

FRA NEWS

vol. **75**
2023年8月

特集

水産と光

人工衛星
緑色LED
光周期
LED漁灯
近赤外線

- 専門家に聞きました <高崎竜太郎>
ウナギストが語る ヤバい生き物「ウナギ」との付き合い方
- ピックアップ・プレスリリース
サンマ不漁と環境要因 ～その原因を探る～
- 清水庁舎（静岡県）の機能移転にあたって

水産と光

はじめに

水産への光の利用

日本では古くから太陽光や照明などの光を漁業や種苗生産、養殖などの水産に利用してきました。万葉集には漁火を詠んだ和歌がいくつもあります。

魚介類が光に集まる習性を利用して漁獲する漁を灯光漁業^{とうこう}といい、サシマの棒受網^{ぼううけあみ}、いか釣り、アジ・サバなどを漁獲するまき網などで行われています。漁灯の光源には、白熱灯やハロゲンランプ、メタルハライドランプが利用されてきました。

飼育では、白熱灯

や水銀灯、蛍光灯が

使用され、光の明る

さや明暗の周期、波

長(色)を変化させ、

対象生物の成長、生

残、成熟などを調べ

る研究が進められて

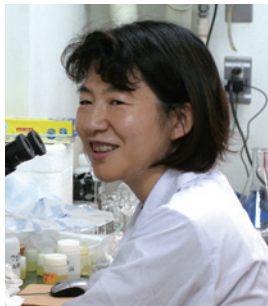
きました。近年は、

省エネ効果が高く、

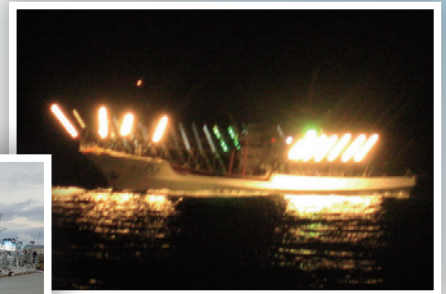
波長分布や配光特性^{※1}、明暗周期を自

由に設定できるLED照明の利用が

広がっています。



経営企画部
研究推進コーディネーター
柴田 玲奈



Contents と執筆者

2	特集 水産と光		
	はじめに	経営企画部	研究推進コーディネーター 柴田 玲奈
4	緑色 LED を利用したホシガレイ養殖	水産技術研究所	企画調整部門 研究開発コーディネーター 清水 大輔
6	光周期の調整で養殖での成熟をコントロール		
	サーモン類	同所	養殖部門 育種部 系統開発グループ 研究員 泉田 大介
	ウニ類	水産資源研究所	水産資源研究センター 社会・生態系システム部 沿岸生態系寒域グループ 研究員 高木 聖実
10	人工衛星のセンサーで漁船の明かりをみる	同所	同センター 漁業情報解析部 情報解析グループ 主任研究員 齋藤 類
12	LED 漁灯への転換でいか釣漁業の収益改善へ	開発調査センター	漁業第一グループ 研究員 鈴木 大智
14	近赤外線での脂の乗りを測る	同センター	漁業第二グループ 主任研究員 木宮 隆
16	専門家に聞きました <高崎竜太郎>		
	ウナギスタが語る ヤバイ生き物「ウナギ」との付き合い方	経営企画部	広報課 山口 純奈・中原 明紀
20	ピックアップ・プレスリリース		
	サンマ不漁と環境要因〜その原因を探る〜	水産資源研究所	水産資源研究センター 広域性資源部 外洋資源グループ 主幹研究員 巢山 哲
23	清水庁舎(静岡県)の機能移転にあたって	同所	同センター 副センター長 南 浩史

※1 配光特性：光の広がり具合のこと

水中での光環境

海水中に透過した光は、海水の水分子による吸収と散乱によって透過する距離が減少します。濁りや溶存有機物、波長によっても減少の程度は違います。長い波長の赤い光は強く吸収される一方、短い波長の青い光や緑の光は吸収されにくく、比較的深くまで届きます(図)。これらの条件の違いから、海中の光の環境は多様となっています。

魚類の視覚と光の関係

水中の生物は、浅瀬から深海までさまざまな環境に生息しています。魚は住む場所によって、流線形や平べったい形など、環境に適応した形態に変化していますが、それだけでなく、光を感じる視覚、目の機能も異なります。生息環境の違いに関する先駆的な研究では、魚の目の見え方と住む深さとの関係が報告されて

います。深い場所に住む魚ほど、よく見える光が青寄りに移行すると考えられています。

光を使った測定

光は、さまざまな測定にも利用されています。例えば、人工衛星を使って海水表面から放射される赤外線などで表面水温を測定しています。人工衛星で光を利用して海面の色を波長別に測定することで、植物プランクトンの濃度分布が分かれます。また、海中を通る光の量や散乱する光の量を調べることで濁りの度合いを調べています。ほかに、特殊な光を使った品質管理への利用も進められています。

これらの研究により、漁業や飼育の現場で、光を利用する取り組みが進んでいます。本号では、水産研究・教育機構で得られた研究の成果や光を利用した技術開発について紹介します。

check

クロマグロは微妙な青緑色の違いを認識!?



私たちは、2009年度から、東京大学・九州大学・国立遺伝学研究所と共同で、世界初となるクロマグロ(太平洋クロマグロ)の遺伝情報全体であるゲノムの全ての塩基配列の解読に取り組み、クロマグロの全ゲノムの解読に成功しました。解読したゲノムの解析により、視覚にかかわる遺伝子にクロマグロに特有の特徴を発見しました。これは、海洋表層を高速で泳ぎ回るクロマグロが、赤色の乏しい海中の景色の中で微妙な青緑色の違いを認識できることを示していると考えられます。

この発見は、クロマグロの行動特性に関する基礎的な情報であり、今後のまぐろ養殖生産技術の改善にもつながります。

2013年7月19日のプレスリリースより改変
[▶ https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr25/250719/index.html](https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr25/250719/index.html)

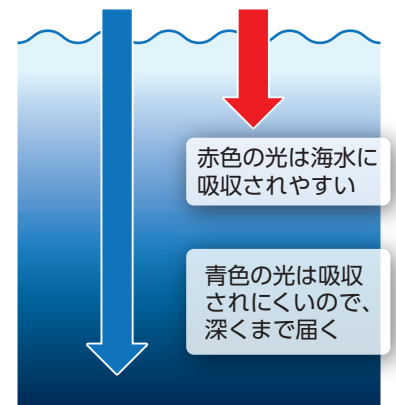


図 波長(色)による光の透過距離の違い

清澄な沿岸水では水深200メートルぐらいまで光が届きます

緑色LEDを利用したホシガレイ養殖

新たな産業の展開へ

2011年3月の東日本大震災は、東北沿岸の水産業に大きな被害をおよぼしました。そこで、被災地から新産業を創出することを目的に、地域の重要魚種であるホシガレイ（写真1）の増養殖の事業化をめざした研究を、産学官（宮城県、福島県、北里大学、水産技術研究所ほか）の連携で行いました。

本事業では、ホシガレイ稚魚を安定的に大量生産する技術の確立と、緑色LED光照射による成長促進や閉鎖循環飼育によるコスト削減効果を応用した、ホシガレイの陸上養殖の技術を開発しました。

「緑色の光を魚に当てると、たくさん餌を食べて成長がよくな

る」。この現象は、北里大学の高橋明義博士の研究グループによるマツカワ（冷水性のカレイ類）の飼育実験で見られました。水槽に緑色のフィルターを被せて飼育すると、青色や赤色のフィルターを付けた場合や何も付けない場合と比べて、成長がよくなったのです。その後の研究で、ホシガレイやマコガレイ、ヒラメといったほかのカレイやヒラメの仲間（異体類^{※2}と呼びます）も、緑色光を照射して飼育すると成長がよくなることから明らかになりました（写真2、図1）。

この現象を養殖に活用すれば、餌料の改良や育種、遺伝子組み換えなどをしなくても、水槽の上に緑色の光源をセットするだけで生産性を向上させることができます。



写真1 ホシガレイ



水産技術研究所 企画調整部門
研究開発コーディネーター

清水 大輔

異体類特有の現象

魚の緑色LED光照射による成長促進の仕組みは、①色覚・緑色光がよく見えることと、②内分泌系・緑色光の刺激で脳内にメラニン凝集ホルモン（MCH）^{※3}・1型が作られ、その作用により食欲が増進して摂餌量が増加することの2つで説明されています。しかし、不明な点も多く、さらなる研究が必要です。フグ類やソイ類、サーモン類などでも試

※1 閉鎖循環飼育：飼育水を廃水することなく、水質浄化システムで水を殺菌・ろ過し、水槽に戻して飼育する方法

※2 異体類（いたいりい）：ヒラメやマコガレイなどのカレイ目の魚は、目が片側によっていて体の左側と右側が全く異なることから異体類と呼ばれます

※3 メラニン凝集ホルモン（MCH）：色素細胞中のメラニン顆粒を凝集させ皮膚体色変化を引き起こす働きがあります。魚類のMCHには魚類型のMCH-1型と哺乳類型のMCH-2型の2種類があります



