

日本海

リサーチ & トピックス

2014年3月 第14号



アカモク

編集 日本海区水産研究所



独立行政法人
水産総合研究センター

目 次

アカモクを日本海特産海藻に！ ～アカモクに対する消費者意識調査～	3
阿部信一郎・高田宜武・坂西芳彦（資源生産部・生産環境グループ）	
サイドスキャンソナーによる海底漁具の探索に向けた試み	7
松倉隆一（資源管理部・資源管理グループ）	
拡張版日本海海況予測システム（JADE 2）の開発	11
渡邊達郎（資源環境部・海洋動態グループ）	
高山勝巳・広瀬直毅（九州大学応用力学研究所）	

表紙の解説

アカモク（写真撮影 東京海洋大学 前田陽一）

アカモクは、北海道東部と南西諸島を除く日本各地の沿岸で見られる1年生の海藻です。海では、10m近くの高さになることもあり、それらが群生している姿は、あたかも海の森のようです。アカモクの森は、様々な仔稚魚の生育場となります。また、波浪などで岩礁から引きちぎられた藻体は、海に浮いて漂う流れ藻となり、様々な魚の産卵場や仔稚魚の生育場となります。

アカモクは成熟する冬から春先が旬で、美味しいだけでなく人の健康維持に役立つ様々な成分を含んでいます。

アカモクを日本海特産海藻に！ ～アカモクに対する消費者意識調査～

阿部信一郎・高田宜武・坂西芳彦（資源生産部・生産環境グループ）

はじめに

日本海沿岸の地域には、昔から1年を通して様々な海藻を食べる習慣がある。平成25年の都道府県庁所在市別家計調査結果をみると、日本海に面した都市の海藻食品の購入頻度は高く、全都道府県中上位20位の中に入っている（図1）。また、日本海沿岸の地域で主に食べられている海藻も多く、「ながも」、「ぎばさ」などと呼ばれるアカモク（*Sargassum horneri*, 図2）はその代表的な種のひとつである。アカモクは、北海道東部と南西諸島を除く日本各地の沿岸域の岩礁に繁茂する1年生の褐藻である。磯では、しばしば群生してガラモ場と呼ばれる海藻の森を形成する。ガラモ場は様々な仔稚魚の生育場となるばかりでなく、波浪などにより岩礁から引きちぎられても海を漂う流れ藻となってサンマの産卵場やモジャコ（ブリの稚魚）の生育場を提供する。一方、食品としてみた場合、アカモクは成熟し粘質多糖類を多く含む冬から春先が旬であり、ミネラルを豊富に含

むだけでなく、抗腫瘍・抗ウイルス活性や骨密度の増加促進など、人の健康維持に役立つ様々な成分を含んでいることが明らかにされている。

アカモクを日本海の特産食品として有効活用していくことは、人の健康維持や地域社会の活性化に幾ばくかの貢献を果たすだけでなく、それらをインセンティブとしてアカモクの生育する沿岸環境を保全することに人々の目を向けることにもつながると期待される。しかし、本種は必ずしも多くの消費者に海藻食品として知られている訳ではない。また、大量に流通しているものでもないため、その潜在的な需要は把握し難い。ここでは、まず、アカモクを食べる習慣のある都市の消費者意識に関する情報を得るため、新潟市内にある日本海区水産研究所の一般公開（2011年10月8日開催）に来場した満20歳以上の男女を対象に、アカモクに対する購入意向および価格意識を調査した結果を紹介する（阿部ら、2012）。

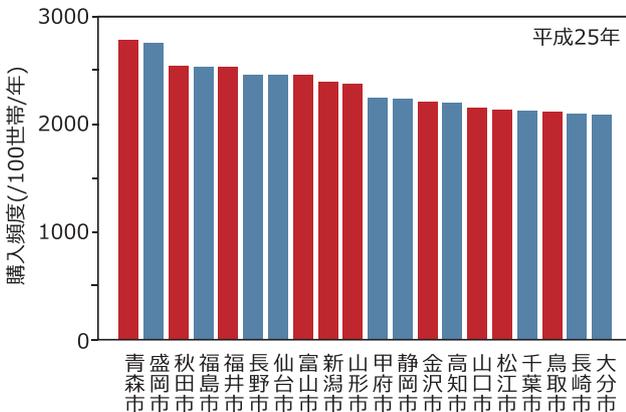


図1 都道府県庁所在市別海藻食品購入頻度の上位20都市
※平成25年家計調査結果（総務省）からの抜粋



図2 アカモク

意識調査の概要

本調査の有効回答は105票（男性53%，女性47%）であった。回答者の年齢構成は30～40歳代が64%を占め、全体の86%が新潟市内に居住していた。食生活については、日々の食事において美味しいものや、健康に良いもの、品質が同じであれば地元のもの食べることを重視する回答者が多かった。また、「肉類より魚介類を食べる」、あるいは「魚介類と肉類を同じくらい食べる」と答えた回答者が77%を占めていた。

調査では、回答者に質問する前に、まず、アカモクが日本海沿岸域で昔から食べられていること、人の健康維持に役立つ様々な成分を含んでいること、および海では水質浄化に役立つことや魚の成育場を提供していることを回答者に説明した。そして、湯通し裁断した調理済みアカモク約10gを試食してもらった。アンケート調査では、これまでにアカモクを食べた経験の有無、今後の購入意向、食材として魅力を質問した。さらに、アカモクに対する価格意識を調べるため、回答者に調理済みのアカモク40g程度を購入しようとする場合を想定してもらい、「安すぎて品質が悪いのでは」と疑い始める価格と「高すぎて決して買わない」と思う価格について質問した。そして、それらの回答をもとに、平尾ら（2002）の方法に従い価格と購入確率の関係を求めた（平尾ら，2002）。

