

漁業のICT化とユーザーニーズ

一般社団法人漁業情報サービスセンター

漁海況部長 斎藤 克弥

1. はじめに

日本の漁業は、世界的な海洋管理・水産資源管理の大きなうねりの中で変革期を迎えています。変革の契機となったのは、1970年代の日本を含む主要国の排他的経済水域（EEZ）の設定です。その後、1996年に第4次国連海洋法条約の批准に併せて、「海洋生物資源の保存及び管理に関する法律（TAC法）」を制定して日本のEEZにおける漁獲量の総量規制を初めて導入しました。漁獲を増やす施策から、保存管理する施策への大転換です。更に近年、新興国の海洋進出の活性化や、国際的な水産資源管理の枠組みの強化、そしてSDGsへの貢献が求められるようになり、否応なく日本の漁業は世界に対して競争力のある漁業や、世界基準の水産資源管理が求められるようになりました。これらの情勢の変化を受けて我が国は昨年、日本の水産行政の根幹をなす「漁業法」を実に70年ぶりに改正しました。それほど、日本の漁業をとりまく環境は大きく変わろうとしているのです。

資源管理型漁業や国際競争力のある漁業を実現するには、漁船や漁具の高性能化、水産物流通システムの見直しなど、様々な観点から検討が必要ですが、その一つが漁業のICT化です。ICTを活用して、漁業の効率化、高収益化を目指すというものです。そして、その中でも特に注目されるのが「データ」です。漁業は基本的に経験や勘が勝負です。しかし近年はそれに加えて、科学的・客観的なデータを取り込んだ情報化漁業、データ漁業が実践されています。

情報化漁業の好例が人工衛星の活用です。漁業での人工衛星の有用性は早くから指摘されており（Laurs and Montgomery, 1984）、漁業情報サービスセンター（以下「JAFIC」という。）でも1970年代から技術開発に着手しています（社団法人漁業情報サービスセンター、1977）。しかし、実際に漁船が洋上で衛星データなどを見て漁場探索するようになるのは2000年代に入ってからです。ボトルネックとなったのは、洋上の通信環境です。洋上FAXから洋上パソコンへ、洋上インターネットで画像などの情報を簡単に送ることが可能となり、急激に衛星データ等の利活用が進みました。現在では多くの漁船がパソコンやスマートフォンで情報にアクセスし、操業に活用しています。人工衛星は漁業には無くてならない基盤情報になっているといえます。図1に最新の人工衛星であるGCOM-C（しきさい）に搭載されたSGLIによって観測された水温およびクロロフィル濃度画像に漁場をオーバーレイした例を示します。

本稿では、これまでにJAFICや水産庁が実施してきた色々なアンケート結果を紹介しつつ、衛星データを中心とした漁業でのICTニーズについて説明します。アンケートは、水産庁を中心に組織された関係機関の勉強会で集められたものや、水産庁からの委託事業の一環で集められたものです。

なお、一口に漁業といっても、漁法や漁獲する魚によって、必要となる情報がまったく異なります。このアンケートで示されたニーズは、あくまでその一部であるのご認識ください。

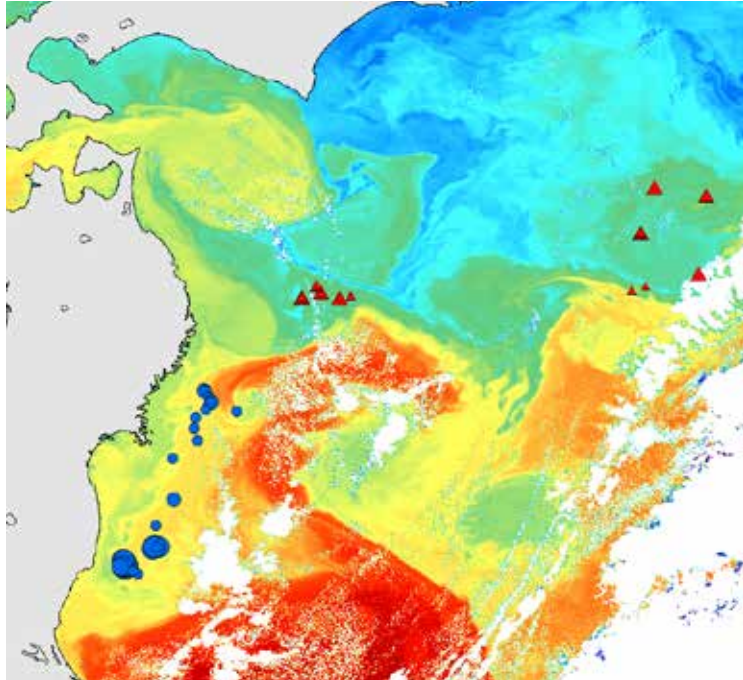


図1 (a) GCOM-C/SGLIが観測した三陸沖表面水温と漁場
●はカツオ漁場、▲はサンマ漁場で、マーカーサイズが漁獲量に比例する。
配色は高水温ほど暖色、低水温ほど寒色。

