

養殖研究レター

第4号(2009年8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

魚類養殖の未来と餌の研究	3
--------------	---

研究情報

海水魚に必要な新しい栄養素：タウリン	4
無脊椎動物繁殖研究の紹介（エビ類，貝類，ナマコ）	5
内海域ガラモ場の食物網解析	6
クルマエビのホワイトスポット病（WSD=PAV）用 経口ワクチン開発への取り組み	7
カンパチ養成親魚の環境制御による12月採卵の成功	8

表紙写真説明

- A. 上浦栽培技術開発センター古満目分場の陸上水槽で環境制御しているカンパチ親魚(4歳, 15kg) 親魚の成熟促進と環境制御による早期採卵と国産種苗生産を可能とし, またその種苗を用いての養殖期間を約半年短縮できるようになりました。現在, 実用化にむけて研究を進めています。(詳細は8頁)
- B. 出荷前の養殖クルマエビ
現在ワクチンを用いて, ホワイトスポット病を克服するための研究を進めています。(詳細は7頁)

魚類養殖の未来と餌の研究



(生産システム部：山崎 誠)

日本の養殖では、ブリやカンパチなどが15万トン、マダイ7万トン、ギンザケ1万トン、ヒラメとフグがそれぞれ5千トン、内水面ではウナギ・ニジマス・アユなどを中心に4~5万トンと、1年に30万トンを超える魚類が生産されています。それらは私たちの大切な動物タンパク質源として重要な役割を担っています。世界に目を移すと、2007年には中国での淡水魚を中心に2,570万トンの養殖魚が生産されています。その生産量は急増しており、今のペースでいけば2020年には6,000万トンになるだろうとの予測もあります。しかも、世界人口の急激な増加や、健康志向による魚食の世界的な拡大を考えると、この予測値はさらに高くなる可能性があります。

私たちは、今後、大增産が予測される魚類養殖を支える餌のことを考えないわけにはいきません。日本の養殖魚の餌には約250万トンもの魚が使用されています。その内訳は、生餌としてイワシ類・マアジ・マサバなどが約90万トン、配合飼料原料として魚粉が約35万トン（原魚換算で約160万トン）です。世界的に養殖魚の生産量が増加

する中で、これら生餌や魚粉が不足することは必至です。そこで、生産システム部・飼餌料研究グループは、養殖飼料中の魚粉の配合割合を減らし、植物に由来するタンパク質原料の割合を増やすための研究を重ねています。配合飼料への魚粉の割合は50~55%が一般的ですが、これをできるだけ早く30%以下にすることが目標です。すでに、淡水魚用の配合飼料では、発酵させた大豆油かすを配合することにより無魚粉飼料の開発に成功しています。今後は海水魚用飼料の低魚粉化が課題ですが、大豆やトウモロコシから油などを取った残りがすを原料にすると、魚が生きていく上で不可欠なある種のアミノ酸など必須栄養成分が不足し、成長や健康に悪影響を与えるなどの問題が生じます。そこで、タウリンなどの不足する必須栄養成分の必要量を明らかにし、魚粉削減飼料におけるタウリンなどの成分の至適添加量を解明する研究を進めています。このような研究をさらに進め、魚粉が少なくても大丈夫な配合飼料、すなわち低コストで魚資源に頼らず、さらにはリンの排泄を少なくし、環境にも優しい餌料の開発に貢献したいと考えています。また、餌の成分とそれを食べて育った魚の肉質との関係などを明らかにし、豚や牛で流通しているようなブランド物の開発を目指しています。

魚の飼育試験は、毎日の餌やりや水の管理、魚の食べ具合や泳ぎ具合の観察など地道な作業の連続ですが、担当職員は魚類養殖の未来に対応するための餌の完成を夢見て身を粉にして頑張っています。ぜひ、応援してください。

海水魚に必要な新しい栄養素：タウリン

(生産システム部：山本剛史, 松成宏之)



