

福島復興 浮体式洋上ウィンドファーム 実証研究事業



福島洋上風力 コンソーシアム
Fukushima FORWARD

福島復興・浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業について

丸紅株式会社（プロジェクトインテグレータ）、東京大学（テクニカルアドバイザー）、三菱商事株式会社、三菱重工業株式会社、ジャパンマリンユナイテッド株式会社、三井造船株式会社、新日鐵住金株式会社、株式会社日立製作所、古河電気工業株式会社、清水建設株式会社及び、みずほ情報総研株式会社からなるコンソーシアムは、経済産業省からの委託事業として浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業を推進しています。

本実証研究事業は、昨年度から開始している第1期実証研究事業として、2MWのダウンウィンド型浮体式洋上風力発電設備1基と、世界初となる25MVA浮体式洋上サブステーション及び、海底ケーブルを設置します。第2期として、5MWおよび7MWの浮体式洋上風力発電設備各1基を新設します。

本実証研究事業を行うことで浮体式洋上風力発電のビジネスモデルを確立し、大規模浮体式洋上風力ウィンドファームの事業展開を実現することに大きく寄与するものと考えています。更に、世界で初めての浮体式洋上ウィンドファームのノウハウを蓄積

し、海外プロジェクトに展開することによって、日本の主要な輸出産業の一つに育成することにも繋がると考えています。

今回の実証研究事業の展開により、東日本大震災の被害からの復興に向けて、再生可能エネルギーを中心とした新たな産業の集積・雇用の創出を行い、福島が風車産業の一大集積地となることを目指しています。

実証研究の全容



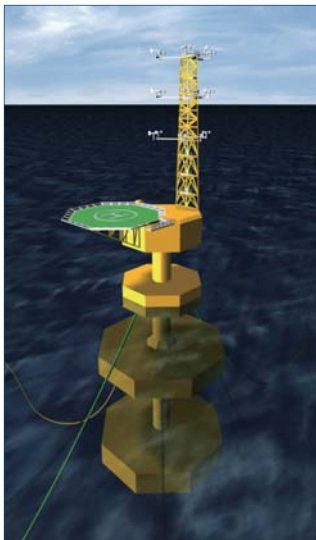
実証研究の概要

第1期（2011～2013）

第2期（2014～2015）

浮体サブステーション

コンパクトセミサブ浮体
(2MW)



アドバンストスパー浮体
(5MW)

V字型セミサブ浮体
(7MW)



3つの成功への鍵

技術的挑戦 / 社会的合意 / 福島復興

設計技術の確立 / 試験・検証 / 最適化

経済性の向上 / 技術の標準化 / 産業の創出

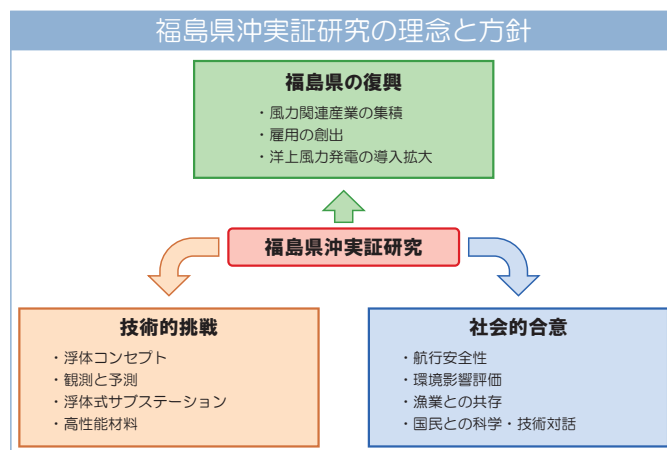
福島復興・浮体式洋上ウィンドファームの理念と方針

欧州における着底式洋上風力発電は、20年以上前から実施され、商用ベースの大規模開発が行われています。一方、浮体式洋上風力発電は、数年前からノルウェーやポルトガルで実証研究が始まったばかりです。いずれの実証研究でも浮体式洋上風力発電設備1基のみを建設し、将来、大規模浮体式洋上ウィンドファームを実現するためには、浮体型式、送変電システム等の技術的な課題が残されています。

