

# 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・加工
研究課題名	持続可能なみやぎの養殖振興事業（ノリ養殖最適生産モデル構築事業）
予算区分	県単
研究期間	令和3年度～令和6年度
部・担当者名	水産加工開発チーム ○紺野智太，阿部真紀子，垂水裕樹，三浦悟，永木利幸
協力機関・部及び担当者名	
<p><b>&lt;目的&gt;</b>            震災後，施設整備が進み生産体制が整ってきた一方で，ノリ生産者数は震災前の約55%に減少した。「量から質へ」と，収益性の高い生産構造への転換が求められる中，本事業ではノリ養殖業を営む各浜の特徴に応じた「最適生産モデルの構築」を目指す。            本研究では，ノリ原藻摘採後の陸上での処理工程（以下「前処理工程」という）において，前処理の各工程が原藻に及ぼす影響について基礎的な情報を収集するとともに前処理工程が乾ノリ製品の仕上がりにも及ぼす影響を評価することを目的とした。</p> <p><b>&lt;試験研究方法&gt;</b>  <b>1 前処理工程におけるノリ原藻サンプリング</b>            塩釜市浦戸を漁場として選定し，前処理工程における水環境の測定，ノリ原藻サンプリング，排水（泡及び赤水）のサンプリングを行った。詳細は表1のとおりである。水環境の測定では，前処理工程で使用される機器を記録した上で，各工程の水環境（水温，pH，溶存酸素，塩分）を測定した。ノリ原藻は，表1の箇所ですべてサンプリングを行い，その場で凍結処理を行った。凍結処理では，まずノリ原藻を十分に水道水で洗浄し，小型の手動遠心脱水機で脱水した。次に，脱水したノリ原藻をチャック付きの袋に入れ，袋内になるべく薄くなるように広げて成形した。それをドライアイスで-40℃以下に冷却したエタノールの中に入れ，急速凍結させた。凍結させた状態で水産加工公開実験棟に持ち帰り，分析に供するまで-30℃で凍結保管した。この原藻から製造された乾ノリについては，チャック付きの袋に入れアルミホイルで遮光しながら実験棟に持ち帰った。分析に供するまでアルミホイルで遮光した状態でデシケーターに入れ，室温で保管した。排水については，泡は「異物除去（No.9）」，赤水は「細断後（No.19）」で採取した。排水はそれぞれ容器に入れ，冷蔵状態で実験棟に持ち帰り，分析に供するまで-30℃で凍結保管した。</p> <b>2 成分分析</b> <b>（1）一般成分（水分・粗タンパク・灰分・粗脂肪及び炭水化物）</b> 一般成分のうち，水分，粗タンパク，灰分を分析した。粗脂肪は，複数サンプルを分析したところ，その含有量が極めて少ないため今回は分析しなかった。水分は常圧加熱乾燥法，粗タンパクはケルダール法，灰分は直接灰化法で定量し，差し引いた分を「粗脂肪及び炭水化物」とした。 <b>（2）遊離アミノ酸</b> 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。遊離アミノ酸の抽出は，「エタノール還流抽出法」により抽出した。共栓付き三角フラスコにノリ原藻約5g，乾ノリは約0.5g精秤し，そこに80%エタノールを50ml加えた。次に，冷却管を付け80℃の水浴上で還流抽出を15分間行った。その後，濾紙（No.5B, ADVANTEC社製）で抽出液を濾過し，ナス型フラスコに回収した。上記抽出操作を合計3回繰り返した。回収した抽出液はロータリーエバポレーターで40℃で減圧乾固し，乾固したサンプルはジエチルエーテル及び蒸留水それぞれ50mlを用いて溶解し，分液漏斗を用いて脱脂操作を行った。2層に分離後，水層を回収し，再びジエチルエーテル50mlを加えた。この脱脂操作を合計3回繰り返した。脱脂操作後，水層を回収し，ロータリーエバポレーターで40℃で減圧乾固した。乾固したサンプルを超純水で100mlメスフラスコに定容後，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で分析した。	

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。

なお、結果については水分を除いた乾燥重量の割合で表記した。

表 1.乾ノリの前処理工程及びサンプリング箇所

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
前処理工程	摘採	⇒	異物除去	⇒	活性タンクでの貯留	⇒	大粗異物除去	⇒	異物除去	⇒	洗浄・貯留	⇒	練り
原藻採取	-	-	○	-	○	-	-	-	-	○	-	○	-
細胞検鏡	-	-	○	-	○	-	-	-	-	○	-	○	-
排水採取	-	-	-	-	-	-	-	-	泡	-	-	-	-
備考			手作業で異物除去		原藻の貯留		大型異物の除去		小型異物(ワレカラ等)の除去		珪藻の除去		原藻の毀傷

No	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
前処理工程	⇒	細断	⇒	熟成	⇒	調査	⇒	漉き前(貯留)	⇒	乾燥	⇒	乾ノリ
原藻採取	○	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-	○
細胞検鏡	○	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-
排水採取	-	-	赤水	-	-	-	-	-	-	-	-	-
備考				浸透圧による細胞膨潤		水と原藻を調査						

表 2.遊離アミノ酸分析のメソッド (左表) 及び分析時間における移動相の流動比 (右表)

カラム	Agilent Poroshell HPH-C18(3.0*100mm*2.7µm)	時間 (分)	移動相 A:B (v/v)
ガードカラム	InfinityLab Poroshell 120 EC-C18(3.0*5mm*2.7µm)	0	96 : 4
カラム温度	40°C	1.50	96 : 4
サンプル温度	5°C	3.50	88.5 : 11.5
移動相	グラジエント分析	14.00	50 : 50
	A) 10mM 四ホウ酸ナトリウム・リン酸水素二ナトリウム水溶液(pH8.2)	15.00	40 : 60
		15.01	0 : 100
	B) アセトニトリル/メタノール/水(4.5:4.5:1)	19.50	0 : 100
移動相流量	0.7ml/min	19.51	96 : 4
検出器	DAD 338.0nm;10nm, Ref390nm;20nm	23.50	96 : 4
	FLD Ex230nm, Em450nm		
分析時間	23.50分		

### (3) 遊離脂肪酸

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。サンプル約40gを秤量し、サンプルの入った三角フラスコにクロロホルム・メタノール混液 (2:1) を200ml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（No.5B, ADVANTEC社製）を用いて、分液漏斗に濾過した。その後、飽和食塩水を200ml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、サンプル瓶に回収した。窒素充填後、パラフィルムでサンプル瓶の蓋部分を密閉し、-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サンプル瓶に、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秒加温後、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) 水溶性色素

紫外可視分光光度計を用いて分析を行った。分析機器は島津製作所（株）製（UV-1900i）を用いた。色素の抽出は、アルミ皿に凍結させたサンプルを約 5g 秤量し、（株）アルバック社製凍結乾燥機（DFR-5N-B）を用いて凍結乾燥を行った。凍結乾燥後、サンプル及び少量の蒸留水をガラスホモジナイザーに入れ、摩砕した。蒸留水は全量が 50ml になるように摩砕したサンプルとともに 50ml 遠沈管に加え震盪後、色素を十分溶出させるため冷暗所で 2 日放置した。その後、濾紙（No.5B, ADVANTEC 社製）を用いて濾過しながら、100ml メスフラスコに回収した。蒸留水で 100ml メスフラスコに定容後、50ml 遠沈管に充填し、分析サンプルとした。分析については、分析サンプルを石英セルに入れ、水溶性色素であるフィコエリスリン、フィコシアニン、アロフィコシアニンの極大吸収波長である波長 563nm, 615nm, 650nm で吸光値を測定し、得られた吸光値はサンプルの乾燥重量あたりの値（Abs/g）に換算し評価した。

### <結果の概要>

#### (1) 前処理工程記録及び水環境測定

前処理工程の順番及び原藻並びに排水サンプリング箇所、細胞検鏡の箇所、水環境測定の結果を表4に示した。水環境については、海水から淡水に切り替わるポイントである「細断」工程において変化した。「洗浄・貯留」工程と比較し、水温とpHはそれぞれ3.6°C、0.26高く、塩分は2.46%減少した。塩分については、工程が進むにつれて低くなり、「漉き前」工程で最も低くなり、0.02となった。溶存酸素については前処理工程において、64～86%であったが、「熟成」工程だけ49%と低かった。

#### (2) 一般成分分析

ノリ原藻及び乾ノリの一般成分分析の結果と、それを乾燥重量に換算した結果を表5,6及び図1に示した。また、排水の一般成分分析の結果と、それを乾燥重量に換算した結果を表7に示した。

一般成分分析の結果について、水分は「異物除去」及び「漉き前」、「乾ノリ」以外で92%前後であったが、「異物除去」は94%、「漉き前」は94.9%と高かったが、「乾ノリ」は7.9%と最も少なかった。

乾燥重量に換算した一般成分分析の結果について、粗タンパクは「異物除去」では42.6%であっ

たが、「乾ノリ」は40.8%であり、1.8ポイント減少した。灰分は「異物除去」では24.5%であったが、「乾ノリ」は12.4%であり、12.1ポイント減少した。粗脂肪及び炭水化物は「異物除去」では32.8%であったが、「乾ノリ」は46.8%であり、14.0ポイント増加した。

排水において、一般成分分析の結果については、泡の水分は96.4%、粗タンパクは0.0%、灰分3.1%、粗脂肪及び炭水化物は0.5%であった。一方、赤水の水分は99.1%、粗タンパクは0.0%、灰分0.7%、粗脂肪及び炭水化物は0.1%であった。乾燥重量に換算した泡の粗タンパクは0.6%、粗脂肪及び炭水化物は14.5%であり、赤水の粗タンパクは2.7%、粗脂肪及び炭水化物は12.4%であった。以上のことから、泡については塩水が主成分であり、粗タンパクは少なく、粗脂肪及び炭水化物が多かった。また、赤水については、淡水が主成分であり、粗タンパクが含まれ赤色に着色していると考えられた。