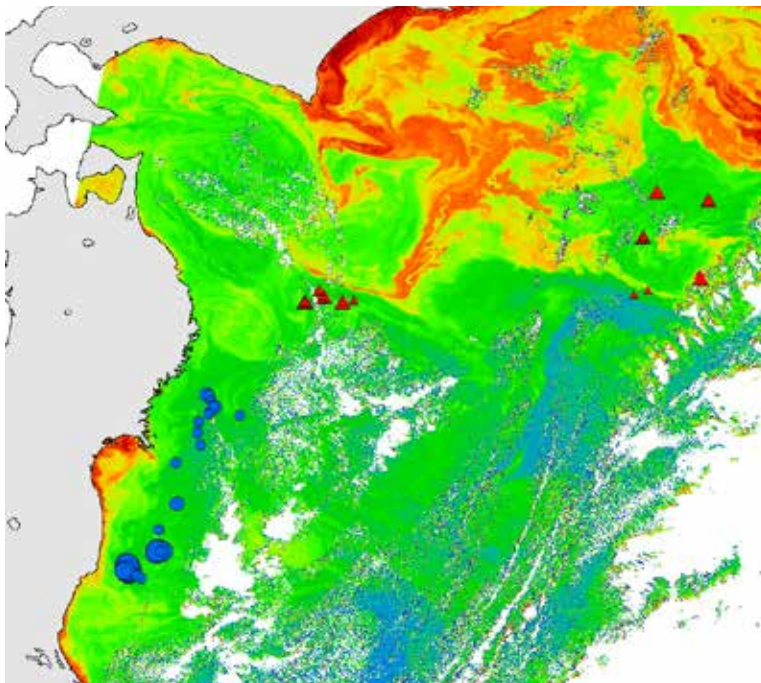


図1 (b) GCOM-C/SGLIが観測した三陸沖表面クロロフィル濃度と漁場
図1 (a) と同時観測されたもの。
配色は高濃度ほど暖色、低濃度ほど寒色。

2. 衛星データに関する水産研究者および漁業者のニーズ

2016年に漁業者と水産研究者を対象に実施された衛星データの利活用に関するアンケートの結果について紹介します。このアンケートは、「水産分野における人工衛星(GCOM-W)利用に関する勉強会」でとりまとめられたものです。勉強会の構成員は、全国水産試験場長会、全国漁業協同組合連合会、(一社)大日本水産会、JAFIC、国立研究開発法人 水産総合研究センター(当時)、独立行政法人水産大学校(当時)、水産庁となっています。アンケートは、各県の水産試験場等の試験研究機関向けと、漁業者向けに2種類実施しました。このアンケートは、現在稼働するGCOM-W/「しずく」に搭載されたAMSR2の後継機についての意見をとりまとめることを目的としたものでした。しかし、水産研究者や、漁業者にとってはAMSR2といってもチンプンカンプンです。そこでアンケートはより分かりやすくするため、一般的な衛星データをイメージしたものになっています。

なお、最近では県の水産試験研究機関の名称として、試験場やセンターなど、さまざまなものが使われていますが、本稿ではこれ以降「水産試験場」と記述します。

2.1 研究者のニーズ

まず研究者向けのアンケート結果から紹介します。アンケートは全都道府県の水産試験場の長により組織される全国水産試験場長会を通じて、各水産試験場に依頼しました。海なし県や内水面(湖沼など淡水)を担当する水産試験場も含めて36の水産試験場から回答がありました。

「しずく」/AMSR2データの利用状況については、6割以上の水産試験場から現在使っている、または試験・検討中との回答がありました(図2)。使っていないとの回答は、主に内水面や内湾を対象とする水産試験場からですが、臨海県でも衛星データの処理ができない(知識がない)という意見がありました。これは、衛星を専門としない研究者にとって、やはり衛星データを扱うことは難しい、ということを表していると思われます。

「しずく」/AMSR2を使っている方々に改善点について質問したところ、沿岸域が欠測になること、解像度が悪いことなどの改善要望が出されました(図3)。これらはAMSR2の基本的な弱点であり、利用者が細かいところまでデータを見ていることがわかります。

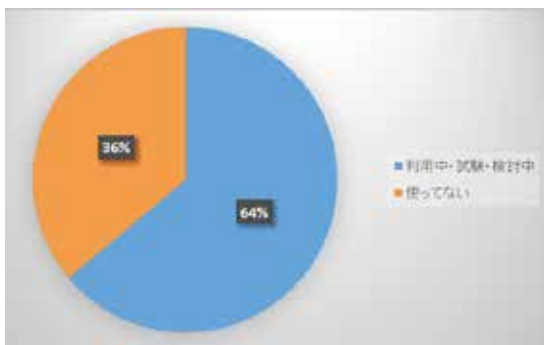


図2 「しずく」/AMSR2データの利用状況

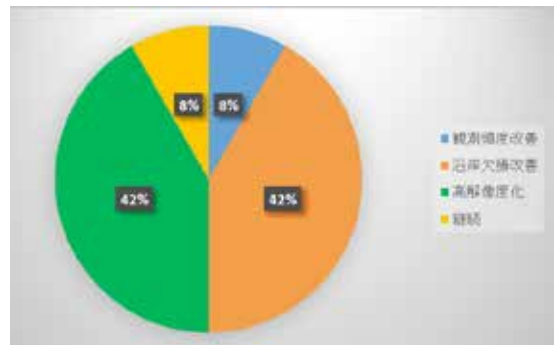


図3 「しずく」/AMSR2への改善要望

衛星データの利活用の将来構想についての質問では、積極的に活用したいとの回答が多く得られました（図4）。各都道府県の地先海面のモニタリングに活用したいという意見も多く、これは各県が調査船による調査の代替えとしての衛星データに期待していることを反映していると思われます。一方で、研究面に使いたいという回答も多く見られました。

AMSR2の後継センサに何を期待するか質問したところ、沿岸を見えるようにしてほしいという意見が圧倒的でした（図5）。また、マイクロ波による観測が期待される塩分など、新しい情報が見たいという要望も寄せられました。

AMSR2後継センサに期待する空間解像度について、平均で2km程度まで高めてほしいという意見でした。これは現在の技術では非常に難しいといえますが、水産試験場の研究者にとって、最も水産での利活用が進んだNOAA/AVHRRの1km解像度が一つの基準になっているため、せめて2kmぐらいの解像度が欲しいと回答したと考えられます。NOAA/AVHRRによる「1km程度で毎日観測」、これが水産分野での衛星スペックの基準です。またセンサ精

