

養殖研

ニュース

NO. 39

1998. 9



「魚だって食べたい時に食べたい」

表紙の写真 自発摂餌の養殖業への応用	2
STA研究員の紹介	2
「マダイイリドウィルスは本当にイリドウィルス？ - 遺伝子解析で明らかになったその正体 -」	3
冷たい水に棲むカニたちの幼生	8
原腸陥入に関与する遺伝子	11
'98年（5～7月）の記録	13
平成10年度養殖研究所研究レビュー開始	18



表紙の写真

自発摂餌の養殖業への応用

島 隆 夫

魚類の量・質的な栄養要求は、種によって多様であり、またその生育段階、さらに季節的な水温・光条件等の外的要因の変動にも影響を受ける。しかしながら、養魚の現場では、給餌時間・給餌量は主に人間の都合と経験によって決定されているのが現状である。これに対し、種々の要因によって変化する魚の要求を考慮した健全な養魚方法を開発しようというところから近年魚類の自発摂餌に関する研究が進展しつつある。

「自発摂餌」とは、魚が食べたいと思った時間に食べたいだけの量を自発的に摂取することができるという概念である。魚類の自発摂餌型給餌は、魚自身が操作するスイッチと、それに連動して作動する給餌器とによって行われる。自発摂餌型給餌法により、魚の消化吸收および代謝のリズムに合った時間に適切な量を給餌することが可能となれば、効率的な成長、生産性の向上、さらに、残餌の低減による生産コストの軽減、飼育環境への汚染負荷の低減等、多くのメリットが期待されて

いる。さらに近年の研究では自発摂餌で魚自身が飼料中の主栄養素（タンパク質、脂質、炭水化物）を識別し、エネルギー摂取量を調整できることが明らかにされつつある。これらは、自発摂餌型給餌法が複雑な飼料の質的・量的な栄養要求にも対応しうる可能性を示唆するものである。

このように、自発摂餌型給餌法は多くの可能性を持つ新しい飼育技術である。現在、本研究室では、ニジマス、シマアジ、キジハタ等の魚種を用いて、それぞれの摂餌行動に則したスイッチと給餌器の開発、魚自身の発する情報に基づいた時間的・量的・質的な栄養要求の検討を行っている。

表紙の写真は玉城庁舎の中庭の池に設置した自発摂餌装置（写真左上）をコイが作動させたところである。一尾がスイッチ（中央の白い玉）を操作すると、周りで待機している他の魚が素早く落下するベレットに群がる様子が窺える（写真右下）。

（栄養代謝部飼料研究室特別研究員）

STA研究員の紹介

Dr.R.KIRUBAGARAN



インド、マドラス大学動物学部出身

1982年 Annamalai 大学で動物学修士の学位を取得した後、1991年 Banaras Hindu 大学で、キャットフィッシュにおける水銀毒性の内分泌・神経内分泌研究

により博士の学位を授与されました。近年は、魚類生殖のホルモンおよび遺伝的制御に関する研究に従事しています。このたび、STAの短期奨学生として来日し、栄養代謝部の尾形さんの研究室

に在籍し、マダイの脂肪組織の発達とニューロペプチドYの関係について研究しています。今回来日して、養殖研究所の施設がとても立派なこと、また、伊勢志摩地方の人々がとても親切なことに感激しています。なお、趣味はスポーツ、映画鑑賞、切手収集です。



チェコ共和国ボドニャーニ市広場

「マダイイリドウイルスは本当にイリドウイルス？ —遺伝子解析で明らかになったその正体—」

栗 田 潤

はじめに

マダイイリドウイルス(Red seabream iridovirus, RSIV)という名前を聞いて「あ、あの」とピンとくる魚病通の人もいれば、「何それ」という人も多いかと思います。ピンとこない人のために、簡単にこのウイルスの起こす病気についてご説明することにしましょう。1990年に愛媛県のマダイ養殖場に、貧血と脾臓の腫大を特徴とする病気が発生しました。電子顕微鏡観察等によりこの病気がイリドウイルス科に属すると考えられるウイルスによる感染症であることが明らかになりました。その後数年でこの病気は西日本の養殖場全域に広がり、マダイだけでなく様々な養殖魚種に重大な被害をもたらすようになり、現在に至っています。本文ではこの病原ウイルスRSIVの遺伝子解析による分類学的位置およびその遺伝子の起源の推定についてお話ししたいと思います。

マダイイリドウイルスは僕らの親戚？

さてRSIVが属するであろうイリドウイルス科っていうのは、いったいどんなウイルス群なのでしょう。大きく分けてウイルスにはDNAを遺伝子にもつものと、RNAを遺伝子にもつものがあり、それぞれに1本鎖、2本鎖があります。イリドウイルス科のウイルスは、私たちと同じく2本鎖DNAを遺伝子に持っています。そういった意味で彼らは私たちの親戚といえるかもしれませんが。真核生物(細胞に核を持つ生物)を宿主とする大型の2本鎖DNAウイルスの多くは、その特徴からみても、真正細菌類(一般的なバクテリアや藍藻類)よりも我々真核生物に似た遺伝子を多くもち、それらの起源は真核生物にあると考えられています。中でもイリドウイルスは、私たち真核生物と大変よく似た遺伝子を持っています。ち

なみに細胞に核を持たない原核生物には、真正細菌のほかに古細菌という生物群があり、彼らの遺伝子が我々真核生物の核の遺伝子と似ていることから、真核生物は古細菌から進化したと考えられています(養殖研ニュースNo.36 P.2.釜石さんのレポートを参照)。当然真核生物に似ているイリドウイルスの遺伝子は、古細菌にも似ていることになります。

その他のイリドウイルスの特徴としては、宿主が動物、大型の正20面体の粒子でゲノムサイズも大きい、ゲノム構造は直線状であるが末端が重複しているので遺伝子地図は円環状になる、といったところでしょうか。また最も重要な点として、核内でなく、細胞質内で増殖するという点が挙げられます。この特徴の意味するところは大きく、少なくとも未知の大型正20面体2本鎖DNAウイルスが細胞質内で増殖する場合、これがヘルペスウイルスの仲間ではないことを意味しています。ヘルペスウイルスの仲間は自分自身で遺伝子を発現するのに必要なメッセンジャーRNAの転写酵素、RNAポリメラーゼの遺伝子を持っていないので、その遺伝子発現は完全に宿主の細胞の酵素に依存しています。したがって拝借する宿主の酵素が局在している核の中でしか増えることができません。RNAポリメラーゼを持つウイルスは宿主の酵素のない細胞質内で自分の酵素を使って遺伝子を発現させ、増殖することができます。イリドウイルスもこのタイプです。RSIVもイリドウイルスなら、当然この酵素の遺伝子を持っていて細胞質内増殖するはずですが。しかし電顕観察では、核膜が早期に崩壊してしまうことから、はっきりと細胞質内で増殖するとは言いきれない面がありました。

