

令和6年度養殖業成長産業化技術開発事業

(1) 飼餌料コスト低減対策

ア ブリ類及びマダイ用高効率飼料の開発

実施主体：国立研究開発法人水産研究・教育機構、公立大学法人福井県立大学、国立大学法人東京海洋大学、国立大学法人高知大学、長崎県総合水産試験場、愛媛県農林水産研究所、学校法人近畿大学

1 事業の目的

主要な養殖魚種であるブリとマダイについて、低水温期の消化生理や各種原料の利用性、低魚粉飼料の摂餌性、脂質の利用性等を調べ、低水温期の消化生理にあった飼料の配合と油脂等の添加を行うことで、養魚用飼料の主原料である魚粉の使用量を減らして低価格にしながらも低水温期の成長に優れた、コストと品質がバランスした飼料を開発する。飼料代が大きな割合を占める魚類養殖のコストを削減して養殖業の成長産業化を図る。

2 事業の内容

現 状

- ・ 国際的な需要増と漁獲減少により魚粉の価格が高騰
- ・ 現状の魚粉主体の飼料に対して魚粉の使用を減らした低魚粉飼料が求められている
- ・ 低水温期には低魚粉飼料の摂餌性や利用性が特に劣る

具体的な取組み

1) 飼料及び原料別の消化吸收特性と代謝への影響の水温別評価

- ・ 各種原料のブリ稚魚に対する消化酵素の分泌作用を水温別に評価
- ・ DHA含量の異なる飼料より低水温下で飼育したブリの生理状態の評価
- ・ ブリ・マダイで各種原料の消化率を水温別に測定



2) 摂餌促進と給餌量の適正化による低水温下での成長改善効果の評価

- ・ ブリ・マダイで超低魚粉飼料に添加した摂餌誘引原料の低水温下での効果を比較
- ・ 異なる水温で飼育したブリ・マダイの消化酵素活性の評価



3) 飼料中ドコサヘキサエン酸含量の最適化による低水温下の成長改善効果の評価

- ・ DHA含量が一定で魚粉含量の異なる飼料によるブリの成長評価
- ・ 脂質代謝を改善する添加剤の効果をブリを用いて低水温下で評価



4) 低水温下における無魚粉飼料のコレステロール代謝と成長への影響評価

- ・ 異なる飼料で馴致したマダイに各種原料を給与した時の胆汁酸代謝を比較
- ・ 無魚粉飼料に添加する原料がマダイの胆汁酸代謝に及ぼす影響の評価

3 研究開発の成果・普及

事業成果の効果

- ・ コストと飼育成績がバランスしたブリ用とマダイ用の養魚飼料の開発
- ・ 低水温期の魚の消化生理に基づいた飼料の開発
- ・ 魚粉への依存度を下げることによる持続的な魚類養殖の実現
- ・ 養魚飼料価格の維持・低減による養殖業者の経営安定と養殖業の成長産業化

令和6年度養殖業成長産業化技術開発事業

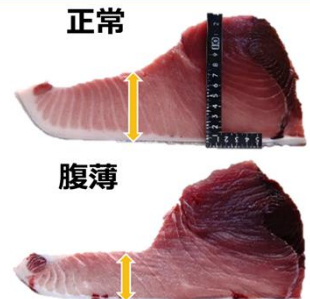
(1) 飼餌料コスト低減対策

イ クロマグロの「腹薄」の発生要因の特定と軽減技術の開発

実施主体：国立研究開発法人水産研究・教育機構

1 事業の目的

人工種苗を用いたクロマグロ養殖において、トロの部位に相当する腹部可食部が薄くなる「腹薄」が問題となっており、その要因の一つとして、配合飼料給餌による幽門垂の肥大が挙げられる。本課題では、腹薄の原因となっている幽門垂等の内臓が肥大するメカニズムを解明するとともに、腹薄の発生に大きく影響する成長ステージの餌料系列を検討し、腹薄を防止・軽減する給餌技術や飼料組成を開発する。



