



道総研

ISSN 0914-6849

# 北水試だより

HOKUSUISHI DAYORI

第108号  
2024/3

～浜と水試を結ぶ情報誌～



## 目次

### 主登載文

- ・噴火湾におけるトヤマエビの資源状況と資源管理について…………… 1
- ・道東産マイワシの鮮度保持と品質について…………… 6

### 資源管理・海洋環境シリーズ

- ・2021年北海道太平洋大規模赤潮の発生シナリオ……………10

### 資源増殖・水産工学シリーズ

- ・北海道産アオサ属海藻の陸上養殖の現状と展望……………14

### さけます・内水面シリーズ

- ・北海道南西部のサクラマス資源評価……………21

### 各水試発トピックス

- ・全国豊かな海づくり大会で両陛下への御説明を実施……………24
- ・コンブ養殖漁業振興研究チームが道総研知事長賞を受賞……………25



# 噴火湾におけるトヤマエビの資源状況と資源管理について

キーワード：トヤマエビ、資源管理、漁獲金額、YPR

## はじめに

トヤマエビは北海道では一般に「ボタンエビ」と呼ばれており、刺し身や寿司ネタとして親しまれています。トヤマエビは北太平洋に広く分布し、日本周辺では日本海の福井県から北海道沖、オホーツク海と太平洋の北海道沖の水深100～400 mに分布しています<sup>1)</sup>。噴火湾では特異的に浅い水深80～100 mに分布するため漁場が近く、えびかごで漁獲され鮮度を保ちやすいことから、活エビとして出荷され高値で取引されています。また、トヤマエビは近縁のホッコクアカエビ（ナンバンエビ）に比べ成長が速く、大きなサイズになる特徴があります。しかし、噴火湾のトヤマエビ漁獲量は近年、急激に減少し、これまでにない危機的な状況となっています。そのため、人間の健康診断にあたる資源診断を行い、トヤマエビ資源を回復させるための対策について検討しました。

## トヤマエビの漁獲状況と資源状況

噴火湾におけるトヤマエビの漁獲量は2015～2018年に200トンを超えていましたが、2019年以降急激に減少し、2022年は1985年以降で最低となる24トン（暫定値）でした（図1）。

トヤマエビ漁獲物の甲長組成（甲長別漁獲尾数）をみると（図2）、2018年秋漁はまだ好漁が続いていましたが、甲長20～27 mmの小さいエビの漁獲尾数は前年の秋漁の53%と半分近くに減少していました。このサイズのエビは、新しく漁獲対

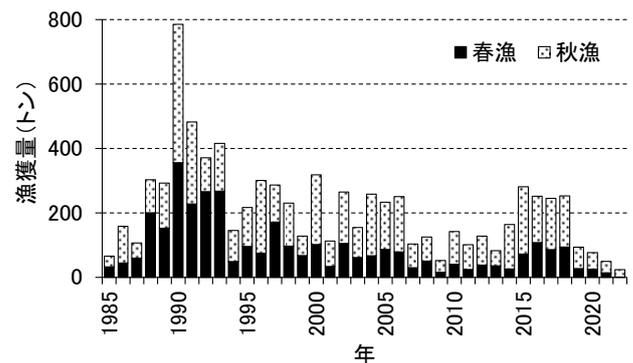


図1 噴火湾におけるトヤマエビの漁獲量

象となる1歳（新規加入群）に相当しますが、この時点で資源悪化の兆候が見られていたと言えます。2019年には不漁となり、その年以降の新規加入群がさらに減少したことで資源悪化に拍車がかかったと考えられます。

春漁期始めの資源尾数は2018年以降、1歳の新規加入群が減少し、それに伴って2019年から2歳以上も順次減少し、全年齢合計の資源尾数は1994年以降の最低値を毎年更新しています（図3）。

次に、メス親の量とその親から生まれたエビの子供の数（1歳時点の資源尾数）の関係をみると（図4上）、2013～2015年にメス親は少なかったのですが、子供の数が多くなっていました。逆に、2017～2020年にはメス親が多かったのですが、子供数は少なくなっていました。メス親量に対する子供の数（1歳の資源尾数÷メス親重量）のことを専門用語で再生産成功率（RPS）と呼びます。このRPSが高ければ子供が生まれてから1

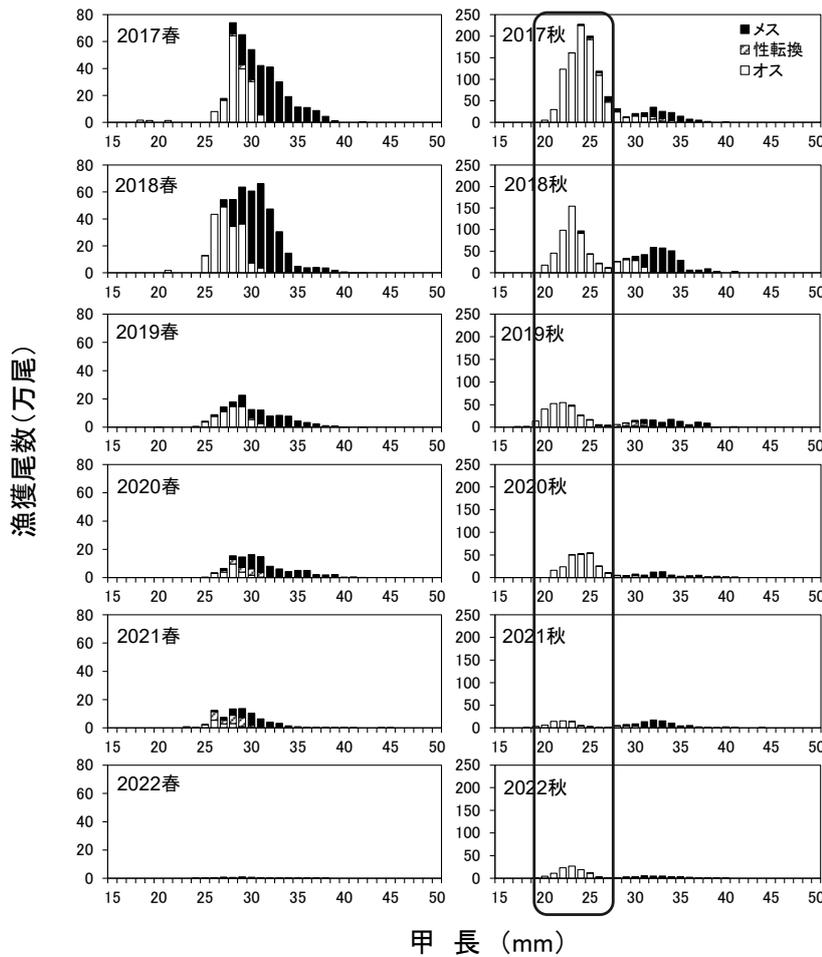


図2 噴火湾におけるトヤマエビ漁獲物の甲長組成  
図中の太線枠内は新規加入群(1歳)

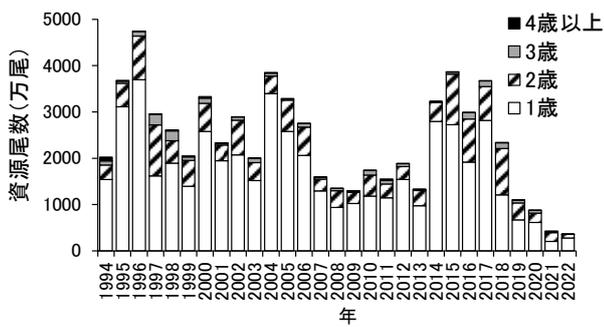


図3 春漁期始めのトヤマエビの年齢別資源尾数

歳になるまでの生き残りが良く、低ければ生き残りが悪かったと言えます。トヤマエビのRPSは2013～2015年に高く、2017～2021年に非常に低くなっていました(図4下)。噴火湾のトヤマエビは1～3月にふ化し、生後1～2ヵ月程度、表層を漂う浮遊生活を送り、春先に稚エビとして浅場

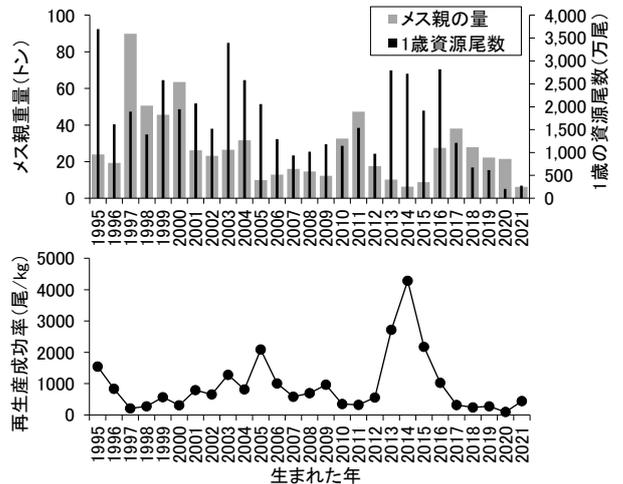


図4 トヤマエビのメス親重量と1歳資源尾数(上)、および再生産成功率(下)

に着底すると考えられています。従って、浮遊生活期から稚エビ期までに経験する水温や海流などの海洋環境、餌や捕食者の量などの条件が2017年

以降、悪化している可能性が考えられますが、現状ではその詳細は分かっておりません。

トヤマエビの漁獲尾数を資源尾数で除した漁獲率は、1994年以降、概ね50%前後で推移していました(図5)。これは、噴火湾のトヤマエビ資源の半分を毎年漁獲していることになり、非常に高い漁獲圧がかかっていることを示しています。

以上のことから、子供の生き残り率に当たるRPSの低下と高い漁獲圧によって、噴火湾のトヤマエビが減少したと考えられます。

### 資源回復と資源の有効利用に向けて

トヤマエビ資源の有効利用を考えるため、2019～2021年の噴火湾におけるトヤマエビの銘柄別(大、中、小、メス大、メス小)のkg単価と平均体重を基に、エビ1尾あたりの年齢別単価を試算してみました(図6)。年齢の1.0歳、2.0歳・・・5.0歳は春漁期の1歳、2歳・・・5歳を、1.5歳、2.5歳・・・5.5歳は秋漁期の1歳、2歳・・・5歳を示します。この試算結果では、1.5歳のエビは半年後の翌春には体重で1.9倍、単価では4.8倍に増加します。2.0歳～5.0歳の半年後の増加量は体重で0.9～1.5倍、単価で0.9～1.6倍ですので、1.5歳の増加率は非常に大きく、特に単価の増加は顕著です。1.5歳は秋漁期の「小」銘柄に相当しますので、これを獲り残すことで翌春以降の漁獲金額アップが期待できます。

小さいエビを獲り残す方法としては、漁獲されたエビを生きているうちに海に戻したり、えびかごの網目を大きくして小さいエビが抜け出せるようにする方法などがあります。エビは一度漁獲されてしまうと、傷ついたり水温変化の影響で弱ったりすることもあるので、ここではエビへのダメージが少ないえびかごの網目を大きくする方法について考えてみました。網目の大きさの違いによ