RSIVは本当にイリドウイルスなのか？

形態などの情報に加えて、遺伝子解析からある生物種の分類学的位置を決めることは近年よく行われています。比較する相手としてのイリドウイルスの遺伝子についての情報量は少なかったのですが、とりあえずRSIVの遺伝子解析に取りかかるとにしました。最も手とり早い方法として、既知の近縁種の遺伝子を参考に、PCR法により特定の遺伝子を増やしてその部分のみを解析するという方法があります。しかしうまく増幅できない場合や、その特定の遺伝子以外の情報が得られないといったデメリットもあります。RSIVはこの方法ではうまくいっていないと噂に聞き、「これは予想していたラナウイルス属（図1参照）はもとより、イリドウイルス科でもないかも知れない」と思い、遺伝子解析はウイルスゲノムを直接調べるという方法を選択しました。当時筆者は東京水産大学の青木研究室に国内留学していました。幸い今までの自身の研究によって、この培養が難しいウイルスを比較的大量に増やすことが可能になっていたのも、問題なくウイルスゲノムDNAを抽出できました。抽出してみたゲノムサイズはイリドウイルスにしてはちょっと小さい様に思いましたが、これを制限酵素で細かく切ってクローニングし、読みとったDNAの配列をひたすら遺伝

子バンクに登録されている既知のDNA配列とコンピュータを使って比較し、ヒットを待っていました。しばらくはヒットがない日々が続きましたが、ついに手がかりをつかむ時がやってきました。いつものように解析にかけ、「栗田、解析中」の貼り紙をコンピュータの画面に貼って昼食にでかけました。帰ってくると、学生さんが「栗田さん、当たってますよ」と声をかけてくれました。急いで見てみると、ヒットしていた相手の遺伝子はFrog virus 3 (FV3) ATPase。FV3とは、イリドウイルス科、ラナウイルス属を代表するウイルスで、ATPaseとはATP（アデノシン三リン酸）を分解する酵素です。このFV3 ATPase 遺伝子と相同な遺伝子は、現在イリドウイルス以外では、形態的に近い微細藻類のウイルス、ファイコダナウイルス科のクロレラウイルスPBCV-1で見つかっています。しかし、当時は他のウイルスはじめ他の生物でも報告がありませんでした。「やっぱりイリドウイルスかなあ」。一方このころ、PCRで同定したRSIVのRNAリダクターゼサブユニット(RR-2) 遺伝子(RNAに対応するDNAに変換する酵素を構成する2種類のサブユニットのうち、小さい方の遺伝子)が、ワクチニアウイルスに酷似しているのも、このウイルスはワクチニアウイルスに近いのではないかの情

報も日本の研究者から入ってきました。ワクチニアウイルスは形態的にはイリドウイルスとは全く異なるウイルスです。これと前後して2つ目の遺伝子を見つけました。RNAポリメラーゼの酵素活性中心を担うサブユニットであるRNAポリメラーゼラージエストサブユニット(RPO-1) 遺伝子です。この遺伝子をつけたことは前述した通

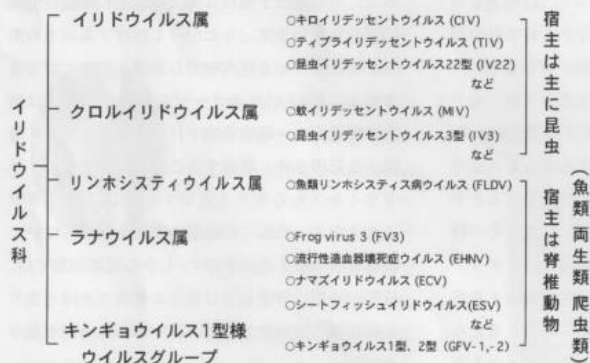


図1. 現在のイリドウイルスの分類表

り、少なくともヘルペスウイルスの仲間ではないことの決定的な証拠でした。

RSIVはやっぱりイリドウイルス

—RPO—1 遺伝子, RAD 2 遺伝子—

RPO-1 遺伝子は、イリドウイルス科では昆虫を宿主とするイリドウイルス属のキロイリデッセントウイルス (CIV) と魚類を宿主とするリンホシステウイルス属の魚類リンホシステウイルス (FLDV) で同定されています。これらの遺伝子は、他のウイルスよりも真核生物やその原型となった古細菌に似ているという特徴を持っています。しかし、CIVとFLDVとで大きく相違する点がありました。まず分子全体の構造についてですが、CIVのRPO-1分子は真核生物や他のウイルスには存在するC-末端ドメインが欠けていて、ちょうど古細菌のRNAポリメラーゼのサブユニットA'に相当する部分しかありません。古細菌ではこの足りない部分は別のサブユニットが担っています。おそらくCIVでもこの欠損部分は他にコードされているのでしょう。一方FLDVのRPO-1分子には欠損はなく、真核生物同様すべてのドメインを持っています。また系統解析から、CIVではその起源が真核生物のRNAポリメラーゼⅡにあると考えられていました（真核生物のRNAポリメラーゼにはⅠ、Ⅱ、Ⅲの3種類があり、それぞれリボゾームRNA、メッセンジャーRNA、トランスファーRNAの合成用に特化しており、いずれも古細菌の祖先遺伝子から分化してきたと考えられている）。ところがFLDVを解析に加えると、イリドウイルスのこの遺伝子の起源がⅡにあるかどうかは、はっきりしないものになってしまうのです。さて問題のRSIVのRPO-1はどのような特徴を持っているのでしょうか。調べてみるとまず分子にはFLDV同様に欠損はありませんでした。アミノ酸配列の比較に基づく系統樹 (NJ法) を書いてみると (図2参照)、RSIVは見事にFLDVやCIVと共通のクラスターを形成し、

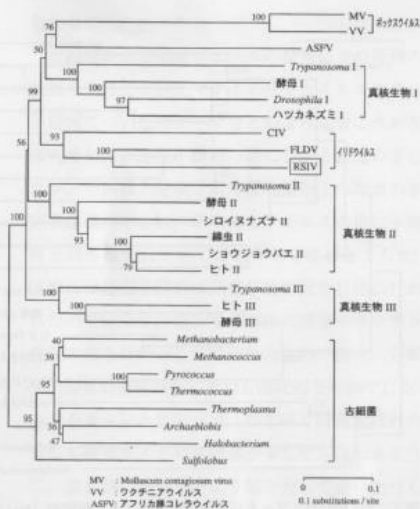


図2. RPO-1 遺伝子推定アミノ酸配列の比較に基づく分子系統樹 (NJ法、アウトグループは古細菌)

確かにイリドウイルスであることが示されました。しかもCIVより同じ脊椎動物のイリドウイルスであるFLDVに近いことも明らかになりました。また系統解析からイリドウイルスのこの遺伝子は、分化したⅡから派生したものではなく、3タイプのRNAポリメラーゼの分化とはほぼ同時期に起源があることも分かりました。CIVのRPO-1の分子構造が古細菌のそれと似ていることから、“古細菌から真核生物への進化と、イリドウイルスの起源が深く関係しているのでは”との憶測は、どうも考え過ぎだったようです。

