁協および自治体と合同の報告会を適宜開催し、工事開始に向けた課題整理や最善の対応策等の意見交換を行い、地元関係者と一心同体で事業を進めてきた。陸上電気設備の工事開始前には、市報への掲載の他、周辺住民への各軒訪問説明を行い、また、工事時は大型車両の通行が発生するため、町内全世帯に工事概要の案内文書を配布し、特に登下校時のスクールゾーンには警備員を配置する等、町内の皆さまの安全確保を優先した工事を実施することで本事業への理解醸成を図った。

図 7.5-1 地元神社での安全祈願祭

図 7.5-2 地元関係者への報告会

７．５．３．設置工事時における地元への貢献

（１） 地元漁協への協力依頼

地元貢献策の一環として、陸上電気設備の工事期間においては地元漁協へ建設状況の映像記録を依頼した。記録の他、工事日以外にも現地パトロールを実施していただく等、間接的な事業への参画によって、地域と一体となった協力関係の構築にも至った。

図 7.5-3　映像記録の様子

（２） 漁業関係者への傭船協力依頼

その他の貢献策として、潜水調査時の作業船・警戒船や潮流発電機の設置工事時の警戒船については、地元漁協への傭船を依頼した。傭船関係者に対しては事前に説明会を開催し、作業内容や警戒時の依頼事項について等の情報共有を行い、安全第一で臨めるようご協力いただいた。

設置工事については早朝～深夜に及ぶ工事となったが、長時間労働を回避するため 2 交代制で対応していただいた結果、特に事故も無かったうえに、設置工事の状況を間近で見ていただくことで関係者からは「本事業を身近に感じることが出来る良い機会となった」との喜びの声もあった。

警戒船船主への説明会①

警戒船船主への説明会②

夜間設置工事時の警戒船

夜間工事時の漁業関係者の視察

図 7.5-4　漁業関係者の事業参加の状況

７．５．４．本事業への住民参加機会の創出

本事業に親しみを感じていただくため、地元の小中高生に対し潮流発電機のネーミング募集を実施した。沢山の応募（64 件）の中から「なるミライ」を採用、併せて複数の応募があった「なるくらげ」もキャラクター名で採用し、市報で紹介することで地元の皆さまには事業への参画を実感いただく取り組みの一環とした。この「なるミライ」の命名は応募した生徒様の「自然のエネルギーを使用した発電で奈留が今よりももっとすばらしく暮らしやすい未来になってほしい。」との思いが込められている。

また、命名証授与式の際には地元 TV 局の取材が入り、市民の皆さまに広く本事業を認識いただく機会となった。

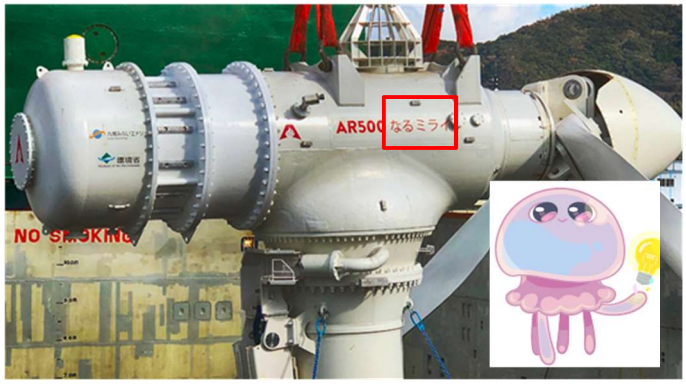


図 7.5-5　潮流発電機名「なるミライ」とキャラクター「なるくらげ」

市政ピックアップ

環境省「潮流発電技術実用化推進事業」

日本初！大型潮流発電機の実証を行います

環境省の事業として、平成28年度から、九電みらいエナジー株式会社と共同実施者の長崎海洋産業クラスター形成推進協議会が、奈留瀬戸で大型の潮流発電機を用いた実証事業に取り組んでいます。地域の皆さんのご理解とご協力のおかげで、初冬には発電機が五島市(奈留瀬戸)に到着し、実証試験を開始します。

■事業の趣旨

海洋エネルギー発電の実用化は、海洋資源に恵まれた日本において、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り組みです。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、日本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ています。

よって、本事業では日本の海域に適し、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CO_2の削減をさらに進めることを目指します。

■発電機の概要

世界初の大規模商用潮流発電事業「MeyGen」を英国北部(ペントランド海峡)で実施している、SIMEC Atlantis Energy(サイメック・アトランティス・エナジー)社の発電機を採用し、出力500kW規模の潮流発電を実施します。

出力：500kW
高さ：約23m
重さ：約1,000t

〈海底設置型〉

■実証期間

令和２年12月～令和３年２月（予定）

■実証試験場所

※発電機は奈留町漁業協同組合の共同漁業権の海域に設置します。

なるミライ

発電機の名前が決まりました！

なるくらげ

この事業が地域の皆さんから愛されるよう、奈留町の小中高等学校の生徒の皆さんから発電機の名前を募集しました。素敵な名前をたくさんご応募いただき、ありがとうございました。

選考の結果、奈留中学校３年「門脇 優」さんがつけてくれた「なるミライ」を採用。門脇さんの「自然のエネルギーを使用した発電で奈留が今よりももっとすばらしく暮らしやすい未来になってほしい」という思いが込められています。

また、奈留高等学校３年の６名の皆さん（井上 未来さん、小池明日香さん、城山望愛海さん、田原 瑛さん、松本佳保里さん、三宅翔子さん）がつけてくれた「なるくらげ」をキャラクター名に採用しました。

問再生可能エネルギー推進室☎88－9503

図 7.5-6　五島市報での本事業紹介（五島市報 2020 年 10 月号）

７．５．５．地元関係者と事業関係者の交流（地元イベント参加）

本事業を円滑に進めるための一環として、コロナ禍前とコロナが一時的に鎮静化した際には、地元奈留島でのイベントに積極的に参加し、地元関係者及び地元住民の皆様との交流の機会を多く得た。参加時は会場設置、進行、撤収作業など地元関係者との共同作業でイベントを運営できるよう配慮した。また、イベントには奈留島以外の方々も多く集まり、島外の方々に対しても本事業に関する PR 活動を行い、理解を広める機会となった。

