

事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：水産技術総合センター

課題の分類	増養殖技術
研究課題名	AI画像認識による幼生同定技術の開発と幼生輸送予測によるマガキ養殖業の効率化・安定化
予算区分	受託（イノベーション創出強化研究推進事業）
研究期間	令和2年度～令和4年度
部・担当者名	養殖生産チーム：〇十川麻衣，上田賢一 企画・普及指導チーム：森山祥太
協力機関・部及び担当者名	(国研)水産研究教育機構水産資源研究所，株式会社IDDK，株式会社プロトソリューション，アンデックス株式会社

<目的>

本県は種ガキ産地であり，国内種苗販売量の約70%を占めている。そのため，マガキの産卵期である7～8月に漁業者は頻繁に浮遊幼生調査を行なうことで，幼生の出現数や分布を把握し，採苗器を投入するタイミングを選定している。しかし，幼生の同定・計数作業は時間と労力がかかることから省力化が求められているため，令和2年度からデジタル顕微観察装置とAI画像認識を用いた新しいシステムの開発により省力化を図る事業に取り組んだ。

本事業では，プランクトンネットで採集したサンプルをデジタル顕微観察装置で撮影して画像化し，得られた画像をAI画像認識にかけ，マガキ幼生を同定できるよう学習させ，計数及び大きさを測定する技術の開発を目指した。さらに，複数箇所から得られた幼生密度データを同時に閲覧するためのスマートフォンアプリを開発し，幼生の分布状況をリアルタイムで把握可能にするとともに，得られた幼生密度分布から粒子追跡モデルにより幼生輸送をシミュレーションし，数日後の幼生分布域を情報発信する。

当センターでは，マガキ幼生のサンプリング，撮影画像からのマガキ幼生の同定，AI同定結果の正誤判定，従来の顕微鏡を用いた同定・計数方法における精度の定量化を担当した。

<試験研究方法>

幼生のサンプリングは，松島湾3点及び石巻湾10点で行われ，北原式プランクトンネット（口径22.5cm，メッシュサイズ75 μ m）を用いて2.5m鉛直曳きにより行われた。採集したサンプルは撮影担当者に提供し，撮影された画像からマガキ幼生を同定して教師データの作成を支援した。また，AI判定結果の正誤判定を行ったほか，AIの判定から漏れたマガキ幼生について追加で同定することにより精度の向上をサポートした。精度の定量化については，令和4年7月に採取したサンプルから，界線入計数盤1枚あたりにマガキ幼生が100～1,500個程度に載るように9サンプルを調整した。この9サンプルを用いて，検鏡者3名で同定・計数を行い，その結果を比較することで中央値を真値と仮定して，残り2名の同定・計数結果と真値との差を誤差として精度を求めた。令和4年8月には同一のサンプルを用いてAI画像認識と検鏡による同定・計数結果の比較を行う実運用試験を行った。

<結果の概要>

令和4年度は6～8月に松島湾3点で10回，石巻湾10点で2回の調査を実施し，環境データを測定するとともに65個のサンプルを取得した（図1）。採集したサンプルは撮影担当者に提供し，撮影された166枚の画像から2,467個のマガキ幼生を同定した（図2）。また，AI判定済みの172枚の画像から2,143個について正誤判定を行った。

精度の定量化では，3名の計数値の中央値を真値と仮定し，AIの同定精度と比較するためにサンプルごとにサイズ別で適合率（検鏡者がマガキと判定したものの正答率），再現率（サンプル中のマガキのうち検鏡者が同定できた率）を見積もった。このとき，真値より大きい値を誤検出，小さい場合を見逃しと仮定した。9サンプルの平均から求めたサイズ別の適合率，再現率を算出し，これらの値から調和平均（ $=2 \cdot \text{適合率} \cdot \text{再現率} / (\text{適合率} + \text{再現率})$ ）を求めた（図3）。この調和平均の結果から，人の検鏡における精度をサイズ別で<100 μ m：84.6%，100～150 μ m：82.9%，150～200 μ m：89.8%，200～250 μ m：84.4%，>250 μ m：84.5%，合計数で92.4%とした。

令和4年8月4日に同一のサンプルを用いて，AI画像認識と検鏡による計数比較を行った。当

日に採取したサンプルを単体撮影し AI 判定を行うとともに, AI の判定結果を検証するために撮影された画像中からも幼生の同定・計数を行った。さらに, 撮影に用いられたサンプルを回収し, 検鏡による同定・計数も行って 3 種類の方法により比較を行った。結果としては, AI 画像認識による計数値が撮影後にサンプルを回収して検鏡した数より少ない傾向がみられた。そこで, AI 判定結果を確認すると, AI 判定からの見落としや撮影画面から幼生が外れて減少していることが確認された。実運用試験時における 250 μ m 以上の大型幼生の AI の同定精度は, 幼生数が少ないサンプルを除いて適合率が 51.3~96.7%, 再現率が 48.8~56.4%, 調和平均が 50.0~70.2%であった。計数にかかった時間は, AI 画像認識では単体撮影に時間を要したため, 1 サンプルあたり 17~67 分を要したが, 検鏡では 3~17 分であった。この結果から, 実際のサンプルを用いた比較では, AI 画像認識は検鏡より幼生数が過小評価されるとともに, 撮影に大幅に時間がかかるため人の検鏡の方が早かった。

<主要成果の具体的なデータ>

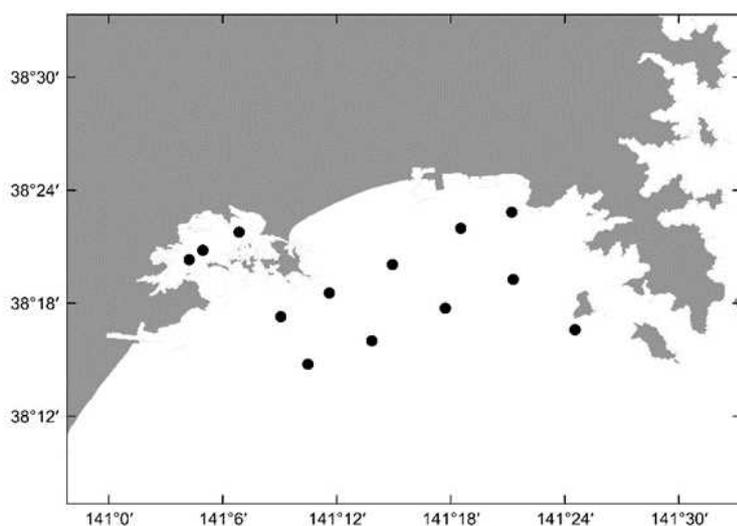


図 1 調査点

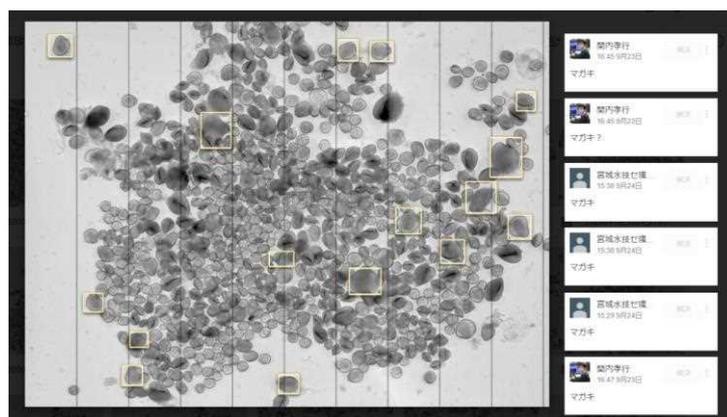


図 2 Google ドライブの画像コメント機能を用いたマガキ幼生の同定作業

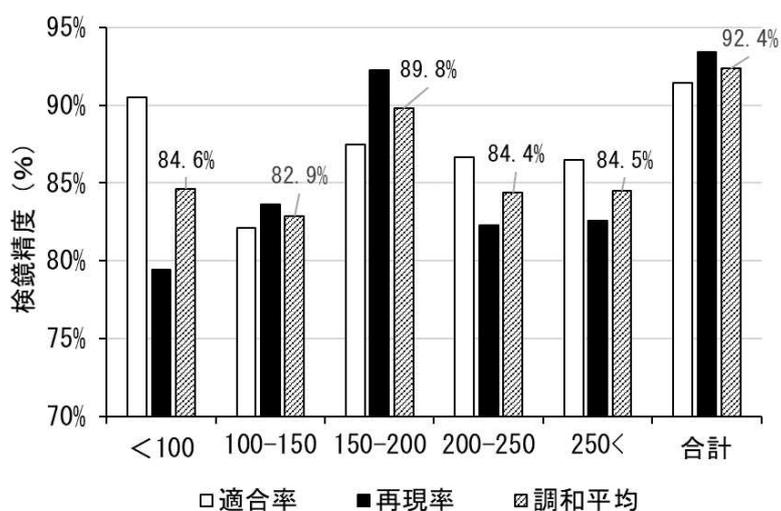


図3 人の検鏡精度

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

- ・AI画像認識によるマガキ幼生の同定・計数技術を現場に導入するには、同定精度の向上や撮影時間の短縮が必要であり、具体的には教師データの作成方法や撮影機器に改良等が必要である。
- ・本事業は今年度で終了した。

<結果の発表、活用状況等>

○令和4年度日本水産学会秋季大会

- ・AI画像判別と検鏡によるマガキ幼生の同定・計数精度の比較について口頭発表した(9月6日)。

事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：水産技術総合センター

課題の分類	増養殖技術
研究課題名	ドローンによるノリ養殖業のスマート化
予算区分	県・地方創生推進交付金(1/2)(スマート水産業推進プロジェクト)
研究期間	令和4年度～令和6年度
部・担当者名	養殖生産チーム：岩淵龍一，○藤岡博哉， 企画・普及指導チーム：小野利則
協力機関・部 及び担当者名	
<p><目的> 現行の「ノリ生育調査」は、現場でノリ網を目視または、網の一部のサンプルを検鏡することで、生育状況を判断しているが、広大なノリ漁場のほんの一部を観察しているに過ぎず、網羅的に把握するのは困難である。そこで、空中ドローンのマルチスペクトルカメラ（NDVI 画像）を用いた植生診断技術を活用し、生育状況の良し悪しを「数値化」及び「見える化」することで、迅速に、養殖業者へ情報提供し、ノリ養殖の生産性向上に寄与することを目指す。</p> <p><試験研究方法></p> <ol style="list-style-type: none"> ノリ養殖漁場空撮調査 松島湾内の育苗漁場および石巻湾内の生産漁場を空撮した。撮影機材は Phantom4 Multispectral および Mavic2 Enterprise DUAL を用いた。 空撮条件検討調査 屋外陸上水槽に設置したノリ網を空撮し、空撮条件を検討した。撮影機材は Phantom4 Multispectral を用いた。 <p><結果の概要></p> <ol style="list-style-type: none"> ノリ養殖漁場空撮調査 育苗期の空撮調査を令和4年9月に2回、松島湾内の育苗漁場で船上からドローンを操縦して行った。葉体が5mm程度に伸長したノリ網をマルチスペクトルカメラで空撮しNDVI画像を取得した。NDVI画像の網部は緑色を呈したが、葉体が短すぎたため、海面の光の反射を捉えたものか葉体を捉えたものか判断出来なかった(図1a,b)。 生産期の空撮調査を令和5年3月に2回、石巻湾内の生産漁場(長浜地先)で、陸地からドローンを操縦して行った。光学カメラの画像から色調の濃いノリ網と薄いノリ網が確認された(図2a)。現場を目視確認すると色調の薄い網は刈り取り後のもの(葉体10cm程度)、色調の濃い網は刈り取り前のもの(葉体20cm程度)であった。また、NDVI画像は精密な画像を取得する事が出来なかった(図2b,c)。これは、ノリ網が水面下20cm程度に展開していた影響と思われる。また、画像解析ソフト Pix4D Mapper を用いて、自動飛行によって取得した画像から漁場全体の画像の合成を試みたが、合成することが出来なかった。 空撮条件検討調査 令和4年4月および12月に、生産が終了したノリ網(葉体10cm程度)を購入し、凡そ2m×1m程度に裁断して、屋外陸上水槽内の水面に浮かべた。設置したノリ網を空撮しNDVI画像を取得した。ノリ網はノリの付着が多い部分は赤色、薄い部分は緑や黄色を示した。また、ノリ芽が完全に落ちた部分は白色を示した(図3a,b)。 	

<主要成果の具体的なデータ>



図 1a. 育苗漁場空撮画像
(光学カメラ)

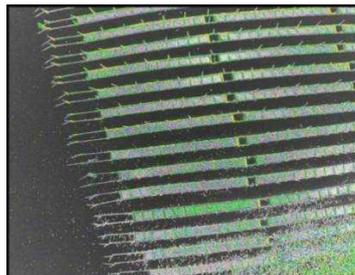


図 1b. 育苗漁場空撮画像
(マルチスペクトルカメラ)



図 2a. 生産漁場空撮画像
(光学カメラ)



図 2b. 生産漁場空撮画像
(色が薄いノリ網,
光学カメラ)



図 2c. 生産漁場空撮画像
(色が薄いノリ網,
マルチスペクトルカメラ)



図 3a. 屋外水槽空撮画像
(光学カメラ)

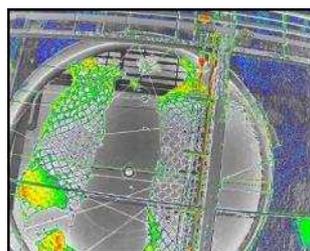


図 3b. 屋外水槽空撮画像
(マルチスペクトルカメラ)

