

養殖研究レター

第5号 (2010年2月)



編集 養殖研究所



独立行政法人
水産総合研究センター

巻頭言

育種の目指すもの	3
----------	---

研究情報

天然遺伝資源からの育種への挑戦 – オーダーメイド育種に向けての挑戦 –	4
遺伝子組換えを使わない養殖用新品種の作出	5
クルマエビの放流調査への取り組みについて	6
これからのアワビ育種	7

所の動き

日米の研究者交流	
– 第38回天然資源の開発利用に関する日米会議 (UJNR) 水産増養殖専門部会を開催しました –	8

表紙写真説明–RFP遺伝子(赤色蛍光を発するタンパク質)を組み込んだメダカ(中央赤色個体)^{注)}

養殖研究所では、筋肉量が増加する仕組みを研究し、可食部位（筋肉）の多い優良な家系を作成するための研究を行っています。赤色蛍光量の計測により、このメダカの全身の筋肉量の定量化が容易に行えます。（詳細は5頁）

注) このメダカは文部科学省メダカバイオリソースプロジェクト（NBRP）を通じ提供を受けたものです。自然界への逃亡を防ぐため、法律に基づいて許可された施設内で飼育しています。

育種の目指すもの



(生産技術部長：虫明敬一)

昭和59年度には1,282万トンで当時世界一を誇った我が国の漁業生産量は、平成19年度には572万トンに減少し、その生産額も昭和57年度のピーク時の半分程度(1兆6,539億円)に落ち込んでいます。加えて、燃油の高騰、魚価の低迷、漁業者人口の減少と高齢化等が、水産業の衰退に拍車をかける結果を招いています。近い将来の世界的人口の増大を見据えて食糧タンパクをいかに確保するかを国策として、食用魚介類の自給率向上の数値目標が掲げられていますが、一向に減らない海外からの安価な水産物に押され、国内魚介類の自給率はなかなか向上していません。

このような状況の中、FAOのデータでは食用水産物に占める養殖産物の割合が向上し、近い将来、その半分は養殖によって賄われる時代が来ると予想されています。しかし、一方では養殖も地球温暖化に伴う海況の変化、給餌養殖による漁場の自家汚染、昨今の飼料原料の急激な高騰あるいは新規養殖対象種開発の行き詰まりなど、決して明るい話題ばかりではありません。養殖研究所は養殖産業発展への貢献というミッションを課せられています。儲かる養殖を見据え、「今後の養殖を救えるのは育種だ」との心強いエールを背景に、養殖研究所として育種分野で何に取り組むのかを述べてみたいと思います。

かつて好景気であった頃の水産育種の研究現場では、プロジェクト予算に支えられて遺伝子レベルでの育種技術の開発を中心に研究が行われてきました。今後は、作出した有用家系をいかに保持・管理していくかの体制作りと養殖への実証的転用が最大の課題と考えています。幸いにも、

育種を効率良く進める上で必須となるツールの開発は、これまでの多くの育種プロジェクト研究で行われてきました。また、現在も異分野では大きな予算に支えられた先駆的な遺伝子レベルの研究が多数行われています。これらの研究成果を水産育種に導入・利活用するのが理にかなっていると考えられます。

養殖研究所では次期中期計画においても、これまで取り組んできたヒラメの耐病性や高成長家系の作出に加え、ブリ類やハタ類でも高成長、高水温耐性あるいは高免疫性などの優良家系の作出・保持を中心に取り組んでいきたいと考えています。さらに、ウナギやクロマグロについても繁殖技術やゲノム解読の進展に伴って、高成長や高品質など養殖魚に求められる優良形質を有する品種の開発を視野に入れた研究にも取り組む必要があると考えています。ヨーロッパウナギは、2007年6月にオランダのハーグで開催されたワシントン条約第14回締約国会議で同条約附属書II(現在は必ずしも絶滅のおそれはないが、取引を規制しなければ絶滅のおそれのあるもの)に掲載され、すでに2009年3月から規制が発効されている種です。また、クロマグロは、今後、ワシントン条約に取り上げられ国際的取引が規制される可能性も大きい種です。このため、両種とも生産者と消費者のニーズに対応し、また、世界的にも重要な養殖対象種として国際間競争に競り勝つためにも重要な位置付けにあります。

