

# 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	海水温上昇に対応した持続的養殖探索事業
予算区分	みやぎ環境税
研究期間	令和3年度～
部・担当者名	企画・普及指導チーム：小野利則 養殖生産チーム：十川麻衣 気仙沼水産試験場 普及指導チーム：伊藤貴範，金澤未来 地域水産研究チーム：植松康成
協力機関・部及び担当者名	気仙沼地方振興事務所水産漁港部，宮城県漁業協同組合志津川支所青年部 仙台地方振興事務所水産漁港部，宮城県漁業協同組合セヶ浜水産振興センター
<p>&lt;目的&gt;</p> <p>気象庁地球環境・海洋部発表（平成30年3月12日）によると，平成29年までの約100年にわたる海洋平均海面水温（年平均）の上昇率は+1.11℃/100年であり海水温上昇に向かっている。一方，三陸沖でも海面水温の上昇傾向が明瞭であり，長期的に見た場合，本県では養殖期間の短縮や周年養殖が不可能となる可能性がある。</p> <p>近年，海藻等による二酸化炭素の吸収・固定効果（ブルーカーボン）が注目されており，本県沿岸部において海藻類等の増養殖を推進することは地球温暖化・環境保全に資するものである。</p> <p>&lt;試験研究方法&gt;</p> <p>1 アカモクの増養殖試験の実施</p> <p>(1) 天然アカモクを母藻とした採苗と種苗生産</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・天然の母藻を採取し，屋外水槽で流水・通気により管理した。4月に母藻を管理している水槽に付着器質（インシュロック，カキ殻，ホタテ殻）を並べ，幼胚の自然落下による採苗を行い，飼育棟内で流水管理した。</li> </ul> <p>(2) アカモク種苗の養殖試験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・採苗後に飼育管理していた器質を養殖用ロープに挟み込みを行い（図1），9月下旬から水産技術総合センター試験筏にて養殖試験を実施した。</li> </ul> <p>(3) アカモクの粘度確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・養殖試験で得られたアカモクの粘度を測定し，粘度のピーク把握を行った（図2）。</li> </ul> <p>2 ヒジキの増養殖試験の実施</p> <p>(1) 天然ヒジキを母藻とした種苗生産養殖試験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・令和4年8月に大谷本吉地区から天然ヒジキの提供を受け，母藻から放出された受精卵を用いて採苗を行った。仮根上部で切除した天然ヒジキをパンライト水槽内で養生し，水槽内で自然落下した受精卵を150μmメッシュで濾し取り濃縮し，採苗器とした塩ビパイプを組み合わせた枠にクレモナ2mm，9mmをそれぞれ巻き付けたものとカキ殻とホタテ殻に濃縮した受精卵を散布する方法で実施した。</li> </ul> <p>3 アラメの増養殖試験の実施</p> <p>(1) 人工採苗と種苗生産</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・令和4年10月24日，11月9日および11月18日に計3回の採苗を実施した。10月24日の採苗では気仙沼湾の母藻を15本～20本程度，11月9日の採苗では志津川湾の母藻を7本，18日の採苗では11月17日に歌津の漁業者団体が採苗に使用した母藻を5本使用した。</li> <li>・採苗器にはクレモナ糸（40m/枠）を使用し，遊走子の放出を確認後，遊走子液に採苗器を一晩浸漬した。</li> <li>・浸漬後は屋内の育苗用水槽（6t水槽）へ採苗器を移し，蛍光灯で照度3,000Lux，12時間明暗に調整して育苗した。</li> </ul>	

## (2) アラメ配偶体の好適な培養温度の探索

- ・令和4年11月9日のアラメ採苗時、遊走子の一部をシャーレ内のPESI培地に採取し、24℃、3000Lux、12L:12D条件で、約100日間培養した。その後、配偶体を1 mlのPESI培地を入れた5枚の12穴ウェルプレートに各60個体ずつ（1穴に1個体となるよう）収容し、光量条件が同じ（3000Lux、12L:12D）の24℃、25℃、26℃、27℃、28℃でフリー配偶体として培養した。3週間後に配偶体を顕微鏡で観察、その後写真を撮影し、画像解析ソフト「ImageJ」を用いて配偶体の中心から端までの長さを計測した（図5）。測定開始前の長さ（L1）及び3週間後（L3）の長さの値を用いて、配偶体の日間成長率（ $\mu\text{m}/\text{日}$ ）を以下の式で比較した。  
日間成長率（ $\mu\text{m}/\text{日}$ ） =  $(L3-L1) / 21$

## 4 三倍体カキの作出と飼育試験

### (1) 作出試験

- ・8月に女川のカキ生産者より母貝を購入し、2回作出試験を行った。採卵・採精は切開法で行い、切り出した卵は1時間静置後に卵1個あたり精子100個を目安として水温25℃で媒精した。倍化処理は、高水温・カフェイン併用法（媒精20分後に32℃カフェイン10mM海水に10分間浸漬）にて行った。倍化処理卵は海水で洗浄後、30Lパンライト水槽に収容した。

### (2) 飼育試験

- ・受精から24時間後に20 $\mu\text{m}$ ネットによりD型幼生を回収し、100Lパンライト水槽に収容した。飼育水温は25～28℃で、飼育水の換水は、幼生の状態に応じて部分換水と全換水を併用して行った。餌は*Chaetoceros calcitrans*と*Chaetoceros gracilis*を成長に応じて給餌した。採苗は、250 $\mu\text{m}$ のネットで成熟幼生を回収し、200Lのダウンウェリング水槽に収容して行った。付着基質にはカキ殻細片を用いた。

### (3) 倍化率の判定

- ・倍化処理1日後と採苗直前の幼生をカルノア固定し、ペッスルで潰した後、超音波処理により幼生の細胞懸濁液を作成した。細胞懸濁液の上層を取りスライドグラス上に滴下し風乾した後、DAPI染色液を滴下して、冷蔵庫で1時間染色した。染色液を洗い流した後、カバーガラスをかけ、蛍光顕微鏡で核蛍光量を測定し、2倍体と3倍体の比率から倍化率を求めた。

### (4) 稚貝の養殖試験

- ・10月下旬に座布団カゴに収容して、女川のカキ漁場に垂下した。月1回の頻度で、生残と殻高の計測を行った。

## <結果の概要>

### 1 アカモクの増養殖試験の実施

#### (1) 天然アカモクを母藻とした採苗と種苗生産

- ・9月下旬には、インシュロック器質では12mmサイズで15株程度、カキ殻器質では10mmサイズで65株程度、ホタテ殻器質では13mmサイズで80株程度の生長と付着が確認できた。

#### (2) アカモク種苗の養殖試験

- ・試験養殖したアカモクは、インシュロック基質から6.5kg/個、カキ殻器質から20.295kg/個、ホタテ殻器質からは12.815kg/個のアカモクが収穫できた。（図3）

#### (3) アカモクの粘度確認

- ・試験養殖したアカモクを2月中旬からアカモクを1週間ごとに収穫し、洗浄・脱水し裁断し、アカモク150gを85℃で湯浴し、ろ過した抽出液をレオメーターにより粘度測定したところ、ピークは3月22日の30.2mPa/sだった（図4）。

### 2 ヒジキの増養殖試験の実施

#### (1) 天然ヒジキを母藻とした種苗生産試験

- ・幼芽出芽後、一時喪失したが11月に再発芽し、ムラはあるもののどの採苗器にも付着が確認された。令和5年3月に全長10mm前後となったヒジキを唐桑地先の海面で垂下を開始し成長を確認中である。

### 3 アラメの増養殖試験の実施

#### (1) 人工採苗と種苗生産

- ・照度及び水温の調整、栄養塩の添加等によって順調に生育し（図4）、令和4年12月時点で200 $\mu$ m程度の幼体に生長したものの、その後、珪藻の繁茂により芽落ちしてしまい、本養殖試験に供することはできなかった。

#### (2) アラメ配偶体の好適な培養温度の探索

- ・雄配偶体の24 $^{\circ}$ Cと28 $^{\circ}$ Cの間にのみ、有意差が確認された。また、有意差は見られなかったが、雄配偶体は24 $^{\circ}$ Cで、雌配偶体は25 $^{\circ}$ C及び26 $^{\circ}$ Cで最も好適な成長を示す傾向が見られた（図8）。
- ・雌配偶体は雄配偶体よりも24 $^{\circ}$ C～28 $^{\circ}$ Cの温度帯では有意に高い成長を示した（図9）。

### 4 三倍体カキの作出と飼育試験

- ・8月19日及び26日に作出試験を実施し、倍化处理に使用した総卵数はそれぞれ400万粒と224万粒だった。得られたD型幼生数は25.6万個と12万個で、D型幼生への変態率は5.4～6.4%で対照区の2倍体（50%前後）と比較して低かった。
- ・8月19日に作出した幼生は飼育14日目まで採苗を行ったが、8月26日に作出した幼生は初期の摂餌状態が良くないため飼育に20日目程度を要した。
- ・倍化率の判定ではノイズが多く核蛍光量のピークが不鮮明のため算出することができなかった。
- ・2回の試験で作出した3倍体の稚貝1,000個を座布団カゴに終了し、対象区とともに10月26日に女川のカキ漁場に垂下した（図10）。2月21日にバスケット垂下に切り替え、3月27日時点で殻高5cm前後となっている（図11）。引き続き垂下試験を行っており、産卵期にあたる夏季に開殻し、成熟具合を確認する予定である。

#### <主要成果の具体的なデータ>



図1 沖出したアカモク



図2 収穫したアカモクの粘度確認



図3 試験養殖したアカモク

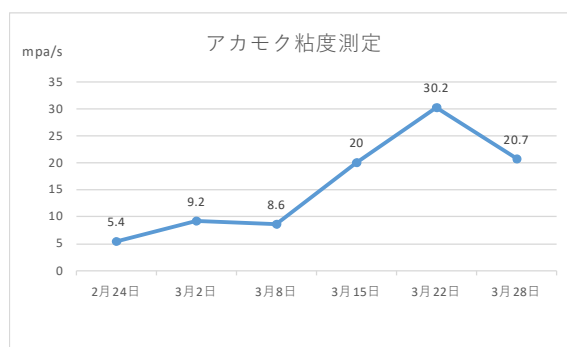


図4 アカモク粘度測定結果



図5 発芽したヒジキ幼芽  
(令和5年2月末に撮影)



図6 生長するアラメ幼芽  
(令和4年12月時点)

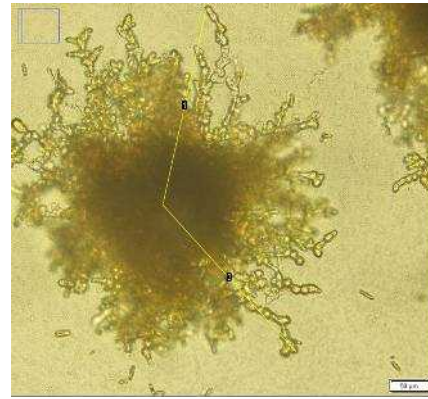


図7 画像解析ソフト「imageJ」  
によるアラメ配偶体測定の様子

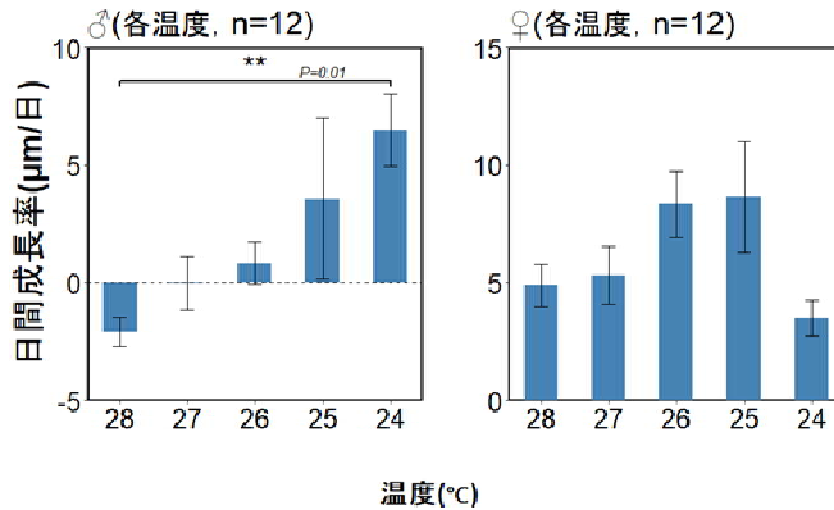


図8 アラメ配偶体の好適な培養温度の探索の結果。左が雄, 右が雌のグラフ。エラーバーは標準誤差を表す。統計解析は, まず Kruskal-Wallis 検定」を行い, 有意差があった場合には「Bonferroni 検定」により雌雄配偶体の各温度群間の有意差を求めた。

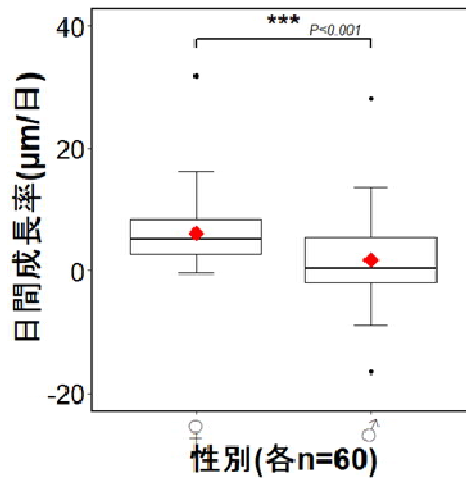


図9 アラメ配偶体の雌雄間比較の結果。箱ひげ図内の線が中央値、◆が平均値、●が外れ値を示す。エラーバーは雌雄の最大値と最小値を表す。統計解析には、「Mann-Whitney U 検定」を用いた。