<今後の課題と次年度以降の具体的な計画>

- ・空撮画像とノリ葉体の状態を検討する。
- ・ノリ網のNDVI画像の取得条件を検討する。

<結果の発表, 活用状況等>

なし

事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：水産技術総合センター

課題の分類	環境
研究課題名	気仙沼湾における藻場モニタリング
予算区分	県単
研究期間	令和4年度～
部・担当者名	気仙沼水産試験場：○成田篤史，佐伯光広，小野寺淳一，長田知大，植松康成
協力機関・部及び担当者名	

<目的>

気仙沼湾の一部漁場では震災前の密度を超えて増加したキタムラサキウニの摂食圧を原因とする海藻群落の衰退（磯焼け）が生じている。このため、ウニ、アワビなどの飼料海藻が極端に不足し、成長や身入りが悪く、沿岸漁業に深刻な問題を与えており、地元の関係漁業者からその対応を強く求められている。

これまで、県では海藻群落の調査手段として、実際に潜水して、枠取り調査やライントランセクト法によるモニタリング調査を実施していたが経費や労力の面から継続が難しいため、潜水作業の代替として、水中カメラ及び水中ドローンを利用した藻場のモニタリングの調査手法を開発し、気仙沼湾全域のウニの分布状況及び藻場を把握する取組を行う。

<試験研究方法>

1 水中カメラを使用した藻場及びキタムラサキウニの分布調査

令和4年6-10月、気仙沼湾内で調査ポイントを設定し（図1）、そのポイント上で1m×1mの方形枠（図2）の上にカメラを設置した装置を下して海底画像を撮影し、方形枠内の海藻の種類、被度、キタムラサキウニの個体数を記録した。調査ポイントの岸側に基準地点を設け、そこから沖へ、約5m間隔で概ね20m(5地点)までの撮影を行った（図3）。撮影箇所644地点のうち、157地点が水深0-2m未満、189地点で水深2-4m未満、123地点が水深4-6m未満、68地点で水深6-8m未満、107地点で水深8m以上の海底であった。

データのとりまとめについては、カメラと他の計測機器を組み合わせ、画像（Exif情報）、水深、位置情報を時刻で紐付けて、自動でデータフレームにするプログラムをPythonで作成した。記録したデータは、地図作成ソフトに取り込んで使用し、主な海藻種ごとの生息場所の地図や、キタムラサキウニの生息密度の分布図を作成した。

2 水中ドローンを使用したエゾアワビ、キタムラサキウニ及び藻場の分布調査

令和4年11-12月、気仙沼湾内で調査ポイントを3点設定し（図4）、そのポイント上で水中ドローン（QYSEA社製）（図5）を下ろし、岸側から沖に向けて設置した2m幅のライン（長さは100m又は80m）に沿って海底の動画を撮影し、映像からラインの内側のエゾアワビ及びキタムラサキウニの個体数を計数し、20mの区間毎の密度を算出した。また、合わせて藻場の分布状況も把握した。

<結果の概要>

1 水中カメラを使用した藻場及びキタムラサキウニの分布調査

海藻全体の被度は、水深0-2m帯では、平均38.3%（0%-100%）、水深2-4m帯では、平均18.6%（0%-100%）、水深4-6m帯では、平均14.7%（0%-100%）、水深6-8m帯では、平均9.4%（0%-70%）、水深8m以上では、平均5.2%（0%-100%）の被度であった（図6）。

アマモ（スガモを除く）は、主に砂泥域に繁茂していた（図7）。アマモの被度は、水深0-2m帯では、平均11.6%（0%-100%）、水深2-4m帯では、平均9.8%（0%-100%）、水深4-6m帯では、平均2.0%（0%-100%）であった。水深6m以上では確認されなかった。

コンブは、湾奥に生育し、砂地近くの岩や転石上に見られ（図8）、特に水深が深い箇所によく見られた。コンブの被度は、水深0-2m帯では平均0.3%（0%-20%）、水深2-4m帯では平均0.5%（0%-80%）、水深4-6m帯では平均0.7%（0%-40%）、水深6-8m帯では平均4.6%（0%-60%）、水深8m以上では、平均2.1%（0%-100%）であった。

アラメは、岩礁域に分布し、水深が浅く、波当たりの強い箇所に分布していた（図9）。アラメの被度は、水深0-2m帯では平均3.1%（0%-100%）、水深2-4m帯では平均1.4%（0%-60%）であった。平成17年の調査では、水深4m以上でも観察されているが、令和4年の同地区の調査では、水深4m以上ではアラメは観察されなかつた。

った。

ワカメは岩礁域の水深が浅く、波あたりの強い箇所に分布し、アラメ場より広く分布していた(図10)。ワカメの被度は、水深0-2m帯で平均4.9%(0%-100%)、水深2-4m帯では平均2.2%(0-70%)、水深4-6m帯で平均3.3%(0%-70%)、水深6-8m帯で平均0.6%(0%-20%)であった。なお、水深8m以深では観察されなかった。

ホンダワラ類の被度は、水深0-2m帯では、平均13.5%(0%-100%)、水深2-4m帯では、平均2.2%(0%-70%)、水深4-6m帯では、平均3.3%(0-70.0%)、水深6-8m帯では、平均0.6%(0%-20%)、水深8m以深では、平均0.4%(0-30%)であった。ホンダワラ類は、気仙沼湾に広く分布し、多様な褐藻類のホンダワラ類から構成される(図11)。

キタムラサキウニは、岩礁地帯に高密度に分布しているが、砂地や波が強く水深が浅い箇所は少なかった。キタムラサキウニの密度は、水深0-2m帯で平均0.9個体(0-16.0個体/m²)、水深2-4m帯で平均3.8個体/m²(0-35.0個体/m²)、水深4-6m帯で平均4.8個体(0-46個体/m²)、水深6-8m帯で平均3.8個体/m²(0-25.0個体/m²)、水深8m以深で3.4個体/m²(0-39.0個体/m²)であった。水深4-6m帯で、4個体/m²を超える分布密度だった(図12)。

2 水中ドローンを使用したキタムラサキウニ及び藻場の分布調査

(1) 気仙沼市Aライン

エゾアワビの個体数は21個体/80m、生息密度は平均0.13個体/m²(0~0.2個体/m²)で、キタムラサキウニの個体数は、1,160個体/80m、生息密度は7.3個体/m²であった。エゾアワビ、キタムラサキウニの主な餌となる大型海藻類は少なく、無節サンゴモが優先していた(図13)。

(2) 気仙沼市Bライン

エゾアワビの個体数は11個体/100m、生息密度は平均0.06個体/m²(0~0.15個体/m²)で、令和元年8月の調査時(7個体/100m、生息密度:0.05個体/m²)と同程度であった。キタムラサキウニの個体数は1,714個体/100m、生息密度は8.6個体/m²で、令和元年8月の調査時(1,597個体/100m、7.9個体/m²)と同程度であった。岸側で大型海藻類のアラメが見られたが、調査ライン上にはなかった(図14)。

(3) 気仙沼市Cライン

エゾアワビの個体数は、6個体/100m、生息密度は平均0.03個体/m²(0~0.1個体/m²)で、キタムラサキウニの個体数は696個体/100m、生息密度は3.5個体/m²であった。大型海藻類は少なく、岸側で紅藻など海藻が見られた(図15)。