度については平均すると0.17℃の精度が必要との回答が得られました。特に沿岸域では高精度化に期待する意見が多くありました。

2.2 漁業者のニーズ

次に漁業者向けのアンケートについて説明します。日本の漁業はまき網や竿釣りといった漁業種類によって、その活動を取りまとめる業種別団体があります。この業種別漁業団体※（主に沖合漁船）及び全国漁業協同組合連合会（主に沿岸漁船）を通じて224隻の漁船から回答を得ました。漁業者にとっては、「マイクロ波放射計」という専門用語に意味はありません。彼らが見るのは衛星データではなくあくまで「海面水温」そのものです。そのため、アンケートは海況に関するより一般的な質問となっています。

※業種別団体：（一社）全国まき網漁業協会、全国さんま棒受網漁業協同組合、全国漁業協同組合連合会、（一社）全国遠洋かつお・まぐろ漁業者協会、（一社）全国いか釣り漁業協会、全国かじき流網漁業者協会、（一社）全国底曳網漁業連合会、（一社）全国近海かつお・まぐろ漁業、（一社）全国漁業無線協会、（一社）日本トロール底魚協会、日本遠洋旋網漁業協同組合、

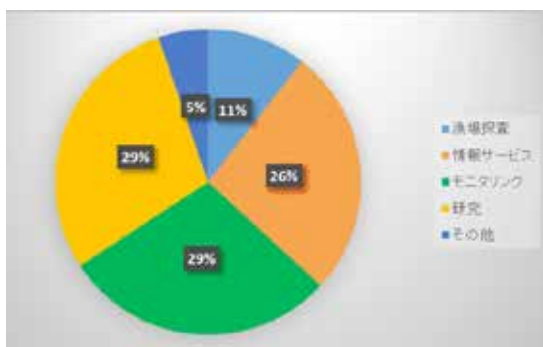


図4 「しずく」／AMSR2データの利活用の方向性



図5 「しずく」／AMSR2後継センサへの期待

日本かつお・まぐろ漁業協同組合、北部太平洋まき網漁業協同組合連合会等

まず、水温図を何に活用しているのか質問したところ、当然ながら、最も多い回答は漁場探索での活用でした（図6）。他海域のモニタリングに活用しているとの回答もありました。これは自船位置以外の場所の水温も常に把握し、今後どこに漁場ができるのかを常に考えているためと思われます。

水温図の改善点を質問したところ、データの更新頻度をあげてほしい、微細な水温分布を見たい、といった意見が多くみられました（図7）。特に、更新頻度については、頻繁に最新の水温図等を見たいという意見が多数を占めました。

空間解像度についての質問では、主に沖合で操業する漁船でのスタンダードとなっている1km程度でも十分活用できるという意見も多かった一方で、それ以上の高解像度が必要という意見も半分近くを占めました（図8）。より高解像度が今後の衛星に求められます。

更新頻度の質問に対しては、雲の影響のない最新の画像を午前・午後の2回程度データ更新してほしいという意見が多くみられました（図9）。また、更新頻度の要望は船がいる海域によって異なり、暖水と冷水が接して変動が激しい「潮境」近傍では、より高頻度での更新を求める声がありました。漁業者にとって潮境が漁場探索の重要な指標となっていることを示しています。

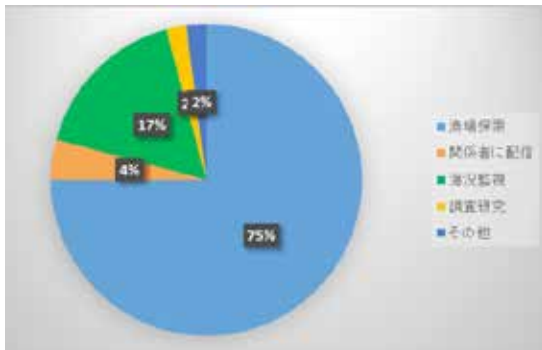


図6 水温図の利活用の用途

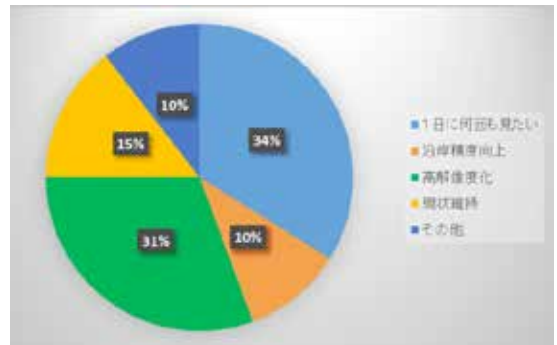


図7 水温情報に対する改善要望

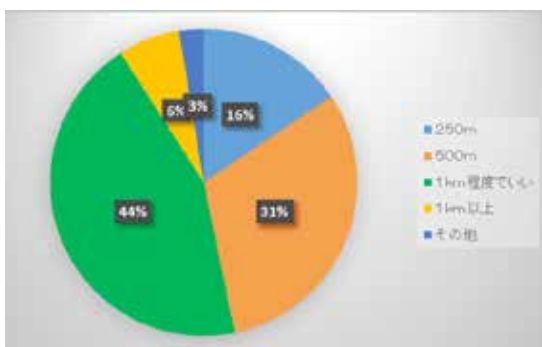


図8 将来の衛星データに期待する空間分解能

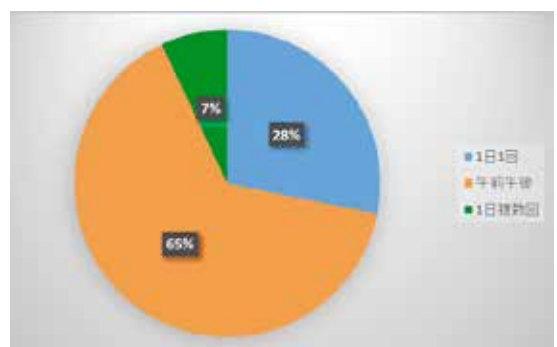


図9 将来の情報配信で期待されるデータ更新頻度

水温の精度について質問したところ、平均で0.5℃程度の精度が必要との意見が多く得られました（図10）。逆に0.1℃程度の精度だと細かすぎて見えづらいとの意見でした。研究とは異なり、漁業者視点では0.5℃くらいが見やすいと考えられます。しかしこれはあくまで平均値で、漁師さんによっては水温図