育種により作出した家系は、大型の飼育施設、専門スタッフおよび高度な飼育技術を有する栽培センター等との強力な連携・協力により維持管理していく必要があります。せっかく作出した有用家系が、二度とこの世から消失しないような体制整備が強く望まれます。

天然遺伝資源からの育種への挑戦 —オーダーメイド育種に向けての挑戦—

(生産技術部：荒木和男)



これまでのブリ、ウナギ、マグロなどの養殖では天然から稚魚を捕獲して飼育してきました。しかし、天然水産資源の減少が問題となっている現在では、養殖による持続的、安定的、効率的な水産物の生産・供給を目指す上で、養殖用種苗を天然種苗に依存せずに人工種苗で代替する技術の開発に加えて、養殖に適した形質を持つ人工種苗を作出する技術の開発が求められています。しかし、海産魚の品種改良の歴史は浅く、限られた魚種の限られた形質を持った系統しか保存されていないため、養殖に適した形質を持つ個体を天然魚から効率的に作出すること（育種）が必要となります。これまで耐病性を備えた魚の育種研究から、様々な遺伝的な性質を持つ天然集団からは著しく優れた形質を持つ個体を選抜することができることが証明されています。これらの個体は特定の遺伝子に変

異を持つ個体と考えられています。水産分野において遺伝資源として天然魚をみた場合、これらは「遺伝的多様性が非常に高く、育種の可能性を秘めた集団」であると言えます。

天然魚から有用な形質をもつ個体を効率的に選抜するためには、養殖する側から望まれる形質を正確に把握・評価するとともに、遺伝子の情報を利用して優良家系を作るために大量の個体の遺伝子型解析を迅速に行う技術の開発が必要となります。養殖研究所では、養殖業者からの聞き取りなどの情報をもとに、目標とする形質を産卵親魚の効率的な飼育管理の観点から雌雄を早く見極めるための「性決定」と、養殖現場で多大な労力と手間を要することで問題となっている「ハダムシに対する抵抗性」に絞り、五島栽培漁業センターと東京海洋大学の協力を得てブリの天然種苗の中からこれらの形質

を備えた家系の作成を開始しました。また、Digital PCRと言う新しい技術を用いた1塩基多型（SNPs）連鎖解析による遺伝子座の同定を可能にすることを目標に、遺伝子の物理地図の作成と高速シーケンサーによるSNPsの検出を開始しました。さらに、物理地図との統合を目的に、従来のマイクロサテライトマーカーの載った連鎖地図の充実と、ブリの平均150kbpのDNA断片が組み込まれたBAC（大腸菌の人工染色体）クローンのマッピングを開始しました。

