

令和5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

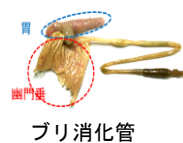
1) 飼料及び原料別の消化吸收特性と代謝への影響の水温別評価

- ・ 各種原料のマダイ稚魚に対する消化酵素の分泌作用を水温別に評価
- ・ 無魚粉飼料で長期飼育したマダイの生理状態の評価
- ・ ブリ・マダイで消化率測定のための基本飼料を改良



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
- ・ ブリ・マダイの消化管から抽出した消化酵素の低水温下での活性の評価



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

- ・ ブリ当歳魚をDHA含量の異なる飼料で飼育して低水温期に最適な含量を推定
- ・ 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

- ・ 低水温期から水温上昇期にかけて無魚粉飼料でマダイを飼育
- ・ マダイのコレステロールや胆汁の代謝に及ぼす無魚粉飼料の影響の評価

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5年度養殖業成長産業化技術開発事業

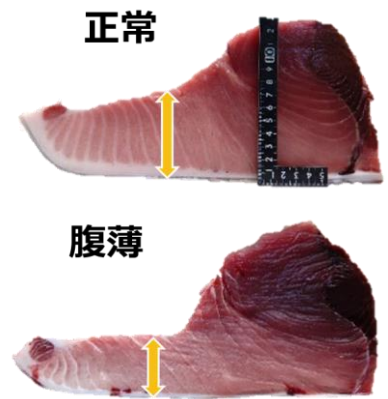
(1) 飼餌料コスト低減対策

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」が問題となっている。この腹薄の発生には、配合飼料給餌による幽門垂の肥大が関係していることが明らかになりつつある。人工種苗や配合飼料の普及には、腹薄を防除・軽減する技術の開発が必須となっている。本課題では、腹薄の発生の時期や腹薄の原因と考えられ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給餌方法を検討し、腹薄を防止する給餌技術や飼料組成を開発することを目的とする。



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について検討
⇒ 効率的な腹薄の評価に目途
- ・ 体重3 kgのクロマグロ天然種苗を対象に給餌試験を実施
⇒ 生餌主体のモイストペレットを給餌した場合にも幽門垂がやや肥大傾向に

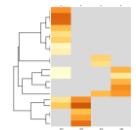
超音波診断装置による撮影例



2) 配合飼料給餌に伴う内臓肥大メカニズムの解明

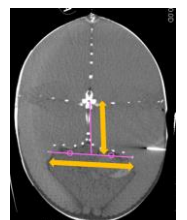
- ・ 陸上での飼育条件を検討するとともに、異なる飼餌料を用いた給餌試験を実施
⇒ 陸上水槽で異なる飼餌料を評価する飼育実験系を確立
⇒ 飼餌料の違いが幽門垂など内臓の肥大に影響することが明らかに
- ・ 遺伝子発現解析により、幽門垂の肥大に細胞増殖などが影響している可能性が示された
⇒ 内臓肥大メカニズムの解明に向けて進捗

遺伝子発現解析の例



3) 腹薄発生の軽減技術の開発

- ・ 体重約600 gのクロマグロ天然種苗により給餌試験を実施
⇒ 体重1 kg以下では配合飼料給餌により幽門垂が肥大、腹薄になる可能性
⇒ 腹薄の防除・軽減技術の開発に向けた重要な知見に
- ・ 肋骨の形状とクロマグロの腹薄との関連を調査
⇒ 腹薄と肋骨の形状変化との関係が明らかに

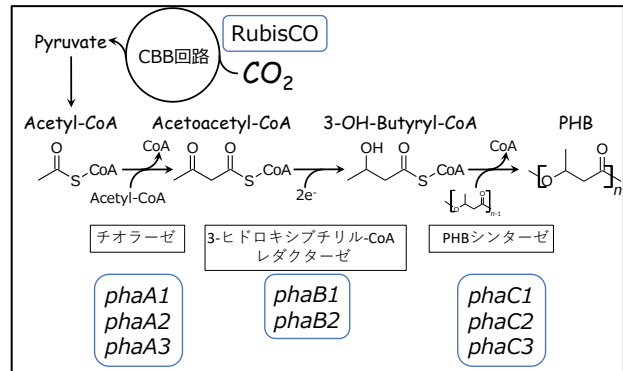


肋骨形状解析の例

令和5年度養殖業成長産業化技術開発事業
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、
東京大学大学院農学生命科学研究科、茨城大学農学部