地元特産物販売の協力

イベントでの本事業 PR 活動

VR 視聴状況①

VR 視聴状況②

図 7.5-7　地元イベント（奈留自慢市）への参加状況

７．５．６．地元関係者等への本事業 PR 活動

潮流発電機など本事業で使用する資機材が英国から長崎港へ到着した際には、設置工事を開始する節目として地元関係者、事業関係者及び報道関係者への視察会を開催し、地元をはじめ広く本事業の PR を図った。同者には直接、潮流発電機を見学していただく機会となり、また、報道関係者による各社新聞紙への掲載をはじめ、地元の地上波でも多く放映されたことで、地元内外の多くの方に本事業を知っていただき、潮流発電に関心を持っていただく機会となった。

図 7.5-8　潮流発電機見学会の状況（2021 年 1 月 15 日　長崎港）

７．５．７．事業紹介のためのＰＲツールの制作

地元関係者に本事業への理解を深めてもらうために、事業概要リーフレット及び PR ビデオの制作を行い、地元のフェリーターミナルでの映像公開、市のケーブルテレビでの放映などを通じて、地元の方々への事業の周知、理解促進を図ってきた。また、両ツールについては、潮流発電機設置後には施工時や運転中の様子を加えたものを新たに制作し、本事業が「国内初の大型潮流発電機の運転開始」という取り組みであることへの認知・理解の輪を広げてきた。

図 7.5-9　PR 映像

また、本事業の潮流発電機は海底設置型のため、見学対応時に実物が見えないことから VR 映像を制作し、海中での発電のイメージを体感してもらうことで見学の充実を図り、見学者の本事業に対する理解が深まるよう取り組んだ。コロナ禍の影響でイベント出展の機会は減ったものの、報告会等の際に地元漁業関係者や自治体担当者にも体感していただく等、機会に応じて大いに活用することができた。

図 7.5-10　本事業リーフレット（左：表紙、右：裏表紙）

図 7.5-11　本事業の PR ツール（左：VR、右：潮流発電機 1/500 模型）

７．５．８．本事業の全国へのＰＲ

潮流発電機の設置完了・発電開始後は「国内初の大型潮流発電機の運転開始」という注目を受け、多くの報道機関を通じた本事業の紹介、また、講演での紹介の機会も増加し、本事業を国内外にも広く関心をもっていただく機会に進展した。これは潮流発電の実用化に向けた課題の一つと考える“認知度が低いこと”の解決の一助となり、「認知度の向上」・「潮流発電の市場形成を後押しする力」に寄与した。

図 7.5-12　本事業報道の一部（左：NHK 長崎放送局、右：電気新聞掲載）

７．６．総括

本事業では潮流発電機設置前後の調査を実施するとともに、環境影響評価法の手法の検討を行った。本事業で使用した潮流発電機の工事期間はケーブル敷設・潮流発電機設置含め約 1 週間と短期間であったこと、及び潮流発電機設置後の調査で魚種の減少が見られなかったことから、海域、水質、海生生物等に与える影響は少ないものと思われる。また、本事業で使用した潮流発電機は海底設置型であることから、潮流発電機設置後の景観に与える影響も少ないと思われる。以上のことから、潮流発電事業の環境影響評価に必要な項目として、工事の影響を調査・予測する設置海域の流況（流動の変化）と水質（水質における濁り）、水中音を必須とし、生態系や景観を含む社会環境調査については、設置する海域や周辺環境に応じて、項目を選定することとなる。

本事業で使用した海底設置型潮流発電機の日本での実績は少なく、環境影響評価法の対

象事業として規定されていないが、水質や生態系など最低限の調査・予測は必要と思われる。本事業では単機だったため、複数機設置するファーム化で発電事業を行う場合は、事業範囲は単機よりも広範囲になり、環境影響評価の内容は再度検討が必要である。そのような観点から、4 章で記載した法令手続きの整備に加え、潮流発電事業に関する環境影響評価法への規定も必要と思われる。

潮流発電機設置後は機器に海草類等が付着していることもあり、漁礁として蝟集効果があることが確認された。付着物については、本事業の発電に影響ない程度であることを確認した。本事業は 1 年間の発電であったが、発電事業で長期間発電する場合、潮流発電機に使用する塗料の選定のほか、定期点検方法の検討のため、点検時の機器吊り上げ作業時に付着生物の影響を考慮する必要がある。

また、「地元理解醸成」と「事業への参加による地域との一体化」の視点で取り組むことで地域との共生手法を確立し、実施することで、地元関係者の理解促進と本事業への協力を得ることかができた。更に、今回作成した VR 等広報ツールを利用することや多数の報道機関が本事業を取り扱うことで、潮流発電の認知度も向上したと思われる。

今後の課題として、地元関係者とのより良い協力関係を継続していくことはもとより、地元関係者の声に耳を傾け、これからの海洋環境や漁業環境を考慮しながら、事業と一体となった地域と再生可能エネルギーである潮流発電との共生手法について、探求し続けていくことが必要である。

８．商用化に向けた課題の抽出と経済性評価

本事業を通して得られた運転データを基に、潮流発電の経済性について試算を行った。また、将来の商用化（事業化）に向けた課題を抽出すると共に、その解決に向けた方向性について取り纏めた。