乾燥重量換算した一般成分分析結果では、「異物除去」と「乾ノリ」の割合を比較すると、粗タンパクと灰分は減少し、粗脂肪及び炭水化物が増加した。しかし、排水である泡や赤水において、粗タンパクや粗脂肪及び炭水化物が含まれていることから、水分を除くすべての成分について工程が進むにつれて原藻から少しずつ流出していると考えられる。一般成分は含有成分の絶対値ではなく、その工程における割合（相対値）であるため、どの成分がどれくらい減少したか断言できないが、前年の試験結果も含めて考えると、灰分は前処理が進むにつれて徐々に減少し、乾ノリでは11～12%になる傾向であると判断できる。

図1から、灰分と粗脂肪及び炭水化物が比例反比例の関係になっていることがわかった。灰分は工程が進行するにつれて減少するが、粗脂肪及び炭水化物はその結果が反映されて増加した。すなわち、工程における粗脂肪及び炭水化物の減少量が少ないため、灰分の割合の減少が反映されていると考えられる。以上のことから、減少する割合については、灰分が最も多く、粗脂肪及び炭水化物が最も少ないと考えられる。

### (3) 遊離アミノ酸分析

遊離アミノ酸分析の結果を表8及び図2に示した。また、排水に含まれる遊離アミノ酸の含有量の分析結果を表9に示した。分析結果から原藻及び乾ノリに含まれる主要な遊離アミノ酸は、Asp, Glu, Alaであることが確認されたため、この3種類に着目した。

Aspは、「漉き前」が最も多く、「活性タンク中」が最も少なかった。「異物除去」と「乾ノリ」を比較すると、7mg/100g増加した。Gluは、「漉き前」が最も多く、「活性タンク中」が最も少なかった。「異物除去」と「乾ノリ」を比較すると、289mg/100g増加した。Alaは、「漉き前」が最も多く、「乾ノリ」が最も少なかった。「異物除去」と「乾ノリ」を比較すると、119mg/100g減少した。遊離アミノ酸の含有量の合計は、「漉き前」が最も多く、「活性タンク中」が最も少なかった。「異物除去」と「乾ノリ」を比較すると、222mg/100g増加した。

排水に含まれる遊離アミノ酸については、泡ではノリの主要なアミノ酸であるAsp, Glu, Alaが主要な成分であり、赤水については、Glu, Alaが検出された。

排水においても遊離アミノ酸が検出されたことから、工程が進むことで遊離アミノ酸が少しずつ原藻から流出すると考えられるが、原藻中のAsp及びGluは増加した。原藻に含まれるGluについては、海水と淡水が切り替わる「細断後」以降、含有量が増加した。

遊離アミノ酸の含有量については乾燥重量表記にしているため、水分量によって大きく値が変化してしまう。「異物除去」及び「漉き前」では94～95%と、「乾ノリ」以外の工程と比較すると2～3%水分量が多く、これらの箇所では含有量が多くなった可能性がある。

### (4) 前処理工程におけるノリ原藻細胞の検鏡

前処理工程におけるノリ原藻細胞の顕微鏡観察の結果を表10に示した。なお、全ての写真で観察される茶褐色の物体は葉緑体である。

「異物除去」～「細断後」までは、細胞壁が隙間なく並び、角ばった形をしており、葉緑体の様子は変化が無い。「熟成後」以降は細胞が丸みを帯びていることが分かる。これは、真水に浸潤されたことで、浸透圧の差から細胞が膨潤し細胞壁が内側から膨らんでいるためであると考えられた。

#### (5) 遊離脂肪酸分析

遊離脂肪酸分析の結果を表11, 図3に示した。結果から, ノリの主要な脂肪酸はパルミチン酸 (C16:0) 及びEPA (C20:5n-3) であった。前処理工程における割合の変化について, パルミチン酸では工程を経るごとに減少傾向が見られ, EPAは増加傾向であることがわかった。

#### (6) 水溶性色素分析

水溶性色素分析の結果を表12, 図4に示した。563nmにおいては, 「漉き前」が最も値が大きく, 「練り前」が最も値が小さかった。615nmにおいては, 「細断後」が最も値が大きく, 「練り後」が最も値が小さかった。650nmにおいては, 「漉き前」が最も値が大きく, 「練り前」が最も値が小さかった。前処理工程が進むにつれて, 色素が減少し, それに伴い吸光値が減少することが考えられたが, そのような傾向は見られなかった。その一因として, 原藻から十分に水溶性色素を抽出しきれなかったことが考えられるため, 抽出方法の再検討が必要だと考えられる。

<主要成果の具体的なデータ>

表 4.前処理工程及び環境測定の結果

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
前処理工程	摘採	⇒	異物除去	⇒	活性タンクでの貯留	⇒	大粗異物除去	⇒	異物除去	⇒	洗浄・貯留	⇒	練り
水温 (°C)	-	-	-	-	10.5	-	-	-	11.8	-	9.6	-	-
pH	-	-	-	-	6.9	-	-	-	6.88	-	6.88	-	-
溶存酸素 (%)	-	-	-	-	64	-	-	-	74	-	73	-	-
塩分 (%)	-	-	-	-	3.15	-	-	-	3.24	-	3.21	-	-
備考			手作業で異物除去		原藻の貯留		大型異物の除去		小型異物(ワレカラ等)の除去		珪藻の除去		原藻の毀傷

No	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
前処理工程	⇒	細断	⇒	熟成	⇒	調合	⇒	漉き前(貯留)	⇒	乾燥	⇒	乾ノリ
水温 (°C)	-	13.2	-	14	-	14.7	-	13.8	-	-	-	-
pH	-	7.14	-	7.28	-	8.87	-	8.06	-	-	-	-
溶存酸素 (%)	-	74	-	49	-	82	-	86	-	-	-	-
塩分 (%)	-	0.75	-	0.51	-	0.03	-	0.02	-	-	-	-
備考				浸透圧による細胞膨潤		水と原藻を調合						

表 5.前処理工程におけるノリ原藻の一般成分 (n=5, mean±sd)

No.	3	5	12	14	16	18	21	25
工程 (%)	異物除去	活性タンク中	練り前	練り後	細断後	熟成後	漉き前	乾ノリ
水分	94.0±0.6	92.1±0.7	92.1±0.2	91.6±0.2	92.3±0.1	92.2±0.1	94.9±0.3	7.9±0.1
粗タンパク	2.5±0.1	2.9±0.2	3.0±0.1	3.0±0.0	2.9±0.0	3.0±0.1	2.1±0.1	37.6±0.3
灰分	1.5±0.0	2.0±0.1	1.7±0.0	1.6±0.0	1.4±0.0	1.1±0.0	0.6±0.0	11.4±0.0
粗脂肪及び炭水化物	2.0±0.6	3.1±0.8	3.2±0.2	3.7±0.2	3.4±0.1	3.7±0.1	2.4±0.3	43.1±0.2

表 6.前処理工程におけるノリ原藻の一般成分 (乾燥重量換算, n=5, mean±sd)

No.	3	5	12	14	16	18	21	25
工程 (%)	異物除去	活性タンク中	練り前	練り後	細断後	熟成後	漉き前	乾ノリ
粗タンパク	42.6±5.2	36.9±4.6	38.1±1.1	36.3±1.1	37.0±0.6	39.1±1.3	41.5±2.0	40.8±0.3
灰分	24.5±2.4	24.9±2.6	21.4±0.5	19.6±0.6	18.4±0.5	13.7±0.2	12.3±1.0	12.4±0.2
粗脂肪及び炭水化物	32.8±7.5	38.1±6.6	40.5±1.3	44.1±1.7	44.7±1.0	47.3±1.3	46.2±2.8	46.8±0.3



図 1. 前処理工程におけるノリ原藻の一般成分の変化 (n=5)

表 7. 前処理工程における排水（泡，赤水）の一般成分（左）及び乾燥重量換算した一般成分（右） n=5, mean±sd

No.	9	16	No.	9	16
工程	泡	赤水	工程	泡	赤水
(%)			(%)		
水分	96.4	99.1	粗タンパク	0.6±0.3	2.7±0.5
粗タンパク	0.0	0.0	灰分	84.8±1.2	84.9±2.0
灰分	3.1	0.7	粗脂肪及び炭水化物	14.5±1.2	12.4±1.5
粗脂肪及び炭水化物	0.5	0.1			

表 8. 前処理工程におけるノリ原藻の遊離アミノ酸の含有量（乾燥重量換算, n=5, mean±sd)

No. 工程 (mg/100g)	3 異物除去	5 活性タンク中	12 練り前	14 練り後	16 細断後	18 熟成後	21 漉き前	25 乾ノリ
Asp	117±10	103±6	117±12	137±2	135±8	151±6	253±17	124±13
Glu	683±24	480±66	576±35	649±10	631±21	723±15	1088±56	972±38
Ser	27±2	0	22±1	23±0	20±1	3±3	16±13	0
His	0	0	0	0	0	0	0	0
Gly	20±1	13±7	18±1	20±1	18±1	20±1	29±3	15±0
Thr	0	16±8	0	7±8	15±7	7±8	0	20±1
Arg	0	0	0	0	0	0	0	0
Ala	703±56	641±57	623±36	636±19	646±8	612±19	870±24	584±17
Tyr	0	0	0	0	0	0	0	0
Val	10±1	8±1	10±3	8±0	8±0	10±0	20±2	24±2
Met	0	0	0	0	0	0	0	0
Phe	0	0	0	0	0	0	0	11±1
Ile	0	0	0	0	0	0	0	13±1
Leu	0	0	0	0	0	0	4±4	18±2
Lys	0	0	0	0	0	0	0	0
Pro	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1559±84	1261±141	1367±82	1480±27	1474±39	1526±29	2281±107	1781±70

