

第Ⅲ章 養殖生産技術

生産性向上を目指す“つくる技術”



養殖魚の生産現場では、稚魚を導入するところから養殖が始まり、餌をやり健康を管理しながら大きく育てて出荷にいたりします。儲かる養殖業に転換するためには、この間の工程において様々なコスト削減の取り組みが必要となります。

そこで本章では、水産総合研究センターが行っている種苗（稚魚）の安定・計画的生産や育種（高品質の稚魚を作る）、飼料や給餌の改良、病気への対策などに関する最新の研究成果を紹介しました。

Ⅲ-A 種苗生産・育種

7 養殖種苗を手頃な値段に

—クロマグロの人工種苗の大量生産技術—

クロマグロは日本人に最も好まれている魚の一つです。近年、魚食ブームを背景に世界的にもまぐろ類の需要が急増しており、世界各国で養殖や蓄養が盛んに行われるようになってきました。我が国でも天然幼魚（ヨコワ）を用いた養殖が急激に増大していますが、種苗の価格も非常に高く、供給も安定しない上に、天然資源への影響も懸念されます。クロマグロを安定的に消費者に供給するためには、人工種苗による養殖が必須で、そのためには大量生産技術の開発が不可欠となります。

ここでは、奄美栽培漁業センターが取り組んでいる人工種苗の大量生産技術について紹介します。



写真1 クロマグロ

親魚養成と受精卵の確保

一般に養成クロマグロの産卵は5歳魚（体重120～200kg）から始まり、受精卵を得るまでに多大な費用と時間を必要とします。このため、低コストと省力化を目的として産卵個体の若齢化を目指し、2007年に初めて3歳の親魚（50～90kg）から受精卵を得ることに成功、翌2008年には、5～9月に120日間連続採卵に成功し、安定的に大量の受精卵を得ることができました（図1）。

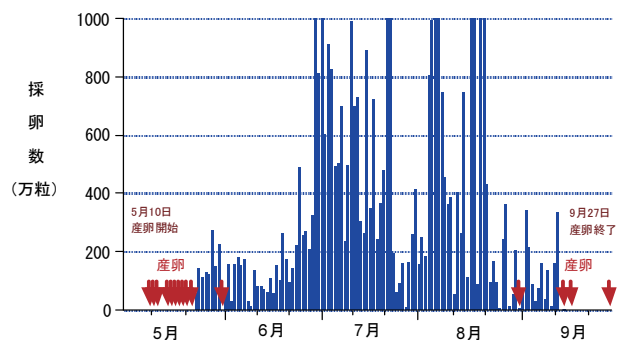


図1 2008年養成クロマグロ採卵数の推移

さらなる大量生産を目指して

クロマグロの種苗生産では、日齢10までの生残率が非常に低いことが大きな問題となっています。これは夜間に仔魚が遊泳しなくなり、水槽の底面に沈降してしまうことが原因の一つでした。そこで、日長をコントロールできる施設で昼夜通して明るくすることで、日齢10における生残率を10%前後から40～50%まで向上させました。

仔稚魚には、成長に応じてシオミズツボワムシやアルテミア幼生、魚類ふ化仔魚、魚肉ミンチを給餌しますが、全長20mm以降（写真2）では他の魚種に比べて生物餌料への依存度が著しく高くなります。特に、魚類ふ化仔魚の供給不足、不安定さが大量

生産の障害となっており、今後さらに人工配合飼料の開発が欠かせません。

近い将来は・・・

クロマグロの養殖種苗を安定的に大量に生産できるようになれば、天然資源の変動に関係なく種苗を供給できるようになるとともに、安価な種苗の生産が可能になり、種苗導入のコストダウンになります。これにより、クロマグロ養殖が天然種苗依存から脱却する日もそう遠くないでしょう。



写真2 魚肉ミンチを摂餌するクロマグロ人工種苗

(奄美栽培漁業センター：田中 庸介)

ウナギ及びクロマグロの種苗生産に関する研究は、農林水産技術会議のプロジェクト研究によって実施しており、その成果は農林水産研究開発レポートとしてまとめられています。その内容は技術会議のホームページ (<http://www.s.affrc.go.jp/docs/report/report.htm>) で見ることができます。