陸上養殖などで使う水槽の上部に特定の色の光を出すLEDを設置するだけで成長が促進できる技術をめざし、室内の照明がある中で実施しました

写真2 成長促進に有効な光の色を探索するための飼育実験

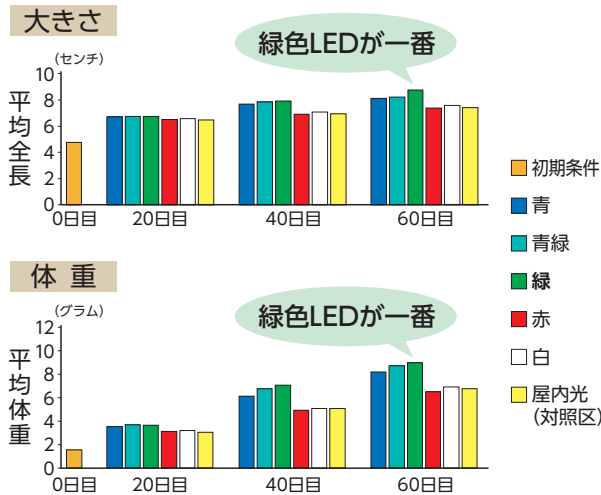


図1 さまざまな光を照射して飼育したホシガレイの成長

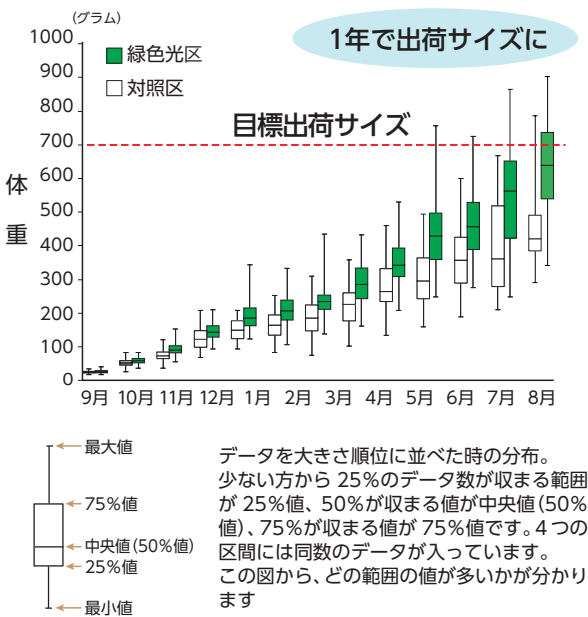


図2 緑色光を照射して行ったホシガレイ養殖試験の体重の変化

新産業の星へ

みましたが、異体類以外で特定の色で成長が促進された魚はいませんでした。

ホシガレイ養殖で適切な緑色光照射条件（光強度、光周期）を把握し、出荷サイズの大型個体でも成長が促進されること、緑色光照射は魚の品質に影響を与えないことを確認しました。さらに陸上養殖の飼育密

度、適正水温、塩分などの飼育条件や、飼育環境を維持するための閉鎖循環飼育の技術開発も進めました。これらの技術を結集し、宮古庁舎で行った緑色LED光照射による養殖実証試験では、養殖開始1年で緑色光を照射した試験区で体重635グラムに、さらに全体の25%以上が目標出荷サイズの700グラムに達しました（図2）。従来の環境光だけの飼育では、出荷サイズになるま

で2年かかっていたため、緑色光を照射するだけで、それを1年に短縮できたことは非常に大きな成果です。現在、地元市町村、漁業協同組合とともに試験養殖を実施しており、3年連続で出荷までこぎ着けました。夏場の高水温対策や間引き方法など、改善が必要な点は多いですが、緑色光で育てたホシガレイが被災地の新産業の星になるよう、今後技術開発を進めていきます。

これらの成果は、農業・食品産業技術総合研究機構 農業生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」（2016-18年）によるものです

光周期の調整で養殖での成熟をコントロール

魚介類は産卵期が近づいて成熟すると、卵や精子に栄養を奪われ、成長が止まったり品質が低下したりします。サーモン（サケ・マス）やウニの養殖では、成熟を避けて育てることが重要なテーマです。私たちは、季節的に変化する光周期（1日の明暗サイクル）を照明などで調整し、魚に季節を勘違いさせることで、サケ・マスやウニの成熟を抑制する養殖技術の開発に取り組んでいます。

サーモン類

成熟はなぜ問題か？

日本のサーモン海面養殖は、海水温の関係で、内水面^{*}の養殖場で一定期間育てた種苗を海面に移して育てる方法が主流です。多くの地域でサーモン類に適した海水温となる冬季を中心に半年間、一部の寒冷な地域では夏季を中心に半年間、海面養殖を行っています（図1）。

なう日本のサーモン海面養殖ですが、ほかにも「成熟」という課題があります。魚類は、成熟が始まると成長を止め、卵や精子を作ること優先的に栄養を使うようになります。とくにサーモン類は、秋に起こる成熟に先駆けて成長が鈍り、特徴的であるサーモンピンクの身色が退色する、筋肉中の脂肪が減少するなどの現象が発生し（写真）、種によっては死

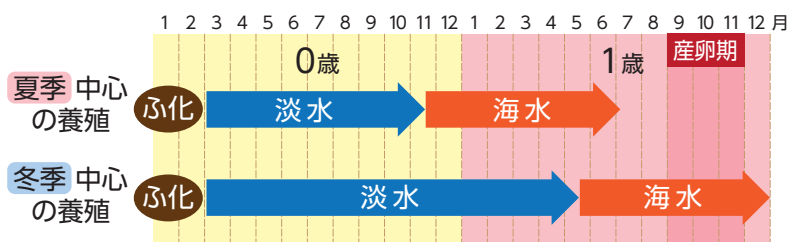
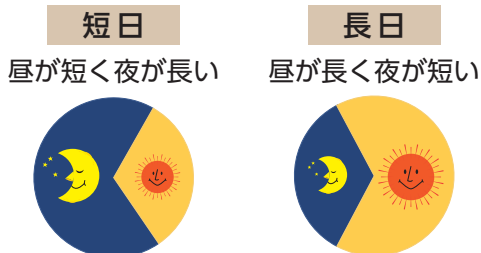
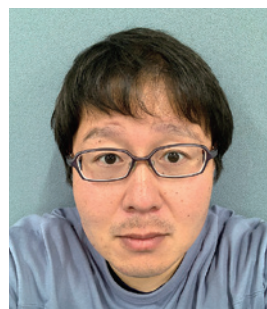


図1 日本のサーモン海面養殖スケジュール



昼(明るい時間：日長)の長さを変えることで成熟をコントロール



水産技術研究所
養殖部門 育種部
系統開発グループ
研究員 泉田 大介

* 内水面：河川、湖沼、池などのことで、「海面」に対して用いられます

んでしまいます。

このような成熟は、冬季中心の養殖では水揚げ前の春〜夏にかけて成長の鈍化を引き起こし、生産効率の低下を招きます。夏季中心の養殖では、秋に成熟魚が多数出現し、死んでしまったり、商品価値が失われたりすることにつながります。

ベニザケでの成熟抑制研究

ふ化放流の歴史が長いサーモン類は、卵や精子を必要な時期に得るため、昼夜の長さ（光周期）を調節して成熟を制御する技術の研究が行われてきました。その取り組みから、長日条件（昼間の時間が長い状態）で飼育した場合、成熟が遅くなる

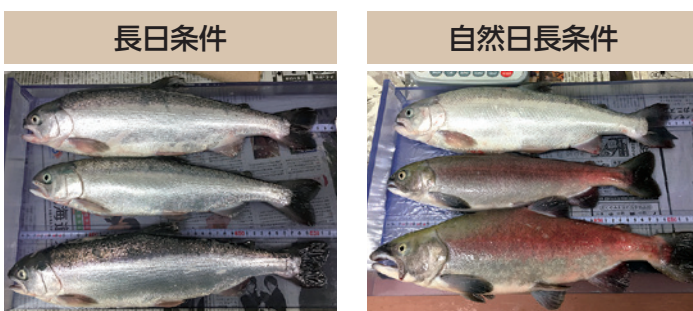
ことが分かっていました。この手法に注目し、逆に長日条件を利用し、養殖期間中の成熟を抑制する技術の開発に取り組みました。

まず、私たちは、照明を使って昼間の時間を16時間とした長日条件下

で1歳のベニザケを飼育し、翌年秋の成熟の抑制を試みました。ベニザケは、道東地方の夏季を中心とした海面養殖の新たな対象種として注目されています。しかし、大型に育てようとすると、養殖途中の秋に成熟してしまいます。

研究の結果、自然日長（昼の長さ）と同じ条件で飼育した2歳のベニザケは約半数が成熟したのに対し、長日条件下で飼育したベニザケは全く成熟しませんでした（図2）。さらにその後の研究で、翌年の春に長日条件から自然日長に変更しても、秋の成熟を抑制できることが明らかになりました。

現在は、実際の養殖現場で、光周期の調節による成熟抑制の有効性をベニザケやサクラマスで確認するとともに、成熟抑制に有効な光周期調節条件の最適化に他機関と協力して取り組んでいます。



	長日条件		自然日長条件	
	オス	メス	オス	メス
雌雄ごとの成熟率(%)	0	0	89	36
全体の成熟率(%)	0		58	

図2 長日条件と自然日長条件で飼育したベニザケの外見(上)と成熟率(下)の比較



写真 成熟したベニザケ

ベニザケは一般に幼魚期の1〜3年を湖沼で過ごしたのち降海し、海で1〜4年ほど生活します。その後、産卵する年の晩春から夏にかけて母川に回帰し、晩夏から冬にかけて産卵期を迎えます。飼育環境では、2歳の秋に約半数が成熟し（図2）、3歳の秋に残りの8割程度が成熟しました

ウニ類

食べているのは生殖巣

私たちが「ウニ」として食べている黄色の部分は、ウニの生殖巣、メスでは卵巢、オスでは精巣です。ウニの殻を割ると5房の生殖巣が殻についていて、これを拡大してみると小さな粒が集まった構造をしています。この粒は生殖細胞と栄養細胞という細胞で占められています(図1)。