解析を進めるうち、RPO-1遺伝子のすぐ下流に真核生物でRAD 2 などとよばれるものと相同な遺伝子が存在することが分かりました。この遺伝子の仲間は、同一の祖先遺伝子から進化したと思われる別々のグループ (サブファミリー) を形成し、これらがまとまってXPG/RAD 2ファミリーという大きなグループを作っています。この仲間は一言でいうと核酸を削る酵素群で、複製の際のDNAの間違いやDNAにできた傷を削って直し

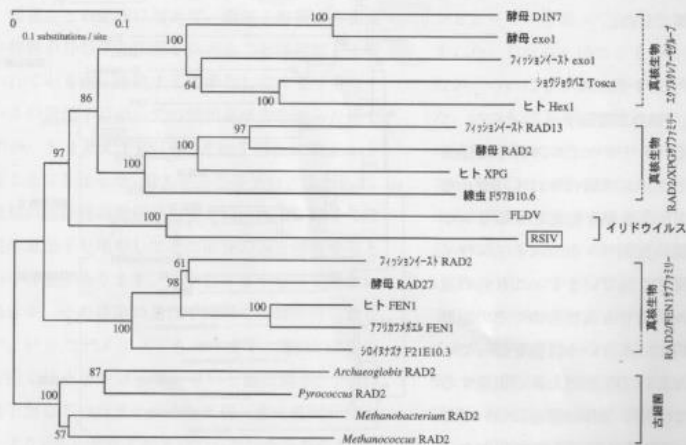


図3. XPG/RAD2ファミリー遺伝子推定アミノ酸配列(N+1ドメイン部分)の比較に基づく分子系統樹 (NJ法、アウトグループは古細菌)

な特徴なのでしょう。イリドウィルスの遺伝子が他のウイルスとくらべ真核生物との類似性を保っているのは、遺伝子の間違いを修復するこの酵素を持っているからかもしれません。系統解析の結果はやはりRPO-1と

たり、DNAを組み替えたりする働きを持つと思っていればよいと思います。この仲間は真核生物ではおもに3つのグループにわかれて存在し(図3参照)、最も祖先型に近いと考えられるのはRAD2/FEN-1サブファミリーと呼ばれるものです。この酵素の主な機能はDNA複製の際の間違いを直すことと考えられています。古細菌にはこれら真核生物の酵素群の先祖型と思われるものただ1種類しか存在していません。これらすべては真核生物と古細菌に特徴的な遺伝子です。相同性は低いながら真正細菌のこれに相同な部分は、全く別の遺伝子であるDNAポリメラーゼIのN-末端に5'-3'エキソヌクレアーゼドメインとして存在しており、真正細菌のDNAの修復機能はこの部分が担っています。ではウイルスではどうなのでしょう。実は、ほとんどの真核生物を宿主とするウイルスは、この遺伝子を持っていません。唯一イリドウィルスのFLDVだけにこの遺伝子の存在が知られていました。RSIVもこの遺伝子をもっていたことから、おそらくこの遺伝子を持つこと自体イリドウィルス共通の大き

似たような樹型になりました(図3)。つまりイリドウィルスのこの遺伝子は共通のクラスターを形成し、その起源はやはり古細菌をもとにして、真核生物の各グループの酵素が分化する時期にあるようです。どうやらイリドウィルスの遺伝子の起源の多くはこのあたり、誕生初期の真核生物にありそうです。

その他にはDNAメチルトランスフェラーゼという遺伝子も同定しています。宿主のDNA分解酵素からの攻撃をかわすため、自身のゲノムDNAにメチル化という修飾を行う酵素と考えられています。これもまたイリドウィルスに特徴的な遺伝子です。ここまでくるともうRSIVがイリドウィルス科であることに疑問の余地はなくなります。次にでてくるのはRSIVはといったどの属に入るのかという疑問です。

RSIVは新属なのか?

—MCP遺伝子からみたRSIVの分類学的位置—

RPO-1遺伝子の比較から、RSIVは少なくともイリドウィルス属よりは同じ脊椎動物を宿主と

するリンホスチウイルス属に近いという結果がでていました。しかし図1に示した通り、イリドウイルス科にはまだ3属あり、特に脊椎動物を宿主とするもう一つの属であるラナウイルス属とは比較できていません。これら2属を含む最も多くの属、種で報告があり比較可能なのは、ウイルスの殻を構成する主要外被タンパク質(MCP)の遺伝子です。そこでRSIVのこの遺伝子を同定、他のイリドウイルスと比較し、分子系統樹を図4に書いてみました。結論としては、“RSIVはイリドウイルス属はもとより、ラナウイルス属ともリンホスチウイルス属とも大きく異なる”というものでした。RSIVは他の多くの脊椎動物のイリドウイルスが属するラナウイルス属とも、全く異なるウイルスだったのです。ではRSIVはいったい何属なのでしょう。残る2属のうち、クロルイリドウイルス属は無脊椎動物を宿主とし、いろいろな特徴からRSIVがこれに分類される可能性はまずないでしょう。残るは脊椎動物のイリドウイルスの最後の1属、キンギョウイルス1型様ウイルスグループです。しかしこのウイルスの遺伝子についての報告はなく、RSIVが新属であるかどうか決定するには、このウイルスの遺伝子研究を待たねばなりません。

おわりに

企速室から養殖研ニュースの研究紹介の原稿の依頼を受けてから、マダイイリドウイルスの遺伝子研究についてのテーマでどのように書こうかと考えました。遺伝子診断の話にしようか迷いましたが、今回は、分類学的位置と遺伝子の起源の推定を話題の中心に、基本的なウイルスの遺伝子解析という研究についてご紹介させて頂きました。実際には遺伝子解析は分類学的研究を目的に行われたのではなく、遺伝子診断法の開発やワクチン開発を主な目的として行われたものであり、分類学的知見の蓄積はあくまでも副次的なものでした。本文を書くにあたっては、なるべく研究者以外の方にも研究サイドの雰囲気が少しでも伝わるように、論文調にならないよう気を使って書いたつもりですが、かなり専門的な説明も多くなってしまいました。研究内容については、「分類学的位置や遺伝子の起源が分かったところで病気の解決にならないのでは」との批判も聞こえてきそうです。しかし今回基本的なウイルスの遺伝子解析をしてみて、はじめてその大切さが分かりました。これをしなければ決して分からなかった事実が分かってきたからです。倒すべき敵の基本戦略もほぼ把握できました。これについてはまた別の機会にご

紹介しようと思います。
近い将来この基礎研究の成果がウイルス病の防除に役立つ日が必ずや来るものと信じて日々研究に、バドミントンに、バレーボールにいそしむ毎日です。
(病理部 病原生物研究室)