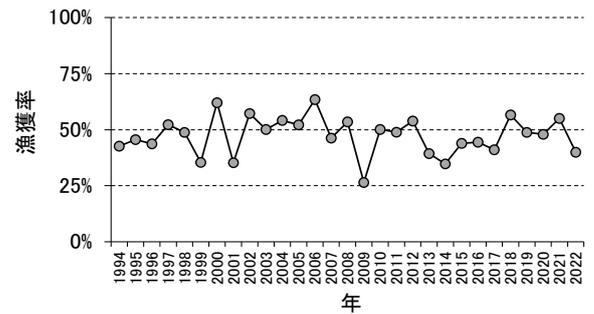


図5 トヤマエビの漁獲率

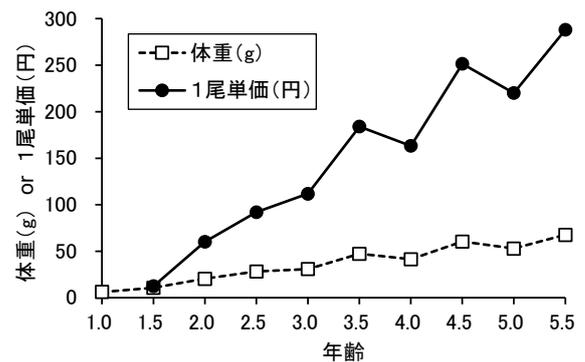


図6 噴火湾のトヤマエビの年齢別平均体重と1尾あたり単価

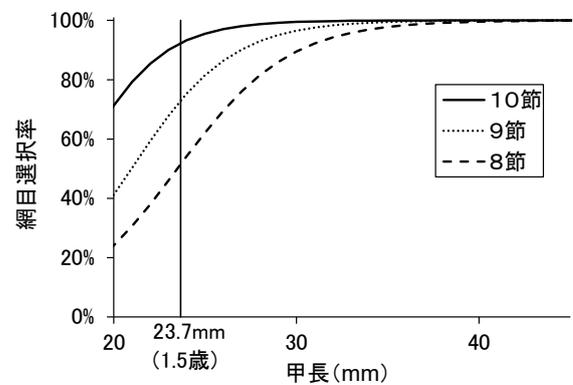


図7 トヤマエビの網目選択性曲線

って、網目を通り抜けるエビのサイズがどう変わるかについて、北海道大学が水槽実験をしましたので、その結果<sup>2)</sup>を参考にしました。水槽実験の結果を基に、現行の網目である10節 (33.7 mm) のほかに、9節 (37.9 mm) と8節 (43.3 mm) にした場合の網目選択率を推定しました(図7)。網目選択率とは、エビが網目を通り抜けずにえび

かごの中に残る割合のことです。この推定結果では、平均甲長23.7 mm (1.5歳相当) のエビは10節で92%、9節で73%、8節で51%が、網目を通り抜けずにえびかごの中に残ることが分かりました。さらに、10節から9節または8節に変えた場合の漁獲尾数の変化について、過去の漁獲物の甲長組成を基に試算しました(図8)。9節に変えた場合では、2.5歳(平均甲長32.3 mm)以上の漁獲尾数はほとんど変わりませんが、1.5歳のエビを2~3割獲り残すことができます。8節の場合では、2.5歳は5%前後、1.5歳は4~5割を獲り残すことができます。

次に、10節を8節に変えた場合の効果について、YPR解析で検討しました(図9)。YPRとは加入量あたり漁獲量のことです。現状の漁獲圧(隻数、かご数、操業期間など)や網目を変えた場合にYPRがどう変化するかを調べる方法です。現状の漁獲圧のまま、10節を8節に変えた場合、漁獲されずに残ったエビが成長することで漁獲量は9%増加し、エビの成長とともに単価も上昇するため漁獲金額は24%の増加が期待できます。さらに漁獲圧を削減することによっても、大型個体の割合を高くし、漁獲量・金額を増加させることができ、現状の漁獲圧を7割程度削減できれば漁獲金額を最大にすることができます。

おわりに

噴火湾のトヤマエビ資源は危機的な状況にあります。資源が減少した原因は、エビの子供が生き残る割合(RPS)が低下したことによる稚エビ(1歳の資源尾数)の減少と高い漁獲圧であると考えられます。そのため、早急な資源管理の取り組みが必要となっています。また、今回提案させていただいたえびかごの網目拡大は有効な対策と考えられますが、効果の検討に用いた網目選択性につ

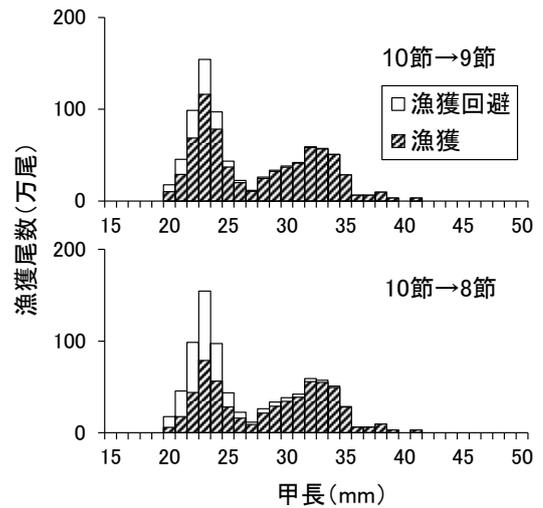


図8 えびかご網目を10節から9節(上)または8節(下)に変えた場合の漁獲尾数の変化  
白い部分が漁獲回避分

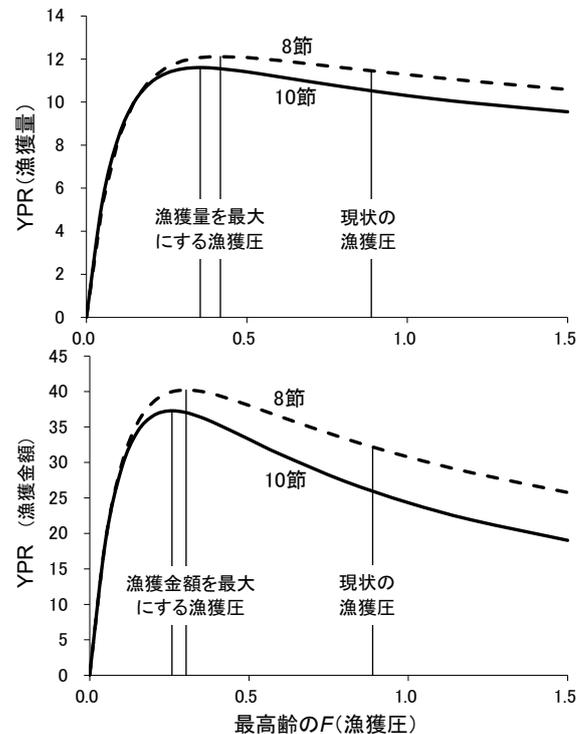


図9 えびかご網目を10節から8節に変えた場合の漁獲量(上)と漁獲金額(下)の変化

いては、水槽実験で得られた結果ですので、今後現場での試験を通して検証していくことも必要です。

## 参考文献

- 1) 中明幸弘 (2003) トヤマエビ, 「漁業生物図鑑 新北のさかなたち (水島敏博, 鳥澤雅監修, 上田吉幸, 前田圭司, 嶋田宏, 鷹見達也編)」北海道新聞, 札幌. P364-365.
- 2) 光崎健太, 藤森康澄, 山本潤, 富安信, 有馬大地, 澤村正幸, 清水晋 (2021) 水槽実験によるトヤマエビ *Pandalus hypsinotus* に対するかご漁具の網目選択性の推定, 日本水産工学会誌, 57, 91-97.

(三原栄次 函館水試調査研究部  
報文番号B2481)

## 道産マイワシの鮮度保持と品質について

キーワード：マイワシ、鮮度、冷熱量試算、K値、有効積算温度

### はじめに

マイワシ (*Sardinops melanostictus*) は、サハリンから南シナ海まで広く分布するニシン目・ニシン科の魚で、とりわけ道東海域では重要な水産資源となっています。北海道では2013年よりマイワシの漁獲量が増大し、2021年には全道で年間約25万トンの漁獲がありました (図1)。

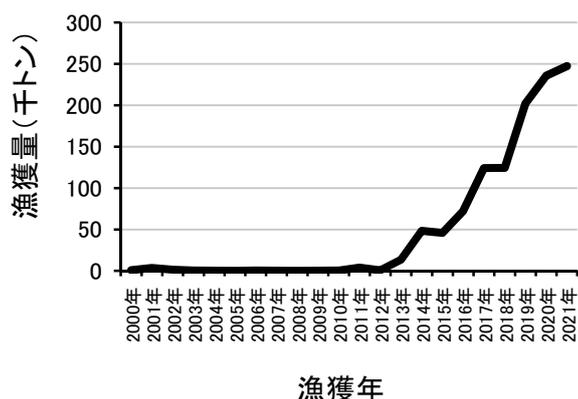


図1 全道のマイワシ漁獲量

一方で、マイワシの魚価は上がらず、付加価値の向上が求められています。これは、漁獲されたマイワシの約9割が飼料 (フィッシュミール) 向けであり、食用として出荷されているのは約1割であることも一因ではないかと考えられます<sup>1)</sup>。よって、魚価の向上には食用向けを増やす必要があります。

では、マイワシを利用する飲食店では何を重視して魚を選んでいるのか、令和2年に釧路市内の飲食店へアンケート調査を行ったところ、鮮度に

ついては「とても重視している」との回答が100%となり、次いで脂ののりが50%、大きさと価格がそれぞれ38%となりました (図2)。このことより、食用向けの需要を伸ばすためには、鮮度低下が早いといわれるマイワシを高鮮度で流通させることが何より重要であると考えました。

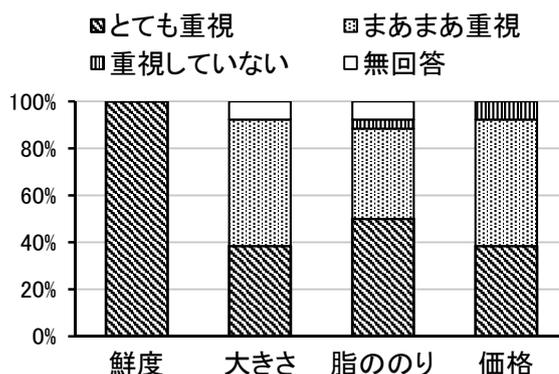


図2 マイワシ購入時の関心度 (令和2年釧路市内飲食店、n=59)

そこで釧路水産試験場では、漁獲から流通までを網羅できる、マイワシの高鮮度保持技術開発に取り組みました。

### マイワシ鮮度の実態調査

まず始めに、消費地市場において流通しているマイワシの鮮度状態を知るため、鮮度に関する実態調査を行いました。鮮度の指標としては、アデノシン三リン酸などの核酸関連物質の比率より求めるK値を用いました<sup>2)</sup>。K値は数値が低いほど鮮度が高いといえますが、どの程度低ければ良い

のかは魚種によって異なります。そこで、東京都中央卸売市場の一つ、豊洲市場と大阪市中央卸売市場でセリに出されていた産地別（道外）のマイワシを購入し、購入時のK値を調査しました。その結果、消費地市場で売買されているマイワシのK値は概ね10%以下であることが判明しました（図3）。この結果から、消費地市場に北海道産マイワシを供給する場合、道外産マイワシの鮮度に対抗するためには、目標設定はK値で10%以下が望ましいと考えました。

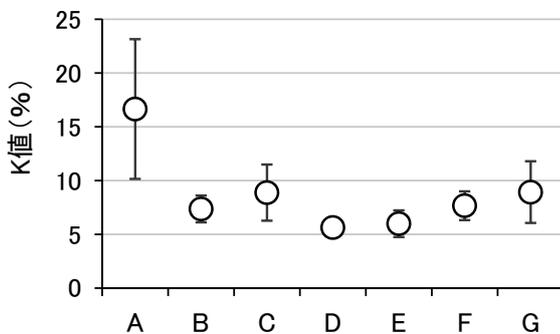


図3 道外産マイワシのK値

### 漁獲時に必要な氷量

マイワシの高鮮度保持には漁獲時からの取り扱いが重要となります。実際に操業漁船における船倉内の水温変化を調査したところ、漁獲後、氷が少なくなり水温が上昇していると考えられる事例