1。生殖細胞は卵や精子、あるいはこれらの元になる細胞で、栄養細胞は卵や精子を作るために必要な栄養を蓄えるための体細胞です。

おいしい期間は短い

ウニ類の多くは水温や昼夜の長さ(光周期)の変化から季節の進み具合を感知し、年に一度成熟して放精・放卵します(図2)。日本の

食用ウニの多くは、

寿命が6〜14年以上

とされており、漁獲

される大きさまで成

長するには2年かか

ると報告されています

す。生殖巣は、放精・放卵を終えると萎縮し、再び翌年に向けて必要な

栄養を栄養細胞に蓄積しながら徐々に肥大します。

大きさは(身入り)や味が良好な高

品質なウニとなるのは、生殖細胞が

あまり発達していない時期だけで

す。成熟が進むと生殖細胞に栄養を

奪われて栄養細胞は縮小し、卵や精

子があふれだす身溶けや、食味の劣

化が起こるため、徐々に商品価値を

失います。良質なウニを出荷できる

のは年に2、3か月間と非常に短い

期間に限られます。

成熟途中の生殖小嚢の断面模式図

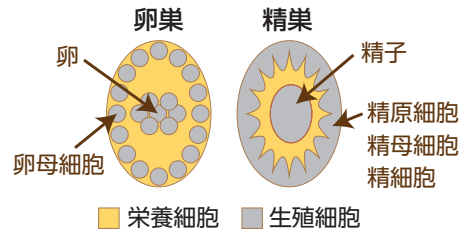


図1 キタムラサキウニの生殖巣の特徴

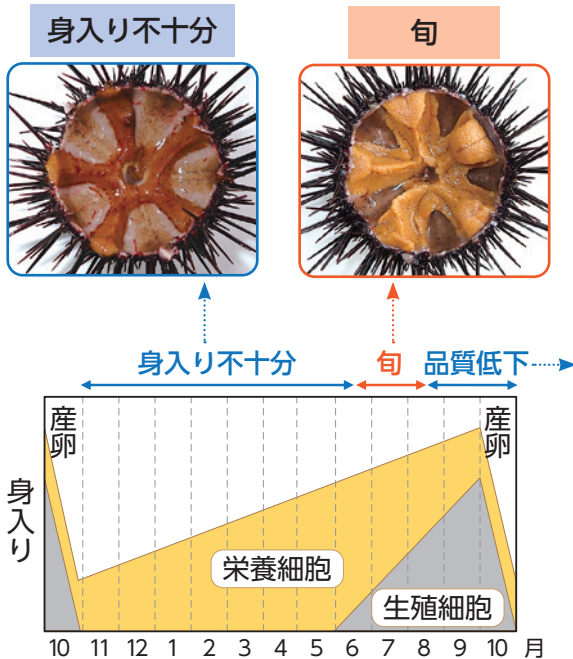
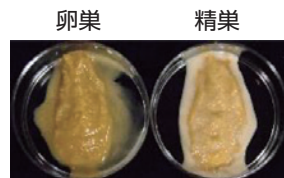


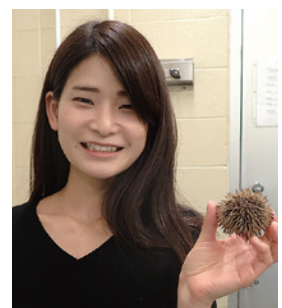
図2 キタムラサキウニ生殖巣の季節変化

成熟による品質低下



成熟した生殖巣
身溶け、産卵後萎縮、
苦味雑味の増強

写真：鶴沼辰哉氏より提供



水産資源研究所
水産資源研究センター
社会・生態系システム部
沿岸生態系寒流域グループ
研究員 高木 聖実

※ 図1、2: Unuma et al. (2015) Bull. Fish. Res. Agen. No. 40, 145-153 を一部改変

磯焼け域のウニを用いた短期養殖

食用ウニは海藻を主な食べ物とし、コンブなどの大型海藻が密になって生えている藻場で漁獲されま
す(写真)。ウニは、生息密度が適
正に保たれている状態では波などで
ちぎれて流出した海藻を食べていま
すが、密度が極端に高くなると、食
べ物が不足して藻場に生えている海
藻や新芽を食べます。そうすると藻
場が縮小し、「磯焼け」と呼ばれる
状態になってしまいます。

磯焼け域ではウニの成長が遅く、
旬の時期になっても身入りが悪い
ため、漁獲は行われません。そのた
め、ウニの密度が高い状態が続き、
藻場がさらに縮小する悪循環が生じ
てしまいます。そこで、磯焼け域か
ら身入りの小さい成体ウニを集めて
数か月間給餌し、品質を改善して
から出荷する短期養殖に注目が集
まっています。

おいしい時期をずらす

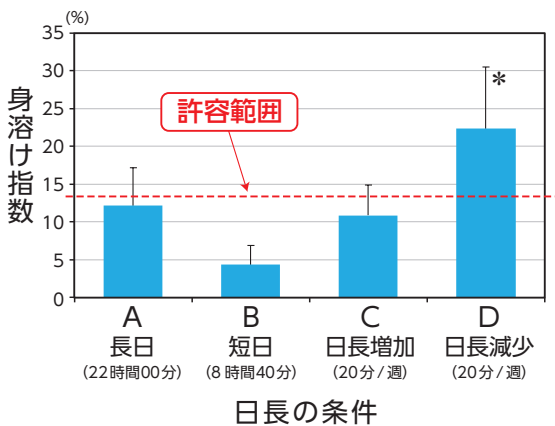
養殖にかかった経費を回収するに
は、天然ウニを超える品質に育て
る、天然ウニが市場に出回らない時
期に出荷するなど工夫が不可欠です。
北日本沿岸の一部では、キタムラ
サキウニが高密度に生息する磯焼け
が問題となっています。そこで私た
ちは、光周期を調整して季節を勘違
いさせて成熟を抑制できれば、天然
ウニの品薄期まで出荷を延長でき
ると考えました。

これまでの研究で、1年で最も昼
が長くなる夏至から、昼の長さ(日
長)を極端に長くする長日(図3・
A)、日長を極端に短くする短日
(図3・B)、日長をさらに長くし
続ける日長増加(図3・C)の条件
下で飼育すると、放精・放卵期であ
る秋でも、日長が減少する本来の光
周期に近い条件下(図3・D)で飼
育するより成熟が抑制されることが

明らかになりました。この成果をう
け、岩手県では養殖場での夜間電照
が試行されています。当機構では、
さらなる技術の高度化や実証試験に
取り組んでいます。



写真 藻場と磯焼け域のようす



*の黒い線は標準偏差で、平均の値からどれくらいの範囲でばらついているのかを示します

身溶け指数

卵や精子があふれて生殖巣重量が減る割合。成熟の程度を示す指標の一つ。14%以下が出荷の許容範囲

図3 夏至から光周期調整下で飼育したキタムラサキウニの秋(品薄期)の身溶け

6~9ページの成果は、生物系特定産業技術研究支援センターのイノベーション創出強化研究推進事業(応用研究ステージ・開発研究ステージ)「光周期を利用して成熟を抑制し生産性を飛躍させる魚介類養殖手法の開発」(2019~2021年・2022年~)によるものです

人工衛星のセンサーで漁船の明かりをみる

漁船の操業状況を把握するために

水産資源を持続的に利用するためには資源評価を適正に実施することが重要です。各地の漁港では漁獲量集計や魚体測定調査が広く行われ、漁獲物に関して多くのデータが収集されています。一方、日本周辺では外国漁船を含め膨大な数の漁船が操業しており、その操業状況を広域で観察することは容易ではありません。私たちは、日本周辺海域で漁船がいつ、どこで、どれくらいの数、どの程度の時間、操業しているのかを把握するため、人工衛星が収集した広域観測データを調べています。

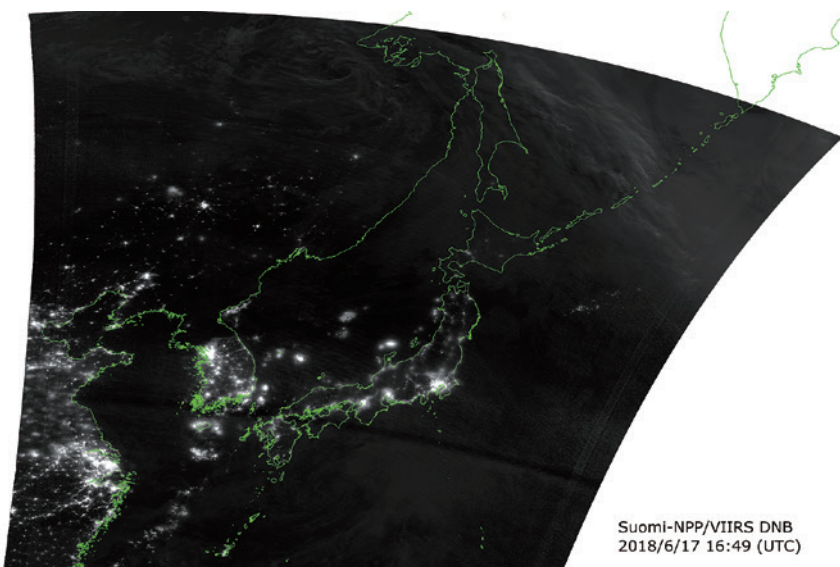
広範囲、高効率調査が可能に

人工衛星による観測は、地球規模

での広範囲かつ高効率調査を可能としました。例えば、アメリカ航空宇宙局（NASA）とアメリカ海洋大気庁（NOAA）が運用している Suomi NPP 衛星は、VIIRS^{*}と呼ばれるセンサーを搭載しており、昼間だけでなく夜間の観測も可能です（図1）。

VIIRSセンサーは、洋上の暗闇を背景に宇宙空間まで達する集魚灯の強い光（いわゆる「漁火」^{いさやび}）をとらえることで、本来の観測能力（約750メートルまで）よりも小さな漁船の存在を、約3000キロの広範囲にわたって一度に観察できます。検出される強い光は、漁船が漁火をともし魚群を集め、操業をしていることを意味しています。

また、Suomi NPP衛星は高度約



Suomi-NPP/VIIRS DNB
2018/6/17 16:49 (UTC)

図1 Suomi NPP衛星に搭載されたVIIRSセンサーが観測した夜間光
洋上の白い点は主に漁船の漁火



水産資源研究所
水産資源研究センター
漁業情報解析部
情報解析グループ
主任研究員 齋藤 類

※ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) : マルチチャンネルイメージャ・放射計

824キロの地球周回軌道上を1日におよそ14回周回しており、広い観測幅と相まって洋上のあらゆる場所をくまなく観測することができます。

人工衛星による漁火をともし漁船（灯光漁船）の観測は、1970年代にアメリカ国防省気象衛星（DMSP衛星）データの活用から始まり、日本では、北海道大学水産学部が1990年代にDMSP衛星データをを用いて灯光いか釣り漁船の分布を推定しました。2010年代にNOAAによりVIIRSデータから灯光漁船を検出する方法が開発された後、この解析手法はアメリカのコロラド鉱山大学に継承され、現在も世界的に灯光漁船の推定が行われています（図2）。

