

1.3. 研究開発の内容

1.3.1. 海域環境モデル・アプリの開発

平成29～令和元年度に開発した DREAMS_Dash (DR_D) を対馬暖流の上流部と下流部へと令和2年度と3年度に順次拡大する。それぞれ先行する DREAMS_Energy (DR_E) と DREAMS_Coast (DR_C) モデルを参照しつつ、DR_D モデルの開発で得た最新の知見を拡張版 DR_D モデルに組み込むことができる。特に、協力漁業者から提供される CTD, ADCP データの継続的な同化は必須である。Hirose et al. (2013) など開発された準最適データ同化手法（近似カルマンフィルタ）を利用することにより、計算の精度と負荷がバランスした同化モデルを構築する。

DR_D モデル開発の経験に基づき、当海域のモデル誤差の要因として、第一に、開境界条件（親モデルの精度）、第二に海底境界条件（水深データ）、第三に海面境界条件（気象データ）の順に検討する。

開境界条件は日本海・東シナ海海況予報システム（日本海区水産研究所）の JADE2.1（DREAMS_M と同等）に更新する。モデル計算の境界条件となる海底地形は、従来の地形データセット（ETOPO1, JTOPO30 など）では漁業現場の浅瀬や溪谷などの小規模な凸凹を十分に表現できていないため、電子海図や各県調査船の測深データをグリッド化する。気象条件や漁船観測データ等の入力はすべて無人化し、海況予測計算が自動運用されるようシステム開発する。大規模プログラム開発のため大型計算機と計算サーバーをリースする。海域環境モデルは予測のみならず、各県水試の定線 CTD データ等を入力した過去10年程度の再現計算を実施し、再解析データを作成する。この再解析データは漁場形成要因の特定に利用される。