2 事業の内容

現 状

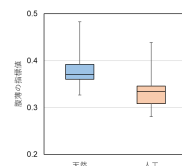
- ・ クロマグロ人工種苗や配合飼料の普及に腹薄が足枷となっている
- ・ なぜ配合飼料給餌により幽門垂が肥大し、腹薄が発生するのか不明
- ・ 腹薄の防除・軽減技術の開発が喫緊の問題

具体的な取組み

1) 腹薄の発生要因の解明

- ・ 超音波診断装置を用いた腹薄の評価手法を開発
⇒ 効率的な腹薄の評価が可能に
- ・ 生餌主体のモイストペレットが腹薄に及ぼす影響を調査
⇒ モイストペレットの給餌により人工魚でやや腹薄傾向に

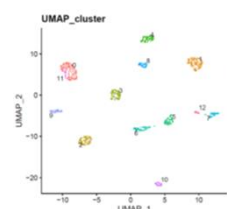
モイストペレット給餌の腹薄への影響



2) 配合飼料給餌に伴う内臓肥大メカニズムの解明

- ・ 異なる飼餌料を用いた給餌試験を実施
⇒ 魚粉の加熱処理が腹薄の要因の1つであることを示唆
- ・ 幽門垂のシングルセル遺伝子発現解析の実施
⇒ 幽門垂肥大個体の一部の細胞群で細胞増殖の代謝経路が活性化
⇒ 内臓肥大と関連している可能性を示唆

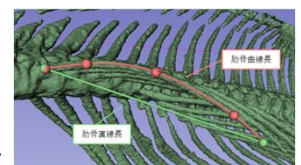
シングルセル解析の例



3) 腹薄発生の軽減技術の開発

- ・ 腹薄の防除・軽減に向けた飼育試験を開始
⇒ 配合給餌可能な成長ステージの解明に期待
- ・ 肋骨の形状とクロマグロの腹薄との関連を調査
⇒ 肋骨の広がり方や肋骨の角度により肋骨や腹腔形状の評価が可能に

肋骨の3D解析の例



3 研究開発の成果・普及

事業成果の効果

- ・ 腹薄の改善につながる飼料組成を開発
- ・ 腹薄を軽減・防除する餌料系列など給餌技術を開発
- ・ クロマグロ用の配合飼料の普及、人工種苗の使用比率上昇による持続的な養殖の実現

(ウ) 水素細菌を活用した養殖飼料開発

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所
太平洋セメント株式会社 中央研究所
国立大学法人 茨城大学 学術研究院 応用生物学野
国立大学法人 東京大学大学院 農学生命科学研究科



水素細菌
Hydrogenovibrio marinus
MH-110 (凍結乾燥品)

(研究目的) 水素細菌は気体水素等を原料に増殖する独立栄養細菌である。本研究では水素細菌を養魚飼料として生産・利用するための技術開発を目的としている。

1) 養殖飼料としての生産および利用技術の開発

水素細菌の菌体を養魚飼料原料として利用するため、加工法や使用方法を検討し、養殖魚への給餌飼育による評価を行っている。



2) 量産化に向けた生産基盤技術の開発

菌体配合飼料の作製

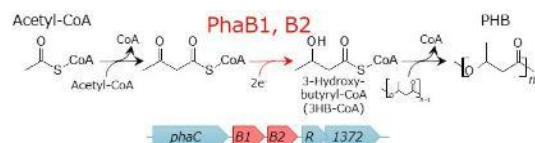


実験室での水素細菌の培養

水素細菌の生産を実験室規模での培養から産業的量产化にスケールアップするため、原料ガスの供給条件の改良など、必要な基盤技術を開発している。

3) 飼料候補細菌の成分・生産特性の改良および高度化

水素細菌の代謝特性を解明し、その機能を活用することや、遺伝的改良による生産性・収益性の向上を目指している。



水素細菌 *Hydrogenophilus thermoluteolus* TH-1 における PHB 合成機構

(2) 新たな技術(ゲノム育種価)を用いた優良系統の作出

ア サーモン養殖推進技術開発

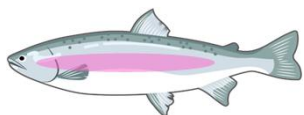
我が国で人気の高い生食用サーモンの安定供給に向けて、国産の海面養殖サーモンの生産性を向上させるサーモン優良系統を開発する。さらに、開発した優良系統を社会実装するための技術開発や体制整備を進める。

