

1. 研究開発の目的、目標及び内容

1.1. 研究開発の目的

1.1.1. 目的

我が国の沿岸漁業や地方の漁村は長期的に厳しい状況に置かれている。漁業資源そのものの変化だけでなく、不安定な燃料費、魚価安、餌料費の高騰など、苦しい経営状況から特に沿岸漁業の就労者が高齢化かつ減少していることは周知の事実である。全国の小型漁船隻数もまた急減しており（図 11-1）、後継者が存在しないばかりか、沿岸漁業に見切りをつけて転職する漁師も後を絶たない現実がそこにある。ブランド化に成功した呼子のケンサキイカに関わる漁家ですら、平均的な漁業支出のうち燃料費が 40～60%を占め（年々変動が大きい）、原油価格の乱高下によって容易に赤字操業へ転落する脆弱な産業構造となっている。

人工衛星データや海況予測の情報を利用して、かなり情報化の進んだ外洋の大型漁業と比較してみると、零細な小型の沿岸漁業では未だ「経験」と「勘」を頼りにした、非効率的な操業が続いている。特に沿岸漁業者ではパソコン情報とは無縁の高齢者が多く、また経済的余裕もないため、小型漁船の ICT 化は一向に進まず、近年増えてきた漁況や海況のデジタル情報はますます大型船に有利な環境を作り出しているようだ。

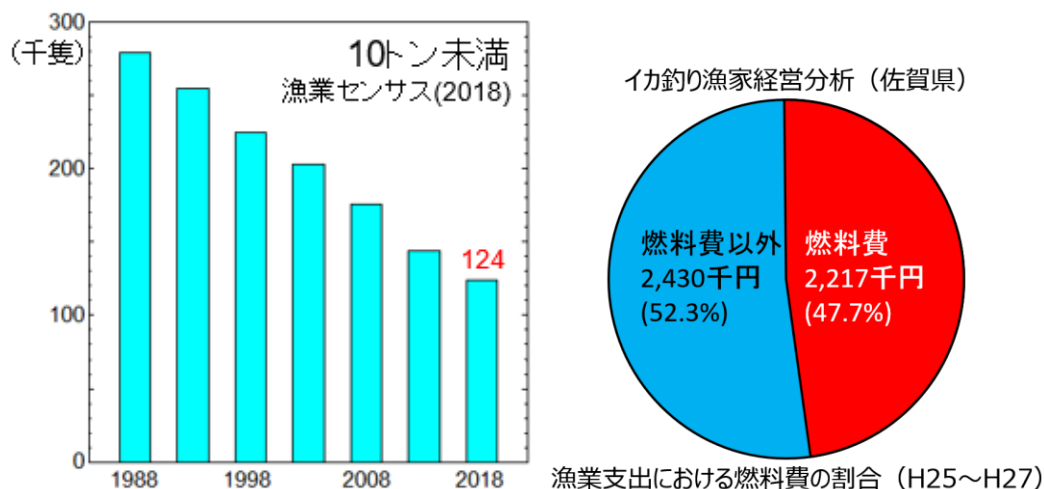


図 11-1 （左）日本の小型漁船（10t 未満）隻数。（右）佐賀県イカ釣り漁の漁業支出分析。

こうした危機的な漁家経営を好転させる、つまり沿岸漁業の収益性を改善するためには、やはり日本が誇る科学や技術の力を利用するのがセオリーだろう。科学技術の活用こそが、漁業に限らず様々な分野で成功してきた日本の典型的なビジネスモデルである。

漁船漁業に活かせる科学技術には多数の選択肢がありうるが、漁業者の視点から期待される「いつ、どこで魚が捕れるのか」の問いに対しては、水産学、海洋生物学、海洋物理学といった自然科学や、衛星情報や計算機性能、ICT といった先端技術から有益な解答が得られるはずである。特に、漁場形成は海況変

1. 研究開発の目的、目標及び内容

化と密接に関係していることは半ば漁師の常識であり、逆説的にみれば、沿岸海域の水質や潮流の変化を正確に予測することによって、出漁前に燃料費や漁獲量が見通せる計画的産業への変貌も夢ではないのである。そこで本事業では、福岡、佐賀、長崎の九州北部3県の海域をパイロットエリアとして3年間の開発フェーズを終え、昨年度からはより広範囲な沿岸海域でスマートな漁業技術を実証試験し、普及をも促進すべく対象海域を拡大している。

観測情報を即時的に処理して水産業のICT化を目指す多くの「スマート水産業」においては、多くの事例が養殖や定置網など定点漁業の生産性向上に限定されているが、当事業では、より広域に回遊する天然魚を狙う漁船漁業を効率化する「ICT スマート漁業」を展開する。漁船漁業のスマート化を拡張する方針は、水産庁が計画しているスマート水産業推進のロードマップ（図 11-2）にも符合する。つまり当提案書は2021年度までに7日先予報を10県以上の漁業者に提供することとならねばならない。