水素細菌とは

水素細菌とは水素をエネルギー源として気体CO₂を固定して有機物を生産する独立栄養細菌の総称である。カーボンニュートラルの面から注目されることも多いが、成分的にはタンパク質含量が高く、養魚飼料としての利用も考えられる。



水素細菌におけるCO₂固定と有機物の合成経路

水素細菌の生産と利用

水素細菌はガス培養機を用いて人工的に生産することができる。培養方法の改良、菌株の選択や育種により、菌体の成分や生産性などにより、今後さらなる利用性の向上が期待できる。

我々の研究グループでは、菌株の特性評価、遺伝的改良、培養技術および養魚飼料化など包括的に研究を進め、実用化を目指している。

ガス培養による水素細菌の培養および生産された菌体の凍結乾燥物。



さらなる進展に向けて

既存株を用いた量産化や養魚飼料化研究と併せて、菌体の持つ物質生産能の解明や新規水素細菌の検索も進めている。こうした別角度からの検討も加えつつ、研究の進展を図っている。

新規水素細菌株から抽出したカロテノイド色素

問い合わせ先：

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所

(<https://www.fra.go.jp/gijutsu/>)



(2) 新たな技術(ゲノム育種値)を用いた優良系統の作出

ア サーモン養殖推進技術開発

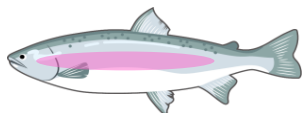
我が国で人気の高い生食用サーモンの安定供給に向けて、国産の海面養殖サーモンの生産性を向上させるサーモン優良系統を開発する。さらに、開発した優良系統を社会実装するための技術開発や体制整備を進める。

現状

天然魚の不漁問題を背景として、全国各地で海面養殖サーモンが広がりつつある

～ 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

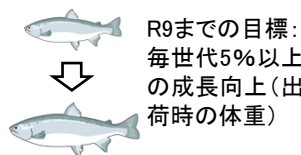
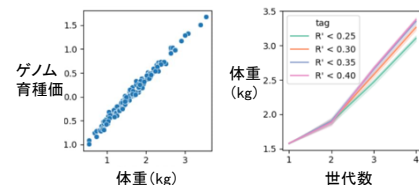
① 基礎集団の構築

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

ゲノム育種値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

育種産物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実施する

効果

国内の産業形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



将来はジャパンスーモンのブランド化と海外展開へ



令和5年度の成果

- ✓ ニジマス、サクラマス及びサツキマスについて、それぞれの基礎集団から選抜第1世代を計画どおり作出した
- ✓ 育種シミュレーションによって、次世代以降に十分な育種効果が期待できることを示した
- ✓ 受精に必要な精子数の解析や水産用イソジンの影響評価を行い、凍結精子を用いた受精技術を高度化した
- ✓ 優良系統の保護方針の一次案を作成するとともに、実証試験に向けた情報収集を行った

(2) 新たな技術(ゲノム育種値)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有用な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。

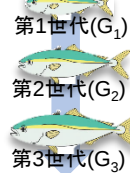
具体的な取組み

1)-①複数形質に優れた優良個体群の作出

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



機構の親魚群(G_0) ブリのハダムシ症



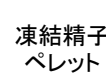
成長とハダムシ耐性のゲノム予測式を更新しながら選抜

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

有用な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



長期保存
(-150°C)