今回の福島県沖合の実証研究では、世界最大級の7MW風車搭載セミサブ浮体や世界初の25MVA浮体式洋上変電設備及び66kVの大容量ライザーケーブルの開発を行い、浮体式洋上風力発電の事業性の検証を行います。また世界初の浮体式洋上観測システムを構築し、浮体の動揺を考慮した気象・海象の観測手法を確立するとともに、浮体式洋上風力発電の性能評価を可能にします。さらに複数タイプの風車と浮体を用いることにより、各種浮体式洋上風力発電システムの特性及び制御効果を明らかにします。これらに加えて、腐食及び疲労に強い高性能鋼材の

鋼材の開発や、厳しい環境条件での建設に向けての施工技術開発を行います。

本実証研究における様々な技術課題に挑戦するとともに、将来大規模な洋上風力発電を実現するために欠かせない漁業との共存、航行安全性と環境影響の評価手法も確立します。また、本実証研究の目的及び実証研究から得られた成果を広く社会や国民に対して分かりやすく説明し、国民との科学・技術対話等にも積極的に取り組む予定です。



コンソーシアム・メンバーと役割

コンソーシアム・メンバー	主な役割
丸紅株式会社【プロジェクトインテグレーター】	事前協議・許認可、維持管理、漁業との共存
国立大学法人東京大学【テクニカルアドバイザー】	観測予測技術、航行安全性、国民との科学・技術対話
三菱商事株式会社	系統連系協議、環境影響評価
三菱重工業株式会社	V字型セミサブ浮体(7MW)
ジャパン マリンユナイテッド株式会社	アドバンストスパー浮体、浮体サブステーション
三井造船株式会社	コンパクトセミサブ浮体(2MW)
新日鐵住金株式会社	高性能鋼材の開発
株式会社日立製作所	洋上変電所の開発
古河電気工業株式会社	大容量ライザーケーブルの開発
清水建設株式会社	海域調査、施工技術
みずほ情報総研株式会社	浮体式洋上風力発電に関する情報基盤整備



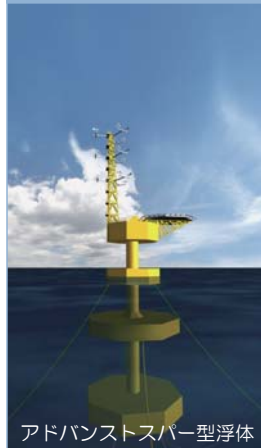
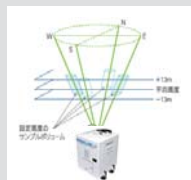
観測と予測技術の確立

本実証研究において浮体式サブステーションを用いて気象・海象・浮体動揺の計測技術を開発します。ドップラーライダーを浮体に搭載して、上空における風向風速を計測し、観測タワーの観測記録と比較検証を行います。これにより世界初の本格的な浮体式洋上観測システムを確立します。また、浮体動揺予測技術を開発し、水槽実験及び実観測データとの比較検証により、浮体式洋上風力発電システムの動解析モデルの高度化を行います。

1 気象・海象の観測技術の開発

実施項目	実施内容
気象・海象の計測	・浮体動揺補正アルゴリズムを開発し、浮体式洋上計測システムの確立
浮体動揺の計測	・ジャイロ・方位計・GPS等の組合せにより、浮体動揺の高精度計測の実現