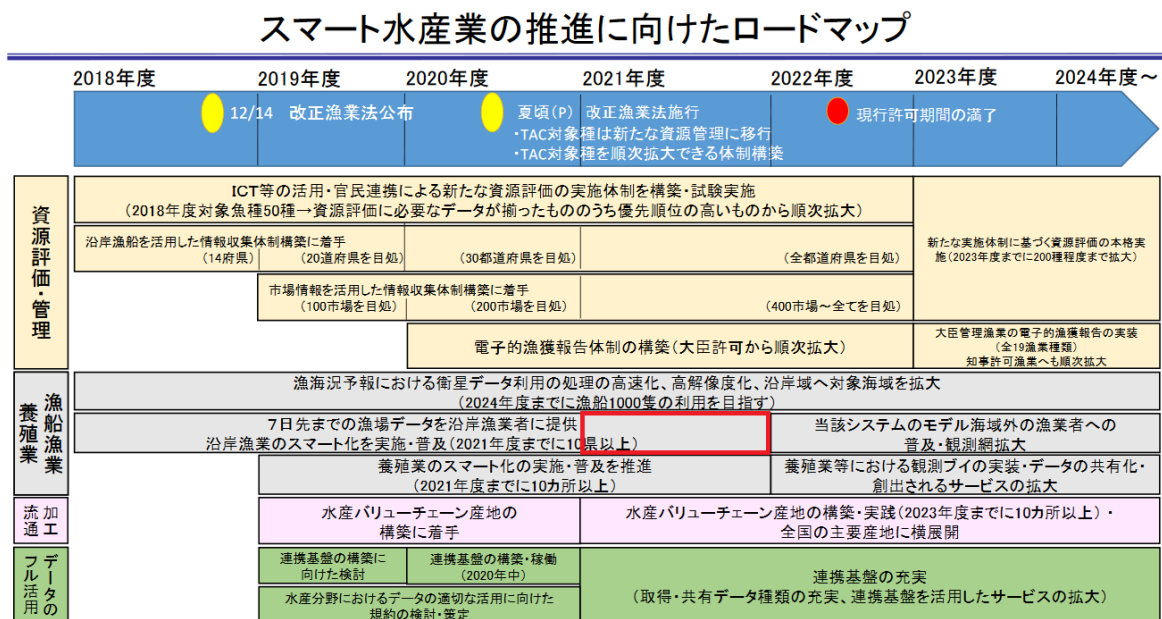


図 11-2 平成 31 年 3 月未来投資会議構造改革徹底推進会合 水産庁提出資料

沿岸漁業の ICT スマート化において、最大の課題は観測データの希薄さである。例えば漁場情報サービスセンター（JAFIC）では、人工衛星と船舶観測データを組み合わせた海面水温情報を漁業者向けに配信しているが、雲等気象の影響で観測精度が低下したり、時空間変動の激しい沿岸域では特に精度が低下することから、現状での利用主体は沖合漁業者となっている。晴天時で海面観測データが安定して得られる場合でも、実際に漁獲対象となる成層（水深 20～30m 程度）下の水温構造は全く不明である。また、塩分の鉛直分布は河川由来の栄養塩と相関しており、沿岸漁業にとって有用な物理量のはずだが、表面の衛星観測（Aquarius など）すら実用レベルに達していない。目先の海は実のところ観測の空白域なのである。

当事業では、その空白域を毎日の仕事場とする（かつ漁海況予測の主たる受益者となるべき）沿岸漁業者に注目する。沿岸漁業者が操業中（またはその前後）に漁場現場で海洋観測を実施する、漁業者参加型の海洋観測を展開することによって、観測情報が格段に充実すると見込まれる。例えば、「農林水産省・

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（H21～23 年度）」として石川県水産総合センターで始まった画期的な漁船利用観測により、沿岸水温・塩分の鉛直分布が毎日多地点で計測できることが示された。その後、宮崎県や長崎県の水産試験場で漁船情報（水温や潮流計データ）のリアルタイム送信技術も確立している。正確な予報初期値を形成するためにも、海洋観測専用船に限らず現場情報を増やし、時空間的に高密度で多重化された海洋観測システムを整備する必要がある。

1. 1. 2. 最近の取り組みと問題意識

観測専用船に比べて、多数の漁船を利用することによって桁違いに高密度の沿岸観測情報を得ることが技術的に可能であることは、R1年度までに実証された。零細な沿岸漁業者でも扱いやすい小型で軽量、簡便な S-CTD（水温・塩分・深度センサー）を開発、実販売までこぎつけたからである。H29～R1 年度の3年間かけて実証実験を繰り返し、様々な魚種・漁法の漁業者コメントに反映した自信作である。

従来の高精度品よりも約半分の低価格で、小型船でも気軽に使えるスマートな環境計測器であり、水温・塩分プロファイルの計測直後に手元のスマートフォンや船内のタブレット PC など（以下、スマホ等）で計測結果を即座に確認できる。実際に漁場の成層強度や中層塩分、底水温などを正確に把握して当日の漁業活動の参考にする漁業者も出始めている。スマホ等がデータ送受信機の役割も担うため、高価な衛星通信は必要ない。



図 11-3 Smart-ACT CTD による漁業者参加型海洋観測

沿岸付近の海流や潮流の変動もまた、漁獲の成否を左右する重要な物理情報である。多くの漁法において、潮止まりではほとんど釣果が上らず、また反対に流れが強すぎると漁具の操作が困難になる。毎日漁場へ往復する際の燃料費も、順流か逆流かによって大きな差がある。例えば、前出の呼子のケンサキイカ漁で1隻当たり毎年200万円を超える燃料代のうち、集魚灯に関わる割合は比較的小さく、漁場への往復の燃油消費の方が大きいという。表層流の変化を利用することで、簡単に燃費を節約することができるのである。また、様々な物質の経路予測にも海流データは有用である。魚類の餌となるプランクトンや卵稚仔の輸送は、ほぼ海流そのもの（受動的）とみなせる。大型クラゲや赤潮など危険生物、あるいは

1. 研究開発の目的、目標及び内容

船舶事故に伴う流出重油の移動予測も、沿岸漁業（定置網や養殖産業なども含めて）には強い関心事である。

ところが、衛星観測データから算出した沿岸付近の海流や潮流は、やはり信頼性が低い。海洋短波レーダーによる表層流観測はかなり強力な広域観測方法だが、観測対象が海面のみに限定される上に、設置コストの負担も大きい。そこで当事業では、すでに多くの漁船に設置されている潮流計(ADCP)データを収集し、低コストで多層の海流・潮流分布を即時モニタリングする。既に石川県などで漁船潮流計データの長時間記録に成功しており、当事業ではスマホ等の情報携帯端末を通じた無線通信を導入することによって、スマート CTD と同様に、現場観測情報を時系列的に漁業者へフィードバックする方法を確立する。



図 11-4 2017 年 5 月、福岡県宗像市（鐘崎漁港）の小型漁船に NMEA（漁船電子信号）データロガーを取り付けた。

観測データ収集アプリに関しては様々なトラブルに適宜対応し、安定して CTD, ADCP データを収集することが可能となった。しかし、携帯電話回線を利用するため、データの通信エリアが狭く、格安 sim を用いても一定の通信コストが生じる問題がある。5G 時代を迎えると、海上の通信距離はむしろ低下するおそれもある。