<主要成果の具体的なデータ>

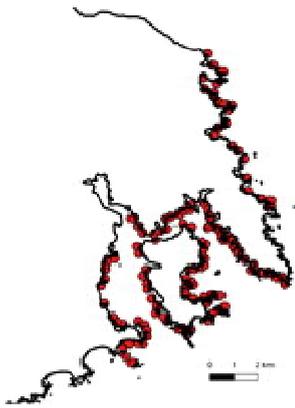


図1 気仙沼湾の水中カメラの調査地点



図2 水中カメラ装置

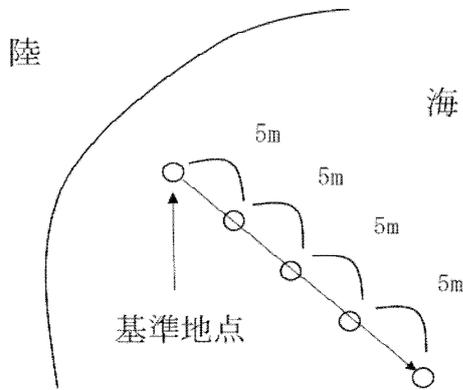


図3 各調査地点での撮影場所

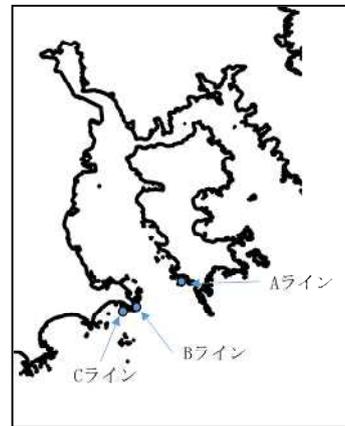


図4 水中ドローンの調査地点



図5 水中ドローン

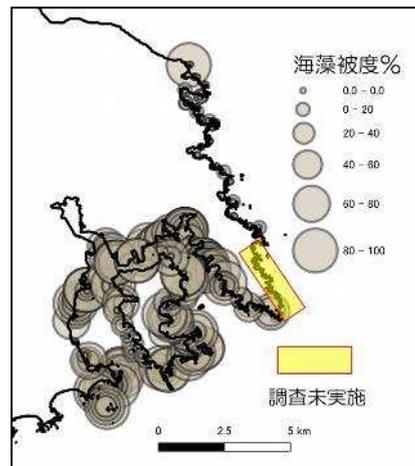


図6 気仙沼湾の海藻被度の分布

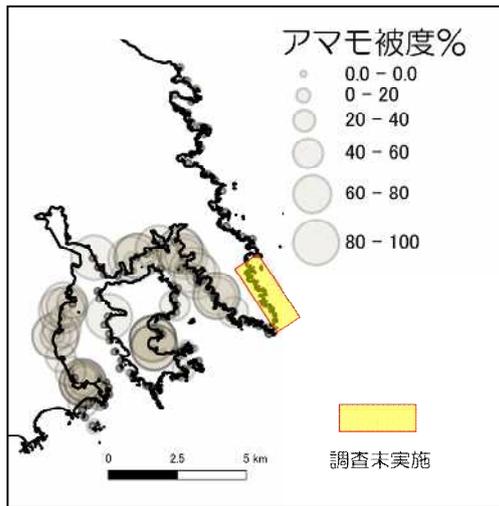


図7 気仙沼湾のアマモ被度の分布

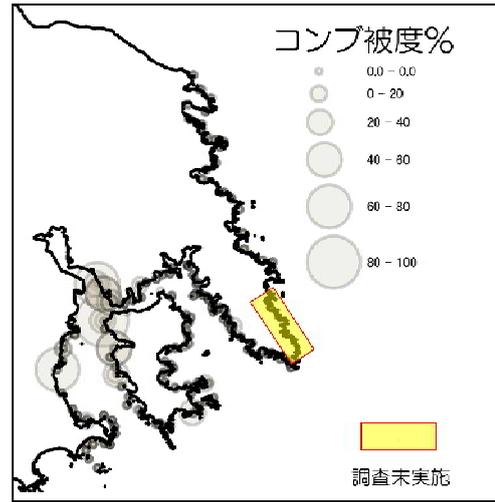


図8 気仙沼湾のコブ被度の分布

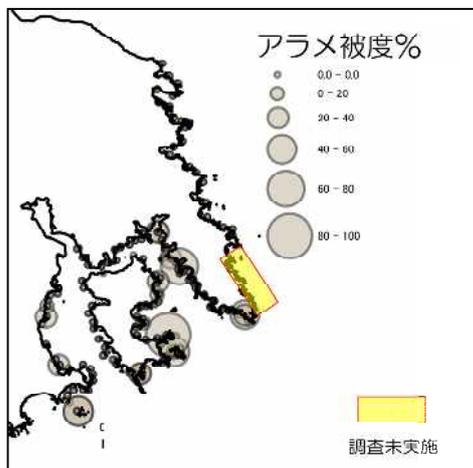


図9 気仙沼湾のアラメ被度の分布

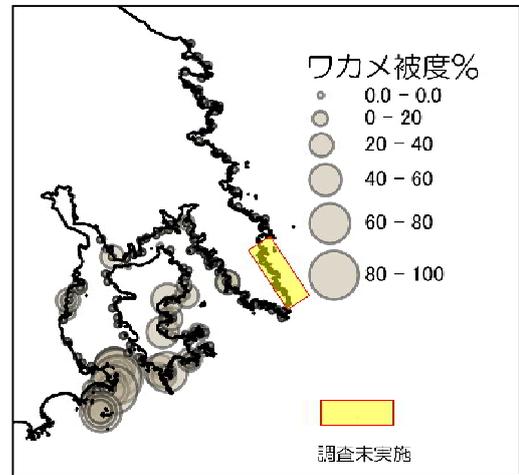


図10 気仙沼湾のワカメ被度の分布

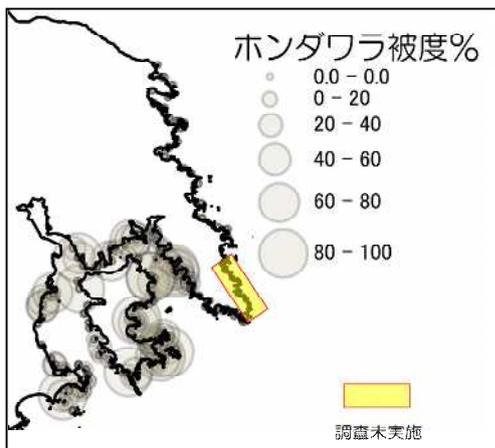


図11 気仙沼湾のホンダワラ被度の分布

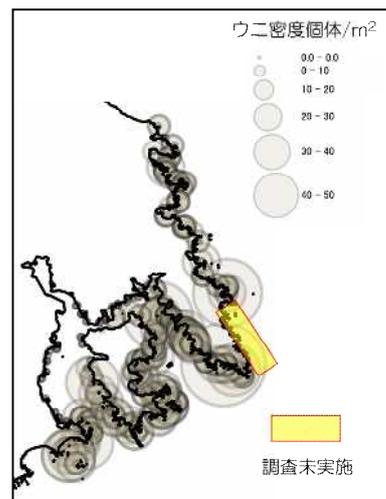


図12 気仙沼湾のキタムラサキウニの分布

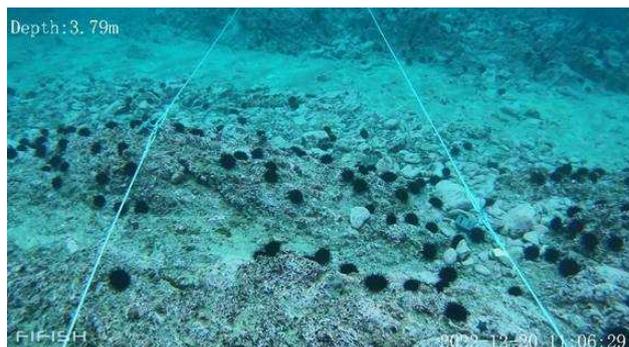


図13 気仙沼市Aライン



図14 気仙沼市Bライン



図15 気仙沼市Bライン

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

藻場や底生生物の分布状況調査を継続する。また、海底画像の自動選定、画像全体に占める海藻被度の算出、ウニの個体数の検出等のモデル開発を行う。

<結果の発表、活用状況等>

令和4年度「浜と水試の情報交換会」WEB版

事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：水産技術総合センター

課題の分類	加工
研究課題名	持続可能な水産加工原料の利用のための研究
予算区分	県単
研究期間	令和4年度～令和6年度
部・担当者名	水産加工開発チーム：○阿部真紀子, 垂水裕樹, 紺野智太, 三浦悟, 永木利幸
協力機関・部及び担当者名	
<p><目的></p> <p>近年、海況等の変化により、本県近海ではこれまで加工用原魚として重要な位置を占めていた、サンマ・シロサケ・スルメイカ等の冷水性魚種の水揚げが減少し、原料不足や価格高騰等が問題となっている。</p> <p>加えて、近年、環境に配慮した持続的な生産・消費に向けた取組が求められており、新しい加工原料の開拓、有用成分等に関する情報の提供が求められている。</p> <p>本研究では、そうした「限りある水産資源の有効活用」に関する課題について、水産加工現場に即した実用可能な形で、解決方法を提案することや、研究成果を魚介類残渣等の有効活用促進の一助にし、県内水産加工業界におけるSDGsの気運醸成を図ることを目的としている。</p> <p><試験研究方法></p> <p>1 原料の選定・状況把握</p> <p>加工企業、市場関係者、ミール企業との意見交換より、本事業における研究対象魚を選定した。令和4年度は、ギンザケ稚魚、エイ類（ホシエイ・アカエイ）、カナガシラを研究対象魚とした。</p> <p>2 加工品試作・レシピ開発</p> <p>各研究対象魚について、成分分析の結果や加工特性を勘案しながら加工品の試作・レシピ開発を行った。</p> <p>3 成分分析</p> <p>・ギンザケ稚魚</p> <p>可食部の一般成分分析、遊離アミノ酸分析、ギンザケ稚魚を使用して試作した魚醤油の分析を行った。</p> <p>一般成分分析では、水分・粗タンパク・粗脂肪・灰分を分析した。水分は常圧加熱乾燥法、粗タンパクはケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出器を用いたエーテル抽出法、灰分は直接灰化法で求めた。</p> <p>遊離アミノ酸分析では、高速液体クロマトグラフィーを用いて分析を行った。</p> <p>魚醤油の製造方法については以下の通りである。R3年度にサンプリングしたギンザケ稚魚10kgと終濃度25% (w/w) の食塩水を加えて混合した。ギンザケ稚魚はラウンドを使用した。食塩は純度99.5%のものを使用した（日本海水）。この混合物を、仕込み後7日間は冷蔵（5℃）で、その後は常温（15℃）で5日間、最終的には恒温（30℃）で1年間保管し発酵させた。発酵後の諸味をろ紙（No.5A, アドバンテック東洋）でろ過後、90℃で約30分間加熱して火入れした。2日間静置し、再度ろ過したものを最終製品とした。</p> <p>魚醤油の分析では、pH、塩分、ホルモール窒素、全窒素を測定した。pHはpHメーターを用いて測定した。塩分は10倍希釈した試料を塩分計で測定した。また、ホルモール窒素はホルモール滴定法で、全窒素はケルダール法で測定した。</p> <p>・エイ類</p> <p>ホシエイ・アカエイのヒレ部分（皮を除き軟骨含む）の一般成分を分析したほか、ホシエイについてはヒレ部分（皮を除き軟骨含む）の遊離アミノ酸分析、ヒドロキシプロリン含有量分</p>	

析、歩留まり測定を行った。

ヒドロキシプロリン含有量分析は、一般財団法人日本食品分析センターに委託した。千葉県水産総合研究センターでの研究によると、皮を含めたアカエイヒレ軟骨のコラーゲン含有量が6610 mg から 6790 mg であることから、コラーゲンは皮に多く含まれていることが推定できた。そのため、試験区は皮を除いたものとし、①ホシエイヒレ肉（皮なし）、②ホシエイ軟骨、③ホシエイ軟骨・肉（皮なし）の3試験区で分析を行った。

歩留まり測定では、ホシエイを測定サンプルとし、ラウンド（丸）から歩留まり（%）を測定した。ヒレ部分を可食部と想定し、包丁による手捌きで処理した。

・カナガシラ

可食部の一般成分分析のほか、中骨、頭を用いた出汁に含まれる遊離アミノ酸量の比較分析を行った。まず、カナガシラのあらとして排出される頭と中骨を用い、だし粉末を試作した（図2）。アミノ酸量を比較するために昆布、煮干し（カタクチイワシ）、A社のだし粉末パック、かつお節、B社の風味調味料を対照群とし、それぞれの出汁に含まれる遊離アミノ酸量について、高速液体クロマトグラフィーで分析を行った。

4 水産加工企業等への提案

低・未利用魚種の認知度向上・加工利用促進を目的とし、県内水産加工企業等に対し、各種イベントや企業訪問時等に情報提供及び試作加工品の提供を行った。

5 SNS等による情報発信

研究成果を広く普及するために、SNS等を活用した。

<結果の概要>

1 原料の選定・状況把握

以下のとおり、ギンザケ稚魚、エイ類（ホシエイ・アカエイ）、カナガシラを研究対象魚とした。

・ギンザケ稚魚

ギンザケ稚魚生産者より、出荷時のオーダーサイズに満たない、未利用のギンザケ稚魚（以下「ビリ群」という）を加工原料として利用できないか相談を受けた。1養魚場あたり約2~3tのビリ群が排出されているという情報もあったことから、県内の養魚場全体で多くの原料が有ると考えられたため、研究対象魚とした。

原料量の把握の為に8養魚場にてビリ群の排出量と利用状況を調査した。8養魚場のうち4養魚場でビリ群を排出していた（表1）。年によって排出量は異なるが、R4年度では利用先の無いビリ群が4養魚場で計4.7 t 排出されていることが確認できた。

・エイ類（ホシエイ・アカエイ）

市場統計に計上されるエイ類はガンギエイ等の一部のエイであり、その他のエイはほとんど上場されていない。しかし、石巻市魚市場調査時に、ホシエイが定置網に多く入網していたこと、さらに宮城県漁協鳴瀬支所の定置網でもアカエイが多く入網していた他、漁協や加工企業からもエイの加工利用について相談があった。そのため、毒針の処理や尿素が含まれること等から利用が敬遠されがちであるが、適切な鮮度管理と下処理を行えば、加工利用の可能性のある原料といえるため、研究対象魚とした。

また、宮城県総合水産行政情報システムにより、2010年1月1日から2022年12月31日に県内で水揚げされたエイ類（ガンギエイ等）の水揚げ統計を整理した（図1）。水揚げ量は2022年に21t、平均単価は2011年に149円/kgであったが、その後は21円/kg~69円/kgと比較的低い価格で取引されている。

・カナガシラ

カナガシラは、頭部が固く、歩留まりも悪いことから低未利用魚となっている。しかしながら、県内では比較的多く漁獲される魚種であるため、研究対象魚とした。加えて、カナガシラの身は一部の県内加工企業で既に加工利用されていることから、本研究では、カナガシラ加工時に排出されるカナガシラのあら（頭・中骨）の加工利用方法についても研究することとした。

また、宮城県総合水産行政情報システムにより、2010年1月1日から2022年12月31日に県内で水揚げされたカナガシラの産地別、年ごとの水揚げ統計を整理した(図1)。水揚げ量は2022年に170t、平均単価は2011年に163円/kgであったが、その後は25円/kg~103円/kgと比較的低い価格で取引されている。

2 加工品試作・レシピ開発

・ギンザケ稚魚

ギンザケ稚魚は川崎町の養鱒場より約2kgのサンプルを提供していただいた。
みりん干し、甘露煮、魚醤油の加工品試作・レシピ開発を行った(図2, 図3)。

・エイ類

ホシエイについては、定置網で漁獲され、石巻魚市場に水揚げされたものをサンプリングした。アカエイについては、ホシエイ同様に石巻魚市場に水揚げされたものに加え、宮城県漁協鳴瀬支所より提供していただいた。

ホシエイのつくね、甘露煮、ホシエイ・アカエイのエイヒレの加工品試作・レシピ開発を行った(図2, 図4)。

・カナガシラ

定置網で漁獲され、石巻魚市場に水揚げされたものをサンプリングした。
カナガシラの頭・中骨を使った出汁粉末の加工品試作・レシピ開発を行った(図2, 図5)。

3 成分分析

・ギンザケ稚魚

可食部の一般成分分析、遊離アミノ酸分析、ギンザケ稚魚を使用して試作した魚醤油の分析を行った。

一般成分分析では、水分81.0%、粗脂肪0.7%、粗タンパク16.3%、灰分2.2%であった(表2)。水分について、養殖ギンザケ可食部が66.0%(2015, 日本食品標準成分表)であることから、成魚に比較し水分が多いことが分かった。

遊離アミノ酸の総量は290.6 mg/100gであり、その構成は、多い順にグルタミン酸14.4%、グリシン13.4%、リジン10.2%であった(表3)。

ギンザケ稚魚を用いて作成した魚醤油について、pH、塩分、ホルモール窒素、全窒素を測定し、ナンプラ、ニョクマムおよび魚露についての先行研究と比較した(表4)。pHや塩分について他の魚醤油と比較し大きな差は見られなかった。また、全窒素分は1.36%であり、ナンプラやニョクマムと比較すると低い値を示したが、パティスや魚露よりは高い値となった。

・エイ類

ホシエイ・アカエイのヒレ部分(皮を除き軟骨含む)の一般成分を分析したほか、ホシエイについてはヒレ部分(皮を除き軟骨含む)の遊離アミノ酸分析、ヒドロキシプロリン含有量分析、歩留まり測定を行った。

ホシエイ、アカエイの一般成分分析の結果を表2に示した。ホシエイ、アカエイの粗タンパク量については、窒素成分に尿素窒素が含まれるため、本来の値よりも多く算出されてしまうと考えられる。窒素尿素量の定量が今後の検討課題となった。

ホシエイの遊離アミノ酸分析の結果を表3に示した。遊離アミノ酸の総量は150.4 mg/100gであり、その構成は多い順に、アルギニン28.7%、グリシン28.0%、グルタミン酸11.1%であった。

ヒドロキシプロリンの分析結果及びコラーゲン含量の推定値を表5に示した。3試験区におけるヒドロキシプロリンの含有量は、①ホシエイヒレ肉で0.11 g/100g、②ホシエイ軟骨で0.39 g/100g、③ホシエイ軟骨・肉で0.16 g/100gであった。

また、これらより推定されるコラーゲンの含有量は、ホシエイヒレ肉で1100 mg/100g、ホシエイ軟骨で3900 mg/100g、ホシエイ軟骨・肉で1600 mg/100gであった。⁽¹⁾

成人女性の1日あたりのコラーゲン摂取量は平均1900 mgであると報告がある。⁽²⁾ ホシエイの軟骨には比較的多くのコラーゲンが含まれているため、軟骨を含んだホシエイを食事に取り

入れることにより、1日のコラーゲン摂取量を増加させることができると考えられる。

(1)ヒドロキシプロリン：コラーゲン中の全アミノ酸の約10%を占める。コラーゲン以外には滅多に見られないため、コラーゲン量を測定する指標となっており、含量の10倍相当量がコラーゲン量と考えられている。

一般財団法人日本食品分析センター(2021). 「コラーゲン」と「ヒドロキシプロリン」.
https://www.jfrr.or.jp/storage/file/Hyp_kanren.pdf(2023.5.12 参照)

(2)野口知里 他(2012). 「20代から50代日本人女性における食事由来コラーゲン推定摂取量の特徴」. 栄養学雑誌, Vol.70 No2, 120-128

歩留まり測定の結果について表6に示した。魚体重の平均は $3.8(\pm 0.9)$ kg, 体の中心部を非可食部, 両ヒレを可食部と想定した。ヒレの皮を引く前, 引いた後の歩留まりをそれぞれ測定し, ヒレ(皮あり)は, $39.4(\pm 4.5)$ %, ヒレ(皮なし)では $20.7(\pm 1.9)$ %であった。

・カナガシラ

可食部の一般成分分析のほか, 中骨, 頭を用いた出汁に含まれる遊離アミノ酸量の比較分析を行った。

カナガシラの一般成分分析の結果を表2に示した。水分77.2 %, 粗脂肪1.6 %, 粗タンパク20.9 %, 灰分0.3 %であった。日本食品標準成分表より, その他の魚種と比較して有意差は見られなかった。(2015, 日本食品標準成分表)