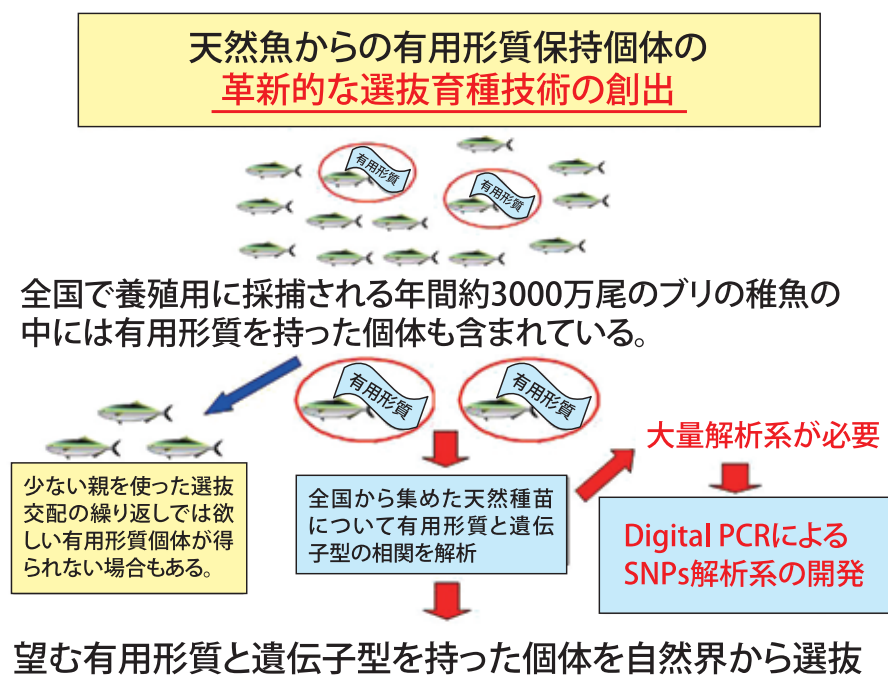


図1. 研究全体の説明図

遺伝子組換えを使わない養殖用新品種の作出



(病害防除部：吉浦康寿)

農畜産分野では、長い年月をかけた交配と選別(育種)の結果、家畜化されたウシやニワトリのように多数の有用品種の作出に成功しています。一方、水産分野では、長年の育種により家魚化されたといえる魚種はマダイ、サケ・マス等の一部だけであり、農畜産物のような低コストで高品質な養殖魚の安定供給には至っていません。

近年、農作物では、遺伝子組換えを使わない品種改良技術として、TILLING法(突然変異を利用した品種改良技術)が注目されています。そこで、我々はこのTILLING法を利用して新しい水産育種技術を開発し、飼育しやすく(生産者からみたニーズ:気性がおとなしい、病気に強い、成長がよいなど)、高品質な(消費者からみたニーズ:栄養価が高い、肉質がすぐれるなど)養殖用品種の作出を試みています。方法としては、まず、ENU(アルキル化剤の一種、N-ethyl-N-nitrosourea)等の化学物質を雄に投与し、精子に高頻度に点突然変異を誘発させます。その雄を通常の雌と交配させ、それら

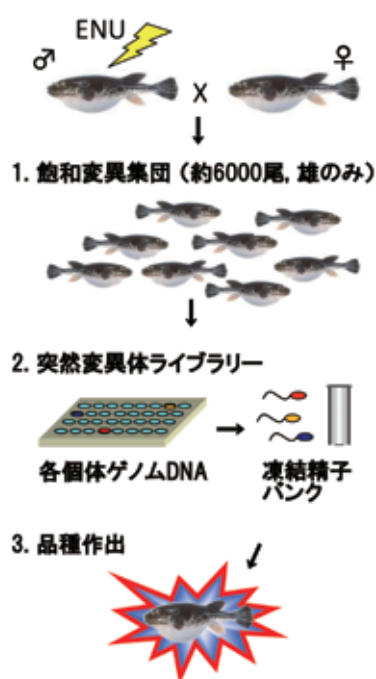


図1. TILLING法による品種作出の概要

の子供(飽和変異集団;雄のみ約6,000尾)を作製します。次に、それら各個体の「精子」(凍結精子)と「ゲノムDNA」(魚体から抽出)をセットにしたものをライブラリーとして準備しておき、そのゲノムDNAをもとに特定の遺伝子に変異が入っている個体を見つけ出し、その個体の凍結精子を使って