そこで令和 2 年度から、ADCP データ(潮流情報)のような軽量なデータの伝送に関して、漁業無線を利用したデータ通信の活用を検討しはじめた。沿岸漁船には、海岸局から配信される定期放送を受信する無線装置が具備されていることが殆どである。また、海岸局には、デジタル専用送受信機が設置されており一般通信、緊急通信とは別にデータ通信の利用が可能である。つまり、この通信インフラをうまく活用することで、ADCP データのような軽量データを通信コストなしに、広範囲に収集できる可能性がある。本取り組みの効果が実証できれば、全国的に多数存在する海岸局を介して、漁船が観測する潮流等の海象データを取得する仕組みにつなげることが可能になり、漁業者参加型のデータ活用社会の実現に近づくことができる。

広域になるほど不足する観測データを補い、海流や水位、水温・塩分の変化を正確に予測するため、数値モデルの導入が不可欠である。九州北部海域の精緻な沿岸モデルを開発し運用に供することが、当該

提案の根幹を成すといっても過言ではない。天気予報と同様に、明日の海況変化を精度よく予測できれば、沿岸漁業のあり方も根本的に見直されるに違いない。最適な漁場予測が短時間で検出され、単位コスト当たりの漁獲高が向上、全体の資源管理の枠内で極めて効率的な操業が可能となるはずだ。

だが、海況予報モデルの信頼性は、天気予報のそれと比較して 10 年ないし 20 年遅れている、と言われる。天気予報の信頼性が長い年月をかけて向上してきたように、海況予報の精度もまさに今発展途上の状態にある。特に、当事業のモデル計算の中核を担う広瀬は、2001 年に九州大学応用力学研究所に着任して以来、ひたすらに海況予報モデルの精度向上に尽くしてきた。2008 年には日本海全域を対象とする海況予測システム(JADE)の運用を開始(日本海区水産研究所と共同開発)、大型クラゲやスルメイカの輸送過程解明に大きな役割を果たした。その後、同予測モデルを東シナ海まで拡張し(JADE2)、対馬海峡へ加入する水産資源変動の解明に貢献している。

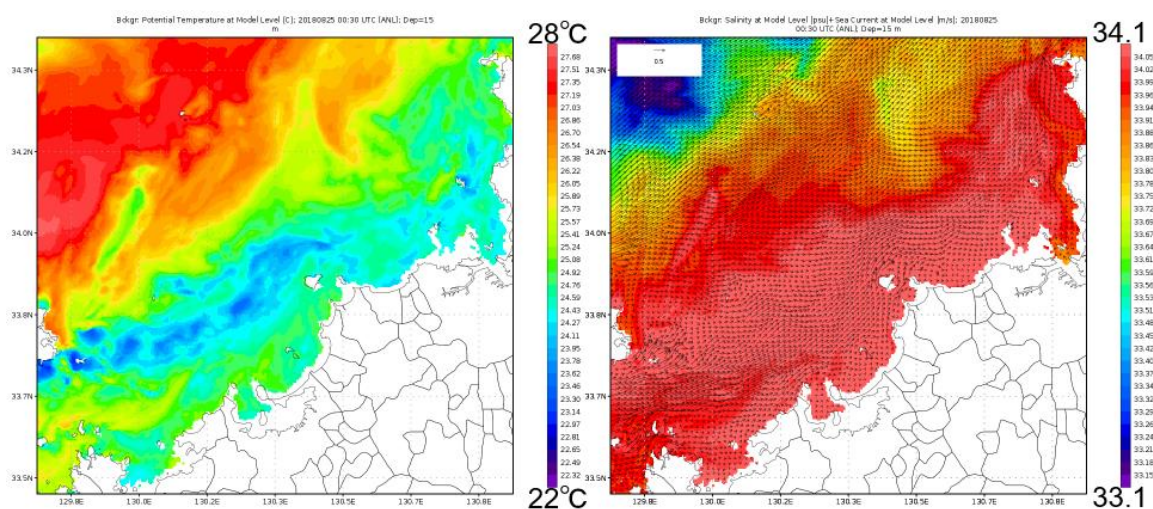


図 11-5 高分解能の対馬海峡東水道モデル(DR_S)で予測された 2018 年 8 月 25 日 9～10 時の水温と塩分分布。

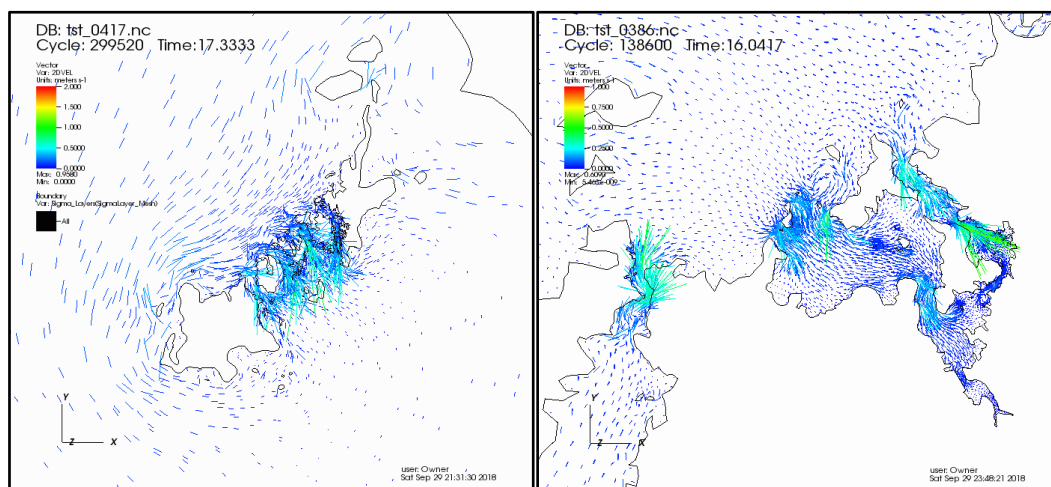


図 11-6 非構造格子モデル FVCOM を用いて五島列島と伊万里湾の潮流変化を精密に再現した。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