現状

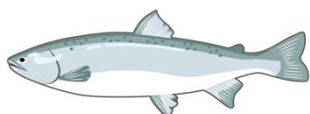
秋サケの魚の不漁問題等を背景として、全国各地でサーモンの海面養殖が広がりつつある

～ 本事業で扱うサーモン ～

➢ ニジマス(国際商材)



➢ サクラマスとサツキマス
(日本独自の高級商材)



現状の課題は「生産性の低さ」

- ・ 淡水から海面養殖に移した時に死亡や成長停滞がおきる
- ・ 海面養殖は水温の低い冬季の半年間しかできない

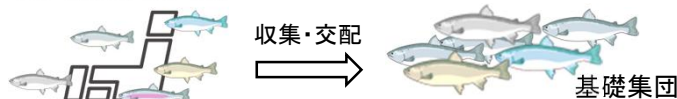
解決策・現場ニーズ

海水適応能力が高く、短期間の海水飼育で大きくなるサーモン優良系統の開発

具体的な取組み

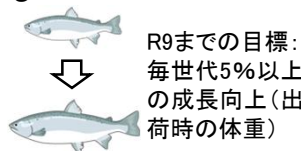
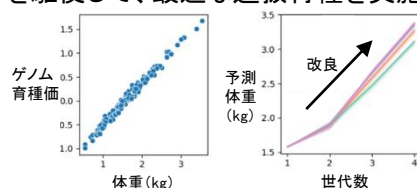
① 基礎集団の構築

全国各地の野生集団や地域系統を利用して、遺伝的多様性に富んだ基礎集団(選抜育種の出発点)を作出する



② 最新のゲノム選抜技術を用いた効率的な育種

ゲノム育種価や育種シミュレーションによる将来予測などの情報を駆使して、最適な選抜育種を実施する



③ 精液の凍結保存と利用・評価手法の高度化

優良系統の遺伝資源保存や普及のため、凍結精子バンクの構築と凍結精子を使った受精技術の高度化を行う

④ 社会実装に向けた情報収集及び小規模実証試験

優良系統をスムーズに社会実装するため、その維持管理体制の構築や現場実証試験による特性評価を行う

効果

国内の生産実態に適した優良系統の開発



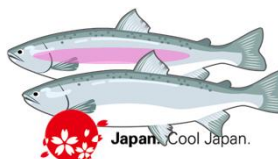
社会実装体制の確立



国産サーモンの生産性向上と安定供給の実現へ



将来はジャパンサーモンのブランド化と海外展開へ



令和6年度の成果

- ✓ ニジマス、サクラマス、サツキマスの選抜第1世代の育成を計画通りに進め、海水飼育試験を開始
- ✓ 急速海水馴致や海面生簀を用いた飼育試験を新たに導入し、実際の養殖現場に近い環境での育種改良を推進
- ✓ 精子の輸送試験(北海道→三重県)を実施し、2週間以上冷蔵した希釈精子が交配に使用可能であることを実証
- ✓ サーモン優良系統の保護方針を策定、将来の社会実装に向けたコンソーシアム案を作成し意見交換を開始

(2) 新たな技術(ゲノム育種価)を用いた優良系統の作出

イ 複数形質に優れたブリの開発システムの構築

「みどりの食料システム戦略」で人工種苗比100%の実現を目指しているブリについて、ゲノム育種技術を活用し、①市場ニーズの高い複数の形質に優れたブリの開発システムの構築、②優良系統の保存や管理のための精子の凍結保存技術を活用した育種産物の管理手法の開発、③国内養殖業者が広く育種産物を利活用でき且つ国外流出を防止できる体制の構築を行う。