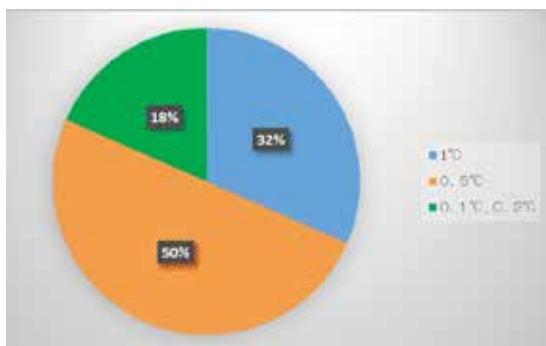


図10 今後の衛星センサの精度への期待



図11 将来の衛星観測に期待するもの

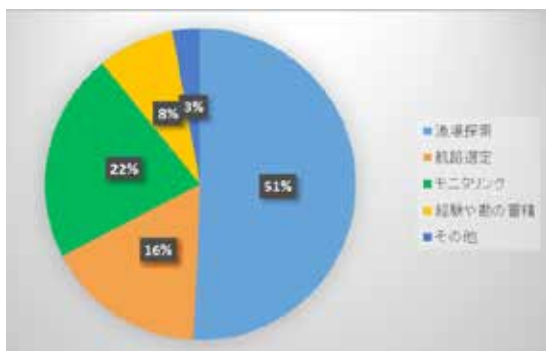


図12 将来の情報の活用方向

を細部までチェックし、我々が見落とす微小な変化まで注意深く見えています。それらを勘案すると実際の現場では0.5℃以上の精度が必要と考えられます。漁師さんは、最後は自分の腕、自分の船が観測したデータを頼りにします。0.1℃といった微小な水温の違いは、衛星ではなく自分が現場で測って確認していると思われま

今後の衛星データに期待する点を質問したところ、高頻度化、高精度化は当然として、塩分や流況などの新しい情報を見たいという回答も多くみられました（図11）。また、高頻度化・高精度化については、タイムラグのない直近の最新データが見たいといった意見、操業エリアだけは詳細な水温変化が見たいなどの意見が出されました。

将来、より高性能な海洋環境モニタリングシステムが整備された場合に、それを何に使うかについてアンケートしたところ、やはり漁場探索で活用するとの回答が最も多く、この他に、航路選定に活用したいといった意見が出されました（図12）。

漁業情報の高度化の波及効果については、ほぼ全ての回答で省エネが期待される、操業時間短縮が期待される、となっていました。他方、通信料が高いという意見もほとんどの回答で見られました。洋上通信の低コスト化は非常に大きな要望といえます。

3. 養殖業に関するニーズ

魚を獲るという目的は同じでも、漁船漁業と養殖業では必要とする情報の質が全く異なります。漁船漁業は回遊する魚を獲るのに対して、養殖業の場合は幼魚稚魚の段階から育てていくのです。これはどちらかというとな

業に近い形態です。安定的に魚を得る、魚の品質を管理する、と言う意味で養殖業は今後の日本の水産の基盤の一つとなる形態です。また世界的にも増加傾向にあり注目されています。

養殖の現場は携帯の電波が届く沿岸にあることが多く、データ通信コストや電波状況を気にする必要があまりないため、ICT、とりわけIoTとの相性がいいと言えます。そのためベンチャーなどが積極的に参入しています。実際に今では多くの養殖施設に各種センサーが設置され、水質管理などにIoTが活用されています。更に赤潮対策などで衛星リモートセンシングも活用されつつあります。本項では養殖の研究者にアンケートした結果について紹介します。7県から回答を得ています。なお、このアンケートは水産庁の委託事業である衛星関連事業、スマート水産業に関する事業の一環で実施されたものです。

まず、養殖現場ではスマートフォンなどで簡単に情報を見られる必要があるかとの質問に対して、すべてが必要～必要性が高いという回答でした（図13）。

実際に養殖施設などに水温計などを設置し

てリアルタイムで現況を把握する必要があるか質問したところ、これもほぼ全てで必要性があるとの回答でした（図14）。ただ、これについては費用の問題があります。設置には一定のコストがかかるため、実際すべての養殖業者が設置しているわけではありません。

養殖施設周辺の海洋環境を衛星データなどで見られる必要があるかどうか質問したところ、非常に高い割合で必要性があるとの回答でした（図15）。養殖などの設備は動かすことが出来ない場合が多く、周りの海がどうなっているのかをモニターするのが重要です。赤潮が近づいてくる、泥水が近づいてくる、冷水が接近しているなど、施設の周りの海洋情報は、施設に設置したセンサーで得られる情報以上に重要になることもあります。

現在は養殖施設などに水温計を設置するのが一般的ですが、水温の他にこういった情報が必要か、という質問をしたところ、流れの情報に対するニーズが高いことがわかりました（図16）。養殖業でも流れは重要です。ただ空間解像度に対する要求がかなりシビアで、自分の施設周辺の極めて狭いエリアの流れの情報を期待していることが多いようです。