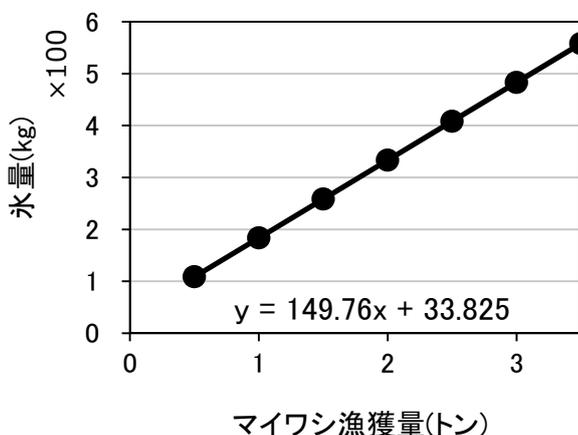


図4 冷熱量試算による漁獲量と必要な氷量との関係

がみられました。そこで、漁獲量と必要最低限の氷量について冷熱量試算より回帰式を作成し（図4）、実際の漁業の現場に当てはまるかどうか、実証試験を行いました。なお、冷熱量試算とは、海水温と同じ温度であると考えられる魚体を0℃まで冷却するのに必要な熱量から、氷量を回帰式で求めるものです。

実操業船において、漁獲されたマイワシが2,276 kgであった時、融解した氷量は363 kgでした（表1）。この漁獲量を冷熱量試算の回帰式に当てはめたところ、必要な氷量は375 kgとなり、融解した量とほぼ一致しました。よって、今回作成した冷熱量試算の回帰式は、実際の操業船で利用できることが明らかとなりました。

表1 実操業した漁船の船倉内氷量の変化

計測経過	氷量 kg
漁獲前	346
操業中	+285 追加量
水揚げ後	268 残存量
(増減)	-363 融解量

\*マイワシ漁獲量: 2,276kg

### シャーベット氷による高鮮度保持

マイワシを流通させる際には、氷を用いて冷却する必要があります。過去の知見から氷蔵より氷水にてマイワシを冷却した方がK値は低くなり<sup>3)</sup>、貯蔵温度が低いほどK値が低いことが報告されています<sup>45)</sup>。そこで今回は、シャーベット氷を活用した高鮮度保持について検討しました。シャーベット氷を用いるのには2つのメリットがあります。一つ目は、粒子が細かいため、魚体を傷つけない効果があります。二つ目は、使用する塩分量によって、氷の温度を調節することができる点です。

塩分1.7%でシャーベット氷を調製すると3日間の平均温度が-1.0℃に、塩分2.2%では-1.3℃に、塩分3.4%では-1.9℃になりました。マイワシの凍結点は-1.3℃といわれており<sup>6)</sup>、シャーベット氷を用いることで、マイワシを凍結点付近で貯蔵することができます。そこで、氷水貯蔵(0℃)を対照として、シャーベット氷の塩分を調整することでそれぞれ-1.0℃、-1.3℃、-1.9℃にしたものを用いて、マイワシの貯蔵試験を行いました。

その結果、0℃で貯蔵したマイワシは貯蔵3日目に目標値であるK値10%を超えました。一方、シャーベット氷で貯蔵したものはいずれも、貯蔵3日目でもK値が10%以下に保たれていました(図5)。このことから、シャーベット氷を用いてマイワシの凍結点である-1.3℃付近で貯蔵することにより、3日間はK値10%以下を維持できることが明らかになりました。

道東で漁獲されたマイワシを関東・関西圏へ輸送するために約3日間の輸送時間を想定した場合、今回開発した高鮮度保持技術を用いることにより、図3の道外産に匹敵する高鮮度のマイワシを流通させることが可能と考えています。また海水氷を使用しても同様の高鮮度保持が可能です。

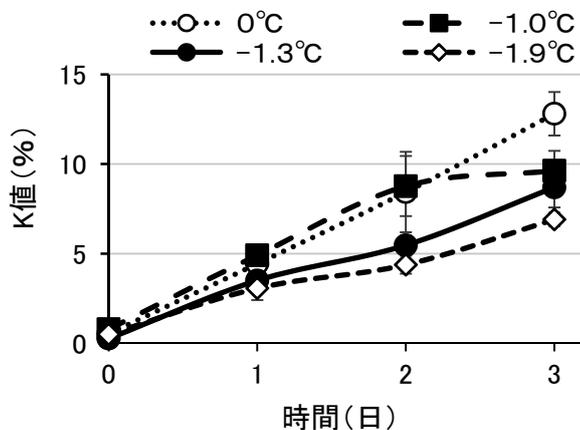


図5 シャーベット氷で貯蔵したマイワシのK値 (n=4)

### 簡易な鮮度の目安

K値は日本農林規格(JAS)で試験方法が制定されている優れた客観的指標であり、広く採用されていますが、一方でいくつかのデメリットもあります。まず、魚体から肉片を切り出す必要があります。非破壊では測定できません。また、魚肉由来のタンパク質を除去するため、取扱いに注意が必要な試薬を使用しなければなりません。さらに、高速液体クロマトグラフなどの高価な分析機器を使用しなければならず、時間もかかります。よって、K値を測定するには、設備の整った研究室などでなければ難しいのが現状です。

そこで本事業では、マイワシの魚体温に着目し、その有効積算温度(Effective Accumulated Temperature: EAT)を鮮度の目安として活用し、高鮮度の保証ができないか検討しました。

雰囲気温度をマイワシの魚体温とみなし、保管温度と経過時間の測定データから、EATを算出(有効温度-5℃)しました。K値との関係を確認したところ、EATとK値には非常に強い正の相関があることが分かりました(図6)。

この結果より、温度ロガー(写真1)でシャーベット氷の温度履歴を記録し、EATの算出することで、非破壊で簡易に鮮度が推定できます。そ

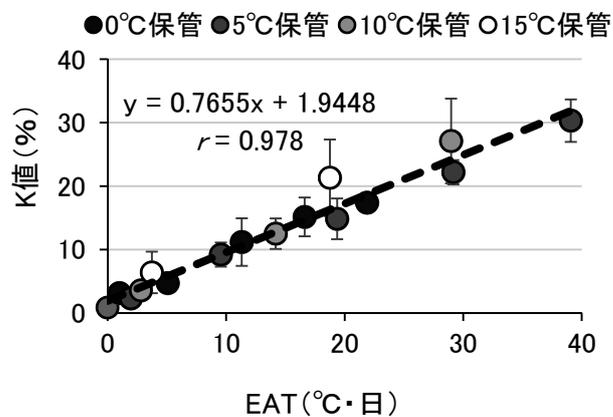


図6 有効積算温度(EAT)とK値の関係 (有効温度-5℃)



写真1 EAT算出に使用した温度ロガー

ここで、実際に流通しているマイワシのEATが鮮度の目安になるかを確認するため、実証試験を行いました。

実証試験は、北海道釧路総合振興局が主催するイベントOh!!さかなフェア（マイワシフェア）と連携しながら実施しました。このイベントは、高鮮度のマイワシを道内の飲食店に供給し、期間限定メニューを提供してもらうことで、地産地消を推進しています。当イベントで使用するマイワシを漁獲後、船上で海水氷とともに箱詰めする際に温度ロガーを投入して、実際にマイワシを調理する時のK値とEATを比較しました。漁獲から消費（釧路市内）まで14.6時間かかり、EATは $2.4^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ でした。前述の回帰式より推定したK値は3.8%となりました。実際にマイワシのK値を測定したところ2.9%となり、推定K値とほぼ一致しました。これにより、EATは簡易な鮮度の目安として活用できることが示唆されました。

## おわりに

マイワシの高鮮度保持には大きく3つの管理ポイントがあります。まずは、冷熱量試算により漁獲時に適切な水量を用いてマイワシを冷却することです。次いで、漁獲後にシャーベット氷または海水氷でマイワシを凍結点である $-1.3^{\circ}\text{C}$ 付近に保

って流通させることです。そして、温度履歴をモニタリングすることによって、鮮度が保たれているか確認できるようにすることです。これら管理ポイントを解明したことによって、鮮度低下の速いマイワシを高鮮度のまま流通させられる、道産マイワシの流通モデルが提案できるようになりました。今後も、行政機関と道産マイワシの消費拡大に向けて連携を図りながら、地産地消を推進するとともに、巨大消費市場にも高鮮度が保証された道産マイワシを供給できるよう、成果の普及に努めて参ります。

## 参考文献

- 1) 水産物流通調査 / 確報 産地水産物用途別出荷量調査 令和3年産地水産物用途別出荷量調査（農林水産省）
- 2) Saito, T., Arai, K., and Matsuyoshi, M. A New Method for Estimating the Freshness of Fish, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 1959;24, 749-750.
- 3) 中村全良・西紘平・渡辺徹哉・田元馨：イワシの利用加工に関する研究-1 氷蔵および氷水処理中の鮮度変化について, 北水試月報, 1977;34(12), 9-14.
- 4) 廣川由紀・木咲弘：低温貯蔵したマイワシの鮮度と揮発性成分量の検討, 日本家政学会誌, 1990;41(4), 295-301.
- 5) 松村恒男・永井由紀：冷蔵温度の魚肉のK値への影響, 調理科学, 1987;20(3), 255-258.
- 6) 松本泰典：スラリーアイスによる水産物の鮮度保持, *Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn.*, 2019;73(1), 14-18

（佐藤暁之 釧路水産試験場加工利用部

報文番号B2482）

## 資源管理・海洋環境シリーズ

## 2021年北海道太平洋大規模赤潮の発生シナリオ

キーワード：カレニア・セリフォルミス、道東沿岸流、窒素濃度、海洋熱波

## はじめに

2021年9月に北海道太平洋海域で発生した大規模有害赤潮では、ウニ、サケを中心に90.7億円を超える我が国で過去最悪の漁業被害を記録しました（北海道水産林務部水産振興課, [https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ssk/akashio\\_info.html](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ssk/akashio_info.html)) (2023.10.18)。この赤潮の原因種は渦鞭毛藻の一種であるカレニア・セリフォルミス (*Karenia selliformis*) (以下、セリフォルミス) であり<sup>1)</sup>、我が国での赤潮発生報告は初めてのことでした。この事態に対して、北海道と道総研は9月下旬から本道太平洋沿岸域を中心に赤潮プランクトンの監視を開始した結果、セリフォルミスは日高から根室に至る総距離約300 kmの沿岸に広く出現したことが明らかになりました。また、セリフォルミスの細胞数密度が500 cells/mL (1 mLあたり500細胞) 以上の高密度で出現した期間は9月下旬から11月中旬までの約7週間と長期に及びました。これまで西日本を中心に発生した赤潮は、内湾の狭い海域に2～3週間程度持続するものが一般的でした。これらに比べて、2021年に北海道太平洋海域で発生した赤潮は、開放的な海域に広範囲にかつ長期間持続したことが大きな特徴になります。そこで、道総研では、このような大規模な赤潮が形成された要因を明らかにする研究の一環として、試験調査船を用いた調査を2021年から継続して実施しています。今回はセリフォルミス赤潮の予察に向け、道総研独自調査および水産庁委

託事業によって、これまでに得られた知見をご紹介します。

## セリフォルミス赤潮の発生メカニズム

一般に、赤潮はその原因種となるプランクトンの増殖環境が整わないと発生しません。セリフォルミスと同属のカレニア・ミキモトイ (*Karenia mikimotoi*) (以下、ミキモトイ) の場合には、珪藻類の細胞数密度が $10^3$  cells/mLを下回った時に増殖しやすいとした報告<sup>2)</sup>があります。これに倣い、前述の赤潮プランクトンの監視では、一部のサンプルについては珪藻類の細胞数もカウントしました。その結果、珪藻類の細胞数密度は、根室地区を除くほとんどの海域において概ね $10^3$  cells/mL以下の低密度で推移していました。したがって、2021年の秋季は、競合相手である珪藻類の非増殖・死滅などにより、セリフォルミスが増殖しやすい環境であったことが考えられます。このような珪藻類の非増殖・死滅を誘引する環境条件の1つとして最近話題の海洋熱波\*<sup>1)</sup>が考えられています。すなわち、海洋熱波が発生すると成層構造が強くなり、下層からの栄養塩補給が絶たれるため、珪藻は非増殖・死滅するとした仮説です。2021年7月には観測史上最大の海洋熱波が北海道太平洋海域を含む西部北太平洋で発生し、8月まで持続しました<sup>3)</sup>。