８．１．経済性の評価

商用機クラスの潮流発電機を１台設置した場合と、複数台設置した場合で、それぞれのkWhあたりの発電コストを試算した。

８．１．１．発電電力量の推計

表8.1-1に、機種別の年間発電電力量の推計を示す。本事業で使用した潮流発電機(機種名：AR500)は、定格出力が500kWと小さく、また、ヨー制御・ピッチ制御も有していないことから、商用機に比べ、設備利用率が極端に低い仕様となっている。したがって、今回、発電単価（円/kWh）を試算するにあたっては、定格出力が1.5MWの商用機（機種名：AR1500)、を想定し検討を行った。なお、機種別の年間発電電力量・設備利用率は、6.3章及び6.4章で説明した発電電力量予測モデルによって推計しており、その結果は、表8.1-1のとおりである。

表8.1-1　5年間の各機種の設備利用率の推測（2016～2020年）

機　種　名	定格出力	ローター径	設備利用率	年間発電電力量
AR500 （ヨー制御・ピッチ制御なし）	500kW	約17m	7.8%	342MWh
AR1500 （ヨー制御・ピッチ制御あり）	1,500kW	24m	27.8%	3,652MWh
AR2000 （ヨー制御・ピッチ制御あり）	2,000kW	28m	29.6%	5,185MWh

８．１．２．発電単価の試算（1.5MW×1台の場合）

本事業の潮流発電機と同じ場所（座標）に、定格出力1.5MWの潮流発電機を単機設置した場合の発電単価と、その算出条件を表8.1-2に示す。算出条件として、設備費は潮流発電機メーカーの概算見積を基に設定したが、その中には、機器代（潮流発電機本体と陸上電気設備）及び設置のための工事費を含んでいる。また、運転維持費には、本事業の実績を基にした運転監視、日常点検の費用と、約6年に1回、実施予定の大規模修繕の費用も含めている。これらの条件をもとに、運用期間20年と仮定した場合の発電単価を計算すると、約76円/kWhと試算された。当該発電単価は、あくまで、固有の条件下における試算結果であり、広く一般に潮流発電の発電単価を示すものではないが、発電単価が70円台という結果だけ

を比較すると、既存の再エネ電源の現行の FIT 価格に比べ高い単価となった。

表 8.1-2　発電単価の試算（1.5MW×1 台の場合）

	AR1500 （ヨー・ピッチ制御あり）	試算条件
定格出力	1,500kW	-
台　数	1 台	-
設備利用率	27.8%	表.10.1-1 より
年間発電電力量	3,652MWh	表.10.1-1 より
運用期間	20 年	洋上風力発電の FIT 調達期間を引用
設 備 費	209.6 万円/kW	メーカー概算見積より
運転維持費	60 百万円/年	実証試験の実績、メーカー見積より
発電コスト	76.1 円/kWh	-

８．１．３．発電単価の試算（1.5MW×33 台の場合）

前述のとおり、1.5MW 機を 1 台設置した場合の発電単価は 70 円台/kWh と試算され、既存の再エネ電源（風力発電、水力発電他）に比べると高い発電単価となった。一方、将来的に潮流発電に関連する市場や制度が整備され、また実際に潮流発電機の量産化・ファーム化が行われるようになれば、既存の再エネ電源同様、発電単価の低減が進むものと考えられる。

本項では、潮流発電機を複数台設置するファーム化を織り込んだ条件において発電単価を試算し、将来の発電単価の低減の可能性（見通し）を示す。

図 8.1-1 に、潮流発電機ファーム化のレイアウト案を示す。また図中の色分けは、各潮流発電機の設備利用率（CF：Capacity Factor）を表しており、設置位置ごとに潮流条件（速度）が異なることから、それに応じた潮流発電機毎の設備利用率を示している。

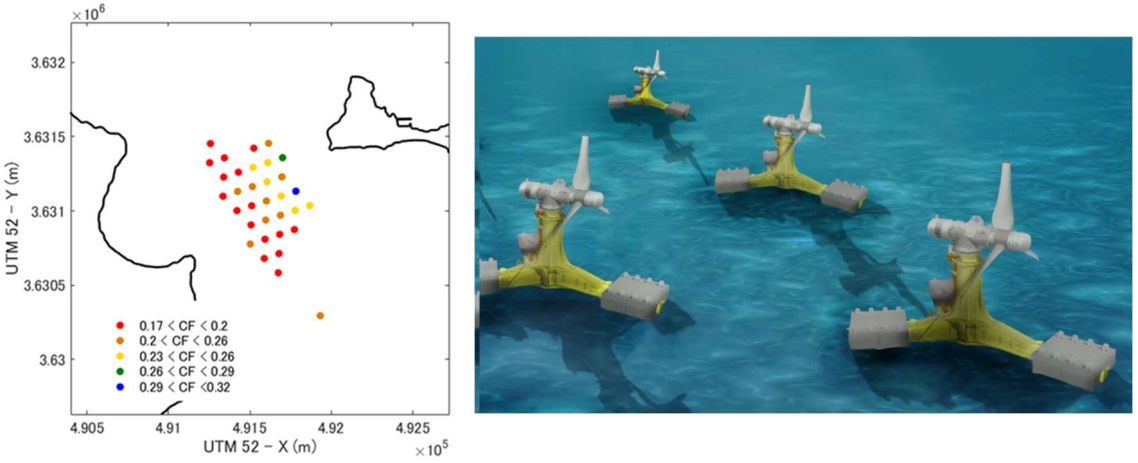


図 8.1-1　潮流発電機ファーム化のレイアウト案（左）とイメージ（右）

次に、表 8.1-3 に設備利用率の比較を示す。前述のとおり、1.5MW 機を 1 台設置した場合の設備利用率は 27.8%であるが、図 8.1-1 のレイアウトで配置した場合、33 台平均の設備利用率は 25.2%まで低下となる。これは、奈留瀬戸に 33 台を配置するにあたり、比較的、潮流速度の弱いエリアにも設置するためである。さらに、このレイアウトにおいて、潮流発電機の下流側に発生する流れの変化（ウエイク）を考慮すると、発電電力量予測モデルによるシミュレーションを行うと平均設備利用率は 21.1%まで低下をする結果となった。