平成 29～令和 2 年度の ICT スマート漁業推進事業においても、1.5km メッシュ対馬海峡モデル(DR_D)と東水道高分解能モデル(DR_S)を作成し、実運用に到達した(<http://dreams-d.riam.kyushu-u.ac.jp/>)。漁業者の意見を元にプログラムの見直しを行い、改良を加えることによって、その予測性能はますます向上している。非構造格子モデル(UCHI)に至っては、五島海域や伊万里湾の流況を最小 50m メッシュの超高分解能で表現し、有害赤潮の動きを正確に予測することが可能になった(図 11-6)。

当該計算手法を日本の各地先に転用することは、それほど難しい作業ではない。ただし、流体の連続性の観点から、対馬暖流の上流から下流へと計算領域を延伸することによって、さらに相乗効果を期待することができる。漁船による一点での観測データを数値モデルへ同化することによって、上流から下流へと修正量が伝搬する順方向の演繹効果と、上流部で元々あるべき過去の姿を補正する逆方向の帰納効果が共に発生するからである。

沿岸海域においては、河川からの淡水流入変動に伴う海況の変化が大きく、魚類の餌環境と塩分変化が連動しやすい。しかしながら、正確な流量が測定されていない中小河川も多く、予測計算に反映しづらい。海洋モデルに降雨流出氾濫モデルをドッキングさせることで、河川流量の推定精度を向上させ、沿岸海況予測の精度をさらに向上させることができる。特に、九州北部沿岸域では定置網漁や養殖漁業をターゲットとした局所的な海況予測が求められる。河川条件の改善と定点漁業をターゲットとした局所的予測が課題といえる。

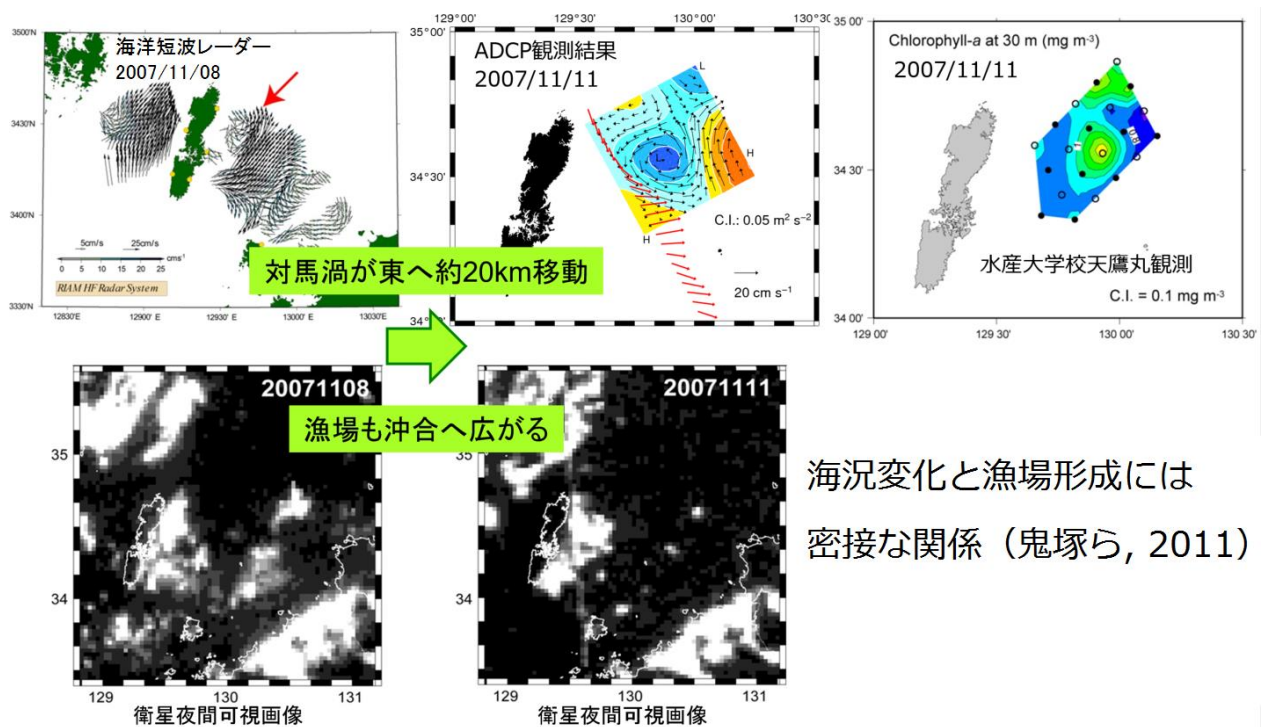


図 11-7 上段：海洋レーダーとフェリーADCP による表層流ベクトル分布、および 30m 深クロロフィル濃度分布。下段：夜間衛星可視画像。観測日は図中に示す。

正確な海況予測が実現すれば、漁場が形成される場所や時間帯の特定も容易になる。漁業者は、太古の昔から漁況と海況を経験的に知っており、家族的な伝承を経て現在に至るまで海況変化を漁業活動に利用してきたのである。九州北部に位置する対馬海峡においても、好漁場が多数形成され、多種多様な魚類

が豊富に漁獲されてきた。それは、九州西方沖に分布する黒潮系の水塊と、東シナ海の大陸棚系水、さらには長江起源水が混ざり合った海水が対馬暖流として日本海に流入する海域だからである。しかし、この海域は流れが速いだけでなく、様々な性質の海水が混ざり合って水温や塩分、栄養塩の変化が激しく、生態分布にも影響が及ぶはずである。事実、漁場が変化する様子を観測データが捉えている（鬼塚ら、2011）。対馬下流側に形成される剥離渦（いわゆる対馬渦）の移動と発達に伴って、冷水分布やプランクトン濃度が変化し、漁火とみられる衛星画像から漁場位置まで連動している様子が分かる（図 11-7）。経験豊富な漁業者であっても、乱流的な渦変化に影響された漁場の位置を予測することは困難である。また、リアルタイムでの正確な海況情報もないため、漁業者の多くは荒天の日以外は出漁することを当然とし、漁場探索で漁を終えることもある。