アカモクに対する消費者意識

調査の結果、試食する前にアカモクを食べたことのなかった回答者の割合は、全回答者数の6割近くを占めていた。しかし、試食したほとんどの回答者が、今後も購入できる機会があればアカモクを「食べてみたい」（80%）あるいは「どちらかという食べてみたい」（19%）と回答した（図3）。また、試食する以前にアカモクを食べた経験のある人は、経験のない人に比べ、「今後もアカモクを食べたい」と回答する割合が高かった（図4）。食材の魅力については、「美味しい」と答えた回答者が最も多く（82%）、アカモクが美味しい食材として十分な魅力を持っていること

が分かった。今後、本種を様々な地域で食用海藻として普及させていくためには、消費者に実際にアカモクを食べてもらう機会を設けることも重要と考えられる。

次に、価格に関する全ての質問が回答されていた95票を使って、アカモクに対する価格意識を解析した。その結果、調理済みのアカモク40g程度を購入しようとする場合、安すぎると感じる価格は平均60円、高すぎると感じる価格は平均372円

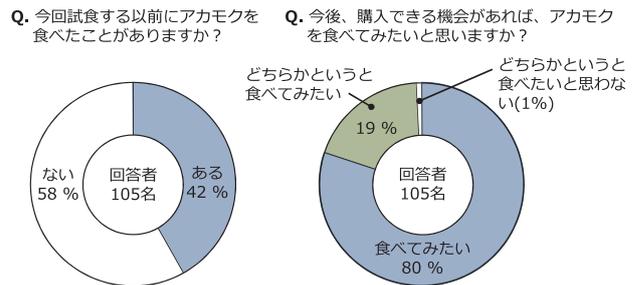


図3 アカモクを食べた経験と今後の購入意向

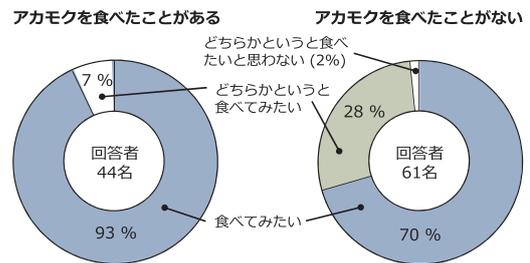


図4 アカモクを食べたことのある回答者と食べたことのない回答者の今後の購入意向

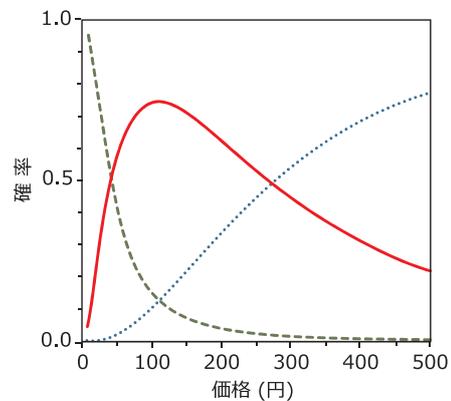


図5 アカモク食品（約40g）の購買反応曲線
 ※点線は価格xを高すぎると感じる確率（ Hx ），破線は安すぎると感じる確率（ Lx ），実線は購入確率（ $Bx = 1 - Hx - Lx$ ）

となった。それぞれの回答価格をもとに「高すぎて買わない」および「安すぎて買わない」確率を算出し、購買反応曲線を求めた(図5)。その結果、購入確率が0.75(最大値)となる(つまり4人に3人が購入すると考えられる)最適価格は110円、購入確率が0.5を超える価格の範囲は50円~250円程度と推定された。近年、漁業者による直売所が各地に開設されており、地元の新鮮な魚介類が気軽に手に入る場所として注目されている。直販所での販売は、漁業者が水産物の価格を決めることができるため、販売する側にとって価格設定はきわめて重要な問題となっている。購買反応曲線分析による最適価格の推定は、その様な価格を決める際の一助となることが期待される。

本調査では、アカモクを食べることに対し抵抗を示す人が少なかった。これは、水産研究所の一般公開に会場した人を対象に調査したため、回答者の多くが水産物の利用に関し高い意識を持っていたことが考えられる。今後、アカモクに対し興味を持つ消費者層を把握するためには、より多くの人々から意見や考えを聞き取り、どのような消費者がアカモクに対し興味を示すのか理解することが必要である。さらに、日本海沿岸域から離れ、他の地域の都市の住民を対象とした調査により、アカモクに対する広範な消費者の意識を把握し、効果的な生産・流通・販売方法を検討していくことも重要と考えられる。

日本海のアカモクは特別?