表 9.前処理工程における排水（泡，赤水）の遊離アミノ酸含有量（n=1）

No. 工程 (mg/L)	9 泡	16 赤水
Asp	2.5	0.0
Glu	8.0	1.6
Ser	0.6	0.0
His	0.0	0.0
Gly	0.5	0.0
Thr	0.0	0.0
Arg	1.3	0.0
Ala	11.5	1.8
Tyr	0.5	0.0
Val	0.6	0.0
Met	0.0	0.0
Phe	0.7	0.0
Ile	0.0	0.0
Leu	0.9	0.0
Lys	0.4	0.0
Pro	0.0	0.0
合計	27.7	3.4



図 2. 前処理工程におけるノリ原藻の遊離アミノ酸含有量の変化（乾燥重量換算，n=5）

表 10.前処理工程におけるのノリ原藻細胞の顕微鏡写真（倍率400倍）

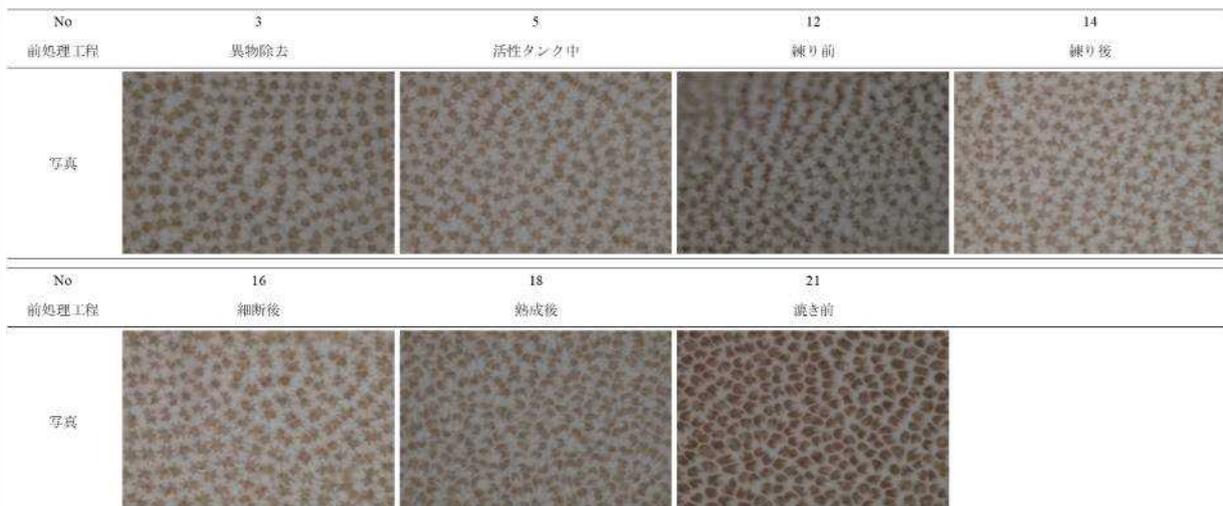


表 11.前処理工程におけるノリ原藻に含まれる脂肪酸組成 (n=1)

No.		3	5	12	14	16	18	21	25
工程		異物除去	活性タンク中	練り前	練り後	細断後	熟成後	漉き前	乾ノリ
(%)									
ミスチン酸	C14:0	0.6	0.7	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	2.2
パルミチン酸	C16:0	37.9	39.1	34.9	36.4	34.6	35.4	34.1	36.1
パルミトレイン酸	C16:1n-7	-	-	-	-	-	-	-	1.6
ステアリン酸	C18:0	1.0	-	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	-
オレイン酸	C18:1n-9	4.8	3.4	3.4	3.2	3.1	3.8	3.3	7.0
CIS-パクセン酸	C18:1n-9	-	-	0.5	-	-	0.5	-	-
リノール酸	C18:2n-6	2.3	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.1	-
EPA	C20:5n-3	36.1	41.0	39.7	40.0	41.5	38.2	43.5	42.4



図 3. 前処理工程におけるノリ原藻の脂肪酸組成 (n=1)

表 12.前処理工程におけるノリ原藻に含まれる水溶性色素の分析結果 (n=5, mean±sd)

No.	3	5	12	14	16	18	21	25
前処理工程	異物除去	活性タンク中	練り前	練り後	細断後	熟成後	漉き前	乾ノリ
(Abs/g)								
563nm	1.60±0.04	1.57±0.03	1.21±0.03	1.27±0.06	2.04±0.10	1.91±0.03	2.35±0.05	1.93±0.07
615nm	0.73±0.06	0.72±0.09	0.50±0.07	0.47±0.05	0.85±0.20	0.79±0.06	0.86±0.11	0.77±0.12
560nm	0.37±0.13	0.36±0.20	0.26±0.15	0.31±0.10	0.45±0.33	0.45±0.18	0.51±0.24	0.40±0.31

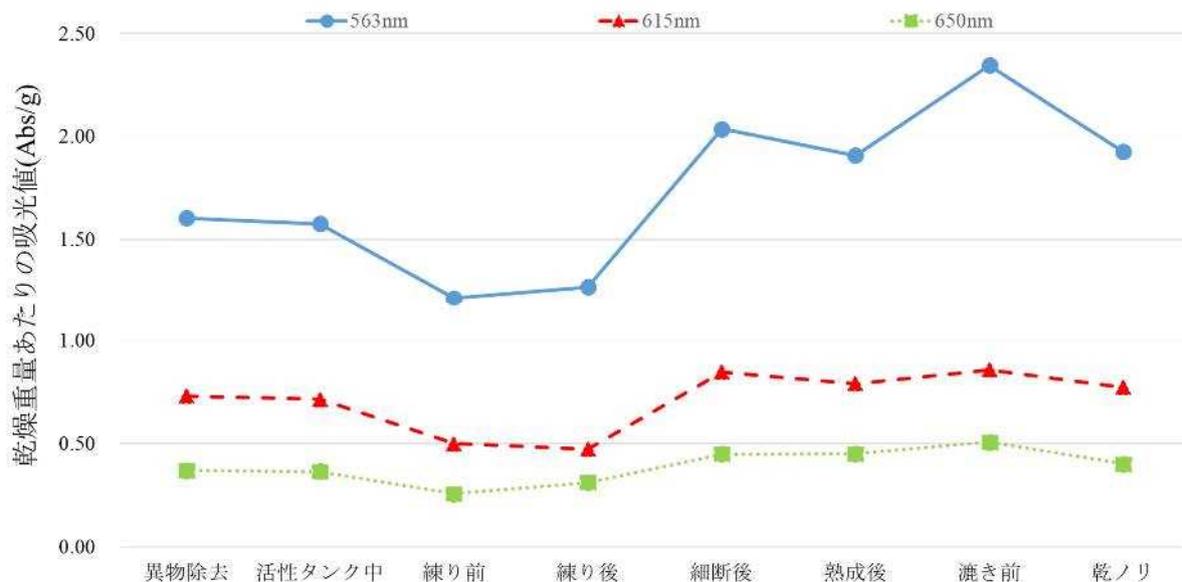


図 4. 前処理工程におけるノリ原藻に含まれる水溶性色素の分析結果 (n=5)

#### <今後の課題と次年度以降の具体的計画>

今年度はノリの前処理工程における原藻の変化についての知見を得た。一般成分や遊離アミノ酸においては、変化の傾向が見られたため、他地域でサンプリングすることが必要だと思われる。来年度についてはサンプリング箇所を増加し、変化の傾向を捉える必要がある。

○具体的な計画

- ・前処理工程における原藻の変化（一般成分及び遊離アミノ酸）に係る分析
- ・前処理工程用機器メーカーへの聞き込み

#### <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，気仙沼水産試験場

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 ホヤ病障害対策生産技術開発
予算区分	県単
研究期間	令和3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 気仙沼水産試験場：○長田知大，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，東部地方振興事務所水産漁港部

## <目的>

東日本大震災後に女川湾竹浦地区において養殖マボヤにエダコブコケムシ（以下コケムシ）の付着が多く見られるようになり，水管内部に侵入した場合，水管を塞いで呼吸や摂餌を阻害しへい死を引き起こすとして問題になっている。分布域の拡大や被害量の増加が懸念されることから，県内ホヤ漁場におけるコケムシの付着状況調査を行った。

## <試験研究方法>

マボヤ被囊軟化症の調査時にホヤに付着しているコケムシの付着状況の調査を行った。

令和4年6～8月及び令和5年2～3月の2回，県内ホヤ養殖場9海域（湾）21定点（図1）において，1定点あたり養殖筏約3台を任意に抽出し，1台につき連続した垂下ロープ3本について，各ロープ上部8株目までのホヤを対象とした。株ごとにホヤに付着しているコケムシを，目視により，微量（コケムシが付着しているホヤが全体の10%以下），少量（同10～50%），多量（同50%以上）に区分した。

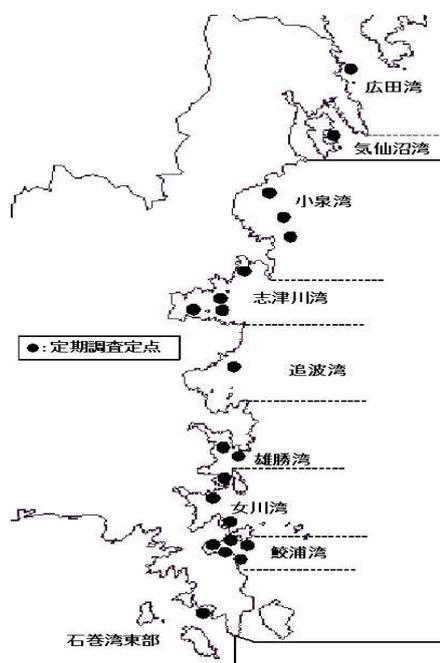


図1. 調査定点

## <結果の概要>

6～8月の調査では，16カ所（大島，大谷，蔵内，伊里前，荒砥，戸倉，十三浜，雄勝東部，雄勝，出島，寺間，竹浦，塚浜，寄磯，谷川，表浜）でコケムシの付着が確認された。そのうち，大島，大谷，蔵内，伊里前，荒砥，十三浜，雄勝，塚浜，表浜で付着量が多量の筏があった。