浮体サブステーションと観測機器

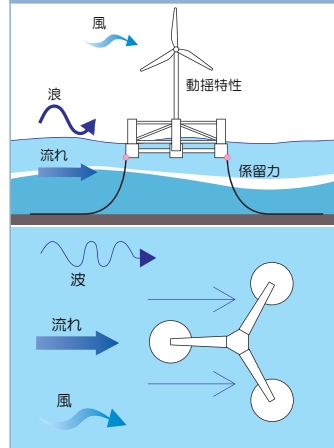
	●観測機器	
	気象	風向風速計、温湿度計、気圧計、ライダー
	海象	波浪ブイ、流速計、海象計
	動揺	加速度計、GPS、ジャイロ
●ドップラーライダー		
		海面より約200m上空まで気象観測可能で利便性・経済性に優位性

アドバンストスパー型浮体

2 浮体動揺の予測技術の確立

実施項目	実施内容
動解析モデルの開発	・風車・浮体・係留の連成解析モデルと浮体の動揺を考慮した風車の制御モデルの開発
動解析モデルの高度化	・水槽実験と実観測データとの比較検証による予測モデルの高度化

水槽実験

	実験ケース	流れ	波	風
	潮流中	○		
	波中		○	
	複合外力中	○	○	○
		実験の様子		

浮体式洋上風力発電技術の確立

本実証研究の第1期では、2MWダウンウィンド型風車搭載コンパクトセミサブ浮体において、浮体動揺の低減及び発電と安全性を両立した浮体式風力発電システムの開発を行います。第2期では、世界最大級の7MW油圧風車搭載V字型セミサブ浮体において最適設計とその実証を行います。これにより世界初の大規模浮体式洋上風力発電技術を確立します。

1 2MWダウンウィンド風車搭載コンパクトセミサブ浮体

実施項目	実施内容		
風車	・2MWダウンウィンド型風車の実証		
浮体	・コンパクトセミサブ浮体の開発 ・風車の制御による浮体の動揺低減と発電の最適化及びバラスト最適化による浮体動揺の最小化		
係留システム	・6条式カテナリー	・ブレード長さ	40m
		・ハブ高さ海面上	65m
		・浮体高さ	32m

2 7MW油圧風車搭載V字型セミサブ浮体

実施項目	実施内容		
風車	・7MW油圧式風車の実証		
浮体	・V字型セミサブ浮体の開発 ・風車の制御による浮体動揺の低減と維持管理プログラムの開発		
係留システム	・8条式カテナリー	・ブレード長さ	82m
		・ハブ高さ海面上	105m
		・浮体高さ	32m

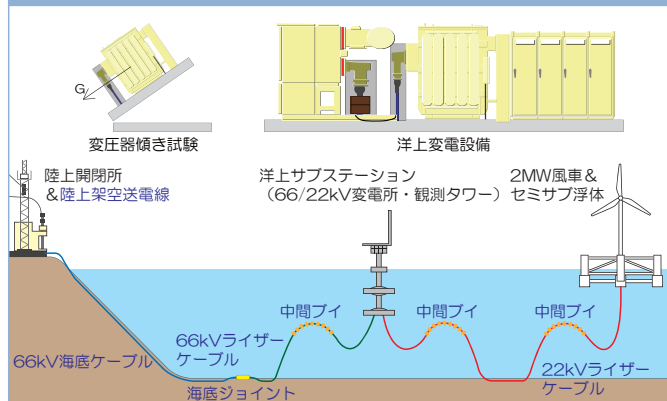
浮体式送変電技術の確立

本実証実験では、耐動揺性・耐久性に優れた変電設備を開発し、振動試験、傾き試験を実施して性能評価を行います。また、耐疲労性に優れた遮水構造の大容量ライザーケーブルシステムを開発し、挙動解析を実施しケーブルの最適化を行います。これにより厳しい気象・海象条件の中、世界初の浮体式洋上送変電システム技術を確立します。

1 浮体式洋上発電所のための変電システム

実施項目	実施内容
変電設備の設計・試験・運転	・動揺特性下の設計条件の設定 ・振動試験・傾き試験の実施
最適ガス絶縁開閉装置(GIS)の検証	・2つの形式(ガス遮断器・真空遮断器)の比較・検証
運転・維持・管理	・定期的な機器の開閉と継続的な運転監視