近年、海洋物理モデルの技術革新や計算機性能の向上により、海況情報が高分解能・高精度化しつつある。特に、当該事業で高分解能かつ高精度の沿岸海域予報モデルが完成すれば、漁況と海況の関係をかなりの信頼性で定量化できると考えられる。例えば、様々な環境変数を統計的に比較し、主要な要因から生息場適正を推定する HSI (habitat suitability index) モデルを導入することによって、三陸沖のアカイカ漁場をかなり正確に予測できることが示された(Tian et al., 2009)。櫻井(2020)も、同様の HSI モデルによって、三陸沖のカツオ・ビンナガ漁場をかなり正確に予測できることを示した。マグロ親魚・カツオといった国際的広域回遊魚を中心に、黒潮や続流域など比較的広範囲な海域では実用化が進んでいる。

同様に、東シナ海から日本海の沿岸漁場に到来するケンサキイカ、マアジ、ブリといった重要魚種も、海況と漁況を入念に比較することによって、漁場位置や漁獲量の正確な予測につながる。これまでは、沿岸域の海況変化を精緻に再現し予測する海況モデルがなかった、あるいは精度不十分であったため、沿岸漁況予測もできなかっただけのことである。対馬東水道で漁獲されるケンサキイカについては、平衡石の分析による経験水温の推定から、その多くが東シナ海南部でふ化し、暖流によって来遊してくることが明らかになった (Yamaguchi et al., 2015)。また、トラフグについても、水温の低下にともなって秋～冬に、対馬から済州島付近に好漁場が形成されることが知られている（花淵, 1985）。マアジは主漁期である 5 月の沿岸域水温が高いとその年のマアジ漁獲位置が分散せずに集中するため、マアジの漁場形成にもやはり漁場水温が影響していると考えられる（安藤ら, 2011; 安藤・宝槻, 2013）。山口県では過去の漁場位置と漁場水温をもとに、2018 年からケンサキイカとマアジの漁場予測を始めた。アカムツにおいても季節的に明らかな漁場移動が見られることから、海洋環境が漁場形成に影響している可能性が高い（田代, 1988）。千葉県沿岸におけるカツオ曳縄漁業では、水温 19℃以上の海域に漁場が形成されることが明らかになっている（石井ら、2016）。かなり多くの魚種で、九州大学をはじめとする沿岸海況予測モデル結果を利用して、漁獲量や漁場形成を十分定量化できると考えられる。その他の魚種においても海洋環境と漁場形成の有意な関係を示唆する調査・研究が多数あり、今後、海洋観測による海況データと漁業者が提供する漁況データを蓄積し、その関係を統計的に分析することにより、漁場形成予測につながる重要な要因を特定することは十分に可能である。

無論、観測データと数値モデルを統合化し、さらに予測まで含む海況情報は、様々な形で漁業者の元へ届けられるべきである。新聞やテレビなど、マスメディアを使う方法もありうるが、情報の受け手が少数派であるため（漁業就労者数は人口比約 0.2%）、やはりホームページなどインターネットを通じた ICT の配信方法が中心となるだろう。特に、スマート CTD で漁場の環境観測を自ら行うほど意欲的な漁業者は、（携帯電波エリアの範囲内であれば）漁船上でも最新の海況情報にアクセスして漁場探索に勤しむだ

1. 研究開発の目的、目標及び内容

ろう。逆に ICT を敬遠する年長者（情報弱者）のためには、漁業者が集まる港や漁協において大型モニターや印刷物による掲示を行うなど、様々に「見える化」する工夫が必要である。

海況情報の配信を企図するにあたって、参考とすべきは気象情報の配信、つまり天気予報である。特に注目されるのはスマホ等で個人対応機能を充実させたアプリである。漁業者もそれぞれに漁場選択の傾向が異なり、海況情報として重視する項目も異なるだろうから、画面表示も個別に最適化すべきだろう。例えば、いであ株式会社では、天候の変化と医学情報をリンクさせ、天候に伴う各疾病の症状悪化などを直接的に予測する試みすら始めている。漁業情報も同様に、好不漁はかなり海況変化に帰することができ、スマホ等を通じて漁況と海況の対応をビッグデータの的に分析し、漁場と漁獲量の予測精度を上げると同時に、沿岸域の水産資源量の推定精度向上に貢献する方向性も考えられる。



図 11-8 いであ株式会社が提供するライフレンジャー（左図）とバイオウェザーサービス（右図）。天候の変化と医学情報をリンクさせるバイオクリマの技術は、海況変化と漁業資源の関係に応用できる。

当事業では、個人的な漁場の情報として GPS プロッターに着目する。小型漁船には GPS プロッターが装備されていることが多く、漁業者は操業の記録として好漁場をマークする習慣がある。マークの入れ方は千差万別であるが、各漁業者が工夫を凝らした貴重な（企業秘密的な）データといえる。新型機種であれば、USB ケーブルを用いて比較的簡単にこのマーク情報をスマホやタブレットに転送することもできる。（マーク情報のアプリ表示機能は R1 年度中に実装した。）

忙しい船上では時間がなくとも、帰港後にスマホ等でマーク情報を振り返り、落ち着いて操業記録を入力し、整理することも可能である（操業日誌機能）。さらに、これらの記録を地図上に表示したり、時系列でモデル計算値と比較する、つまり漁業者自身が漁場形成を「考える」アプリとなるべきである。

当事業では、このマークデータをあくまで個人情報と位置づけ、外部サーバーを介さず、漁業者の手元だけで実現する「個人的な」漁場予測の実現を目指す。スマホやタブレットの CPU 性能はかなり向上しており、漁業者の手中でかなり複雑な計算アルゴリズムも実行できるはずである。基本的に、この GPS プロッターのマーク情報と DREAMS 海況モデル（過去の再現値）を突き合わせて統計的な関係を見出し、その回帰式を用いて DREAMS 海況予測値から漁場予測ができる、という仕組みである。従来は統計モデルと総称されていたが、最近では機械学習(AI)や深層学習(deep learning)の進展に伴い、様々な解析ツールが簡単に利用できる状況にある。