ところで、アカモクは日本各地の沿岸でどこでも普通にみられる海藻である。しかし、なぜ、日本海沿岸の地域でのみアカモクが食されてきたのだろうか?本種を食べる習慣が日本海沿岸でのみ偶然に伝わっていったためかもしれない。あるいは、過去の食糧事情がアカモクを食する習慣をかたち作ったのかもしれない。その理由は定かではないが、新潟大学の上井進也博士らは大変興味深い研究成果を報告している。それによると、日本列島に繁茂するアカモクは遺伝的に異なる幾つかの集団に分かれ、日本海沿岸と関東・東北地方の太平洋沿岸のアカモク集団は地理的に分化してい



図6 新潟県新潟市内および神奈川県葉山町内の海岸で採集したアカモクの托葉
※茎の同じようなところに付いていた托葉を示す

るといことである(Uwai *et al.*, 2009)。遺伝的に異なるのであれば、形態・形質や歯ざわり、味など食品としての特質にも違いが見られるかもしれない。そこで、現在、東京海洋大学の田中次郎博士の研究室と共同で日本海沿岸と太平洋沿岸で採集したアカモクの形態を比較する研究を行っている。その結果、日本海側にある新潟市内の海岸で採集したアカモクと太平洋側の神奈川県葉山町の海岸で採集したものの間で托葉の形態に違いのあることが分かった(図6)。しかし、アカモクを含むホンダワラ科の褐藻は波当たりの強さなどの生育環境の違いによって形態が変化することが知られている。そのため、野外で採集した個体の形態を比較するだけでなく、同一条件下で培養した個体についても形態の比較を試みているところである。食べたときの歯ざわりなど、集団ごとの特質の違いについてはこれからの研究課題であるが、もしそれに違いがあるならば、その違いが日本海沿岸でアカモク食文化が受け継がれてきた大きな理由の1つなのかもしれない。また、アカモクについて「食べておいしい日本海ブランド」を創ることも夢ではないかもしれない。

おわりに

日本海沿岸に限らず、それぞれの地域には、まだあまり人に知られていない様々な魚介類が食べられている。近年、それら地域資源の利活用が多くの地域で試みられているが、一概に生産に力が注がれ、それを消費する側のニーズが十分に把握

されていないように感じられる。これは、それらの地域資源の市場が小さいため、十分な消費者情報を得にくいと考えられる。今後、アカモクを含め、地域資源の利活用を進めていくためには、生産量を安定的に上げる増養殖方法を開発するのに加え、どのような消費者がそれらに関心を持ち購入するのか、消費者の購入意向を把握し、需要状況に応じて、生産活動を考えることも必要と考えられる。

【引用文献】

阿部信一郎, 坂西芳彦, 高田宜武, 梶原直人,

2012:新潟県産食用褐藻アカモク (*Sargassum horneri*) に対する消費者の購入意向. 藻類, 60, 15-20.

平尾正之, 河野恵伸, 大浦裕二 (編), 2002: 農産物マーケティングリサーチに方法, 農林統計協会, 東京, pp.1-71.

Uwai S., Kogame K., Yoshida G., Kawai, H and Ajisaka T., 2009: Geographical genetic structure and phylogeography of the *Sargassum horneri/filicinum* complex in Japan, based on the mitochondrial *cox 3* haplotype. Marine Biology, 156, 901-911.

サイドスキャンソナーによる 海底漁具の探索に向けた試み

松倉隆一（資源管理部・資源管理グループ）

サイドスキャンソナーとは？

海の中は陸上と異なり電波はほとんど通らないばかりか、太陽光も水深100mにもなるとほとんど届かず真っ暗闇である。一方、音波は電波や光と違い海中を遠くまでよく伝わる性質を持つ。クジラやイルカなどの鯨類は、このような音波の性質を利用して数千km離れた仲間と声で交信したり、餌の探索等を行っているとも言われている。

鯨類のように音を利用した水中探査機器の一つとして、漁業や遊漁でも使われる魚群探知機がよく知られている。一般に、魚群探知機は船底に装備された送受波器から超音波パルスを海中に発射し、海中の物体にはね返り戻って来た音の強さと要した時間を計測することで、目には見えない海中の様子を可視化している。魚群探知機は船の真下をみるための機器であり、航跡下の鉛直断面について詳細に知ることができる。

一方、サイドスキャンソナーは送受波器そのものを曳航体として、船からケーブルによって曳航して用いる（図1）。その基本的な原理は魚群探知機と同様で、超音波パルスを海中に発射し、は

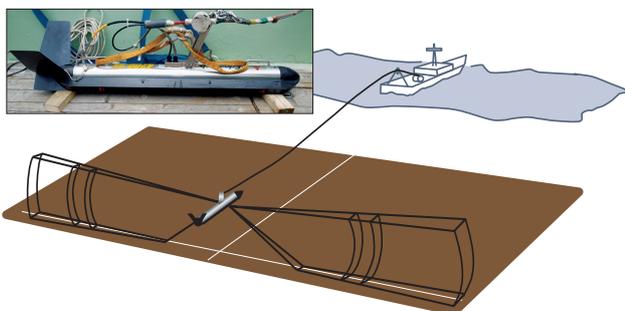


図1 サイドスキャンソナーの曳航体（写真）と調査の模式図
扇形ビームを発する曳航体を船舶によって曳航し海底面の情報を可視化する。

ね返り戻って来た音の強さ等を計測する。魚群探知機と異なるのは、曳航体の両舷斜め下、横方向に向けて扇形ビームを送出する点にあり、海底の凹凸によってはね返り戻って来た音の強さと要した時間を計測することで、海底面上の詳細な画像を描くことができる。得られた画像をソノグラムといい、海底の性状（硬い・柔らかい）や凹凸等を読み取ることができる。

これまで、サイドスキャンソナーは沈没船や墜落機といった海底落下物の探索に用いられている。水産分野への応用例は少ないものの、アラスカの水深100～150mの海域で海底に設置された2mを越える巨大なカニ籠の分布調査報告がある（Stevens et al. 2000）。今回は、日本海の水深150～300mの海域で実施した、サイドスキャンソナーの水産分野への応用事例や、調査で得られた様々なソノグラムについて紹介する。