課題解決に向けて

私たちが、VIIRSデータを用いた灯光漁船の抽出方法と分布推定に関する研究開発を行っています。現

在は東シナ海、日本海および北西太平洋の日本周辺3海域で、灯光漁船の数と分布の推定が可能です。

しかし、VIIRSデータだけでは夜間に東シナ海で操業する灯光漁船がどのような漁具や漁法で操業していたかは、推定することはできません。そこで、私たちの強みでもある漁業現場とその周辺での現場情報の収集能力を最大限にいかし、課題の解決に向けて取り組んできました。

これにより、洋上での灯光漁船の目視観察情報とVIIRSデータから推定した灯光漁船の位置を照合し、一部の灯光漁船は船種の判別と数、分布が推定できるようになっています。

人工衛星の観測データには有益な情報がまだ多く含まれており、その解析技術にはさらなる発展の余地があります。さまざまなデータ提供元からの情報を総合的に活用し、今後も資源評価に貢献できるよう研究開発を進めていきます。

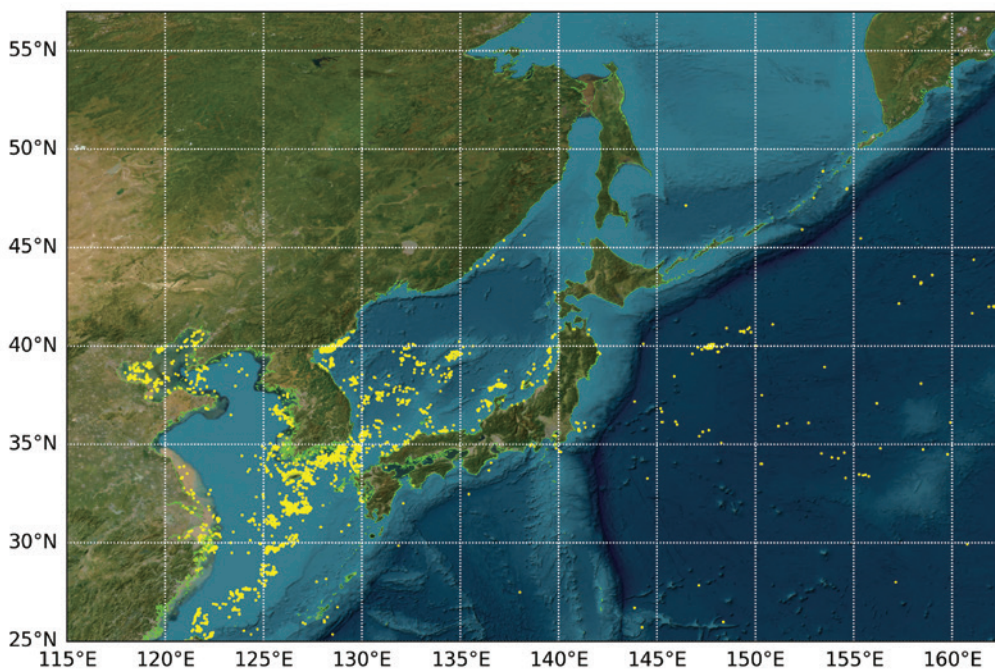


図2 コロラド鉱山大学による灯光漁船位置の推定結果（黄色の点）

LED漁灯への転換で いか釣漁業の収益改善へ

いか釣漁業の問題と対策

日本で「イカ」と言えば、刺し身や塩辛でおなじみのスルメイカと、惣菜料理やしネタに利用されているアカイカなどが有名です。この2

種の日本国内漁獲量の多くは、いか釣漁業によるものです。しかし近年は、スルメイカの漁獲量が急減し、いか釣漁業の経営悪化が問題となっています。

いか釣漁業は、いか類を集めるために夜間に集魚灯（ここでは「漁灯」といいます）を用いて操業します。現在の主流であるメタルハライド（MH）漁灯は、電力消費量が大きく、燃料消費量が多いうえに水銀^{*}を含むため、省エネルギー化と環境に

配慮した漁灯が求められています。

そのため、MH漁灯からLED漁灯（写真）への転換がいか釣漁業の重要な対応策となっています。

LED漁灯での漁獲効果

同じく漁灯を利用するさんま棒受網漁業では、LED漁灯が普及しています。しかし、いか釣漁業では、LED漁灯の漁獲効果が明らかではないため、普及が進んでいません。そこで私たちは、2隻の中型いか釣漁船にMH漁灯とLED漁灯をどちらも搭載し、異なる光源の漁灯を一晚ごとに入れ替え、スルメイカの漁獲量に差が生じるかを調べました。当初はLED漁灯が劣りましたが（図1）、LED漁灯の明るさ



MH漁灯



LED漁灯

写真 MH漁灯とLED漁灯

MH漁灯の課題

- ・CO₂の排出量が多い
- ・水銀を含んでいる

LED漁灯への 転換効果

- ・省エネルギー化
- ・経費節減
- ・水銀不使用



開発調査センター
漁業第一グループ
研究員 鈴木大智

と広がりをもMH漁灯と同等にするこ
とで、漁獲量に差は生じないことを
確認しました（図2）。

その後、漁灯を全てLED光源と

^{*}水銀に関する水俣条約では、水銀を含む化粧品、体温計などの製造を2020年までに禁止、化学製品を作るときに水銀を使うことも禁止することが決められています。2023年現在、水銀を含むMH漁灯は規制対象外ですが、今後、水銀を含む製品の確保や貯蔵は困難になることが予測されます

した中型いか釣漁船（調査船）を実際の漁場に出漁させ、同時期に同海域で操業しているMH漁灯を搭載した漁船（当業船）と漁獲量を比較する実証調査をしました。LED漁灯の光の明るさや広がりには当業船のMH漁灯と同等にしました。5年間の継続調査の結果、調査船の夜間の漁獲割合はアカイカで約1割多く、スルメイカでは約1割少なくなりました。また、操業期間中の1稼働日あたりの燃油消費量は、LED漁灯の導入によってアカイカ操業では約2割、スルメイカ操業では約3割の削減となり（図3）、LED漁灯の省エネ効果が認められました。

これらの結果を用いて漁業経営の実態に則した漁労所得を比較したところ、全ての年度で調査船の漁労所得は当業船と同等かそれ以上となりました。LED漁灯による燃油消費量削減効果により、収益の改善が見込めると考えられます。

漁灯のLED転換に向けて

燃油価格が高騰し、いか釣漁業での支出が増大している中で、LED漁灯の導入によって燃油経費の削減効果はより高まっています。しかし、スルメイカでは省エネ効果で収益的には有利でも、漁獲量が約1割

少ないことが、LED漁灯が普及しない要因の一つとなっています。LED漁灯をさらに普及させるには、MH漁灯と同等以上の漁獲を安定して得る必要があります。この課題解決に向けて、私たちはLED漁灯の特性を活用した新たな操法の調査に今後取り組んでいきます。

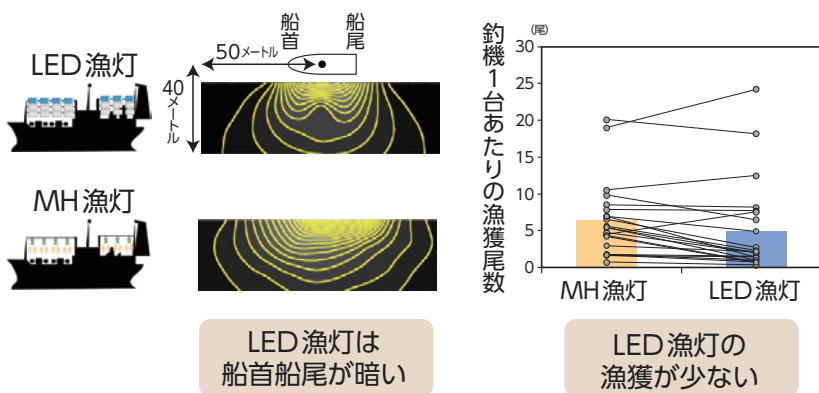


図1 MH漁灯とLED漁灯の光の明るさと広がりおよびスルメイカ漁獲量の比較

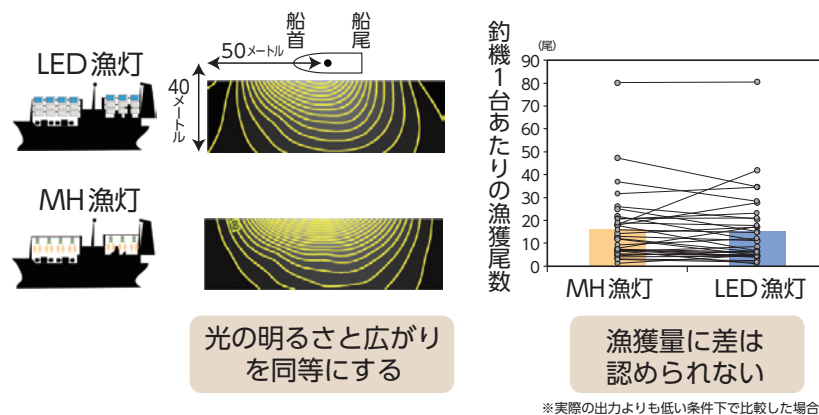


図2 LED灯またはMH灯を搭載した調査船を使い、LED漁灯の光の明るさと広がりを同等にした場合の比較

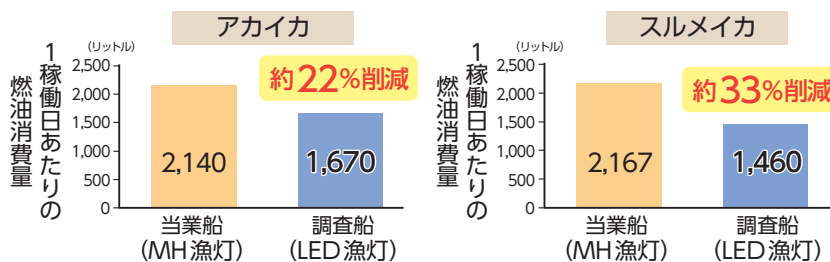


図3 平均燃油消費量の比較

図1、2のグラフのグレーの点は、各操業日の1時間の釣機1台あたりの漁獲尾数を示しています。また、同じ日の同じ漁場での比較のためにMH漁灯とLED漁灯の結果を線で結んでいます。棒の高さは平均値を示しています