表 8.1-3　設備利用率の比較

機種	AR1500		
台数	1 台	33 台	
ウエイクの影響	-	含まない	含む
設備利用率（平均）	27.8%	25.2%	21.1%

表 8.1-4 に 1.5MW×33 台のファーム化を想定した発電単価を示す。設備費については、8.1.2 項と同じく潮流発電機メーカーの概算見積を基に設定をしているが、量産化や設備共通化等のコスト低減を織り込み価格を設定している。また、送電線への接続費用については、本来、個別サイト毎に調査・検討し、費用の積上げを行う必要があるが、今回は潮流発電の一般的な発電単価を試算することが目的であるため、その費用を 5 万円/kW と仮定した。同じく運転維持費についても、洋上風力発電における指標を流用し、2.25 万円/kW 仮定した。

以上の条件にて、ファーム化（1.5MW×33 台）を想定した場合の発電単価を試算したところ、45.6 円/kWh となり、1.5MW×1 台の場合に比べ、約 40%発電単価が低下する試算結果となった。

表 8.1-4　発電単価の試算（1.5MW×33 機の場合）

	AR1500 ×33 機 （ヨー・ピッチ制御あり）	試算条件
設備利用率	21.1%	表 10.1-3 より
年間発電電力量	91.49 GWh	表 10.1-3 より
運用期間	20 年	洋上風力発電の FIT 調達期間を引用
発電システム	80.7 万円/kW	メーカー概算見積より
接続コスト	5 万円/kW	-
年間運転維持費	2.25 万円 /kW	実証試験の実績、メーカー見積より
発電単価	45.6 円/kWh	

８．１．４．ファームの最適化の必要性

8.1.3 項において、潮流発電機を複数台設置するファーム化を行うことで、将来的に発電単価を低減できる可能性が示された。一方、実際にファーム化を行う場合には、以下の項目を最適化していくことで、発電単価の更なる低減が可能になると考えられる。

（１）潮流発電機仕様の最適化

表 8.1-4 の試算では、定格出力 1.5MW の潮流発電機を採用する前提としたが、潮流発電機の定格出力をアップさせることができれば、発電単価はさらに下がると考えられる。先行する英国では定格出力 2MW の潮流発電機を開発中であり、将来的には奈留瀬戸においても、このような機種を採用できる可能性はある。一方、定格出力アップに従い、ローター径のアップすることから、サイトの条件（潮流速度、水深と海面とのクリアランス）に応じて、潮流発電機の出力・ローター径を決定していく必要がある。なお、奈留瀬戸の潮流条件において、2MW の出力を得るためには、約 28ｍのローター径が必要となるが、当該海域の水深は 50m を超える場所もあることから、設置の可能性は残されている。

（２）レイアウトの最適化

表 8.1-3 において、潮流発電機の設置台数、ウエイクの有無による設備利用率の比較を示したが、潮流発電機は、特定のサイト内（本事業では奈留瀬戸）においても潮流条件が大きくことなり、設備利用率に影響を与えるためレイアウトの検討に十分な注意を払う必要がある。また、ウエイクの影響による発電電力量の低下も無視できないことから、今後、シミュレーションの精度を向上させていく必要があると考えられる。

８．２．潮流発電機の国内製造

8.1 章において、潮流発電機のファーム化により、発電単価低減の可能性が示された。

一方、現実的にファーム化を検討する場合には、機器の量産化に対応できる生産体制を構築する必要があり、本章では、その一環として発電設備の国内製造について検討を行った。

８．２．１．国内製造により得られるメリット

本事業で使用した潮流発電機（AR500）は、支持構造物及びバラストブロックの重さによって海底面に据付けされるタイプであり、潮流発電機が転倒、滑動やしないよう重量物となっている。具体的に支持構造物とバラストブロックの重量は、それぞれ 175t と 615t(205t×3 個）となっている。一方、商用機クラス（定格出力 1MW 程度）になると、さらに、強度と重量をアップさせる必要がある。一方、機器のサイズ、重量が増加するに従い、施工が難しくなるとともに、輸送費も高騰することから、商用化フェーズでは、国内に製造拠点が整備されることが望ましい。

また、その他、国内製造を実現することで、以下のメリットを享受することが可能と想定される。

- 機器自体の製造コスト低減
- 国際輸送費の削減
- 納期の短縮（工事工程に対する柔軟性の確保）
- 地域の産業振興、雇用の創出

８．２．２．国内製造に係る検討

本検討は、海洋構造物の製作を得意とする企業（メーカー）と共同で行った。当該企業は、本事業の実施地域である長崎県に所在し、これまで LNG 船や鋼橋ブロックなどの海洋構造物の製作を行ってきた実績を多数持つ企業であり、同社の有する知見を活かし、国内製造における技術的検討と製造費用の試算を行った。

本検討で使用した図面のサンプルを図 8.2-1 に示す。機器の図面は、潮流発電機メーカーの技術情報（知的財産）であることから、本報告書でその詳細を開示することはできないが、検討の対象は、本事業の潮流発電機と同じ支持構造物、バラストブロックの製作図面を基に検討を行った。