我が国での発生が初めてのセリフォルミス赤潮は海流に乗って北海道沿岸へ移送されたと推察さ

れたため、道総研では2021年10月上旬に試験調査船を用いて広範囲にセリフォルミスの分布を調べました。その結果、セリフォルミスは道東太平洋沿岸域を中心に出現しており、また沖合域にも分布が確認されました（図1(a)）。セリフォルミスは道東沿岸流水<sup>\*2</sup>と親潮系水の両水塊に分布していましたが、暖流系の津軽暖流水、黒潮系北上暖水には出現しませんでした（図1）。したがって、セリフォルミスは道東沿岸流、寒流系の親潮により移送されたと考えられます。

一方、北海道で赤潮が発生する1年前には、ロシアのカムチャッカ半島東岸で海産生物の大量死が生じていました。後にその大量死はセリフォルミスが原因であることが報告されました<sup>4)</sup>。また、カムチャッカ半島と北海道で出現したセリフォルミスの遺伝子配列を比較したところ、両者はセリフォルミスの中でもより近縁であることがわかりました<sup>1)</sup>。これらのことから、北海道のセリフォルミス赤潮は、2020年にカムチャッカ半島東岸で増殖したセリフォルミスが北太平洋で生き残り、その一部が親潮により本道付近まで運ばれ、海洋熱波の影響で競合生物の珪藻が減少・死滅する中、道東沿岸流に取り込まれつつ栄養塩を独占して細胞数を増やしたために発生した、とするシナリオが考えられました。道東沿岸流は5 cm/s程度のゆっくりした速度（図1(c)）で岸に沿って流れる特性を持つため、赤潮が北海道太平洋海域の広範囲に形成されたこととも整合します。もし、セリフォルミスが道東沿岸流に取り込まれなければ、沿岸域で赤潮が発生することはなかったかもしれません。

<sup>\*1</sup>海洋熱波：水温が過去数十年と比較して顕著に高い状態が数日以上持続する現象をいいます。

<sup>\*2</sup>道東沿岸流：親潮よりも高温、高塩分で、夏季から秋季にかけて道東太平洋沿岸を岸に沿って西へ流れるオホーツク海起源の沿岸流を道東沿岸流と呼んでいます。

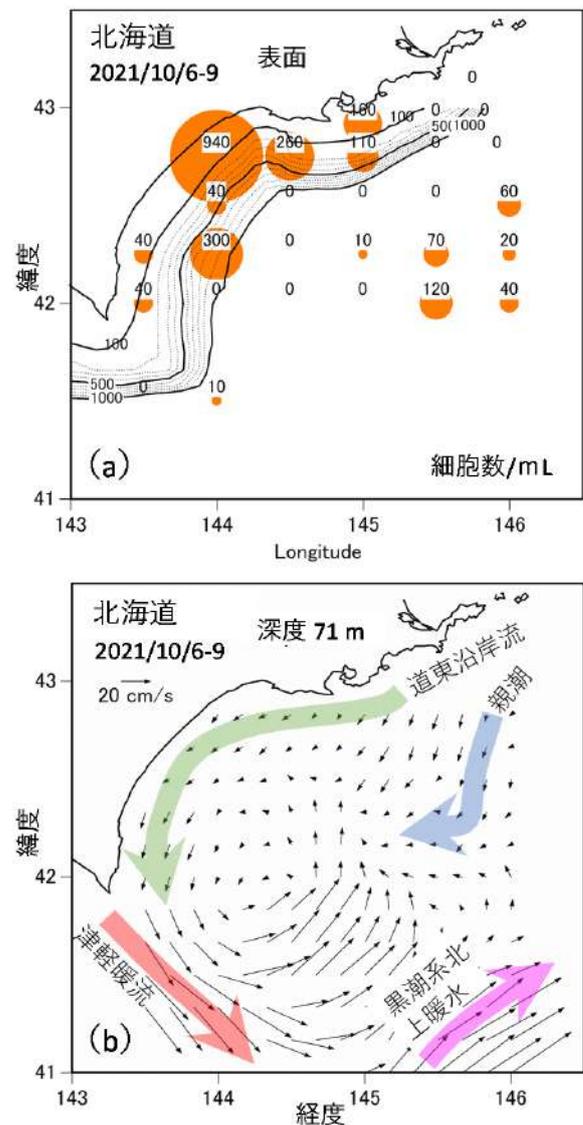


図1 2021年10月上旬における (a) 表層水中のセリフォルミス細胞数密度 (b) 流速ベクトルの水平分布

### セリフォルミス赤潮の持続メカニズム

それではなぜ、セリフォルミス赤潮は長期間持続したのでしょうか？セリフォルミスは植物プランクトンなので、栄養塩がなければ増殖できません。そこで、2022年には7月から9月にかけて、

根室沖に観測ラインを設定し、道東沿岸流水中の全窒素T-N (Total Nitrogen) 濃度を調べました。その結果を7月と8月の観測を例に図2に示します。T-N濃度は、簡単には、海中の溶存無機態窒素DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) 濃度と植物プランクトンにより消費された窒素濃度との和で求められます。植物プランクトンによる消費分はクロロフィルa濃度をもとに推定が可能で、本研究ではその濃度をクロロフィルa濃度の10倍と仮定して<sup>\*3</sup>T-N濃度を求めました。T-N濃度の鉛直分布は、7月、8月ともに、深度が深くなるほど高くなる傾向にあり、特に深度30 m以深では両月ともに10  $\mu\text{M}$  (1Lあたり100万分の1モル) 以上と高濃度でした。道総研が赤潮発生時に臨時的に実施した調査から、セリフォルミスが多く分布していた深度帯は海面から深度20 mまでなので、この深度帯の平均T-N濃度を求めると、7月が7.4  $\mu\text{M}$ 、8月が6.3  $\mu\text{M}$ となります。これらのT-N濃度を道総研が日本海のせたな沖で定期的に観測しているそれらと比較すると、日本海の8月における海面から深度20 mまでの平均T-N濃度は0.2  $\mu\text{M}$ なので、道東沿岸流水中のT-N濃度は日本海のそれに比べ数十倍高いことが分かります。したがって、道東沿岸流水中の窒素は、夏季におい

ても枯渇することなく高い濃度で維持されていると考えられます。

それでは、このT-N濃度を用いてセリフォルミスはどの程度まで細胞数を増やすことができるのかを以下に計算してみます。前述の赤潮プランクトンの監視時には、セリフォルミスの細胞数をカウントするとともに、その試水のクロロフィルa濃度も調べました。得られたセリフォルミス細胞数とクロロフィルa濃度との関係を図3に示しますが、両者は高い相関関係にあります。ここで、前述した植物プランクトンにより消費されて減少した窒素濃度はクロロフィルa濃度の10倍とする関係を用いると、クロロフィルa濃度からセリフォルミスが1細胞増えるのに必要な窒素量を計算することができます。図3の回帰式をもとにセリフォルミスが1細胞増えるのに必要な窒素量は17.6 pmol (1兆分の1モル) と見積もられました。道東沿岸流水中のT-N濃度を7  $\mu\text{M}$ とすると、存在可能なセリフォルミスは397 cells/mLと計算されます。したがって、図1 (a) ではセリフォルミスが数百細胞の規模で出現している地点が認められますが、この水準であれば、道東沿岸流の水塊に溶存している豊富な栄養塩で十分細胞数を増やすことができると考えられました。また、

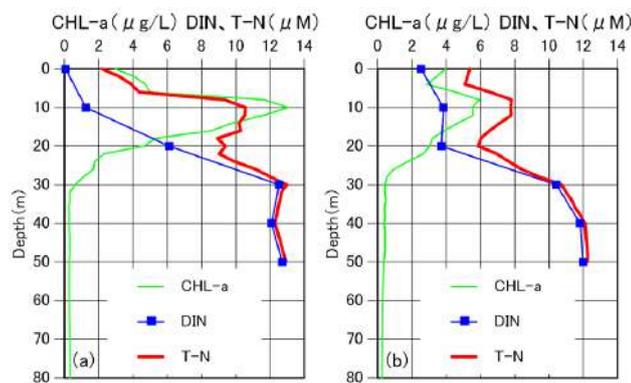


図2 根室沖10マイル地点におけるクロロフィル a濃度、DIN濃度、T-N濃度の鉛直分布。(a) 2022年7月26日 (b) 2022年8月17日観測

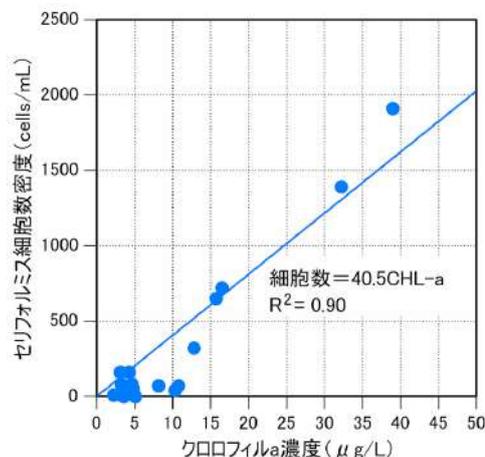


図3 クロロフィルa濃度とセリフォルミス細胞数密度との関係

ミキモトイは数十mの日周鉛直移動をすることが知られています<sup>5)</sup>。夜間には深度20 m以深の中層へ移動して栄養塩を吸収し、昼間は表層へ浮上して光エネルギーを利用して増殖します。セリフォルミスの日周鉛直移動については、現在、調査中ですが、前述したように高密度の状態が7週間持続したことを踏まえると、ミキモトイと同様に中層の豊富な栄養塩を利用した可能性が考えられます。

以上のことから、北海道太平洋海域は、夏～秋季においても大規模有害赤潮を発生・維持するだけの高い栄養塩ポテンシャルを潜在的にもっていることがわかりました。

\*<sup>3</sup> 植物プランクトンの平均的C/Chla は、30～60とされているので<sup>6)</sup>、レッドフィールド比 (C:N = 106 : 16) を考慮して、N/Chlaを10とした。

## おわりに

前述したように、海洋熱波は赤潮を発生させたトリガーの1つと考えられました。海洋熱波は地球温暖化に起因して発生しているとした報告があり<sup>7)</sup>、その発生回数は年々増加傾向にあります<sup>8)</sup>。北海道太平洋の道東沿岸流、親潮が流れる海域は栄養塩が豊かで、多くの水産資源を育んできましたが、その反面、栄養塩が豊かであるが故に、気候変動を受けて新たな漁業被害の発生するリスクが高まっているのかもしれませんが。

本研究により、セリフォルミス赤潮の発生予察には海洋の循環系を網羅した監視体制が有効と考えられました。道総研では赤潮の早期予察に向けて、人工衛星GCOM-Cが観測したクロロフィルa濃度の画像を掲載するサイト (<https://hro-fish.net/satellite/index.html>) を構築しました。また、セリフォルミス赤潮が沖合域で発生した際に早期発見するため、大学や他研究機関と共同で人工衛

星データから赤潮海域を判別するアルゴリズムを開発中です。

## 参考文献

- 1) Iwataki M, Lum WM, Kuwata K, Takahashi K, Arima D, Kuribayashi T, Kosaka Y, Hasegawa N, Watanabe T, Shikata T, Isada T, Orlova TY, Sakamoto S (2022) Morphological variation and phylogeny of *Karenia selliformis* (Gymnodiniales, Dinophyceae) in an intensive cold-water algal bloom in eastern Hokkaido, Japan. *Harmful Algae.*, 114, 102204.
- 2) 今井一郎 (2012) シャットネラ赤潮の生物学, 生物研究社, 東京, 184pp.
- 3) Kuroda H, Setou T (2021) Extensive marine heatwaves at the sea surface in the northwestern Pacific Ocean in summer 2021, *Remote Sens.*, 13, 3989. <https://doi.org/10.3390/rs13193989>.
- 4) A.V. Zhirmunsky National Scientific Center for Marine Biology. Internet web. Download from: (<http://www.imb.dvo.ru/index.php/ru/konferentsii-seminary/463-novye-shagi-rossijskikh-i-inostrannykh-uchenykh-v-izuche-nii-krasnykh-prilivov-na-poberezhe-tikhogo-okeana> (2020)) (2023.11.27)
- 5) Koizumi Y, Uchida T, Honjo T (1996) Diurnal vertical migration of *Gymnodinium mikimotoi* during a red tide in Hoketsu Bay. *J. Plankton Res.*, 18, 289-294.
- 6) Parsons TR, Stephens K, Strickland JDH (1961) On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton, *J. Fish. Res. Bd, Canada*, 18, 1001-1016.
- 7) Laufkötter I C, Zscheischler J, Frölicher TL (2020) High-impact marine heatwaves attributable to human-induced global warming, *Science*, 369, 1621-1625.
- 8) Frölicher TL, Gruber N, Fischer EM (2018) Marine heatwaves under global warming, *Nature*, 560, 360-364.