魚粉は我が国の養魚用飼料に50%程度配合されている原料ですが、多くを輸入に依存しています。数年前には飼料用魚粉の供給が逼迫して価格が高騰し、それを受けた飼料価格の上昇は養殖経営をより困難なものとしています。生産者の魚粉信仰もあってこれまで高い魚粉配合率が維持されてきましたが、より単価が安く安定的に供給可能な魚粉代替原料を積極的に利用する機運がようやく高まりつつあり、この分野における研究推進が重要になってきました。

大豆油粕などの代替原料にはタウリンが含まれていません。タウリンはアミノ酸の代謝産物の一種で、魚類を含む水産動物やノリなどに豊富に含まれていますが、養魚用飼料に必要な成分であるとは考えられていませんでした。ところが、水産庁委託事業「高品質配合飼料開発試験（平成8~13年度）」において愛媛県が中心となり、大豆油粕を多量に配合した飼料では、ブリやマダイの肝臓が緑変して成長が劣ること、それらの改善に飼料へのタウリン添加が有効で

あることを明らかにしました。その後の研究では海水魚はアミノ酸からタウリンを生合成する能力が低いことも判明しました。つまり、魚粉を削減し、タウリンの少ない代替原料を配合した海水魚用の飼料を本格的に使用する上では、タウリンを添加する必要があることが示唆されました。

ところで、魚類における必須栄養素の要求量を明らかにする研究では、カゼインとゼラチン（ともにタウリンを含まない）をタンパク質源とする精製飼料を用いることが多いのですが、海水魚ではこの精製飼料の摂餌性が悪いことが問題となっていました。養殖研究所では、栄養要求試験に有効な精製飼料の開発を目的に東京海洋大学との共同研究を進める中で、カゼイン飼料にタウリンを添加することによりマダイ稚魚の摂餌性が改善され（図1）、タウリンは飼料中に0.5%必要であることを明らかにしました（図2）。この時に得たデータは、天然由来のものより安価な合成タウリンを飼料添加物として認可するための審議の際にも活用されました。

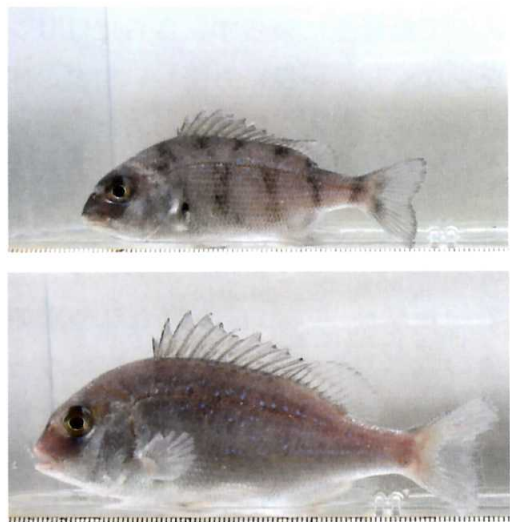


図1. タウリン欠乏精製飼料（上）とタウリン添加精製飼料（下）を摂取したマダイ稚魚。タウリン欠乏飼料では成長が劣るとともに、体表が暗色化した

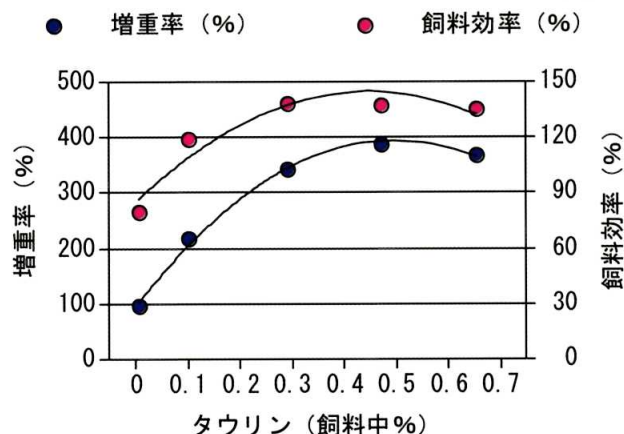


図2. 成長および飼料効率と精製飼料中のタウリン含量との関係（6週間の飼育結果）。ともに飼料中のタウリン含量が0.5%でもっとも良い結果が得られた

無脊椎動物繁殖研究の紹介(エビ類, 貝類, ナマコ)