近赤外線で脂の乗りを測る

脂の乗りは魚の重要な品質要素

魚の品質を表す言葉として、「脂が乗っている」という表現をよく見聞きます。まぐろ類の「大トロ・中トロ」や「トロサバ」など、脂の多い部分である「トロ」を売りにした魚もよく見られます。このように、脂の乗りは魚の重要な品質要素になっています。

脂が乗っていることを期待して手に取った魚が、実際にはあまり脂が乗っていないかったということがあります。脂の乗りの指標として、魚の身（可食部）の脂質含量^{がんにちよう}を調べてみると、天然魚ではもともと脂質含量にばらつきがあり、同時期に漁獲された同じようなサイズの魚でも脂質含量が大きく異なることが分かりま

した。例えば9月のサンマの場合、脂質含量が25%以上の個体はとくに脂が乗っていますが、170グラム以上でも脂質含量が15%に満たない個体もあり、必ずしも、魚体が大きなくても脂が乗っているとは限りません（図1）。

このように、脂の乗りをサイズや外見だけから判断するのは、プロでも難しい場合が多く、その数値化が望まれます。

品質の計測と近赤外線

魚の脂の乗りと同様、果物も甘いかどうかを見分けることは難しいですが、近年は果物の甘さが「糖度」として数値化され、表示される例が増えてきました。消費者は糖度をもとに、果物を選ぶことができます。



開発調査センター
漁業第二グループ
主任研究員 木宮 隆きみや たかし

果物の糖度の数値化は、近赤外線という光を対象物に照射することで、対象物を傷つけることなく、成分を推定すること

ができる近赤外分光法（通称：光センサー技術）により実現されています。この技術は、魚の脂質含量計測にも応用できることが、これまでの研究で示されています（図2）。

脂質含量計測装置の開発

水産業の現場は、海水がかかるなど、装置にとって過酷な環境です。

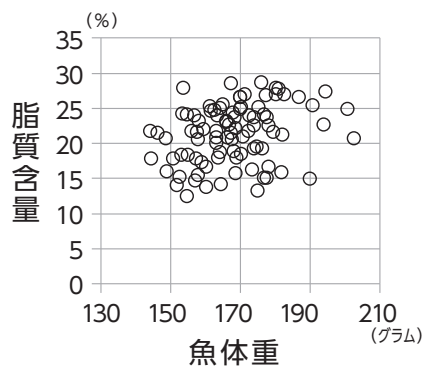


図1 魚体重と可食部の脂質含量の関係（9月のサンマの例）

そのような現場で速く簡単に脂質含量を測れるようにするため、装置メーカーと共同で、近赤外分光法に基づく二つのタイプの装置を開発しました。一つは、船の上でも使える防水のハンディ型装置（**CHECK**）で、かつお・まぐろ類などの個別計測に適しています（写真1）。もう一つは、加工場などで使えるライン組込型装置です。さば類やサンマといった一度に多くとれる魚の連続計測に適しています（写真2）。ライン組込型装置では、魚に触れずに計測することができます。

データを蓄積して広く活用

これらの技術を使うことで、これまで困難だった魚一尾一尾の脂の乗りを現場で知ることができるようになってきました。脂の乗りが数値化されることで、魚を売る側、買う側双方にとって品質が「見やすく」な

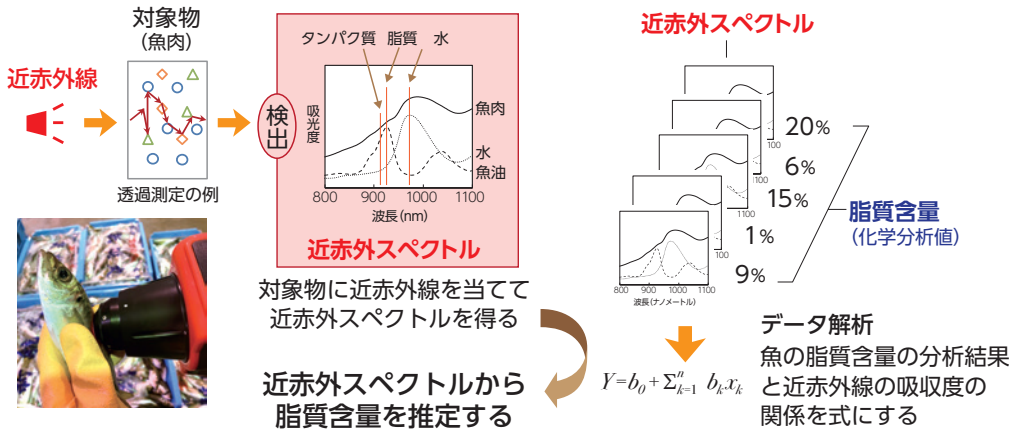
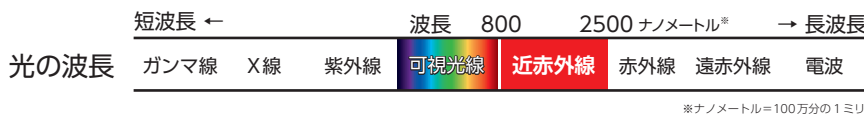


図2 近赤外分光法による脂質含量の非破壊計測



写真2 ライン組込型装置を用いたマサバの計測



写真1 ハンディ型装置を用いた洋上でのビンナガの計測

り、また科学的に裏付けられることで、品質に基づく差別化や付加価値向上につながることを期待されます。現在私たちは、遠洋かつお釣漁業や定置網漁業などの調査で、この技

術を使って数多くの魚の脂質含量データの蓄積を図っています。得られたデータを漁獲物の販売や漁業生産に活用し、流通の効率化や収益改善につながるよう、調査を進めます。



YouTube チャンネル **ふらっとらぼ** 関連動画を紹介しています
 「魚の脂を瞬時に計測!? ピピトロ & フィッシュアナライザ」
<https://youtu.be/VIOV1FD9Y1E>



ウナギストが語る ヤバい生き物「ウナギ」との 付き合い方

さまざまな分野で活躍する専門家に、研究者になっただけのきっかけや現在取り組んでいる研究内容などについて広報課がインタビュー！
今回は、「趣味はウナギ」という「ウナギスト」の高崎竜太郎さんに話を聞きました。

インタビュアー：経営企画部 広報課
山口純奈・中原明紀

水産技術研究所
養殖部門 シラスウナギ生産部
量産グループ

研究員 たかさき 高崎 りゅうたろう 竜太郎

1993年10月4日生まれの29歳。
2018年4月から水産研究・教育機構の研究員。現在、ウナギを種苗生産し、シラスウナギをいかに安く作れるか研究中。



—— 自称「ウナギスト」だそうですが、「ウナギスト」ってなんですか？

ウナギのスペシャリスト、略して「ウナギスト」です。純粹にウナギが好きで、「ウサギ」とか「サナギ」といった言葉を見ても「ウナギ」を連想してしまいます。日本や世界中にいるウナギを追いかけて、かれこれ7年ほどウナギの業界誌にウナギ旅を連載しています。発信することも好きなのでSNSやYouTubeを使った活動もしています。

—— 「ウナギワールドツアー」をしているそうですね。

世界には19種類のウナギがいて、100か国以上に生息しています。日本は47都道府県を旅して、世界も20か国を超えたところです。それぞれの地域に独自のウナギ文化があります。ウナギを食べる地域や釣りのエサにする国、伝説があり食べない地域もある。ウナギを神様のように扱う人もいれば、全く知らない人、ひともうけしようとしている人もいます。そういう人たちとの交流も楽しんでいます。

また、各地で展開されているウナギビジネスなどの情報を集め、現地の人にアポを



取って突撃していくなど、テレビ番組のよ
うなことを一人でやるのは刺激的で楽しい
冒険ですね。旅先ではウナギを見て、食べ
ることが多いです。恋人と一緒に何をし
ても楽しいのと同じで、ウナギのことであ
れば何でも楽しいです。ジャーナリストや
ウナギのバイヤーと間違われることもあり
ますが、ただのウナギ好き、変人というこ
とで受け入れてもらっています。

—— **ウナギ旅で発見したことはありませんか?**

ウナギも性格の違いがあること。普段は
養殖されている比較的穏やかなウナギとし
か接していないので、天然のウナギはたま
に狂暴性が見えたりして驚かされます。ニ
ホンウナギなど背中に模様がついてないウ
ナギは群れを作らず、人にもあまりなつか
ないイメージです。一方で、ニュージール
ランドのニュージールランドオオウナギは、人
に慣れていて棒の先に肉の破片を付けて与
えると、鋭い牙で食いつきます。

ニュージールランドでは、ウナギは「川を
きれいにしていこう!」というシンボルに
なっている魚で、環境活動などのモチーフ
にもよく使われているみたいです。

—— **ウナギ研究の道に入ったきっかけはなんですか?**

父方の祖父が稲の研究者兼農家、母方の
家系が食品製造業をしていたこともあっ
て、もともとは効率的な農業や植物工場ビ
ジネスをしたいと思って、九州大学農学部
に入学したんです。でも、いざ始まってみ
ると、思っていたものと違うというか…。
これでもいいのかと思悩んでいるときに、
父方の祖父とウナギを食べに行っただけで

祖父が住むのは、九州北部では有名なウ
ナギの街、福岡県柳川市。そして、偶然
にもウナギを研究する先生が九州大学に
いて、ウナギの話を聞く機会にも恵まれ
たんです。興味をもって本を読み漁ると、
2010年に水産研究・教育機構(当時の
水産総合研究センター養殖研究所)がウナ
ギの完全養殖を成し遂げたり、東京大学を
主体としたチーム(当時の水産総合研究セ
ンターも参画)がウナギの産卵場を発見し
たりと、すごくウナギが盛り上がっていて
未来があると感じたんです。恋に落ちた感
覚でした。

それから、ウナギ完全養殖、人工種苗生
産をビジネスにしたいと思い、大学院では

ウナギの研究室に進学し、水産研究・教育
機構の南勢庁舎(三重県)で、ウナギ人工
種苗生産の共同研究に関わるようになりま
した。

—— **在学中は、どんな研究をしていたんですか?**

「ニホンウナギの仔魚期および変態期
における消化関連器官の発達」の研究で



ウナギを熱く語っています!