2～3月の調査では，14カ所（大島，蔵内，荒砥，戸倉，十三浜，雄勝東部，雄勝，出島，寺間，竹浦，塚浜，寄磯，谷川，表浜）で確認された。そのうち，大島，蔵内で付着量が多量の筏があった。

昨年度は15カ所，今年度は16カ所で付着が確認されており，付着海域の拡大傾向が見られた。

## <今後の課題と次年度以降の具体的計画>

本調査は令和4年度で終了予定である。

## <結果の発表，活用状況等>

マボヤ被囊軟化症モニタリング調査の際に，各地点のホヤ養殖業者に対してコケムシの付着状況等について情報提供した。

# 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	増養殖技術
研究課題名	持続可能なみやぎの養殖振興事業（養殖種苗発生生育状況調査事業）
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：○藤岡博哉，十川麻衣 企画・普及指導チーム：○小野利則，森山祥太 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	仙台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，気仙沼地方振興事務所水産漁港部，宮城県漁業協同組合，各支所青年部・研究会
<p>&lt;目的&gt;</p> <p>本県の主要養殖品目であるカキ，ホタテガイ，ホヤの種苗発生状況調査やノリ，ワカメの生育状況調査を行い，通報発行を通して安定した養殖種苗の確保及び生産を推進する。</p> <p>&lt;試験研究方法&gt;</p> <p>1 ノリ漁場調査及び養殖通報の発行 ノリ生育状況，病障害，漁場環境等を定期的に調査し，養殖通報及び栄養塩情報等を介して養殖業者等に情報提供を実施した。</p> <p>(1) 実施期間：令和4年9月～令和5年3月（漁場調査は9月～12月） (2) 調査水域：松島湾育苗漁場及び沖合生産漁場 (3) 調査項目： ・ノリ葉体一葉長，蛍光顕微鏡100倍・1視野当たりの芽付き，病障害の有無，色調 ・環境項目一水温，比重，栄養塩（三態窒素，リン酸態リン），残留塩素 (4) 調査方法： ・育苗期（9月中旬～10月中旬） 週1回漁場調査を実施し，調査当日に養殖通報を発行した。また，調査の翌日に漁場調査時に採水した海水の栄養塩分析結果を栄養塩情報として発行した。 ・生産期（10月下旬～3月下旬） 12月下旬までは週1回漁場調査を実施し，調査の翌日に，漁場調査時に採水した海水の栄養塩分析結果を含めた養殖通報を発行した。また，1月～3月下旬は週1回，ノリ養殖業者から提供された海水の栄養塩分析結果を栄養塩情報として発行した。</p> <p>2 種がき調査及び養殖通報の発行（中南部） 母貝の成熟状況，浮遊幼生の分布状況，漁場環境等を定期的に調査し，養殖通報を通して養殖業者に情報提供を行った。</p> <p>・実施期間：令和4年6月～8月 ・調査水域：母貝の熟度調査は松島湾，万石浦の2点，浮遊幼生調査は石巻湾10点，松島湾3点の計13点 ・調査方法：母貝の成熟度調査は月に4回程度で実施した。浮遊幼生調査は6月20日～8月17日までに石巻湾で12回，松島湾で10回実施した。また，石巻市佐須浜に試験採苗器を垂下し，稚貝の付着状況を1～3日に1度の頻度で観察した。</p> <p>3 ワカメ漁場調査及び養殖通報の発行 広田湾，気仙沼湾，小泉湾，歌津，志津川湾，十三浜において9月から12月にワカメ種苗の生育状況（葉長，色，病障害，管理状況等），水温，透明度，栄養塩濃度の調査を行い，育苗管理に関する情報提供を行った。また，仙台管区气象台が開発した手法を用いて，気仙沼地先の水温予測も行った。</p> <p>4 ホタテガイ採苗調査及び採苗通報の発行 広田湾，気仙沼湾，小泉湾，歌津，志津川湾，及び十三浜，女川町出島において4月から6月にホタテガイの母貝成熟度及び浮遊幼生の出現状況を，また，8月に採苗器への稚貝の付着状況を調査し，採苗に関する情報提供を行った。</p>	

## 5 マボヤ幼生調査及び調査結果の発行

気仙沼湾において12月～翌年1月にマボヤ浮遊幼生の出現状況を定期的に調査し、採苗に関する情報提供を行った。

## 6 マガキ幼生調査及び通報の発行（北部）

気仙沼湾と志津川湾において7月～9月にマガキ浮遊幼生の出現状況と稚貝の付着状況を定期的に調査し、採苗に関する情報提供を行った。

### <結果の概要>

#### 1 ノリ漁場調査及び養殖通報の発行

(1)通報発行回数：養殖通報17回 栄養塩情報19回

##### (2)育苗期の状況

- ・育苗期は種網を張り込む水位が重要となるが、基準となる水深棒の平均水面は震災後の地盤沈下とその後の地盤上昇により変動している。国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所塩釜庁舎の協力により、育苗期前に基準水深棒に潮位計を設置して平均水面を算出し、育苗管理のための潮位表を作成した。
- ・桂島の水温は、9月20日には23℃以下（種網の張り込みに適した水温）に低下したが、張り込み後に水温が23℃を上回る日が見られた。
- ・種網の冷蔵入庫は9月30日～10月20日にかけて行われた。
- ・ノリ網のアンケート調査の結果、本年度のノリ芽の健全度は「良い」25.7%、「普通」が51.9%、「悪い」が22.4%であった。張り込み後に水温が一時23℃を上回ったことや、三態窒素が低い（ $3\mu\text{g-at/L}$ を下回ると色落ちする傾向）日が見られたことから、種網の状況が悪いが多かった考えられる。

##### (3)生産期の状況

- ・種網は、10月中旬頃には、ほぼ冷蔵入庫もしくは沖出し済みとなり、早い漁場では10月下旬に初摘採が行われた。沖出し後に栄養塩濃度（三態窒素）が低位に推移する傾向が見られたこと等により（図1）、多くの漁場で色調低下の報告があった。
- ・12月上旬頃からあかぐされ病が確認されたが、蔓延は確認されず被害は軽微であった。
- ・一部漁場ではバリカン症が確認されたが、被害は軽微であった。

#### 2 種がき関連調査及び養殖通報の発行

(1)通報発行回数：養殖通報12回

##### (2)採苗の状況

- ・松島湾では7月6日（平年7月4日）に産卵の目安とされる積算水温  $600^{\circ}\text{C}$  を超え、7月中旬から1,000個/100L以上の浮遊幼生がみられた。7月15～16日の低気圧による大雨の影響により松島湾内で低塩化分したが、7月下旬～8月下旬にまとまった大型幼生がみられ、この時期を中心に採苗が行われた。
- ・石巻湾では7月21日（平年7月16日）に積算水温  $600^{\circ}\text{C}$  を超えた。沖合では7月下旬から数百～数万個/100L程度の浮遊幼生がみられた。大型幼生は沖合、地先ともに7月下旬～8月上旬にまとまってみられ、この時期に採苗が行われた。
- ・R4年の6月は気温が低かったため、松島湾や佐須浜では水温が平年より $2^{\circ}\text{C}$ 低く推移した。6月後半から高気圧に覆われて晴れる日が増えたため水温が急上昇し、7月上旬から石巻湾で浮遊幼生が数百～数千個/100Lみられた。7月中旬に記録的な大雨があり低塩分化がみられ、これが刺激となって大規模な産卵があったと考えられる。これが順調に成長し、7月下旬～8月上旬に採苗が行われた。佐須の試験連では、幼生の出現状況と概ね一致していた。

#### 3 ワカメ漁場調査及び養殖通報の発行

漁場調査結果を踏まえ、ワカメ養殖通報(計12報)を作成し、関係漁業者や漁協及び関係機関に情報提供した。なお、ワカメ養殖通報において気仙沼地先の水温予測（図4）を行い、併せて情報提供した。

- ・また、11月下旬に黒潮が例年より北上し海水温が高くなっている海域があることから、注意喚起を行うとともにQRコードを付して定地水温取得の情報提供を行った。

#### 4 ホタテガイ採苗調査及び採苗通報の発行

調査結果を踏まえ、ホタテガイ採苗通報(計7報)を作成し、関係漁業者や漁協及び関係機関に

情報提供した。

- ・ホタテガイ母貝の成熟度調査

唐桑地区及び大谷本吉地区ともに4月中旬に生殖腺指数の低下が見られた(図5)。

- ・ホタテガイ浮遊幼生・付着稚貝調査

大型幼生の出現、採苗器への付着はともに4月下旬から見られ、どちらも昨年と同時期だった。また、その後の大型幼生数や付着数が低調に推移したことから、分散投入を漁業者へ呼びかけた。なお、5月下旬の付着ピーク時の付着数は昨年と同程度であった(図6)。

- ・ホタテガイ採苗器への稚貝付着状況調査

7月下旬から8月上旬に採苗器内の稚貝数を計数した結果、1採苗器あたりの稚貝数は475～2,311個であり、昨年とほぼ同じから約2倍であった。また、8月上旬に調査した稚貝の殻長組成については、各調査点ともに4～10mmのものがおおむね7～9割を占めており、昨年と比較すると全体的に小型であった(図7)。