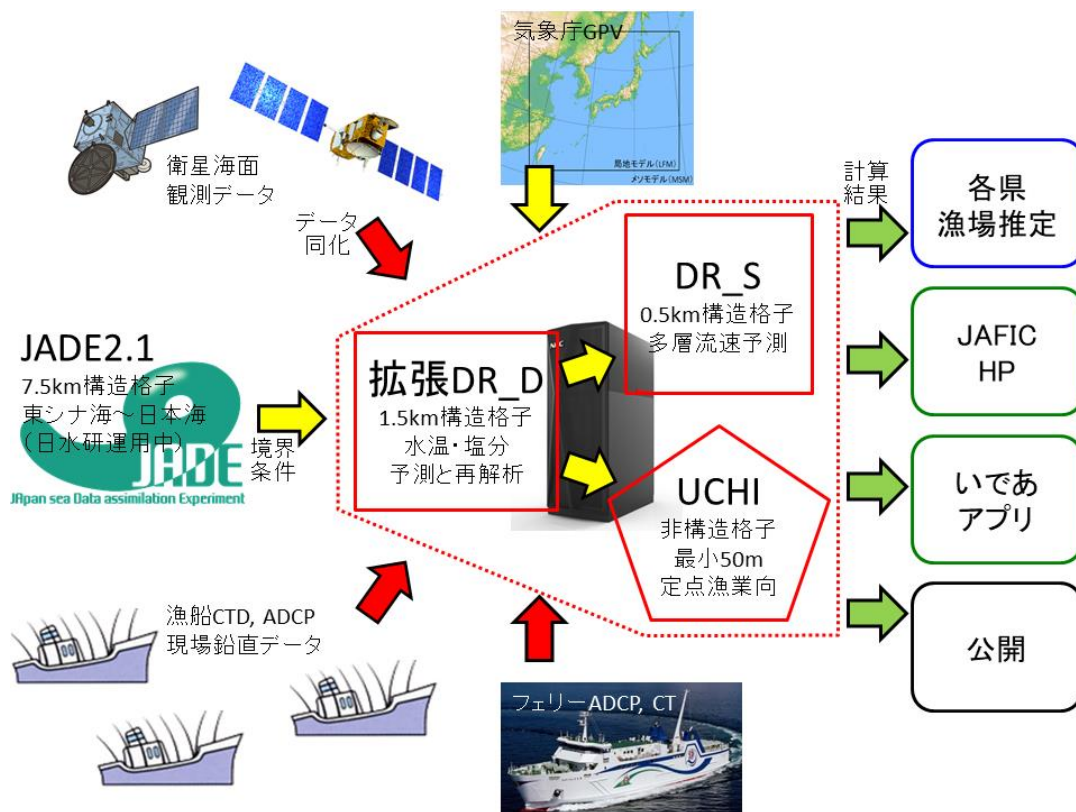


図 13-1 海況予測システムの開発イメージ（九州大学）

1. 研究開発の目的、目標及び内容

漁業者のスマホ等から陸上サーバーへと転送された CTD,NMEA データは、海洋観測専門船の計測値よりも品質が劣る（計測誤差が大きい）。こうした海洋観測データの事後処理に実績のある滝川（長崎大学）が漁船データの取得状況や異常値をチェックし、品質管理された同化用データセットを作成する。既に試験運用されている九州北部海況予測モデル DR_D の計算値と統計的に比較すれば、明らかに相関が低いなど、異常な傾向のある測器を簡単に特定することができる（力学的品質管理）。観測に起因する問題が生じている場合は、各県と協力して漁業現場で改善策を検討し、あるいは測器メーカーへのフィードバックを試みる。時空間的に近接する観測値を統合処理し(superobservation)、データ精度の向上と同化計算の負荷軽減を図る。

五島列島～松浦半島の非構格子モデル UCHI については、中小河川の影響が課題となっている。そこで R2 年度には、陸域における淡水挙動を評価する降雨流出氾濫モデルを導入した。気象庁 MSM データによる降水予報値と組み合わせ、淡水流入量と沿岸海況予測のさらなる精度向上を実現した。R3 年度には、定置網の急潮被害や養殖場での赤潮被害が問題となっている五島や対馬の北西岸を念頭に、局所海況予測に取り組む。離島では無視されがちであった陸水効果を正確に導入することによって、沿岸から数 km 以内の沿岸漁業に対する海況予報の有効性を検証する。

上述した拡張 DR_D モデル試作後は、様々な現場・衛星観測データと計算結果を比較し、モデルの精度検証を行う（九大, JAFIC）。いずれも開発期間以上に試験運用とプログラム修正期間を十分確保し、高精度で信頼性の高い沿岸海況予測を実現する。漁業者の批判的意見を数多く集めるため、事業前半にホームページを開設する必要がある。JAFIC では、衛星観測データとの比較により精度検証を行い、その結果を逐次ホームページで発信する。事業期間後半には、蓄積した漁船 NMEA データから水深情報を抽出し、海況予測モデルの海底地形データを修正、海流・潮流変動の更なる高精度化を図る。大容量の計算結果を管理・分析するために 10TB 級ハードディスクが 20 本以上必要となる見込みである。研究代表者（広瀬）は、これまでに多数の海況予測システムの開発に成功しており（東アジア縁辺海データ同化実験 DREAMS、拡張版日本海海況予測システム JADE2、日本海リアルタイム急潮予測システムなど）、当事業のモデル開発手順や期間は、DR_D モデル開発の経験に基づいて最適化された計画となっている。

モデル情報（特に予測情報）のホームページ(HP)配信は、漁業情報サービスセンター(JAFIC)が担当する。令和元年度までに開発した web GIS システムを拡張し、対馬暖流の上流から下流までの海況予測の情報をホームページで提供する。さらに JAFIC で扱う人工衛星データなどを加える。GIS では面的なデータに加えてポイントデータも同列で扱うことができるので、各港や市場での水揚げ量や価格情報との GIS リンクを導入する。

GIS を使った情報配信の応用技術開発として、流動解析機能などの実装も予定している。赤潮や卵稚仔や魚群などの流動解析は、それらの予測・予察をする上では有効な情報となり得る。海況予測モデルの流速分布（オイラー分布）を基に、漂流物（ラグランジュ粒子）の移動をオンデマンドで計算するプログラムをウェブサーバーに導入する。

いであ株式会社は、令和元年度までに開発したデータ収集アプリ（観測用アプリ）とモデル予測アプリの更新・改良を行う。各県が実施する予定の漁業者説明会や勉強会などの様々な機会を通じて、現場漁業者の要望をアプリに反映し利便性・操作性を高めることは、結果としてこの事業で開発したスマート漁業の仕組みの持続性に繋がる。現に、令和2年度までに九州北部向けのアプリで繰り返しアプリのアップデートを行ってきたため、利用者（各県水試や漁業者）の評価も格段に上がってきている。