各出汁に含まれる遊離アミノ酸の含有量と構成割合を表7, 図6に示した。カナガシラの頭と中骨では, カナガシラ中骨を使用した出汁のほうが遊離アミノ酸の総量が多いことが分かった。その他の出汁と比較したところ, 各遊離アミノ酸の含有量は比較的少量であることが分かった。また, 各遊離アミノ酸の構成割合については, その他の出汁と比較して, カナガシラ頭, 中骨ともに, 甘みを呈するアラニンが多い。したがって, カナガシラあらの出汁においては, カナガシラ中骨のほうが出汁素材としてより有用だと考えられる。加えて, カナガシラあらの出汁は遊離アミノ酸の構成割合としてアラニンが多いことから, 甘みを呈することが特徴であることが分かる。

今後は, 他の出汁素材としての調合を行い, カナガシラあらの出汁における遊離アミノ酸の寄与等について検討する必要がある。

4 水産加工企業等への提案

企業による当実験棟の利用時や当チームによる企業訪問時に, 事業概要, 水揚げ統計情報, 原料サンプル, 試作加工品, レシピ等について情報提供した(図7)。令和5年1月24日, 石巻で開催された第47回宮城県水産加工品品評会の会場において, 事業紹介ブースを設置し, 事業成果のPR, 「エイヒレ」等の試作加工品展示を実施した(図8)。興味を持ち, 当チームによる事業説明を受けたり, 試作加工品を手にする企業が複数見受けられた。

5 SNS等による情報発信

令和3年度に開設したInstagram(インスタグラム)で, 事業進捗状況, 試作加工品レシピ等を6件投稿し, 低・未利用魚種の認知度向上・利用促進を図った(図9)。

・水産加工開発チーム公式InstagramアカウントURL

: https://www.instagram.com/miyagi_suisangijutsu_kakoken/

また, 宮城県東部地方振興事務所情報誌「いしのまき地域だより」に本事業の紹介記事を掲載し, 低・未利用魚種の認知度向上・利用促進を図った。

〈主要成果の具体的なデータ〉

表1. ギンザケ稚魚ビリ群の県内養魚場における排出状況

	排出量	サイズ	備考
養魚場A	1000kg	～50g/尾	
養魚場B	700kg	50～60g/尾	
養魚場C		50～100g/尾	自社の釣り堀で使用。希 望があれば販売も可能。
養魚場D	泉ヶ岳：1000kg 岩手：2000kg	～50g/尾	

表2. 一般成分分析結果

単位(%)	ギンザケ稚魚	ホシエイ	アカエイ	カナガシラ
水分	81.0 ± 1.3	80.8 ± 1.0	78.2 ± 1.6	77.2 ± 1.3
粗脂肪	0.7 ± 0.0	0.9 ± 0.1	0.3 ± 0.1	1.6 ± 0.6
粗タンパク	16.3 ± 0.8	19.5 ± 0.8	22.5 ± 1.6	20.9 ± 0.1
灰分	2.2 ± 0.2	2.0 ± 0.3	2.7 ± 1.0	0.3 ± 0.1

(ホシエイ, アカエイ, ギンザケ稚魚はn=5, カナガシラはn=3, mean±sd)

表3. 対象魚種の可食部に含まれる遊離アミノ酸

単位(mg/100g)	ギンザケ稚魚	ホシエイ
アスパラギン酸	22.2 ± 5.1	10.7 ± 0.8
グルタミン酸	41.8 ± 7.7	16.7 ± 2.5
セリン	11.7 ± 9.6	0.0
ヒスチジン	0.0	0.0
グリシン	38.8 ± 6.4	42.1 ± 18.3
トレオニン	13.0 ± 2.8	0.0
アルギニン	16.8 ± 4.0	43.1 ± 28.6
アラニン	28.4 ± 4.0	10.1 ± 1.4
チロシン	10.6 ± 1.9	0.0
バリン	22.7 ± 3.3	7.9 ± 0.6
メチオニン	10.8 ± 2.0	3.3 ± 0.4
フェニルアラニン	11.0 ± 2.2	1.6 ± 0.8
イソロイシン	11.2 ± 2.1	4.1 ± 2.7
ロイシン	22.0 ± 4.4	4.8 ± 0.9
リジン	29.5 ± 6.8	6.0 ± 0.5
プロリン	0.0	0.0
遊離アミノ酸総量	290.6 ± 55.2	150.4 ± 47.2

(n=5, mean±sd)

表4. 魚醤油分析の結果

	ギンザケ稚魚 魚醤	ナンプラ*	ニョクマム*	パティス*	魚露*
pH	5.5	5.5	5.5	5.4	6.4
塩分	27.7	24.7	24.5	29.2	28.2
ホルモール窒素(%)	0.70	1.32	1.45	1.03	0.55
全窒素(%)	1.36	2.08	2.09	1.35	1.25
タンパク分解率(%)	51.5	63.5	69.4	76.3	44.0

*船津保浩 他(2000). マルソウダ加工残渣から調製した魚醤油と数種アジア産魚醤油との呈味成分の比較. 日本水産学会紙, 66(6), 1026-1035 より引用し抜粋

表5. ヒドロキシプロリン分析の結果

単位(mg/100g)	ホシエイ			アカエイ
	①ヒレ肉	②軟骨	③軟骨・肉	ヒレ(軟骨・皮含む)
ヒドロキシプロリン	110	390	160	
推定コラーゲン量	1100	3900	1600	6610~6790*

*川島時英 (2022). 機能性成分とおいしさを全面に打ち出したアカエイの商品化. ていち, 第14号, 42-53 より引用し抜粋

表6. ホシエイ歩留まり測定

	ラウンド	ヒレ(皮あり)		ヒレ(皮なし)	
	重量(kg)	重量(kg)	歩留まり(%)	重量(kg)	歩留まり(%)
ホシエイ	3.8 ± 0.9	1.5 ± 0.3	39.4 ± 4.5	0.8 ± 0.2	20.7 ± 1.9

(n=5, mean±sd)

表7. 各出汁に含まれる遊離アミノ酸含有量

単位(mg/100g)	カナガシラ頭	カナガシラ中骨	昆布	煮干し (カタクチイワシ)	かつお節	A社だし 粉末パック	B社風味調味料
アスパラギン酸	11.9	2.2	155.3	7.8	24.9	69.8	0.0
グルタミン酸	14.1	9.9	760.1	58.6	64.6	815.9	13070.3
セリン	12.0	5.7	14.7	18.2	26.0	31.1	0.0
ヒスチジン	10.2	6.0	0.0	283.5	84.8	788.0	608.4
グリシン	17.2	22.9	4.0	28.6	13.2	38.5	598.9
トレオニン	9.0	9.4	7.8	16.0	36.6	34.0	0.0
アルギニン	10.6	11.1	7.5	17.3	30.6	51.9	0.0
アラニン	29.3	39.0	117.7	64.6	89.3	300.3	0.0
チロシン	6.1	8.4	4.1	12.5	28.6	16.6	267.5
バリン	11.6	32.7	6.3	15.1	62.6	39.5	24.3
メチオニン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0
フェニルアラニン	5.6	7.4	3.3	12.7	30.6	34.1	0.0
イソロイシン	0.7	22.3	0.0	2.9	0.0	40.0	0.0
ロイシン	9.2	11.9	3.0	20.1	61.2	49.1	0.0
リジン	19.1	49.4	5.2	36.9	103.4	63.2	176.4
プロリン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
遊離アミノ酸総量	166.6	238.2	1089.0	594.9	656.4	2376.0	14745.7

(1) エイ類 (市場統計に計上されているもの)