現状

ブリ養殖では、主に天然の稚魚を種苗として用いているため、供給が不安定だけでなく、乱獲による天然資源への負荷も懸念されており、人工種苗への転換が強く提唱されている。

現状の課題は「人工種苗の質」

- 人工種苗は割高で品質も安定しないと考えられており養殖現場への導入が進んでいない。
- 優良形質を持つ人工種苗を作出することで、天然種苗から人工種苗への転換を図ることが不可欠である。

解決策・現場ニーズ

養殖現場で求められる複数の形質(例えば高成長や耐病性、寄生虫への抵抗性等)を、同時に改良できるシステムの開発。

具体的な取組み

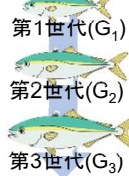
1)-①複数形質に優れた優良個体の作出

ゲノム育種技術を活用し、成長及びハダムシ抵抗性に優れた優良個体の開発システムを構築



機構の親魚(G₀)

ブリのハダムシ症



第1世代(G₁)
第2世代(G₂)
第3世代(G₃)

成長とハダムシ抵抗性のゲノム予測式を更新しながら選抜

1)-②新規有用形質の評価法の開発と形質情報の入手

ノカルジア症とウイルス性腹水症への耐性をモデル形質とし、ゲノム育種技術を用いて新たな形質を統合する技術を開発

1)-③凍結精子の作成手法の確立

優良系統の保存や管理のため、精子の凍結保存技術を活用した育種産物の管理手法を開発



凍結精子ペレット
長期保存(-150°C)



養殖場の親魚
採卵
交配

2)ブリ優良系統の国内管理体制の構築

国内養殖業者が広く育種産物を利活用でき、且つ国外流出を防止できる体制を構築

効果

複数の形質に優れた優良個体の作出



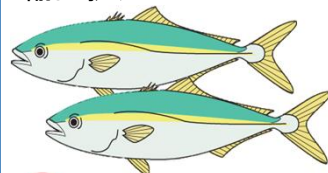
社会実装体制の確立



人工種苗の利用促進とブリ養殖の生産性の向上



将来は持続的生産と輸出拡大へ！



令和6年度の成果

- ✓ 第1世代G₁の形質情報によりゲノム予測式を更新。ゲノム育種価によって遺伝的能力の向上を確認。
- ✓ ゲノム予測式の形質予測の精度が高いことを確認。ハダムシ抵抗性では遺伝情報のみによる選抜へ移行。
- ✓ ノカルジア症耐性のゲノム予測式を構築。遺伝的影響の強さを確認。
- ✓ ウイルス性腹水症の感染試験に成功。
- ✓ 凍結精子の使用方法として解凍温度の効果を把握。
- ✓ 将来的に凍結精子を用いた育種産物の管理が見込まれる豊後水道域において、養殖ブリの採卵適期を把握。
- ✓ 国内のブリ人工種苗の主要生産機関との意見交換を実施。協議会のメンバーを選出。

実施主体：国立研究開発法人水産研究・教育機構、国立大学法人東京大学、学校法人近畿大学、鹿児島県水産技術開発センター、一般財団法人宮崎県水産振興協会、マルハニチロ株式会社