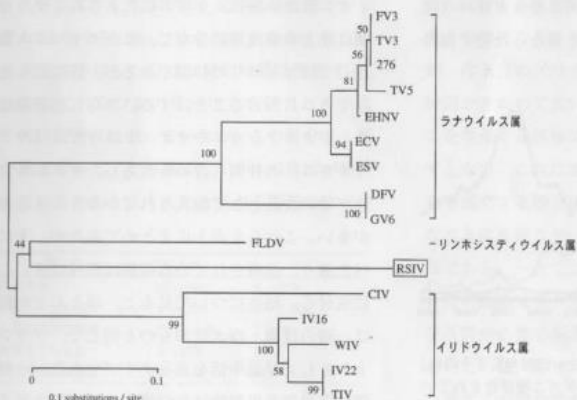


図4. MCP遺伝子推定アミノ酸配列(一部)の比較に基づく分子系統樹(NJ法、無根)

冷たい水に棲むカニたちの幼生

小 西 光 一

はじめに

わが国はエビだけではなくカニも大量に消費しており、タラバガニ等の大型のカニは重要な水産資源である。大型のカニと言えば、北方の冷たい海に棲んでいるとのイメージが強いかも知れないが、南方の海であっても深くなれば水温は急激に低くなり、そこでは冷たい水を好む種がいるので、実際はかなり広い範囲にわたっていることになる。取り合えずここでは0～5℃の冷たい水域の種をまとめて冷水性のカニ（冷水種）、反対に暖かい水域の種を暖水性のカニ（暖水種）と呼ばせていただく。わが国における冷水性のカニは消費量が多いにもかかわらず、図1に示した様に漁獲量の減少は著しく、たとえばTAC魚種の一つであるズワイガニでは最盛期の5.6%にまで落ち込んでいる。したがってこれらの資源の量を算出しその変動を予測すること、さらに資源の増殖を図ることが大切であるのは言うまでもない。そのためにはまずこれらのカニがどの様にして生まれ、育って行くのかが分かなければ話は進まないが、その辺りの話はどうなっているのだろうか？

ところで、カニの一生はゾエアやメガロバ（図2）と呼ばれる親とはまったく異なった姿で海の

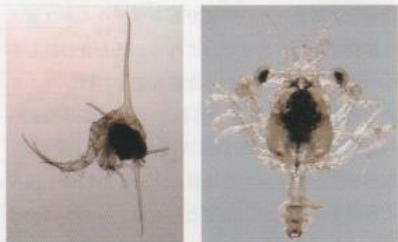


図2. ズワイガニの幼生。写真左がふ化後のゾエアで、右がメガロバ。

表面近くを泳いでいる時期と、カニの姿に変態してから海の底に下りその後大きく成長して行く時期との二つの相から出来ている。これまで、わが国の冷水性のカニでは、平たく言えば親ガニの研究がほとんどであり、もう一方の幼生について情報は少ない。そこでこれらの幼生にまつわる問題等を述べてみたい。

どの様な種類がいるか？

冷水性のカニはズワイガニ類、クリガニ類、タラバガニ類の3つのグループに分けられる。ズワイガニは深い海に、ケガニに代表されるクリガニ類は北方の寒流域に分布し、またタラバガニ類は正しくはヤドカリの仲間であるが、習慣にしたがってカニに含めることにする。さらに消費量は少ないがタカアシガニやオオエンコウガニ（マルズワイガニ）の仲間も含められるし、ダンジネスクラブ等の食品として輸入されているカニも冷水種が多い。これらを表1にまとめてみたが、先に述べた通り、漁獲されている種類は意外に多いことに気付く。幼生について見ると、ほとんどの種では一般の浅海・暖水性のものと同じで、プランクトンとして浮遊生活を送るタイプである。一般に深い海の無脊椎動物は育つ環境での不利を補うためか、大きな卵から親とほとんど同じ形で生まれ



図1. わが国のカニ類漁獲量（1952～1996年）。「その他」の中にはベニズワイガニやケガニ等が含まれている。データは「漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省統計情報部）」に基づく。

種 名	成体の生息 環境	ライフサイクル 初期の基礎研究	稚ガニの生産 技術の研究	稚ガニの 放流事業
トラバガニ (<i>Paralithodes camtschaticus</i>)	冷水	+	+	(+)
ハナサキガニ (<i>Paralithodes brevipes</i>)	冷水	+	+	+
アブラガニ (<i>Paralithodes platypus</i>)	冷水	+	-	-
イバラガニ (<i>Lithodes turritus</i>)	冷水	-	-	-
ホクヨウイバラガニ (<i>Lithodes couesi</i>)	冷水	-	-	-
イバラガニモドキ (<i>Lithodes aequispina</i>)	冷水	-	-	-
ズワイガニ (<i>Chionoecetes opilio</i>)	深海	+	+	-
ベニズワイガニ (<i>Chionoecetes japonicus</i>)	深海	+	-	-
オオズワイガニ (<i>Chionoecetes bairdi</i>)	冷水	(+)	-	-
タカアシガニ (<i>Macrocheira kaempferi</i>)	深海	+	+	-
ケガニ (<i>Erimacrus isenbeckii</i>)	冷水	+	+	-
トゲクリガニ (<i>Telmessus acutidens</i>)	冷水	+	-	-
*アメリカオオエンオウガニ (<i>Geryon quinquedens</i>)	深海	-	-	-
*アフリカオオエンオウガニ (<i>Geryon maritae</i>)	深海	-	-	-

+: ある, -: ない, *: 海外の漁場で漁獲

表1. わが国の冷水性カニ類

出て浮遊生活をしないか、あるいはたくさんある幼生期を縮めた成長をする場合が多い。このことを考えると冷水性のカニは生物学的にむしろ変わり者かも知れない。

どの様な問題があるか？

幼生が関わる問題で、最初に資源の方を考えたい。一言で述べれば、それは「冷水種の幼生を正確に見分けられない」となる。たとえばズワイガニとベニズワイガニでは、成体は棲む深さがそれぞれ400mと1000mと分かれているが、幼生の方は表層部分にしかほぼ同じ時期に出現する。これまでにいくつかの見分け方が試されてきたが、実用段階には至っていない。この見分けの技術が進まないと、どの様にしてカニの集団が維持されているのかと云う大切な所が不明確なままで

研究は止まってしまう。実際、これが原因で浮遊期の幼生たちの行動生態等、ライフサイクル初期での重要な部分がほとんど不明のままである。これらの点が明らかにされない限り、少なくとも現在以上の精度での資源の量について議論するのは難しい。