写真 10 座布団カゴに収容した稚貝

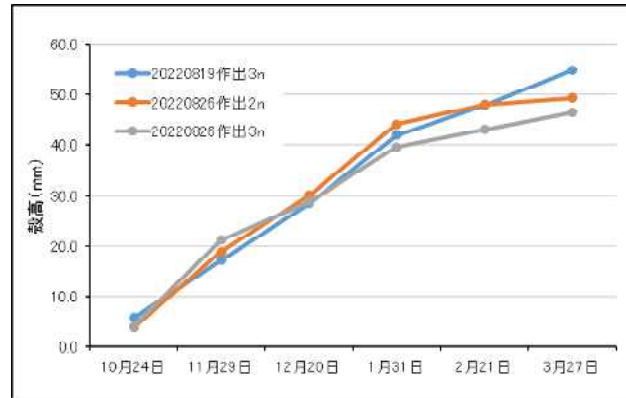


図 11 作出した三倍体種苗の殻高の推移 (mm)

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

- ・ヒジキについては、採苗器に均一に付着する方法を検討する必要がある。
- ・アラメについては、採苗から育苗管理までの方法を見直し、安定した種苗生産を目指す。また、フリー配偶体での採苗も検討する。
- ・アカモクについては、技術普及先の調整が課題である。
- ・三倍体カキの作出と飼育試験では、D型幼生変態率が低く、その後の飼育も順調ではなかった。今後は母貝の状態を確認して試験の時期を検討するとともに、倍化率の判定方法についても改善する必要がある。

<結果の発表、活用状況等>

# 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	海水温上昇に対応した持続的養殖探索事業(ホタテガイ地先種苗安定確保促進事業)
予算区分	みやぎ環境税
研究期間	令和3年度～
部・担当者名	企画・普及指導チーム：森山祥太，養殖生産チーム：岩淵 龍一 気仙沼水産試験場 普及指導チーム：伊藤貴範，金澤未来
協力機関・部及び担当者名	気仙沼地方振興事務所水産漁港部 東部地方振興事務所水産漁港部

## <目的>

ホタテガイは冷水性の二枚貝であり、本県は養殖の南限に位置することから、海洋温暖化による影響を最も受けやすい状況にある。本県のホタテガイ養殖は、県外から中間種苗(半成貝)を購入し出荷サイズまで短期間に育成する「半成貝養殖」が主流であるが、海水温の上昇に伴い、近年、半成貝の大量へい死が問題となり水揚げが不安定となっている。このため、県外産半成貝への依存度を下げ、地先種苗による「地種養殖」の取組を支援するとともに、地種半成貝の供給体制を構築することで、本県産ホタテガイの水揚げの安定化を推進するもの。

## <試験研究方法>

### (1) 地種養殖を行う生産者に対する資材の貸与

地種生産を普及させるためには、生産者の新たなコストを低減する必要があるため、地種生産に必用な資材の貸与を行い、地種生産の拠点づくりを進める。

### (2) 地種の優位性検証

本事業で生産した「地種半成貝」と「県外産半成貝」について、同様の環境下で養殖や屋内試験を行い、生残率や成長量を確認することで地種の優位性の有無を把握する。

### (3) 地種生産者への技術指導と生産支援

地種生産状況の把握と種苗管理等に係る技術指導を行なうことで安定した地種の供給を図る。また、地種の需要調査や出荷立会いを行い、安定した地種の供給体制の構築を図る。

## <結果の概要>

### (1) 地種養殖を行う生産者に対する資材の貸与

#### [北部管内]

- ・今年度の資材(採苗器用資材)の貸与は、前年度までの貸与者も自身の増産により種苗の全数提供の見込みがたたないことから辞退したことから資材貸与による生産支援には至らなかった。また、新たに取り組む生産者は現れなかった。

#### [中部管内]

- ・昨年度までに、十三浜地区と女川町出島地区の地種生産者2経営体に資材の貸与を行い生産拠点の体制づくりを図ってきた。
- ・今年度は十三浜地区で、事故により一部生産資材の流出があったことから、生産に必要な資材(養殖カゴ等)の貸与を実施し生産体制を整えた。
- ・中部管内では十三浜地区(60千枚)と女川町出島地区(50千枚)を併せて110千枚の地種供給体制が構築されている。(図1)



図1 中部管内地種半成貝供給体制



## (2) 地種の優位性検証

### [北部管内]

- ・前年度に引き続き養殖されているホタテを地種由来と半成員由来でのへい死状況等の比較を行った。生残率は地種で98.0～100%，半成員で94.30%で顕著な差は見られなかった。殻長は地種が92～138mm，半成員は87～112mmであり，地種の成長に比べ半成員の成長が追いついていない状況であった。令和4年度は前年に比べ殻長がやや小型であったが，ほぼ前年と同様の傾向となった。(表1)

### [中部管内]

#### (追跡調査)

- ・令和3年度に十三浜地区から出荷した地種半成員と県外産半成員について，同様の環境下で養殖したものを調査点2点で追跡調査を行った。
- ・追跡調査の結果(図2)，A地点では生残率や成長量に顕著な差はみられなかったが，B地点においては県外産に大量へい死が確認された。B地点の追跡した県外産は出血痕が多数確認され生残率は43.7%と極端に低い状況であったが，地種半成員についてはA地点同様に99.3%と良好な生残状況であった。また，B地点では成長量(殻付重量)についても，県外産は地種の50%以下であり，県外産の生残と成長は著しく低い状況が確認された。
- ・B地点の県外産については出血痕が多数確認されたことから，へい死要因は高水温の影響よりも，搬入時等の取扱いが悪かったことが大きく，生残が低下したものと思われた。

#### (高水温耐性試験)

- ・令和4年5月に対象区及び微流水で水温27℃に管理した2試験区を設け，それぞれ地種半生貝由来の成員と県外産半生貝由来の成員を各10個体収容し，14日間の高水温耐性室内試験を実施した。水温が概ね27℃に達した9日目以降，両試験区の平均生残率は9日目に地種が100%，県外産が80%，10日目に地種が95%，県外産が50%，14日目にもともに0%となった(図3)。なお，自然海水を流水で使用した対象区では期間中に斃死は見られなかった。
- ・令和4年11月に対象区及び微流水で水温27℃に管理した2試験区を設け，それぞれ地種半生貝と県外産半生貝を各5個体収容し，12日間の高水温耐性室内試験を実施した。水温が概ね27℃に達した9日目以降，両試験区の平均生残率は9日目に地種が90%，県外産が100%，11日目に地種が10%，県外産が0%となり，地種は14日目に0%となった(図3)。なお，自然海水を流水で使用した対象区では期間中に斃死は見られなかった。
- ・これらの試験結果から，地種が県外産よりも高水温耐性を持つ可能性が示唆された。

## (3) 地種生産者への技術指導と生産支援

### [北部管内]

- ・種苗調達及び融通状況の実態把握を行う。

### [中部管内]

- ・十三浜地区と女川町出島地区の地種生産者の種苗分散時技術指導と生産状況の把握を行なった。なお，令和4年度は，採苗不良から目標を下回ったものの，2地区から68千枚の地種半成員が県内4カ所へ出荷された(表1)。出荷された地種半成員については，2調査点で生残率や成長量を追跡する。

### <主要成果の具体的なデータ>

表1 地種と半生貝の成長比較

地区	令和3年度			令和4年度		
	唐桑	蔵内		唐桑	蔵内	
由来	地種	地種	半成員	地種	地種	半成員
垂下方法	ネット	耳吊り	耳吊り	ネット	耳吊り	耳吊り
生産率(%)	94.3	97.0	95.0	100	98.0	94.3
殻長(mm)	110～153	116～129	82～116	111～138	92～118	87～112
殻長(平均)	127.7	122.9	93.6	123.5	106.3	100.5

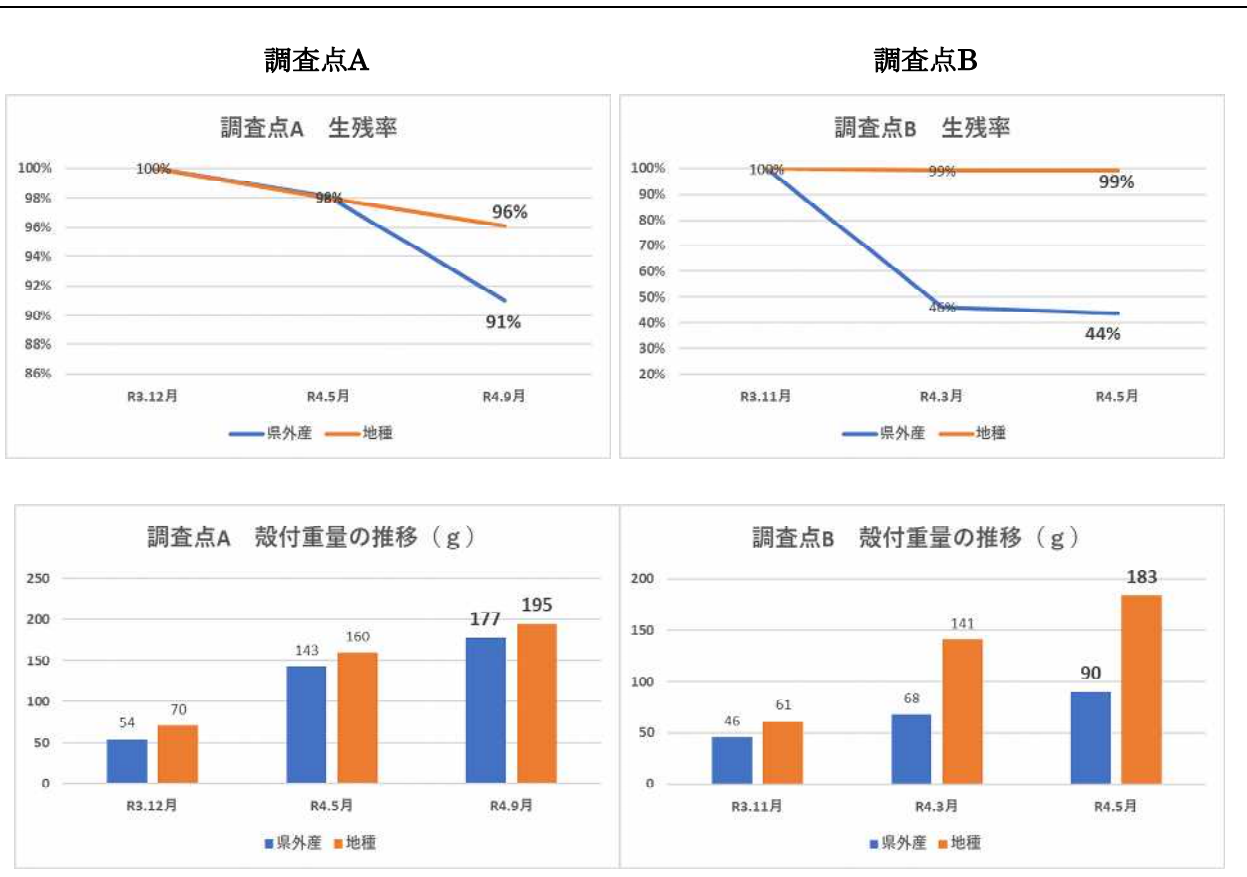


図2 調査点 A, B の追跡調査結果 (生残率と殻付重量の推移)

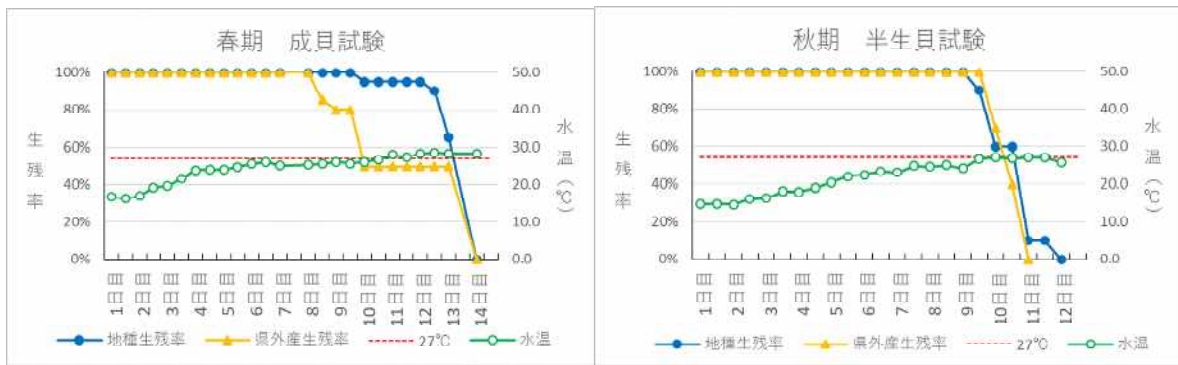


図3 水温とホタテガイの生残率の推移

表2 令和4年度中部管内の地産半成貝出荷状況

生産地区	出荷時期	出荷先	重量(kg)	出荷枚数
出島	10月	A	1,832	23,040
	11月	B	1,778	22,365
	11月	C	961	12,088
十三浜	11月	D	730	10,995
合計			5,301	68,488



**<今後の課題と次年度以降の具体的計画>**

[北部管内]

- ・地種について、余剰な種苗は必要数量を確保できなかった生産者に融通されていると聞くことから、実態把握に努める。

[中部管内]