## 5 マボヤ幼生調査及び調査結果の発行

- ・調査結果を踏まえ、ホヤ幼生調査結果(計6報)を作成し、関係漁業者や漁協及び関係機関に情報提供した。

- ・気仙沼湾の岩井崎では、調査を開始した12月中旬からマボヤ(胚を含む)浮遊幼生の出現が確認され、令和3年度同様、1月中旬に出現のピークが見られた(図8)。

## 6 マガキ幼生調査及び通報の発行(北部)

- ・調査結果を踏まえ、種がき(マガキ幼生)通報(計11報)を作成し、関係漁業者や漁協及び関係機関に情報提供した。

- ・志津川湾の湾央部では、調査を開始した7月中旬から浮遊幼生の出現が見られ、7月下旬～8月上旬にかけて大型幼生のまとまった出現も確認された(図9)。

- ・志津川湾でのマガキの採苗は、令和3年度は台風や低気圧の影響により不調であったが、令和4年度は湾央部で大型幼生の出現ピークが確認された7月下旬から原盤投入が始まり、7月下旬～8月上旬にかけて順調に行われ、採苗期間中マガキ浮遊幼生の出現が続いたため厚種となった。

<主要成果の具体的なデータ>

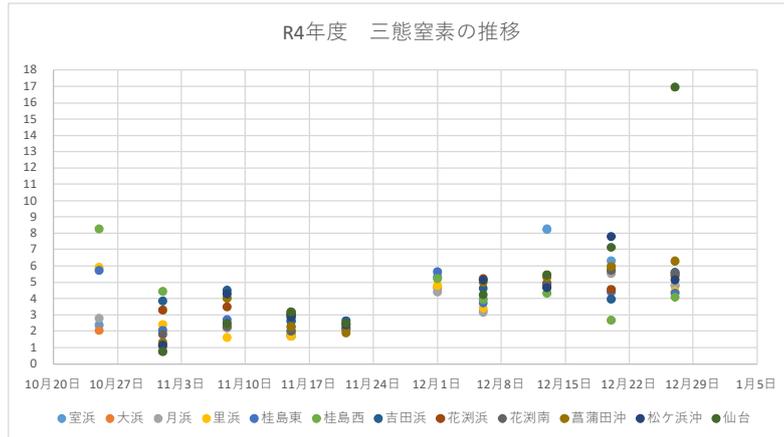


図1 生産期調査の栄養塩濃度（三態窒素）の推移

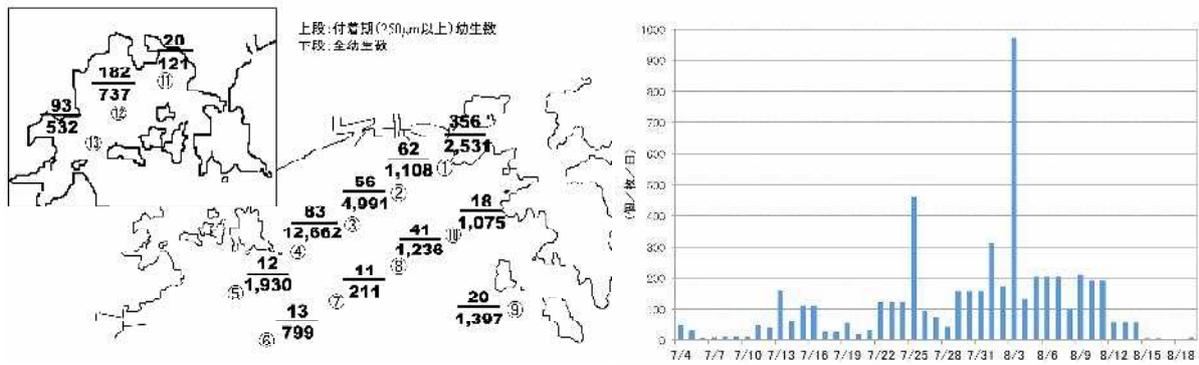


図2 カキ浮遊幼生調査結果（8月2日石巻湾）

図3 試験連による付着状況調査（佐須）

上段:付着期(250 $\mu$ m 以上)幼生数  
下段:全幼生数

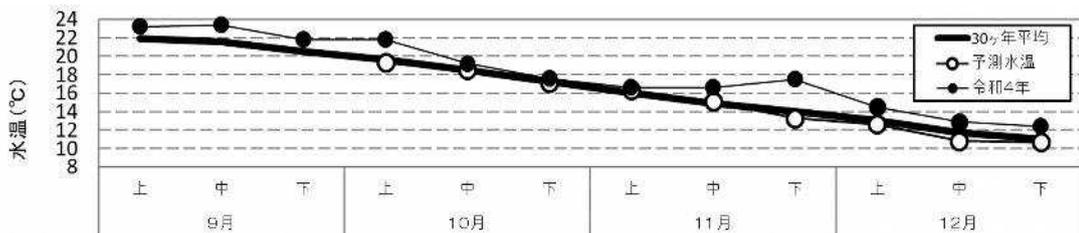


図4 杉ノ下の予測水温と実測水温の推移

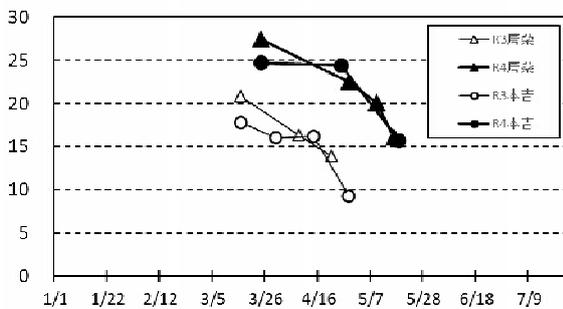


図5 ホタテ生殖巣指数の推移

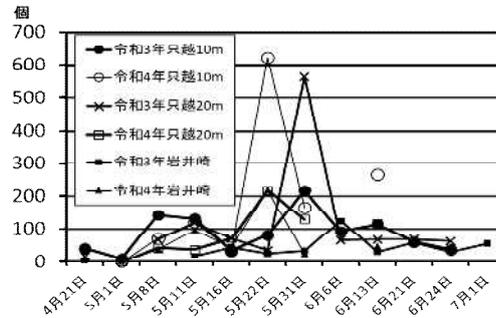


図6 付着稚貝数の推移

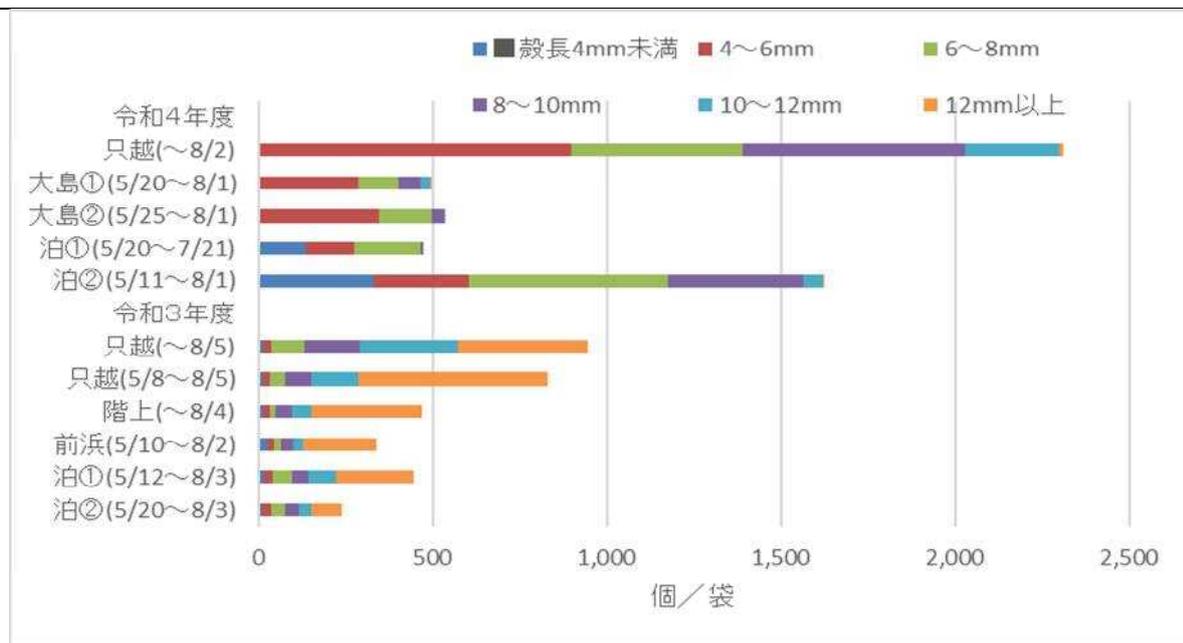


図7 ホタテ稚貝の付着状況

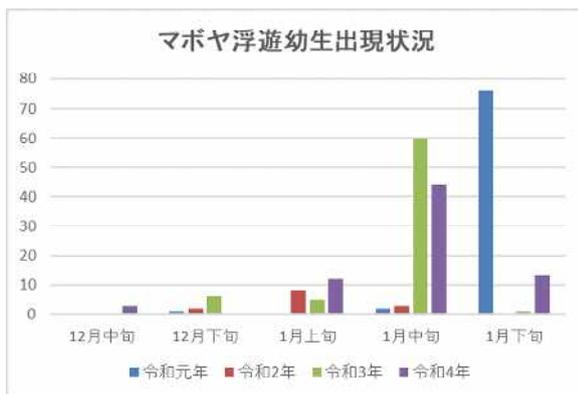


図8 マボヤ浮遊幼生出現状況

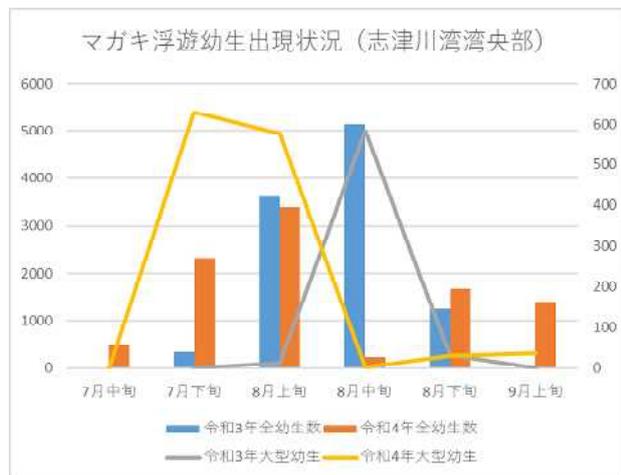


図9 マガキ浮遊幼生出現状況 (志津川湾湾央部)