目的とする有用形質を持った変異体(品種)を作出するものです(図1)。

そこで、我々は可食部位(筋肉)が大きくなるメダカの作製を試みました。哺乳類ではミオスタチンが筋肉の成長を抑制すること、このミオスタチン遺伝子の変異により全身の筋肉量が増加することが明らかになっています。筋肉が肥大し、脂肪分が少なく柔らかい肉を生産する品種のダブルマッスル(DM)牛はミオスタチンの自然突然変異体です。我々は、既存のメダカの突然変異体ライブラリーを調べたところ、メダカからもDM牛と同じミオスタチン遺伝子変異(315番目のシステインがチロシンになるアミノ酸変異)を発見しました。このミオスタチン変異をホモに持つメダカを作製し、野生型の形態と比較したところ、ミオスタチン変異体は、野生型に比べて一回り大きく全体に筋肉が増加していました(図2)。現在、このミオスタチン変異メダカの詳しい生物特性を解析中です。

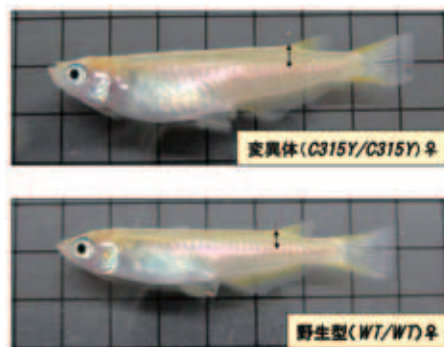


図2. ミオスタチン変異体

メダカの形態上段はミオスタチン変異をホモに持つ変異体で、下段は、野生型です。ミオスタチン変異体は、一回り大きく、全体に筋肉が増加していた。特に、背中の筋肉(両矢印部分)がより盛り上がる傾向が見られた。

我々は、メダカではTILLING法をすでに確立しました。今後は、この方法をトラフグなどの重要養殖対象種に応用して、2020年までには第一号の新品種トラフグを完成する予定です。

クルマエビの放流調査への取り組みについて



(栽培技術開発センター：菅谷琢磨)



図1. 漁獲物のサンプリングの様子

クルマエビは、天ぷらや寿司の素材として日本の食卓には欠かすことのできない食材です。このため、小型底曳網や刺網など沿岸漁業の重要種であり、特に、瀬戸内海、有明海及び伊勢湾で多くの漁獲があります。日本では1960年代から資源回復を目的した栽培漁業が続けられており、現在では全国で毎年1億5千万尾もの種苗が放流されています。しかし、放流事業については、エビ・カニ類が脱皮によって成長するため、魚類で行われるような体外標識を利用しづらいことから、放流効果を調査する十分に有効な手法がないことが長い間問題となっていました。

こうした中で、最近、DNAマーカーを用いた放流調査技術が注目を浴びるようになりました。DNAマーカーとは、種間や個体間のDNAの違いを捉える目印を指し、ヒラメなど幾つかの水産生物では実用規模の放流試験によってその有効性が確認されています。そこで、栽培技術開発センターでは、クルマエビにおけるDNAマーカーでの放流調査手法を確立するため、大分県や地元漁協と連携し、大分県佐伯市でDNAマーカーの有効性を検証するための放流試験を行いました。

佐伯市では、例年7～8月に、佐伯湾に注ぐ番匠川の河口に体長約5cmのクルマエビの人工種苗が60～70

万尾放流されています。放流調査では、種苗生産に用いられた天然親クルマエビと、8月以降に佐伯湾で漁獲されたクルマエビの遺伝子型を分析し、漁獲物の中に親エビの子供が見られるかどうか調べます(図1)。この時、遺伝子型の分析には、ヒトの親子判定にも利用されているマイクロサテライトDNA及びミトコンドリアDNAマーカーを用いています。

このようにして行った平成18～19年の調査では、放流後1年にわたって市場で採集された1,915個体のクルマエビにおいて、約1割にあたる212尾が放流種苗と判定されました。また、放流翌年の7月にも種苗が確認されたことから、DNAマーカーは放流調査に有効であり、長期の調査にも効果的であると考えられました(図2)。このため、現在は、より大規模な放流事業の放流効果を把握するため、大分県、福岡県及び山口県と協力して周防灘での調査にも取り組んでいます。この海域では例年1,000万尾近くのクルマエビが放流されているため、クルマエビの栽培漁業の効果を検討する上で大変重要と考えられます。