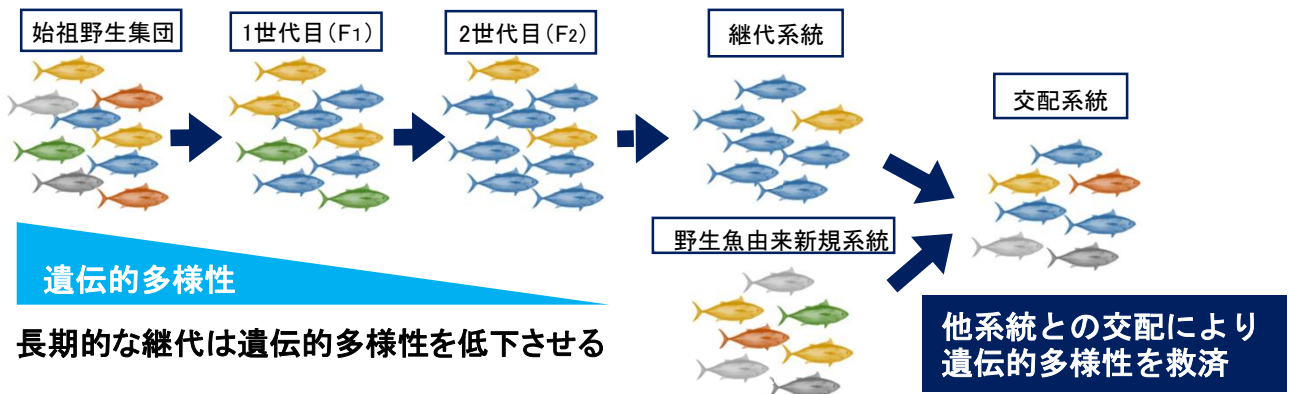
1 事業の目的

クロマグロ優良人工種苗の普及に向けた生産システムの構築に向け、完全養殖系統と野生魚由来の新規系統との交配により交配系統を作出し、遺伝的多様性と有用形質の改善効果を確認することで、養殖系統の交配における多様性の回復効果を検証する。さらに、早期成熟・産卵技術を用いて生産された早期種苗について、出荷までの成長や生残等を調査し養殖種苗としての適性を評価する。

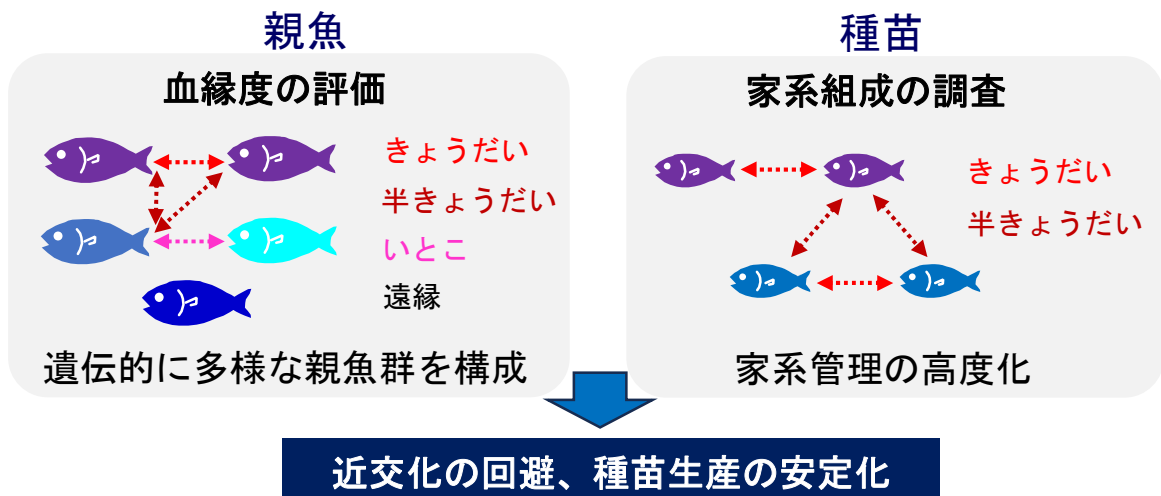
カンパチ人工種苗の安定生産体制の構築に向け、国産優良種苗の安定的な確保ができるよう、遺伝的多様性の確保による人工種苗生産技術の改良を行う。

2 事業の内容

クロマグロ優良人工種苗普及のための生産システムの構築



カンパチ人工種苗の安定生産体制の構築



3 これまでの主な成果

- ・ 継代を重ねたクロマグロ完全養殖系統と多様性に富んだ野生魚由来の新規系統の交配により作出した交配系統は、多様性の回復にともない近交も解消し有用形質の改善も認められた。
- ・ クロマグロの早期種苗は、従来の人工種苗と比べ、四国南方漁場では育成2年目の夏季の死亡率が低く、3年目まで大きいサイズを維持したまま成長すること、奄美大島漁場では、3年目の夏季に成長の停滞が見られたが、育成2年目から3年目にかけての生残率はやや高いことを確認した。
- ・ 産卵に寄与したカンパチ親魚は、何れの生産機関においても、雌親が比較的少ない家系組成となっており、一部の機関では、複数年度の産卵に寄与している雌親が存在していた。
- ・ 種苗生産時に生じた形態異常魚と正常魚の家系組成を比較したところ、特定の親魚への偏りは見られなかった。
- ・ カンパチ親魚群の血縁度を評価した結果、血縁関係にある個体同士のグループが複数存在していた。