(西田芳則 中央水試資源管理部

報文番号B2483)

## 資源増殖・水産工学シリーズ

## 北海道産アオサ属海藻の陸上養殖の現状と展望

キーワード：道産海藻、アオサ属、青海苔、陸上養殖、環境変動

## はじめに

近年、北海道における漁業生産量はサンマ、スルメイカなどの主要な魚種の減産によって低い水準で推移しています<sup>1)</sup>。コンブ類については、海洋環境の変化に起因すると考えられる群落の衰退が見られ、特に道南海域では深刻な状況が続いています。このため、今後、天然資源に依存しない養殖業への関心は一層高まることが予想されます。ただし、道内の漁業就業者数は減少傾向にあるうえ<sup>2)</sup>、高齢化も進んでおり、大規模な海面養殖を展開することは困難と考えられます。そこで、将来を見据え、労力をかけずに安定した収入が得られる可能性のある海藻の陸上養殖に注目しました。

稚内水産試験場では海藻の陸上養殖事業化に向け、様々な海藻の培養実験を行い、陸上養殖に適した種を選定してきました<sup>3)</sup>。現在はその中で高単価かつ生産効率の良いアオサ属海藻のほか、数種の有用海藻の陸上養殖技術を開発するため、培養実験や陸上養殖試験を行っています。本稿では現行の北海道産アオサ属海藻に関する試験研究の進捗状況を紹介します。

## アオサ属海藻について

緑藻アオサ属の海藻には、海岸でよく見かけるアナアオサをはじめ、産業的に利用されるスジアオノリなどが含まれます<sup>4)</sup>。

アオサ属海藻は、単相の配偶体と複相の孢子体があります。両世代は同じ形をしているため、こ

のような生活環は一般に同形世代交代と呼ばれます(図1)。配偶体には雌性体と雄性体が存在しますが、これらも同じ形をしており、同様に外見からは区別できません。孢子体は成熟すると4本の鞭毛を有する微小な遊走子を放出します。それらは発芽して配偶体となります。雌雄の配偶体からは、それぞれ2本の鞭毛を有する微小な配偶子が放出されます。それらが接合し、発生したものが孢子体です。ただし、配偶子のなかには接合せずに個々に発生して再び配偶体になる(単為発生)こともあります。アオサ属海藻は同型世代交代を基本としていますが、単為発生が見られるなど、その生活環は少し複雑です。

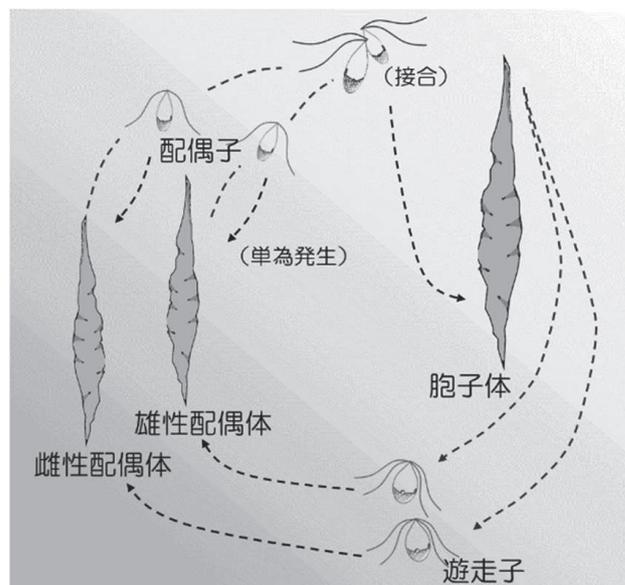


図1 アオサ属海藻の生活環の一例

## 北海道におけるアオサ属海藻の利用状況

アオサ属海藻の一部は「青海苔」や「あおさ」、「あおさ海苔」として製品化され、それらの粉末は焼きそばやお好み焼き、スナック菓子などに振りかけて使用されます。北海道においても、かつてはアナアオサやウスバアオノリなどが食用に採集されていたことがあったようですが<sup>5-7)</sup>、今はほとんど利用されていません。道外では養殖が行われており、スジアオノリについては既に大規模な施設を利用した陸上養殖も取り組まれています。近年は、道内でも企業や市町村が陸上養殖事業に関心を示しており、稚内水産試験場は連携して養殖事業化を目指しています(写真1)。

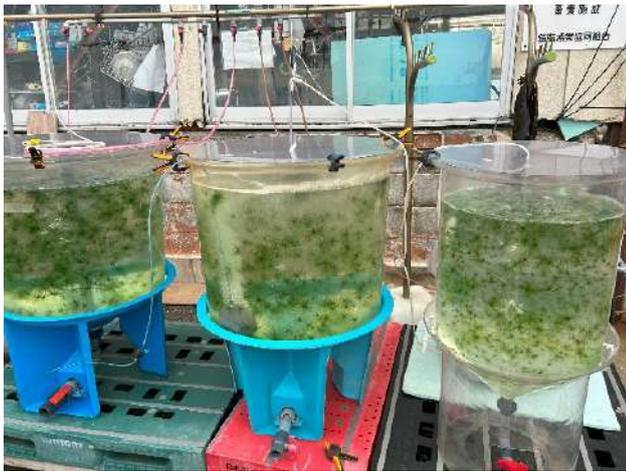


写真1 留萌市で行われているアオノリの陸上養殖試験。地場のアオノリを使用している

## 道産アオサ属海藻の収集と保存

培養実験や陸上養殖試験で使用するため、北海道内の25地点から31株のアオサ属海藻を採集しました。それらの形態を観察した結果、未同定種を含む8種が認められました(表1)。

採集した藻体は、夾雑物を取り除くために水道水と1 $\mu$ m孔径のカートリッジフィルターで濾過した海水(以下、濾過海水)でよく洗浄しました。次に藻体から5mm角程度の葉片を3枚切り出し、それらの葉片を滅菌した濾過海水で洗浄すると

もに、ペーパータオルを用いて表面の付着物を取り除きました。洗浄後、それらの葉片は水温15 $^{\circ}$ C、照度4000~5000 lux、光周期12時間明期(L):12時間暗期(D)(以下、12L:12D)の条件下、1mlの酸化ゲルマニウム溶液(2mg/l)を添加した1lの栄養強化海水(以下、PES培地<sup>8)</sup>)中で、エアレーションによる攪拌を行いながら培養(以下、通気培養)しました。このように培養した葉片から遊走子または配偶子を採取し、培養株を確立しました。

北海道沿岸には収集したほかにも、いくつかの種が報告されています<sup>9)</sup>。今回、形態的な特徴から種が判別できなかったものについては、遺伝子解析の結果から種を同定する予定です。

表1 採集したアオサ属海藻のリスト

種名	学名	採集地点	株数
アナアオサ	<i>Ulva australis</i>	紋別市海洋公園、紋別市コムケ湖、稚内市声間、稚内市弁天島、留萌市三泊ほか	13
ヒラアオノリ	<i>Ulva compressa</i>	留萌市三泊	1
ボウアオノリ	<i>Ulva intestinalis</i>	網走市美岬、稚内市声間、留萌市三泊、奥尻町奥尻、襟裳町東洋	6
ウスバアオノリ	<i>Ulva linza</i>	網走市二ツ岩、稚内市弁天島、礼文町差閉、留萌市三泊、神恵内村神恵内漁港ほか	7
スジアオノリ	<i>Ulva prolifera</i>	稚内市宗谷岬	1
アオサ属の一種	<i>Ulva</i> spp.	佐呂間町浪速、函館市湯ノ浜、釧路町昆布森	3



写真2 2022年11月29日に神恵内村神恵内漁港で採集されたボウアオノリ(左)と2022年6月10日に礼文町差閉沖で採集されたウスバアオノリ(右)

## 培養実験

今回は3種4株（神恵内村産のボウアオノリ、礼文町産と知内町産のウスバアオノリ、稚内市産のスジアオノリ）の試験結果を紹介します。ボウアオノリやウスバアオノリは産業的にあまり使われない種です。これらはスジアオノリと同様に日本各地に分布する種で、北海道沿岸にも生育しています。前者は細長い管状の藻体で（写真2左）、後者は薄く、幅広の膜状の藻体です（写真2右）。

実験には培養株から生産した葉長1 cm前後の個体を用い、水温5.0～27.5℃まで2.5℃ずつ変化させた10試験区を設定し、照度約4000 lux、光周期12L:12Dの条件下、市販されている栄養剤のKW21（第一製網株式会社）を0.125 ml添加した0.5 lの滅菌濾過海水中に6個体を収容して通気培養しました。試験期間は2週間とし、1週間毎に湿重量を測定して、その期間中の日間生長率を算出しました。なお、各試験区につき3回の試験を行い、それぞれの試験で得られた日間生長率の平均値（以下、平均の日間生長率）を各試験区の値として採用しました。

①神恵内村産のボウアオノリは5.0～12.5℃では、培養1週目の方が日間生長率は高かったですが、15.0～27.5℃では培養2週目の方が高くなりました（図2左上）。平均の日間生長率は、5.0～12.5℃では水温が上昇するにつれて増加しましたが、それ以上では一転して低下する傾向が見られました。遊走子の放出（成熟）は5.0℃を除くすべての条件で観察されました。

②礼文町産のウスバアオノリは、10.0～25.0℃では培養2週目に日間生長率が急激に低下しました（図2左下）。平均の日間生長率は、5.0～15.0℃では水温が上昇するにつれて増加する傾向が見ら

れました。また、15.0～25.0℃でも日間生長率は30.0%/day以上を維持しており、高水温下でも比較的よく生長することが確認されました。5.0℃～7.5℃、27.5℃では遊走子の放出量が少ない、あるいは成熟しませんでした。このことから、10.0～25.0℃で観察された日間生長率の急激な低下は、成熟に起因するものと考えられます。

③知内町産のウスバアオノリは、培養1週目と2週目で日間生長率に大きな変化は認められませんでした（図2右下）。平均の日間生長率は、5.0～22.5℃では水温が上昇するにつれて増加しましたが、それ以上では低下する傾向が見られました。なお、培養期間中にいずれの条件下でも成熟は認められなかったため、培養期間中に日間生長率が大きく変化することはありませんでした。

④稚内市産のスジアオノリの日間生長率は、5.0～15.0℃では培養2週目、17.5～27.5℃では培養1週目の方が高くなりました（図2右上）。平均の日間生長率は、5.0～20.0℃では水温が上昇するにつれて増加する傾向が見られました。15.0～22.5℃では日間生長率約30.0%/dayと比較的良く生長しましたが、5.0～7.5℃や25.0～27.5℃では著しく生長率が低下しました。なお、培養期間中にいずれの条件下でも成熟は認められませんでした。