(生産技術部：奥村卓二)

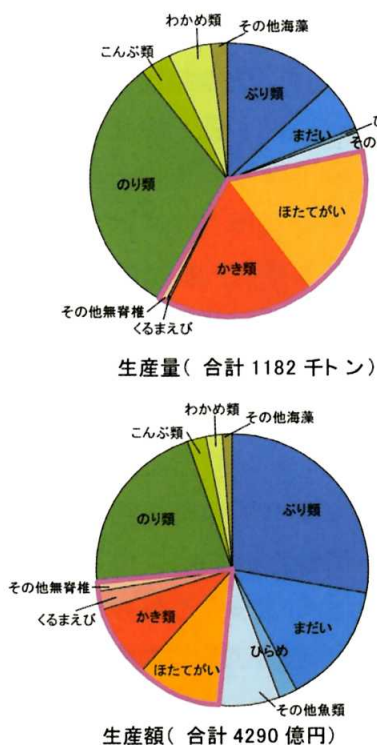


図1. 海面養殖業の種別生産量と生産額。H18年度統計年報による。無脊椎動物を太枠で囲んだ。ほたてがいかかき類は殻付きの生産量。真珠養殖は除外

どでは、水産資源の安定化と増大のために、それぞれ1,000万尾以上の種苗が生産されて放流されています。養殖あるいは放流のいずれを目的とする場合でも、まずは親から健全な卵を安定的に得ることが重要です。卵形成と産卵はホルモンによって調節されていますが、無脊椎動物ではその調節機構がほとんどわかっていません。そのため養殖研究所繁殖研究グループではマガキ、クルマエビ、マナマコを主な対象種として、卵が形成される過程と成熟・産卵を調節するホルモンを明らかにしようとしています。

例としてクルマエビの卵形成の組織像を図2に

無脊椎動物には多種多様な動物群があり、の中には、ウニ、カニ、イカ、タコ、アサリなど多くの水産重要種が含まれます。特にマガキ、ホタテガイ、クルマエビは重要な養殖対象種で、これら3種で海面養殖生産量の3.5割(約42万トン)、生産額の2割(約900億円)を占めています(図1)。さらに、クルマエビ、ガザミ、ヨシエビ、ハマグリ、エゾアワビなど

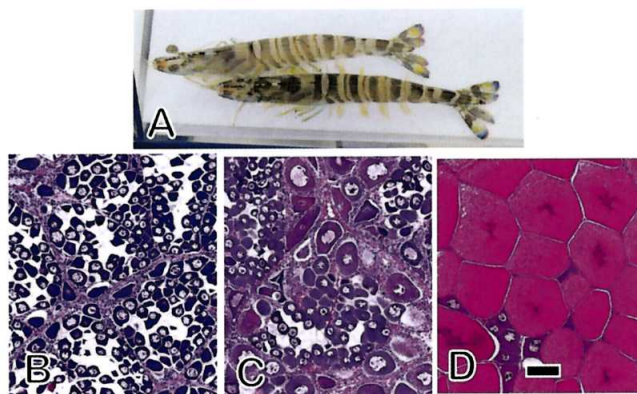


図2. クルマエビの卵巣発達組織像。A：クルマエビ。B：未熟な卵巣（前卵黄形成期）。C：発達を始めた卵巣（内因性卵黄形成期）。D：卵黄蓄積中の卵巣（外因性卵黄形成期）。図中の棒は0.1mm