(2) カナガシラ

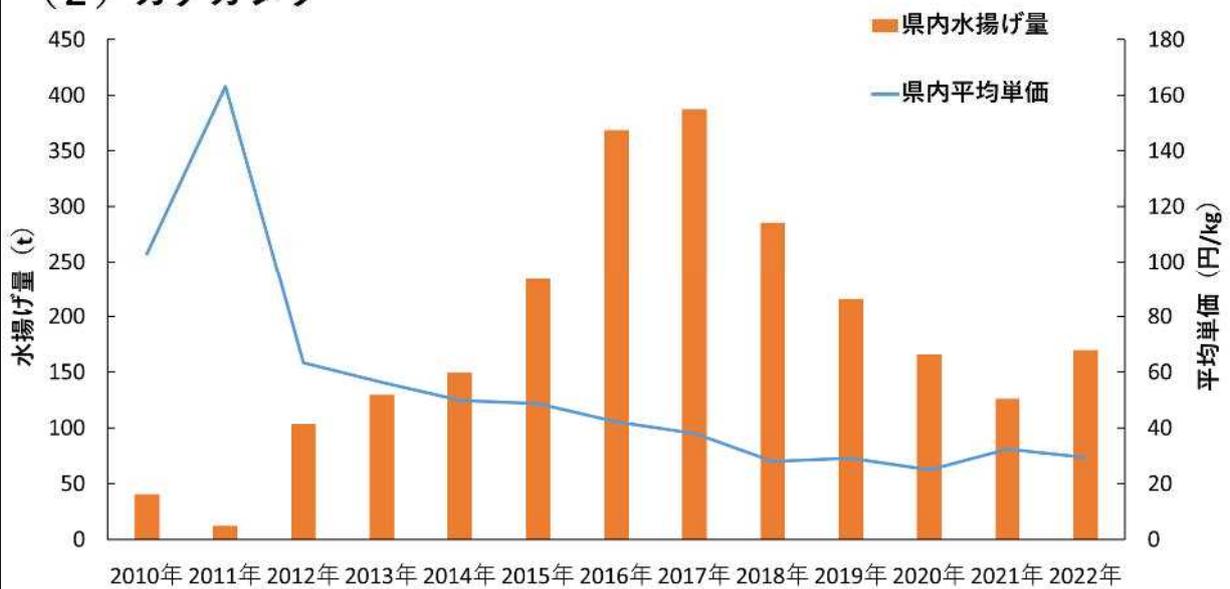


図1. エイ類, カナガシラの県内水揚げ量・平均単価



ギンザケ稚魚（みりん干し，甘露煮）



ホシエイ（つくね，甘露煮，エイヒレ）



カナガシラあらの出汁粉末（中骨，頭）

図2. 試作した加工品例

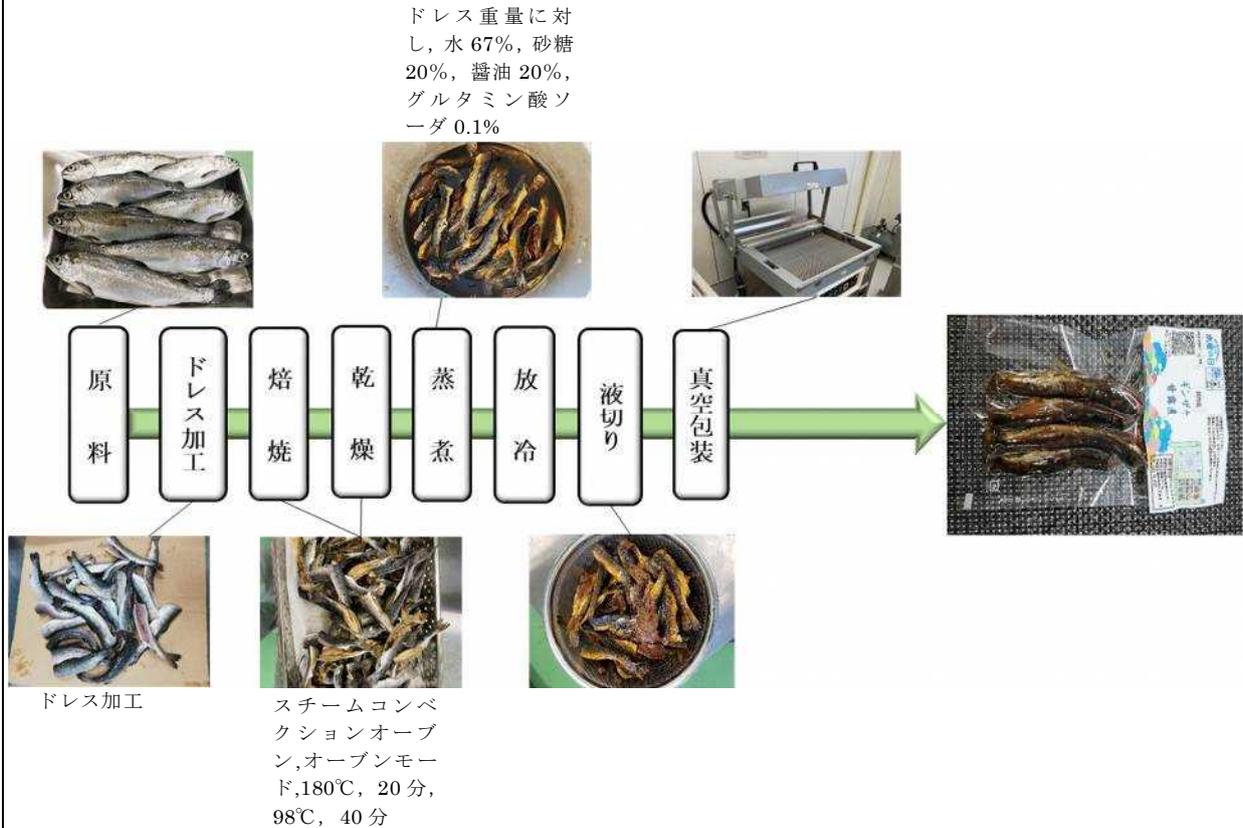


図3. 「ギンザケ稚魚甘露煮」の製造工程図

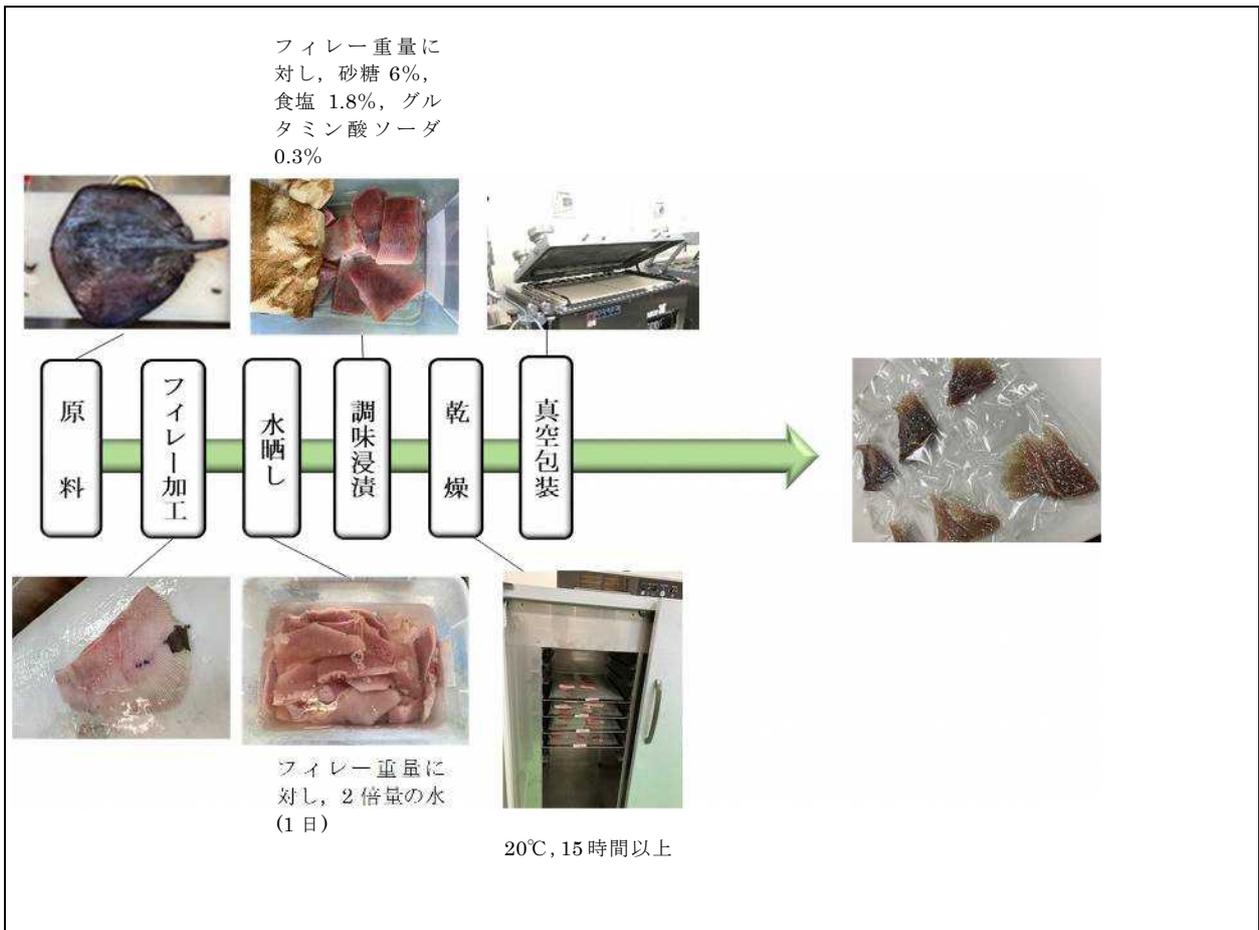


図4. 「ホシエイのエイヒレ」の製造工程図

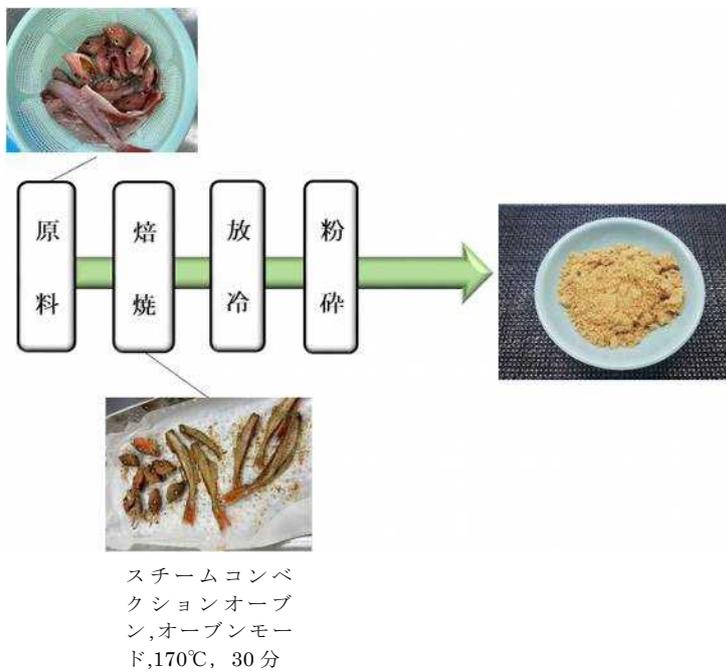


図5. 「カナガシラあらを利用した出汁粉末」の製造工程図

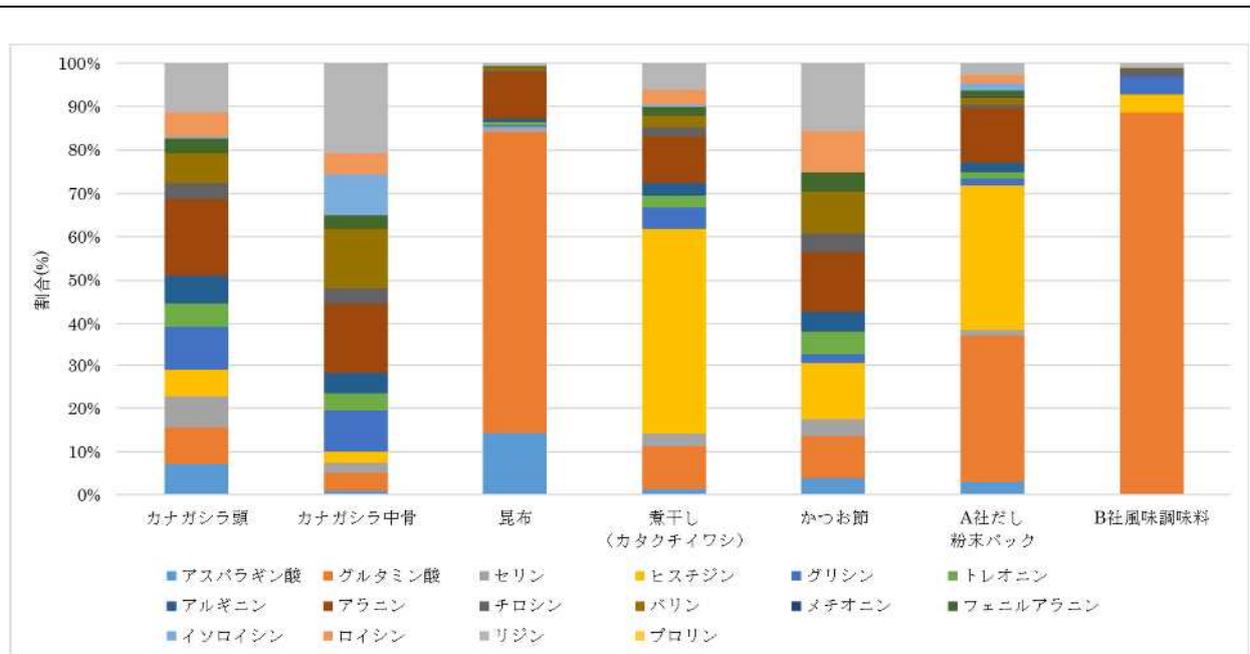


図6. 各出汁における遊離アミノ酸の構成割合



図7. 企業訪問時の情報提供



図8. 第47回宮城県水産加工品品評会でのPR



図.9 当チームInstagram, 「いしのまき地域だより」での情報発信

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

- ・新規原料の探索, 成分分析, 特性に適した加工品の試作
- ・ギンザケ稚魚: 原料量の把握, 成分分析, 特性に適した加工品の試作
- ・エイ: 水揚げ量の把握, 成分分析, 特性に適した加工品の試作, 冷凍品の温度と凍結条件の検討 (尿素量, トリメチルアミン量)
- ・加工企業, マスメディア, 一般県民への情報発信, 情報提供
- ・低・未利用魚を利用した商品化を目指す企業への伴走型支援

<結果の発表・活用状況等>

- ・令和5年3月末現在, PR活動を実施した県内水産加工企業数社において, 低・未利用魚 (主にギンザケ稚魚) の加工品の製品化を検討している。

事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：水産技術総合センター

課題の分類	加工
研究課題名	環境変化に伴う地域水揚げ水産物の加工開発試験
予算区分	県単
研究期間	令和3年度～令和5年度
部・担当者名	水産加工開発チーム：○垂水裕樹，紺野智太，阿部真紀子，永木利幸，三浦悟
協力機関・部及び担当者名	
<p><目的></p> <p>近年、海況等の変化により、本県近海ではこれまで加工用原魚として重要な位置を占めていた、サンマ・シロサケ・スルメイカ等の冷水性魚種の水揚げが減少し、サワラ・タチウオ・タイ類等の暖水性魚種の水揚げが増加している。</p> <p>県内の水産加工企業では、こうした地元水揚げ魚種の変化がどの程度継続するのか判断し難く、特に一次処理機器への設備投資について躊躇しているのが現状である。</p> <p>また、県内の水産加工機器メーカーにおいても、同様の理由から機器開発が遅れる傾向にある。</p> <p>以上のことから、現在水揚げが増加しているものの、加工用原魚として利用が進まない暖水性魚種について、利用加工上の課題を明らかにし、加えてその課題を解決することにより、利用を促進し、加工用原魚不足解消の一助にする。</p> <p><試験研究方法></p> <p>令和3年度は、サワラ・タチウオ・チダイについて、水揚げ統計の整理、経時的な成分分析、加工工程ごとの歩留まり測定を実施した。また、原魚特性を把握し、その特性に適した加工品を試作した。さらに、原魚情報や試作した加工品レシピについて、企業訪問、各種イベント、県HP・SNS・広報誌等の情報ツールを活用したPR活動を実施し、認知度向上及び加工利用促進を図った。</p> <p>令和4年度は、同じく3魚種について、水揚げ統計の整理・更新、加熱方法別の成分分析を実施した。また前年度同様、各種PR活動を実施し、認知度向上及び加工利用促進を図った。</p> <p>1 水揚げ統計整理</p> <p>宮城県総合水産行政情報システムにより、2010年1月1日から2022年12月31日に県内で水揚げされたサワラ・タチウオ・チダイの産地別、漁業種類別、月別の水揚げ統計を整理した。</p> <p>2 サンプルング・加熱方法別成分分析（一般成分・遊離アミノ酸）</p> <p>2022年の8月に定置網で漁獲され、石巻魚市場に早朝水揚げされたサワラ・タチウオ・チダイについて1回サンプルングを実施した。入手したサンプルはクーラーボックス内で上げ氷の状態、市場から約500mの距離にある宮城県水産技術総合センター水産加工公開実験棟に搬入した。サンプルの中から、同程度の魚体サイズのを10尾抽出し、魚体測定（尾叉長及び体重）を行った。</p> <p>成分分析には、「煮熟」、「焙焼」、「蒸煮」の3通りの方法で加熱したサンプルと「生」サンプルを用いた。分析サンプル数は、各魚種について各加熱方法で3尾とした。煮熟はアルミ鍋を用いて沸騰水中で加熱した。焙焼と蒸煮はスチームコンベクションオーブン（ニチワ電機（株）製、SCOS-1010RH）を用いてそれぞれ250℃と100℃で、いずれの方法とも中心温度が85℃に達してから1分間加熱したものを分析に供した。中心温度の測定にはデジタル温度計（アズワン（株）製、WT-100）を用いた。分析サンプルの調整について、各加熱後、室温放置し、粗熟を取った後、可食部（フィレのうち骨を除く）をフードプロセッサーにより均質化した。すぐに分析に供しない場合は、サンプルをジッパー付きのビニール袋に入れ、-30℃の冷凍庫で凍結保存した。冷凍したサンプルを分析する際は、袋の上から当て水で流水解凍し、再度混合・均質化してから分析に供した。</p> <p>一般成分は、水分・粗タンパク・粗脂肪・灰分を分析した。水分は常圧加熱乾燥法、粗タンパクはケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出器を用いたエーテル抽出法、灰分は直接灰化法で求めた。</p>	

遊離アミノ酸は高速液体クロマトグラフィー（以下「HPLC」）を用いて分析を行った。分析機器はアジレント・テクノロジー（株）製（Agilent 1260 Infinity series）を用いた。調整したサンプル約1gを秤量し、サンプルの入った50ml遠沈管にトリクロロ酢酸を加えてガラス棒でホモジナイズ後、遠心分離（0℃・21,100×g・5分）により除タンパクし、上澄みを採取する操作を合計3回繰り返した。トリクロロ酢酸を加える操作は「10%・6ml」を1回、「5%・3ml」を2回とした。100mlメスフラスコに超純水で希釈・定容後、0.45μmシリンジフィルターで濾過したものを1.5mlバイアルに充填し、HPLCにより遊離アミノ酸の含有量を分析した。アミノ酸の誘導体化は、Agilent 1260 Infinityオートサンプラーの自動プレカラム誘導体化機能を用いた。OPA（o-フタルアルデヒド）で1級アミノ酸を誘導体化した後、逆相カラムで分離し、フォトダイオードアレイ検出器及び蛍光検出器を用いて定量した。分析条件は表1のとおりとした。各遊離アミノ酸は、市販のスタンダードを用いた絶対検量線法により、アスパラギン酸（Asp）、グルタミン酸（Glu）、セリン（Ser）、ヒスチジン（His）、グリシン（Gly）、スレオニン（Thr）、アルギニン（Arg）、アラニン（Ala）、チロシン（Tyr）、バリン（Val）、メチオニン（Met）、フェニルアラニン（Phe）、イソロイシン（Ile）、ロイシン（Leu）、リジン（Lys）、プロリン（Pro）を定量した。