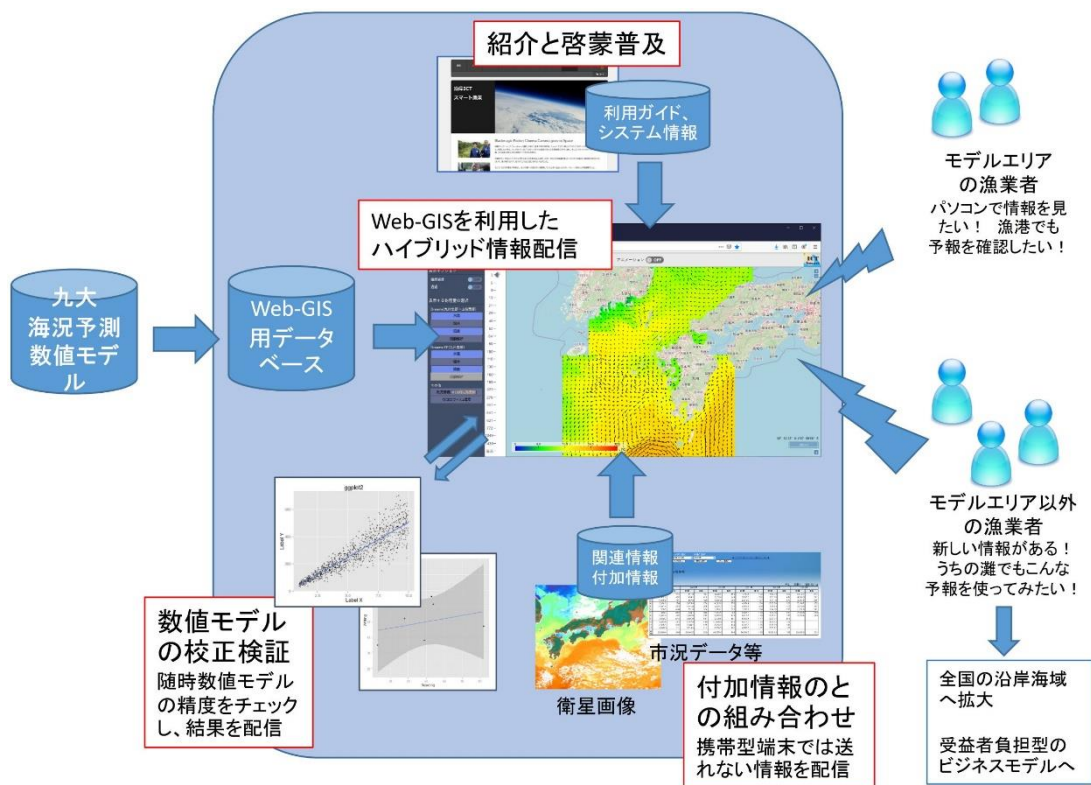


図 13-2 GIS をベースとした海況予報ホームページの開発イメージ (JAFIC)