養殖場の親魚



採卵
交配

1)-③凍結精子の作成手法の確立

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群の作出



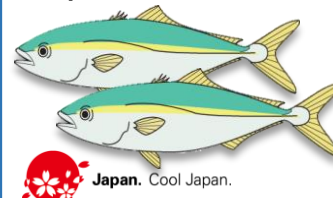
社会実装体制の確立



人工種苗の利用の増加とブリ養殖の生産性の向上



将来はブリの輸出増へ！



令和5年度の成果

- ✓ 機構が有する親魚から成長とハダムシ抵抗性の育種価に基づいて選抜基準の異なる3群を構築し、次世代(G_1)を作出。
- ✓ 成長とハダムシ抵抗性を遺伝的に改良できることが判明。
- ✓ ノカルジア症の感染試験を実施、形質情報とDNAサンプルを入手。
- ✓ ウイルス性腹水症について感染試験の条件を決定。
- ✓ ペレット法による精子凍結での凍害防御剤の最適濃度を把握。
- ✓ 国内外の優良系統の管理体制についての情報を収集。

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

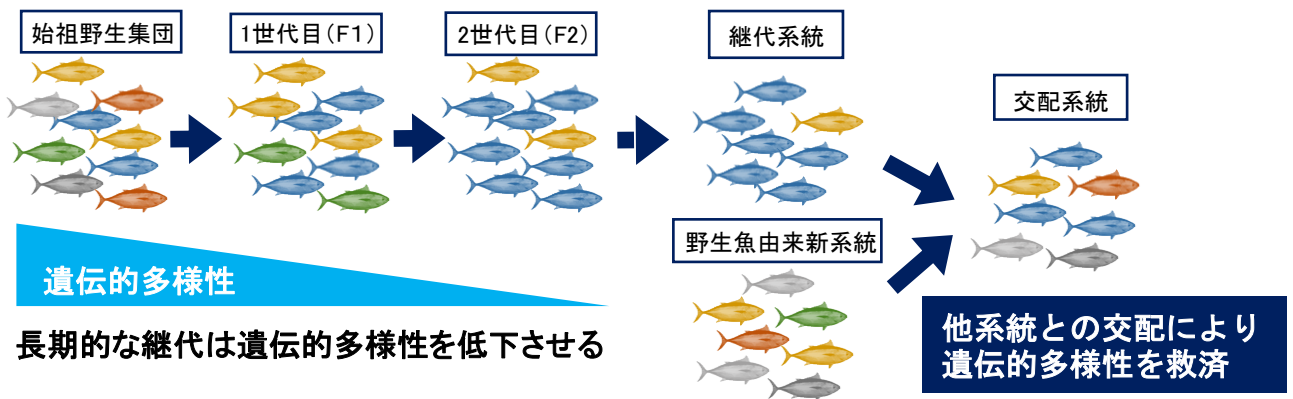
1 事業の目的

クロマグロ優良人工種苗の普及に向けた生産システムを構築するため、ゲノム解析により完全養殖系統の多様性を把握するとともに、多様性の救済効果を検証するため、完全養殖系統と天然集団由来の新規系統を混養し交配に向けた成熟誘導を開始する。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正を評価する。

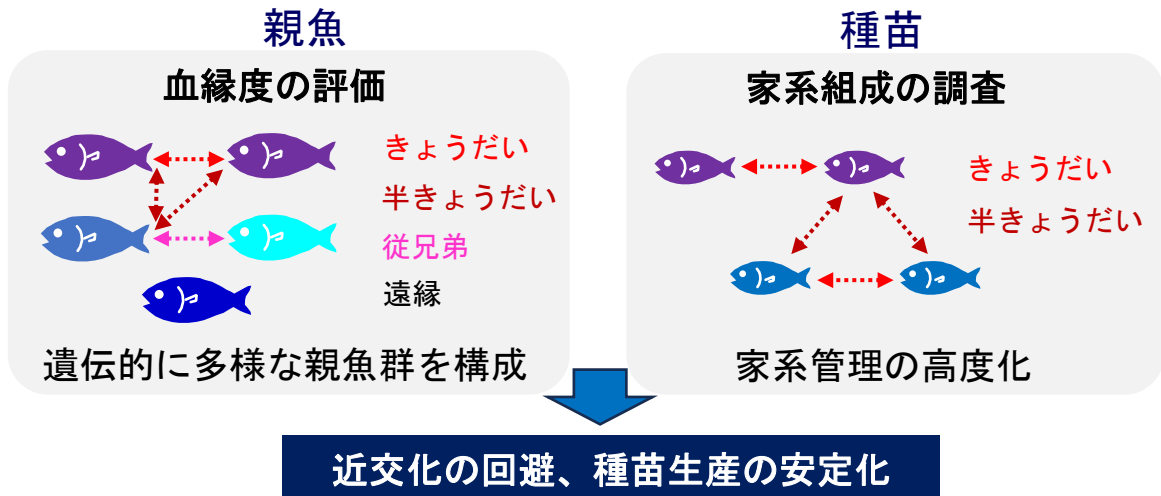
カンパチ人工種苗の安定生産体制の構築に向け、国産優良種苗の安定的な確保ができるよう、遺伝的多様性の確保による人工種苗生産技術の改良を行う。