表 1. HPLC 分析条件

カラム	Agilent Poroshell HPH-C18(3.0*100mm*2.7μm)
カラム温度	40℃
移動相	グラジエント分析 A) 10mM 四ホウ酸ナトリウム・リン酸水素二ナトリウム (pH8.2) B) アセトニトリル/メタノール/水(4.5:4.5:1)
移動相流量	0.7mL/min
検出器	DAD sig338.0nm;10nm, Ref390nm;20nm FLD Ex230nm, Em450nm

3 加工品の試作

各魚種の分析結果及び加工特性を踏まえ、「サワラの塩引きフレーク」、「タチウオのすり身・かまぼこ」、「チダイの酢メ」の3品について、加工条件を検討し、レシピを開発した。

4 事業成果の普及・情報発信

暖水性魚種の認知度向上・加工利用促進を目的とし、県内水産加工企業等に対し、各種イベントや企業訪問時等に情報提供及び試作加工品の提供を行った。

また、広く一般県民にも事業成果の普及を図るため、水産加工開発チームのHPやInstagram（インスタグラム）の他、マスコミによるPR活動を実施した。

<結果の概要>

1 水揚げ統計整理

宮城県総合水産行政情報システムにより、2010年1月1日から2022年12月31日における県内でのサワラ・タチウオ・チダイの水揚げ統計を整理した。産地別、漁業種別、2022年の月別水揚げ量の推移をそれぞれ図1～3に示した。

サワラについて、東日本大震災以前の2010年には年間合計で378tが水揚げされ、そのうち気仙沼で136t（36.0%）、石巻で134t（35.4%）が水揚げされた。その後の水揚げ量は各年で大きく変動しており、2022年は年間合計で71tが水揚げされ、減少傾向であった。2022年は石巻で42t（59.2%）が水揚げされ、その大部分を占めていた。漁業種別にみると、震災以前から水揚げ量の大部分を定置網が占めており、2022年は年間合計71tのうち、53t（74.6%）が定置網で漁獲された。2022年の月別にみると、7月から水揚げ量が増加し、8月の18tがピークであった。8月は石巻で14t（77.7%）が水揚げされた。主な水揚げ時期である7月～12月には年間合計（71t）の93.0%を占める66tが水揚げされた。

タチウオについて、2017年までは水揚げ量が少なかったものの、2018年以降は大きく水揚

げ量が増加し、2022年には年間合計で398tが水揚げされた。そのうち石巻で301t(75.6%)が水揚げされた。漁業種別にみると、2017年では年間合計33tのうち、底曳網で31t(93.9%)とその大部分を占めていたが、2018年以降は定置網でも多く漁獲されるようになり、2022年には、年間合計398tのうち、定置網で122t(30.7%)、底曳網で205t(51.5%)が漁獲された。2022年の月別にみると、7月から急激に水揚げ量が増加し、8月の111tがピークであった。8月は石巻で82t(73.9%)が水揚げされた。

チダイについて、2015年までは水揚げ量が少なかったものの、2016年以降大きく水揚げ量が増加し、2022年には年間合計で200tが水揚げされた。そのうち石巻で172t(86.0%)が水揚げされた。漁業種別にみると、水揚げ量が大きく増加した2016年から2022年にかけて、水揚げ量のほとんどを底曳網が占める傾向が継続しているが、中でも2021年は、底曳網が286tと前年比で211.9%と大きく増加し、年間合計352tの81.3%を占めた。2022年の月別にみると、6月から徐々に水揚げ量が増加し、ピークとなった9月は年間合計200tのうちの62t(31.0%)が水揚げされた。また9月水揚げ量62tのうち、石巻で61t(98.4%)が水揚げされた。

2 加熱方法別成分分析（一般成分・遊離アミノ酸）

(1) 一般成分

サワラ・タチウオ・チダイの魚体測定結果と一般成分分析結果を表2～3及び図4に示した。

サワラについて、各加熱方法とも水分の割合が6.0～10.6ポイント減少した一方で、粗タンパク、粗脂肪、灰分の割合は各加熱方法とも増加した。粗脂肪の割合については、煮熟と焙焼で5.2～6.5ポイント増加した。可食部の身幅が厚く、中心温度が85℃に到達するまでの加熱時間が長くなったため、より多くの水分が離水し、パサついた身質になったものと考えられた。

タチウオについて、水分の割合は焙焼で3.6ポイント減少し、煮熟、蒸煮では0.9～2.2ポイントと僅かに増加していた。粗タンパクの割合は各加熱方法とも増加(2.4～5.4ポイント)、粗脂肪の割合は各加熱方法とも減少(3.2～4.7ポイント)していた。

チダイについて、水分の割合は各加熱方法とも減少(2.6～5.0ポイント)したが、粗タンパクの割合は各加熱方法とも増加(1.9～4.3ポイント)した。粗脂肪の割合は蒸煮のみ1.7ポイント減少した。

(2) 遊離アミノ酸

遊離アミノ酸分析の結果を表4に示した。

サワラについて、各加熱方法ともにヒスチジンが総遊離アミノ酸含有量の約80%を占めていた。ヒスチジンは蒸煮で233mg/100gと最も増加していた。主要な構成成分であるグルタミン酸、アラニン、リジンについて、各加熱方法による大きな変化は見られなかった。

タチウオについて、主要な構成成分はグルタミン酸、アラニン、バリン、リジンであったが各加熱方法による大きな変化は見られなかった。ヒスチジンは含まれていなかった。

チダイについて、主要な構成成分はグルタミン酸、ヒスチジン、グリシン、アルギニン、アラニン、バリン、リジンであった。煮熟によって主にヒスチジンとリジンが大きく減少していた。また他の2魚種と比較すると、グルタミン酸、リジンが比較的多く含まれていた。

3 加工品の試作

各魚種の分析結果及び加工特性を踏まえ、「サワラの塩引きフレーク」、「タチウオのすり身・かまぼこ」、「チダイの酢炙」の3品について、加工条件を検討し、レシピを開発した(図5～図7)。

4 事業成果の普及・情報発信

上記で得られた事業成果について普及活動を実施したので、主な取組を下記のとおり報告する。

(1) メールによる情報提供

令和4年9月15日、事業概要及び整理した水揚げ統計情報について、県内水産加工企業約200社にメール送付による情報提供を行った。

(2) 企業訪問時等における情報提供

企業による当実験棟の利用時や当チームによる企業訪問時に、事業概要、水揚げ統計データ、原料サンプル、試作加工品、レシピ等について情報提供した(図8)。

(3) 技術支援商品の開発・販売

昨年度からチダイについての統計情報、原料サンプル、試作品等を提供するなどの伴走型支援を実施していた石巻市内の水産加工企業において、チダイを原料とした「石巻金華茶漬け(鯛)」が開発され、2022年10月に販売が開始された(図9)。2023年3月末現在、石巻市内の直営店や観光施設、仙台駅構内の土産店等で広く販売されており、結婚式の引き出物や贈答品としてバイヤーからの引き合いは強まっているとのこと。なお、冷凍セミドレス原料についても、同じく石巻市内の一次加工企業が取り扱いを開始している。

(4) 第47回宮城県水産加工品品評会でのPR

令和5年1月24日、石巻で開催された第47回宮城県水産加工品品評会の会場において、事業紹介ブースを設置し、事業成果のPR、「タチウオのかまぼこ」等の試作加工品展示を実施した(図10)。暖水性魚種に興味を持ち、当チームによる事業説明を受けたり、試作加工品を手取る企業が複数見受けられた。また、品評会審査中に開催された研修会では「新たな加工原料開発に向けて～加工原料不足・原料単価高騰への対応～」とのテーマで講師を担当し、水産加工公開実験棟の利用方法や暖水性事業の進捗状況等について、50名程度の関係者(品評会参加団体:53社,2校)に情報提供した。

(5) 県HP及びSNS等の活用によるPR

昨年度新たに開設したInstagram(インスタグラム)で、事業進捗状況、試作加工品レシピ等を投稿し、暖水性魚種の認知度向上・利用促進を図るとともに、HPとSNSの連動したPRを実施した(図11～図12)。

・水産加工開発チームHP URL

: <https://www.pref.miyagi.jp/site/gaiyou/kakoukaihatu-gyoum.html>

・水産加工開発チーム公式InstagramアカウントURL

: https://www.instagram.com/miyagi_suisangijutsu_kakoken/

(6) マスメディア報道によるPR

サンマ・シロサケ等冷水性魚種の記録的不漁が継続していることから、県内の各マスメディアも代替魚としての暖水性魚種に注目しており、本事業の取組やチダイ新商品についても下記のとおり報道された(図13)。

・日本放送協会(NHK)

・東北放送(株)(TBC)

・(株)東日本放送(KHB)

・(株)読売新聞社

・(株)河北新報社

・(株)水産経済新聞社

<主要成果の具体的なデータ>

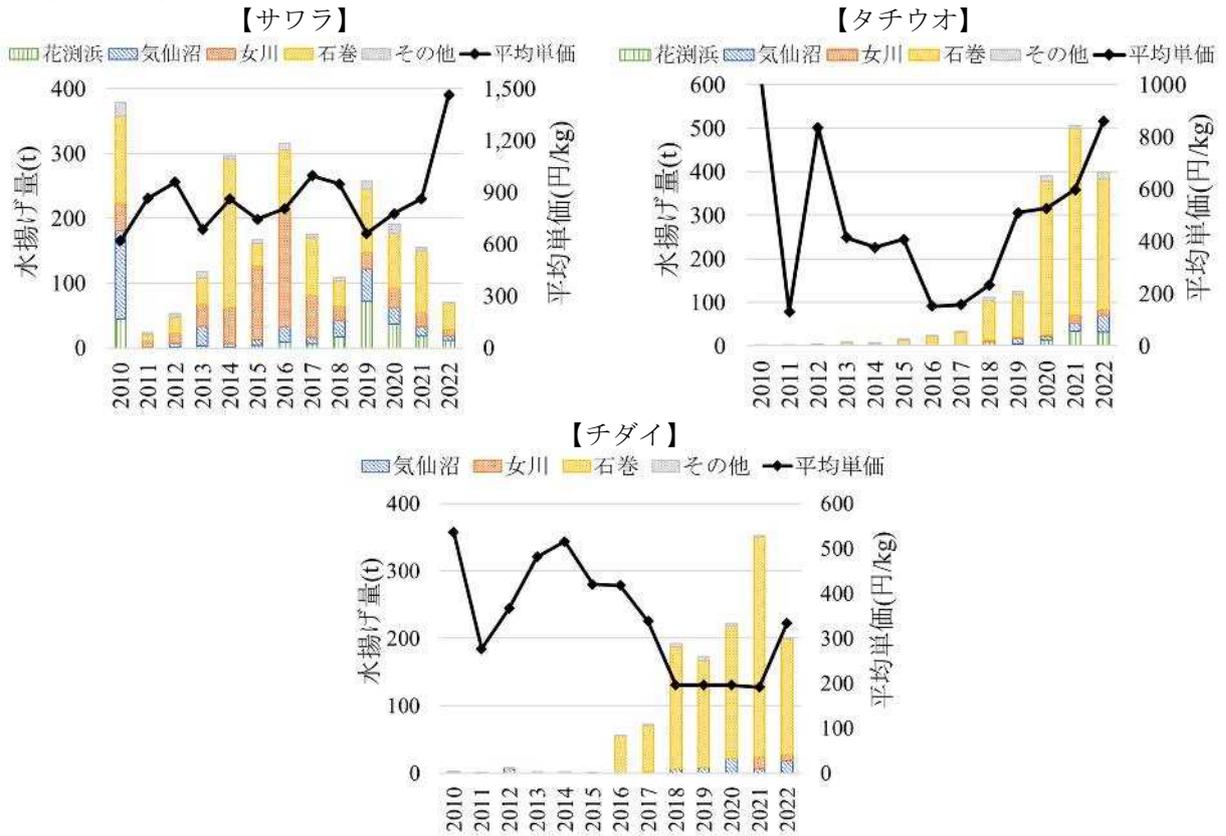


図1. サワラ, タチウオ, チダイの産地別水揚げ量及び平均単価の推移(2010年~2022年)