ウナギの仔魚の状態を確認中



す。具体的には、いろいろなサイズのウナギ仔魚（レプトセファルス）の細胞や組織の状態を観察、解析するものでした。ウナギと同じ敷地に住み込みで研究していました。

研究する中で、レプトセファルスがほかの養殖魚と比べて、非常に消化関連器官の発達が未熟であることが分かりました。また、レプトセファルスの期間を通して、消化関連器官のサイズは大きくなりますが、細胞や組織は基礎的な構造のまま、変化が比較的少ないことが分かりました。

こうした特徴がレプトセファルスの飼育を難しくしていることを痛感しましたが、完全養殖を成し遂げた田中秀樹さん（現近畿大学教授）のもとでレプトセファルスの基本的な飼育技術をみっちりと身に着けることができたのは大きな財産です。

——水産研究・教育機構に就職して初めての研究はどんなものでしたか？

配属は学生の頃に研究をしていた場所。種苗生産ではなく、基礎研究の仕事でしたが、自分が思い描くウナギの人工種苗生産ビジネスに近い場所でした。

飼料など条件を変えて、レプトセファルスの飼育試験をすることが日常となり、刺激的な毎日でした。条件が一つ違うだけでこんなにも成長や生残が変わるのかと驚きました。例えば、生まれて1週間のレプトセファルスを海水と半海水*それぞれで飼育すると、天然では海で生まれて、海にいるはずなのに、薄い海水の半海水で飼育したほうが成長や生残がよいのです。

また、大きさが200グラムぐらいの食用サイズかそれ以上のサイズのウナギにホルモンを注射して、性成熟を促して卵や精子を取って受精させたり、稚魚のシラスウナギを雄と雌に分けて大きくしたりと、ウナギの全ての生活史を飼育研究する日々でした。

——南伊豆庁舎では、どのような研究をしていますか？

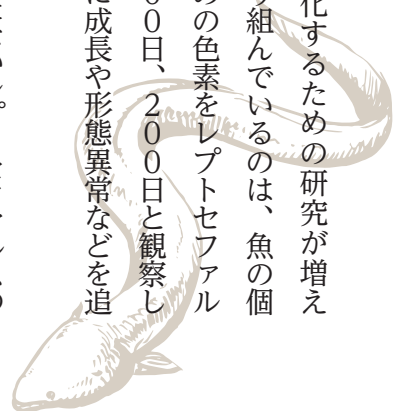
3年前に南伊豆庁舎へ異動してからは、

人工種苗を量産化するための研究が増えました。現在取り組んでいるのは、魚の個体を識別するための色素をレプトセファルスに注射し、100日、200日と観察して、一個体ごとに成長や形態異常などを追跡する研究です。

3センチにも満たないレプトセファルスの2×1センチぐらいの部分に3か所色素を注入します。色素の種類を増やすことで500以上の個体追跡ができます。これまでいろいろな条件での成長や形態異常の発生は、水槽単位でしか比較できなかったのですが、1個体の成長を追うことで情報の精度が上がり、変態の状態・条件を追いやすくなりました。生まれてすぐは約5、6ミリ、シラスウナギに変態するまでが大きくても6センチなので、何をやるにしても細かい作業になります。生まれてすぐのウナギの目で数を数える方法がありますが、歳を重ねにつれ、つらい作業になりそうです。

——研究の中で苦労されていることはありますか？

人件費などコストが多くかかってしまうことです。大量の人工種苗を作るには、自動給餌装置も必要です。どろっとしたスラ

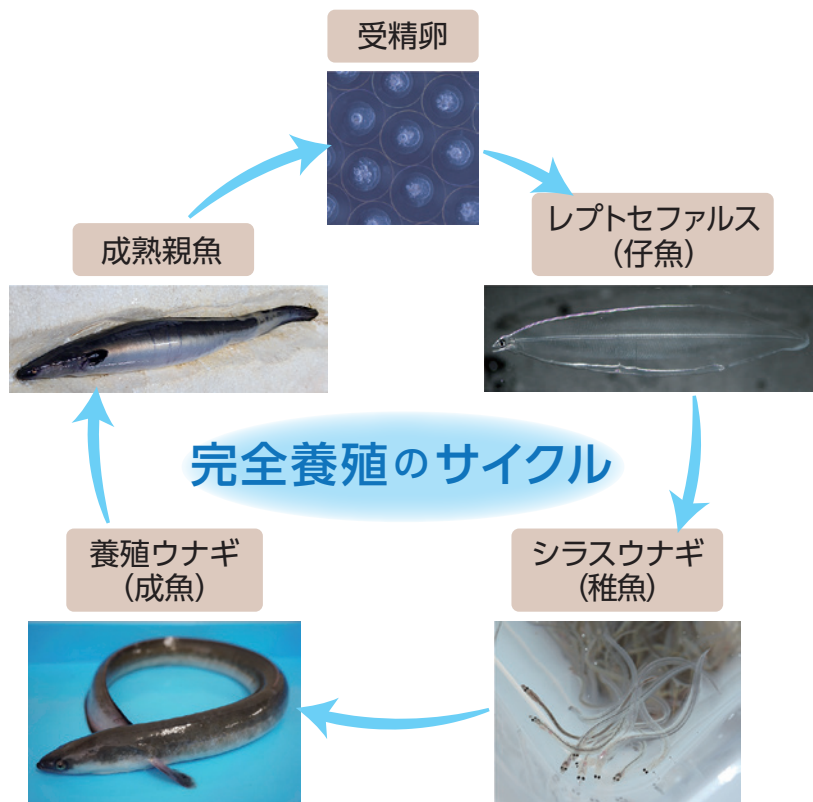


*半海水：海水の半分の塩分濃度の水のこと。海水と真水を同じ量混ぜれば半海水になります

高崎さんが着ている
ウナギTシャツはなんと
水産研究・教育機構オリジナル!



インタビューを終えて
左から 山口純奈、高崎竜太郎、中原明紀



完全養殖とは、人工的にふ化させたウナギを親として、次世代のウナギを作出すること。ウナギの全ての生活史を飼育することができる技術のことで、当機構は2010年にこれを達成しています

リー状の特殊なエサを用いていることや、海水環境下で機械を動かす技術が確立されていないこともあり、装置の開発や運用でさまざまな苦勞があります。また、レプトセファルスは23℃前後の水温でないとうまく育ちません。病気の発生などを防ぐため、水はかけ流しにするため、光熱費もかかります。

仔魚の期間を短くすることで、あらゆる

コストを下げられますが、解決には時間がかかります。

—— 今後の抱負を聞かせてください

これまで以上にビジネス化に向けて具体的な課題が明確に分かるようになりたい。検証するための実験一つとっても1年はかかります。常に先を見て、ウナギを見て、たくさん調整しながら、研究していきます。

また、ウナギを通じて、世界を体験して、いろいろなことを学んでいきたいです。全ての道はウナギに通ず。世界100か国以上にウナギは生息しているので、まだまだウナギ旅は終わらないですし、数年先までスケジュールを調整しています。もう一生ウナギのとりこですね。

サンマ不漁と環境要因 ～その原因を探る～

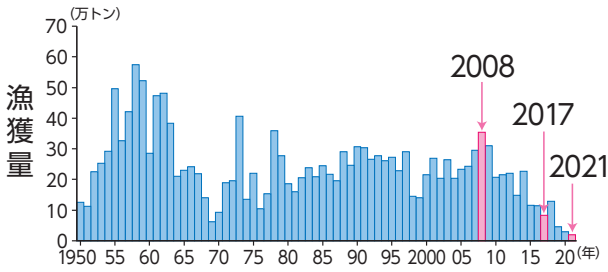


図1 1950～2021年の日本のサンマ漁獲量
2008年、2017年、2021年の漁場を図2に示しています。

*農林水産省の海面漁業生産統計調査のデータを基に作成

かつての大衆魚、サンマの今

サンマは15年ほど前までは大衆魚の代表でしたが、その後、漁獲量は年々減少し(図1)、最近では、丸々太ったものにはめったにお目にかかれなくなりました。また、以前は日本近海が漁場になっていましたが、今では陸地から200海里(約370キロ)以上離れた公海まで行かないととれなくなってしまう(図2)。

サンマは北太平洋の日本近海から北アメリカの西海岸まで生息しており、分布域の南側でほぼ一年中産卵します(図3)。寿命が最大で約2年と短いにもかかわらず、

広い海域を回遊するので、漁獲されたサンマが、どこで生まれて育ったのかを知ることとはとても難しいのです。

私たちは、水産資源調査・評価推進委託事業で、2003年から毎年、漁期前の6～7月に日本近海から西経165度(ほぼハワイの北側)までの広い海域で、サンマの資源量や体の大きさ、年齢などを調査し、海洋環境のデータ収集を行っています(図4)。

また、漁期(8～12月)や産卵のピークである冬期(1～3月)にも調査をして、成長、回遊、生まれたばかりの仔稚魚の分布量の変化を調べてきました。こうした調査の結果、調査海域に分布するサンマの量が年々減少している(図5)だけではなく、サンマの分布域が変化し、さらなる資源量の減少を引き起こしている可能性が示されました。