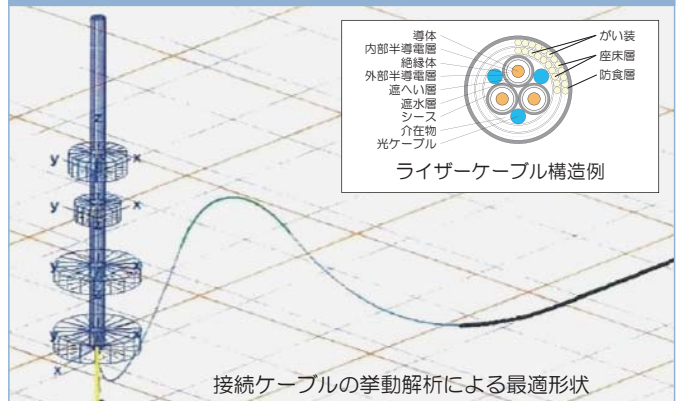
送変電システムと洋上変電設備



2 沖合い送電システムの開発

実施項目	実施内容
ライザーケーブルの開発	・高電圧(22/66kV)下における耐疲労に優れた遮水ケーブルの開発 ・ケーブル挙動解析による最適ケーブルの設計・実施
ライザーケーブル接続材料の開発	・異種ジョイント・引留め装置の開発 ・ケーブル挙動解析による最適ケーブル副資材の設計・実施(中間フイ・端部補強層)

海底ケーブルの挙動解析とライザーケーブル、接続材



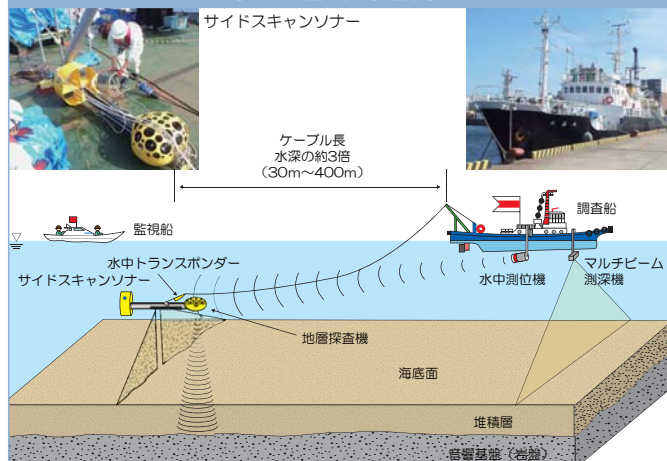
洋上風力発電用浮体の事前調査及び施工技術

本実証実験では、事前調査、施工に関わる設計条件の設定を行い、漁場他環境に与える影響を最小化する施工技術を開発します。これにより、厳しい気象・海象条件下、浮体式洋上風力発電所の効率的な施工技術及び実施海域に合った複数浮体の係留システム技術を確立します。

1 実施海域調査、環境条件の評価

実施項目	実施内容
海域調査	沿岸部 ・測深調査、潜水調査
	沖合部 ・測深・海底面・海底地層探査、柱状採泥、グラブ採泥
施工時環境条件の評価	・風速と波高 ・設計潮位、波浪海潮流の算定