なぜ海底の漁具を探すのか？

日本海における逸失・放置漁具の問題

日本海では、主に沖合底びき網によって主要な底魚資源（ズワイガニやカレイ類）が漁獲されている。しかしながら、漁業として漁獲される以外に、逸失漁具や放置漁具による漁獲（いわゆるゴーストフィッシング）が深刻な問題となっている。そのため、ゴーストフィッシングによる漁獲死亡量の把握ならびに軽減は、日本海の底魚資源、特にズワイガニの資源管理で重要な課題となっている。そこで、サイドスキャンソナーの特性を利用して、海底にある漁具の量や位置を把握する手法を開発するための調査を実施した。

調査方法

日本海の隠岐諸島北方及び島根県浜田沖の海域(図2)で、沖合底びき網漁船延べ6隻を用船して調査を実施した。当然のことながら、各船にはサイドスキャンソナーを曳航するための設備はなかったため、ケーブル、ウインチ、発電機といった機材を持ち込み調査前に設置した。調査に使用したサイドスキャンソナーの仕様を(表1)に示した。

船速2~5ノットで曳航しながら、曳航体の高度が海底から10~20mとなるようにケーブルの長さを調節した。サイドスキャンソナーの曳航体は有線で船上のパーソナルコンピュータ(PC)と接続されており、海底からの高度等をリアルタイムで確認できる。PCにてソノグラムをリアルタイムに表示できるので、状況を確認しながら曳航体の深度、姿勢情報と共にデータを収録した。ソノグラムに漁具と思われる反応が現れた際には、同時期に周辺海域で海底清掃事業に従事していた船に回収を依頼し反射体を確認した。

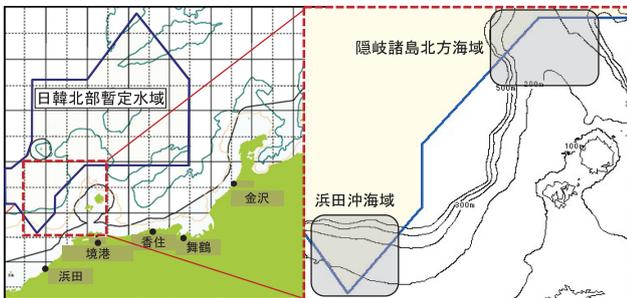


図2 調査海域

表1 サイドスキャンソナーの仕様

	周波数	
	300kHz	600kHz
収録範囲(片側)	100m	50m
水平面上のビーム幅	0.28°	0.26°
進行方向の解像度	45cm @100m	24cm @50m
側方の解像度	3cm	1.5cm
側方鉛直断面上のビーム幅	50°	
主音軸の角度	下向き20°	
曳航体の長さ	125.6cm	
曳航体の直径	11.4cm	
曳航体の重量(空中/水中)	48/36kg	

結果 一何がどのように見えたか

1. 海底の起伏

サイドスキャンソナーの大きな特徴は、海底面上を可視化して詳細な画像を描けることにある。そこで、海底面の凹凸に対するパルスの当たり方と得られるソノグラムの見え方について説明する。海底に物体や溝など起伏がある場合の概念図と、そのときに得られるソノグラムを図3に示した。海底上の物体に音が当たったとき(図3下左側)、音の当たった面からの反射波は強く、ソノグラムでは明るい色で表示され、逆に、物体で遮られ音が当たらなかった範囲では、光の場合と同様に影となる。絡まった漁網と推測されるソノグラム(図3上左図)では、音が当たった右側が明色で示され、左側には黒い影が生じた。また、漁網に繋がっているロープ自体は確認できないが、海底にはロープの影が落ちていることを確認することができた。

一方、海底に溝(図3下右側)のようなへこみがある場合、溝を横切る方向から音を当てると、溝中の、曳航体から遠い側の壁面には音が当たるとためソノグラムでは明色で表示され、逆に、音が当たらない手前側の壁面は影として暗く表示される。つまり、ソノグラムでは曳航体から遠い側に明部、近い側に暗部で一對となる線状の反応とし

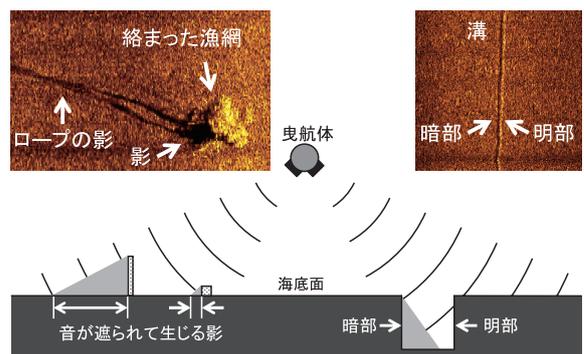


図3 起伏に対するパルスの当たり方とソノグラムでの見え方

海底上にある物体(下左側)に音が当たると遮られた部分に影が生じ、当たった面は明るい色としてソノグラムに表示される。絡まった漁網と推測されるソノグラム(上左図)では漁網とロープの影が確認できる。海底に刻まれた溝(下右側)は、溝の中の音が当たる遠い側の壁面が明るく、手前は音が当たらないため影として暗く表示される(上右図)。