- ・出荷した地種半成員の品質（生残・成長）が良好なことや、県外産半成員の質の低下もみられ、地種半成員の購入を希望する養殖漁業者は増加傾向にある。引き続き、地種生産の取組を拡充することで、本県産ホタテガイの水揚げの安定化を推進する。

**<結果の発表，活用状況等>**

- ・結果については、協力いただいた漁協支所へ報告した。

# 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	持続可能なみやぎの養殖振興事業 (ギンザケの高付加価値化のための技術開発事業)
予算区分	県単
研究期間	令和3年度～令和7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><b>&lt;目的&gt;</b></p> <p>本事業の前身となる「養殖振興プラン推進事業（平成28年度～令和2年度）」では、県産養殖ギンザケについての身割れ発生開始時期及び餌止めによる身割れ抑制効果についての検証、県産養殖ギンザケと海外産天然ギンザケにおける成分比較の他、鮮度保持効果について検証した。</p> <p>令和3年度は、養殖ギンザケの水揚げ方法に着目し、一般的な鮮度指標である「K値」にそれぞれどのような影響を与えるか検証したが、過去の知見も踏まえると、ギンザケにおいては、K値による鮮度評価は不向きである可能性が示唆された。</p> <p>一方、生産者間では、「活メ処理により脱血した方が、長期間冷凍保管後も高品質なギンザケフィレーが生産できる」と経験則的に言われているものの、「脱血の有無」がギンザケフィレーの品質（味・匂い等）にどのように影響するかは、これまで明らかにされていない。</p> <p>業界からは、「脱血の優位性」を示すデータについて試験要望があったことから、今年度は、味や匂い成分に関する機器分析や官能評価試験を実施した。</p> <p>また一部の生産者では、6次化の取組として、生産者が水揚げしたギンザケを水揚げの数時間後にフィレー加工するなど、先進的な取組を実施していることから、それらの品質についても併せて検証した。</p> <p><b>&lt;試験研究方法&gt;</b></p> <p><b>1 サンプルング・試験区の設定</b></p> <p>2022年6月、石巻市雄勝町立浜のギンザケ生産者に協力を頂き、養殖ギンザケのサンプルングを実施した。試験区の設定は表1のとおりとした。ギンザケは各試験区につき5尾をサンプルングした。各試験区について処理した後、現地ではクーラーボックス内で上げ氷(内部温度5℃前後)にて冷蔵保管した。その後、現地から車で約1時間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。実験棟では、魚体測定（尾叉長及び体重）を行った後、5℃設定の冷蔵庫で24時間保管した。24時間保管後、野メ、氷メ、活メのサンプルはフィレー加工した。片側のフィレーのうち、可食部（フィレーのうち骨及び皮を除く）を腹側と背側に分け（図1）、フードプロセッサーにより均質化し、ビニール袋に入れ、真空包装した後、エアープラスト方式のプログラミングフリーザー（株）前川製作所製）を用いて-40℃で急速凍結した。その後-30℃の冷凍庫で凍結保存したものを各分析用サンプルとした（図2）。凍結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>また、官能評価試験は、もう片側のフィレーをそのままビニール袋に入れ、真空包装した後、プログラミングフリーザーを用いて-40℃で急速凍結し、試験を実施する2022年12月まで（約6か月間）-30℃の冷凍庫で凍結保存したものをサンプルとした（図3）。</p>	

表 1. 試験区の設定

No.	試験区名	サンプリング内容及び工程
①	野メ	・水揚げ後、常温海水が入ったクーラーボックスに投入し、30分間放置。 ・苦悶死（酸欠死）させたもの。
②	氷メ	・水揚げ後、十分量の海水氷（0～-2℃）が入ったクーラーボックスに投入し、30分間放置。 ・ショック死させたもの。
③	活メ	・水揚げ後、小刀により、延髄及び鰓を切断し、即殺。 ・十分量の海水氷（0～-2℃）が入ったクーラーボックスに投入後、30分間放置し、脱血したもの。
④	活メ後 フィレー 加工	・生産者による活メ（手作業）生産から約2時間後に、近隣の加工場においてフィレー加工（3枚卸し、血、内臓等の丁寧な除去）したもの。

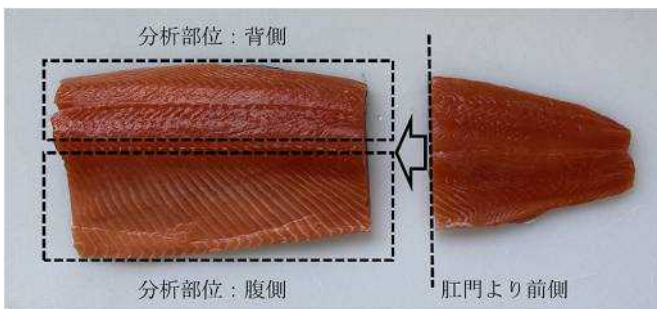


図 1. 分析部位



図 2. 分析用冷凍サンプル



図 3. 官能評価試験用サンプル（左：野メ保管開始時（生）、右：野メ半年保管後（冷凍））

## 2 分析項目

### (1) 一般成分

2022年6月下旬に、凍結保存したサンプルを用いて、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。サンプルは5尾ずつ、腹側・背側でそれぞれ一般成分分析に供した。

### (2) 遊離アミノ酸

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。採取したサンプル約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。

アミノ酸の誘導體化は、Agilent 1260 Infinityオートサンプラーの自動プレカラム誘導體化機能を用いた。OPA (o-フタルアルデヒド) で1級アミノ酸を誘導體化した後、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2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 2. HPLC 分析条件

カラム	Agilent Poroshell HPH-C18(3.0*100mm*2.7µm)
カラム温度	40°C
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)脂肪酸組成

ガスクロマトグラフィー (以下「GC」) 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 7820A) を用いた。脂質はBligh&Dyer法により抽出した。すなわち、サンプル約7gを秤量し、サンプルの入った50ml遠沈管にクロロホルム・メタノール混液 (2:1) を35ml加え、ガラス棒でホモジナイズ後、15分静置し脂質抽出した。抽出液は濾紙 (5C) を用いて、分液漏斗に濾過した。その後、飽和食塩水を70ml加え、分液漏斗を上下させ十分に攪拌させてから静置し、溶媒分画した。2層に分かれた後、下層の溶媒層のみをナスフラスコに回収し、ロータリーエバポレーターで40°Cで減圧乾固した。乾固した脂質はヘキサン2mlに溶解させ、パスツールピペットを用いて、供栓付き試験管に回収した。すぐに分析しない場合は、パラフィルムで試験管の蓋部分を密閉し、-30°Cの冷凍庫で凍結保存した。サンプルは脂質をメチルエステル化してからGC分析に供した。すなわち、回収した脂質の入った試験管に、水酸化ナトリウムメタノール溶液 (2mol/L) を0.4ml加え、ボルテックスミキサーで10秒攪拌し、ウォーターバス (50°C) で20秒加熱後、さらに塩酸メタノール溶液 (2mol/L) 0.4mlを加え、再度ボルテックスミキサーで10秒攪拌したものを静置し、上層 (ヘキサン層・無色透明) を回収した。回収した脂質は0.45µmシリンジフィルターで濾過後、1.5mlバイアルに充填し、GCにより脂肪酸組成を分析した。分析条件は表3のとおりとした。

表 3. GC 分析条件

検出器	水素炎イオン検出器 (FID)
カラム温度	40°C5min-10°C/min-240°C5min
カラム	DB-WAX(10m,i.d.0.1mm,膜厚0.1µm)
注入口温度	240°C
FID 温度	240°C
キャリアガス	窒素 (N <sub>2</sub> )

#### (4)官能評価

上記のとおり、 $-30^{\circ}\text{C}$ で6か月間冷凍保管したサンプル(表4)を用いて官能評価を行った。試験は一般財団法人日本食品分析センター(以下、「分析センター」)に業務委託した。分析センターの内部試験を事前に実施し、分析センターの職員のうち、嗅覚かつ味覚(五味)が正常である者をパネリストとして12名(男性2名、女性10名)選択した。試験は背側肉(試験1)と腹側肉(試験2)に分けて2日間で行った。冷凍サンプルはペーパータオル及び食品包装用フィルムで包み、冷蔵庫内で約24時間保管後、試験実施の約2時間前に冷蔵庫から取り出し、皮及び骨を除去した。その後、厚さ約5mmに切ったものを試験用の試料とした。なお、試験実施まで試料は冷蔵庫で保管し、試験開始30分前に冷蔵庫から取り出し、室温に放置した。パネリストに提供する際、試料には3桁の乱数を付して、ブラインドで評価させた。評価項目としては、「色調」、「におい」、「旨味」、「総合評価」の4項目とした。評価の対照(0点)はA:野メ(背)及びE:野メ(腹)として、「色調」を非常に鮮やかである(+3点)から非常に鮮やかでない(-3点)、「におい」及び「旨味」を非常に強い(+3点)から非常に弱い(-3点)、「総合評価」を非常に良い(+3点)から非常に悪い(-3点)までのそれぞれ7段階で採点法により評価させた。また、感じたにおい(においの質)及び感じたことをコメントとして記載させた。得られた評価結果については二元配置の分散分析を行った。さらに、検体間に有意差が認められた評価項目については、スチューデント化された範囲の表を用いて、各検体間における多重比較(有意水準5%)を行った。

表 4.官能評価に供したサンプル名

官能評価	サンプル記号	サンプル内容	官能評価	サンプル記号	サンプル内容
試験1 背側肉	A	野メ(背)	試験2 腹側肉	E	野メ(腹)
	B	氷メ(背)		F	氷メ(腹)
	C	活メ(背)		G	活メ(腹)
	D	活メ後フィレー加工(背)		H	活メ後フィレー加工(腹)

#### (5)味評価

保存0ヶ月及び保存6ヶ月のサンプル(表5)を用いて、味覚センサー分析を行った。分析機器はアルファ・モス(株)製( $\alpha$ Astree)を用いた。サンプル約10gを秤量し、10倍量の蒸留水を加え、ホモジナイズした。500ml遠心瓶にサンプル溶液を入れ、遠心分離( $10^{\circ}\text{C} \cdot 430 \times \text{g} \cdot 10$ 分)を行った。得られた上清約80mlを測定用サンプルとして、味覚センサーによる分析に供した。7つのセンサー(AHS,PKS,CTS,NMS,CPS,ANS,SCS)の応答値を用いて主成分分析(以下「PCA」)を行った。PCAには同一サンプルを3回測定したデータを用いた。解析には付属ソフト(Alfasoft)の多変量解析機能を用いた。PCAは全ての味覚センサーデータを用いて、最も寄与した因子を第一主成分(以下「PC1」)、次に寄与した因子を第二主成分(以下「PC2」)とし、各因子の相対寄与率を算出した。

表 5.味覚センサー分析に供したサンプル名

官能評価	サンプル記号	サンプル内容	官能評価	サンプル記号	サンプル内容
試験1 背側肉	A-0	野メ(背)	試験3 背側肉	E-0	野メ(腹)
	B-0	氷メ(背)		F-0	氷メ(腹)
	C-0	活メ(背)		G-0	活メ(腹)
	D-0	活メ後フィレー加工(背)		H-0	活メ後フィレー加工(腹)
試験2 背側肉	A-6	野メ(背)	試験4 背側肉	E-6	野メ(腹)
	B-6	氷メ(背)		F-6	氷メ(腹)
	C-6	活メ(背)		G-6	活メ(腹)
	D-6	活メ後フィレー加工(背)		H-6	活メ後フィレー加工(腹)

## (6) 香気成分

ガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GCMS」）を用いて分析を行った。分析機器は（株）島津製作所製（GCMS-QP2010Plus）を用いた。サンプル約5gを秤量しサンプル瓶に入れ、密封し測定サンプルとした。香気成分の捕集方法としては、固相マイクロ抽出法（SPME法）を用いた。測定サンプルを40℃で加温しながら、香気成分をSPMEファイバー（Divinylbenzene（DVB）/Carboxen（CAR）/Polydimethylsiloxane（PDMS）、膜厚50/30μm）に30分吸着させ、GCMSに供した。分析条件は表6のとおりとした。

表 6. GCMS 分析条件

検出器	質量分析装置
カラム温度	40℃-4℃/min-240℃
カラム	DB-WAX(60m,i.d.0.32mm,膜厚0.50μm)
注入口温度	200℃
フィラメント	250℃
キャリアガス	ヘリウム（He）

## <結果の概要>

### (1) 一般成分

2022年6月にサンプリングしたギンザケの魚体測定結果と一般成分分析結果を表7に示した。水分、粗タンパク、粗脂肪、灰分について、背側肉、腹側肉ともに、各試験区間に大きな変化は見られなかった。

### (2) 遊離アミノ酸

遊離アミノ酸分析の結果を表8に示した。背側肉、腹側肉ともに、旨味を呈するグルタミン酸、甘みを呈するグリシン、アラニン、苦みを呈するヒスチジンが主要な構成成分であった。各試験区間に大きな変化は見られなかった。

### (3) 脂肪酸組成

脂肪酸組成の分析結果を表9に示した。背側肉、腹側肉ともに、パルミチン酸、オレイン酸、リノール酸といった植物由来の脂肪酸が主要な構成成分であった。各試験区間に大きな変化は見られなかった。