<今後の課題と次年度以降の具体的計画>

次年度もノリ・ワカメの成育状況、及びマガキ・ホタテガイ・マガキの種苗発生状況の調査を継続し、迅速に通報を発行する。

<結果の発表、活用状況等>

(各種通報の発行)

調査結果は以下の通報において、関係漁業協同組合を通じて漁業者へ周知するとともに、HPに掲載し、関係機関へ情報提供した。

- ・ノリ通報：計36報 (うち養殖通報17報，栄養塩情報19報)
- ・種がき通報 (中南部)：計12報
- ・ワカメ養殖通報：計12報
- ・ホタテガイ採苗通報：計7報
- ・ホヤ幼生調査結果：計6報
- ・種がき (マガキ幼生) 通報 (北部)：計11報

(結果の発表)

- ・「種ガキ採苗について～昨年度の経過と令和4年度の採苗～」令和4年度カキ養殖研修会
- ・「宮城県における種ガキ採苗について」令和4年度青年部塩釜支所支部研修会

# 事業課題の成果要旨

(令和4年度)

試験研究機関名：内水面水産試験場

課題の分類	増養殖
研究課題名	持続的なみやぎの養殖振興事業（高成長系ギンザケ種苗普及）
予算区分	県単
研究期間	令和3年度～令和6年度
部・担当者名	内水面水産試験場 ○中家浩, 君島裕介
協力機関・部 及び担当者名	
<p><b>&lt;目的&gt;</b> 宮城県のギンザケ養殖は、水温が上昇する7月末までしか養殖できず、6月下旬以降に水揚げが集中するため価格が下落する。そのため、魚価が高い水揚げ早期への出荷前倒しをすることにより、水揚げ集中時期の分散を実現する成長の早い種苗が求められる。また、養殖用ギンザケ卵が輸入できなくなったため、国内で継代している親魚から生産しているが、遺伝的近親交配が懸念されている。そのため、ゲノムセレクション(GS)の考え方により、無選抜群からゲノム育種価の高い個体を選抜して高成長系と交配させ、遺伝的多様度を回復させた高成長GS系（以下「高成長系」）を作出した。 早期出荷を実現させるためには、種苗を全雌化することが必要となる。全雌化により、大型稚魚の出荷及び内水面養魚場における早熟雄の生産発生を抑制することが可能となる。 遺伝的多様度を回復させた高成長系ギンザケから全雌種苗を作出し、生産現場への普及と供給体制の構築を図るもの。</p> <p><b>&lt;試験研究方法&gt;</b> 1) 偽雄の探索及び選別 ・令和元年級高成長系から作出したふ化仔魚にホルモン処理を施した偽雄候補種苗の遺伝子解析を行い、偽雄種苗を選別する。 2) 高成長系全雌種苗の発眼卵生産と配布 ・令和元年級高成長系の親魚（雌）と偽雄から採卵を行い、得られた全雌発眼卵を民間養魚場へ配布する。 3) 次世代全雌親魚育成のための偽雄作出 ・作出して得た全雌仔稚魚を雄性ホルモン処理し、次世代の偽雄を育成する。 4) 全雌三倍体の作出試験 ・作出した全雌種苗（受精卵）へ温度処理を施し、全雌三倍体ギンザケの作出及び試験を行う。</p> <p><b>&lt;結果の概要&gt;</b> 1) 偽雄の探索及び選別 ・偽雄候補種苗 1,000 尾の遺伝子解析を行った結果、遺伝的雌は 484 個体であった。遺伝的雌 484 個体のうち、成熟が確認できた（放精が確認できた）性転換雄（偽雄）は 28 尾であった。 2) 高成長系全雌種苗の発眼卵生産と配布 ・令和元年級高成長系雌 108 尾と偽雄 11 尾及び偽雄人工精漿を受精させ、全雌発眼卵 100 千粒を生産した（発眼率 77.6%）（表 1）。 ・得られた発眼卵のうち 94 千粒を 12 月 21 日に民間養魚場へ配布した（残った一部は全雌継代飼育及び次世代偽雄作出用に供した）。 ・民間養魚場において、ふ化後浮上した稚魚約 80 千尾を育成中。 3) 次世代全雌親魚育成のための偽雄作出 ・得られた全雌発眼卵3千粒について、ふ化後、メチルテストステロンによる雄性ホルモン処理を行った。残る3千粒については全雌継代用に供した。 4) 全雌三倍体の作出試験（民間会社との共同研究） ・令和元年級高成長系雌40尾と偽雄8尾及び偽雄人工精漿を受精させ、受精から10分後、28℃の温水に15分間浸漬する温度処理を行った。温度処理後、受精卵を1時間吸水させ、アトキンスふ化槽で発眼卵まで管理し、全雌三倍体発眼卵5.8千粒を生産した。</p>	

- ・得られた発眼卵58百粒を12月23日に民間養魚場へ配布した。ふ化後浮上した稚魚は約40尾であった。

<主要成果の具体的なデータ>

表1.内水面水産試験場のギンザケ採卵実績

	採卵月日	系統	雌 (尾数)	雄 (尾数)	採卵数 (百粒)	発眼卵数 (百粒)	発眼率 (%)
①	R4年11月18日	R1 高成長GS全雌	108	11尾(偽雄)+偽雄希釈精液	1,436	100	77.6
②	R4年11月25日	R1 高成長GS全雌三倍体	20	8(偽雄)	189	24	10.8
③	R4年11月28日	R1 高成長GS全雌三倍体	20	偽雄希釈精液	212	34	13.9
④	R4年11月28日	R1 高成長GS	80	48	626	120	46.1
⑤	R4年11月30日	R1 高成長GS	20	24	234		
⑥	R4年11月30日	R1 無選抜	80	47	418	45	44.8

(⑤, ⑥の発眼卵数は収容卵数)

<今後の課題と次年度以降の具体的な計画>

[課題]

- ・事業規模でのメリットを十分に発揮するためには、内水面種苗生産場からの搬出サイズの大型化が必要である。
- ・養殖期間を更に短縮するため、高成長系種苗を全雌化し大型種苗の海面移行を可能にする必要がある。
- ・民間での高成長系種苗生産体制の確立が課題である。

[計画]

- ・民間養魚場での高成長系全雌の種苗育成および海面養殖での追跡調査
- ・今年度、発眼卵を配布した全雌種苗について、民間養魚場で5トン以上の種苗を令和5年秋に海面へ出荷する。
- ・海面養殖において、生簀毎の増肉係数・生残率や出荷時期・販売単価等を分析し、収益性評価を行う。
- ・高成長系ギンザケ及び無選抜ギンザケの継代飼育を実施する。

<結果の発表, 活用状況等>

特になし。

# 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	増養殖技術
研究課題名	ワカメの病障害対策と品種改良
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	気仙沼水産試験場 地域水産研究チーム：成田篤史，○長田知大
協力機関・部 及び担当者名	
<p>&lt;目的&gt;</p> <p>本県沿岸では藻類養殖が盛んであり、特にワカメの生産はその多くを占める。ワカメの養殖を行うにあたり沖出しを行う秋季の海水温条件が重要であるが、近年では地球温暖化に伴う海水温上昇により海水温の降下が遅れ、養殖期間が短縮されワカメの生産量が低下する傾向にあり、海水温が高い状況においても養殖を開始できる種苗や技術が求められている。</p> <p>本事業では、室内試験により高水温や低栄養塩濃度への耐性を持つ系統を探索し、いくつかの系統でそれらへの耐性を見いだした。これらの系統の高水温への耐性をより客観的に評価するべく、室内試験の追試験を行う。また、高水温への耐性を持ちながら大きく生長する系統の作出を目指し、海面養殖試験による各系統の生長を比較した。</p> <p>&lt;試験研究方法&gt;</p> <p>過去の試験により高水温に耐性があると考えられる気仙沼天然系統（以下H系統とする）と、気仙沼市唐桑地区、南三陸町歌津地区および同志津川地区において海面養殖に使用されていた高生長系統（以下それぞれK系統，U系統，S系統とする）から得たフリー配偶体を用いて表1に示す交配系統を作出し、以下の室内試験および養殖試験に供した。</p> <p>1 ワカメ交配系統の室内における高水温耐性試験（室内試験）</p> <p>各系統のフリー配偶体をホモジナイズして混合することで表 1 に示す各交配系統の幼芽を得、この幼芽を PESI 培地で満たしたプラスチックシャーレに収容し、20℃，22℃，24℃および26℃に設定した恒温装置内で約 20 日間培養した。培養期間中の各区における幼芽の全長（幼芽の基部から先端までの長さ）は各区 3 回に渡って、顕微鏡イメージングソフトウェア（cellSens，オリンパス株式会社）を用いて測定し、初日の幼芽の全長と測定時までの生長量の比から生長率（%）を算出し、各系統の高水温に対する耐性を評価した。なお、H 系統の雌性配偶体は増殖速度が他系統の配偶体と比較し著しく遅く、また雄性配偶体と混合した後も幼芽の発生がほとんど見られなかったため、H♀を親に持つ 4 交配系統（H♀♂，H♀K♂，H♀U♂，H♀S♂）を除く 6 系統を対象として試験を実施した。</p> <p>2 ワカメ交配系統の海面養殖による生長評価試験（海面養殖試験）</p> <p>各系統のフリー配偶体を用いて表1に示す各交配系統の種苗を作成した。これらの種苗をそれぞれ気仙沼二ツ根地先の試験筏での養殖試験に供し、12月，1月，2月に簡易測定を，3月に精密測定を行って各交雑系統の生長を評価した。簡易測定では全長を，精密測定では図1に示す各項目を測定項目とした。なお，3月の各系統の全長の生長差については，一元配置の分散分析を行った上で，ボンフェローニ法による多重比較検定を行った。養殖試験を実施した10月から3月の間の試験筏近辺（二ツ根）の水温および栄養塩の推移は図2～図4の通りであり，特に初期のワカメの生長に大きな影響を与える沖出し前後の栄養塩の推移は図5および図6の通りであった。なお，交配系統のうち H♀♂系統については十分な数が得られなかったため（3月時点で10個体），精密測定は行わず，簡易測定と同様の測定のみ実施した。</p>	