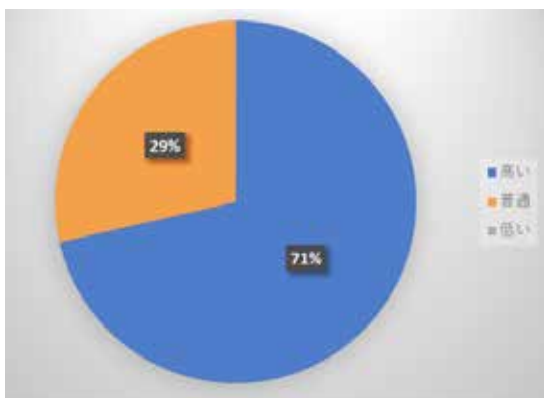


図13 養殖現場でのスマートフォンやタブレットの必要性

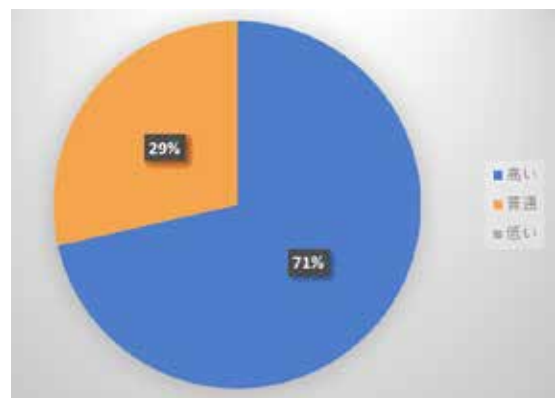


図14 施設にセンサーなどを設置してモニターする必要性

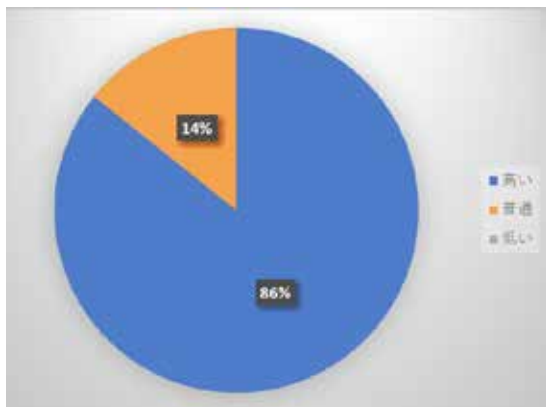


図15 衛星データなどによる施設周辺環境の把握の必要性

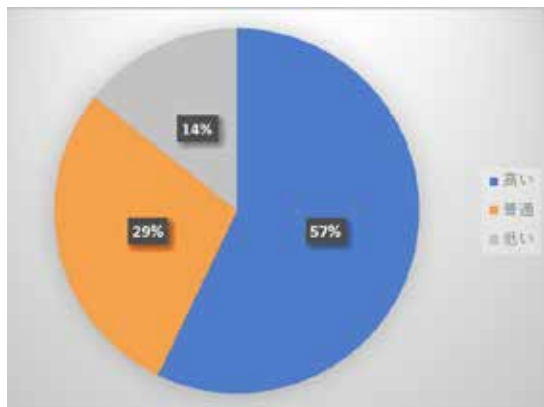


図16 流れの情報の必要性

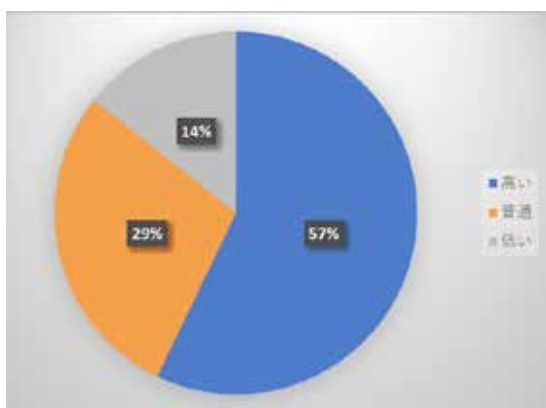


図17 気象情報の必要性

気象情報も必要性が高い情報となっています(図17)。ただこれは、特になくてもいいという回答もありました。施設が陸から近いので、天気など気にせず行くことができるためです。

また興味深いところでは、webカメラのような、設備全体や水の中をモニターするものが必要という意見が多数ありました(図18)。これは泥棒対策や、急潮などで漁具がどうなっているのかを見たいというニーズがあるためです。

養殖魚などの価格動向といった市況情報に

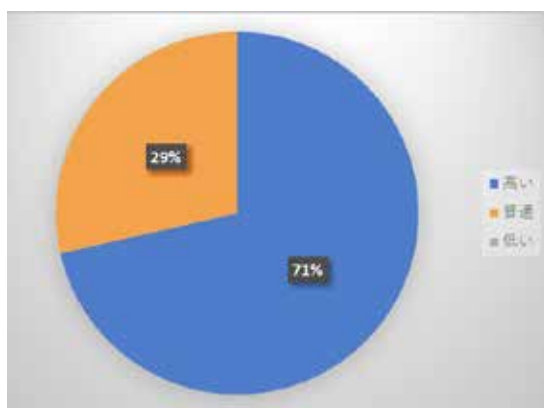


図18 Webカメラなどの監視設備の必要性

ついて、意外に高いニーズがありました(図19)。水温に加え、市況なども同一画面で見ることができると便利のようです。

観測したデータのセキュリティについて質問したところ、自分の施設に設置したセンサーのデータなど、しっかりしたセキュリティを講じることが必須との回答が多くみられました(図20)。水温データなどは出荷タイミングを考える上でも重要なデータであり、漁業者の経験と勘を生かすデータといえるようです。