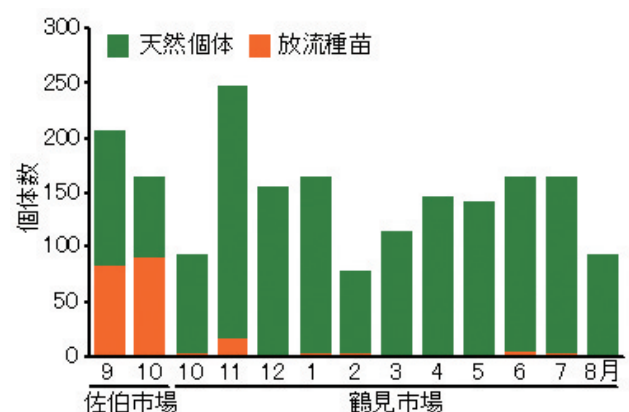


図2. 各月の放流種苗の割合

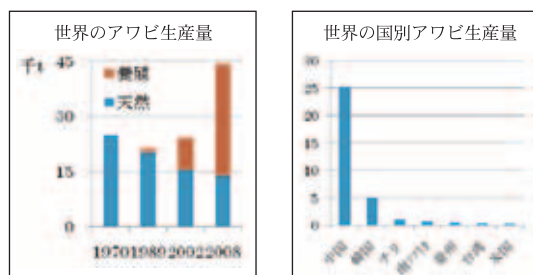
将来的には、全国1億5千万尾の放流種苗を調査し、それらの動態や再生産を踏まえて沿岸資源の増殖を考えたいと思っています。また、その成果をご報告できれば幸いです。

これからのアワビ育種

(生産技術部：原素之)



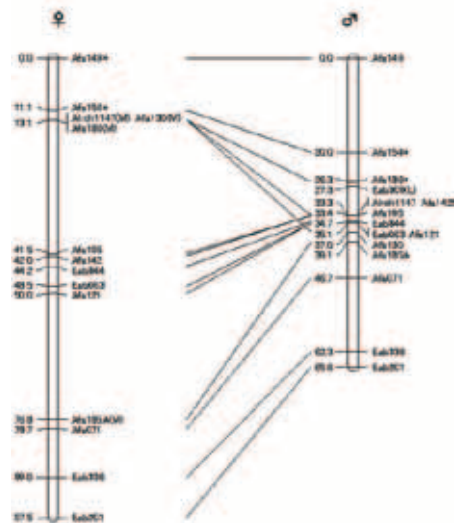
アワビの大量種苗生産技術が普及して以来、世界のアワビ養殖生産量は中国と韓国を中心に驚異的な伸びをみせ、2008年には3万トンを超えています。これは減少し続ける天然アワビの漁獲量の2倍以上にあたり、養殖アワビが市場流通量の7割を占めています。



日本でのアワビ種苗生産は30年以上の長い歴史をもち、年間2,500万個以上の稚貝が生産されています。これを養殖すると生産量は3,000~4,000トンになると試算できますが、現状では稚貝のほとんどが放流用に使われるために、養殖生産量は数トン程に留まっています。この原因は、日本での人件費や土地代等の養殖生産コストの高さ、天然アワビが中心の既存の狭い販路、廉価な餌の安定的供給と初期投資の少ない海面養殖への展開の難しさなどに加えて、最大の難点はアワビの遅い成長による悪い資金回転率や長期飼育中の病気などによるリスクと考えられています。このことは、裏を返せば、育種による高成長や病気に強いアワビの系統が確立できれば、生産が効率化され、養殖生産の拡大が期待できるはずです。

過去には成長の良い種苗の選抜により、生後18ヶ月で平均84mmに達した群も報告されており、高性能な系統の確保が今後の養殖生産拡大の鍵になると考えられます。幸い、日本のアワビ育種研究は進んでおり、新しい分子育種を応用した研究も行われています。例えば、養殖研究所、東北区水産研究所、岩手県水産技術センターが共同で、世界で最初のマイクロサテライトマーカーによる染色体連鎖地図の作成に成功しました。連鎖地図の利用は、