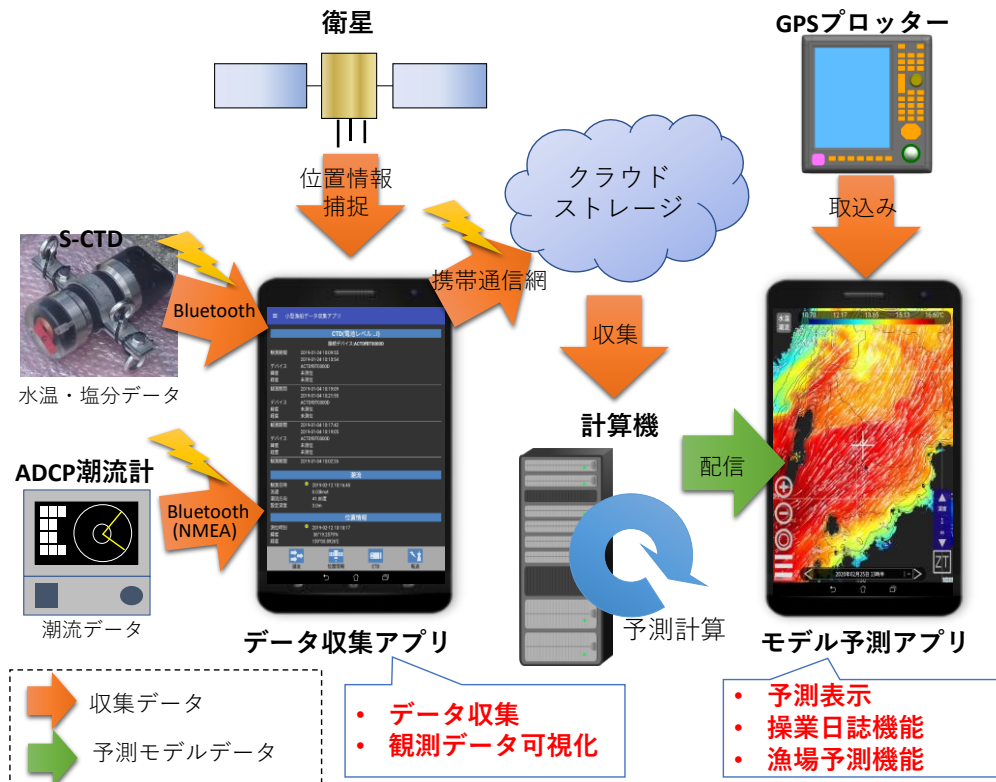


図 13-3 小型漁船漁業支援アプリの開発イメージ (いであ)

1. 研究開発の目的、目標及び内容

令和2年度以降は、対象海域が広がることで取り扱う予測データが数倍となるため、モデル予測アプリの表示機能の強化を行う。東シナ海および日本海へとそれぞれ拡張されるモデル領域に応じて、アプリ表示も改変する必要がある。まず R2 年度にアプリの構造を見直し、R3 年度に実装する計画である。R3 年度には、東日本太平洋側の海況予測に定評のある（株）オーシャンアイズの協力を得て、千葉県海域へのアプリ対応も検討する。

モデル予測アプリに付随する操業日誌機能についても、改良・開発を行う必要がある。令和元年度までに GPS プロッターから USB を経由してデータを収集し、スマホ・タブレット上で表示させる機能とそれに追加情報を登録する機能を開発した。この電子操業日誌機能により、漁業者が港や自宅に帰ってからプロッター情報を振り返り、次の操業計画を練ることができる。R2 年度以降は、各県水試を通じて寄せられる実海域での利用者の要望をアプリに反映する予定である。

同じくモデル予測アプリに付随する漁場予測機能についても、改良・開発を行う必要がある。令和元年度に2隻分のプロッターデータと予測データ（DR_D）の関連性を解析し、類似した漁場特性の色付けマップを作成するアルゴリズムを作成した。過去に豊漁であった条件が将来どこに現れるかを AI で予測する機能となる見込みだが、学習用データ（実海域のプロッターデータ）が不足しているため、令和2年度以降は、多くのプロッターデータを収集するとともに、実海域での実証を行う予定である。

1.3.2. 漁協等と連携した操業実証

令和元年度までに、安価で小型、かつ軽量の漁業者向け S-CTD（電気伝導度・水温・圧力）計測器を開発することができた。Bluetooth 等の無線で情報携帯端末（スマートフォン、タブレット PC 等）と通信可能な、いわゆるスマート CTD である。令和2年度はこの素晴らしい武器をより広いエリアに展開し、観測体制を強化する。

こうして漁業者の協力によって得られた現場データは、第一に漁業現場での操業の参考情報となり、第二に海況予報モデルの修正用（同化）データとして利用される。

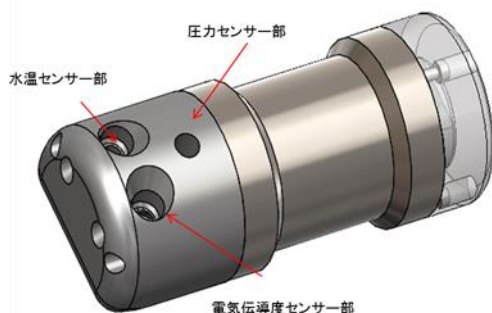


図 13-4 沿岸漁業用スマート CTD (smart-ACT) と検討会

さらに、小型漁船の潮流計(ADCP)データを記録する装置を導入する。ADCP 信号を含む NMEA データロガー（既製品）を各県5～10隻程度に設置し、スマート CTD と同様に情報携帯端末との自動的な無線通信を行う。いであ（株）が通信アプリ開発を担当し、各県水試がロガー設置と実証試験を行う。測

器のモニターの役割を果たすスマホ等は、漁船内で漁師の目につきやすい壁面に固定する予定である。壁面に透明の防水ケースを固定しておくと、作業中の濡れた指先でもタッチ操作しやすく、出し入れ容易だろう。