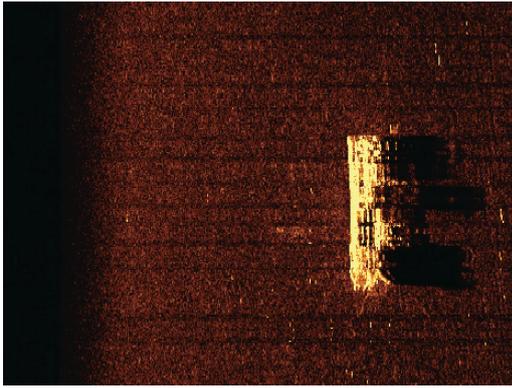


図4 曳航体の右舷側に見られた沈船魚礁のソノグラム
 舳先を図の下側に向けていると考えられる。沈船の右側には船体によって遮られて生じた音の影が伸びている。

て溝を確認できた（図3上右図）。

海底に設置されている沈船魚礁を凹凸の一例として図4に示した。沈船は曳航体の右舷側に、舳先を図の下方に向けて設置されていると考えられた。音の当たる船体左側が明るく、遮られて生じた影が右側の海底に伸びていた。船体上部の形状によって影に起伏が見られた。

2. 底刺網

底刺網はソノグラムで細長く明色の反応として確認できた（図5）。このソノグラムを得られた海底（水深260m）から、ズワイガニ等が罹網した底刺網が回収された（図6）。回収した底刺網は、網地を海底から高く立ち上げる必要が無いためか、フロート等の音を強く反射させる物体は取り付けられていなかった。つまり、反射強度の弱い細い網地やロープで構成される底刺網であっても、サイドスキャンソナーで確認できることが明らかとなった。

底刺網の回収前に、ソノグラムが得られたのと同じ地点で異なる方向にサイドスキャンソナーを曳航し、ソノグラムの違いを比較した。図5（a）は西（左）から東（右）へ、図5（b）は南（下）から北（上）へ向かって曳航したソノグラムである。図5（a'）及び（b'）では底刺網（3ヶ統、①～③）の反応に該当する箇所を白線および白点線で強調した。これらの底刺網の敷設状態は、直線的な部分や屈曲した部分があり、同じ部分でも

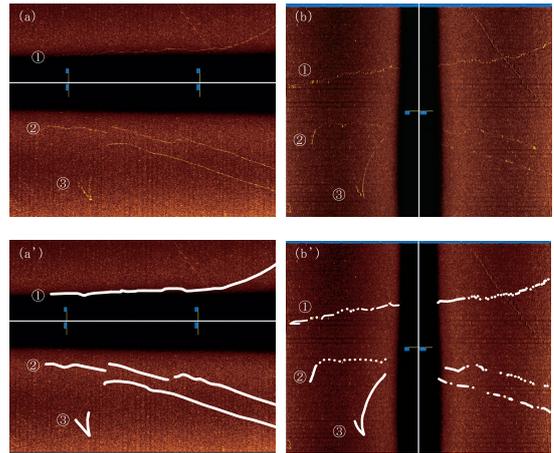


図5 同じ地点を異なる方向でサイドスキャンソナーを曳航して得られた3ヶ統の底刺網（①～③）のソノグラム
 (a) 西から東へ、(b) 南から北へ曳航して得られた。(a') 及び (b') はそれぞれの底刺網の部分に明瞭にした。



図6 海底から引き上げられた底刺網
 ズワイガニ等の罹網した生物が確認できる。

図5（a）と（b）ではソノグラムに違いがあった。例えば、底刺網②と③の右側の直線的な部分を比較すると、（a）では明瞭に連続していたが、（b）では不明瞭で途切れがちであった。今後の課題として、底刺網の識別精度向上を図るため明瞭・不明瞭となる条件について検討していく必要がある。

3. 籠漁具

籠漁具の反応はソノグラムで連続した明色の点として確認できた（図7）。このソノグラムが得られた周辺海域では、図中に示した長辺約1mの直方体型の籠漁具が回収された。この図からは確認できないが、他の地点では籠を繋ぐロープやそ

の影を確認できる場合もあった。

籠漁具は幹繩に一定間隔で連続して取り付けられており、ソノグラムでも連続した明色の点が規則的に並んでいることが確認できた。また、回収された籠漁具は、強い音響反射体となる金属製のフレームを有していたため、明瞭なソノグラムが得られたと考えられた。これらはソノグラムから籠漁具と判別するための大きな判断要素となった。

さらに、籠漁具であると判別するための要素として、ソノグラムにおける形状も重要となる。図7のソノグラムで左上の三点の籠漁具の反応を拡大すると、直方体の形状を確認することもできた。ただし、曳航する船舶の動揺によって曳航体も揺れ動くため、見た目の形状に歪みが生じる可能性もある。それゆえ、ソノグラムでの長さの計測には十分な注意が必要であり、この点はサイドスキャンソナーの弱みでもある。

さて、籠漁具の場合、フレームによって強い反射強度を得ることができるが、ソノグラムで通常確認できるのは籠部分のみで繋がるロープ部分は確認できないことが多い。一般的に、サイドスキャンソナーによる調査で、ある物体を確認するために十分な精度を維持するためには、3パルス分の連続したエコーを得ることが条件の一つとされている (NOAA 2013)。今後、この基準を満たす条件 (対象の大きさ、曳航船速など) について検討していくことが、サイドスキャンソナーによる籠漁具の探索精度の向上に必要と考えられる。