日本近海のサンマは、8月ごろにはるか沖合の北の海域から日本列島に向かって回遊を始め、千島列島や北海道沖に到達し、漁獲の対象となります。その後、三陸沖や常磐沖を通じて本州の南側まで達して産卵しますが、日本のはるか東を通過して南下し、沖合の黒潮流域(図3)で産卵す

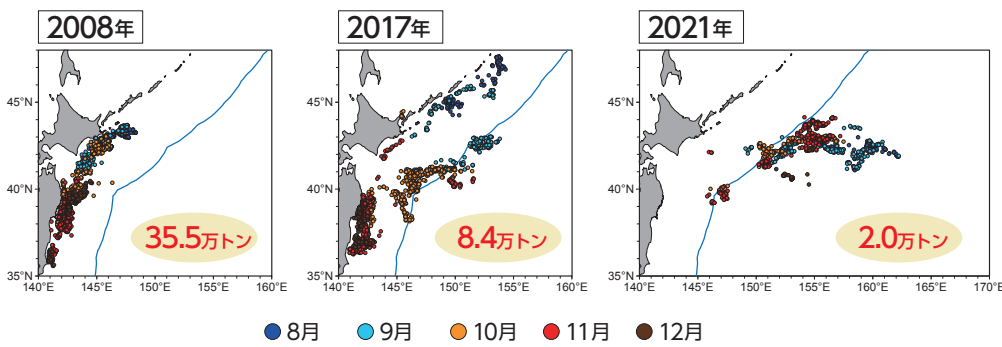


図2 2008年、2017年、2021年の日本漁船のサンマ漁場
赤字はその年の漁獲量(万トン)、青線より東は公海

*主要漁港における聞き取り調査結果に基づき作成



水産資源研究所
水産資源研究センター
広域性資源部
外洋資源グループ
主幹研究員 栗山 哲

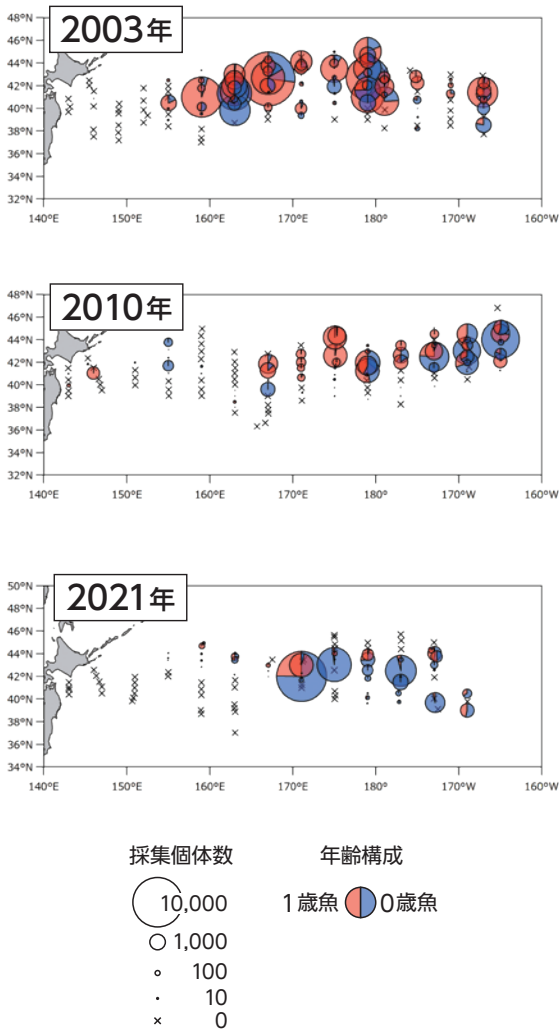


図4 6～7月に日本近海から西経165度までの海域で行った調査で採集されたサマの個体数と年齢組成
(水産資源調査・評価推進委託事業に基づく調査)

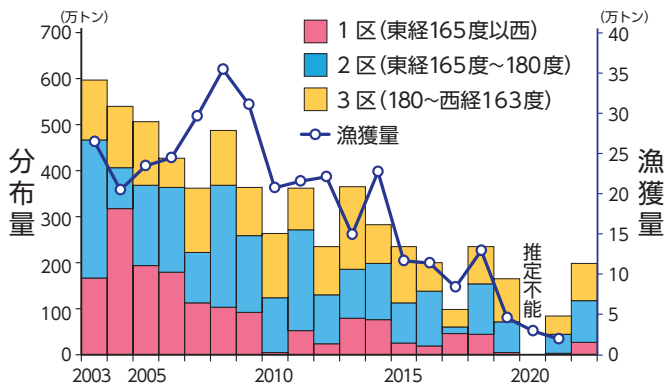


図5 海域ごとの分布量と漁獲量との関係
(水産資源調査・評価推進委託事業に基づく調査)
2020年は新型コロナウイルスの影響で十分な調査ができませんでした

※海面水位：海面は平面ではなく凹凸があり、人工衛星の海面高度計などから推定した海面の高さを「海面水位」と呼びます。

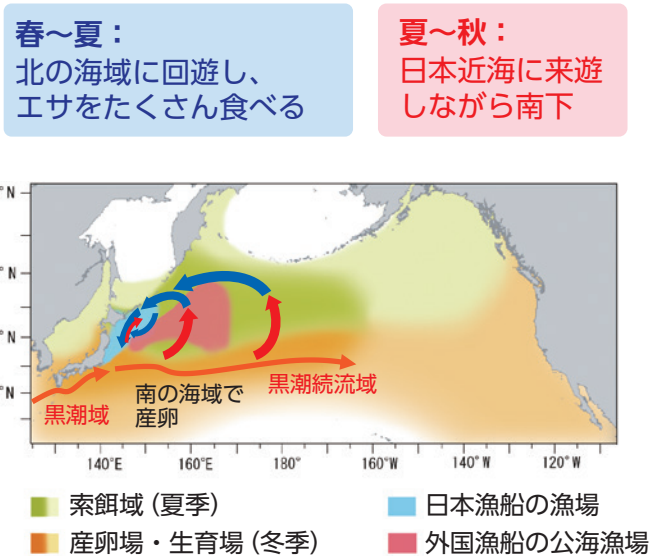


図3 サマの分布海域と1歳魚の回遊の模式図

るものもいます。2010年以降、6～7月の調査時に日本に近い海域で突然サマが減少して、分布域が沖合に偏るようになり(図4)、同時に起きた日本近海での海洋環境の影響も加わって、漁場が年々遠ざかっていきました。

サマは、日本に向かって回遊するとき、冷たい海流である親潮が南側に差し込む場所を選んでいきます。1990年代後半から親潮を含む北西太平洋全体の海流が徐々に弱くなり、冷たい海水が北海道東沿岸まで運ばれなくなり、2010年以降のサマの漁期中は、黒潮からの温かい海水

の渦(暖水塊)が道東沿岸を広く覆うようになりました。そのため、サマが沿岸を避けて沖合を回遊するようになったのです。2010年代後半から道東沖の親潮は徐々に強くなっていますが、2010年代後半以降は冬場の海上の高い海面水位(高水位偏差の壁)が発達し、親潮が道東以南に張り出しにくい状況が続いています(図6)。

分布域の変化と資源の減少

サマの分布域が沖合化したことで、最近では本州の南(黒潮域)で生まれるサマ

が減り、沖合の黒潮流域で生まれて沖合で育つ仔稚魚の割合が増加しました。ところが、沖合ではサンマの餌となる動物プランクトンが少なく成長も悪いので、仔稚魚の生き残りに悪い影響を及ぼしていると考えられます。沖合に分布するサンマは、産卵を始める年齢も遅いことも分かっています。さらに成長が遅くなったことによつて、回遊の速度も遅くなってきています。このように、分布の沖合化が、さらなる資源の悪化を引き起こしていると考えています(図7)。

2010年頃を境に、サンマとともにカ

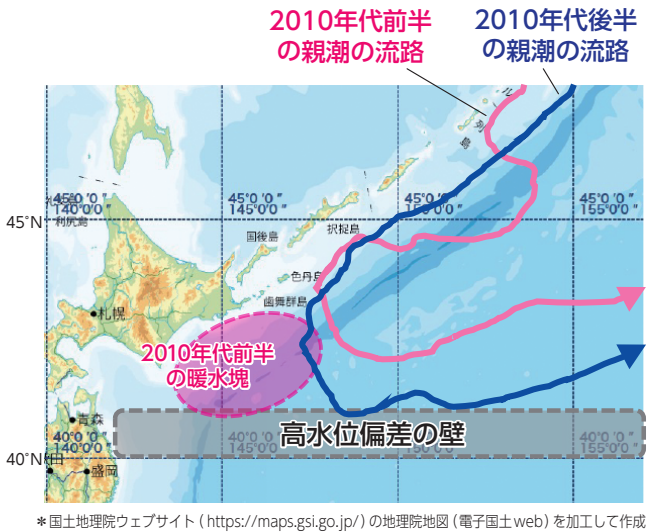


図6 2010年代前半の漁場の沖合化の原因となった暖水塊の発生と2010年代後半の親潮南下の障害になった高水位偏差の壁の発達

タクチイワシも減少し始めています。一方で、マサバ、マイワシは増加しています。1980年代にマイワシが増加したときもサンマの漁場が沖合化しており、これらの魚種の分布域の拡大が、サンマの生息海域にも影響を与えている可能性があります(図8)。

今後のサンマ研究の展開

サンマ資源の減少、海洋環境の関係と生態の変化などが分かってきましたが、回遊時期の遅れやほかの魚との関係などそのメカニズムが不明な点も残されています。これらの課題についても、最新の技術を用いて解明する研究も始まりました。

今回の成果は、サンマの国際的な資源管理を行う北太平洋漁業員会で、現在主な生育場となっている東経170度以東にいる0歳魚を保護するため、この海域での6〜7月の操業を禁止する措置にも反映されました。