コラム3. 天然稚魚に頼らない ウナギの完全養殖の実現へ

日本では年間およそ2万トンの養殖ウナギが生産されていますが、その種苗は全て河川や沿岸に來遊する天然の稚魚(シラスウナギ)を捕獲したものが利用されています。水産総合研究センターでは、2002年に世界で初めて人工ふ化したウナギの赤ちゃんを養殖に使えるシラスウナギの段階まで育てることに成功しました。また、親魚や仔魚の飼育技術を向上させるため、水産庁と水研センターはウナギの産卵生態調査を行い、成熟ウナギと仔魚の捕獲に成功しました。人工ふ化したウナギを親になるまで育て上げ、それを親として次世代の稚魚を作り出す「完全養殖」の実現も、もう間近に迫っています。完全養殖が実現し、さらに稚魚の大量生産技術が開発されれば、

資源の減少している天然の稚魚に頼らず、安全・安心な養殖ウナギをいつまでも味わえるようになることが期待されます。

(養殖研究所：田中秀樹・野村和晴・志布志栽培漁業センター：照屋和久・橋本博)



親魚候補として養成中の
人工ふ化ウナギ

8 誰でもできるハタ類の種苗生産

—クエおよびマハタの安定的種苗生産技術—

クエおよびマハタはスズキ目、ハタ科、マハタ属に分類され、日本では本州中部以南から東シナ海にまで分布し、沿岸の岩礁域に生息しています。本種は全長 1m、体重 10kg 以上に達する大型魚であり、古くから鍋や刺身などの高級食材として珍重され、1kg 当たり数千円～10,000 円以上で取引されることもあります。ふ化直後の仔魚の大きさは 1.6～1.8mm と小さいため、食べられる餌のサイズが少ないことや物理的な刺激に極めて弱いこと、水槽の底に夜間沈むことによって死亡したり、適正な飼育環境がわからなかったり、ウイルス病（ウイルス性神経壊死症）に罹病し易かったことから、稚魚の生産が極めて難しい魚種とされてきました。しかし、このような死亡要因に対する対策や環境変化の少ない飼育方法を開発することによって、安定したクエ、マハタの種苗生産が可能となりましたので紹介します。

種苗生産方法の改良点

小型水槽を用いた基礎飼育試験において、水温（図 1）、ワムシ給餌密度（図 2）、照度および日長（1 日の明るい時間帯）が仔魚の摂餌、生残、成長に与える影響を検討した結果、適正水温は 26℃程度、仔魚にワムシを十分に摂餌させるにはワムシ給餌密度を 20～30 個体/ml にすること、照度については 500lx 以上にすることが必要であることがわかりました。また、マハタでは日長をふ化後 1 週間は 24 時間、それ以降は 12 時間、クエでは初期から 12 時間にすることによって生残が向上

することがわかりました。ウイルス病対策としては、微量のウイルス遺伝子を検出する方法によって、ウイルス量の極めて少ない親魚を選別することが有効であることがわかりました。さらに、急激な環境変化をおさえるために多孔質物質（貝化石）を飼育水 1kL あたり 10～40g 添加してふ化後 20～30 日間無換水で飼育することが有効