令和6年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち (4) 地球温暖化に適応したノリ養殖技術等の開発

実施主体： 国立研究開発法人水産研究・教育機構・岩手県水産技術センター・千葉県水産総合研究センター・愛知県水産試験場・兵庫県立農林水産技術総合センター・岡山県農林水産総合センター水産研究所・香川県水産試験場・福岡県水産海洋技術センター有明海研究所・佐賀県有明水産振興センター・長崎県総合水産試験場・熊本県水産研究センター・広島大学・佐賀大学・熊本大学・三洋テクノマリノ株式会社

1. 事業の目的

海水温の上昇や海域の栄養塩不足は、ノリ芽の障害や色落ち、また生産期の短縮等を引き起こし、養殖ノリの生産のリスクとなる。また、高水温化を背景に魚類等による食害が甚大化し、生産量に大きな影響が出ている。これらの環境変化への適応をはかり、ノリを安定生産する技術を開発する。

2. 事業の内容と本年度の主な成果

高水温耐性品種候補株の実用化に向けた養殖試験を実施



図1. 6C選抜1-1株のさく葉標本（採苗28日後）。



図2. U-51の葉状体のくびれ

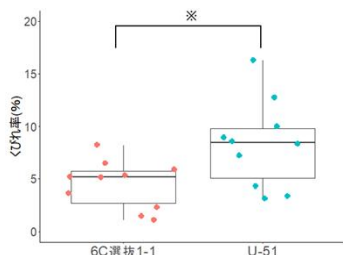


図3. 6C選抜1-1株とU51株のくびれ発生率。

既往のプロジェクト研究で作出されたノリの高水温耐性育種素材から選抜した高水温耐性品種候補株（6C選抜1-1）の養殖試験を有明海で実施しました。

漁期当初は高水温が続きましたが6C選抜1-1株は対照株のU51より形態異常（くびれ）発生率が有意に低く、（図2、3）良好な生長を示しました。

その他の主な成果

- ・南方系の野生種タネガシマアマノリが高水温に強いことを解明。
- ・アカグサレ病に強い株（スサビノリ）の開発を開始。
- ・ノリ芽に高水温耐性を付与しうる物質として新たに4つの有機態窒素を特定 等

生産者による食害対策（防護網）の効果を定量的に評価

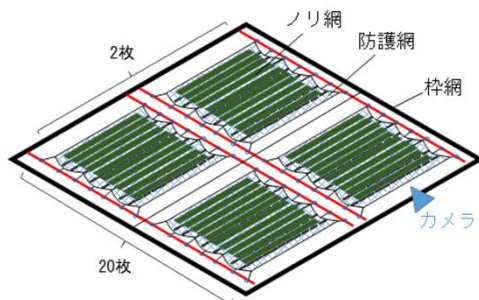


図4. 防護網の模式図

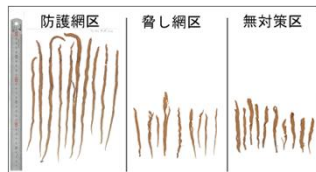


図5. 各区のノリ葉体

防護網の設置（図4）により、クロダイの侵入が阻まれ、ノリは食害を受けませんでした（図5）。生産金額は無対策の場合のおよそ1.6倍で、経費以上の収入が見込まれます。

その他の主な成果

- ・AIで漁場の画像から迅速にクロダイを検出する技術を開発
- ・ノリを食べるクロダイの成長・食性など生態特性を解明
- ・クロダイ魚肉の官能試験を実施。マダイより高評価！ 等