次に人工的にカニを増やすと云う増殖の方での問題は「冷水性のカニはすべてが長くかかる」となる。冷水性の代表としてズワイガニを、またこれに対する暖水性の代表をガザミとするならば、表2の様になる。中身を比べれば一目瞭然であるが、冷水性のズワイガニでは抱卵・発生に要する時間がきわめて長い。これは放流等のための稚ガニを生産する技術について見ると、かなりのハンデとなる。これに加え、通常のエビ・カニ類の幼生を飼育する場合にワムシやアルテミア等の微小な生き餌を使うが、これらは20~30℃が適正な水温である。一方でこれらのカニ類幼生は0~10℃程度の低温で育つために、この低温に耐えられる生き餌が必要である。また生理学的な情報が足りないために、稚ガニ生産に用いるふ化幼生や育てた稚ガニが健全であるかどうかについてもなかなか判断がしにくい。自分自身の経験でも、とても

種 名	ズワイガニ	ガザミ
推定寿命	10~17年	2~3年
産卵~ふ化の期間	1~1.5年	2~3週間
ふ化~変態の期間	2~3ヶ月	2週間
成熟までの年数	5~10年	1年
年当たり産卵回数	0.5~1回	2回以上

表2. 冷水性と温水性のカニ類の繁殖の違い

元気に餌を食べて泳いでいたゾエアが、突然に全滅し、それまでヨタヨタとして元気のなかったグループが、結局最後には高い率で生き残ったり、予測がつかない例に出くわすのは日常茶飯事である。さらに稚ガニの放流に関しては、底での歩行生活に移る前後の具体的な居場所が分かりにくく、かつ稚ガニそのものの行動生態も良く分かっていない。このため実務上解決すべき問題は山積している。

この様な背景があるためか、増殖の土台となるべき基礎的な研究について見ると、暖水種ではほとんどで行われているが、冷水種ではまだまだである。さらにカニ類の稚ガニの生産について見ると、図3の通り現在の生産実績の99%はガザミを代表とする南方の小型暖水種で占められている。冷水種に限らず、カニの幼生の研究では「やりやすい種と分野」はすでに終わっており、残っているのは手ごわい相手ばかりなのである。

最後に研究を行う人間の側に目を向けると、このライフサイクルが長いということは、それが短い魚種に比べ、一つの研究成果が出るまでにかなり時間と労力がかかり効率が悪いことになる。このために専門の研究者が育ちにくく、人材が出たとしても散発的な結果になりやすい。これは試験研究機関だけでなく、大学でも事情は同じと思われる。「人生は短く、学問は長い」との言葉があるが、まさに「研究(期間)は短く、カニは長い」

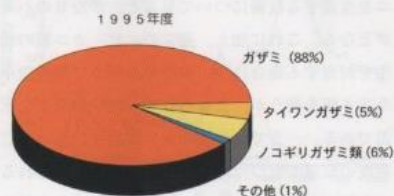


図3. わが国のカニ類の種苗生産実績。データは「栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(水産庁・(社)日本栽培漁業協会)」に基づく。

である。

どの様にすれば良いのか?

幼生を見分ける技術がないことに対しては、1)形態学的手法の高度化、2)生化学的手法の開発、ならびに3)幼生に関するデータベース作りが必要であろう。これにより、ライフサイクル初期の幼生が大きな海の空間の中で、どの様に分布し生きているのかが細かい点まで明らかになり、この方面の研究が大きく前進すると思われる。

増殖にかかわる幼生飼育の技術に対しては、1)生理と生化学的な面での研究、2)低温下で使える生き餌(あるいは人工の餌)を探し出すこと、3)行動と生態の研究の3点が重要であろう。またこれら二つに共通して、微小な生き物を扱いつつ高い精度のデータを得るテクニックが必要である。たとえば、全長1¹/₂に満たないゾエアがどれだけの酸素を使っているかを時間を追ってしかも個別に測定すると言った話になる。他の分野で使われている先端技術の応用も大切であるし、また独自のミクロテクニックを創り出すことも要求されよう。

最後に、両者に共通する人的資源については、教育機関と研究機関が手を取り合って、次世代、次々世代の専門家を育てて行く他はないであろう。現在の水産分野ではある一つの研究手法で種々の魚種を相手にする例が多く、もちろんこれが有効に働いているのも事実であるが、ズワイガニに代表される長丁場の相手に対しては、むしろ魚種別に専門化した研究者およびこれをサポートする体制が有効ではないだろうか?ここで述べたことは他の魚種では当たり前であって、すでに完成されたものかも知れないが、冷水種ではまだまだである。冷たい水のカニたちに対しては暖かい気持ちと長い視点で相手をするのが、結局はわが国のカニ漁業の発展につながって行くものと思われる。

(繁殖生理部発生生理研究室長)

原腸陥入に関する遺伝子

岡 本 裕 之

「我々の人生で真にもっとも重要な瞬間は、誕生でも結婚でも死でもない。それは原腸陥入のときである。(Lewis Wolpert, 1986)」という言葉をご存じであろうか？近年、発生学を学んだ人は耳にしたことがあるに違いない。さてこの原腸陥入、何も人にとってだけ重要なのではない。むしろ地球上のかなり的高等（中等も含む？）動物にとって重要なのである。ではいったい原腸陥入とは何なのであろうか。高校時代の生物の授業で習ったことを思い出す人も多いと思う。原腸陥入とは「内胚葉性および中胚葉性器官原基の予定材料が、胚前期に占めていた胚表面から形態形成運動によって胚内へ移動して、（岩波 生物学辞典 第4版より）」というように言葉にすると少々わかりにくい。わたしなりに説明するなら、「上皮構造を形成した胚体の層状の細胞群がある場所より内側に陥入し、原腸（消化管腔）といわれる管状構造を形成する過程」というのはいかがであろうか（図1）。そしてこの原腸は後に消化管となり、一方が口、もう一方がお尻になるのである。さてこの原腸陥入がどうしてそんなに大事かというと、実はこの一連の細胞運動が最初でかつ最大の形態形成運動といえるからである。これによって将来の神経や筋肉や内臓となるべき細胞集団が

形態的機能的に形成されるのである。もし何らかの原因でこの原腸陥入が一つの受精卵上で二つ生じたなら、その胚体は将来体の一部がつながった一卵性双生児となる。

オーガナイザーで発現する遺伝子

さて人生において“結婚”より重要である原腸陥入には、オーガナイザー（原口背唇）といわれる組織の存在が不可欠である。オーガナイザーとは、原腸陥入の際、その基点となる初期胚上の特殊な領域のことで、これまで様々な実験動物を使った研究から、オーガナイザーで発現する遺伝子が報告されてきた。nodal, goosecoid, forkheadなどがそれである。我々はその中のフォークヘッド遺伝子が、将来神経管の極性の決定に働く組織（フロアプレート）においても発現していることから、当該遺伝子が神経管の背腹の軸構造を誘導しているのではないかと考え、小型硬骨魚類であるメダカよりフォークヘッド遺伝子を単離することにした。フォークヘッド遺伝子は、当初ショウジョウバエの初期発生胚の陥入運動に対して異常を引き起こす原因遺伝子として報告された。後にこの遺伝子は、遺伝子の発現調節領域に直接結合して機能する転写調節因子をコードしていることが分かった。さらにこの遺伝子には、フォークヘッドドメインと呼ばれるDNA結合領域を共通に持つ仲間の遺伝子が多数存在し、一つの遺伝子ファミリーを形成していることが分かった。またフォークヘッド遺伝子はラット、マウス、ヒト、カエル、ニワトリ、酵母、線虫、カイコ、ホヤ、ウニ等様々な生物から次々とクローニングされ、その存在が非常に広い生物種にわたっていることが明らかになった。これら様々な生物より採られたフォークヘッド遺伝子の共通点は、原腸陥入時もしくは陥入を伴う管状構造の形成初期に一時的に