上述したように、各地の漁家経営は、漁獲量減少、コスト増、魚価安等により非常に厳しい経営状態に陥り、漁業者とその後継者も減少を続ける状況に至っている。多数の現場において個人情報がデータ化されることは、経験の少ない後継者に朗報である。なぜならば、近い将来経験豊かな高齢の漁業者が現場から離れ、新規の漁業者が経験を学ぶ機会は急速に無くなるからである。

現在の特に沿岸漁業は、長年の経験と勘により構成された手工業的技術により行われているが、この技術を従来の漁業者が伝える方法で（紙や映像を使わずに）知識のない人間に短時間で習得させることは難しい。このことが、新規就業者の参入を困難にしている一因とも考えられる。当事業では、漁場予測アプリに加えて、海洋環境と魚の生態行動との関連を漁業者に説明し、環境と漁場形成の関係等を論理的に理解させることで、未経験な部分を情報の活用により補うことにより、新規就業の参入を容易なものとし、後継者の増加と漁村の活性化を図ることもまた本事業の重要な目的の一つである。

継承者のいないデータは公的機関が引き継ぎを代替することも選択肢となる（無論、漁業者の理解と許可の下に）。こうして育成された次世代の漁業者には、先人の知恵と経験に感謝し、自分の経験を個人だけのものに留めず、漁協レベルから県→国→グローバルへとより大規模なシステムにフィードバックすることにより、集団知として還元することを期待したい。このような行為は、水産資源が共有財産であるという思想と一致し、現在の大漁を目指した競争の漁業から、資源に配慮したスマートな漁業への移行を促進するものだからである。

1.2. 研究開発目標

1.2.1. 海域環境モデル・アプリの開発

大型船を用いた大規模な漁業（大型のまき網、沖合の底びき網漁など）では、使用される漁具もまた重厚かつ大型であり、潮流の向きや強さに関わらず一定の操業が可能であるようだが、小型の沿岸漁業では、軽量の漁具が簡単に潮流の影響を受けてしまう。水温や塩分などの海水の「質」に関する指標だけでなく、海水の「動き」そのもの、すなわち流速ベクトルの変化に関する情報は、沿岸漁場の操業可否を決定づける重大な要素となっている。

我々は平成 29～令和元年度の間に 3 種類の異なる特徴を持つ海況予報モデルを構築した。その予測性能は沿岸漁業者から高く評価され、実際に燃油使用量や労働時間が削減できたという報告が次々と寄せられている。当事業では、3 種類のモデルのうち中核となる 1.5km メッシュの DREAMS_Dash (DR_D) モデルを対馬暖流の上流から下流まで拡張し、信頼性の高い予測を 7 日先まで数値計算して、漁海況予報の恩恵をさらに幅広い沿岸漁業者へもたらすことを第一の目標とする。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

なお、海域拡大に際して、東シナ海側に関しては2014～2017年度国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の事業「海洋エネルギー技術研究開発/海洋エネルギー発電技術共通基盤研究/性能評価手法及びポテンシャルの調査」で開発したDREAMS_Energy（DR_E）が参考になる。この数値モデルは、データ同化を行っていない、いわゆるシミュレーション計算のみであったため、平均値や標準偏差と行った統計的性質はそれなりに表現できたものの、現場で観測される渦や波動の再現性、特に位相の誤差が大きい。また、日本海側に関しても、2012～2014年度に農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「日本海沿岸域におけるリアルタイム急潮予測システムの開発」で作成したDREAMS_Coast（DR_C）モデルが指標となりうる。このモデルに関しても、急潮のような気象条件に強く依存する現象の再現性・予測性は高いが、平常時の精度は疑問である。当事業で漁業者に提供する海況情報は、両先行モデルの計算精度を確実に上回らねばならない。

東シナ海から日本海の沿岸域における海況予測を精度向上させるため、当事業ではまず鉛直分解能および海底地形情報をアップデートする。さらに、人工衛星データに加えて、（2）の操業実証で得られる漁船観測データを同化することによって、漁獲層（15m～300m深程度）の海況の再現性を向上させる。

令和3年度には、太平洋側の漁業者向け漁海況予報にも先鞭をつけたい。すでに三陸沖のアカイカ漁場予測など特に東日本海域で実績のある（株）オーシャンアイズの協力を得て、まず千葉県で沿岸海況予測モデルの導入を検討する。

定置網や養殖場付近の精細な海況予報にも挑戦する。局所的な高分解能化が可能な非構造格子（UCHI）モデルに、沿岸域への淡水流入量を高精度に推定する降雨流出氾濫モデルを導入し、塩分変化の予測精度向上を目指す。

予測精度を向上させるためには、数値モデルへ同化する漁船CTD、ADCP等の観測データの品質検査も重要な役割を果たす。漁船観測データは、一次的に各県水試で品質チェックされ、二次的に長崎大学（滝川）で横断検証され、十分な計測精度を担保する。海洋モデル（DR_C～E）の速報値を利用して、異常値の検出を高速化することもできる。重複観測を統計処理すること（superobservation）によってさらに誤差を縮減した後に、上記の海況予測モデルに供される。

高精度な海況予測モデルに基づき、漁場探索時の効率的な操業を支援する「漁場予測モデル」も実用化できる。近年、外洋域の漁場予測についてはHSIモデルの実用化など成功例が報告されているが、東シナ海から日本海のような複雑な海洋構造（特に海底地形）を持つ沿岸・小規模海域での漁場予測モデルは、適切な海況予測情報がなかったことから、当事業が初めて実用的な漁場予測モデルを作成したところである。R2年度に東シナ海、R3年度には日本海のそれぞれ沿岸域で当該事業で開発する正確な海況予報を展開していく。様々な漁業形態に適用可能な情報として、実用的なレベルで漁場の形成場所や漁獲コストが改善できることを実証する。

当事業のデータ配信においては、海況予報を広く公平に配信するホームページ（HP）情報と、個別対応に適したアプリ開発を両輪としている。両者とも、予測海域拡張に対応した変更・修正が必要である。