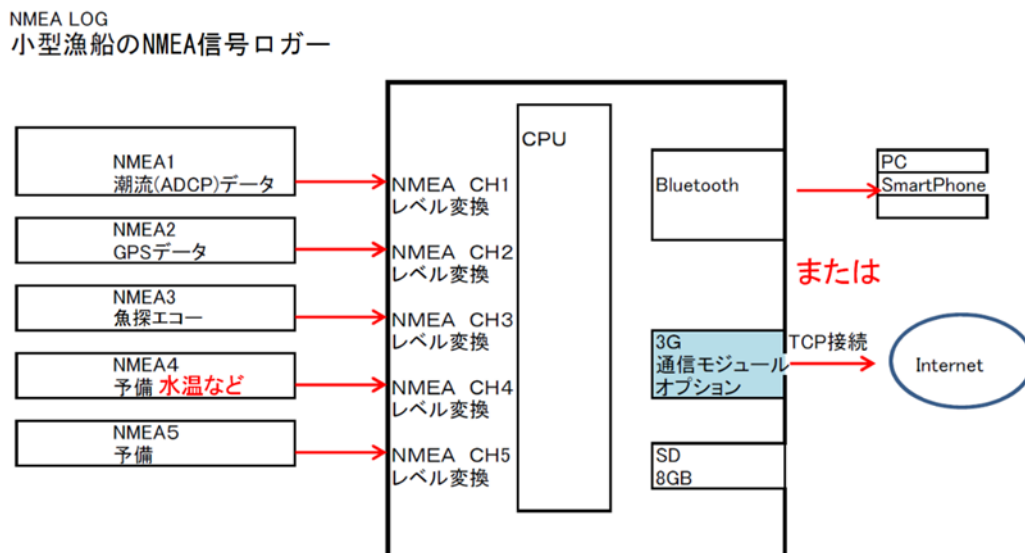


図 13-5 海上電子装置出力の国際規格(NMEA0183)を利用し、潮流データや魚探エコーなどの漁船情報を取得、スマホ等へ無線データ送信する。

鹿児島県水産センターと九州大学応力研がそれぞれ管理する甕島フェリーと対馬海峡フェリーの ADCP や水温・塩分データも利用できる。当事業では、まずフェリー観測データを数値モデルと統計的に比較し、相互の精度（信頼性）を検証する。さらに、それぞれの観測データがほぼリアルタイム（観測時刻から 24 時間以内）で予測モデルへ入力できるよう、データ送受信の仕組みを整え、データ形式の共通化を図る必要がある。

漁業無線を利用したデータ通信に関しては、鳥取県内の漁船を対象とした、海岸局システムと漁業無線を用いた ADCP データ収集システムの有効性評価を継続する。古野電気（株）より他の海岸局での通信実験を提案されており、鳥取県とは異なる気象・海象条件での評価を行う計画である。

さらに衛星データや短波レーダー観測などを加え、時空間的に世界最高密度の 3 次元沿岸海況モニタリングシステムが構築される。

先行する福岡県・佐賀県・長崎県に加えて、鹿児島県と山口県の 5 水産試験場では、それぞれの主要魚種を対象に漁場形成と漁獲高を予測する統計モデル（HSI モデルなど）を作成し、その成果を漁業者へ還元する。上述したように、先行研究で既に各魚種の漁獲状況と水温分布との関係が確認されているので、まずは九州大学の海況予測モデルの水温・塩分分布を中心として、主要魚種およびその他の漁獲データ（漁業者が記録する作業日誌をデータ化）を統計的に比較し、漁場形成要因（予測因子）を特定する。モデル水温・塩分だけでは漁業記録を（統計的に）十分説明できない場合は、DR_S や UCHI モデルの流速データを利用する。

特に、佐賀県・長崎県・福岡県では、前年度までに作成した漁海況予測システムの普及を図ると同時に実証試験を行い、予測の効果を実測する。石川県では従来の海況予報と比較しつつ改良版 DR_C モデル

1. 研究開発の目的、目標及び内容

予測の（漁業者の評判調査も含めた）評価を行う。

山口県では、既往の漁場予測を DR_D メッシュに合わせて約5倍に精密化する。山口県水産研究センターで記録している操業情報と DR_D モデルの計算値を照合し、ケンサキイカとマアジの漁場の推定式を改良する。鹿児島県においても、中～小型まき網の長年にわたる操業記録と改良版 DR_E モデルの海況データを比較し、漁場形成の要因を探っている。島根県においても山口県を参考として沿岸漁業の漁獲対象種(クエ等)と海洋環境の関係を分析する。富山県ではシロエビ、千葉県ではカツオやキンメダイの漁獲時間や漁場形成の予測可能性を検討する。