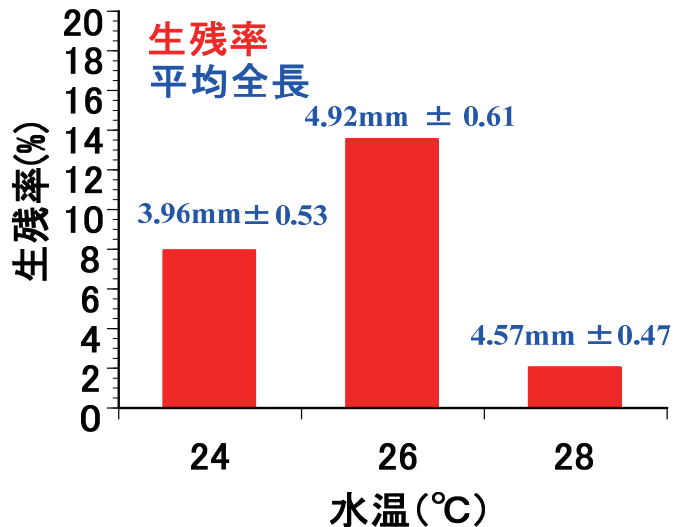


図 1 ふ化後 10 日目における水温別の生残率および成長

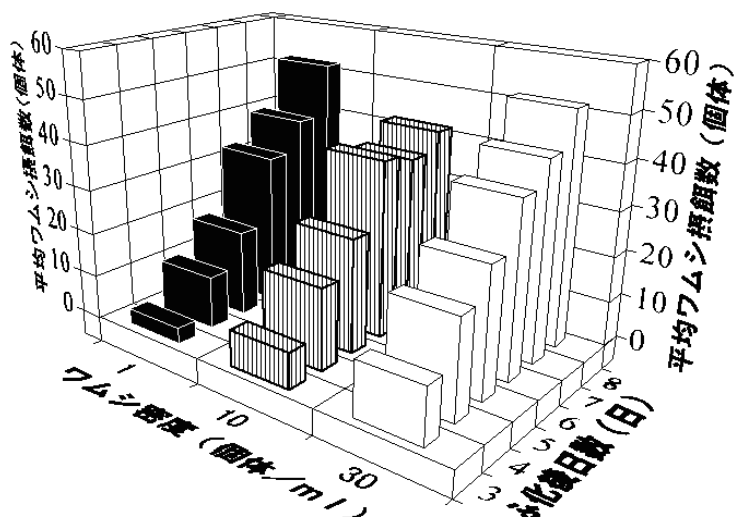


図2 ふ化後経過日数にともなうワムシ給餌密度と摂餌数の関係

であることがわかりました。これらの基礎的飼育条件を満たした飼育方法で量産試験を行った結果、ふ化から開口までの初期生残率が改善され、50 日齢の生残率も 10～30%と高まり、1 回の種苗生産で数万～数十万尾の生産が可能となりました。

近い将来は・・・

このように、人工の種苗(写真1)を安定して生産することが可能となったことで、養殖種苗の需要に確実に答えることができ、種苗の値段も下がることから養殖コストは低減します。さらに、他のハタ類の種苗生産への応用が可能であり、需要に応じたハタ類の養殖が広がっていきます。



写真1 ふ化後 50 日目のマハタ稚魚

(志布志栽培漁業センター：照屋和久，養殖研究所：岩崎隆志)

詳しくは養殖研究所・栽培技術開発センターのホームページ (<http://nria.affrc.go.jp/stock/set/index.html>) をご覧下さい。また、このホームページ上でハタ類の種苗生産に関する研究成果について順次紹介していきます。



9 産卵時期を自由自在にあやつる

—カンパチ早期採卵技術の開発—

食の安全・安心、天然資源保護並びに安定的な種苗の確保を考えると、養殖用種苗は国産人工種苗に転換していくことが一番です。さらに、その人工種苗がいつでも好きな時に手に入るようになれば、消費者のニーズに対応できる養殖ができるようになり、経営も安定します。人工種苗を自由自在に生産するには、まずは親魚の産卵を自由自在にあやつる技術が必要です。

ここでは、カンパチを事例に取りあげ、これまで実施してきた早期採卵技術の開発について紹介します。

親魚の成熟促進と産卵

カンパチでは親魚の飼育環境条件(水温と光の長さ)を制御することで(写真1)、親魚を成熟させることができます。さらに、成熟した親魚にホルモンを注射することにより受精卵を得ることができます。この方法により、カンパチ本来の産卵期(5月～7月)を約半年早めた12月(非産卵期)での採卵に成功しました。