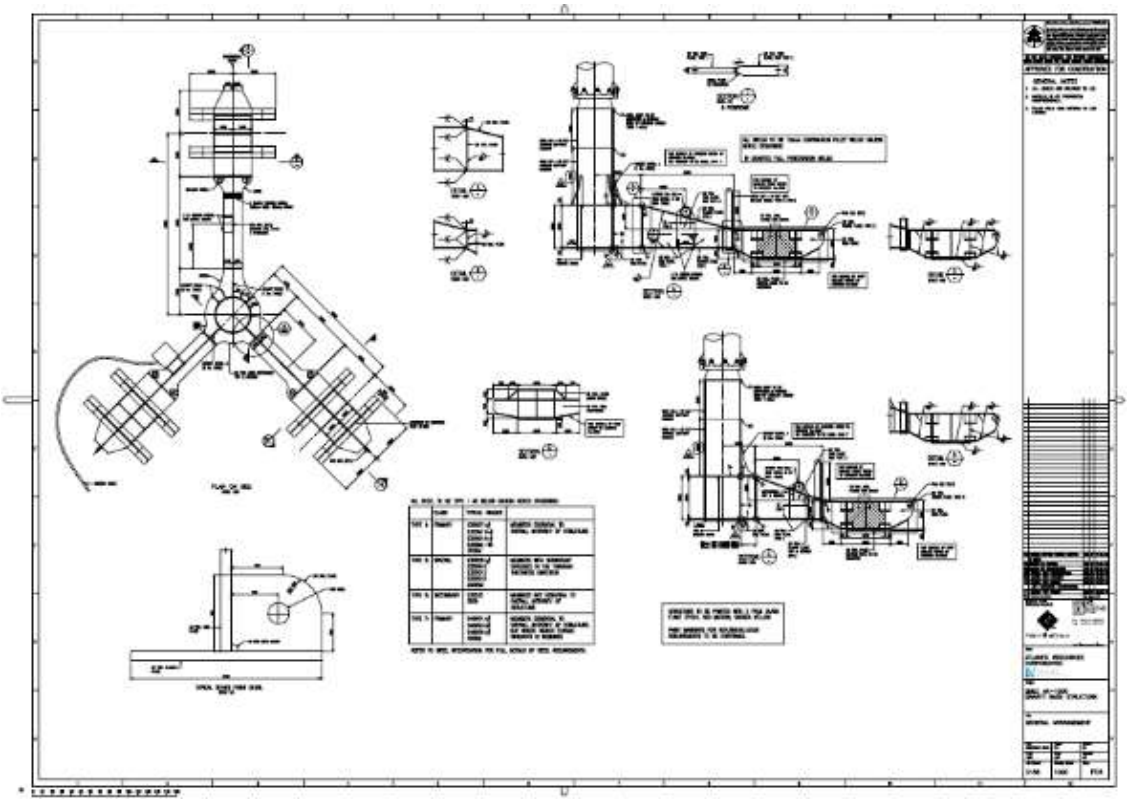


図 8.2-1　支持構造物の図面サンプル

（1）製作費の試算結果

表 8.2-1、表 8.2-2 に、支持構造物及びバラストブロックの国内製造時の製作費を示す。検討は、AOUK 社の図面を基に製造のみを行った場合の概算費用であり、設計費は含まない。また、製作期間（翻訳設計や生産設計の期間を除く）は、支持構造物で 3～6 カ月/1 基、バラストブロックで 3 カ月/6 個で製作可能との検討結果が得られた。

表 8.2-1　支持構造物の製作費

項目	単価	重量	価格
鋼材費	10 万円/トン	188 トン	1,880 万円
鉄構製作費	20 万円/トン	156.5 トン	3,130 万円
塗装費	約 1 万円	400 ㎡	400 万円
合　計			5,410 万円

表 8.2-2　バラストブロックの製作費

項目	単価	重量	価格
鋼材費	10 万円/トン	24.2 トン	242 万円
鉄構製作費	20 万円/トン	22 トン	440 万円
スチールショット	10 万円/トン	163 トン	1.630 万円
塗装費	0.2 万円/トン	100 ㎡	20 万円
合　計			2,332 万円

（2）国内製作における課題

①　製作図面の翻訳、国内規格への変換

既存の製作図面を基に支持構造物やバラストブロックを製作する場合、図面の翻訳設計（欧州規格から JIS 規格への変換や和訳）が必要となる。このような作業は長崎県に所在するエンジニアリング会社（橋梁や鉄鋼構造物系）にて対応可能であるが、概算で 100 万円程度の費用が発生するものと想定される。

②　材料の調達

本事業の潮流発電機に使用されている鋼材は欧州の規格で指定されており、具体的には「EN 10025 Hot rolled products of structural steels（構造用鋼の熱間圧延製品)」や「BS 7191 Specification for Weldable Structural Steels for Fixed Offshore Structures（着床式オフショア構造物)」等でその性状が定義されている。

これらの欧州規格の鋼材は、一般的な国内材（JIS 材）に比べ、シャルピー衝撃値のグレードの高い特殊な材料となっており、英国の北海など、海水温の低い環境を考慮した設計となっている。

一方、これら欧州規格と同じ性状の JIS 材を調査したところ、完全に一致する鋼材は存在しないことが分かった。将来的に国内製作を行う場合には、国内材（JIS 材）を使用できるよう、日本の環境に合わせ、設計の見直しを行う必要があると思われる。

③　鋼材価格、納期

日本の製鉄メーカーでも、欧州規格の鋼材を製造することは可能であるが、価格・納期共に、JIS 材よりも不利な条件となる。価格面では、支持構造物に使用する鋼材重量（188t）において、SM490C（JIS 規格）と S355G7（欧州規格）では、約 56 万円（188t×規格による価格差(3,000 円/t)＝56.4 万円)の価格差が生じると想定され、比較的、僅差ではあるが、欧州材の方が割高となる。

一方、納期（調達期間）の面では、欧州規格では日本国内での在庫（市中材）が存在せず、製鉄メーカーに発注して製造を行う必要があることから、最低でも 2 カ月以上かかると想定される。したがって、納期面では国内材の方が優位である。

また、その他、JIS 材以外に日本で調達可能な鋼材として造船用の規格材がある。船舶は温暖な気候のみならず寒い海域まで航行することがあるため、一般に JIS 材よりもシャルピー衝撃値の高い鋼材規格が存在する。例としては、日本海事協会の定める規格材があり、詳細設計次第だが、これらの材料を活用できる可能性もあると考えられる。

④　製作要領

支持構造物に適用されている溶接施工は日本でも採用される突合せ溶接とスミ肉溶接の組合せであり特殊な溶接施工法はない。一方、バラストブロックの溶接継手には、通常、日本ではあまり見かけない溶接継手が存在していることが確認されている。これらの溶接接手について、日本で対応できないわけではないが、実際に製作する際には、国内の造船業におけるノウハウ・製造技術を活用し、製作しやすい形状に設計を見直していく必要があると考えられる。