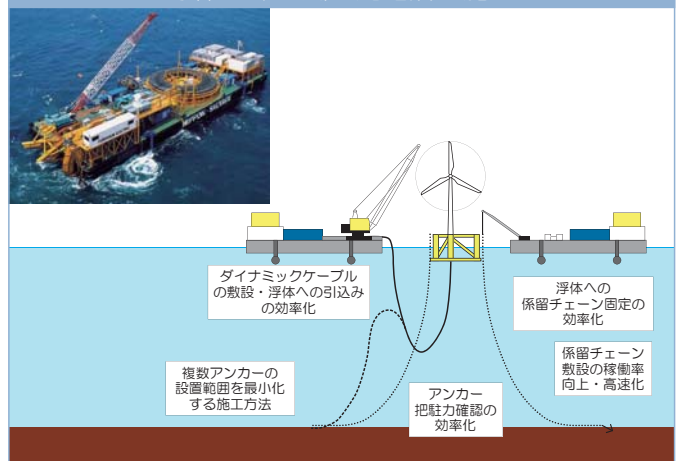
海域沖合部海底調査



2 施工技術の開発

実施項目	実施内容
洋上風力発電用浮体の施工技術	・作業船やその搭載施工機器による効率的な施工方法の開発 ・大規模浮体式洋上ウィンドファームのための係留システム設置範囲を最小化する施工方法の開発

浮体式洋上風力発電所の施工



高性能鋼材の開発

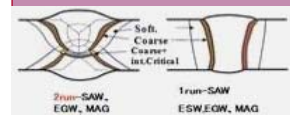
本実証実験では、日本で開発された大入熱溶接用TMCP鋼及びUIT技術を世界初となる浮体式洋上風力鋼材に適用し、厳しい気象・海象条件の中、長期運用における溶接効率、腐食、疲労について検証します。これにより、浮体式洋上風力発電システムの工期短縮とコスト低減を実現します。

1 浮体式風力発電用鋼材の実証研究

実施項目	実施内容
洋上風車用ハイテン鋼	TMCP鋼板を浮体式洋上風力鋼材に適用することで、溶接効率向上の実証 TMCP (Thermo-mechanical Control Process) : 日本において既に造船、建築分野で世界に先駆けてハイテン鋼に大入熱溶接用が大量採用されており、高い溶接効率と容易な施工管理が特徴
疲労ソリューション	UIT技術を溶接部の超音波衝撃処理に適用することで、疲労強度の向上とその効果の実証 UIT (Ultrasonic Impact Treatment) : 溶接継手部の疲労特性を飛躍的に向上させる技術として橋梁分野や造船分野等で注目され実績のある有望技術
係留用チェーン	耐久性や耐食性の優れた係留用鋼材の提案

洋上風車タワー、浮体、係留用の高性能鋼材

日本発・浮体式風力用鋼



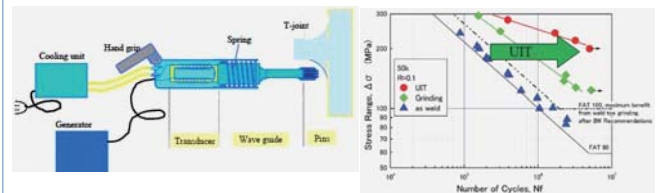
TMCP

- ・予熱フリー
- ・良好な溶接性 (溶接割れリスク低減)
- ・良好な母材性能

大入熱溶接

- ・良好な溶接施工効率
- ・溶接欠陥リスク低減
- ・良好な継手性能

UITによる疲労性能の向上



航行安全性

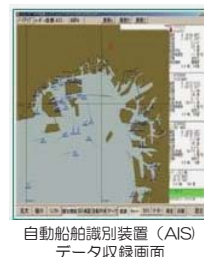
本実施海域近辺での船同士の衝突、船と風車・浮体の衝突のリスクや暴風時に係留系の切断により風車・浮体が漂流したり、漂流風車が船舶と衝突したりする漂流リスクが考えられます。本実証実験では航行シミュレーションの予測技術を開発し、衝突リスクの評価を行うことによりリスクの低減策を提示します。また、漂流リスク評価のためのシミュレーション法の開発及び実機の応答による検証・評価を行います。

1 衝突リスクの評価

実施項目	実施内容
海域リスクの分析・評価及び低減対策	- 航行船舶調査及び航行シミュレーションによるリスクの定量評価 - リスク低減対策の検討
実海域観測及び実験	- 現地周辺航行船舶の観測 (事前調査及び常時観測) - 過渡応答時の基礎パラメータの取得