以上、3種4株についての培養試験の結果を紹介しました。それぞれの株で最も生長した水温は、平均の日間生長率で比較すると、神恵内村産のボウアオノリは12.5℃、礼文町産のウスバアオノリは15.0℃、知内町産のウスバアオノリは22.5℃、稚内市産のスジアオノリは20.0℃であり、種間で生育に適した水温が異なることが示されました。

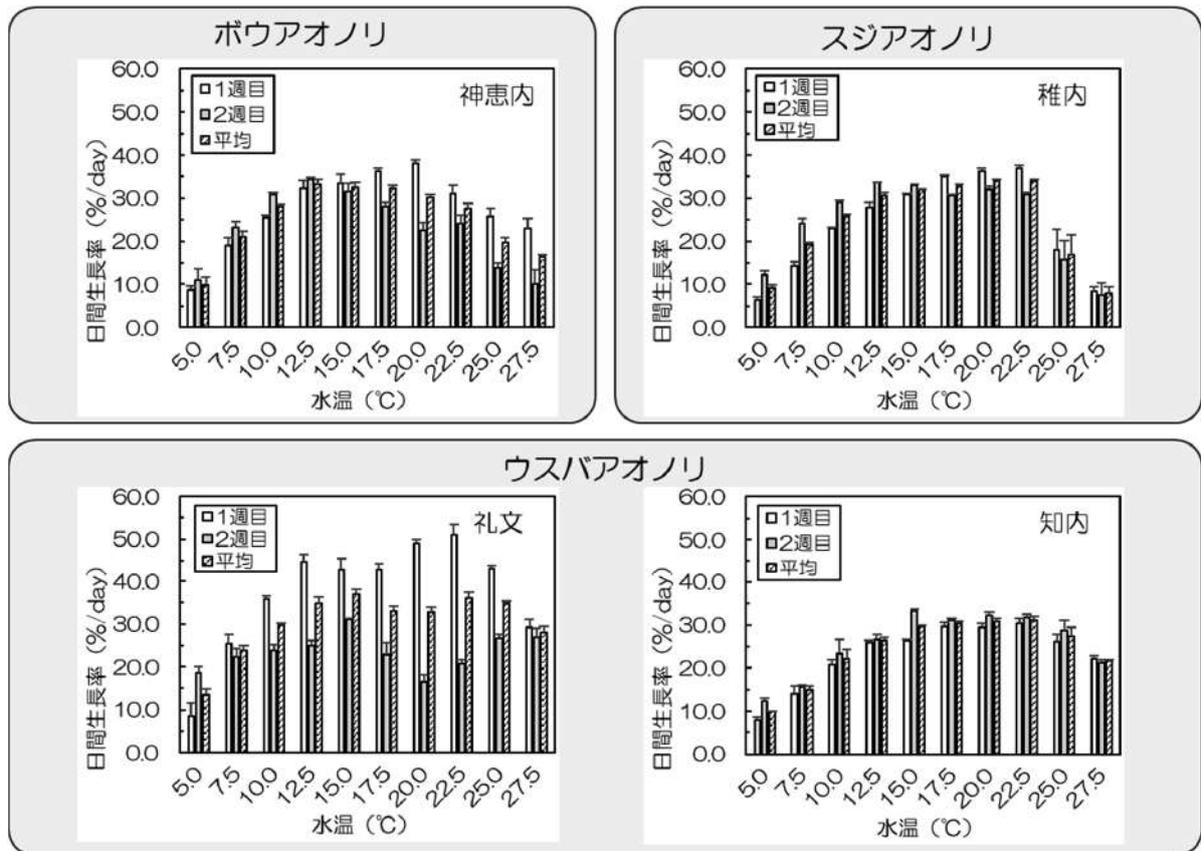


図2 アオサ属海藻3種4株の生長に及ぼす水温の影響. エラーバーは標準誤差を示している

ウスバアオノリについては株間で生長速度や成熟状況が異なり、水温に対する応答性に違いがあることが明らかとなりました。また、ウスバアオノリの天然個体は幅広であり（写真2右）、ボウアオノリやスジアオノリなどとは形態的に大きく異なりましたが（写真2左）、培養個体は他種に近い形になりました。（写真3）。なお、礼文町産の株は他の3株に比べて広い水温帯でよく生長するうえ、短期間の培養であれば日間生長率が50.0%/dayを上回ることから、成熟を抑制できさえすれば、陸上養殖の対象種として有望な株と言えます。

アオサ属の海藻のアオアオサやスジアオノリは細胞間に成熟を阻害する物質を持ち、それが藻体外に流出し、その濃度が低下すると成熟することが知られています<sup>10-11)</sup>。また、スジアオノリでは培養液10ℓに10gより多くの藻体片を入れると、

水槽中の成熟阻害物質の濃度が上昇し、胞子形成阻害が生じると考えられています<sup>12)</sup>。これらのことから、密度を調整することで、ウスバアオノリやボウアオノリについても、成熟を制御できると推察されます。ただし、これまでに行った密度別の培養実験の結果では、密度を高めると日間生長率が低下し、収量が減少することが確かめられています。そのため、種または株ごとに収量を考慮した最適な密度の検討が必要であると考えます。陸上養殖では水温の調整に要する費用は、生産費用の大部分を占めます。種や株ごとの性質の違いを把握し、養殖時の気温または水温に合わせて、いくつかの株を使い分けることで、その費用を大幅に低減できると考えられます。この点を改善できると、陸上養殖事業化の実現に大きく近づきます。地道な作業が続きますが、引き続き同様の培養実験を行い、データの集積を図るつもりです。

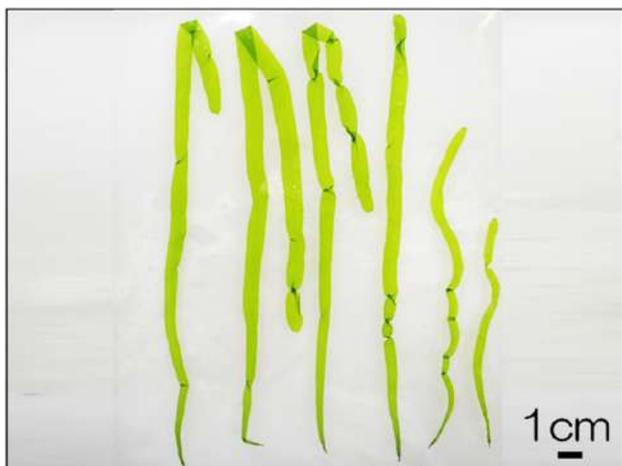


写真3 礼文町産ウスバアオノリの培養個体

### 陸上養殖試験

ここでは、培養試験で紹介した3種4株について、規模を大きくした陸上養殖試験の結果を紹介します。試験には培養株から生産した葉長数cm程度の種苗を使用しました。それらを100 lの円形水槽に約25.0 g入れ、水温15.0℃、照度8000 lux (水面付近)、光周期12L:12Dの条件下、紫外線で殺菌したうえ、25 mlのKW21と2 mlの酸化ゲルマニウム(2 mg/l)を添加した100 lの濾過海水中で1週間通気培養しました。試験は4回行い、各試験で得られた日間生長率や収量を比較しました。

その結果、神恵内産のボウアオノリの日間生長率は30.7%/day、礼文産と知内産のウスバアオノリは、それぞれ33.0%/dayと34.9%/day、宗谷産スジアオノリは31.5%/dayでした(表2)。養殖1週間で、重量は開始時9~10倍程度にまで増加しました。

スジアオノリでは海洋深層水や地下海水を連続的に給水した水槽で養殖試験が行われており、前者では日間生長率は最大60%/day<sup>13)</sup> 後者では最大47%/day<sup>14)</sup>と報告されています。まずはこれらの数値を目標に、引き続き技術的な改良を進めたいと考えています。

表2 養殖個体の日間生長率と収量

株名	日間生長率(%/day)	収穫時の湿重量(g)
神恵内村ボウアオノリ	30.7±0.9	217.2±14.9
礼文町産ウスバアオノリ	33.0±1.0	252.3±16.2
知内産ウスバアオノリ	34.9±0.6	288.0±10.9
稚内市産スジアオノリ	31.6±0.4	228.8± 5.8

### 食味試験

ここでは、ボウアオノリとウスバアオノリ、スジアオノリについての試験結果を紹介します。

前述した養殖試験によって得られた収穫物(写真4-1)は、ザルに移して水道水でよく洗浄するとともに、枯死部や退色部、形態的異常が生じた個体を取り除きました。次にハサミでよく細断し、それらを海苔<sup>す</sup>の上にひろげ、送風式乾燥器を用いて60℃で一晩乾燥しました(写真4-2)。乾燥した試作品は、14~21人を対象に食味試験とアンケート調査を実施しました。調査は点数制による評価方法を採用し、香りの有無のほか、風味や苦み(えぐみ)、塩味、食感について評価に応じた5段階の点数を与えました。回答は項目ごとに平均値を算出するとともに、全項目の合計点数(最高30点)を比較しました。

製造した試作品はやや厚みがあり、やや硬くはありましたが、一般に海苔(原料:アマノリ)と言われるものに類似したものができました(写真4-3)。養殖個体の形状が糸状または線状の場合は、きれいな板海苔に仕上がりましたが、葉幅の広い個体を使用した場合は、細断が不十分であると乾燥した際に板海苔の表面が粗く見えたり、穴があいたりすることがわかりました。

アンケート調査の結果、ボウアオノリは強い風味がある点は高評価でしたが、その他の項目については他種に比べてやや低い評価となりました(図3)。特に苦みを強く感じるとの回答が目立ち、各項目の合計点数は17.9点でした。ウスバアオノ

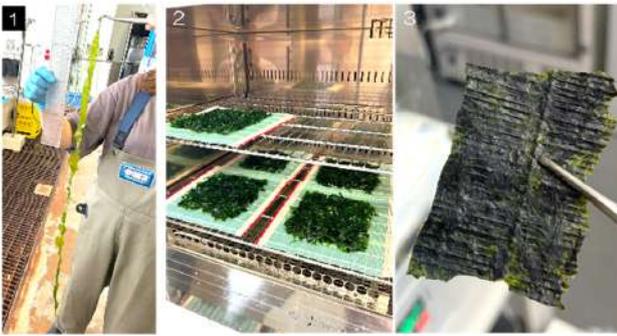


写真4 試作品の製造工程. 1:収穫した養殖個体, 2:乾燥工程, 3:乾燥品した試作品

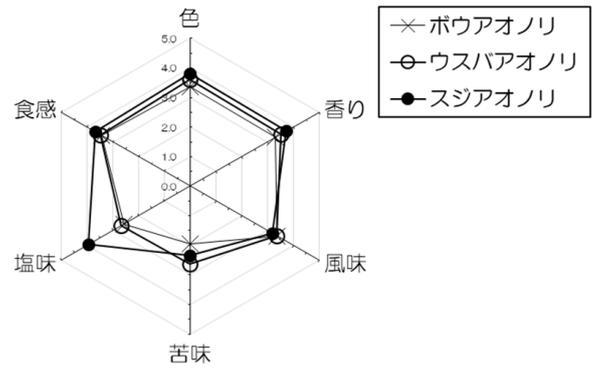


図3 アオサ属海藻3種についての食味総合評価

りは色や香り、風味、食感、同様に養殖したスジアオノリに遜色ない評価が得られました。苦みが弱い点は良かったですが、スジアオノリに比べて塩味を強く感じる点が評価を落とすこととなり、各項目の合計点数は19.3点でした。スジアオノリは色や香り、食感が良いとの回答が得られました。やや苦味を強く感じる点以外は全体として評価が高く、各項目の合計点数は20.7点でした。

試作品は同じ方法で生産しているので、各試作品の味の差は、種または株の違いに起因するものと考えられます。塩味の差は養殖個体の形態の違い、例えば、管状の藻体と膜状の藻体、部分的に管状をなす藻体とでは、藻体内の空間の大きさに差があり、藻体内の海水の抜け方に違いが生じたためと考えられます。塩味は水道水にさらす時間を長くすることで低減できましたが、同時に風味が損なわれてしまうため、頭を悩ませています。