熊本県と鳥取県では、特に GPS プロッターのマーク情報を積極的に収集し、より信頼できるパーソナル漁場予測の実現と普及につなげる。

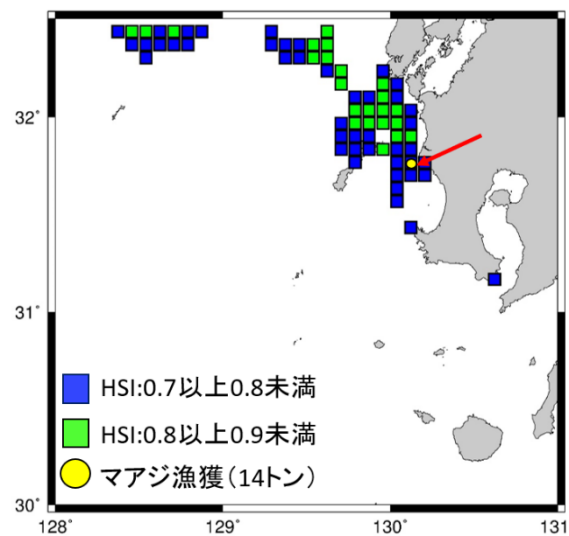


図 13-6 マアジの漁場予測を目指して、HSI モデルを作成した。（鹿児島県）

各漁船で得られた現場情報を広く配信することは、すべての漁業者に有利となる訳ではない。一部の熟練漁師は、必ずしも自船の活動記録を（特にリアルタイムでは）公開したくないかもしれない。長年の経験で蓄積してきた漁業活動に関する有利な知見（秘密情報）がライバル船に漏れる怖れがあるためである。共存共栄を目指す水産資源持続化(sustainability)の理想には反するかもしれないが、漁獲競争もまた日本で最後といわれる狩猟民の否定できない特性である。仕様書にも「実証に参加する漁業者は、実証前の出漁時間を超過して実証に取り組まない」と注意喚起されている。令和3年度には、概ね4半期ごとに各県担当者が少なくとも当事業の協力漁業者については出漁時間を直接確認し、水産庁担当部署へ報告する。

漁業者との信頼関係なくして沿岸漁業の支援事業は成り立たない。当事業では、漁船 GPS 情報を含む漁業活動の記録は、すべて各県水産試験場管理とし、漁業者の秘密情報の取り扱いに細心の注意を払う。各県は、適切な資源管理や禁漁区域の取り締まりなど、公共の利益に照らして限定的に漁船データを利用できるものとする。

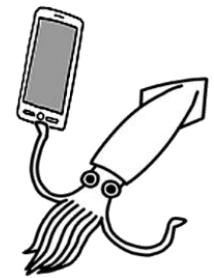
上述した海況予測モデルへの漁船データ入力も社会的利益の一環である。当事業では、モデル結果を公開することによって、漁船位置情報を守りつつ、グリッド化されて公平な海況情報を幅広い漁業者に還

元する方針である。各漁船で得られた CTD, ADCP データをモデルに同化することにより、予測精度が向上するばかりか、過去から現在に至る海況（再解析値）も数値モデルのグリッドで再現されるため、モデル結果で漁船位置は見えないのである。

先行する 3 県では、格子化した沿岸域の海況予報を、漁船漁業以外の幅広い水産業（例えば定置網漁、養殖業など）にも試行してみる。海岸から数 km 以内で行われることが多い定点漁業であるが、やはり周辺環境の状況が生産性を大きく左右する。特に破滅的な現象、例えば定置網であれば急潮対策、養殖にとっては赤潮の襲来など、正確な海況予測によって対策を整え、被害を軽減できる可能性がある。五島や対馬、伊万里湾や福岡湾などで急潮や赤潮の問題が顕在化してきているため、当事業では、こうした浅い沿岸・内湾部での予測データの利用方法や有効性を検討する。