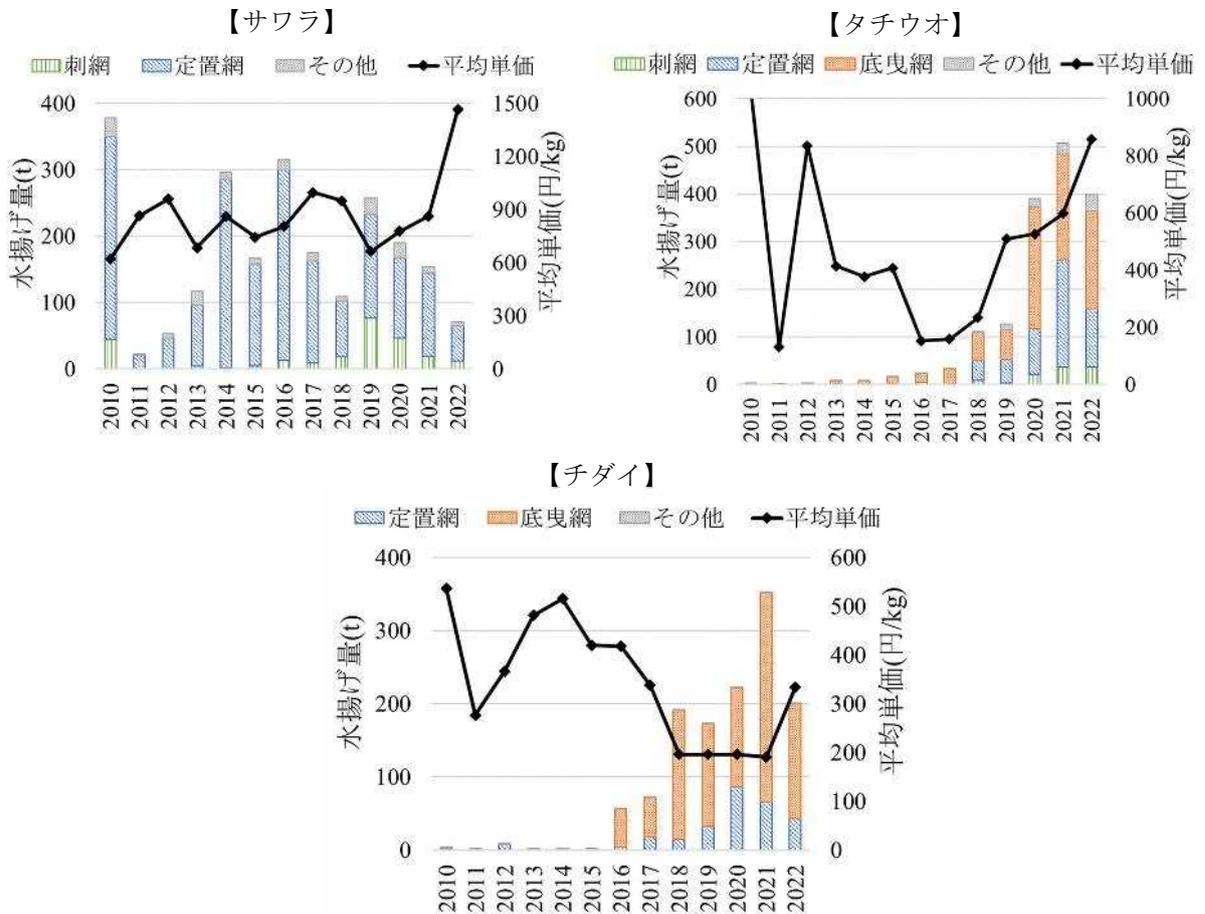


図2. サワラ, タチウオ, チダイの漁業種別水揚げ量及び平均単価の推移(2010年~2022年)

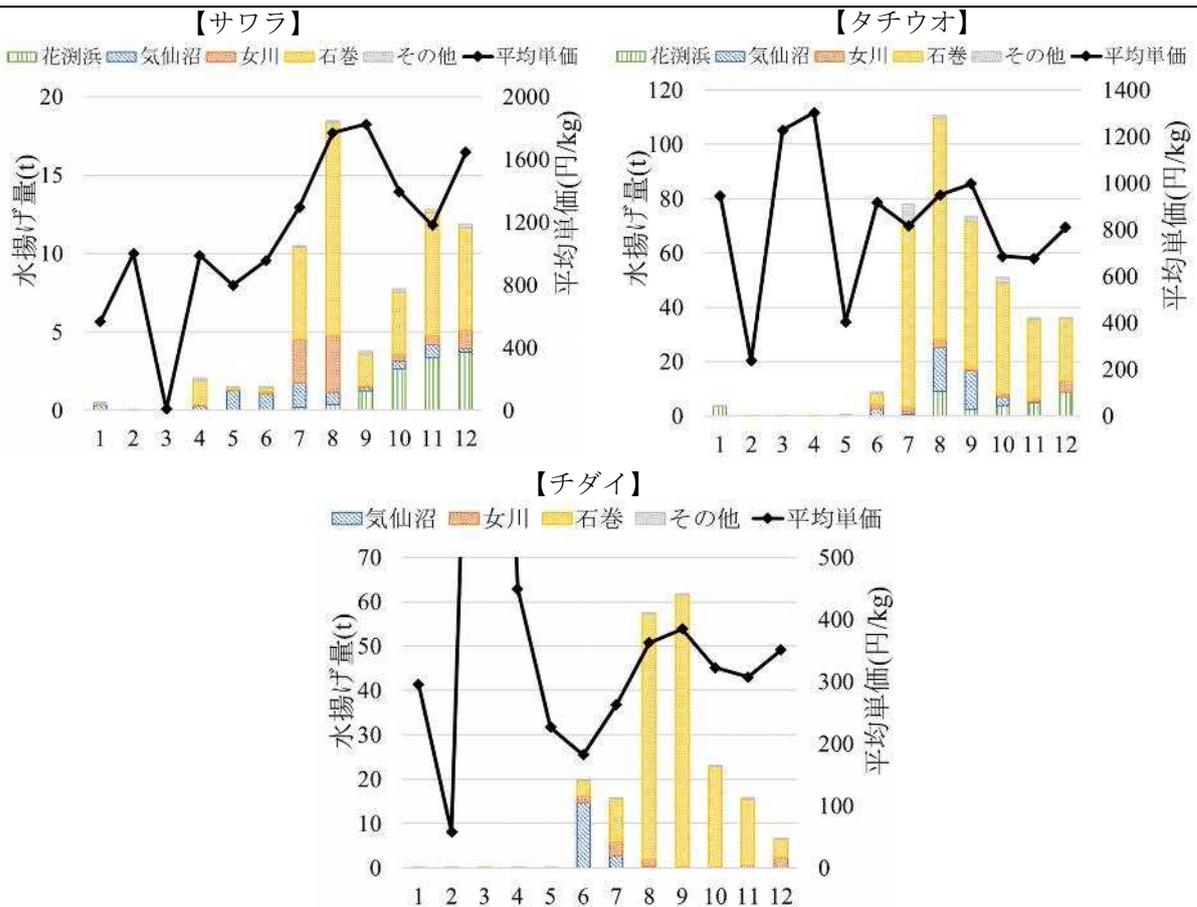


図 3. サワラ，タチウオ，チダイの月別水揚げ量及び平均単価の推移（2022 年）

表 2. 2022 年 8 月に定置網で漁獲されたサワラ，タチウオ，チダイの魚体測定結果 (n=10, mean±sd) ※タチウオは肛門前長 (cm)

	尾叉長(cm)	体重(kg)
サワラ	63.0±5.0	1.93±0.3
タチウオ	39.2±2.2	0.94±0.2
チダイ	22.0±0.9	0.3±0.0

表 3. 2022 年 8 月に定置網で漁獲されたサワラ，タチウオ，チダイの加熱方法別一般成分分析結果 (n=3, mean±sd)

	サワラ				タチウオ				チダイ			
	水分 (%)	粗タンパク (%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)	水分 (%)	粗タンパク (%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)	水分 (%)	粗タンパク (%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)
生	74.9±1.0	21.1±0.6	4.0±1.4	1.4±0.0	65.0±0.3	17.6±0.8	17.6±1.5	1.2±0.0	74.4±2.0	21.6±0.4	3.7±2.3	1.5±0.1
煮熟	65.4±0.7	23.4±0.7	10.5±1.2	1.7±0.2	65.9±2.3	20.2±0.3	14.1±3.1	1.1±0.0	71.8±0.1	23.5±0.1	3.7±0.6	1.6±0.0
焙焼	64.3±1.6	24.8±0.1	9.2±2.4	1.9±0.1	61.4±0.6	23.0±1.2	12.9±1.4	1.5±0.1	69.4±1.1	25.9±0.3	3.7±1.3	2.0±0.1
蒸蒸	68.9±2.4	24.4±0.1	5.6±2.3	1.8±0.1	67.2±0.9	20.0±0.8	14.4±2.4	1.3±0.1	71.5±0.6	25.0±0.5	2.0±0.6	1.9±0.2

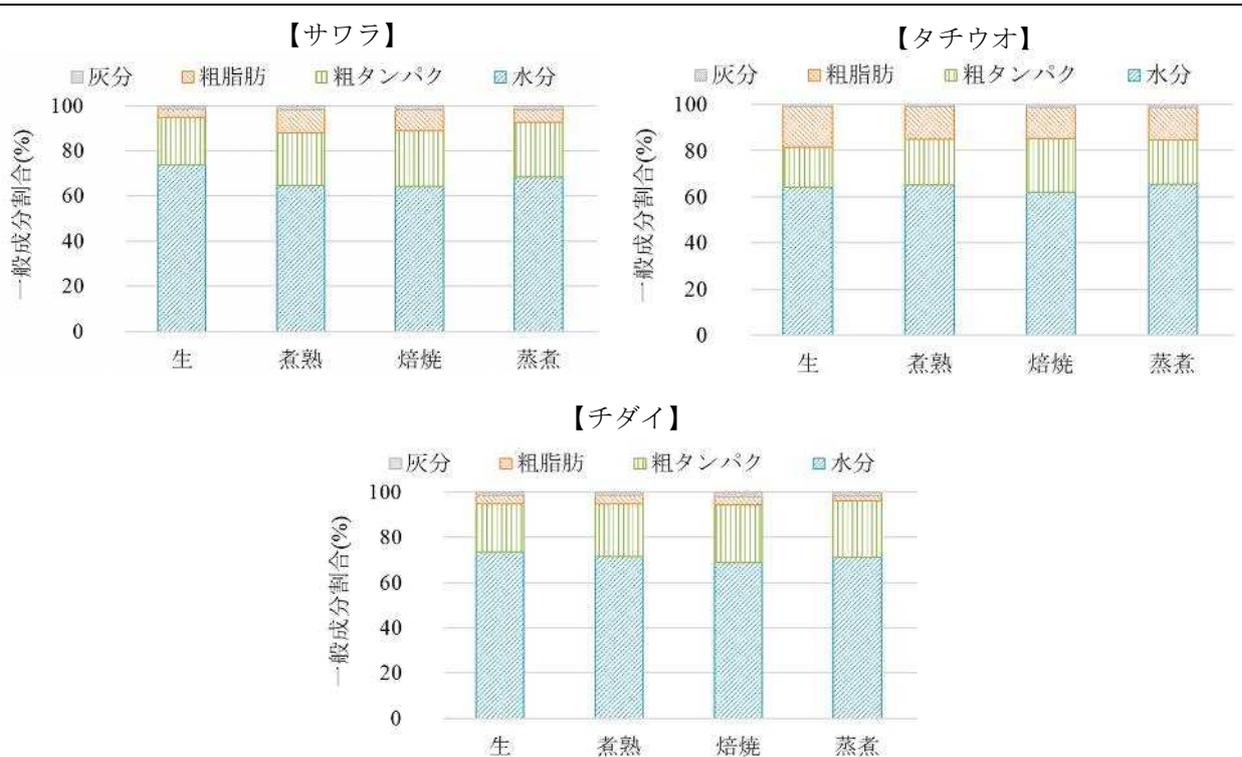


図 4. 2022 年 8 月に定置網で漁獲されたサワラ，タチウオ，チダイの加熱方法別一般成分分析結果 (n=3)

表 4. 2022 年 8 月に定置網で漁獲されたサワラ，タチウオ，チダイの遊離アミノ酸分析結果 (n=3, mean±sd)

(mg/100g)	サワラ				タチウオ				チダイ			
	生	煮熟	焙焼	蒸煮	生	煮熟	焙焼	蒸煮	生	煮熟	焙焼	蒸煮
Asp	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Glu	9±1	11±4	11±3	15±1	7±6	3±2	8±3	4±2	16±1	13±2	16±1	12±0
Ser	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
His	173±29	207±15	188±5	233±9	0±0	0±0	0±0	0±0	39±5	10±14	48±4	41±5
Gly	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	10±2	6±4	15±1	12±2
Thr	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	2±3
Arg	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	15±4	5±7	11±8	17±2
Ala	9±1	12±0	11±1	15±1	15±5	14±9	16±3	15±4	15±1	11±1	13±0	14±1
Tyr	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	1±2	0±0	0±0	0±0
Val	5±0	7±0	8±1	8±1	7±2	6±3	7±1	7±3	9±0	9±0	9±0	9±0
Met	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	2±2	0±0	2±3	0±0	0±0	0±0	0±0
Phe	0±0	0±0	0±0	0±0	3±4	0±0	0±0	1±2	0±0	0±0	0±0	0±0
Ile	1±1	1±2	2±1	2±2	1±2	1±1	1±1	1±1	0±0	0±0	0±0	0±0
Leu	4±1	5±1	5±0	6±1	4±1	3±2	4±1	3±2	3±0	2±1	3±0	3±0
Lys	17±3	16±4	18±2	14±2	22±20	13±8	8±6	18±11	61±6	31±13	66±20	76±10
Pro	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
合計	218±33	258±18	241±3	294±9	59±38	42±26	45±12	51±21	167±14	87±20	181±25	185±1