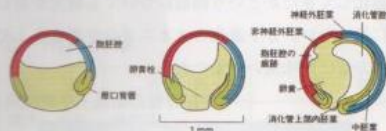


図1：原腸陥入概念図

原腸形成時の胚を正中面で切ったもの。層状になった細胞群が原口の周辺で内側に折り込まれ、胚の内部へ奥深く入り込む。最初に内側に巻き込まれた細胞は、頭部の内胚葉、中胚葉由来の構造を作り、最後に入った細胞は、体の最後部に位置する構造を作る。（細胞の分子生物学第3版より改変）

発現するという点である。生物によっては消化管内の絨毛の形成、肺内部の分岐構造の形成、唾液腺の形成時などといった管状構造の形成時にその発現が報告されている。このことから推測されることは、フォークヘッド遺伝子の重大な機能の一つは“陥入”を元にした管状構造の形成であると思われる。高等動物の複雑な体の構造や器官形成のかなりの部分は上皮の陥入とそれに伴う周りの組織への分化誘導の結果として考えることができる。言い換えるなら、原腸陥入を代表とする管状構造の形成が、動物の形態形成を考える上で発生学的にも進化的にも最も重要かつ基本的なメカニズムであるといえる。そしてさらに想像をたくましくすれば、その基本メカニズムに関与するフォークヘッド遺伝子の機能と起源は、そのまま地球上の動物の進化の歴史といえるかも知れない。

フォークヘッド遺伝子の多彩な機能と謎

実はフォークヘッド遺伝子の機能は原腸陥入ばかりでない。我々が、メダカの初期発生中の胚から得ることができたフォークヘッド遺伝子の一つはHNF-3 β と呼ばれるものであった(図2)。この遺伝子は数あるフォークヘッドファミリーのメンバーの中でも最もよく研究されているものの一つである。しかし、この遺伝子産物は、当初、ラット成体の肝臓で発見され、後に初期胚においてオーガナイザー等、誘導機能を持つとされる組

織での発現が確認された。不思議なことに成体肝臓でのHNF-3 β の機能は、カタラーゼを中心とした肝臓特異的な酵素の発現調節と考えられており、初期発生中の形態形成における機能とは直接何の関係もないように思われる。この様な様々な組織での発現は、他のフォークヘッドファミリーのメンバーについても報告されており、フォークヘッドをめぐるとの謎の中でも最も不思議なものの一つである。しいて関連づけるならば、肝臓、精巣、血液幹細胞、脳(最近脳内に増殖しているいろいろな神経細胞に分化できる神経幹細胞の存在が発見された。しかしフォークヘッド遺伝子が発現しているかどうかは不明)等の細胞増殖能が高い組織で発現していることぐらいであろうか。他に発生過程以外に働くフォークヘッド遺伝子としては、例えば、ある種の細胞成長因子を輸送するタンパクの発現調節をしているものや、甲状腺ホルモンの生成に関与する遺伝子の発現を制御しているもの、はたまた寿命を制御しているのではないかというものまで報告されている。発生、成長、代謝、寿命といった様々な生命活動にフォークヘッド遺伝子は関わっているようだが、その働く場所や時期にこれといった法則や規則といったものは見あたらない。今後フォークヘッド遺伝子ファミリーの機能が詳しく解析されるであろうが、その一方で、このように生体機能が多岐にわたる遺伝子ファミリーがどのような先祖遺伝子からどのように進化してきたかという問題についても研究が進むに違いない。分子進化のメカニズムを考える上でも非常に興味深い対象である。

(遺伝育種部細胞工学研究室)

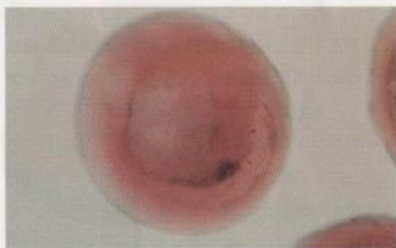


図2:メダカHNF-3 β のオーガナイザーでの発現
メダカの初期囊胚期の胚体を動物極側から見たところ。卵黄上についた円盤状の胚体の一部(オーガナイザー)にHNF-3 β のシグナルが観察される。



チェコ共和国プラハ市街のディスプレイ

'98年(5~7月)の記録

1. 主な出来事

月 日	項 目	概 要
5. 20	第1回ヒラメ貧血症研究会	平成9年12月の養殖研究所魚病部において、「ヒラメ貧血症に関する研究会」の結成を提案し、平成10年5月20日第1回研究会を養殖研究所玉城分室で開催した。第1回研究会では現在までの調査報告並びに平成10年度研究計画を策定した。
5. 28	第1回水産用ワクチン検討会	現在までに3種類の水産用ワクチン(浸漬用及び経口用)が製造承認されている。今後、広域化する魚病の予防に注射用ワクチン等の使用が不可欠と考えられることから、その指導体制等について検討した。
6. 24	平成10年度水産養殖研究推進全国会議	本年度の推進会議は、諸般の事情により早期に開催し、さらに試行的に機関評価機能を取り込むこととし開催された。出席者及び所属機関数は36名25機関である。主な議題は、1. 所運営の概況報告、2. 所の活動と研究成果、3. 各部会活動報告、4. 研究基本計画(案)、5. 養殖研究所組織改変(案)、及び6. 総合討論である。議事を通じ明らかとなった点は、1. 他の水産庁研究所及び関連研究機関との連携の強化の必要性、2. 本会議と機関評価機能についての見直しの必要性、3. 会期、開催場所等の再検討の必要性等である。
6. 25	養殖研究所・(社)日本栽培漁業協会第3回協同研究検討会	養殖研究所と(社)日本栽培漁業協会とが、栽培魚業の推進に関する広範な諸問題について意見を交換し、問題解決の方向を探るとともに、研究ニーズの発掘に努め、緊密な連携を図るための標記研究会を開催した。日栽培からは古澤徹常務をはじめ5名、養殖研からは加藤守所長他5研究部と日光文所から計22名、さらに中央水研の秋山敏男資源増殖研究官が出席した。松里寿彦企画連絡室長の司会で議事が進められ、1)平成10年度における協同研究の進め方、2)平成11年度以降の協同研究等の候補課題について半日間の意見交換、報告、論議が行われた。
7. 16	平成10年度養殖研究所組み換えDNA実験安全委員会	所外委員の鈴木宏治三重大学教授、吉川宏昭野菜・茶葉試験場野菜育種部長及び所内委員8名と実験責任者数名が参加し、所内で行われる組み換えDNA実験の計画が適切かどうかの審議を行った。新規開始実験6課題、計画変更1課題の計画のうち一部を修正し、申請された全ての計画を承認した。