⑤　工場設備

支持構造物、バラストブロック共に、１基あたりの重量が 150t を超える重量物であり、揚重（クレーン）設備の面から製造場所に制限が生じる。一般に、瀬戸内地域に造船ブロック等を製造できる企業が複数存在するが、その中でも 100t 以上の重量物を製造できる企業は 2～3 社に限られる。また、九州地域であれば、このような重量物を製造できる企業は、大手の造船所などに限られてしまう。このような制約のもと、効率的に製作を行うためには、製作工賃が比較的安価な鉄工所（重量 50t 程度迄）と最終組立を行う大手造船所（重量 150t 以上）を組合せて製作を行うことが必要であり、製作費の低減にも繋がるものと考えられる。

８．３．商用化に向けた課題

本章では商用化に向けた課題とその解決の方向性を取り纏めた。

８．３．１．発電性能の向上

本事業の潮流発電機は、定格出力も 500kW と小さく、ヨー制御・ピッチ制御といった機能も付加していないことから、設備利用率が 7%台と低い。他の再エネ電源と同等の価格競争力を獲得するためには、タービン発電機の改良を実施した上で改めて実証運転を行い、その信頼性を検証する必要がある。

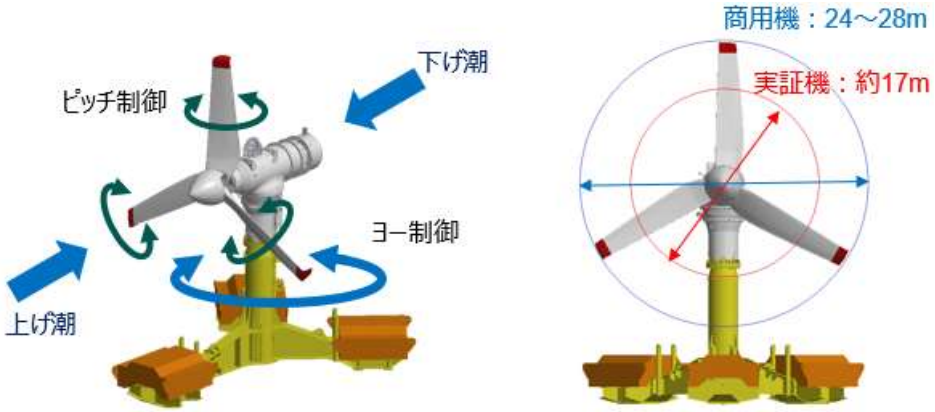


図 8.3-1　潮流発電機改良のイメージ

８．３．２．発電単価の低減

表 8.3-1 に潮流発電の参考となる再生可能エネルギーの FIT 調達価格等（2021 年度）を示す。奈留瀬戸におけるファーム化シミュレーションで発電単価は 40 円台/kWh と試算されたが、表 8.3-1 に示す FIT 価格と比較をすると割高である。将来的に、潮流発電の商用化を実現するためには、既存の再エネ電源と同程度まで発電単価を低減し、その上で、FIT 制度への参入を求めていく取組みが必要であると考えられる。

表 8.3-1　潮流発電の参考となる再生可能エネルギーの FIT 調達価格等（2021 年度）

	浮体式洋上風力	地熱発電	中小水力
FIT 調達価格	36 円	40 円	34 円
規　模	全規模	15MW 未満	200kW 未満

出典：経済産業省　資源エネルギー庁 HP

（１）事業化に適した海域の選定

表 8.3-2 に日本（奈留瀬戸）と英国（MEYGEN プロジェクト）における、各種条件の比較を示す。いずれケースも出力 1.5MW を想定した場合であるが、潮流条件の良い英国の方が、ローター径がコンパクトであり、また、設備利用率も高いことが分かる。具体

的には、英国では、設備利用率が 34～43%であるのに対し、奈留瀬戸では 27.8%との予測となっており、潮流条件の違いによって、発電電力量に大きな差が生じることが分かる。

表 8.3-2　AR1500 を使用した場合の英国 Meygen と奈留瀬戸の比較

	英国	奈留瀬戸
定格出力	1,500kW	1500kW
水深	32.5m (浅い)	41m (深い)
ローター径	18m (小さい)	24m (大きい)
定格出力における潮流速度	3m/s	2.35m/s
カットイン速度	1m/s	0.7m/s
カットアウト速度	4.5m/s (強い)	3.1m/s (弱い)
設備利用率	34%～43%	27.8%
発電電力量	4,468～5,650MWh	3,652MWh

次に、表 8.3-3 に、設備利用率をパラメータにした時の、発電単価の試算結果を示す。仮に、英国と同程度の潮流条件を持つサイトが存在した、既存の FIT 単価と遜色ないレベルにまで発電単価が低下する。今後は、奈留瀬戸に限らず、広く潮流発電の適地調査が行われることで、商用化の実現性が高まると考えられる。

表 8.3-3　経済性の試算結果（設備利用率別）

	ケース１	ケース２	ケース３
設備容量	1.5MW ×33 機 ＝ 49.5MW		
設備利用率	25%	30%	35%
年間発電 電力量	108.5GWh	130.1GWh	151.8GWh
運用期間	表 8.1-4 に同じ		
発電システム	表 8.1-4 に同じ		
接続コスト	表 8.1-4 に同じ		
運転維持費	表 8.1-4 に同じ		
発電単価	38.6 円/kWh	32.3 円/kWh	27.8 円/kWh