養殖業のアンケート結果を整理すると以下のようなスマート養殖業の姿が見えてきます。

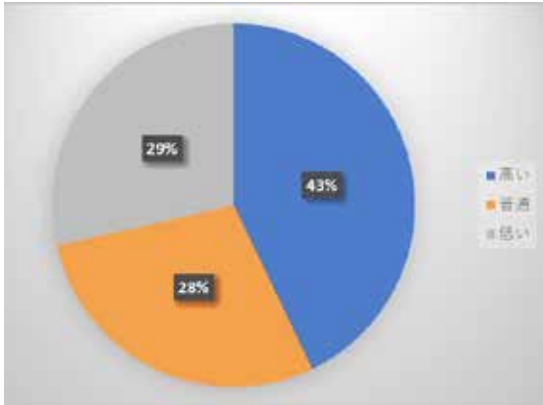


図19 市況情報などの必要性

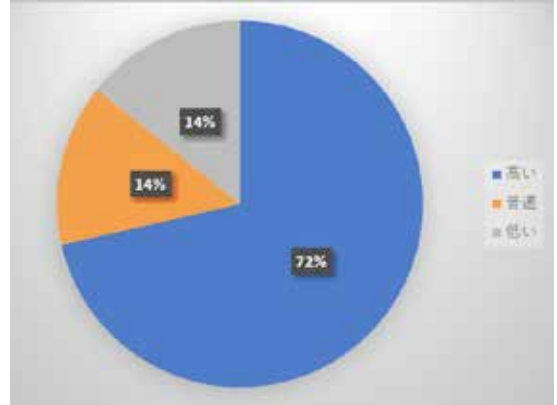


図20 情報セキュリティの必要性

- ①スマホやタブレットで簡単に養殖施設の
情報にアクセスできること
- ②養殖施設の水温などはリアルタイムで見
ることができること
- ③施設周辺の海洋環境情報(衛星情報など)
も見えるとよい
- ④気象情報は必須
- ⑤流れの情報はニーズが高い
- ⑥情報セキュリティはしっかりしてほしい
- ⑦市況情報なども1画面で見られると便利
- ⑧監視カメラの設置による施設等のモニタ
リングも必要
- ⑨少ない投資でモニタリング設備を導入で
きるとよい
- ⑩設備はワンストップで簡単に導入でき
るとよい

一方で、研究者の視点として、「見える化」すれば役に立つ、という短絡的発想は要注意との指摘もありました。本当に必要な情報を取捨選択することは投資コストを抑える上でも重要です。

4. GISに関する水産研究者のニーズ

衛星リモートセンシングとGISは非常に親和性の高い技術です。最近では衛星画像を見る

場合、高性能な衛星画像表示ソフトではなく、GISソフトを使うのが一般的となっています。これによって衛星画像の利活用の方向性も、画像に何かをオーバーレイする、画像や地物に属性情報を持たせるといった活用がされるようになっていきます。このニーズに手軽に応えたのがGoogle Mapで、自分の持つ情報や写真をGoogle Map上で簡単に重ね合わせて、専門的知識がなくても新しい情報を創造することができます。

ここでは過去にJAFICが実施したGISの利用に関するアンケートの結果を紹介します。なお、このアンケートは、水産試験場を対象に実施されたもので、水産庁からの委託事業の一部として実施されました。18の都道府県から回答を得ています。

最初に、現在の各機関でのGISの活用状況について聞きました(図21)。その結果、情報提供に活用していることが多いのがわかりました。多くの水産試験場では、県内の漁業者向けに定期的に情報を作成・提供していますが、その情報を作成するのにGISを活用しているようです。

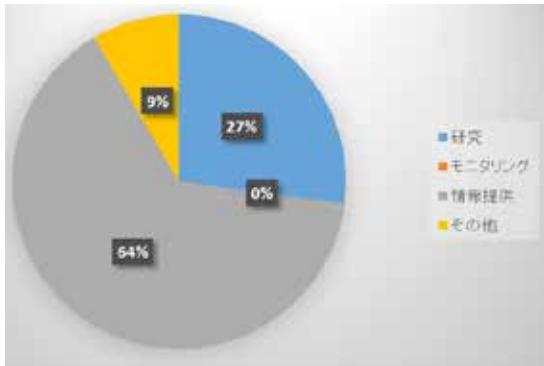


図21 GISの活用状況

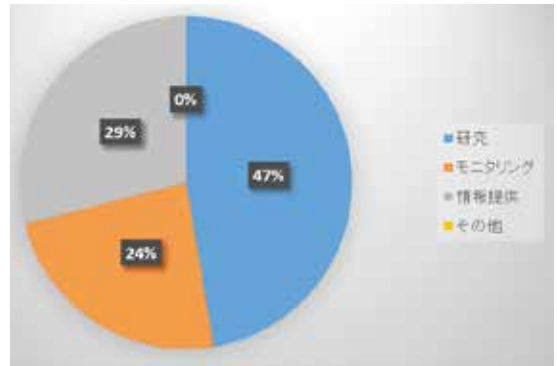


図22 今後のGISの活用方向

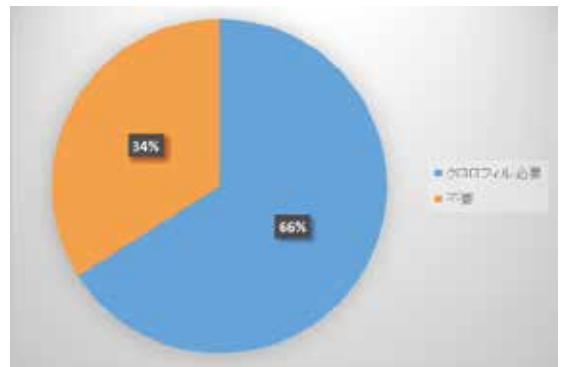
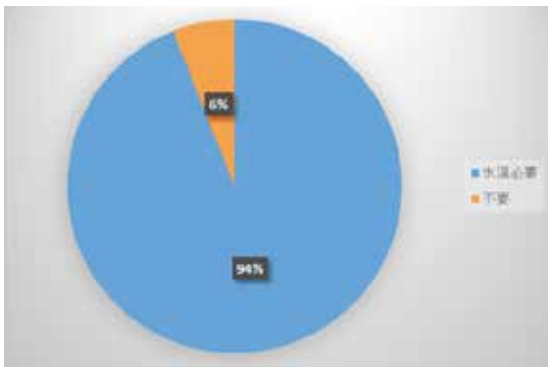