2. 所員研修

氏 名	所 属	期 間	研 修 内 容	研 修 先
鈴木 由美	庶務課	6. 25	中部地区健康安全管理担当者研修会	人事院
大原 一郎	栄養代謝部	7. 12~15	情報計算セミナー研修「UNIX入門」研修	技会

3. 農林水産省依頼研究員受入れ

氏 名	所 属	期 間	研 修 内 容	対応研究部・室
石戸 義人	青森県内水面水産試験場	10. 6. 1 ~ 10. 8. 31	遺伝子操作のための基本的な技術の習得	遺伝育種部・細胞工学研究室

4. 一般研修受入れ

氏 名	所 属	期 間	研 修 内 容	対応研究部・室
景 崇洋	三重大学大学院	4. 12. 1 ~ 11. 3. 31	DNA多型を用いたコピレゴンドウの群構造の解析	遺伝育種部・細胞工学研究室
北川 忠生	"	7. 4. 25 ~ 11. 3. 31	アジメドジョウに関する遺伝学的研究	遺伝育種部・遺伝資源研究室
棟方 有宗	東京大学大学院	7. 4. 26 ~ 11. 3. 31	サケ科魚類の回遊機構に関する内分泌学的研究	日光支所・繁殖研究室
大倉 正幸	三重大学大学院	8. 7. 1 ~ 11. 3. 31	マダイの生殖原刺激ホルモン放出ホルモン産生ニューロン及び生殖原刺激ホルモンの個体発生に関する研究	繁殖生理部・繁殖生理研究室
横山 憲一	(財) 阪大微生物病研究会	10. 4. 1 ~ 10. 9. 18	魚類ウイルス性疾患に関する研究	病理部・病原生物研究室
川嶋 元樹	北里大学	10. 4. 1 ~ 11. 3. 31	サケ科魚類の成長・栄養状態に関する生化学的研究	日光支所・育種研究室
赤井 俊彦	"	"	"	"
今井 基文	東京大学大学院	10. 4. 22 ~ 11. 3. 31	安全同位体比を用いた内湾における二枚貝の生産構造解析	環境管理部・技術第二研究室
杉山 崇英	宇都宮大学大学院	10. 4. 30 ~ 10. 7. 30	サケ科魚類の降河行動と内生ホルモンの変動	日光支所・育種研究室
黒田 丹	東京水産大学大学院	10. 5. 1 ~ 11. 3. 31	魚類における炎症性サイトカインの機能に関する研究	病理部・免疫研究室
森島 輝	広島大学大学院	10. 5. 18 ~ 11. 3. 31	魚類のゲノム解析技術開発のための共同研究	遺伝育種部・細胞工学研究室
笠井 規弘	北里大学大学院	10. 6. 8 ~ 10. 7. 7	ヒメマスの海水選択行動と海水適応能に関する研究	日光支所・育種研究室
紙本 幹子	東海大学	10. 7. 23 ~ 10. 10. 25	シラウオの Hox 遺伝子クローニングに関する研究	栄養代謝部・代謝研究室

5. STAフェローシップ

氏 名	所 属	期 間	研 修 内 容	対応研究部・室
Anand Shanke Srivastava	インド	10. 5. 10 ~ 12. 5. 9	遺伝子銃を用いた魚類への遺伝子導入技術の開発と分化誘導因子の機能解析に関する研究	栄養代謝部・代謝研究室
Ramalingam Kirubakaran	インド	10. 6. 7 ~ 10. 9. 6	魚類の脂肪細胞の初期分化過程におけるマーカー遺伝子の単離・解析に関する研究	栄養代謝部・飼料研究室

6. 海外出張（研究交流促進法適用を含む）

氏 名	所 属	期 間	日数	出張先	目 的	経 費
中西 照幸	病 理 部	10. 5. 24 ~ 6. 4	12	デンマーク	第4回北欧魚類免疫学シンポジウム	研究交流促進法
福所 邦彦	繁殖生理部	10. 6. 1 ~ 6	6	フィリピン	国際水産資源管理センター研究計画立案会議	研究交流促進法
小西 光一	繁殖生理部	10. 7. 18 ~ 24	7	オランダ	第4回国際甲殻類会議	研究交流促進法

7. 主な会議・委員会

月 日	会 議 名	出席者	主 催 者	場 所
5. 7	バイオコスモス計画国際ワークショップ企画委員会	福所 邦彦 東照 雄	水産庁	宮 城
5. 18	平成10年度第11回需要種対策調査委託事業検討委員会	香川 浩彦	水産庁	東 京
5. 19	平成10年度バイオテクノロジー先端技術シーズ培養研究（動物分野）設計会議	中西 照幸	農林水産技術会議事務局	東 京
5. 28 ~ 29	平成10年度内水面水産業関係試験研究推進会議	佐藤 良三 池田 和夫	水産庁	長 野
5. 29	水産研究業績審査会	加藤 守	水産庁	東 京
6. 2	水産庁研究所長打ち合わせ会議	加藤 守	水産庁	東 京
6. 3	水産庁研究所長懇談会	加藤 守	水産庁	東 京
6. 4	農林水産省全場所長会議	加藤 守	農林水産技術会議事務局	東 京
6. 4	平成10年度春期東海ブロック水産試験場長会	松里 寿彦	茨城県	茨 城
6. 9	平成10年度第1回資源管理計画策定調査検討会	白石 学	愛知県	愛 知
6. 12	第3回水産研究一世紀記念事業準備委員会	藤井 武人	水産庁	東 京
6. 26	水産用医薬品調査会	芦田 勝朗 他2名	水産庁	東 京
7. 6	平成10年度第1回養殖場環境改善システム検討会	中込 純一 他2名	水産庁	東 京
7. 8	ワクチン検討会	中西 照幸 他2名	水産庁	東 京
7. 9	平成10年度種苗生産システム研究会「高機能植物飼料の開発」第2回検討会	岡内 正典	マリノフォーラム21	東 京
7. 10	企画科長会議	藤井武人	農林水産技術会議事務局	東 京

月 日	会 議 名	出 席 者	主 催 者	場 所
7. 13	平成10年度第1回養殖魚場適正管理推進事業環境指標検討会	中添 純一	大分県	大 分
7. 13	第1回「防疫の見地から見た放流用種苗に関する申し合わせ」検討委員会	芦田 勝朗	日本栽培漁業協会	東 京
7. 15	第37回水産研究所課長懇談会	森田 二郎	水産庁	新 潟
7. 22	水産庁研究所長懇談会	境 清	水産庁	東 京
7. 23	「生殖系列細胞を用いた希少動物種の維持・増殖」に関与する基盤研究」班会議	加藤 守	農林水産技術会議事務局	茨 城
7. 31	農林水産省共済組合東海支部所属事務所担当者会議	井上 悟	農林水産省共済組合	愛 知
7. 31	「水質汚染モニタリングのための遺伝毒性を指標としたバイオセンサー系の開発」検討会	鈴木 由美 和田 克彦	厚生省	和 歌 山