表 1. 作出した交配系統の一覧

各試験に用いた系統を○, 用いなかった系統を×で表す。

海面養殖試験における H♀♂系統は簡易測定のみ実施したため, △として表している。

交配系統		室内試験	海面養殖試験
純系系統	H♀♂	×	△ (簡易測定のみ)
	K♀♂	○	○
	U♀♂	○	○
	S♀♂	○	○
交雑系統	H♀K♂	×	○
	H♀U♂	×	○
	H♀S♂	×	○
	K♀H♂	○	○
	U♀H♂	○	○
	S♀H♂	○	○

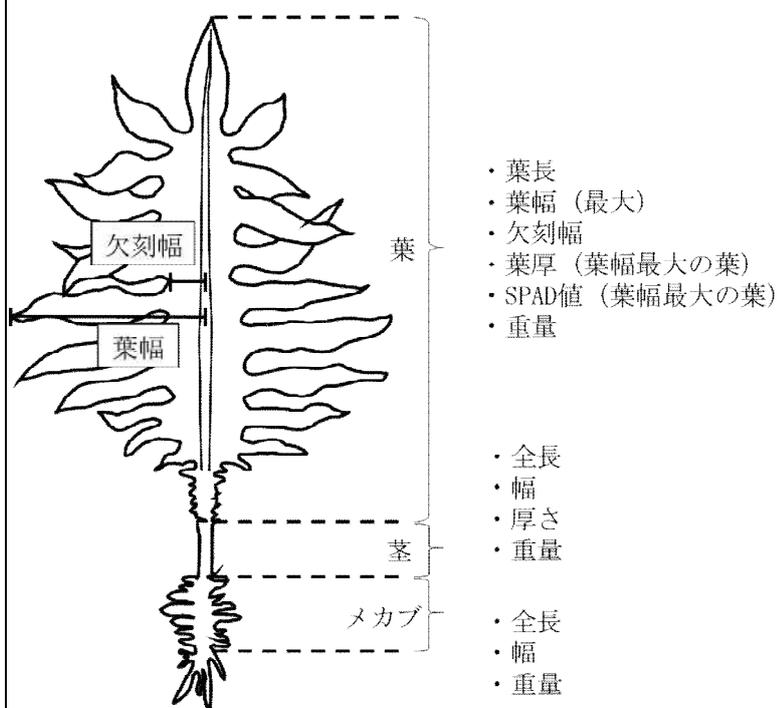


図 1. 精密測定における測定項目

SPAD 値はクロロフィル量と強い相関のある値であり, 間接的に葉の緑色を評価する値である。

<結果の概要>

1 ワカメ交配系統の室内における高水温耐性試験 (室内試験)

表 1 に示す 6 系統を 20℃から 26℃までの 4 温度区で培養した結果, 各区における生長率は図 7~図 10 のようになった。20℃区においては, 各区とも概ね正の生長率を示しており, 純系系統と交雑系統の生長率には明確な差は見られなかった。一方で 22℃区では, U♀系統を親に持つ 2 系統を除く 4 系統で正の生長率を示しており, そのうち生長率の上位 2 系統はいずれも高水温耐性系統の H♂を親に持つ交雑系統であった。更に 24℃では, 6 系統のうち生長率の上位 3 系統が高水温耐性の H♂を親に持つ交雑系統であり, 最終的な生長率で純系系統を明確に上回る結果となった。また, 26℃区においては, 最終的な上位 3 系統はいずれも純系系統であったが, いずれの系統も約 15 日時点から生長の落ち込みが見られた。

## 2 ワカメ交配系統の海面養殖による生長評価試験（養殖試験）

令和4年12月～令和5年3月の各系統の全長の推移は図11～図13のようになった。高水温耐性系統の純系系統（H♀♂）と比較した場合、U系統の純系系統（U♀♂）を除く全ての交配系統が有意に大きく生長した（ $p < 0.05$ ）。また、高生長系統の純系系統（K♀♂, U♀♂, S♀♂）と比較した場合、高水温耐性系統との交雑系統は純系系統と同程度（ $p > 0.05$ ）、もしくは純系系統より有意に大きく生長した（ $p < 0.05$ ）。

令和5年3月に行った精密測定の結果は表2のようになった。各部の長さや重量のほか、葉幅などの収量に関する項目の多くで上位を占めた系統はS系統を含む交配系統（S♀♂, S♀H♂, H♀S♂）であり、一方で葉の厚さはU系統を含む交配系統（U♀♂, U♀H♂, H♀U♂）、SPAD値はK系統を含む交配系統（K♀♂, K♀H♂, H♀K♂）が比較的優れる傾向にあった。

### <主要成果の具体的なデータ>

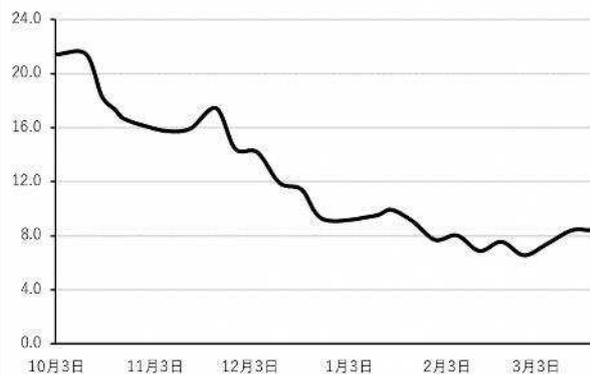


図2. 10月～3月の間の気仙沼二ツ根での表層水温の推移

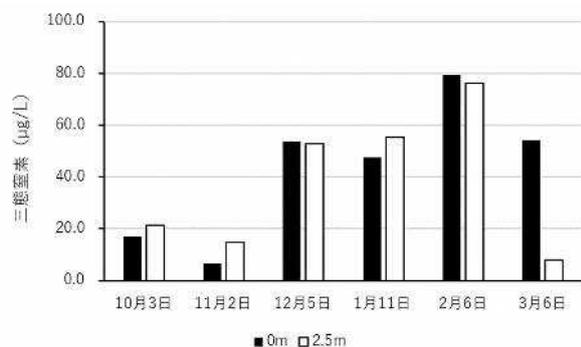


図3. 10月～3月の間の気仙沼二ツ根での三態窒素の推移

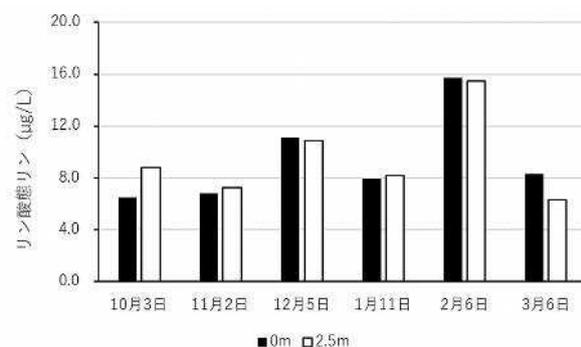


図4. 10月～3月の間の気仙沼二ツ根でのリン酸態リンの推移

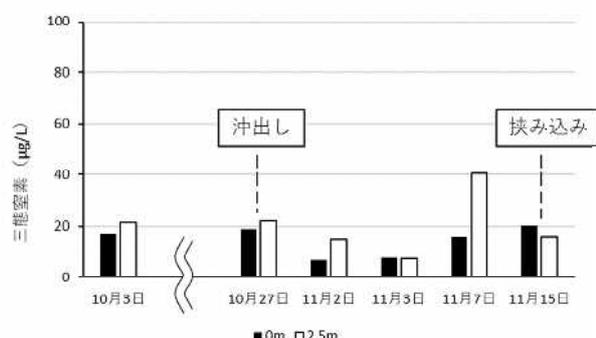


図5. 沖出し前後の気仙沼二ツ根での三態窒素の推移

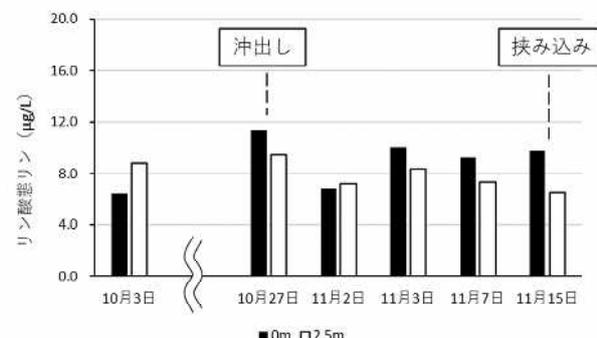


図6. 沖出し前後の気仙沼二ツ根でのリン酸態リンの推移

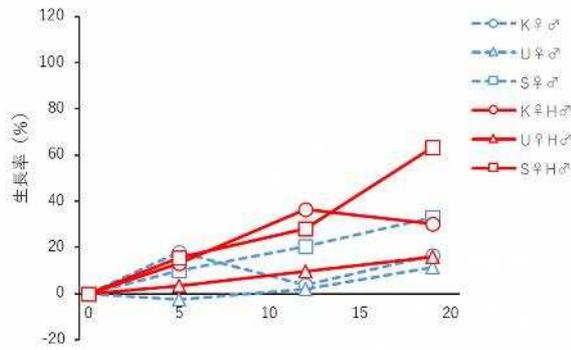


図 7. 20°C区における高水温耐性試験の結果 (n=30)