これまでに得られた研究成果をふまえ、海洋環境やサンマとその他の魚種の変化のモニタリングを継続することによって、サンマ資源の数年先の動向予測に貢献するために調査・研究を続けていきます。

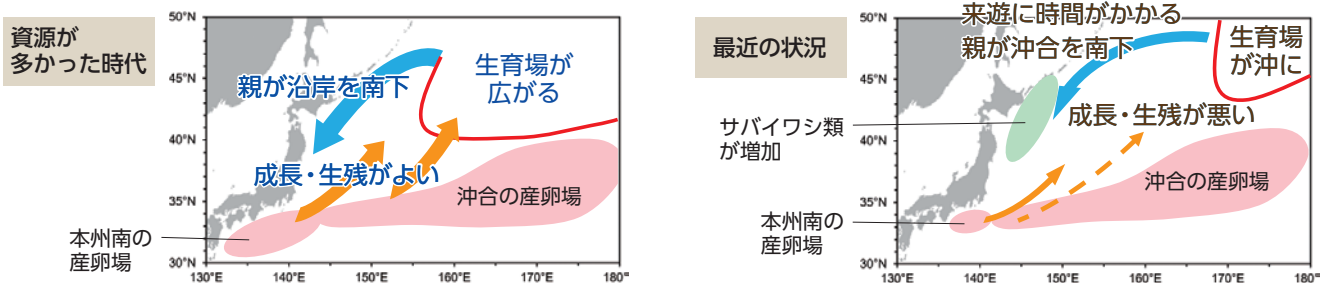


図7 最近のサンマの産卵場、生育場と来遊経路の変化の模式図



さらに詳しく知りたい方はこちらをご覧ください。

サンマの不漁要因解明について(調査・研究の進捗) 令和5年4月 国立研究開発法人 水産研究・教育機構
https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr2023/20230407_col/20230407col_press.pdf



清水庁舎(静岡県)の機能移転にあたって

遠洋水産研究所(2011年から「国際水産資源研究所」に名称変更)として、55年以上にわたり、さまざまな研究を行ってきた清水庁舎が、2023年3月をもって研究所としての機能を終えました。

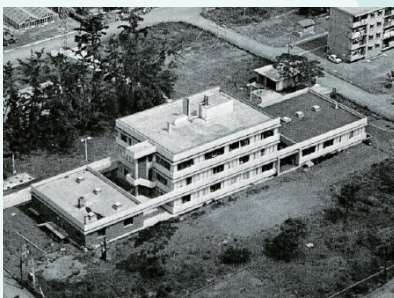
遠洋水産研究所は、日本漁業の海外漁場への進出、国際条約による規制、沿岸国の排他的な漁業専管水域の設定など、国内外の情勢変化に対応するため、各海区水研に分散していた国際漁業に関する研究部門を集約させる形で、1967年に静岡県清水市(現在の静岡市清水区)に設立されました。

時代とともに研究部の構成は大きく変わり、サケ・マス関係は北海道区水産研究所へ、外洋イカ類は東北区水産研究所へ、海洋関係は中央水産研究所へ、鯨類などの外洋資源関係は国際水産資源研究所の横浜庁舎へ移りましたが、清水や焼津はカツオやマグロの町ということもあり、マグロ関係の研究部は清水庁舎が担ってきました。

浮魚資源部という1つの部でスタートしたマグロの研究部は、近海のカツオやマグロを扱う部が新設されたほか、温帯性のマグロと熱帯性のマグロ、クロマグロとそれ以外など、時代とともに再編されてきました。太平洋クロマグロ資源が歴史的に低水準になった頃には、太平洋クロマグロ単独の資源や生物特性を専門に扱う研究室もできました。

遠洋水産研究所はマグロを含め高度回遊性魚類^{*}などの国際漁業資源を対象にしていたため、世界の大洋で操業された膨大な漁業データや大型生物標本の解析、長期の遠洋航海調査の実施、そして地域漁業管理機関における国際会議対応なども担ってきました。

清水庁舎で培ってきた研究活動や先達の教えは、水産資源研究所広域性資源部に引き継ぎ、今後も国際漁業資源の持続的な利用に向けた調査・研究に取り組んでいきます。

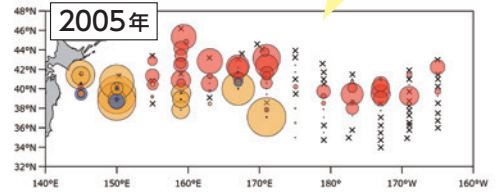


◀写真 設立当初の清水庁舎
遠洋水産研究所ニュース No.1
昭和44年(1969年)8月号より

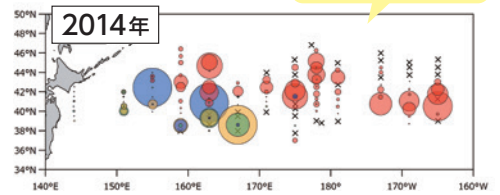


^{*}高度回遊性魚類：排他的経済水域の内外を問わず広く回遊する魚類のこと

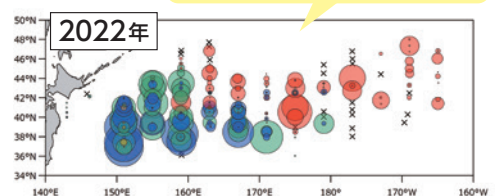
カタクチイワシが多い



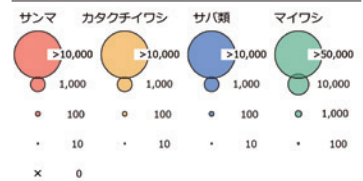
サバ類が増加



マイワシ・サバ類が多い



採集個体数



サンマはほかの3種(カタクチイワシ、マサバ、マイワシ)に比べて北東に分布する傾向にあり、他魚種との分布の重なりが小さくなっています。近年、日本近海ではマイワシ・サバ類の分布量が増え、これらの分布域も広がっています

図8 カタクチイワシが多かった2005年と、サバ類が増えてきた14年、マイワシ・サバ類が多かった22年における4魚種の6~7月調査時の分布状況



研究開発情報 SALMON 情報 第17号

発行時期 2023年3月
 問い合わせ先 札幌庁舎 水産資源研究所 さけます部門 業務推進チーム
 ウェブサイト <https://salmon.fra.affrc.go.jp/kankobutu/srr/srr017.pdf>



研究の葉 2022

発行時期 2022年10月
 問い合わせ先 水産技術研究所 管理部門 神栖拠点 業務推進チーム
 ウェブサイト https://nrife.fra.affrc.go.jp/seika/R4/R4_seika_index.html



水産技術 第15巻第2号

発行時期 2023年1月
 問い合わせ先 横浜庁舎 水産技術研究所 企画調整部門 「水産技術」編集事務局
 ウェブサイト https://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/fish_tech/index.html



水産大学校 研究報告 第71巻 第1号、第2号、第3号、第4号

発行時期 第1号：2022年12月、第2号：2023年2月、第3号：2023年3月、第4号：2023年3月
 問い合わせ先 水産大学校 校務部 業務推進課
 ウェブサイト <https://www.fish-u.ac.jp/kenkyu/sangakou/kenkyuhokoku/kenkyuhokoku.html>



水産研究・教育機構 NEWS LETTER おさかな瓦版

発行時期 No.113：2023年5月、No.114：2023年7月
 問い合わせ先 経営企画部 広報課
 ウェブサイト <https://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/pr.html#letter>



水産研究・教育機構叢書「東日本大震災後の放射性物質と魚」を刊行しました



東日本大震災後の放射性物質と魚

<https://www.seizando.co.jp/book/11475/>

水産研究・教育機構【編著】
 定価（本体2000円＋税）
 A5判 / 184頁
 2023年3月刊行
 ISBN:978-4-425-88711-8
 出版社：株式会社 成山堂書店

東京電力福島第一原子力発電所事故後の海や河・湖と、そこに生息する水産生物の放射性物質濃度について、10年間にわたるモニタリングデータをまとめ、水産業の復興に向けた取り組みや課題について、分かりやすく解説した内容です。

<目次>

第1章 東京電力福島第一原子力発電所事故と水産業の10年 / 第2章 事故後に海洋で起きたこと一事故直後変動期 / 第3章 海産魚類の放射性セシウム濃度 / 第4章 底魚類の生態と放射性セシウム濃度 / 第5章 淡水魚による放射性セシウムの取り込み / 第6章 海洋生物のストロンチウム90濃度を測る / 第7章 風評被害の実態

編集後記

人類が明かりを使い始めたのは太古の昔の火の利用からで、はじめは木の枝などが燃料でした。その後、動物や植物からとった油や、ろうそくが明かりに利用されていきました。

明かりが大きな転機を迎えたのは、

イギリス人技師ウィリアム・マードックが利用を始め、1812年以降広く普及したガス灯の登場です。そして、1879年のトーマス・エジソンの白熱電球の実用化が2回目の転機、1938年のアメリカ企業ゼネラル・エレクトリックの蛍光灯の開発・発売が3回目の転機、1996年に実用化されたLEDの普及が4回目の転機となっていま

す。ガス灯の普及から約60年ごとに明かりは大きな転換を迎えています。

水産で利用される明かりも古くは漁火から始まり、私たちの日常生活で利用される明かりに追従するように変化しています。水産業でも省エネの取り組みが進んでいますが、60年後の水産の現場を照らす明かりは何になっているのでしょうか？（角埜 彰）



YouTube 新チャンネル「ふらっとらぼ」ができました！

https://www.youtube.com/channel/UCAdoIX5vmEOZrDHSf_ZFa5w



Webサイト



<https://www.fra.affrc.go.jp/>



Facebook

【アカウント名】
水産研究・教育機構

<https://www.facebook.com/fra.go.jp>



Twitter

【アカウント名】
FRA 水産研究・教育機構

https://twitter.com/fra_go.jp



YouTube

【アカウント名】
FRA 水産研究・教育機構

<https://www.youtube.com/channel/UC1TVadqC6P9vmHAUieAN9Q>