### (4) 官能評価

官能評価の結果を表10に、パネリストのコメントを図4～7に示した。

試験1（背側肉）について、「旨味」の項目では検体間に有意差は認められなかったが、「色調、におい、総合評価」の項目で検体間に有意差が認められた。C:活メ（背）は、A:野メ（背）及びB:氷メ（背）より「色調」が鮮やかであった。D:活メ後フィレー加工（背）は、B:氷メ（背）より「におい」が弱かった。D:活メ後フィレー加工（背）は、A:野メ（背）より「総合評価」が良かった。パネリストのコメントについて、「においの質」では、A:野メ（背）で「生臭い」、「生魚のにおい」といったネガティブ評価が多かった。一方、C:活メ（背）及びD:活メ後フィレー加工（背）で、「生臭くない」、「魚特有のにおいが弱い」、「A:野メよりにおいが弱い」といったポジティブ評価がみられた。「感じたこと」では、C:活メ（背）及びD:活メ後フィレー加工（背）で、におい、味、色調に関するポジティブ評価が多かった。

試験2（腹側肉）について、「におい、旨味」の項目では検体間に有意差は認められなかったが、「色調、総合評価」の項目で検体間に有意差が認められた。G:活メ（腹）及びH:活メ後フィレー加工（腹）は、E:野メ（腹）及びF:氷メ（腹）より「色調」が鮮やかであった。G:活メ（腹）及びH:活メ後フィレー加工（腹）は、F:氷メ（腹）より「総合評価」が良かった。パネリストのコメントについて、「においの質」では、E:野メ（腹）で「生臭い」、「生魚のにおい」といったネ



ガティブ評価が最も多かったものの、F:氷~~メ~~（腹）、G:活~~メ~~（腹）及びH:活~~メ~~後フィレー加工（腹）でも一定数みられた。一方、G:活~~メ~~（腹）及びH:活~~メ~~後フィレー加工（腹）で、「E:野~~メ~~（腹）より生臭くない」といったポジティブ評価がみられた。「感じたこと」では、G:活~~メ~~（背）及びH:活~~メ~~後フィレー加工（背）で、におい、味、色調に関するポジティブ評価が多かった。

## (5) 味評価

味覚センサー分析で得られたPCA結果をマッピング化し、図8～9に示した。

試験1（背側肉、保存0ヶ月）におけるPC1の寄与率は66.7%、PC2の寄与率は16.5%であり、PC1方向では、D-0:活~~メ~~後フィレー加工（背）がA-0:野~~メ~~（背）から離れた位置にマッピングされた。このことから、D-0:活~~メ~~後フィレー加工（背）がA-0:野~~メ~~（背）と異なる味の特徴、B-0:氷~~メ~~（背）については、A-0:野~~メ~~（背）に最も近い味の特徴を持っていると考えられた。

試験2（背側肉、保存6ヶ月）におけるPC1の寄与率は63.5%、PC2の寄与率は22.9%であり、PC1方向では、官能評価における「総合評価」で「良い」と評価されたD-6:活~~メ~~後フィレー加工（背）がA-6:野~~メ~~（背）から離れた位置にマッピングされた。次にB-6:氷~~メ~~（背）及びC-6:活~~メ~~（背）-6がA-6:野~~メ~~（背）からやや離れた位置に重なってマッピングされた。このことから、D-6:活~~メ~~後フィレー加工（背）がA-6:野~~メ~~（背）と異なる味の特徴、B-6:氷~~メ~~（背）及びC-6:活~~メ~~（背）はA-6:野~~メ~~（背）とやや近い味の特徴を持っていると考えられた。

試験3（腹側肉、保存0ヶ月）におけるPC1の寄与率は89.4%、PC2の寄与率は5.2%であり、PC1方向では、F-0:氷~~メ~~（腹）、G-0:活~~メ~~（腹）、H-0:活~~メ~~後フィレー加工（腹）の順に、E-0:野~~メ~~（腹）から離れた位置にマッピングされた。このことから、H-0:活~~メ~~後フィレー加工（腹）がE-0:野~~メ~~（腹）と最も異なる味の特徴、F-0:氷~~メ~~（腹）がE-0:野~~メ~~（腹）に最も近い味の特徴を持っていると考えられた。

試験4（腹側肉、保存6ヶ月）におけるPC1の寄与率は77.2%、PC2の寄与率は12.7%であり、PC1方向では、官能評価における「総合評価」で「良い」と評価されたG-6:活~~メ~~（腹）及びH-6:活~~メ~~後フィレー加工（腹）がE-6:野~~メ~~（腹）及びF-6:氷~~メ~~（腹）から離れた位置に重なってマッピングされた。またF-6:氷~~メ~~（腹）がE-6:野~~メ~~（腹）に最も近い位置にマッピングされた。このことから、G-6:活~~メ~~（腹）及びH-6:活~~メ~~後フィレー加工（腹）がE-6:野~~メ~~（腹）及びF-6:氷~~メ~~（腹）と異なる味の特徴、F-6:氷~~メ~~（腹）がE-6:野~~メ~~（腹）に最も近い味の特徴を持っていると考えられた。

以上のことから、味覚センサー分析における試験2（背側肉、保存6ヶ月）及び試験4（腹側肉、保存6ヶ月）のマッピング結果と、官能評価試験（背側肉・腹側肉、保存6ヶ月）における「総合評価」と「コメント」の結果を併せて考慮すると、背側肉、腹側肉ともに、「野~~メ~~」→「氷~~メ~~」→「活~~メ~~」→「活~~メ~~後フィレー加工」という順番で高評価となっており、概ね各試験結果を反映しているものと考えられた。

## (6) 香気成分

GCMSの分析結果を図10～11に示した。検出した化合物について、付属のライブラリによりシミラリティ検索（類似度90%以上）を行ったところ、ピーク①「ウンデカン」、ピーク②「1-ペンテン-3-オール」、ピーク③「ドデカン」、ピーク④「D-リモネン」、ピーク⑤「2-ブタノン-3-ヒドロキシ」、ピーク⑥「ペンタデカン」等が主要な構成成分であると考えられた。一般的に「魚臭」に関係するとされているピーク②「1-ペンテン-3-オール」、バター、ヨーグルト、脂様のにおいに関係するとされているピーク⑤「2-ブタノン-3-ヒドロキシ」など6ヶ月保存後に増加傾向にあった成分はあったものの、各試験区間の大きな変化は見られなかった。味評価ほど各試験区間に差異が見られなかった原因の一つとして、サンプルの加熱条件（40℃）が挙げられた。今回の分析では、40℃以下の低沸点の香気成分を分離しきれなかった可能性があるため、今後はサンプル加熱条件の再検討が課題となった。

<主要成果の具体的なデータ>

表 7.ギンザケ（保存 0 ヶ月）における試験区別の魚体測定結果及び一般成分分析結果  
(n=5, mean±sd)※活鮭後フィレー加工はフィレー状態で入手したため、フィレー重量のみ記載

	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	背側肉				腹側肉			
			水分 (%)	粗タンパク (%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)	水分 (%)	粗タンパク (%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)
野鮭	46.0±1.3	1.58±0.15	68.9±0.6	19.9±0.2	10.3±0.7	1.2±0.0	65.9±1.1	18.3±0.4	14.1±1.3	1.2±0.0
氷鮭	46.1±2.1	1.59±0.18	69.7±0.9	20.0±0.3	9.3±1.3	1.4±0.1	66.7±0.7	18.5±0.2	14.1±0.8	1.2±0.0
活鮭	46.2±1.8	1.62±0.22	68.2±1.0	20.1±0.4	10.9±0.9	1.5±0.2	64.6±2.4	18.8±0.5	15.2±2.2	1.2±0.1
活鮭後 フィレー加工	-	0.60±0.04	68.1±0.4	19.9±0.5	11.3±1.0	1.5±0.1	65.0±0.8	18.9±0.3	16.6±2.9	1.2±0.0

表 8.ギンザケ（保存 0 ヶ月）における試験区別の遊離アミノ酸分析結果 (n=5, mean±sd)

(mg/100g)	背側肉				腹側肉				
	野鮭	氷鮭	活鮭	活鮭後 フィレー加工	(mg/100g)	野鮭	氷鮭	活鮭	活鮭後 フィレー加工
Asp	5±3	7±0	6±0	7±0	Asp	1±1	1±0	1±0	1±0
Glu	18±4	19±2	21±3	22±3	Glu	22±4	25±2	24±2	27±2
Ser	7±6	6±7	3±5	0±0	Ser	13±2	15±3	13±3	10±1
His	37±10	32±9	45±13	41±14	His	38±7	40±11	47±10	50±18
Gly	46±7	51±4	47±11	37±6	Gly	47±10	57±3	46±12	41±4
Thr	0±0	0±0	0±0	0±0	Thr	0±0	0±0	1±2	0±0
Arg	0±0	0±0	0±0	0±0	Arg	0±0	0±0	0±0	0±0
Ala	24±2	23±2	28±4	27±8	Ala	27±3	29±3	30±2	33±3
Tyr	3±3	0±0	0±0	0±0	Tyr	3±3	4±3	4±3	7±0
Val	9±0	8±1	9±0	9±1	Val	9±1	10±1	10±1	10±1
Met	3±0	2±1	2±1	4±4	Met	4±0	4±1	4±0	4±0
Phe	3±0	3±0	3±0	3±1	Phe	4±0	4±0	4±0	4±0
Ile	3±0	3±0	3±0	3±1	Ile	4±0	4±0	4±0	4±0
Leu	5±0	5±0	6±0	6±1	Leu	6±1	7±1	7±0	7±1
Lys	6±1	6±1	6±1	6±1	Lys	6±1	6±1	7±1	7±2
Pro	0±0	0±0	0±0	0±0	Pro	0±0	0±0	0±0	0±0
合計	170±16	164±9	181±17	164±24	合計	183±20	205±9	201±13	204±19

表 9.ギンザケ（保存0ヶ月）における試験区別の脂肪酸組成分析結果（n=5, mean±sd）

脂肪酸	名称	背側肉				腹側肉			
		野	氷	活	活後 フィレー 加工	野	氷	活	活後 フィレー 加工
飽和 脂肪酸	C14:0	2.6±0.0	2.5±0.1	2.5±0.0	2.6±0.1	2.6±0.0	2.6±0.1	2.6±0.0	2.6±0.0
	C16:0	13.8±0.1	13.9±0.4	14.1±0.2	14.0±0.1	13.7±0.1	13.6±0.4	14.0±0.2	13.7±0.2
	C18:0	3.5±0.1	3.6±0.1	3.6±0.2	3.6±0.1	3.6±0.1	3.6±0.2	3.7±0.2	3.6±0.0
一価 不飽和 脂肪酸	C16:1n7	3.6±0.1	3.4±0.1	3.5±0.1	3.6±0.1	3.8±0.1	3.8±0.1	3.7±0.3	3.5±0.0
	C18:1n7	2.0±0.2	2.1±0.2	2.0±0.2	2.4±0.3	2.1±0.5	1.5±0.2	2.3±0.5	1.8±0.2
	C18:1n9	32.8±0.2	32.1±0.7	32.6±0.3	32.2±0.5	33.5±1.0	33.6±1.2	32.9±1.1	33.1±0.5
二価 不飽和 脂肪酸	C18:2n6	15.4±0.2	15.5±0.2	15.3±0.3	15.6±0.2	15.9±0.2	15.9±0.2	15.7±0.3	15.8±0.1
	C18:3n3	2.4±0.0	2.4±0.0	2.4±0.1	2.5±0.0	2.5±0.0	2.5±0.0	2.5±0.1	2.5±0.0
	C20:5n3	3.4±0.1	3.4±0.2	3.4±0.1	3.4±0.1	3.2±0.1	3.3±0.2	3.3±0.3	3.2±0.1
	C22:5n3	1.7±0.1	1.7±0.1	1.6±0.1	1.7±0.1	2.1±1.0	1.6±0.1	1.6±0.1	1.7±0.1
	C22:6n3	6.8±0.2	7.4±0.4	7.0±0.3	7.3±0.4	4.9±2.0	5.7±1.3	6.8±1.8	6.4±0.2

表 10.ギンザケ（保存6ヶ月）における官能評価結果

※A:野（背）, B:氷（背）, C:活（背）, D:活後フィレー加工（背）,  
E:野（腹）, F:氷（腹）, G:活（腹）, H:活後フィレー加工（腹）,

パネリスト No.	試験1 背側肉												試験2 腹側肉											
	色調			におい			旨味			総合評価			色調			におい			旨味			総合評価		
	B	C	D	B	C	D	B	C	D	B	C	D	F	G	H	F	G	H	F	G	H	F	G	H
1	1	3	-1	2	-1	0	1	-1	1	0	1	2	0	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1
2	0	2	0	0	-1	-2	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	-1	-1	-1	0	0	-1	1	1
3	-1	1	1	1	2	1	0	0	1	0	1	2	1	2	1	0	-2	-2	1	0	2	1	1	-2
4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
5	1	0	2	0	-1	-2	0	2	-1	0	1	0	0	1	1	-1	2	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1
6	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	-1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
7	0	1	1	0	1	-1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	2	-1	2	-1	2	-1	-1	2	-1
8	0	1	-1	1	2	0	-2	1	-1	-1	0	0	-1	3	1	0	1	0	-1	1	0	-1	2	1
9	2	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	0	1	1	0	-1	0	0	-1	-1	0	-1	0
10	0	1	1	0	0	0	1	1	2	1	1	2	0	1	1	0	0	1	-1	0	0	-1	0	1
11	-1	2	1	1	-1	-1	0	1	0	-1	2	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
12	1	2	0	2	1	1	-1	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	0	0	-1	-1	0	1	-1	0	1
合計	3	15	5	9	7	-2	3	6	4	2	9	10	0	14	8	5	2	-1	-5	3	2	-5	7	6
平均	0.25	1.25	0.42	0.75	0.58	-0.17	0.25	0.50	0.33	0.17	0.75	0.83	0.00	1.17	0.67	0.42	0.17	-0.08	-0.42	0.25	0.17	-0.42	0.58	0.50