示します。卵は親の体内で栄養を蓄えて発達しますが、その過程を詳細に調べることで、卵質の異常などの問題に対応できるようになります。またホルモンそのものやホルモンが作用する仕組みを明らかにすることで、ホルモンを用いた採卵の安定化が可能になります。最近の私たちの大きな成果として、九州大学及び基礎生物学研究所との共同研究でマナマコの産卵を誘発するホルモン(クビフリンと命名)を発見したことがあげられます。従来の水温刺激だけによる産卵誘発に比べて、クビフリン注射による産卵誘発はより簡便かつ確実であるため、マナマコ種苗生産の現場で広く活用されることが期待されています。

また、こうした無脊椎動物の繁殖研究で得られた成果は、種苗生産の安定化技術の開発だけでなく、育種などの種苗の品質を向上させる技術にも波及することが期待されています。

内海域ガラモ場の食物網解析



図 1. 養殖研究所前の海中に広がるガラモ場

ガラモ場には、たくさんの海藻が生い茂り、多種多様な動物が生息しています。そこには複雑な食う食われるの関係があり、網目のように絡み合って結びついていることから、これを食物網と呼びます。この食物網の基点となるのが、一次生産者といわれる植物です。ガラモ場の主要な海藻であるホンダワラ類は、直接餌として食べる動物が少ないため、アワビなどの餌となるコンブ類に比べて、これまで栄養源として重要視されてきませんでした。しかし、ホンダワラ類が枯死分解された後、デトライタスという形になって、藻場の葉上動物や底生動物の餌となっている可能性があります。

そこで、ガラモ場の食物網構造を明らかにするために炭素・窒素安定同位体分析を試みました。どんな元素にも質量数の異なる同位体が存在します。炭素・窒素安定同位体比を用いた分析では、有機物に含まれる質量数 12 と 13 の炭素と、質量数 14 と 15 の窒素の比の変動から栄養源と栄養段階を推定します。具体的には、食う食われるの関係では、食う側の動物の窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) は餌の $\delta^{15}\text{N}$ よりも 3~4‰ 高くなるのに対し、炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$)

(生産システム部：石樋由香)



は動物と餌の値がほとんど変わらないといわれています。この性質を利用すると、食物網を構成する動植物の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ を、C-N マップ上に表すことによって食物網のアウトラインを描きだすことができます。

2006 年 12 月~2008 年 6 月に、瀬戸内海の西部に位置する阿多田島、能美島、周防大島においてガラモ場の動植物を採集して、 $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ を調べ、C-N マップを描きだしました (図 2)。ガラモ場内の葉上動物と底生動物の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ を見ると、そのほとんどが海藻由来の有機物を餌として利用し、それら小型動物がさらに魚類の餌となっていることがわかります。これらから海藻由来の有機物は間接的に魚類の栄養源になっていることが示唆されました。

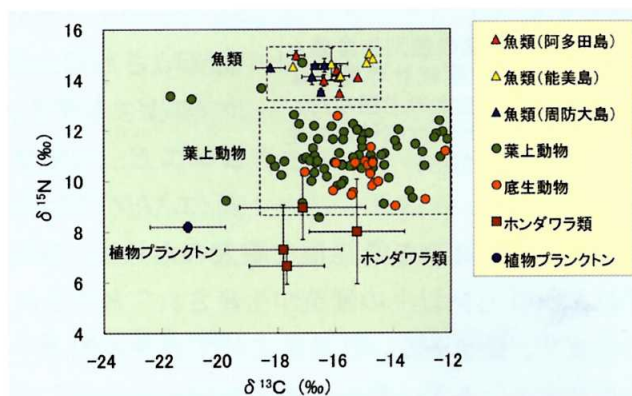


図 2. 瀬戸内海西部のガラモ場の C-N マップ

ホンダワラ類は気胞を持つことから、流れ藻や寄り藻の形で流出し、ガラモ場周辺の食物網にも取り込まれていると考えられます。ガラモ場は広く周辺生態系に有機物を供給することにより、内湾域の水産資源の維持増大に大きく貢献しているといえます。