図23 水温情報の必要性 (a) とクロロフィル濃度の必要性 (b)

将来的なGISの活用については、研究開発での活用や、海洋環境などを常時モニタリングする時に活用したい、といった回答が多くありました（図22）。水産試験場は研究機関ですから、収集したデータを解析するのにGISを活用するのは本来の姿といえます。また、いろいろな情報が集まってくる水産試験場では、これを簡単に見える化するのにGISの活用を積極的に考えているようです。

GISで表示する情報について、どのようなものが必要かという質問には、やはり水温が必須情報としてあげられています（図23a）。一方で、クロロフィル濃度画像についても高いニーズがみられました（図23b）。

次に、最近利活用が進みつつある、地球シミュレーターに代表される海洋モデルのデータの必要性について質問したところ、これも非常に高い割合で必要の回答がありました（図24）。いま急速に利活用が進んでいるモデルデータですが、この流れはさらに加速すると予想されます。

各地域の水揚げ情報や市況情報をGISで見たいという意見も多数ありました（図25）。このあたりは水産GIS特有のニーズといえます。特定の地物をクリックすると、その属性情報が見られるというのは、GISの一般的な機能です。水産の場合、たとえば港や市場をクリックすると魚の水揚げ情報や価格情報

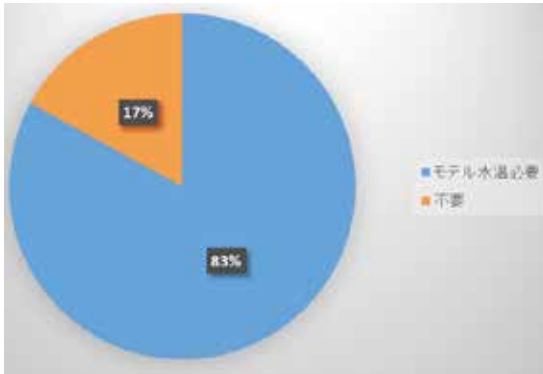


図24 海洋動態モデルデータの必要性

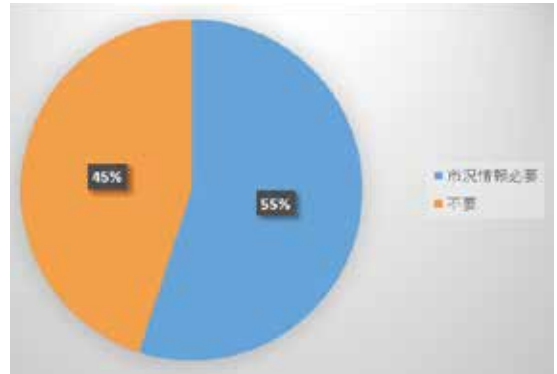


図25 市況情報などの必要性

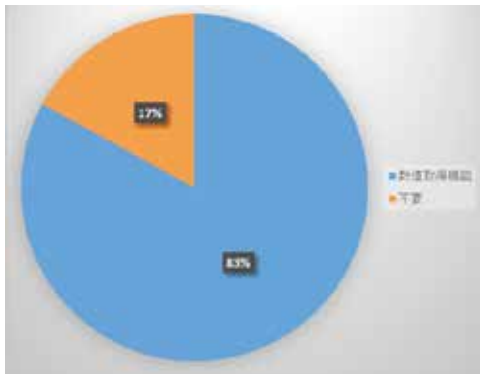


図26 数値データ取得機能の必要性

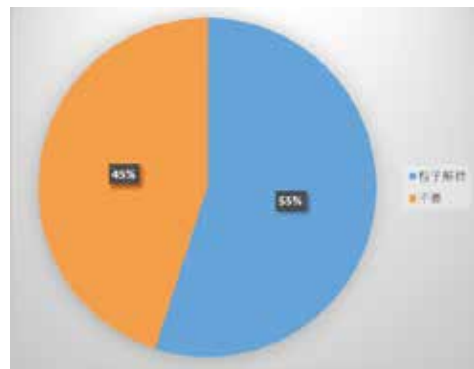


図27 粒子解析機能の必要性

などが表示される、それらの時系列が表示される、といった機能が求められます。

GISの機能・使い方では、画素値、すなわちマウスの指した場所の水温情報などを取得できる必要があるとの回答が多数ありました(図26)。これは意外と陸のGISでは必要とされない情報ですが、海ではクリックした場所の水深や水温、気象といった情報がピンポイントで見られることに対するニーズがかなりあります。

水産海洋分野で特徴的な分析手法が粒子解析です。これはある場所に粒子を置いたときに、それがどこへ流れていくかを可視化する

機能です。この機能の必要性も半分以上の水産試験場が答えています(図27)。魚群や赤潮を発見したときに、それがどこへ流れていくのかを可視化するというのは海のGISでは重宝される機能です。

過去と現在、水温とクロロフィル濃度など、異なる情報の2画面表示機能・比較解析も必須機能です(図28)。これは陸のGISでも使われる機能です。海の場合は、去年と今年の差異、先週から変化、といった解析が簡単にできると役に立ちます。対象にもよりますが、海洋環境は時々刻々と変化します。海のGISで比較解析は重要な解析です。