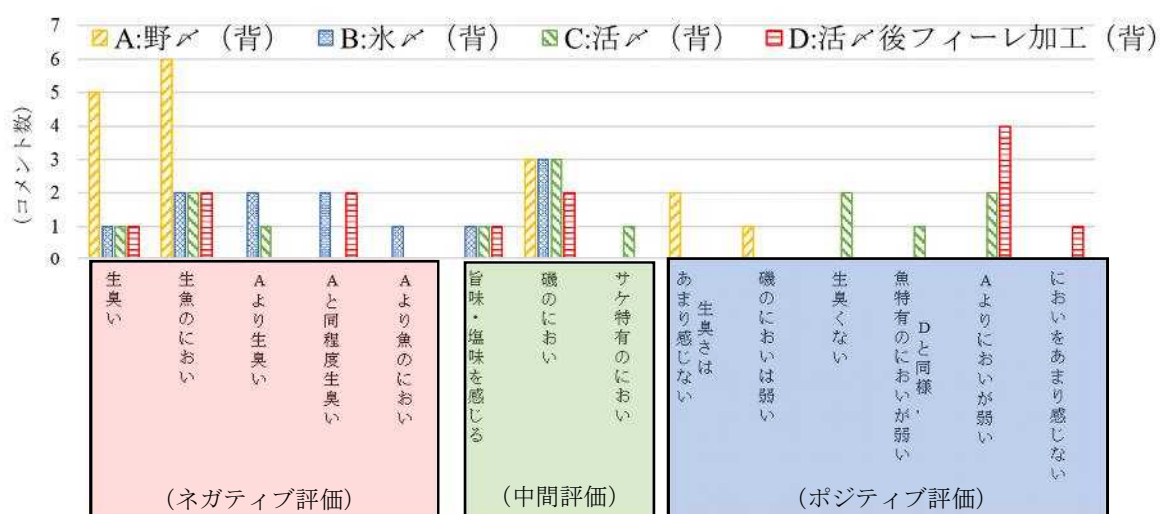


図 4.官能評価「試験1（背側肉）」におけるパネリストコメント抜粋（においの質）

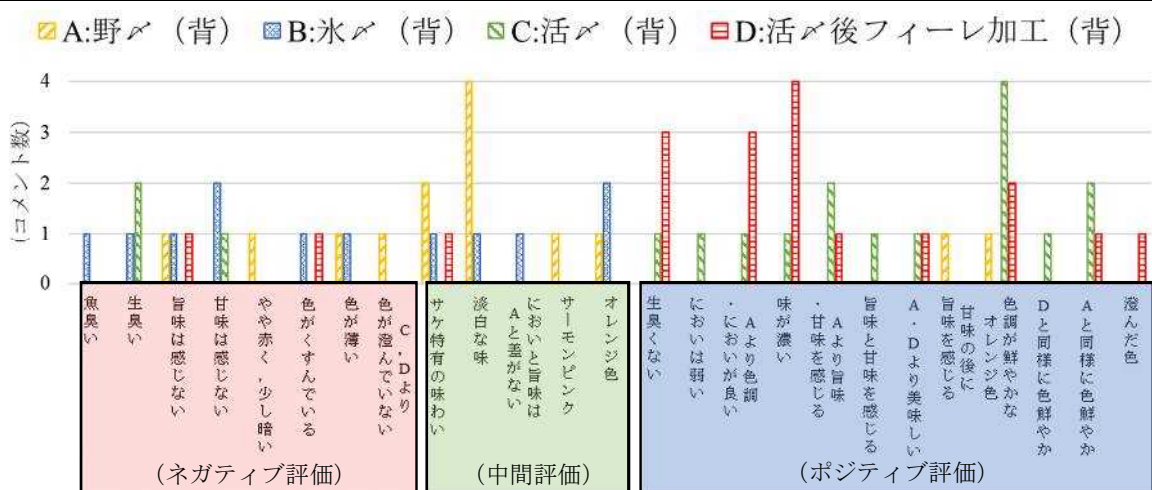


図 5.官能評価「試験 1 (背側肉)」におけるパネリストコメント抜粋 (感じたこと)

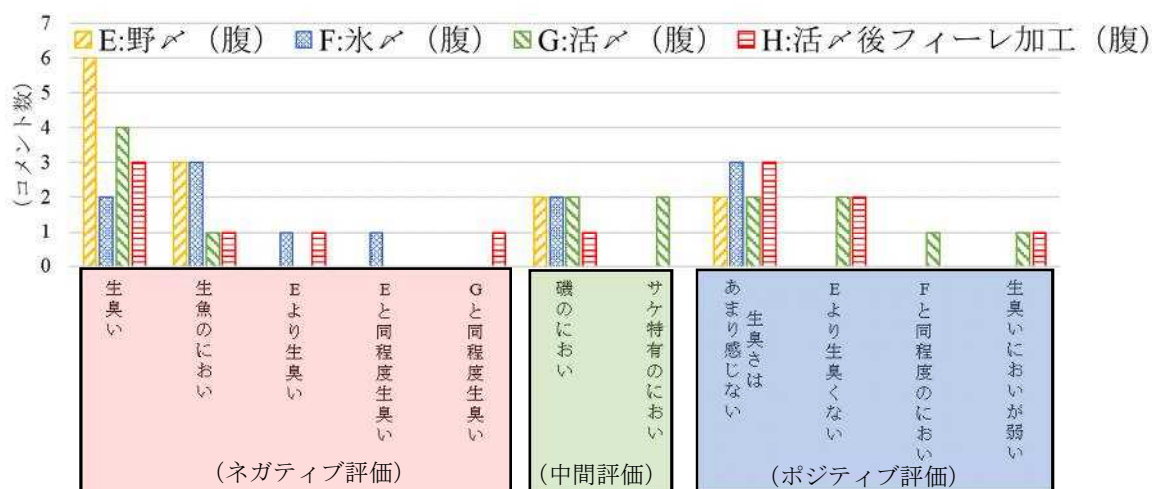


図 6.官能評価「試験 2 (腹側肉)」におけるパネリストコメント抜粋 (においの質)

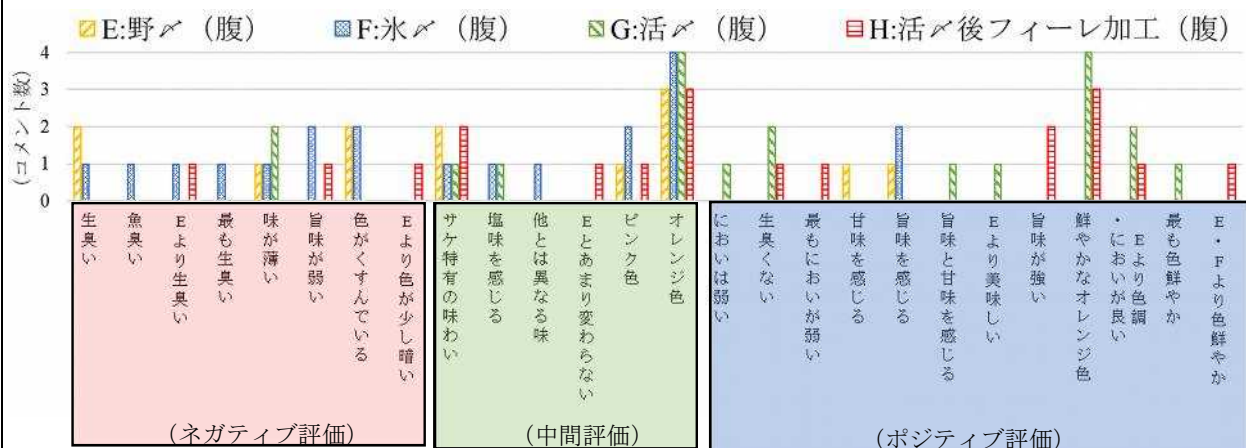


図 7.官能評価「試験 2 (腹側肉)」におけるパネリストコメント抜粋 (感じたこと)

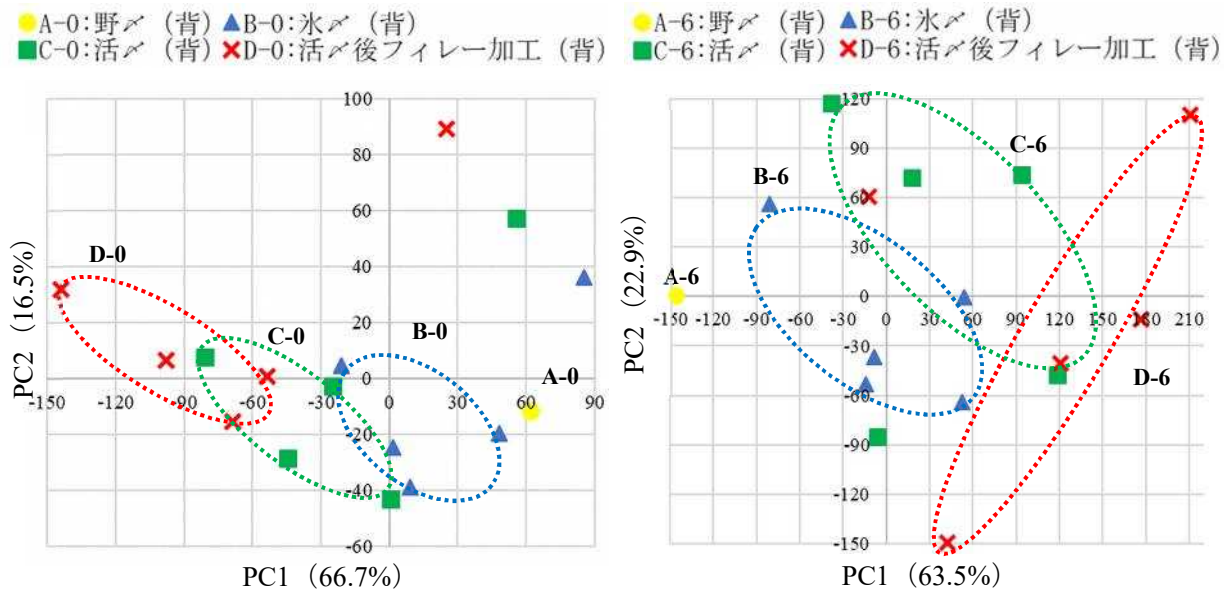


図 8.味覚センサー分析における「試験 1 (背側肉, 保存 0 か月) : 左」及び「試験 2 (背側肉, 保存 6 か月) : 右」の主成分分析結果

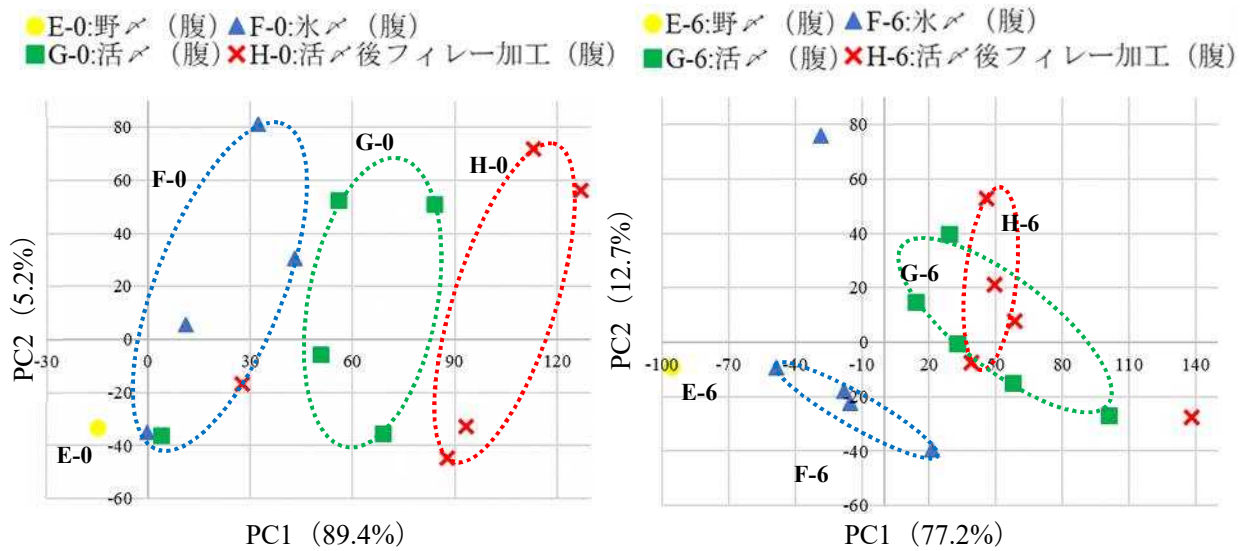
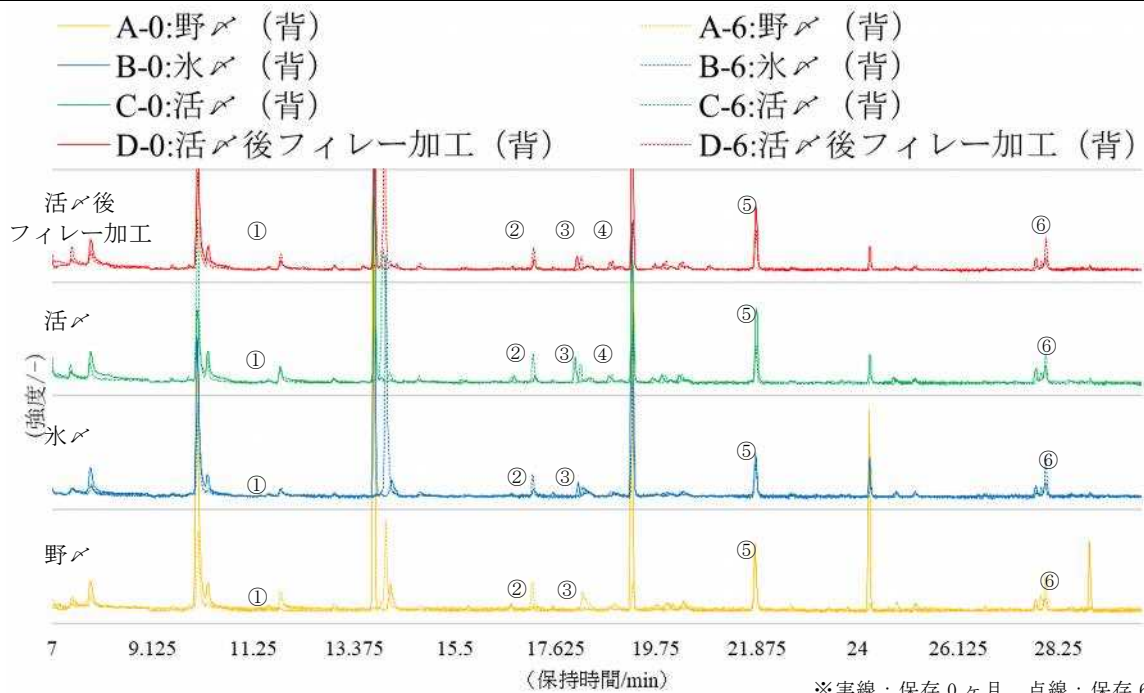