育種の効率化が期待できることから、育種研究にとって大きな前進と言えます。また、可視的マーカーへの応用が期待できる色変異アワビなどの遺伝様式も明らかにされています。



アワビの染色体連鎖地図 (LG1, Sekino M & Hara M, Genetics 175, p945-958から引用)

しかし、今後の育種を進めるに当たり一番大切なのは、多くの遺伝形質を確保することであり、そのために有用な形質の素材となる天然集団の保全と有用系統保存体制の確立が育種を成功させる鍵になると思われます。

開放的な海面での多大な養殖は、生態系に影響を与えるリスクをもっています。この点に配慮しながら、アワビ養殖を拡大し、生産物を市場へ供給していけば、単なる養殖生産の増大にとどまらず、乱獲による親貝密度の減少で資源回復のチャンスを逃している天然アワビの資源保護という副次的効果も加わります。アワビの育種は、これらを実現させるための効果的な方法として期待できるのではないのでしょうか。



選抜し遺伝様式が解明された色変異アワビ (岩手県水産技術センター小林俊将氏撮影)

日米の研究者交流―第 38 回天然資源の開発利用に関する日米会議 (UJNR) 水産増養殖専門部会を開催しました―



(生産システム部長：山崎 誠)

平成21年10月26日～30日にかけて、アメリカ合衆国テキサス州コーパスクリステイにある Texas A&M 大学 Harte 研究所を主会場に、標記会議を開催しました（今回は、米国側が世話役）。日本からは水産総合研究センターの職員11名とOB（元日本側部会長）の酒井保次さん、計12名の参加でした。26日の午前中に、日米合同会議事務会議が開催され、この1年間の研究職員の相互派遣や共同研究に関する概要報告、双方がこれまでに担当した科学シンポジウムの論文集の出版状況報告や、第8次3カ年計画（平成22～24年）の主題の協議と承認を行いました。また、継続作業中の部会活動の歴史書（40年史）の編纂についても、執筆内容に関する意見交換を行いました（米国側8名）。午後からと27日を使って、科学シンポジウム（主題：増養殖に係る水産業と水産コミュニティの相互作用）を開催し、それぞれ9題の話題が、5つのセッションのもと報告されました（参加者40名弱）。日本側からは、漁業制度に関する報告や各地の漁協が取り組んでいる経営安定のための事例紹介など、米国側からは行政府の養殖計画に関する政策や遊漁者や養殖経営を意識した魚介類養殖・種苗放流のための効率的な生産技術に関する報告などが行われました（養殖研究所のホームページに、プログラムや要旨集を掲載しています。）。

28日からは3日間、研究や技術の交流を目的に、地元フラワーブラフの海産魚類孵化場など5



シンポジウム参加者集合写真（2日目）

か所を訪問し、施設の設置目的や実施している事業内容の説明を受け、意見交換しました。レッドドラム（ニベ科）などの海産魚類孵化場やエビの集中養殖施設など、簡便で効率的なものから規模の大きな実証段階のものまで、環境への配慮を強く意識した閉鎖循環式中心の飼育施設が主体で、さらに、小学生などの見学を積極的に受け入れ、漁業や自然への理解を醸成することにも力を入れていることが印象に残りました。



テキサスA&M大学エビ養殖研究室の施設
ごみ箱大の飼育容器が大量に並び、若エビに対する様々な比較試験を行うことができる

養殖研究レター No.5(平成 22 年 2 月)

編集・発行：(独)水産総合研究センター 養殖研究所 〒516-0193 三重県度会郡南伊勢町中津浜浦 422-1
TEL：0599-66-1830（問い合わせ先：業務推進課） FAX：0599-66-1962 URL：<http://nria.fra.affrc.go.jp/>