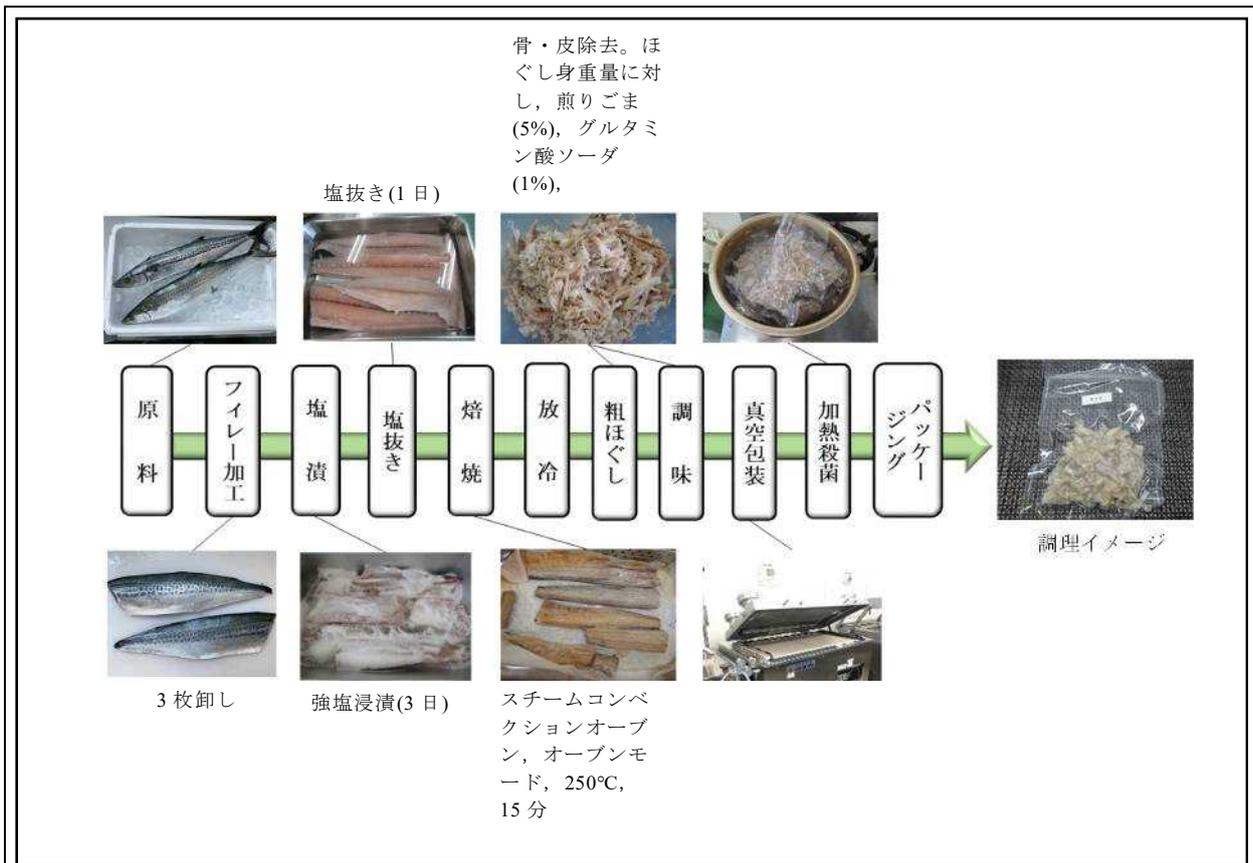


図 5. 「サワラの塩引きフレーク」の製造工程図

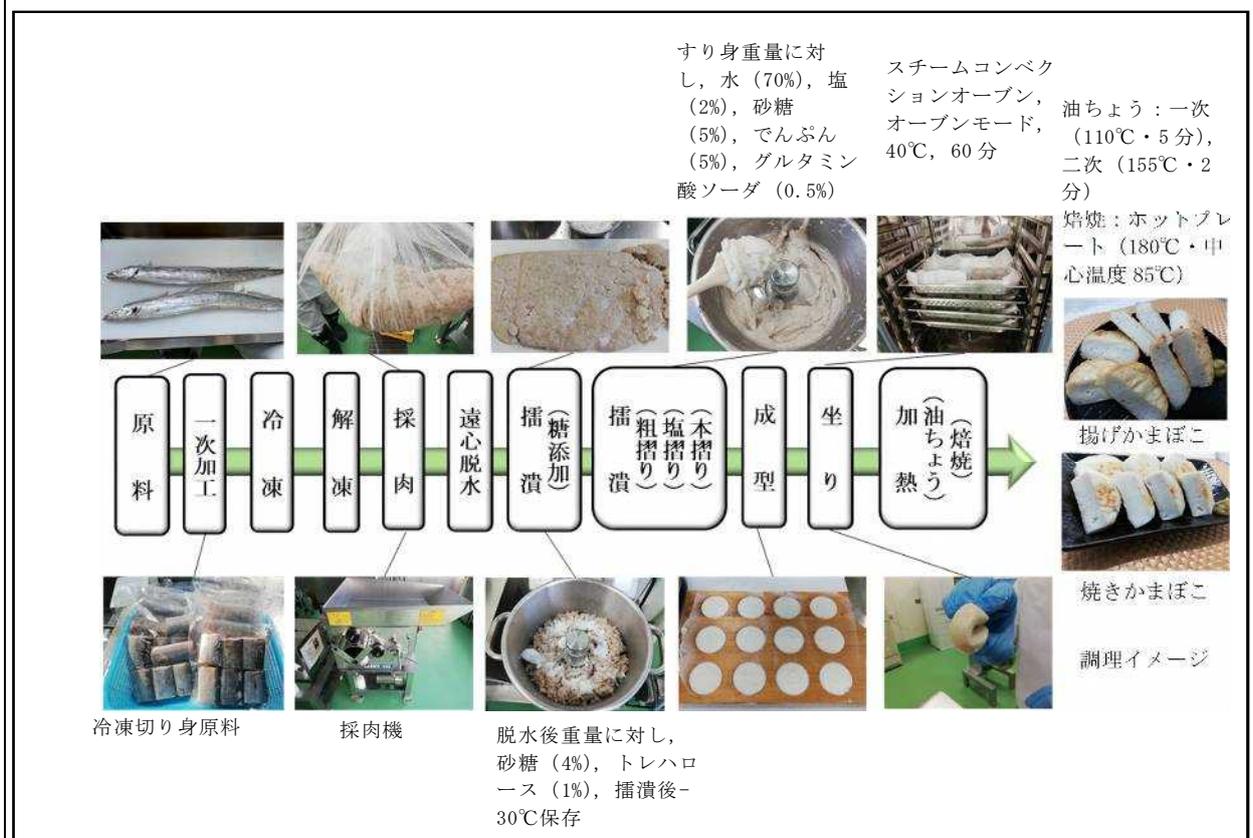


図 6. 「タチウオのすり身・かまぼこ」の製造工程図



図 7. 「チダイの酢メ」の製造工程図



図 8. 水産加工企業への情報提供の様子と紹介した試作加工品



図 9. 2022 年に販売が開始されたチダイを使用した技術支援商品「石巻金華茶漬け (鯛)」



図 13.TV 取材の様子

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

- ・水産加工企業等への暖水性魚種情報及び試作加工品等の提供。
- ・製品化を検討する水産加工企業等に対する伴走型支援の実施。
- ・認知度向上，消費拡大を目指した成果普及活動の実施。

<結果の発表・活用状況等>

- ・第47回宮城県水産加工品品評会：研修会
- ・令和5年3月末現在，PR活動を実施した県内水産加工企業数社において，暖水性魚種（主にチダイ）加工品の製品化を検討している。

事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：水産技術総合センター

課題の分類	加工
研究課題名	みやぎの水産物流通促進事業
予算区分	県単
研究期間	令和3年度～令和12年度
部・担当者名	水産加工開発チーム：○阿部真紀子，三浦悟
協力機関・部及び担当者名	
<p><目的></p> <p>東日本大震災の被害を受けた本県の水産加工業は、復興に向けた県内水産加工企業の懸命な取り組みと補助金等を活用した施設・設備の復旧により、水産加工品出荷額は回復しつつある。しかし、原材料の不足や価格の高騰、震災により失われた販路の回復や人手不足など、依然として多くの課題を抱えている。このため、石巻市魚町に再建した「水産加工公開実験棟」の加工機器を活用し、新商品開発や既存商品改良等の技術支援、加工技術に関する相談への対応等とおおして県内の水産加工企業等の取り組みを支援する。</p> <p><試験研究方法></p> <p>1. 加工相談 水産加工技術や機器類，食品衛生や成分，加工委託先の紹介依頼など，水産加工企業等から寄せられる多岐にわたる加工相談に対し，当センターが有する知見や他県の研究情報などを提供するほか，必要に応じて水産加工公開実験棟（以下「実験棟」という。）における試作試験を提案する。</p> <p>2. 技術支援 水産加工企業等が取り組む新商品の開発や既存商品の改良のための取り組みに対して，実験棟に整備した46種類の加工機器を利用した技術支援を行う。</p> <p>3. その他 食品加工に関する講習会や展示会等へ参加して情報収集を行うほか，水産加工企業の集まるセミナー等に参加し，研究成果等の情報発信を行う。</p> <p><結果の概要></p> <p>1. 加工相談</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今年度の加工相談件数は99件で，月別には7月と1月，2月が12件と最も多く，次いで9月が11件，4月が10件，その他の月は2～9件であった。（図1） ・相談者を地域別に見ると，石巻地域，仙台地域が30件と最も多く，次いで気仙沼地域が13件，県外が4件，女川地域が3件，南三陸地域が2件，塩竈地域が1件，県内のその他の地域（大崎市，亶理町等）からの相談が16件であった。（図2） ・相談内容別では，加工技術に関する相談が34件，次いで機器が10件，食品衛生が3件，成分が5件，技術情報が6件，紹介依頼が3件，その他が38件であった。（図3） ・相談内容については，県内では水産加工品の製造方法やレトルト処理条件，公開実験棟の見学についての相談が多かった。また，県外では分析方法についての相談があった。 ・加工技術や機器についての相談のうち，商品開発に関するものは，実際に実験棟の機器を使用して試作を行うなど技術支援にも繋がった。 	

2. 技術支援

- ・施設の機器利用件数は111件、延べ125台(16種)の機器が利用された。(図4)
- ・利用者を地域別に見ると、加工相談件数同様、実験棟が所在する石巻地域95件と多く、全体の86%を占めていた。次いで、気仙沼市・塩竈市が5件、仙台市・大崎市が2件、登米市・名取市が1件であった。
- ・機器の利用頻度としては、レトルト殺菌装置が80回と最も多く、次いで、電子スモーク装置が9回、多用型真空包装機が7回、スチームコンベクションオーブンが6回使用された他、チョッパーや真空フライヤーなども利用された。
- ・技術支援の後、商品化に至ったものは、技術支援事例としてホームページで紹介した。

3. その他

- ・研究報告会等に参加し、食品加工や水産加工機器に関する情報収集を行った。(表1)

<主要成果の具体的なデータ>

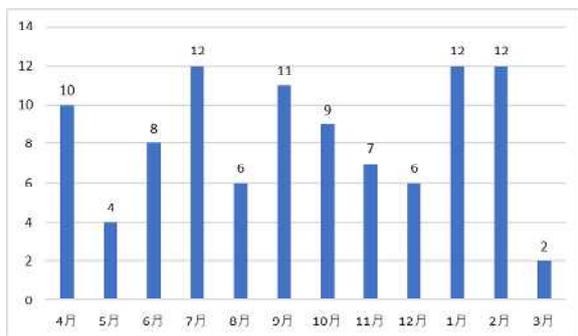


図1 加工相談件数 (R4 年度)

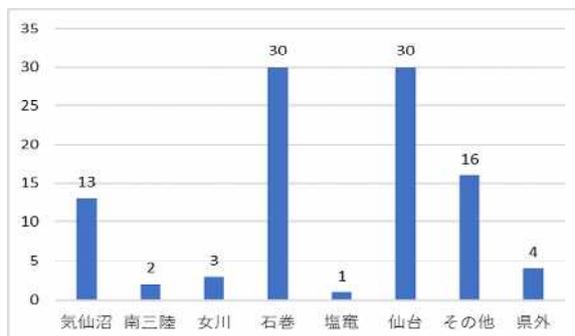


図2 地域別相談件数 (R4 年度)

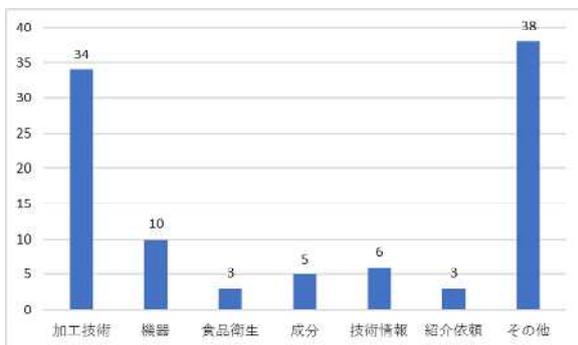


図3 内容別相談件数 (R4 年度)

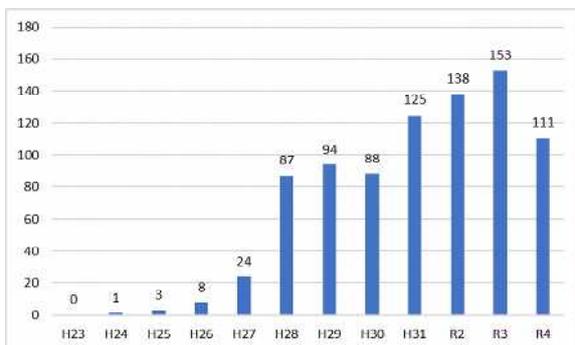


図4 機器利用件数 (H23~R4 年度)

表1 講習会及び研修会等参加概要

時期	場所	内 容	対象・主催等
5月	仙台	(株)寺岡システム機器実演会	(株)寺岡システム
6月	Web	JFRL 講演会 「食中毒とその原因となる微生物について」	(一財) 日本食品分析センター
6月	東京	FOOMA JAPAN2022	一般社団法人 食品機械工業会
8月	塩竈	HACCP 講習会	一般社団法人 大日本水産会
9月	Web	日本水産学会水産利用懇話会 「東日本大震災からの水産加工業の復興- 11 年の時を経て- 」	日本水産学会
11月	石巻	石巻地区水産加工研究会勉強会	石巻地区水産加工研究会
2月	Web	放射光利用技術研究会 活用支援 FS 成果報告会「セラミックスの表面 分析、食品の X 線 CT 観察」	宮城県産業技術総合センター
3月	東京	FOODEX JAPAN2023	一般社団法人日本能率協会

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

- ・R4年度の機器利用件数について、前年と比較し伸び悩んだことから、公開実験棟の利用促進を積極的に行いたい。
- ・また、商品開発に関する要望や課題について聞き取りをし、情報発信と技術支援を行う。