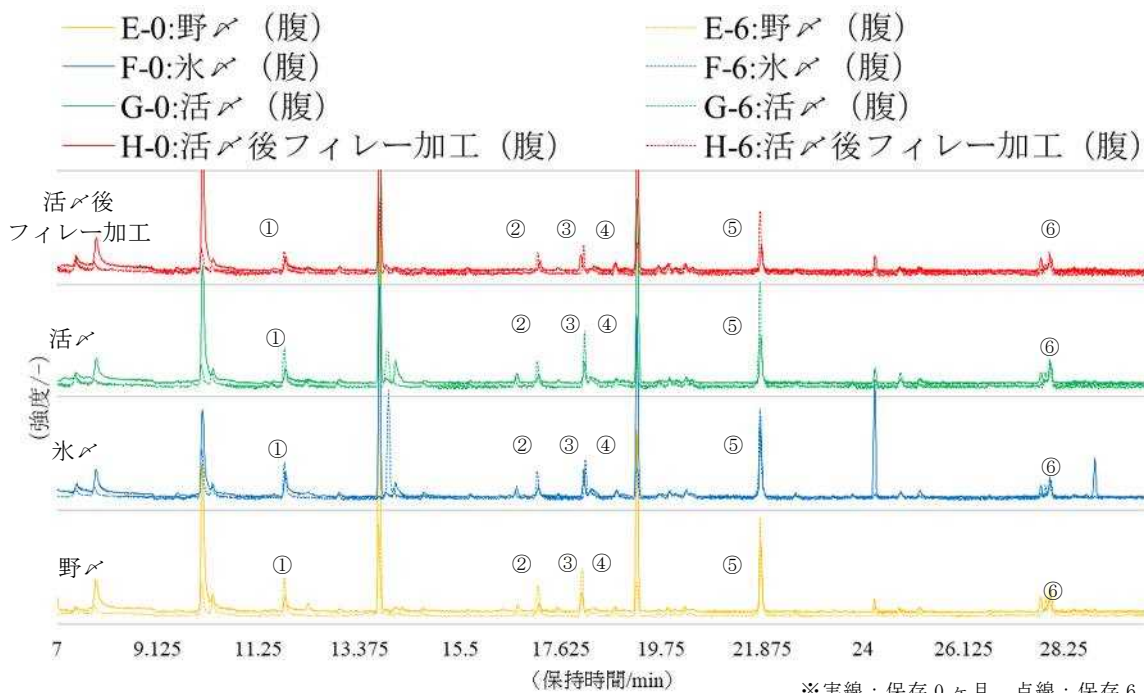
図 9.味覚センサー分析における「試験 3 (腹側肉, 保存 0 か月) : 左」及び「試験 4 (腹側肉, 保存 6 か月) : 右」の主成分分析結果





※実線：保存0ヶ月，点線：保存6ヶ月

図10.背側肉（保存0ヶ月，保存6ヶ月）におけるGCMS分析結果



※実線：保存0ヶ月，点線：保存6ヶ月

図11.腹側肉（保存0ヶ月，保存6ヶ月）におけるGCMS分析結果

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

昨今のサーモンブーム、国産原料ニーズの高まり、国際情勢による輸入原料不足、既存加工原料の不漁問題等により国産養殖ギンザケの需要はますます高まっている一方で、ギンザケ養殖における生産コストの約7割以上を占める餌料原価が高騰し、生産者の経営を大きく圧迫している。

本県の「みやぎサーモン」と各地のブランドサーモンについての数値的な差別化の検証は継続して求められるが、今後は餌料単価高騰に対応した生産体制や、新たな代替餌料原料（植物・昆虫など）の探索等についても検討する必要があると考えられる。

<結果の発表，活用状況等>

- ・宮城県漁業協同組合及び生産者に結果の報告を行った。



# 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	養殖
研究課題名	持続可能なみやぎの養殖振興事業（ギンザケの海水馴致試験）
予算区分	県単
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 熊谷明，○本庄美穂
協力機関・部及び担当者名	宮城県漁業協同組合

## <目的>

本試験では、海水馴致時における水温変化がギンザケに与える影響を把握し、高水温に対応した効率的な海水馴致方法の開発を目的とする。

## <試験研究方法>

11月に養魚場から平均153g/尾のギンザケ種苗を水技センターに搬入した。水技センター到着後、8つの200L円形水槽（黒色）に、48尾ずつ収容し、下記の試験区毎の方法で海水馴致を行った後、30日間飼育した。試験区として、①3日間区、②簡便区1、③簡便区2、④海水直接区の4区を設定した。各試験区は2水槽ずつとし、一方は試験期間中の生残率を求め、他方はサンプリング用とし、定期的に7尾ずつから採血し、血清中のナトリウムイオン濃度（イオン選択電極法）を測定した。飼育水はろ過海水の掛け流しとし、ボイラーで18℃の高水温に設定し、3日後から19.8℃まで一時的に昇温させた後、自然水温に戻した。搬入数日前から試験終了時まで無給餌とした。

### <試験区の設定と海水馴致方法>

- ①3日間区（従来法：50%海水24時間+85%海水24時間）
- ②簡便区1（50%海水3時間+85%海水1時間）
- ③簡便区2（50%海水1時間）
- ④海水直接区（100%海水に直接収容）

## <結果の概要>

生残率は、3日間区が98%、簡便区1が77%、簡便区2と海水直接区は67%、69%と同程度となった（図1）。また昇温後に簡便区1と2では累計3～4尾死亡した。海水直接区では、3日後までに多く死亡し、それ以降の死亡はなかった。血中ナトリウムイオン濃度は、3日間区は3日後に180mEq/Lと比較的高い値を示し、9日後には馴致前の値と同じ程度まで低下した（図2）。それ以外の3試験区では1日後に191～196mEq/Lと3日間区より高い値を示し、その後ゆるやかに下がり、9日後には落ち着いた。1日後に200mEq/Lに近い値になるのは2回目の試験と同じで、水温15℃でも18℃でも同様であった。ただし、簡便区1では3日後の標準偏差が高く、個体のバラツキが大きかった。さらに23日後には16日後よりも値が増加したが、この要因として2個体で尾ヒレにスレが生じており、それらの血中ナトリウムイオン濃度が高かったことが考えられた。

高水温条件においても、従来の3日間法が生残率は最も高く、血中ナトリウムイオン濃度の上昇も緩やかに抑えられており、有効である可能性が再確認された。次いで生残率が高いのは簡便区1であるが、1日後の血中ナトリウムイオン濃度は急増しており、魚へのストレスは高く、個体のバラツキも大きいところがあった。

＜主要成果の具体的なデータ＞

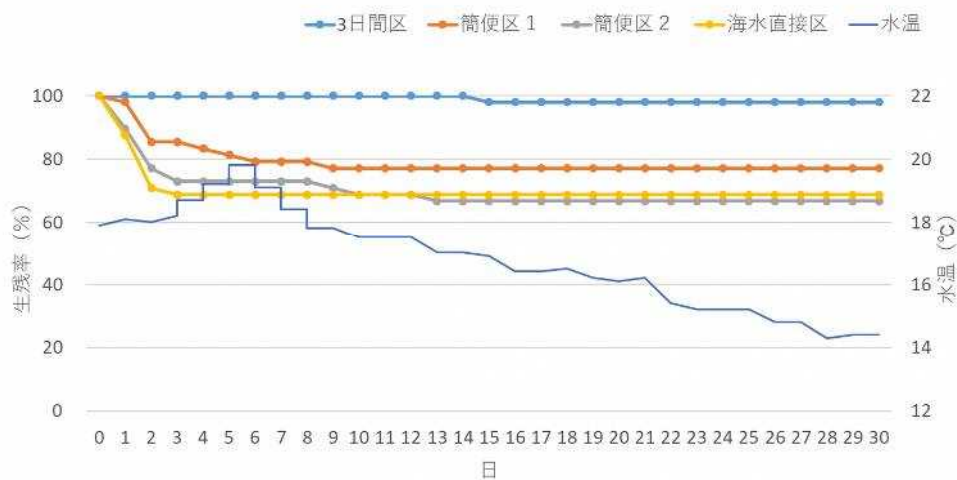


図1 生残率の推移

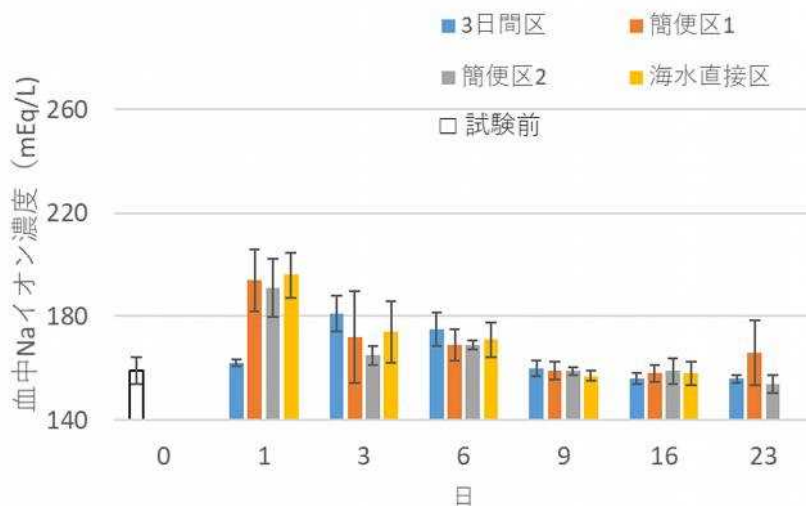


図2 血中ナトリウムイオン濃度平均値の推移  
※縦棒は標準偏差

＜今後の課題と次年度以降の具体的な計画＞

- ・3日間法より簡便な方法として、簡便区1を設定したが、魚にストレスがかかっていると考えられた。今後、50%+85%海水の組み合わせ時間を検討するなど、3日間法よりは簡便で魚へのストレスが小さい馴致方法を検討することが課題である。
- ・今年度で事業終了。

＜結果の発表、活用状況等＞

- ・協力機関である宮城県漁業協同組合に結果を報告した。
- ・魚類養殖業者や関係者に情報提供を行った（令和5年3月 宮城県魚類防疫推進会議）

# 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
研究課題名	持続可能なみやぎの養殖振興事業(高品質カキ安定化事業)
予算区分	県単
研究期間	令和3年度～令和7年度
部・担当者名	養殖生産チーム：○本庄美穂，熊谷明 企画・普及指導チーム：森山祥太 気仙沼水産試験場地域水産研究チーム：○長田知大，小野寺淳一
協力機関・部及び担当者名	各水産漁港部

## <目的>

### 1 干出処理によるカキの付加価値向上試験

垂下養殖されるマガキに付着するムラサキイガイ等の付着生物は、マガキと競合して餌料を摂取するため、マガキの成長に影響を与える。この対策として本県では加熱した海水を用いた温湯処理による付着物の除去が行われることがあるが、一部の漁業者は付着物の除去に加えて身入りや味の向上も期待し、約2日間の干出を繰り返し行う処理を実施している。これを踏まえ、干出処理による付着物除去および身入りや成分への効果を検討し、殻付きカキ付加価値向上技術としての有用性を検証する。

### 2 付着生物（群体性ホヤ）の除去試験

令和4年度に牡鹿半島や松島湾周辺から、カキの成育を阻害する付着生物について問い合わせがあり、群体性ホヤの仲間で「シロウスボヤ（もしくは近縁種）」と判明した。本種は、マガキと競合して餌料を摂取するため身入りの悪化を招き、群体性ホヤがマガキを完全に覆ってしまうとマガキは殻を開閉できず死滅を招くこともある。この対策として、干出・淡水・温湯処理による付着物の除去効果を確認する。



マガキを覆うシロウスボヤ  
写真1



シロウスボヤの表面拡大写真  
写真2



シロウスボヤの内部写真  
写真3

### 3 カキへい死に係る原因調査

平成30年に中部海域の一部で養殖カキのへい死が発生し、それを受けて県内カキ養殖場におけるへい死状況の把握と原因を明らかにし、対策につなげる。

## <試験研究方法>

### 1 干出処理によるカキの付加価値向上試験

マガキを収容した丸カゴを気仙沼湾二ツ根の試験筏に垂下し、干出処理や温湯処理の有無と丸カゴの付着物の量、成長、栄養成分の違いについて比較を行った。なお、各試験区の処理内容は表1に示した。