同時に、情報提供者への謝礼方法についても、当事業中に議論する必要がある。スマート CTD をキャスティングして現場観測データを得たとしても、その情報を海況予測システムへ提供するか個人的に秘匿するかでは、社会的かつ科学的利益に大きな差が生じる。HP やアプリの上級サービスを有償化し、漁船データの提供者にのみ無償提供する等のインセンティブを設定することで、事業終了後も民間企業の収益を確保しつつ、漁業者の協力意欲を刺激したい。

漁業者向けの説明会や学習会などの場を通じて、さらに広範な漁業者に対して開発した HP やアプリを啓蒙、普及、さらに反響調査していく。さらに漁協や行政に対しても、適宜「次世代スマート沿岸漁業技術開発事業」の成果として、海況予報による漁業の効率化や所得向上等の説明を行う。最終的に、漁業者の観測網整備が、精度の高い海況予報を通じて漁家経営改善に資することを数値的に実証し、本事業終了後の継続性を担保する。



1. 研究開発の目的、目標及び内容

1. 4. 研究開発計画

1. 4. 1. 海域環境モデル・アプリの開発



いであ(株)

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
観測用アプリの更新												
モデル予測アプリの改良												
操業記録機能の改良												
漁場予測機能の改良												
画像情報と波浪モデルの融合検討												



(一社)漁業情報サービスセンター(JAFIC)

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
海況情報配信HP拡張(日本海)												
モデル精度検証												



九州大学

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
DR_Cモデル改良												
日本海漁船データ同化												
対馬海峡(DR_D, S)および東シナ海(DR_Ep)モデル運用・修正												



長崎大学

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
CTD, ADCPデータ精度検証・QC												

1.4.2. 漁協等と連携した操業実証



いであ(株)

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
漁業者ヒアリングおよび漁船データ収集の補助												



佐賀県玄海水産振興センター

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEAデータロガー運用・点検・修理												
魚群探知機データロガー試験・運用												
操業日誌アプリ試験												
漁業者説明会・スマート化効果検証												



長崎県総合水産試験場

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEAデータロガー運用・点検・修理												
漁業者観測データHP運用												
定置網・養殖場への環境情報提供システム開発												
漁業者説明会・スマート化効果検証												



福岡県

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEAデータロガー運用・点検・修理												
調査船による測深データ取得												
漁業者説明会・スマート化効果検証												

1. 研究開発の目的、目標及び内容



熊本県水産研究センター

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEA観測体制の拡充・運用												
調査船による観測データ収集・検証												
操業日誌アプリ試験												
漁業者説明会・スマート化効果検証												



山口県水産研究センター

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEAデータロガー設置・運用												
沿岸域における漁場予測												
山口県沖冷水の評価												
漁業者説明会・スマート化効果検証												



鹿児島県水産技術開発センター

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEAデータロガー設置・運用												
フェリーデータ同化の精度検証												
漁場予測(HSI)モデルの構築												
漁業者説明会・スマート化効果検証												



鳥取県水産試験場

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEA観測体制の拡充・運用												
漁業無線を用いたデータ送受信システムの試行・評価												
操業日誌アプリ試験												
漁業者説明会・スマート化効果検証												



島根県

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEA観測体制の構築												
漁船操業データ収集												
調査船による観測データ収集・検証												
漁業者説明会・勉強会												



石川県水産総合センター

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, ADCP観測体制の整備												
操業・漁獲データの収集												
モデル精度検証												
漁業者説明会・勉強会												



富山県農林水産総合技術センター水産研究所

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEA観測体制の構築												
漁業者への環境情報提供試験												
富山湾におけるモデル精度検証												
漁業者説明会・勉強会												



千葉県

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
S-CTD, NMEA観測体制の構築												
陸上サーバーへのデータ転送技術開発												
観測データの情報提供システム開発												
漁業者説明会・勉強会												

1. 研究開発の目的、目標及び内容

1. 4. 3. その他

令和3年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実施計画の作成	〈前月〉 											R4?
技術検討委員会の開催	ネット 					鹿児島 						福岡
報告書の作成											R3 	

年3回の技術検討委員会のうち少なくとも1回はオンライン（ネット）会議として、経費や時間のコストを縮減する。年央の委員会は漁業現場に近い場所で開催し、委員会の前後に漁業者説明会を設けたい。可能な限り外部にも開かれた（オブザーバーを歓迎する）委員会とする。年度末の委員会前後の期間で報告書を取りまとめ、次年度の実施計画を確認・修正する。事業終了後も、近隣メンバーで年1回程度の情報交換会を継続する方向である。