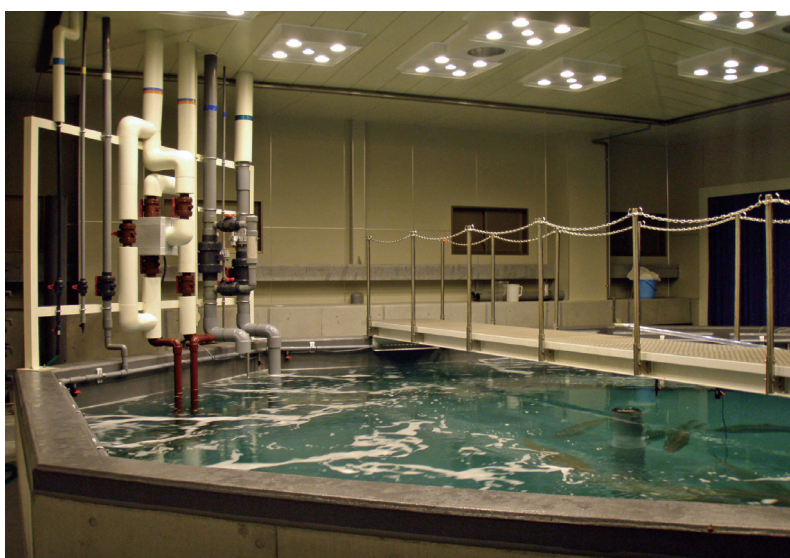


写真1 水温と光条件の制御により成熟促進中のカンパチ親魚

種苗生産と中間育成

得られた受精卵をふ化させて通常の餌料系列(ワムシ、アルテミアおよび配合飼料)で種苗生産を行うと、約40日間で全長30mmサイズに成長します。

近い将来は・・・

このように、いろいろな養殖魚種で産卵期を自由自在にあやつり、必要な時に必要

な数の養殖種苗を得ることができるようになります。カンパチ養殖を例にとると、早期人工種苗（写真2）を導入すれば、市場への出荷に要する期間も約1～1.5年に短縮でき、養殖コストは大きく低減します。

（養殖研究所：浜田和久・虫明敬一）



写真2 カンパチ早期人工種苗（上）と天然種苗（下）との比較

カンパチの種苗生産に関する研究は、ウナギ及びクロマグロと同じく農林水産技術会議のプロジェクト研究によって実施しています。その成果については、養殖研究所（<http://nria.fra.affrc.go.jp/index.html>）と農林水産技術会議のホームページ上で（<http://www.s.affrc.go.jp/docs/report/report.htm>）で紹介していく予定です。

コラム4. ナマコの産卵ホルモン （クビフリン）を発見

マナマコの神経から産卵を誘発するホルモンが見つかりました。このホルモンを十分に成熟したマナマコに注射すると、およそ1時間後に、オスは放精、メスは放卵し始めます。頭を振りながら、頭にある生殖孔から精子や卵を振りまくナマコ独特の産卵行動にちなんで、このホルモンを「クビフリン」と名付けました。クビフリンによる産卵誘発は、これまでの温度刺激による方法よりも、簡単で確実な方法です。またマナマコ自身を持っているホルモンを使っているので安全な産卵誘発法です。マナマコ養殖の発展に新しい産卵誘発法が役立つことが期待されています。詳しくは次のホームページをご覧ください。

（<http://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr20/201122/besshi.htm>）

（養殖研究所：山野恵祐）



写真 クビフリンで産卵誘発したマナマコ

10 魚類天然種苗からの育種への挑戦

—最新技術を用いたブリの育種技術—

水産養殖ではブリやウナギ、マグロなど天然稚魚を捕獲・飼育している現状にありますが、生産現場からは環境変動に関係なく持続的、安定的な水産物の供給を可能にするため、優良経済形質を持つ種苗作成のための技術開発が求められています。しかし、水産海産魚の養殖の歴史は浅く、限られた魚種の限られた表現型の系統しか保存されていないため、天然魚から優良形質を持つ個体を効率的に選抜することが必要となります。

ここでは、最新遺伝子分析技術を用いてブリの天然種苗からの育種を可能にする試みを紹介します。

狙う表現型

遺伝的に優れた性質をもつ種苗に対する期待は大きく、優良な経済形質としては成長が良い、病気に対する抵抗性が高い、餌付きしやすい、味・姿が良いなどがあります。ここでは、ブリのハダムシ抵抗性に着眼した取り組み例を取り上げます。

ブリの養殖現場では、ハダムシがブリの表面に寄生し（写真1）、ハダムシを取り除こうとブリが網に体をすりつけて二次感染を起こし、大きな被害をうけることがあります。これを防ぐため多くの労力を使ってブリの淡水浴・薬浴が行われています。もし、ハダムシ抵抗性（ハダムシが付きにくい・付かない）のブリ種苗が出来れば、ブリの養殖の効率化を図ることが出来ます。そこで天然集団からハダムシ抵抗性のブリ家系を作ることを目標に研究を始めました。