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

- 完全養殖クロマグロ系統について遺伝的多様性を調査したところ、世代を重ねる事に近交度が上昇していた。また、ゲノム解析により系統間の遺伝的組成の類似度が明らかになった。
- クロマグロ早期種苗の追跡調査により、四国南方漁場では、育成1年目の12月には、同時期の従来の人工種苗の約2倍の大きさに成長し、サイズ差を維持したまま2年目も成長することが明らかになった。
- 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。
- 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。
- クラスター解析によりカンパチ親魚群の遺伝的な集団構造が明らかになった。

令和5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の開発

実施主体：国立研究開発法人水産研究・教育機構・千葉県水産総合研究センター・
愛知県水産試験場・三重県水産研究所・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・近畿大学・佐賀大学

1. 事業の目的

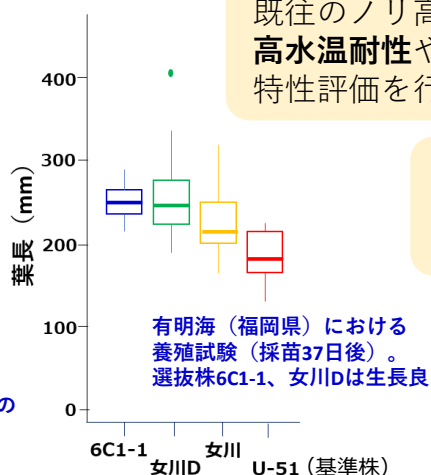
海水温の上昇によりノリ養殖に適した低水温期が短くなり、漁期短縮による生産量減少のリスクが増大している。また、高水温化を背景に魚類等による食害が甚大化し、生産量に大きな影響が出ている。これらの環境変化への適応をはかり、ノリを安定生産する技術を開発する。

2. 事業の内容と主な成果

ア ノリ高水温適応素材等を用いた養殖試験



培養実験（18℃、24日間）下の
基準株U-51と
高生長性を有した女川スサビ



既往のノリ高水温適応育種素材からの再選抜等により
高水温耐性や高生長性を有した新品種候補を作出。
特性評価を行った。

育苗期の環境耐性を強化するため、
生物刺激剤（バイオスティミュラント）の
効果を検証した。



アミノ酸
共生細菌

アミノ酸（＋共生細菌）添加により
育苗期の高水温・貧栄養耐性の
強化が示唆された

イ 食害対策手法の開発

現地映像、環境DNA、バイオテレメトリ等により
食害原因魚クロダイの行動パターン等生態を解明。



AIによる現地画像解析
技術の開発（クロダイの
検出）→ 生態解明へ

刺網や延縄等による効率的漁獲による除去手法を検討。
光やドローンによる威嚇・追い払い効果（含カモ類）を検証。



クロダイの漁獲・利用を促進するため、一般成分、遊離アミノ酸、
呈味分析等を行い、食品としての特性を把握、旬（秋～冬）を特定。

バイオテレメトリで明らかにした
クロダイの移動経路を
遮断するように漁具を設置