クルマエビのホワイトスポット病 (WSD=PAV) 用 経口ワクチン開発への取り組み

(病害防除部：佐藤 純)



ホワイトスポット病 (white spot disease : WSD = 急性ウイルス血症penaeid acute viremia : PAV) は、西日本のクルマエビ養殖場で1993年、種苗生産施設でも1996年に初めて発生し、国内のクルマエビ増養殖事業に大きな被害をもたらしました。

種苗生産過程におけるこの病気の原因ウイルス (white spot syndrome virus : WSSV) の主な感染経路として、親エビからの伝播が強く疑われました。そこで、WSSVを保有しない親エビの選抜と受精卵の消毒、さらに殺菌処理海水での飼育などの防除対策を行うことで、WSSVを持たない種苗の作出が可能になりました。一方、中間育成場や養殖場では、クルマエビがWSSVに感染した他のエビを捕食することによって、あるいは、飼育海水を介してウイルスが水平的に伝播すると考えられており、いまだにこの病気による被害が発生しています。

ところで、エビ類などの無脊椎動物は、魚類や哺乳類と異なり、抗体を持たないため、ワクチンによる予防が可能かどうか良くわかっていませんでした。しかし、最近WSSVに感染し生き残ったエビやWSSVのタンパク質を注射したエビがこのウイルスに対する抵抗性を示すなど、エ

ビにも免疫様現象があることが報告されました。そこで北海道大学大学院との共同研究により、養殖現場で利用し易い経口投与によるWSDワクチンの開発に着手しました。

大腸菌 (写真1) で作らせたウイルス DNA を包む2つの組換えタンパク質 rVP26 (内側を包む膜の一部) および rVP28 (外側を包む膜の一部) (図1) をクルマエビに経口投与することにより、特に餌からの WSSV 感染に対して高い防御効果を示すことがわかりました。また、飼育海水を介しての感染に対しても防御効果があることが判明し、養殖場における水平伝播の予防に有効な手法になると考えられます (表1) (特開第 2008-063302 号)。今後、この手法を水産用医薬品であるワクチンとして実用化するためには、有効最少投与量の把握など承認申請に必要ないくつかの試験を実施する必要があります。

クルマエビのWSD経口ワクチンの実用化も含め、クルマエビ類養殖におけるWSD防除対策の構築を通じて、養殖業へ貢献していきたいと考えています。

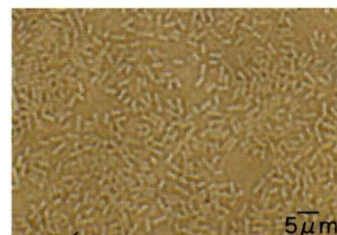


写真1. WSSVの組換え発現タンパク質のrVP26あるいはrVP28。これを配合飼料に混ぜてクルマエビに経口投与する。

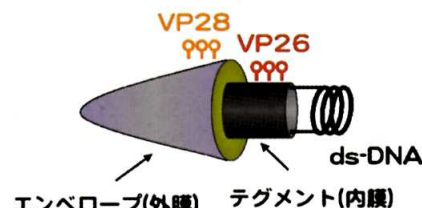


図1. WSSVとウイルスタンパク質 VP26およびVP28の位置

表1. クルマエビへのrVP26及びrVP28の経口投与によるWSSVに対する防御効果

免疫抗原	経口攻撃			浸漬攻撃			注射攻撃		
	n	累積死亡率 (%)	RPS (%)	n	累積死亡率 (%)	RPS (%)	n	累積死亡率 (%)	RPS (%)
rVP26投与区	30	**0	100	28	**21	71	26	**31	61
rVP28投与区	30	**0	100	27	**22	70	29	52	34
投与対照区	13	31	54	14	57	22	14	93	0
非投与対照区	15	67		15	73		14	79	