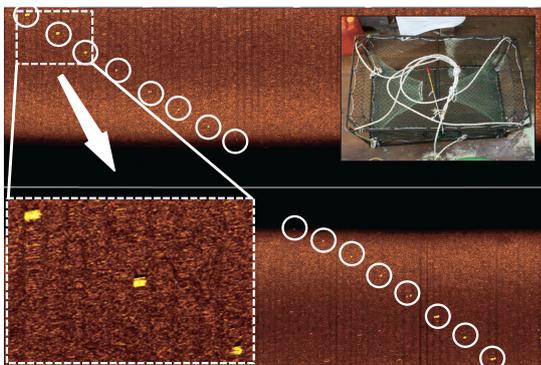


図7 籠漁具のソノグラム
籠の反応を白丸で囲んだ。写真の籠がこの付近から回収された。

今後の展望

サイドスキャンソナーを用いることで海底に設置された底刺網や籠漁具を識別し、籠の設置数を計数できることが明らかとなった。また、底刺網については、調査範囲に敷設されている長さを計測することができると思う。2012年に実施した浜田沖海域 (図2) では、得られたソノグラムから籠漁具と推測される反応は449個計数された。日韓北部暫定水域の内側を重点的に調査した結果、449個の内訳は内側に322個、外側 (南側) に127個となった。特に、暫定水域内の南端部分 (水深160~200m) に多く、全体の70%近く (308個) が集中していたことが明らかとなった。今後、本研究手法を用いてより広域における漁具の敷設量を明らかにし、ゴーストフィッシングへの対応策や放置・逸失漁具による底魚資源への影響の解明に利用されることが期待される。

謝 辞

調査の実施にご尽力頂いた一般社団法人全国底曳網漁業連合会、兵庫県機船底曳網漁業協会ならびに同会所属船舶 (栄正丸, 相生丸, 共幸丸), 鳥取県沖合底曳網漁業協会ならびに同会所属船舶 (福昌丸, 安全丸, 恵長丸) の諸氏に厚く御礼申し上げます。また、乗船してソナーの運用をされた株式会社アーク・ジオ・サポートの諸氏には、ここに記して感謝する。

【引用文献】

- Stevens B. G., Vining I., Byersdorfer S., Donaldson W. J., 2000: Ghost fishing by Tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) pots off Kodiak, Alaska : pot density and catch per trap as determined from sidescan sonar and pot recovery data. *Fisheries Bulletin*, 56, 389-399.
- 海洋音響学会, 2004 : 海洋音響の基礎と応用, 成山堂書店, 東京, pp. 107-109.
- NOAA. 2013 : Field procedures manual, U.S. Department of Commerce, Washington DC, p. 51.

拡張版日本海海況予測システム (JADE2) の開発

渡邊達郎 (資源環境部・海洋動態グループ)
 高山勝巳・広瀬直毅 (九州大学応用力学研究所)

はじめに

スルメイカ、マアジ、ズワイガニ等の日本海の主要水産資源の変動は、海洋環境と密接に関わっていると考えられている。資源環境部海洋動態グループでは、日本海沿岸の道府県水産試験研究機関が毎月1回実施する海洋観測結果に基づき、海況のとりまとめを行っている。しかしながら、観測によって得られる情報は時空間的に限られたものであり、沖合域や冬季の情報は非常に不足している。そこで我々は、九州大学応用力学研究所と共同で、日本海海況予測システムJADE (Japan sea Data assimilation Experiment) と名付けたデータ同化手法を組み込んだ数値シミュレーションモデルの開発に取り組んでいる。データ同化とは、人工衛星から得られる表面水温 (SST) や海面高度 (SSH), 及び調査船CTD (水温・塩分) データ等の観測データを数値シミュレーションモデルに適切に反映させて観測値に近づける手法のことで、これを用いることにより、時空間的に欠損のない水温、塩分、流向・流速データを高精度に再現すると共に数ヶ月程度の短期予測を行うことが可能となる。現行のJADEは、日本海のみを領域として開発され、2008年5月から運用を開始し、これまで水産資源の変動要因解析に利用されると共に大型クラゲや赤潮の移動予測等にも活用されている。しかしながら、マアジやスルメイカの一部は日本海と東シナ海を回遊する生活史を持っており、それらの資源変動要因の解析にはJADEでは領域が狭いため、日本海、東シナ海を含むモデルの必要性が高まり、2012年度から拡張版日本海海況予測システムJADE2の開発を開始した。

拡張版日本海海況予測システム (JADE 2) の概要

図1にJADE及びJADE2の計算領域を示し、表1にJADEからJADE2への主な変更点をまとめた。JADE2は、九州大学が開発したデータ同化システムDREAMS (Hirose et. al., 2013) にCTDデータの同化等の改良を加えたものである。基となる海洋大循環モデルとデータ同化手法は

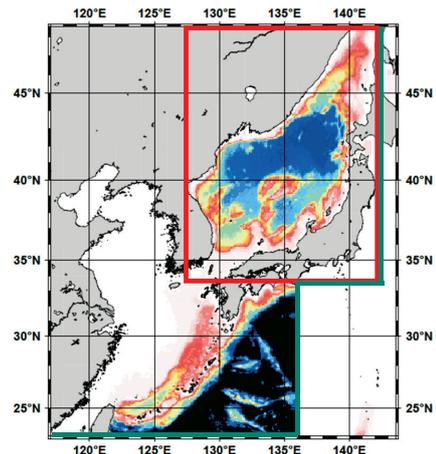


図1 JADE (赤枠) とJADE2 (緑枠) の計算領域
 カラーは水深を示す。

表1 JADEとJADE2の仕様

項目	JADE	JADE 2
領域	日本海のみ	日本海・東シナ海
側面境界の扱い	対馬・津軽・宗谷の3海峡で制御	北半球を領域とする親モデルで制御
解像度	南北9.3km, 東西6.5~7.7km	南北7.4km, 東西6.5~7.7km
鉛直層	36層	38層
鉛直層 (0~200m)	13層	15層
潮汐の影響	含まず	主要8分潮含む
公開データ	水温, 流向・流度	水温, 表面塩分, 流向・流速