アンケート調査の自由記述の回答では、「市販の青海苔に比べたら、いずれの試作品も味は良いし、香りも強い」という意見がありました。一方で、「市販品よりも苦味またはえぐみを強く感じる」との意見も目立ちました。ただし、料理に使用した場合は「苦味がアクセントとなって良い」や「お好み焼きなどに振りかけて使用すると苦味は気にならない」との意見もあったことから、ある程度の苦味は必要であることがわかりました。

あるいは用途に応じて、株を使い分けることも検討した方が良いかもしれません。今回は紹介できませんでしたが、既に道産のアオサ属の海藻13株についての食味試験を実施しています。程度の差はあるものの、いずれも苦味があることがわかっており、苦味は本属海藻の共通した特徴であると考えられます。今後、培養条件を改良するか、海外の知見なども参考にして加工方法を見直すなどして、苦味のみを低減できるか検証するつもりです<sup>15)</sup>。また、単体で食味を味わうか、あるいは料理の素材として使用するか、様々な用途も検討したいと考えています。

#### おわりに

今回、海藻の陸上養殖事業化に向けた道産アオサ属海藻の養殖試験の進捗状況を紹介しました。培養実験を通じて、種ごとに異なる温度特性を持っていることが明らかとなってきました。また、ウスバアオノリについては、同種でありながら株間でそのような違いが見られたことは興味深いことです。食味試験では、株ごとに苦みや風味の強さが異なることが示されました。今後は株ごとの温度特性や生産効率、味などを総合的に評価して陸上養殖に適した株を選定し、効率的な養殖技術の開発へと繋げたいです。

北海道沿岸には多数の有用海藻が生育していま

すが<sup>5, 7)</sup>、コンブ類や一部の海藻を除いて、ほとんど未利用な状況です。本研究が北海道産の海藻を活用した新たな産業創出につながり、水産業の振興に貢献できるよう引き続き研究を進めていきます。

## 謝辞

試料の収集には栽培水産試験場栽培技術部、紋別市産業部水産課、網走市農林水産部、留萌市農林水産課、宗谷地区水産技術普及指導所礼文支所、胆振地区水産技術普及指導所、並びに檜山地区水産技術普及指導所奥尻支所の方々にご支援いただきました。食味試験やアンケート調査においては多数の方々からご支援と貴重な意見を賜りました。以上、関係者の方々に深く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 北海道水産林務部総務課 (2022)2022北海道水産業・漁村のすがた 北海道水産白書. 北海道, 札幌
- 2) 北海道水産林務部総務課 (2023)2023北海道水産業・漁村のすがた 北海道水産白書. 北海道, 札幌
- 3) 前田高志 (2023)海藻の陸上養殖事業化に向けて. 北水試だより,106号:5-9
- 4) 吉田忠生, 鈴木雅大, 吉永一男 (2015)日本産海藻目録 (2015年改訂版). 藻類, 63:129-189
- 5) 名畑進一 (2001)北海道有用海藻とその生産状況, 根室水産海洋研究年報第4号
- 6) 名畑進一 (2005)海藻アオサ類の分類と利用. 北水試だより, 69号:1-5
- 7) 木下虎一郎 (1947)未利用海藻の食用化. 北方出版社, 札幌.
- 8) Andersen RA (2005) Algal culturing techniques. Elsevier
- 9) 畷田 智, 横山奈央子, 増田道夫 (2007)北海道沿岸にアオサ属藻類. 植物研究史, 82:205-216
- 10) Dan A, Hiraoka M, Ohno M, Notoya M (2004) Activity of sporulation inhibitor in the green alga, *Enteromorpha prolifera*. Jpn. J. Phycol., 52:79-82
- 11) Hiraoka M, Enomoto S. The induction reproductive cell formation of *Ulva pertusa* Kjellman (*Ulvales*, *Ulvophyceae*). Phycol. Res., 1998; 46:199-203
- 12) 團昭紀 (2008)スジアオノリの生理生態学的研究とその養殖技術への応用. 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所研究報告, 6:1-78
- 13) 江端弘樹, 平岡雅規 (2006)アオサ類の大量養殖. 日本船舶海洋工学会 講演会論文集第2K号, 101-104
- 14) 江端弘樹, 佐藤義夫, 畷田智, 四ツ倉典滋, 平岡政規 (2007)地下海水を用いた緑藻スジアオノリ陸上養殖の可能性. 水産増殖, 55:103-108
- 15) Jayakody MM, Vanniarachchy MPG, Wijsekara WLI (2021) Development and characterization of a seaweed snack using *Ulva fasciata*. J. Food Sci. Technol., 58:1617-1622

(前田高志 稚内水試調査研究部

報文番号B2484)

## さけます・内水面シリーズ

## 北海道南西部のサクラマスの資源評価

キーワード：サクラマス、資源評価、CPUE

## はじめに

サクラマスは北海道南西部（後志・檜山・渡島地方）において春の主要な漁業対象種です。北海道における1,000 t前後の漁獲量のうち、1980年代にはその大部分が北海道南西部で漁獲されていましたが、近年は500 t程度に減少し、日本海側（後志・檜山地方）において資源の減少が懸念されています（図1）。

ただし、サクラマスは母川周辺を中心とした広い地域で多様な漁法により漁獲され（図2）、地域や漁法によっては漁業者数の中長期的な変化が大きいいため、定量的な資源評価が困難でした。そこで、北海道南西部においてサクラマスの詳細な漁獲データを収集するとともに、新たな資源評価方法を検討しました。ここでは新たな方法により得られた近年の資源動向について報告します。

## サクラマスの資源評価の課題

一般的に魚類の資源評価には、漁獲努力量当たりの漁獲量（CPUE）が用いられ、漁獲努力量には漁業者数、漁具の数、漁網の面積等が用いられます。漁獲努力量の年変化が比較的小さい定置網漁業主体の漁業対象種は漁獲量により資源評価が可能な場合もありますが、釣りや刺網といった漁法では漁獲努力量の変化が大きく、資源動向を把握するには漁獲努力量の情報が不可欠です。

また、広域で漁獲される漁業対象種の漁獲量データは資源密度以外の様々な要因の年変化（漁獲時期・場所、漁法など）を含んでおり、正確に資源の年変動を知るためには漁獲データから資源密度の年変動成分を算出する標準化CPUEという手法が利用されています<sup>1)</sup>。

## 詳細な漁獲データの収集と漁獲努力量の定量

北海道南西部の主要な漁業協同組合（以下漁協）

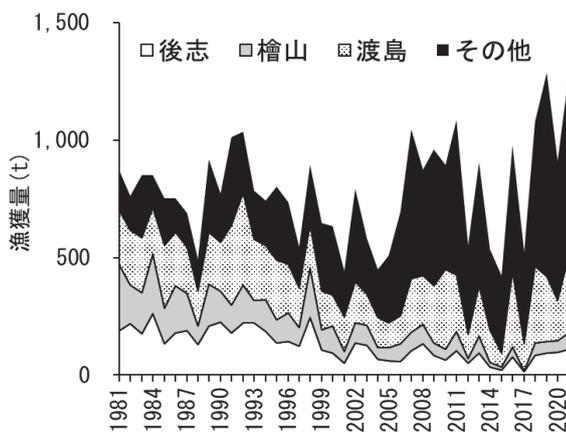


図1 北海道におけるサクラマスの沿岸漁獲量

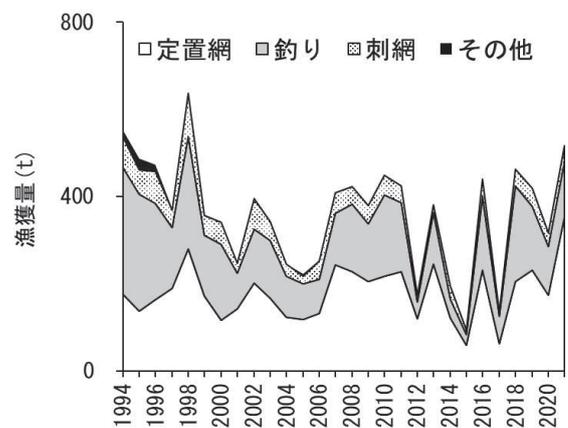


図2 北海道南西部における漁法別のサクラマスの漁獲量

において、2000年代から2021年までのサクラマスの日・漁法・漁業経営体別の漁獲尾数データを収集しました。収集したデータのうち、ひやま漁協は支所、それ以外の地域は漁協を漁獲場所として区分しました。各年においてサクラマスを漁獲した漁法別の漁業経営体数を漁獲努力量の指標値としました。檜山地方では年・漁獲場所別の漁獲尾数が漁獲努力量に比例する傾向が特に釣り漁業において強く(図3)、他地方でも同様の傾向を示しました。

### 標準化CPUEによる近年の資源動向

北海道南西部と後志・檜山・渡島の各地方を標

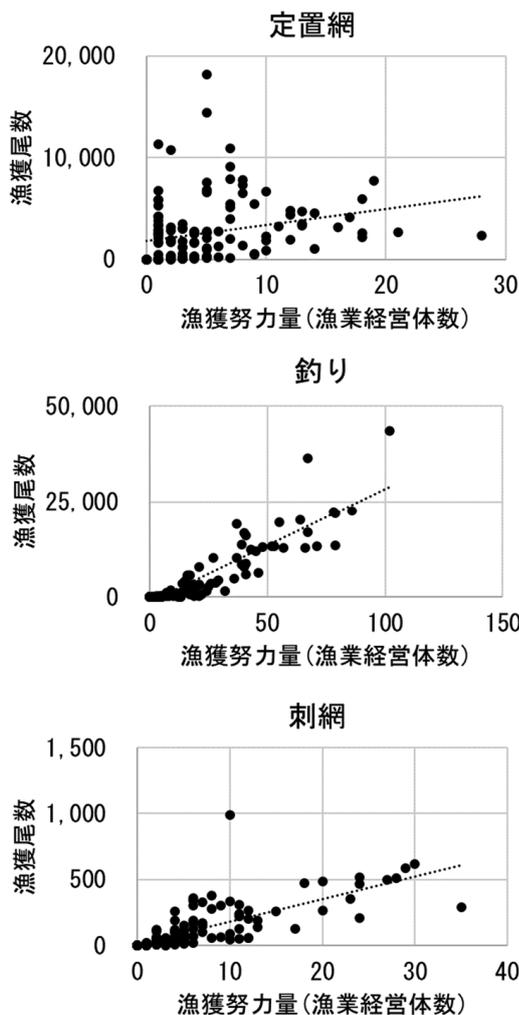


図3 年・漁獲場所別の漁獲努力量と漁獲尾数の関係(檜山地方)

準化の単位とし、サクラマスの年・漁獲場所・漁法別の漁獲努力量と漁獲尾数を統計処理し、漁獲尾数の年変動成分を算出して標準化CPUEとし、近年の資源動向を明らかにしました(図4)。標準化CPUEと漁獲量の標準化変量(平均が0で分散が1になるように変換した値)を比較すると、北海道南西部、後志及び檜山地方の近年において、