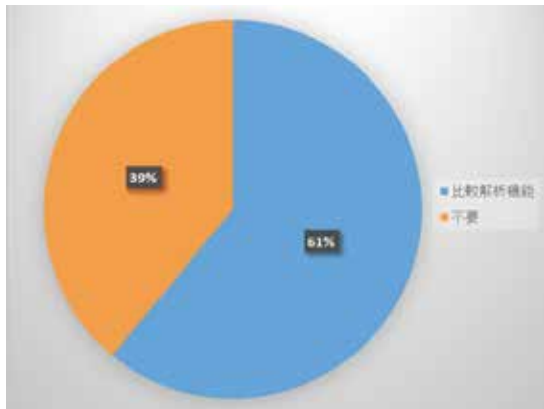


図28 画像の比較解析機能の必要性

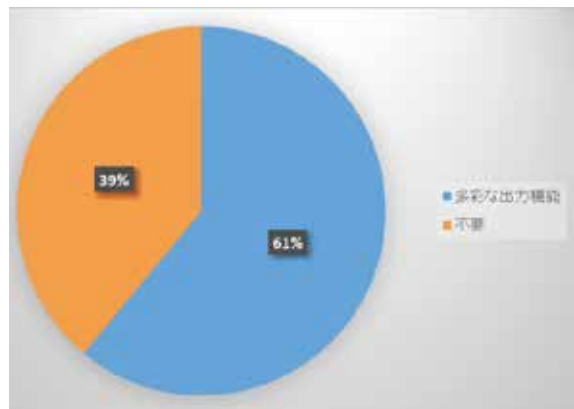


図29 多彩な出力フォーマットに対応する機能の必要性

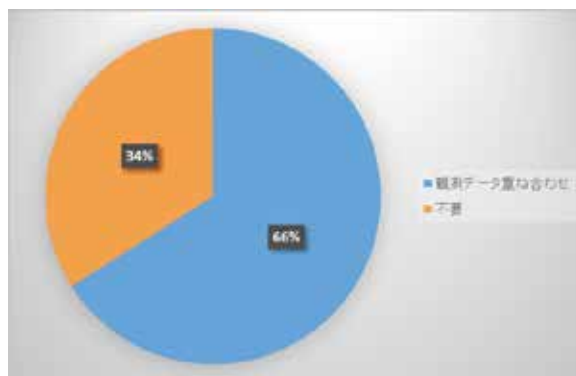


図30 現場観測データなどの重ね合わせ機能の必要性

水産試験場が発信する速報やHPに情報を掲載するために、作成した図を様々なフォーマットで出力できる必要があるとの回答が多数ありました（図29）。多彩な入出力に対応するのはGISの基本要件ですが、水産も同様で、GISソフトで解析した後にワープロソフトなどに分析結果を挿入して配信情報を作っているためと考えられます。

GoogleMapの便利機能で、自分の情報をMAPに表示するというものがあります。水産分野でもこの機能は重要で、自分が観測した情報を衛星画像などに重ね合わせて表示解析するというのは、必須といえます。アンケー

トでも多く水産試験場が必要と回答しています（図30）。水産試験場には調査船による現場観測データが多数保管されています。これを有効活用する上でも、重ね合わせ機能は重要です。そして、これが水産GISではキーポイントの一つと言えます。水産では画像などの2次元データ（ラスターデータ）と、調査船観測のポイントデータ（ベクトルデータ）が混在し、これを同列に扱うということが非常に多いのです。加えて海洋観測データは深さ方向にもデータがあるため、XY軸に加えZ軸を考える必要があります。これが海のGISを難しくする理由の一つとなっています。

アンケートの結果を整理すると、以下のようデータや機能が必要とされることが推察されます。

- ①基本データとして市町村行政区分、海岸線、海底地形、緯度経度、農林漁区
- ②衛星情報（特に水温、クロロフィル）
- ③モデルの情報（表層、下層、特に水温、潮流）
- ④漁場位置情報、有害生物情報、水揚げや魚価など市況情報
- ⑤比較解析、粒子解析、数値情報の取得、自分の持っているデータの重ね合わせ
- ⑥多種多様な出力への対応

5. 未来の漁業の姿と人工衛星

衛星リモートセンシングの積極的な活用、ICTの導入で漁業の形態は今後どんどん変わっていくと思われます。たった一隻のコントロール船にコンピュータエンジニアが1人乗っているだけで、その船からの指令を受けた複数の無人漁船が準天頂衛星やAISなどをフル活用して自動航行し、AIが最適な漁場を見つけて魚を獲って戻ってくる、漁獲物はWebカメラで常時モニタリングされ、市場にリアルタイムで配信される・・・もしかしたらそんな世界が来るかもしれません。養殖業も、東京のオフィスからコンピュータエンジニアが遠隔操作で魚の成長状況や水質をリアルタイムでモニタリングし、台風や赤潮に対し漁具が自律的に安全な場所に移動して、出荷タイミングはAIが判断する・・・という時代が来るかもしれません。少なくとも、火星

に人類が立つよりも技術的にも費用的にもずっと簡単です。特に養殖業は超ハイテク化の可能性を持っています。

SDGsなど、後世に水産資源を残すためにも、ICTは必須です。一般的に技術革新には異業種からの技術参入がポイントとなる場合が多いといえます。今後も異業種から新しい技術が水産海洋分野にもたらされて、ブレイクスルーが起きることを期待したいと思います。JAFICでも、これまで以上に異業種との連携を積極的に行い、水産業の発展に貢献していきたいと考えています。

最後に、これだけ水産分野での利活用が進んでいる衛星データですが、我が国の中長期的な宇宙計画を見ると、地球環境の観測よりも災害や安全保障での活用が優先される傾向にあります。世界第6位のEEZを持つ日本ですから、海のモニタリングを含め地球環境観測から災害モニターまでバランスのいい宇宙計画に期待したいと思います。

参考文献

Laurs, R. M., P. C. Fiedler and D. R. Montgomery. (1984) : Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep-Sea Research*. 31, 9, 1085-1099.

社団法人漁業情報サービスセンター(1977) 昭和51年度人工衛星利用調査検討事業報告書
 斎藤克弥(2018) 水産海洋分野の衛星リモートセンシングとICT 水産振興609号