JADEと基本的に同様で、海洋大循環モデルはRIAMOM、データ同化は近似カルマンフィルター法を用いている。JADEからJADE 2への最も大きな変更点は、領域の拡大とそれに伴う側面境界の扱いである。JADEの領域は日本海のみで、対馬海峡、津軽海峡、宗谷海峡が側面境界となる。対馬海峡からの対馬暖流の流入量は、博多-釜山間の定期フェリーに搭載された流速計データから推定しており、津軽海峡、宗谷海峡からの流出量は、過去のデータを基に月毎にどちらからどのような割合で流出するのかを定めた。一方、JADE 2の領域は日本海・東シナ海であり、東シナ海は開放的な海で側面境界は広く、かつ有名な強流である黒潮の流軸を含むことから、水温・塩分、流向・流速等の側面境界値を適切に与えることが難しい。そこで、JADE 2の領域を含むより広い北太平洋を領域とする解像度が低いモデルを始めに駆動させて、その結果を側面境界値に用いる「入れ子手法(ネスティング)」を採用している。水平解像度は、東西方向は変更しておらず(1/12度)、緯度によって6.5~7.7kmと変化するが、南北方向はJADEの1/12度(9.3km)からJADE 2は1/15度(7.4km)に高解像度化している。鉛直解像度は、JADEの36層からJADE 2は38層と若干の増加であるが、表面~200m間で13層から15層に2層増加しており、表層付近の解像度が向上している。JADE 2のもう一つの大きな変更点は、潮汐成分を含んでいることである。日本海では基本的に潮汐流は小さくその影響は限定されるが、東シナ海では潮汐変化が大きくその影響は無視できない。東シナ海への拡張において潮汐流の効果の付加は必要なプロセスであるため、JADE 2には主要8分潮(M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1)の潮汐モデルが含まれており、そのうち主要な4分潮についてはデータ同化による修正を施している。

JADE 2の精度評価

図2は、JADE及びJADE 2の海面高度の計算結果と海面高度計データとの相関を示したものである。日本海では、現行のJADEもほぼ全域にお

いて高い相関を示しているが、JADE 2ではより相関が高くなり、対馬暖流域沿岸では0.9以上の高い相関を示す海域が見られる。また、東シナ海においては、九州西方の水深1000mを超える海域では日本海と同様に非常に高い相関が見られる。一方、黄海等の浅海域や、台湾周辺、黒潮流域等の流速が大きく短周期変動が大きい海域は相関がやや悪く、一部0.4を下回る海域も見られる。当該海域は海面高度計データ自体の観測精度も良くないことが知られており、今後より慎重に精度検証を進める必要がある。図3は、2011年におけるJADE 2の計算結果とCTDデータとを比較したものであり、JADE 2が能登半島北西に分布していた大型暖水域の時空間変動を非常に良く再現でき

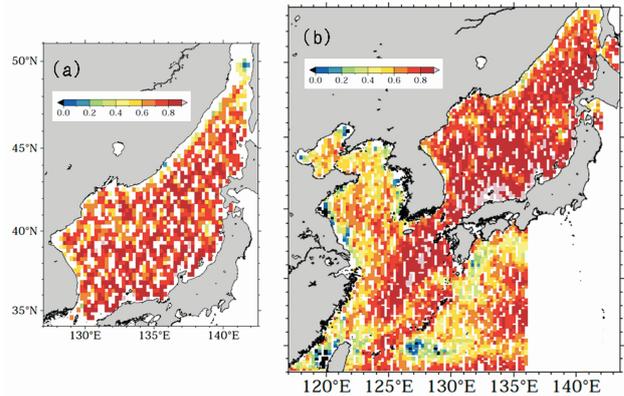


図2 JADE・JADE 2の海面高度計算結果と海面高度計データとの相関
相関が高いほど(赤い部分が多いほど)、計算結果と実測値が近いことを表す
左: JADE, 右: JADE 2

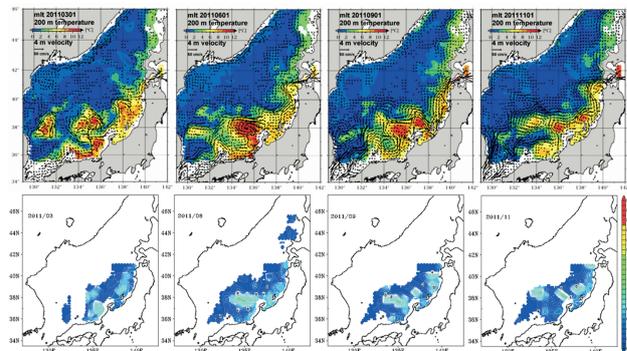


図3 JADE 2の計算値と観測値との比較
上段: JADE 2の200m深水温と4m深流速,
下段: 200m深CTD水温。
左から2011年3月1日, 6月1日, 9月1日,
11月1日の水平分布。