この海況予報HPは、スマートフォンから漁協の大型スクリーンまで、様々な大きさの接続デバイスに自動対応で最適化させて、あらゆる漁業者に「見える化」する必要がある。データベースも世界標準GISに準拠させ、多目的に海況予報や市況情報を利用できる拡張性を担保する。漁場（魚群）の移動や紛失漁具の探索、有害生物・物質（大型クラゲや赤潮、海ゴミ等）の移流など、水産関連情報として様々な漂流物の経路予測が要望されることが多いため、ホームページ上で、初期位置・時刻を入力するだけで漂流物

の移動経路を予測するサービスを提供する（JAFIC）。

いであ株式会社では、情報携帯端末（スマホ等）のアプリを開発する。操業現場で漁業者自身が計測した水温・塩分や流速の鉛直分布を表示し、漁具水深や漁場選択の一助とする。漁業者の意見を反映し、海況や波浪の情報を陸上の天気予報並みに分かりやすく表示させる。

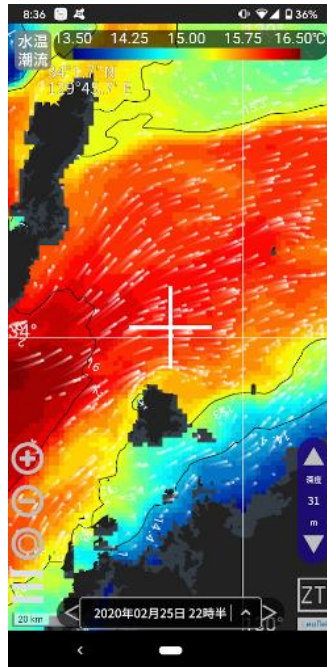


図 12-1 R1 年度までに作成した海況予報アプリ。S-CTD 開発と同様に漁業者の意見をふんだんに取り入れて改善を繰り返している。

個人向けアプリの長所を生かした機能として、電子的な漁業日誌が考えられる。2018 年度までの聞き取り調査の結果、漁業現場では多くの漁業者が既に電子情報として漁船の GPS プロッターに各漁場の情報をマーキングしており、その数が数万点に上る漁師もいることが分かった。そこで、当事業では漁業者が船上で蓄えたプロッター情報をスマホ等端末に転送し、電子操業日誌として帰港後にプロッター情報を振り返り、海況情報と比較検討することができる機能（アプリ）をスマホ側に持たせる。揺れやすく雑音の大きい小型漁船では、スマホ等の画面操作や音声入力が困難となることも多いため、電子操業日誌の主コンテンツとしては漁業者が船上で慣れた GPS プロッター情報を利用するのが確実で便利だと判断した。漁師は自宅で自分自身の漁獲ポイントをアプリ上で海況情報と比較し、今後の出漁計画に役立てることができる。自ら漁況と海況の関係を「考える」、科学的な視点を持った若手漁業者の育成が図られる。将来的には、正確な漁海況の電子情報が各県水産試験場に送信され、適切な資源管理に向けた客観的材料（ビッグデータ）にもなりうる。

本事業では、こうして得た GPS プロッターのマーク情報を教師データとして、手元のスマホ等で AI 処理を実現した漁場予測アプリを開発する。漁業者の経験（記録）を元としたパーソナルな漁況予測となるため、予測結果は千差万別であり、特定の漁場への集中といった漁海況情報の普及に伴う問題も起きにくいだろう。R3 年度中に、10 隻分以上のプロッター情報を得て、協力漁業者と密接に意見交換しつつ、漁場予測アプリを育てていきたい。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

1.2.2. 漁協等と連携した操業実証

漁業者にも扱いやすい簡便な小型 CTD が完成した (Smart-ACT CTD、以下 S-CTD と略す)。R2 年度までに、100 体の S-CTD センサーを現場に導入し、測器のトラブルや通信不良などの問題を克服してきた。当事業はすでに横展開、つまり観測体制の構築のステージに入っている。

CTD データは多いほど海況予測は正確になるが、一方で購入できる計測器の個数には予算的に制約される。各県で展開すべき CTD センサー数の目安として、地球流体力学で基本的なロスビー変形半径というスケールがある。つまり、各県の沿岸漁場が海岸線に沿って約 75~200km、岸沖方向に 100km 程度の範囲に形成されているとみて、夏季のロスビー変形半径、つまり地球回転の影響スケールが 15km 前後まで小さくなるので、 $(7500 \sim 20000 \text{ km}^2) \div (152 \pi) \approx 10 \sim 30$ 隻で概ね各県海域で卓越する地衡流変動に伴う水温・塩分分布を捉えることができることになる。本事業では、各県で日平均 10~30 程度の CTD プロファイルデータが獲得できる漁船観測体制を整えることを目標とする。(ただし、これは海況変化の主要因として地衡流調整の基本スケールを想定したものであり、漁獲層の水温や塩分は内部潮汐や内部波によってさらに短時間・小スケールでも変化しうるため、この体制であらゆる内部変化を観測できるわけではない点には留意する必要がある。)



図 12-2 多数の漁業者試験を経て、小型で簡便な無線 CTD が完成した。

さらに当事業では、小型漁船にも搭載されていることが多いフルノや日本無線の潮流計(ADCP)を利用して、漁業現場の多層流速ベクトルデータを獲得する。国際規格の出力信号 (NMEA 信号) を捉えることによって、測器の種類に依存せず、共通したフォーマットで観測データを得ることができる。NMEA データロガーは既に石川県等で十分な導入実績があるので、今後とも積極的に各県の沿岸漁船に協力を呼びかけ、最終的には各県 5~10 隻以上の漁船や調査船にロガーを搭載して、スマホ等を通じて年間 20,000 時間 (500 時間×40 隻) を超える潮流観測データを獲得することを目標とする。(理論的考察：沿岸域における海潮流の変化は海底・海岸地形の影響を受けやすく、極めて複雑な構造を呈するため、実は CTD 観測以上の観測密度が望まれるところだが、ADCP 搭載船の協力次第である。)