8. セミナー

月 日	発 表 者	話 題
5. 7	養殖研究所 北村 章二 (日光) " 生田 和正 (日光) 東京大学大学院農学生命科学研究科 榎方 有宗氏 (日光)	サケ科魚類の河川水記録と母川選択 サケ科魚類の繁殖行動に及ぼす環境水酸化の影響 サケ科魚類の降河・遡上回遊および性行動における性ホルモン の役割
5. 12	養殖研究所 中西 照幸 (日光) " (日光)	ノルウェーにおける魚類ワクチン使用の現状 MHC研究の水産育種学及び水産資源学への応用
5. 15	東京大学大学院農学生命科学研究科助教授 小林 牧人氏	雌性ホルモンが魚類の雄の生殖活動に及ぼす影響
5. 22	養殖研究所 良水 知義 " 岡本 裕之	海産魚の白点虫について (養殖場の飼育環境と白点虫発生 の関連)
6. 11	基礎生物学研究所 二階堂 昌孝氏 (玉城)	組織分化誘導因子の機能解析へのアプローチ
6. 17	三重大学教養学部 後藤 太一郎氏 (玉城)	ゼブラフィッシュにおける背腹軸決定機構
6. 18	アメリカ Oxford Laboratory所長, NMSF, NOAA, Kilho Park氏 東京水産大学院生 大久保 和史氏 (玉城)	ヤマシの行動と感覚 海の魚と地球環境の変化
6. 22	東京大学大学院農学生命科学研究科 今井 基文氏 養殖研究所 中添 純一 北里大学水産学部 笹井 淳二氏 (日光)	EIBSの人工感染によってギンザケ赤血球中に現れる核酸の 単離 安定同位体比による浜名湖における二枚貝の生産構造解析
6. 30	" 齊藤 秀徳氏 (日光)	養殖漁場環境指標とその問題点
7. 23	養殖研究所 東 照雄 (日光) 養殖研究所 徳田 雅治 (玉城)	ニジマス去勢早熟雄の性行動に及ぼすステロイドホルモ ン投与の影響 ニジマスの生殖に及ぼす低pHの影響
7. 24	STAフェロロシップ研究員 Ramalingam Kirubakaran氏	サケ科魚類の成長に及ぼす流水刺激の影響 Chaetoceros株の細胞分裂の停滞と回復におけるPeptoneと 細菌について
7. 28	韓国 国立水産振興院 Bo-Young Jee氏 (玉城) 三重大学院生 北川 忠生氏	Chromosomal and Hormonal Manipulation in the Catfish, Heteropneustes fossilis Parasitic disease of Korea ; on parasitic ciliates in aquaculture アジメドジョウ (Niwaella delicata) における遺伝的分化 と形態変異

9. 来客

本 所			日 光 支 所	
月	件 数	人数 (内外国人)	件 数	人数 (内外国人)
5	8	85 (0)	2	8 (0)
6	12	74 (3)	6	114 (50)
7	17	92 (1)	2	5 (1)



チェコ共和国ピーセック市の壁飾り



チェコ共和国プラハ市中央広場

平成10年度養殖研究所研究レビュー開始

昨年(1997)の11月頃より始まった研究レビュー対応は、5月中旬～6月上旬にかけての各研究分野一次レビュー、さらに、9月9・10・11日の二次レビューと続き、現在は来年1月頃に行われる予定の三次レビューに向け、二次レビューの際の外部委員の講評、主査所見を中心に養殖研究所として最善の対処をを検討しています。

一次レビューは、5研究分野及び日光支所ともにレビュー委員と各分野の研究者が向かい合い、緊張感漲る中で行われました。この農林水産省技術会議による「自主レビュー」の中心は、何といっても各分野の一次レビューであり、一次レビューの結果をまとめて二次レビューで報告し、検討頂くという構造になっています。一次レビューの結果は、この研究レビューと同時進行していた「養殖研究所研究基本計画(案)」の策定にも反映させることができましたし、10月1日の組織改定の際にも、より効率の良い研究態勢の構築を考える上で貴重な基礎資料ともなりました。研究レビューそのものは、まだ終わった訳ではなく、三次レビューに向けての作業中ですので、研究レビュー報告は全てが完了した後、改めて報告したいと思いますが、一次レビュー、二次レビューを終了

した段階での感想としては、研究レビューの有無に係わらず各研究部においては、常日頃から各部の研究目標や任務、さらに、それらを実現するに当たっての戦略、同時に現実の戦力に関する冷静な分析などについて十分な論議が大切であり、専門部としての共通認識の確立が必要と痛感しました。考えてみれば、プロジェクト研究素材やSTAフェロー、特別研究員の確保、共同研究計画の設計なども各部における目標、戦略についての確固たる共通認識がなければ一貫性のない場当たり的な対応となる危険性があります。農林水産省技術会議事務局の言う「不断の自主的研究レビュー」の重要性を再認識しております。

二次レビューは、真剣かつ、終始なごやかな雰囲気の中で行われました。大森主査、佐藤、安永両副主査をはじめとするレビュー班員の方々のお人柄によるものでしょう。また、外部委員である三谷三重県水産技術センター所長、田中京都大学教授、古谷全かん水養魚協会会長それぞれから厳しく、かつ、前向きな御意見をいただきました。お忙しい中本当にありがとうございました。

(企画連絡室)



二次レビュー風景(養殖研大会議室)

編集後記

多雨酷暑の夏も。研究基本計画とか研究レビューとかにとり紛れ過ぎようとしています。

水産増養殖についても景気の良い話しは少ないのですが、研究の方は着実に進んでいます。研究成果の一日も早い実用化に向け、さらに努力しなければと常々考え

ております。

十数年にわたり、本ニュースの編集に携わっていた加茂情報係長が9月1日付で転勤されました。本当にご苦労さまでした。次号からは新情報係長の下、さらに本ニュースを充実したものにしていきたいと思っています。(松里)

〒516-0193
三重県度会郡南勢町中津浜浦422-1
水産庁養殖研究所
TEL05996-6-1830
FAX05996-6-1962
<http://www.nria.affrc.go.jp/index-j.shtml>

〒519-0423
三重県度会郡玉城町昼田224-1
玉城庁舎
TEL0596-58-6411
FAX0596-58-6413

〒321-1661
栃木県日光市中宮祠2482-3
日光支所
TEL0288-55-0055
FAX0288-55-0064

養殖研ニュースNo.39 1998年9月30日発行