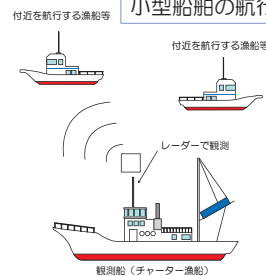
航行船舶調査

大型船舶の航行調査



自動船舶識別装置 (AIS) データ収録画面

小型船舶の航行調査

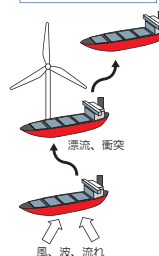


2 漂流リスクの評価

実施項目	実施内容
実機の応答特性	実機観測により長周期動揺、波周期応答、高周波数応答等の発生状況の確認と解析法評価
一体解析による漂流リスク評価	風車-浮体-係留系まで考慮した漂流に関わる動的な一体解析法を開発してシミュレーションを行い漂流リスクを評価

漂流リスクによる安全性評価

漂流連鎖



漂流試験の様子



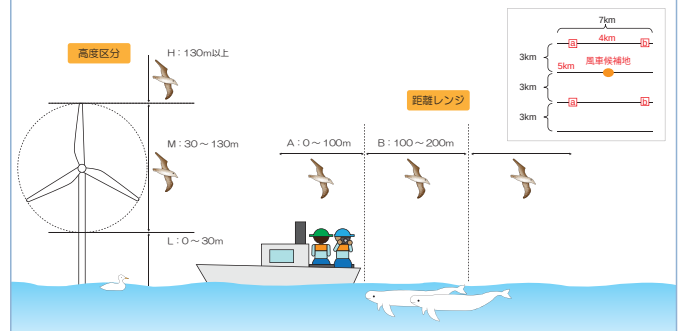
環境影響評価

本実証研究において、浮体式洋上風力発電所の風車周辺及び海底ケーブル設置地域の環境影響評価を行います。具体的には、騒音・景観・電波障害に加えて、海鳥・海産哺乳類・漁業生物等の生息の調査を行い、建設前後における環境影響を明らかにします。

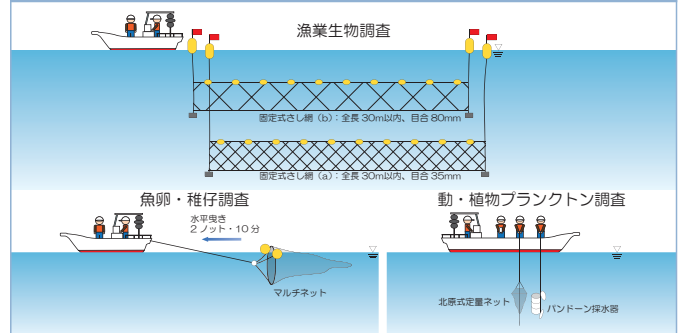
1 調査地域と調査項目

調査	調査内容	主な調査海域
		風車周辺 ケーブル経路
海鳥	・採餌・移動に利用する鳥類の生息状況、渡り鳥の利用状況等	●
海産哺乳類	・クジラ・イルカ類等の生息状況等	●
水中騒音	・静穏時の水中における背景雑音、その水平分布状況	●
漁業生物	・魚類、エビ・カニ類、イカ・タコ類等の遊泳動物の生息状況	● ●
魚卵・稚子	・魚卵及び稚子魚の分布及び生息状況	● ●
動・植物プランクトン	・動物・植物プランクトン等の分布及び生息状況	● ●
潮間帯生物	・海岸及び水深3m程度までの付着生物及び底生生物の生息状況	●
海藻・草類	・藻場を構成するホンダワラ、アラメ等大型褐藻類の生育状況	●
マクロベントス	・多毛類、二枚貝類、巻貝類、甲殻類等の内住性底生動物の生息状況	●
岩礁付着生物 メガロベントス	・岩礁・岩等の付着生物及びウニ・ナマコ・ヒトデ等の表住性底生動物の生息状況等	●
その他	・海水、水底の土砂や堆積物の性状把握	●