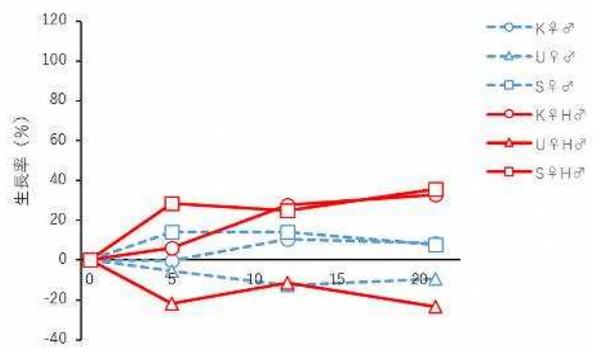


図 8. 22°C区における高水温耐性試験の結果 (n=30)

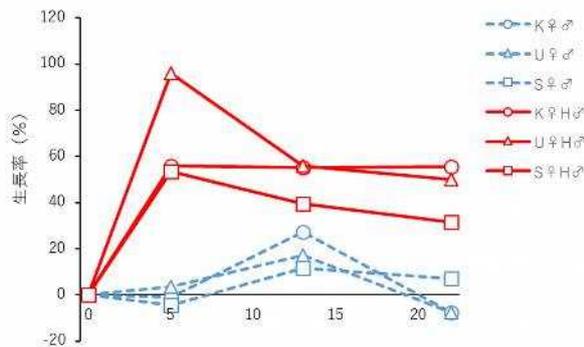


図 9. 24°C区における高水温耐性試験の結果 (n=30)

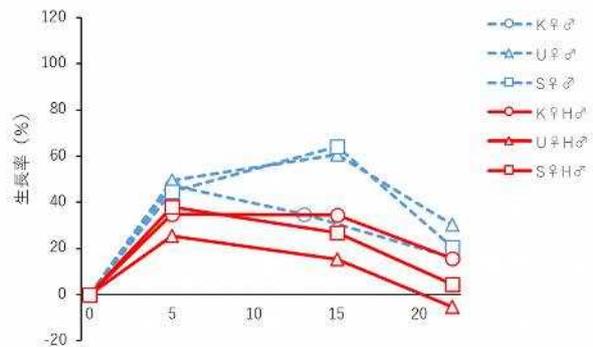


図 10. 26°C区における高水温耐性試験の結果 (n=30)

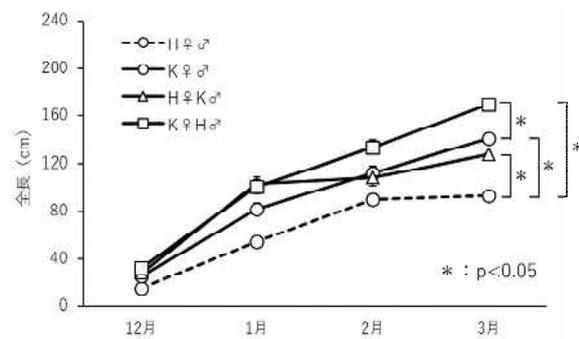


図 11. K 系統と H 系統を用いた交配系統の全長の推移 (Mean ± SE, n=30 (H ♀♂のみ n=10), \* は有意差を表す)

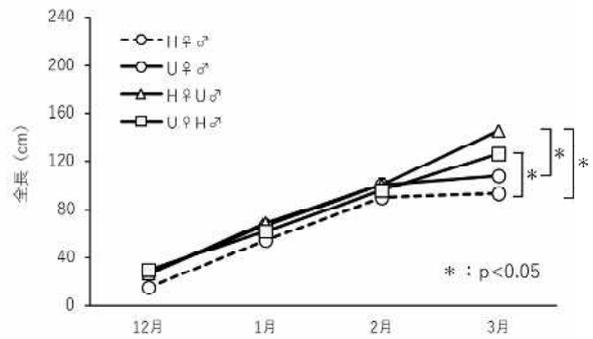


図 12. U 系統と H 系統を用いた交配系統の全長の推移 (Mean ± SE, n=30 (H ♀♂のみ n=10), \* は有意差を表す)

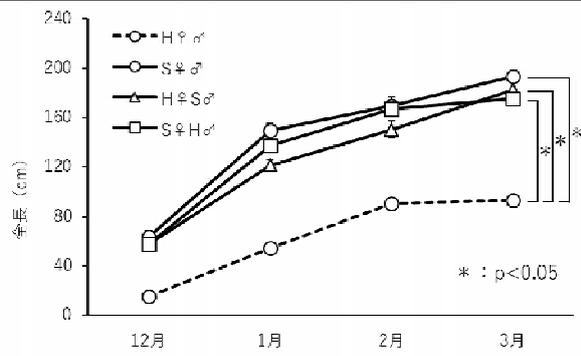


図 13. S 系統と H 系統を用いた交配系統の全長の推移 (Mean±SE, n=30 (H♀♂のみ n=10), \*は有意差を表す)

表 2. 精密測定の結果

No.	形							態					重量				
	全長	葉						メカブ (胎子葉)		莖 (中肋)			全重	葉重	メカ比重	莖重	
		葉長	葉幅	欠刻幅	葉厚①	葉厚②	SPAD値	幅	長さ	幅	長さ	厚さ					
		cm	cm	cm	mm	mg/cm <sup>2</sup>		cm	cm	cm	cm	mm					g
H♀♂	93.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
相対値	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K♀♂	141.0	116.2	47.0	8.1	0.64	33.5	7.1	9.7	14.3	2.4	10.6	7.8	475.5	367.9	89.8	17.7	
相対値	0.73	0.76	0.96	0.93	0.92	1.00	1.00	1.00	0.42	0.76	0.75	1.00	0.60	0.61	0.44	0.78	
U♀♂	108.0	88.8	36.1	5.0	0.69	32.7	4.2	7.5	12.6	2.5	6.6	7.7	318.4	251.7	56.9	9.8	
相対値	0.56	0.58	0.73	0.58	1.00	0.98	0.60	0.77	0.37	0.81	0.47	0.98	0.40	0.42	0.28	0.43	
S♀♂	193.1	146.6	46.1	6.1	0.43	20.8	6.7	8.7	32.3	2.8	14.1	7.3	570.2	378.5	169.0	22.8	
相対値	1.00	0.96	0.94	0.70	0.63	0.62	0.94	0.90	0.95	0.91	1.00	0.93	0.72	0.62	0.83	1.00	
K♀H♂	169.4	136.4	49.1	8.7	0.59	28.7	6.8	8.4	20.9	2.5	12.1	7.7	522.7	384.4	120.5	17.9	
相対値	0.88	0.89	1.00	1.00	0.85	0.86	0.96	0.86	0.61	0.80	0.86	0.98	0.66	0.63	0.59	0.79	
U♀H♂	126.4	105.1	37.9	4.9	0.61	29.8	5.1	7.0	15.9	2.4	5.3	6.8	411.6	334.4	70.8	6.3	
相対値	0.65	0.69	0.77	0.57	0.89	0.89	0.71	0.72	0.47	0.77	0.38	0.87	0.52	0.55	0.35	0.28	
S♀H♂	175.5	133.9	47.8	5.2	0.58	30.4	5.5	8.6	34.1	2.7	7.6	6.9	680.9	466.1	202.7	12.1	
相対値	0.91	0.87	0.97	0.60	0.85	0.91	0.77	0.89	1.00	0.85	0.54	0.89	0.86	0.77	1.00	0.53	
H♀K♂	127.7	106.8	46.1	4.8	0.58	29.4	5.5	8.1	17.6	2.3	4.4	7.1	450.8	352.1	94.7	5.2	
相対値	0.66	0.70	0.94	0.55	0.84	0.88	0.77	0.84	0.51	0.74	0.31	0.90	0.57	0.58	0.47	0.23	
H♀U♂	145.6	122.1	45.4	3.8	0.64	33.3	4.9	7.8	19.7	2.7	3.8	6.7	487.1	392.9	89.0	5.2	
相対値	0.75	0.80	0.92	0.43	0.93	0.996	0.70	0.81	0.58	0.87	0.27	0.86	0.61	0.65	0.44	0.23	
H♀S♂	182.6	153.1	48.7	4.6	0.57	30.8	5.1	9.0	27.7	3.1	3.6	5.9	793.5	606.3	184.6	5.1	
相対値	0.95	1.00	0.99	0.52	0.82	0.92	0.72	0.93	0.81	1.00	0.26	0.76	1.00	1.00	0.91	0.23	

**<今後の課題と次年度以降の具体的計画>**

本事業での試験では室内試験により H 系統の高水温耐性を実証することができた。今後は今回作出した交配系統の早期沖出しを行い、海面養殖での高水温耐性試験を実施する。

また、今年度作出した各系統のうち、生長に優れたものを選抜して配偶体を得て今後も交配試験を継続する。この試験の繰り返しにより、高水温に耐性を持ち、かつ大きく生長する形質の固定を目指す。更に、作出した優良交配系統を漁業者に配布することで、実際に生産者が養殖に使用した際の生長等の形質を確認する。

**<結果の発表，活用状況等>**

なし