（2）インフラ・サプライチェーンの構築

欧州の場合、潮流発電は Oil & Gas 開発または洋上風力事業の知見、ノウハウやインフラ、サプライチェーンの活用を前提に行われている。一方、残念ながら日本においては、これらインフラ（港湾施設、施工船、ROV）等の整備が十分とは言えない。特に、潮流発電機の設置に適した船舶や ROV は国内にほぼ存在しておらず、また、仮に工事を実施できたとしても、費用が割高になると想定される。一方、今後は洋上風力発電の開発が本格化し、その過程で大型の船舶（SEP 船等）の建造が進んでいくと予想されることから、これらの潮流発電への活用が期待される。

（3）技術開発

潮流発電の再生可能エネルギーとしての有効性は理解されつつあるが、潮流発電機の開発は比較的規模が小さな事業者（ベンチャー企業）に限定されており、マーケットが十分形成されていないため、投資・技術開発のスピードはまだ緩い。英国では複数の水底ケーブルを海中で纏める「ハブ化」の技術が開発中であるが、今後はこのような技術開発がより一層進むことで、発電単価の低減につながっていくことを期待する。

図 8.3-2　海底ハブのイメージ図

８．３．３．温室効果ガス削減量予測

潮流発電は温室効果ガス排出低減に寄与できる発電方法であることから、削減量の試算を行った。試算方法は環境省が公表している「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック＜補助事業申請用＞」に基づき試算した。また、潮流発電機は商用化機種である 1,500kW 単体とファーム化（1,500kW×33 機種）を想定し、諸元は前述の表 8.3-2（奈留瀬戸）、表 8.3-3（ケース 3）を利用した。

表 8.3-4 に予測結果を示す。本事業で作成した発電予測とファーム化検討結果を基にしたものであるが、潮流発電機が化石燃料を使用する火力発電所、特に離島のディーゼル発電所の代替となれば、温室効果ガス削減方策の可能性は高くなる。

表 8.3-4　1,500kW 単機とファーム化における温室効果ガス削減量予測

	1,500kW 単機	ファーム化（1,500kW×33 機）
設備容量	1,500kW	49,500kW
年間設備利用率	27.8%	35.0%
使用期間	20 年	20 年
商用電力の排出係数	0.579kg-CO_2/kWh	0.579kg-CO_2/kWh
年間 CO_2 削減原単位	1,410 kg-CO_2/年/kWh	1,775 kg-CO_2/年/kWh
年間 CO_2 削減量	2,115 t-CO_2/年	87,873 t-CO_2/年
累計 CO_2 削減量	42,301 t-CO_2	1,757,462 t-CO_2

８．３．４．需給の調整機能

6.2.2 項において、悪天候に対する潮流発電の強さが示されたが、今後は潮流発電のもうひとつの特徴である「予測可能性（周期性）」を活かし、使いやすさを向上させていく取組みが必要であると考えられる。方向性としては、太陽光発電や風力発電など動きの異なる再生可能エネルギー電源と組み合わせて発電電力量を確保するとともに、蓄電池と組合せにより需給調整機能を持たせることで、系統容量の小さな離島地域への導入も可能になると考えられる。また、将来的には国内に限らず、インドネシアやフィリピンといった潮流資源が豊富な地域への展開（輸出）も可能になると考える。

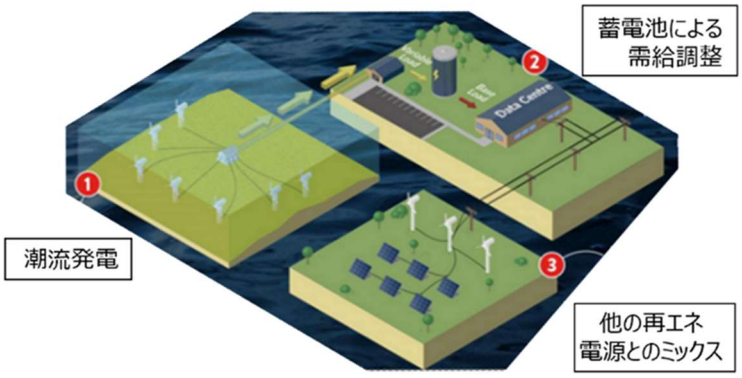


図 8.3-3　離島における潮流発電と他再エネ電源との利用イメージ

８．３．５．法令、制度面の整備

先行する洋上風力主力電源化に向けて国の導入目標や開発関連法令などが整ってきたが、潮流や海流、波力等の開発・導入方針、FIT 等の法令・精度等が整っていない。メーカーや工事会社の新規参入を促すためにも、まずは、長期的な導入目標などが示される必要があると考える。また、事業化に当たっては FIT 制度の整備が必要であり、少なくとも、他の再生可能エネルギー電源と同等レベルの FIT 単価が制定されることを期待する。また、本事業を通じて、潮流発電に関する機器の規格が欧州と日本では相違があることが確認された。今後、日本で普及するためには規格の統一や「他規格の適用」など各種規格の整備も必要である。

８．４．潮流発電システムの普及計画の検討

欧州と比べて、日本ではMW級の潮流発電機を使用した発電事業は実施されていない。その理由として、技術面と法・制度面が考えられる。技術面としては、日本国内でMW級潮流発電機を取り扱うメーカーがないことや潮流発電機を設置するための海洋工事適した船などのインフラ・技術が整っていない。また、法・制度面については、日本におけるMW級潮流発電機の発電事業が行われた実績がないことから、他の再生可能エネルギーのようにFIT制度のような普及策や法制度が整っていないことが考えられる。

また、過去には図 8.4-1 に示す通り、NEDOが潮流発電の普及計画を作成したが、現状でこの計画は達成されていない。本章でも各種の検討を行ってきたが、具体的な普及計画を作成するには、メーカーの取組や法整備の状況を考慮する必要があるため、現時点で具体的な普及計画を検討することは困難である。

しかしながら、日本国内には潮流発電に適した海域は多数あり、本事業を実施した五島市では「五島市　再生可能エネルギー基本構想」を策定し、その中で五島市は五島市海域で設置可能な潮流発電機の台数や年間総発電量を想定している（図 8.4-2）。また、洋上風力発電や波力・潮汐発電など他の海洋再生エネルギーとの技術の共有、共同開発することで、潮流発電の普及は加速されると予想される。