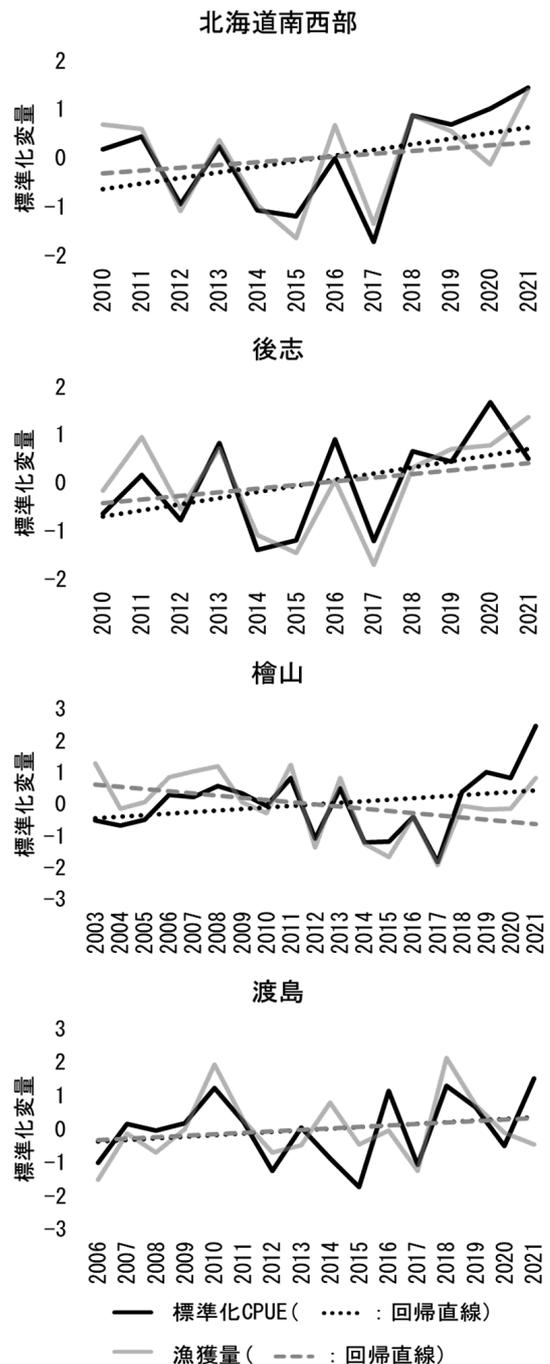


図4 標準化CPUEと漁獲量の標準化変量の変化

漁獲量の回帰直線は標準化CPUEの回帰直線を下回る傾向を示し、漁獲量の動向では近年の資源状態を過小評価してしまうと考えられました。

### 既存の漁獲統計データとの比較

5年毎に実施されている漁業センサスのうち、1983～2018年における「漁港別の営んだ漁業種別経営体数」の小定置網、その他の釣及びその他の刺網の値を集計しました。檜山地方において漁業経営体数は1980年代と比較して大幅に減少しており、収集したデータによるサクラマス漁業経営体数の変化傾向と比較したところ、釣り漁業ではほぼ一致していました。定置網漁業、あるいは刺網漁業における比較では、釣り漁業における比

較に比べて差は大きかったものの、減少傾向は一致していました(図5)。他地方においても同様の傾向がみられ、詳細な漁獲データの取得が難しい場合でも、このような漁獲統計データの利用によって中長期的に大きく変化している漁獲努力量の変化を組み込んだ資源評価が可能です。

### おわりに

このような手法により、近年のサクラマスの資源動向を正しく把握することが可能となりました。地域の資源動向を把握した上で、種苗放流や河川環境の整備の実施等、資源の増加を促す取り組みを適切な規模で行うことが、漁業資源としてサクラマスを持続的に利用するために必要であると考えられます。

本研究を実施するにあたり後志、檜山、渡島地方の漁業協同組合の関係者様におかれましては、データ収集において多大なご協力を頂きました。ここに御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 庄野 宏 (2004) CPUE標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, 68, 106-120.

(飯嶋亜内 さけます内水試さけます資源部  
報文番号B2485)

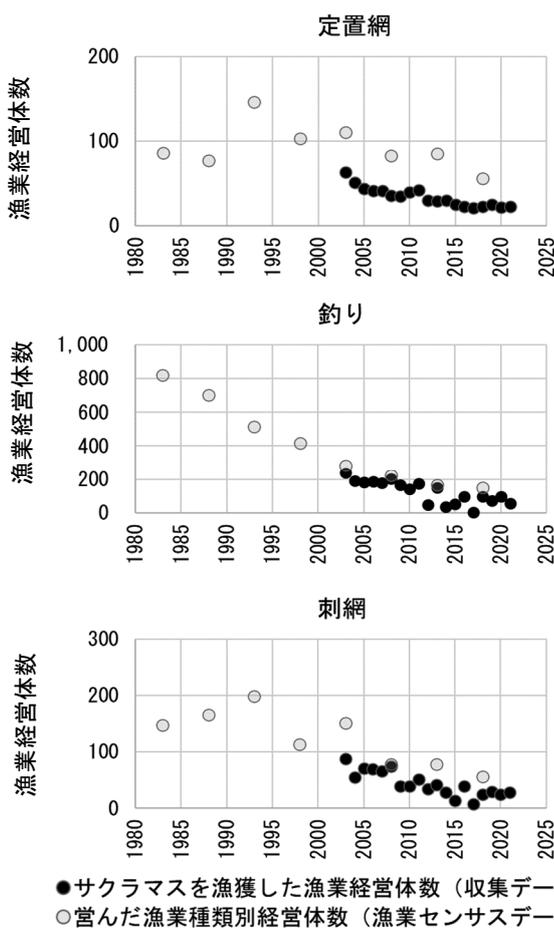


図5 檜山地方におけるサクラマスを漁獲した漁業経営体数(収集データ)と営んだ漁業種別経営体数(漁業センサスデータ)

## 各水試発トピックス

## 全国豊かな海づくり大会で両陛下への御説明を実施

前々号(106号)でも触れましたが、令和5年9月17日(日)に、厚岸町で天皇・皇后両陛下をお迎えして「第42回全国豊かな海づくり大会北海道大会」が開催されました。本大会では、式典行事と海上歓迎・放流行事が行われ、その他に企画展示などが催されました。

功績団体の表彰や両陛下からの稚貝等のお手渡し等を行う式典行事の後、海上歓迎・放流行事の前に、両陛下による御放流魚等御覧がありました。ここで道総研水産研究本部の木村本部長が御放流魚、お手渡し魚計6種について、両陛下に説明いたしました。10分弱の間、資料類を参照せずに説明し、ご質問にも随時対応する難しい役回りでしたが、無事に終えることができました。

その後、釧路水産試験場の試験調査船北辰丸も参加した海上歓迎行事に続き、放流行事では、栽培水産試験場が約半年間かけて大切に育て上げたホッケイビの種苗とマツカワの種苗が放流されました。両陛下が御放流台から両魚種を放流される際には、木村本部長は両陛下のそばに付き、後方から衆議院議長や農林水産大臣、水産庁長官、北海道知事らが見守る中、御放流のタイミング等を両陛下にお知らせする大役を担いました。前日に入念にリハーサルを行った甲斐もあり、これも無事に終わりました。

水産研究本部ではこの他に企画展示として、水産研究本部の直近の研究成果のパネルを10枚展示し、成果の普及に努めました。

本大会では長い間準備、そして当日の運営を实

施した北海道庁の方々にとって大変な苦勞があったかと思えます。道総研でも前述の栽培水産試験場、北辰丸の職員に加え、釧路水産試験場の職員も会場運営等で協力したところです。

本大会を通じて、大会の理念にもあるように、豊かな海の恵みに感謝し、栽培漁業や地域資源の利活用が推し進められ、水産業の持続的発展と地域の活性化が図られることが期待されます。



写真1 海上歓迎行事でお手を振る両陛下と木村本部長



写真2 種苗を放流される両陛下

(写真提供：北海道)

(三坂尚行 水産研究本部企画調整部)

## 各水試発トピックス

## コンブ養殖漁業振興研究チームが 道総研理事長賞を受賞！

令和5年10月27日にWebにて開催された「令和5年度地方独立行政法人北海道立総合研究機構職員表彰」において、コンブ養殖漁業振興研究チーム（前田高志主査（稚内水試）、秋野秀樹研究主幹（函館水試））が道総研理事長賞を受賞しました（写真1）。

この賞は、職務に関して有益な研究を遂げ、その研究により新規にもしくは先導的な発明発見をした成果において、北海道の産業開発や道民の生活向上に特に貢献した研究を行った職員に授与されるものです。

近年、渡島総合振興局管内のコンブ生産量は、高水温などの影響により天然コンブの減少が著しく、養殖コンブに大きく依存しています。しかしながら、函館市沿岸で行われている養殖コンブにも天然コンブ減少や気候変動に起因する生態変化の影響がみられています。養殖コンブの種苗生産には母藻として天然コンブを用いていますが、こ

数年では種苗生産に十分な量を確保することが難しくなっていました。また、海洋環境の変化により天然コンブの成熟時期が遅くなってきたため、採苗時期が9月から10月に約1ヵ月遅くなりました。そのため本養成（海面養殖）が短縮され、収穫するコンブが短い、薄くなるなどの問題が生じていました。

これらの問題を解決するために、未成熟な母藻を早期に成熟させる成熟誘導技術の開発と成熟誘導技術を用いて早期に生産された種苗を養殖する促成養殖試験に取り組みました。研究の結果、未成熟な天然母藻を室内水槽にて水温と光条件を調整し、栄養塩を添加しながら畜養することで成熟を促進することができる成熟誘導技術が開発されました。この技術により、種苗生産を通常より2週間以上早く開始できるようになったことで、本養成の開始時期も早めることができました。本養成を早く開始することで、養成期間を長く確保でき、その結果、収量の維持や増加を図ることができるようになりました。この成果が認められ、理事長賞を受賞しました。

近年、全道的に海水温の上昇がみられており、函館市沿岸以外のコンブ養殖にも本研究の成果が応用され、本道のコンブ養殖の維持、発展に寄与することが期待されます。最後に本研究にご協力いただいた方々に深く感謝するとともに、謹んでご報告いたします。

（高島信一 稚内水試調査研究部）



写真1 受賞した前田主査

水産研究本部図書出版委員会

委員長 杉西 紀元

委員 美坂 正 萱場 隆昭 中野 敦博 板谷 和彦

嶋田 宏 奥村 裕弥 高島 信一 清水 洋平

藤原 真

事務局 高嶋 孝寛 辻 浩司 加賀 均

水産研究本部出版物編集委員会

委員長 高嶋 孝寛

委員 美坂 正 西田 芳則 萱場 隆昭 吉村 圭三

中野 敦博 秋野 雅樹 藤原 真 下田 和孝

楠田 聡 安藤 大成

事務局 辻 浩司 加賀 均 (作業補助：武田 奈緒子)

\* \* \* \* \*

本誌の内容の一部、あるいは全部を無断で複写複製（コピー）することは、法律で認められた場合を除き、著者の権利の侵害となる恐れがありますので、必要な場合には、あらかじめ北海道立総合研究機構水産研究本部企画調整部あて、ご連絡くださるようお願いいたします。

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

本誌は、下記の水産試験場の広報誌です。本誌に対するご質問、ご意見がありましたら最寄りの水試までお寄せ下さい。

地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部

中 央 水 産 試 験 場

046-8555 余市郡余市町浜中町238  
電 話 0135 (23) 7451  
F A X 0135 (23) 3141

函 館 水 産 試 験 場

040-0051 函館市弁天町20-5  
函館市国際水産・海洋総合研究センター内  
電 話 0138 (83) 2892  
F A X 0138 (83) 2849

釧 路 水 産 試 験 場

085-0027 釧路市仲浜町4-25  
電 話 0154 (23) 6221  
F A X 0154 (24) 7084

網 走 水 産 試 験 場

099-3119 網走市鱒浦1-1-1  
電 話 0152 (43) 4591  
F A X 0152 (43) 4593

稚 内 水 産 試 験 場

097-0001 稚内市末広4-5-15  
電 話 0162 (32) 7177  
F A X 0162 (32) 7171

栽 培 水 産 試 験 場

051-0013 室蘭市舟見町1-156-3  
電 話 0143 (22) 2320  
F A X 0143 (22) 7605

さ け ます・内水面水産試験場

061-1433 恵庭市北柏木町3-373  
電 話 0123 (32) 2135  
F A X 0123 (34) 7233

---

北 水 試 だ よ り 第 108 号

令和6年3月4日発行

編集・発行 北海道立総合研究機構水産研究本部

ホームページアドレス <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/index.html>

印刷 株式会社 総北海札幌支社

---