風車周辺：海鳥・海産哺乳類調査



海底ケーブル周辺：漁業生物、魚卵、動・植物プランクトン調査



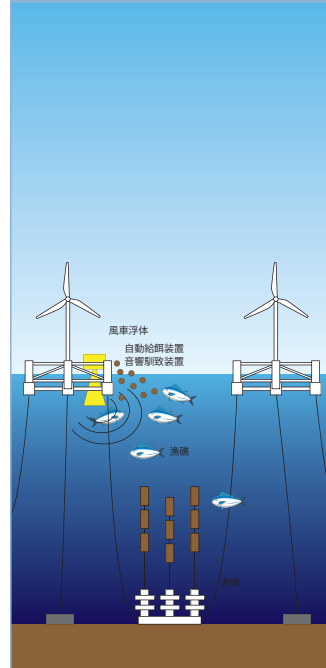
漁業との共存

本実証研究において、国、県、地元関係者、漁業関係者から構成される協議会を設立し、漁業関係の専門のコンサルタントのアドバイスを受け、周辺海域環境や漁業操業形態等への影響、浮体式風力発電所の設置に伴う新たな漁法等について検討を行います。これにより、海洋牧場、海域肥沃化と養殖いかだによる魚集効果及び海洋環境情報の提供の可能性を提案します。

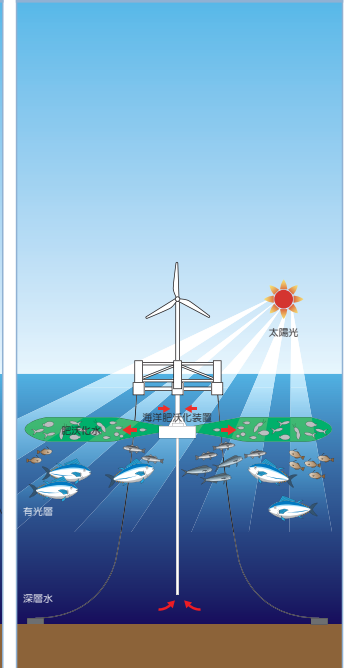
1 新たな漁法の提案

実施項目	実施内容
海洋牧場	・浮体や係留系(錨)を利用して、自動給餌装置・音響馴致装置・魚礁等を整備して、魚類を集集させ新たな漁場の形成
海域肥沃化と養殖いかだ	・深海部の海水を揚水(密度流拡散装置、海域肥沃化装置を利用)し海域を肥沃化することで貝類や海藻の養殖
魚集効果	・ROV等による浮体周囲の魚の状況調査と浮体構造物の集魚効果の確認
海洋環境情報の提供	・浮体に海洋観測装置を取り付けて、リアルタイムで観測情報を漁業者や防災関係者に配信し、有効活用と利便性の向上

海洋牧場



海洋肥沃化





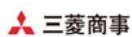
福島洋上風力 コンソーシアム



丸紅株式会社
〒100-8088 東京都千代田区大手町1丁目4番2号



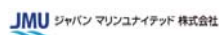
国立大学法人 東京大学
〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3番1号



三菱商事株式会社
〒100-8086 東京都千代田区丸の内2丁目3番1号



三菱重工業株式会社
〒108-8215 東京都港区港南2-16-5



ジャパン マリンユナイテッド株式会社
〒108-0014 東京都港区芝五丁目36番7号



三井造船株式会社
〒104-8439 東京都中央区築地5-6-4



新日鐵住金株式会社
〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1



株式会社日立製作所
〒100-8280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号



古河電気工業株式会社
〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号



清水建設株式会社
〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1



みずほ情報総研株式会社
〒101-8443 東京都千代田区神田錦町2-3

お問い合わせ先
国立大学法人 東京大学
工学系研究科社会基盤学専攻
教授 石原 孟
担当 滝 滋
住所 〒113-8656 東京都文京区弥生2-11-16
電話 03-5841-6145 ファックス 03-5841-0609