・投与対照群の累積死亡率数との比較から各区の累積死亡率の有意差検定を行った (** : 1% level)

・RPS値 (相対生存率) が60%以上でワクチン効果ありと判定

・rVP26および rVP28投与区では、それぞれrVP26、rVP28を含む大腸菌由来タンパク粗精製画分を使用

・投与対照とは、大腸菌由来のタンパク質のみを投与したグループ

・非投与対照とは、rVP26投与区、rVP28投与区および投与対照区の各タンパク質の懸濁液に用いたPBS (リン酸緩衝液) を投与したグループ

カンパチ養成親魚の環境制御による 12 月採卵の成功



(栽培技術開発センター：浜田和久)

カンパチの天然親魚は、中国海南島からベトナム沖を産卵場として11月から翌年3月に産卵すると推定されています。中国では、この時期に産まれたカンパチを漁獲・中間育成し、4月に全長約10~15cm、体重約25~50gにまで成長したものを、養殖用の中国産種苗として日本に輸出しています。一方、国内で養成されたカンパチ親魚の産卵期は5月~6月であり、天然親魚と比べて最大で半年以上もの時間差があります。この遅れは国産人工種苗が養殖用として適切なサイズへ到達する時期に影響し、中国産種苗を使用するの養殖と比較して不利な点でした。

そこで、中国産種苗と同時期に同等サイズの国産人工種苗を作る、すなわち、天然親魚の産卵期と同じ時期に国内で養成された親魚にも産卵させることを目的として、先に開発されたブリの12月採卵のための環境制御技術を応用した早期採卵試験を行いました。その結果、親魚の成熟が促進され、平成18年には世界で初めてカンパチ養成親魚からの12月採卵に成功しました。12月採卵にはその後も毎年成功しており、これらの卵を用いた人工種苗の生産では、通常の国内での産卵期（5~6月）に得られた人工種苗の飼育状況と遜色ない結

果も示されています。12月採卵により得られた人工種苗は5月末には全長約25cm、体重約250gまでに成長し（写真1）、サイズの点では中国産種苗と比較しても同等または勝る種苗が生産できました。さらに、この12月採卵により得られた人工種苗を用いて養殖試験を行った結果、翌年の12月末（満1歳に達した時点）には平均尾叉長44.5cm、平均体重2.4kgに成長し（写真2）、約1年間で出荷可能サイズにまで達しました。12月採卵の成功により、養殖用種苗としてサイズが大きいという付加価値を有する人工種苗の生産が可能となりました。この研究過程で開発された成熟促進および12月採卵に関する環境制御技術は、カンパチの計画的な採卵と種苗生産技術の確立に貢献すると同時に、他の多くの有用な魚類養殖対象種にも応用が可能と考えられます。さらに、12月採卵により得られた人工種苗は約1年間の飼育で出荷可能サイズにまで成長し、従来の中国産種苗を用いても約1年半を要する出荷までの養殖期間を約半年短縮することができました。これは大幅なコスト低減につながり、カンパチ養殖業の振興に大きく貢献できるものと思います。

人工種苗vs天然種苗



図 1.

国産種苗vs中国産種苗

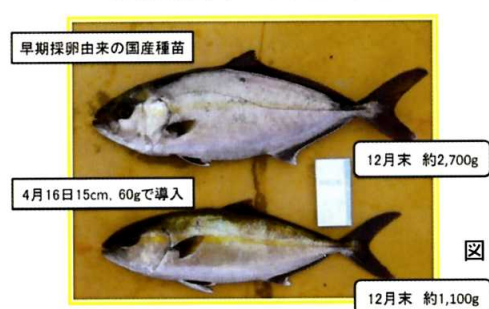


図 2.

養殖研究レター No.4 (平成 21 年 8 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/>