ていることがわかる。具体的には、3月における2つのコア構造と能登半島西岸の暖水域の分布、6月の能登半島西岸暖水域との合体による大型化、9月の東部の分離、11月の弱体化がCTDデータと良く一致している。CTD観測は1ヶ月程度の頻度であり、多くが日本沿岸に限定されてしまうが、JADE2は毎日の連続データとして得られると共に、韓国沿岸における移動性暖水域の形成・分布や対馬暖流の上流域である東シナ海の情

報が得られる等、時空間的に欠落のない海洋環境情報が得られることも大きな利点と言える。図4は、表面水温 (SST), 海面高度 (SSH), CTD等をデータ同化することによって、どの程度再現精度が向上するのかわかっている。図中の非同化というのはモデルを気象条件のみで駆動し、SST, SSH, CTD等の観測値をモデルに組み込まないケースである。図からわかるように、JADEよりもJADE2の方が高精度で、また、SST, SSH, CTDを同化することによって精度が徐々に向上している。特に200m深では、現行JADEでは顕著な高温偏差が見られたがJADE2では大きく改善され、相関係数が2倍以上向上している。

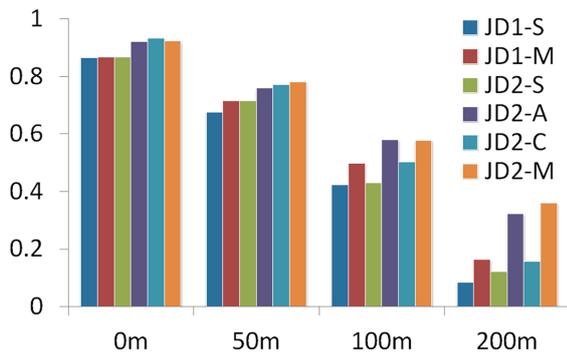


図4 各モデルの計算値水温と観測値との相関
1に近いほど計算値と観測値との相関が高い
JD1-S: JADE, 非同化, JD1-M: JADE, SST・CTD・SSH同化
JD2-S: JADE2, 非同化, JD2-A: JADE2, SST・SSHのみ同化
JD2-C: JADE2, SST・CTDのみ同化,
JD2-M: JADE2, SST・CTD・SSH同化

図5は、2009年の大型クラゲ大量発生時における移動予測をJADE2の出力を用いて試算した結果である。日本沿岸への大型クラゲの大量出現を良く再現しているが、JADEの結果と異なる部分もあるので、今後、流向・流速の精度検証も含めて海況予測システムの改良を進めていきたい。

まとめと今後の展望

これまで述べてきたように、JADE2は現行のJADEよりも広範囲でより高精度な海況予測システムである。現在JADE2はシステムの開発がほぼ終了し、公開用ホームページの構築等の作業を行っており、2014年夏の実運用及び情報提供の開始を予定している。日本海沿岸の水産試験研究機関にはデジタルデータの提供も可能なので、ぜひ海況の把握及び資源変動要因解析等に利活用頂ければ幸いである。

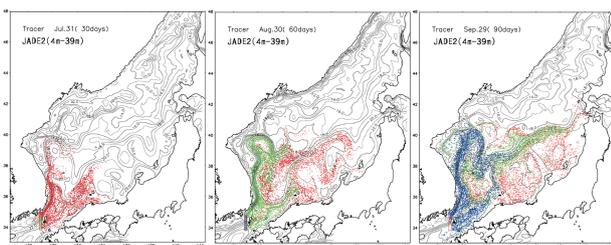


図5 JADE2を用いた2009年の大型クラゲ移動予測計算
左: 7月31日, 中: 8月30日, 右: 9月29日
赤粒子は7月1日~30日放流, 緑粒子は7月31日~8月29日放流,
青粒子は8月30日~9月28日放流。

引用文献

Hirose N., Takayama K., Moon J.-H., Watanabe T., and Nishida Y., 2013: Regional data assimilation system extended to the East Asian marginal seas. *Umi to Sora*, 89, 43-51.

編集後記

今年の冬は首都圏に二度の大雪を降らせ、大きな被害をもたらしました。また、首都圏を中心とした交通網も長期間にわたって滞り、生鮮で取り扱われる水産物や農産物等の流通にも影響を与えました。被害に遭われた皆様には、謹んでお見舞い申し上げます。

さて今号では、日本海区水産研究所で行っている研究開発の成果と進捗をご紹介します。アカモクは、昔から日本海沿岸で食用とされてきましたが、その利用は地域限定的でした。近年、機能性食品として海藻が注目されるようになり、徐々に全国で流通するようになりましたが、まだまだ知名度は低いようです。今回の意識調査を受け、さらなる展開が期待されます。サイドスキャンソナーは聞き慣れない言葉ですが、魚探と同じように音波で海の中を探る機器です。今回の成果は、これを用いた海底の探索により、魚介類の死亡原因の一つである放置・逸失漁具等による資源への影響が把握できる可能性を示したものです。日本海海況予測システム（JADE）は2008年に日本海区水産研究所等により開発され、漁海況や大型クラゲの移動予測などに役立っています。今回ご紹介したJADE 2はJADEを改良し、より広い範囲での高精度な予測を可能にするものです。来年度には皆様に利用していただけるよう鋭意開発しておりますので、完成を楽しみにお待ちしております。

（日本海区水産研究所業務推進課長）

発行：独立行政法人水産総合研究センター

編集：独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所
〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22
電話：025-228-0451(代) FAX：025-224-0950
<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/>