干出処理は、降雨や降雪のない日を選び、カキを丸カゴごと筏の上に引き上げ、約48時間後に海中に戻す方法で行った。また、温湯処理は、漁業者が約70℃の海水に15秒浸漬する方法で処理したものを入手し試験に供した。

サンプリングは干出処理を実施した概ね一か月後に実施し、各区30個体について軟体部重量を測定したのち、うち10個体を遊離アミノ酸およびグリコーゲン定量に供した。また、干出試験1ではサンプリング時に丸カゴの重量を測定し、試験開始前の丸カゴの重量との差から付着物重量を求めた。

遊離アミノ酸定量にはHPLC (Agilent1260 Infinity) を、グリコーゲン定量にはマイクロプレートリーダー (Infinite F50 Plus) を用いた。各試験における測定項目の比較の際は統計的手法を用い、いずれの試験においても試験区と対照区の分散が等しくない可能性があるため、干出試験1ではWelch's test を、干出試験2ではボンフェローニ法を用いて検定を行った。

表1 各試験区における試験期間および処理内容

試験区		試験期間	処理内容	備考
干出処理の効果 (干出試験1)	対照区	R3.10.18~R4.10.25	なし	令和3年11月、令和4年1月、5月および10月に測定
	干出区	R3.10.18~R4.10.25	干出処理3回(10月、12月、翌4月)	〃
干出と温湯処理の比較 (干出試験2)	対照区	R4.10.25~R5.1.25	なし	令和4年11月、令和5年1月に測定
	干出区	R4.10.25~R5.1.25	干出処理2回(10月、12月)	〃
	温湯区	R4.10.25~R5.1.25	温湯処理1回(9月)	〃

### 2 付着生物(群体性ホヤ)の除去試験

群体性ホヤが付着するマガキを搬入し、下表(表2)にある処理内容を行った後は屋内水槽へ静置し、シロウスボヤが崩壊するまで観察を行った。

表2 試験区と処理内容

	処理内容	カキ殻高(mm)	備考
試験区1	干出区(180分)	94~102	気温28.4~31.9℃
試験区2	淡水区(15分)	61~85	
試験区3	温湯区60℃(30秒)	82~133	水温59.6~59.7℃
試験区4	温湯区70℃(10秒)	127~136	水温66.5~67.9℃
試験区5	対象区(無処理)	81~86	

### 3 カキへい死に係る原因調査

#### (1) 一斉調査

8月に県内カキ養殖場5カ所(南部2カ所、中部3カ所)、11月に12カ所(南部3カ所、中部5カ所、北部4カ所)において一斉調査を実施した。調査方法は、各調査点の上層から養殖カキを約100個採取し、へい死率を求めた。生残カキ50個体については、殻高、殻付き重量、軟体部重量等を計測し、身入り状況の目安となる軟体部重量指数(軟体部重量/殻付き重量×100)を求めた。また、水深による影響を検討するため、長浜(1年子、上層水深0.5m、中層水深3m、下層水深6m)と桃浦(2年子、上層水深1m、中層水深4m、下層水深7m)で水深別調査を実施した。さらに、挟み込み時期(秋挟み、春挟み)による比較(鳴瀬、長浜)も行った。

#### (2) 年齢別の定期調査

桃浦において毎月、①R2採苗・春挟み(2年子)、②R3採苗・秋挟み(1年子)、③R3採苗・春挟み(1年子)の3種類の養殖カキ100個を水深5mから採取し、(1)と同様に測定した。ただし、③R3採苗・春挟みは9月から測定を行った。

#### (3) 温湯試験

北部では、8~9月に付着物の除去を目的にカキの温湯を行うが、副次的な効果として産卵の促進効果が認められている。そこで、南部のカキについて、温湯により産卵が促進されるか温

湯試験を実施した。鳴瀬のカキ養殖場（沖）で、9月27日に試験用の丸かご（直径45cm）12かごにカキ（R2採苗後、翌秋に挟み込みされた年越し）各30個を収容した。それらを3かごずつ連結し、試験区と対照区で2セットずつ作製した。試験区は温湯処理を行い、対照区は温湯処理を行わずに海に垂下した（水深2～5m）。また温湯処理前の状態を把握するため、90個採取し、殻高、軟体部重量指数、熟度指数、卵細胞の有無等を測定した。温湯処理は、現場で通常実施している方法に沿って実施した。約1トン水槽にボイラーで加温した海水をため、かごに入れたカキを65℃、20秒間浸し、すぐに海に垂下した。温湯処理中は、水槽内の水温が低下しないように65℃のお湯をかけ流しにして、水温計で水温を測定した。温湯試験2日後および3週間後に1セットずつ（30個×3かご=90個）回収し、前述と同様な項目に加え、へい死率を測定した。

## <結果の概要>

### 1 干出処理によるカキの付着物除去試験

#### 干出試験 1

対照区および干出区における軟体部重量の推移は図 1 のとおりであり、令和 4 年春季の時点での湿重量において対照区と干出区の間で有意な差が見られ（ $p<0.05$ ）、干出区における湿重量が大きくなった。また、遊離アミノ酸量の推移は図 2 のとおりであった。令和 4 年秋季時点での遊離アミノ酸の総量、および甘味を呈するとされる代表的なアミノ酸（グリシン、アラニン、トレオニン、セリン）の総量において有意な差が見られ（ $p<0.05$ ）、干出区におけるアミノ酸量が少なくなる傾向が示された。グリコーゲン含量の推移は図 3 のようになり、いずれの時期においても試験区と対照区の間で有意な差は見られなかった（ $p>0.05$ ）。各区の付着物重量は図 4 のとおりであり、R3 秋季、R3 冬季および R4 春季と干出処理を行ったことにより付着物重量が有意に減少した（ $p<0.05$ ）が、R4 春季の干出試験後、高温によるカキのへい死を避けるため干出処理を行わなかった夏季の間に付着物が増加し、令和 4 年秋季には対照区と同程度の付着物重量となった。

#### 干出試験 2

対照区、干出区および温湯区における軟体部重量の推移は図 5 のとおりであり、秋季および冬季における温湯区の湿重量が対照区および干出区と比べ有意に大きくなった（ $p<0.05$ ）。また、遊離アミノ酸量の推移は図 6 のとおりであった。干出区においては、冬季の遊離アミノ酸と甘味アミノ酸（グリシン、アラニン、トレオニン、セリン）の総量のいずれも対照区と比較して有意に多くなり（ $p<0.05$ ）、温湯区においては、秋季および冬季における遊離アミノ酸、および甘味アミノ酸総量のいずれも対照区と比較し有意に少なくなった（ $p<0.05$ ）。グリコーゲン含量の推移は図 7 のようになり、冬季の温湯区での値が対照区および干出区と比較し有意に高くなった（ $p<0.05$ ）。

### 2 付着生物（群体性ホヤ）の除去試験

6月20日に除去処理を施し22日間観察を行ったところ、対照区を除く4区画で群体性ホヤの崩壊がみられ、処理効果が確認できた（表 2）。また、全ての試験区でマガキの死滅は確認できなかった。

試験経過を確認したところ、シロウスボヤの外観は薄い黄色であり、中にいる黄色の個虫が死滅すると外観が白く変色し、処理効果は外観の色で判断できるようであった（写真 4）。

### 3 カキへい死に係る原因調査

#### (1)一斉調査

へい死率は8月調査では8～61%で、特に桃浦2年子が高かった（図 8）。11月調査では6～60%で、特に鳴瀬（春挟み）と桂島が高かった（図 9）。8月に比べて11月のへい死率が高くなった地点は5地点のうち、桃浦を除く4地点であった。軟体部重量指数は、8月では14～22%、11月では12～23%であった。

水深別調査では桃浦の8月では上層が中層、下層よりへい死が高かったが、その他では水深による明らかな差はみられなかった（図 10）。挟み込み時期の比較では、長浜では8月、11月とも秋挟みの方がへい死率は高く、11月の秋挟みでは約4割のへい死率だった。一方、鳴瀬では春挟みの方がへい死率は高かったが、11月のへい死率は秋挟みでも約4割と高く、春挟みに関しては6割とさらに高かった（図 11）。令和4年度は、鳴瀬で全体的にへい死が多く、聞き取りでは秋挟みの方が春挟みよりへい死が多かったという声が聞かれた。今回のサンプルは逆の結果だったが、条件によっては春挟みもへい死が多くなることが考えられた。

## (2)年齢別の定期調査

R2 採苗・春（2年子）は4月の時点ではへい死率は1割未満だったが、7月から増加し3割を超え、以降は2～3割で推移した（図12）。一方、1年子のR3採苗・秋及び春のへい死率は、1割未満で推移し、年齢が高い（2年子）と夏季以降へい死が高まることが把握された。殻付き重量は、いずれも月を経るごとに増加し、R5年3月にはR2採苗・春（2年子）は平均160gと、R3採苗・春（1年子）の80gの2倍となり、R3採苗・秋（1年子）はそれらの中間の120gであった（図13）。

軟体部重量は、R2採苗・春（2年子）では7月から8月に大きく低下しており、これは産卵による影響が考えられた（図14）。その後、ゆるやかに低下し、10月から徐々に増加して、年明けの2月、3月は30gを超えた。R3採苗・秋（1年子）については、7月から8月に少し低下し、その後は増加して翌年3月には20gを超えた。R3採苗・春（1年子）は9月から徐々に増加し、翌年3月には約20gを示した。軟体部重量指数は7月から8月にR2採苗・春（2年子）とR3採苗・秋（1年子）が大きく低下した（図15）。その後、徐々に増加し、翌年3月には約19～20%であった。一方、R3採苗・春（1年子）は9月では25%を超えていたが、その後増減し、翌3月には19%であった。

## (3) 温湯試験

海水の水温は表面で22.0℃、水深2mで22.2℃だった。温湯中の水槽の水温は62.5℃であった。温湯前の熟度指数は24で試験2日後は試験区で23、対照区で22とほぼ同じで、3週間後の値も試験区と対照区とほぼ同じ25～26であった（表1）。卵細胞の割合は温湯前が67%と最も高く、2日後では対照区（39%）が試験区（56%）より低く、3週間後には両区とも3割強と低下した。2日後の死亡率は試験区で6.5%、対照区で3.4%、3週間後の死亡率は試験区、対照区とも6.6～7.8%と同程度であった。

今回の試験では試験2日後の熟度指数は試験区、対照区とも同程度の値で、温湯による放卵促進の効果は把握されなかった。要因として、温湯前の熟度指数は24と低く、成熟状況によっては温湯による刺激では放卵が促進されない可能性が考えられた。また卵細胞の割合は2日後の対照区の方が試験区より低く、成熟状況に関してサンプルの片寄りがあった可能性もあり、試験前にサンプルを混ぜるなど改善が必要であった。



<主要成果の具体的なデータ>

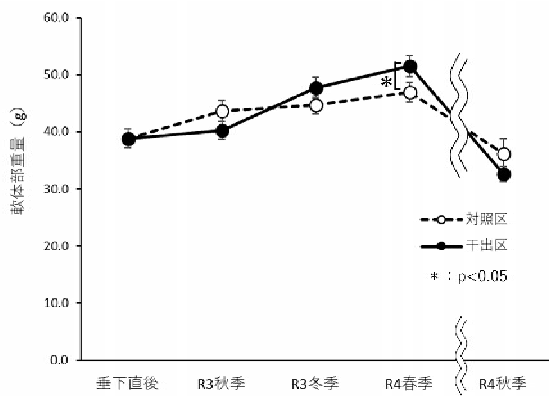


図1 干出試験1：干出の有無による軟体部重量の変化と推移  
(Mean±SE, n=30, \*は有意差を表す)

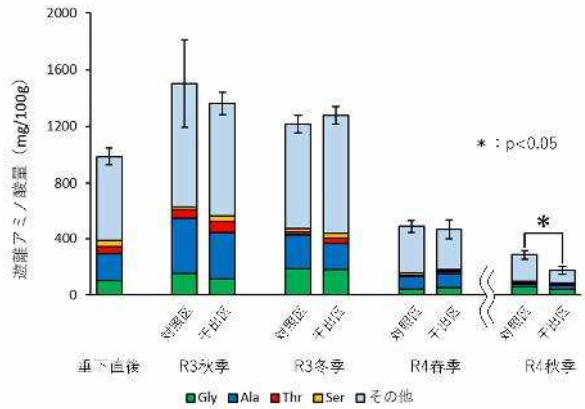


図2 干出試験1：干出の有無による遊離アミノ酸量の変化と推移  
(Mean±SE, n=10, \*は有意差を表す)

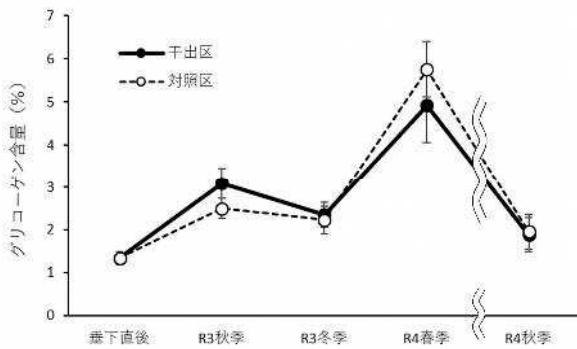


図3 干出試験1：干出の有無によるグリコーゲン含量の変化と推移  
(Mean±SE, n=10)