このように、日本は潮流発電の潜在的なポテンシャルがあることから、今後の日本国内の技術進歩や法整備等の動向を確認しながら、具体的な普及計画を検討することとしたい。

	2020年まで	2030年まで	2050年まで
想定或いは期待される発電量	4億kWh/年	20億kWh/年	200億kWh/年
想定或いは期待される発電規模	130 MW	760 MW	7,600 MW
内訳	(1 MW：100基) (5 MW：6基)	(1 MW：310基) (5 MW：50基) (10 MW：20基)	(1 MW：600基) (5 MW：200基) (10 MW：600基)

出典：NEDO再生可能エネルギー技術白書（第2版）

図 8.4-1　NEDO想定　潮流発電普及計画

■平均エネルギーポテンシャル(最大)

平均ｴﾈﾙｷﾞｰﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ (MW)	発電効率 (%)	稼働時間 (時間/年)	年間総発電量 (MWh/年)
350	30	8,760	919,800
171MW+179MW	※1	24h*365日	350MW×8,760h×30%

※1 発電効率30%　出典：「海洋エネルギーポテンシャル把握に係る業務(平成22年度)」

■設置可能台数

海域	平均ｴﾈﾙｷﾞｰﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ	発電効率(%)	設備利用率(%)	設置可能台数(基)	計算式
奈留瀬戸	171MW	30	36	142	171MW×30%÷36%
田ノ浦瀬戸	179MW			149	179MW×30%÷36%
合計	350MW	※1	※1	291	

※1 発電効率30%、設備利用率36%　出典：「海洋エネルギーポテンシャル把握に係る業務(平成22年度)」

出典：五島市　再生可能エネルギー基本構想

図 8.4-2　五島市海域における潮流発電のポテンシャル

８．５．総括

本事業で使用した潮流発電機は定格出力が 500kW と小さく、また一部の機能（ヨー制御・ピッチ制御）を制限していたため、相対的に設備利用率や発電量が低い値となった。

一方、将来の商用化フェーズにおいては、定格出力 1.5MW～2.0MW の機種（ヨー制御・ピッチ制御付き）を導入することが可能であり、これにより発電量の大幅な増加が見込まれる。

また、潮流条件の良い海域において、潮流発電機を複数台設置するファーム化が実現できれば、既存の FIT 電源（浮体式洋上風力他）と遜色ないレベルまで発電単価を低下させることが可能と考えられる。

このように、本事業では、潮流発電の発電性能や経済性、将来の普及拡大の可能性を示すことができた。一方、足元の課題としては、系統連系や国内インフラ（船舶）を使った施工など、いくつか技術的な課題も残っている。本事業終了後は、まずこれらの課題を確実にクリアすることで、「実用化」を実現することが肝要である。また、並行して、潮流発電の長期的な導入目標や制度等を整備すべく、国や民間事業者等が協調しながら取組みを進めていく必要がある。

９．開発検討会

本受託業務を円滑に実施するため、事業の進捗状況等を確認し、外部有識者の専門的知見へ助言を求める開発検討会を開催した。令和元年度（2019 年度　東京開催)、令和 2 年度（2020 年度）および令和 3 年度（2021 年度　新型コロナウイルスの影響により WEB 開催）の計 3 回を実施した。各回の開催内容は以下のとおりで、開発検討会の外部有識者は、表 9-1 のとおり各回とも同じである。

９．１．令和元年度 開発検討会

（１）開 催 日　2019 年 12 月 18 日（水）

（２）催場所　TKP 東京駅セントラルカンファレンスセンター　ホール 10A

（３）議事次第

① 令和元年度の実施状況について

② 第１部

・本実証事業における確認事項

・METI 工事計画許可の取得に向けた進捗状況

・各種関係法令の確認状況

・商用化に向けた課題の抽出と経済性の評価

・地域との共生に関する業務の状況

・環境との調和に関する研究、潮流シミュレーションの進捗状況

③ 第２部

・日本に最適な商用潮流発電機の設計及び日本での認証取得に向けた進捗状況

・設置・撤去施工技術の検討状況

・施工資機材の選定の状況

９．２．令和２年度 開発検討会

（１）開 催 日　2020 年 10 月 15 日（木）

（２）開催場所　WEB 開催

（３）議事次第

① 令和 2 年度の実施状況について

② 第１部　代表者・共同実施者による説明

・本実証事業における確認事項と現在の状況

・METI 工事計画認可の取得状況

・各種関係法令の確認状況

・地域との共生に関する業務の状況

・環境との調和に関する研究、潮流シミュレーションの進捗状況

③ 第２部　AOUK 社・AOJ 社による説明

・現在の状況（設置・撤去施工技術の検討状況、施工資機材の選定の状況等）

９．３．令和３年度 開発検討会

（１）開 催 日　2021 年 9 月 30 日（木）

（２）開催場所　WEB 開催（新型コロナウイルスの影響によるもの）

（３）議事次第（令和 3 年度の実施状況について）

① 本実証事業における確認事項と現在の状況

② METI 工事計画認可の取得と潮流発電機の運用状況

③ 関係法令への対応

④ 設置・撤去施工技術の検討

⑤ 地域との共生に関する業務の状況

⑥ 環境との調和に関する研究

⑦ 潮流シミュレーションの進捗状況

⑧ 商用化に向けた課題の抽出と経済性の評価

⑨ 主要な取り組み事項の成果と今後の課題

表 9-1　開発検討会　有識者名簿（2021 年 9 月 30 日時点）

ご所属	ご役職	ご氏名
東京大学大学院新領域創成科学研究科 海洋技術環境学専攻	教授	髙木　健
長崎大学海洋未来イノベーション機構 海洋エネルギー開発研究部門	教授	経塚　雄策
長崎大学	客員教授	山下　敬彦

（敬称略）