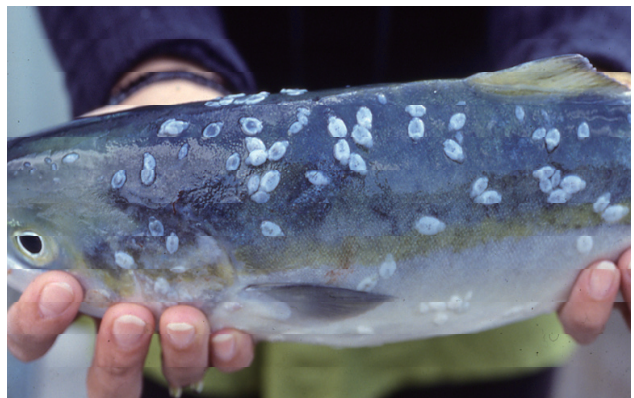


写真1 ハダムシに感染したブリ

天然種苗からの選抜

五島栽培漁業センターでは、天然個体におけるハダムシの寄生状況調査を行い、ハダムシの付きにくい個体を選別して解析家系を作りました。そして、得られた解析家系を用いて遺伝学的な解析を行いました。すでに、どの遺伝子の領域がハダムシ抵抗性に重要か明らかになりつつあります。今後は、このような遺伝子の型を指標として優良形質をもつ個体を自然界から直接選抜することも可能になるでしょう。

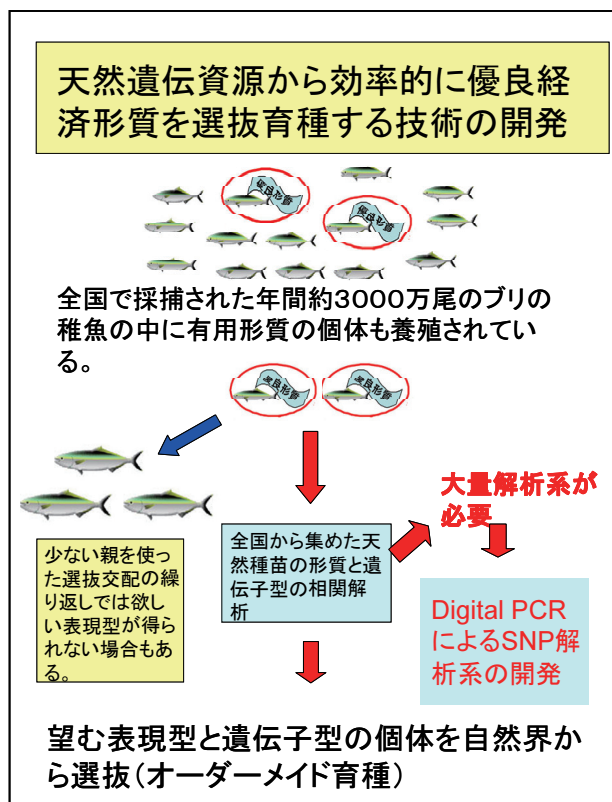
遺伝的な解析手法の開発

ハダムシ抵抗性の性質が本当に遺伝するのか、遺伝する場合はどのような遺伝子を持つ個体がハダムシ抵抗性になるのかを正確に決めることは、ハダムシ抵抗性の親魚を継代したり、天然種苗から同じ性質を持つ個体を選び出す時の指標に使えます。そこで、デジタルPCRという一度に大量に解析できる技術をブリの遺伝学的解析に応用できる様に研究を進めています。

近い将来は・・・

ハダムシに抵抗性のあるブリ種苗を導入することで歩留まりが向上し、収益アップとともに、淡水浴・薬浴の重労働から解放されます。

(養殖研究所：荒木和男、尾崎照遵)



コラム5. ブリのハダムシ抵抗性家系の作出

水産総合研究センターの養殖研究所と五島栽培漁業センターでは、遺伝子の多型を利用してハダムシ抵抗性をもったブリ家系の作出を目標に東京海洋大学と共同研究を行っています。先行して行ったブリとヒラマサの交雑種を用いた実験では、ハダムシの付きにくさと関係する遺伝子座を明らかにしました。さらに、天然ブリのハダムシに対する感染実験をもとに、有力な親になりえる個体を選抜して8家系作出了しました。今後どの家系を用いて解析するかを検討するため、得られた各家系の稚魚を水槽に分養して飼育しています(写真)。この中から、ハダムシ抵抗性を持つ

たブリの誕生が期待されます。

(養殖研究所：荒木和男)



写真 色々な家系のブリ稚魚の飼育