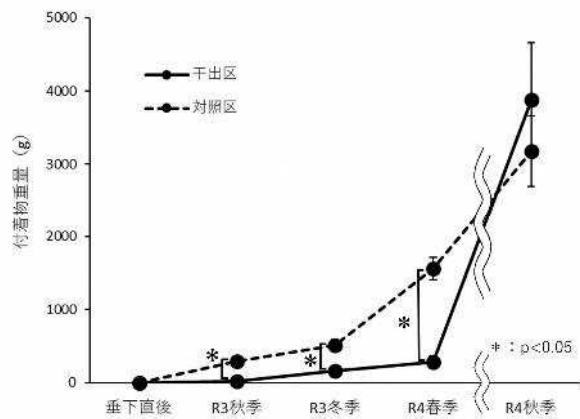


図4 干出試験1：干出の有無による付着物重量の変化と推移  
(Mean±SE, n=30, \*は有意差を表す)

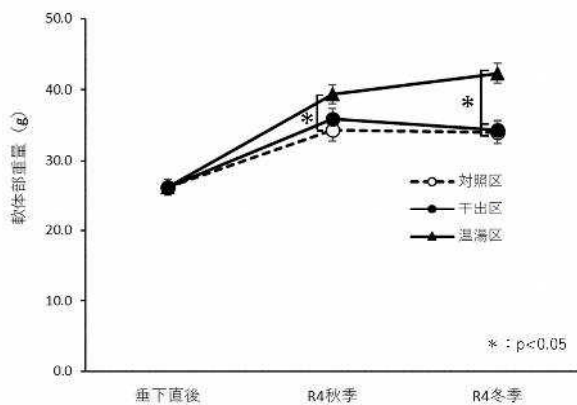


図5 干出試験2：干出および温湯処理による軟体部重量の変化と推移  
(Mean±SE, n=30, \*は有意差を表す)

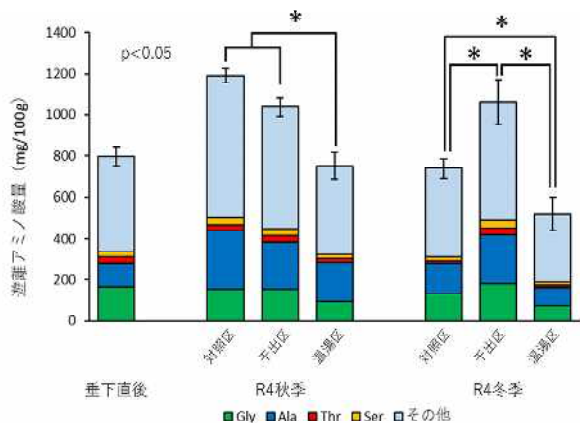


図6 干出試験2：干出および温湯処理による遊離アミノ酸量の変化と推移 (Mean±SE, n=10, \*は有意差を表す)

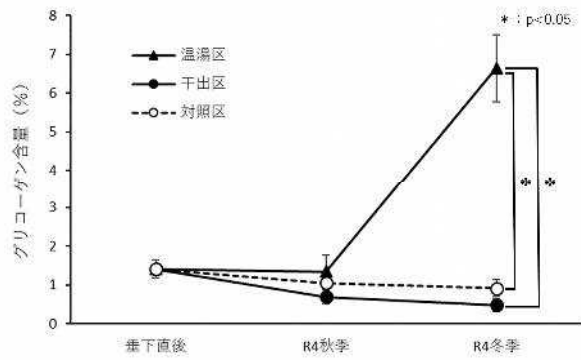
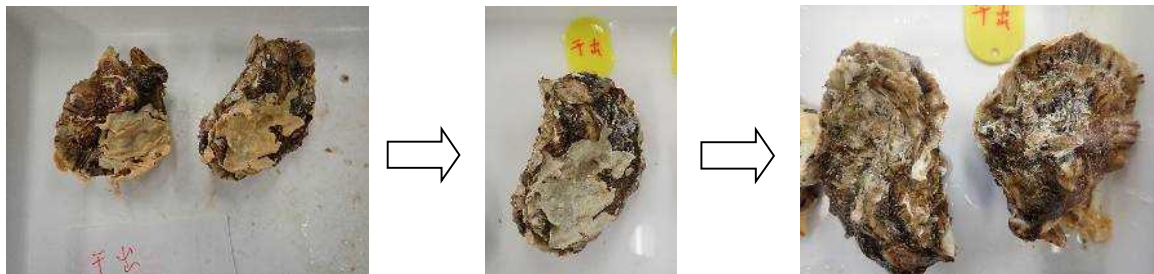


図7 干出試験2：干出および温湯処理によるグリコーゲン含量の推移  
(Mean±SE, n=10, \*は有意差を表す)

表3 処理後の経過

試験区	群体性ホヤの変化(色)	群体性ホヤの崩壊
試験区1(干出)	2日目目に灰白色に変色。 3日目目に白く変色。	5日目目に崩壊が開始。 19日目目に完全に崩壊。
試験区2(淡水)	2日目目に白っぽく変色。3 日目目に白く変色。	10日目目に崩壊が開始。 22日目目に完全に崩壊。
試験区3(温湯60°C)	5日目目に白く変色。	10日目目に崩壊が開始。 22日目目に完全に崩壊。
試験区4(温湯70°C)	5日目目に白く変色。	10日目目に崩壊が開始。 22日目目に完全に崩壊。
試験区5(対象区)	22日間薄い黄色を維持し た。	22日間崩壊は確認されず。



1日目

3日目(白く変色)  
写真4【干出処理区の例】

19日目(ほぼ崩壊)



1日目

10日目  
写真5【対照区(無処理区)】

22日目(崩壊はみられず)

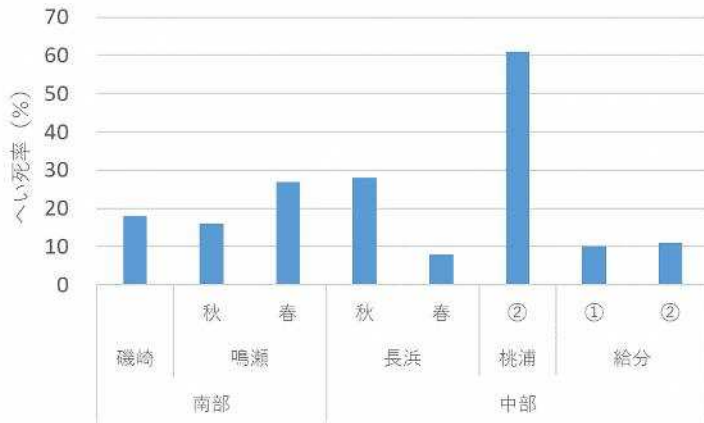


図8 8月のへい死率  
○の中の数字は年齢を表す。南部は全て1年子

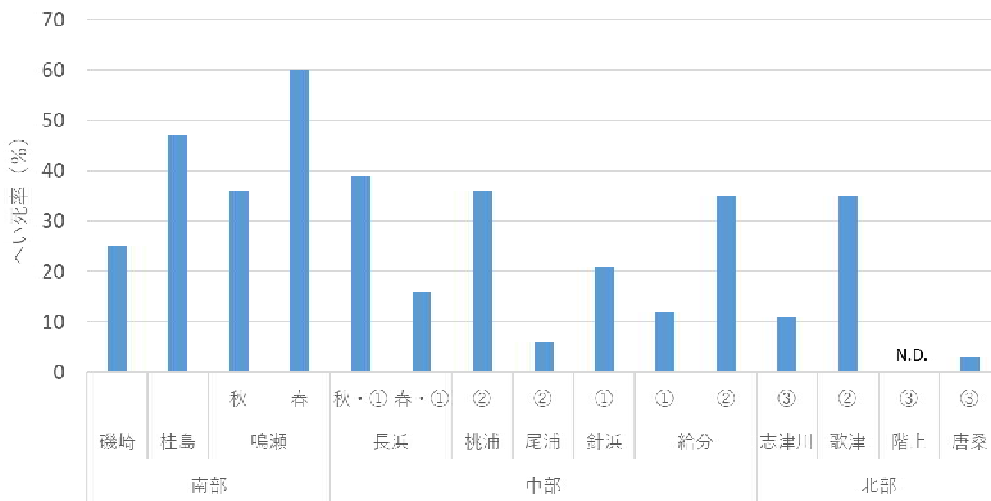


図9 11月のへい死率  
○の中の数字は年齢を表す。南部は全て1年子

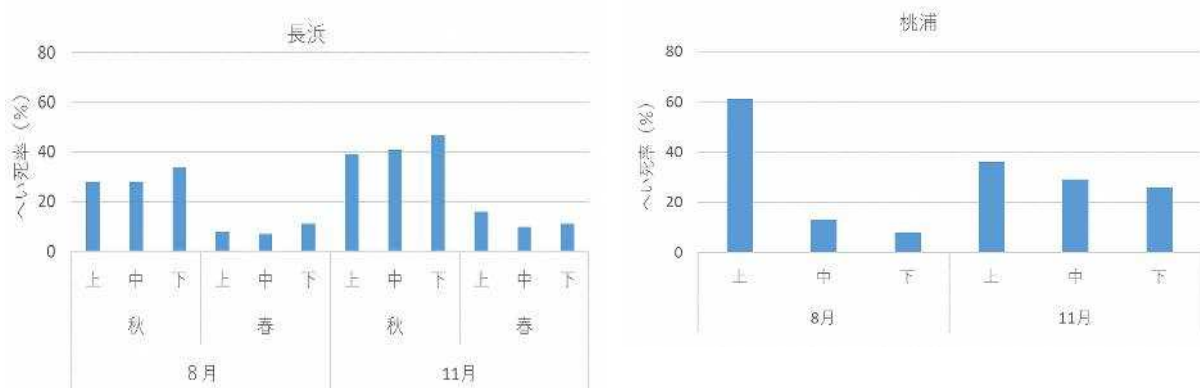


図10 水深別のへい死率。右は長浜 (1年子)、左は桃浦 (2年子)

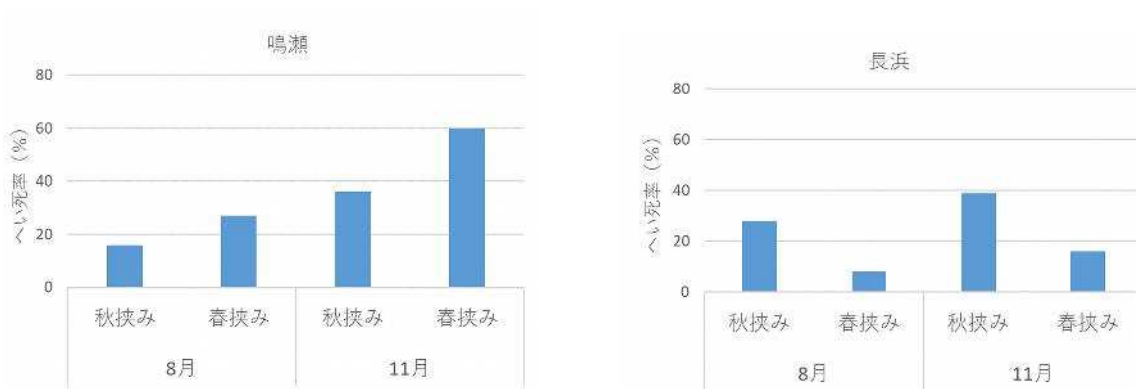


図 11 秋挟みと春挟みのへい死率。左は鳴瀬（1年子）、右は長浜（1年子）

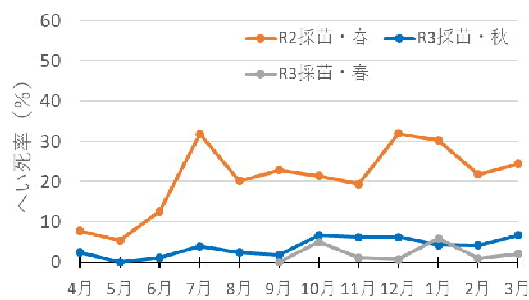


図 12 へい死率の推移



図 13 殻付き重量の推移



図 14 軟体部重量の推移



図 15 軟体部重量指数の推移

	殻高(mm)	軟体部重量指数	熟度指数	へい死率(%)	卵細胞の割合(%)
温湯前	91	20.2	24	-	67
2d 試験区	88	18.8	23	6.5	56
2d 対照区	95	19.5	22	3.4	39
3w 試験区	106	21.6	25	7.8	34
3w 対照区	95	22.2	26	6.6	33

表 4 温湯試験の測定値（2d は 2 日後、3w は 3 週間後）

### <今後の課題と次年度以降の具体的な計画>

#### 1 干出処理によるカキの付加価値向上試験

干出処理による付着物除去には一定の効果が表れることが分かった。しかし成長や成分の試験では一貫した効果までは見られておらず、海況や餌料環境などの他の要因の影響の方が大きいのではないかと推察される。

#### 2 付着生物（群体性ホヤ）の除去試験

マガキに付着する群体性ホヤの除去には、干出等の処理が効果的であることは確認できたが、いずれの除去方法もカキの脱落等を招いてしまい、マガキ生産量の減少が懸念される。今後は、群体性ホヤ等の付着が少なくなる養殖手法（養殖場所）等について検討が必要と思われた。

#### 3 カキへい死に係る原因調査

10月～11月の出荷時期にへい死状況について県内一斉調査を行う。また年齢別の定期調査を継続して行う。温湯処理については、室内実験により温湯条件を検討した上で、実施時期を早めて実施する。

### <結果の発表、活用状況等>

試験結果については、協力いただいた漁協支所へ報告した。