潮流 ADCP データの収集に関しては、通信手段も再検討する。これまでは格安 SIM を利用していたがそれでも通信コストが発生する課題があった。今回の取り組みでは、漁船に搭載される漁業無線のデー

タ通信を活用し、海岸局からのポーリングにより ADCP データを回収する手法を試行し、海況予測モデルへのデータソースの拡充を狙う。まず令和2年度は、鳥取県の2隻の漁船を対象として試験的な運用を行い、海況予測モデルへの同化に有効なデータになり得るかを評価した。評価環境とする鳥取県では、境港通信局(本局)と鉢伏山通信局(支局)を有しており、それぞれ約50kmもの通信距離を有するため、県内沿岸漁業の漁場を携帯電話よりも広くカバーすることができる。

令和2年度の実験の結果、海況予測のデータソースとしてかなり期待できるデータ特性が得られているので、令和3年度には、季節変化や海域特性などさらに様々な条件下での通信実験を展開する。鳥取県以外の海域にも挑戦したい。多くの船からのデータが得られることによる効果を検証し、その有効性を確実なものとしたい。この実証実験が成功すれば、漁業無線と海岸局システムを用いた通信コストがかからない広範囲データ収集・活用システムを全国展開できることになる。



図 12-3 鳥取県における支所別沿岸漁船隻数と漁業無線の通信圏

表 12-1 本事業でスマート化推進の対象となる漁法と検討エリア

漁法	検討域
一本釣り	佐賀県, 長崎県, 福岡県, 熊本県, 山口県, 島根県, 鳥取県
曳縄漁	長崎県, 佐賀県, 福岡県, 島根県, 千葉県
樽流し漁	福岡県, 佐賀県
ごち網漁	佐賀県, 福岡県, 鹿児島県
船曳網漁	佐賀県
刺し網漁	熊本県, 島根県, 鳥取県, 石川県
延縄漁	福岡県, 佐賀県, 長崎県, 山口県, 島根県
底曳き漁	熊本県, 石川県, 富山県
棒受け網漁	熊本県, 鳥取県
中小型まき網漁	福岡県, 鹿児島県

スマート化の実証海域として、令和元年度までは九州北部3県をパイロットエリアとしていたが、多数の成功例に基づき、平成2年度は鹿児島から鳥取までの7県、平成3年度には島根・石川・富山・千葉

1. 研究開発の目的、目標及び内容

を加えた 11 県へ対象エリアを拡大、スマート化を促進する。対馬暖流の上流から下流域を連続的にカバーすることによって相乗効果を狙うとともに、太平洋側の千葉県では孤立したエリアのスマート化効果を検討する。対象となる漁法も表 12-1 のように様々である。

各県では、漁業者説明会や勉強会などの様々な機会を通じて、海況予測情報を周知し、HP やアプリの利用方法を啓発する。漁海況予報の意義を理解することによって、より積極的な協力者も現れるだろう。現場漁業者の要望を反映して、HP やアプリを改良する必要もある。

山口県では、沿岸漁業者へ向けて既に 1/12° メッシュでスルメイカとマアジの漁場予報を提供している。本事業に参画し、漁場予測のさらなる高分解能化、高精度化を図る。DR_D モデルの精緻な海況情報を利用することにより、浮魚だけでなく、底物（トラフグ、アマダイなど）の漁場予測の可能性も検討することができる。

島根県の沿岸漁業者も、延縄漁業（クエ等）と漁獲水深と海洋環境の関係について興味を示している。漁獲情報や海洋観測の結果、DR-C,D モデルの海況情報を組み合わせ、沿岸漁業の漁獲対象種の漁場形成要因等を調査する。

石川県は「海の天気予報」の先進県である。すでに約 10 年前から九州大学の予測モデルを利用して、水温、流向流速の予報値を携帯電話向けに配信している。沿岸漁業者がそれらを操業の可否および位置決定の参考にしている。しかしながら、特に能登半島北方沖に広がる大陸棚では、ノドグロ、ブリ、マダラ、メバル類など中底層の海洋環境に大きく影響される魚種の依存度が高いものの、中底層の海況予測精度が不十分であった。当事業に参画して漁業者観測を拡充し、中底層の予測精度を向上させたい。

富山県では、シロエビ漁業者が漁獲量と海洋環境との関係に関心があり、操業時の環境データを取得することで、日々の漁獲量変動に対して要因解明を行い、資源管理に活用できると考えている。また、高精度の海況予測モデルを用いて、急潮を予測し、無効な投網や操業事故を防止することができるだろう。

千葉県沿岸におけるカツオ曳縄漁業では、水温及び水温フロントとの位置関係が漁場推定の目安になり、高解像度の水温予測は漁場選択に役立つと考えられる。また、表・底層の水温予測は、さば類・いわし類の回遊推定やキンメダイの分布予測に役立つ可能性がある。

当事業の性質上、開発する HP やアプリは沿岸漁業者に最適化したサービスとなるべきだが、他の水産業（養殖、定置網漁など）や水産資源の把握にも役立つだろう。できれば遊漁者や海運関係者など様々な海洋関係者を排除しない形態が望ましい。そこで当事業では、情報提供者へのインセンティブの設定を検討する。スマート CTD をキャスティングして、あるいは漁船 ADCP データを受信して、個人所有のスマホ等に現場情報が表示されたとしても、そのデータ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、社会的利益や科学的成果に大きな差が生じる。当事業では、HP やアプリの利用において無償と有償の境界を設け、事業終了後の継続性を担保する。同時に、観測情報提供者へのインセンティブとして有償部分を特別に無償化する等の対応が考えられる。

当事業では、結果的に、スマホ等で最新情報を得た沿岸漁業者が、スマート化効率 15%以上を達成することを最終目標に定める。ここでいうスマート化効率は「単位漁獲量当たりの燃油使用量×出漁時間の減少率」と定義する。経費の削減と労働環境の改善を、単純化して分かりやすく数値化したもので、仕様書中の「(4) 漁業等と連携した操業実証」で要求される数値目標に相当する。主要漁法全てでスマート化効率 15%以上を実証した場合、当事業の自己評価はS評価である。(逆に、いずれも 15%を下回った場合の自己評価は最低のD評価。)