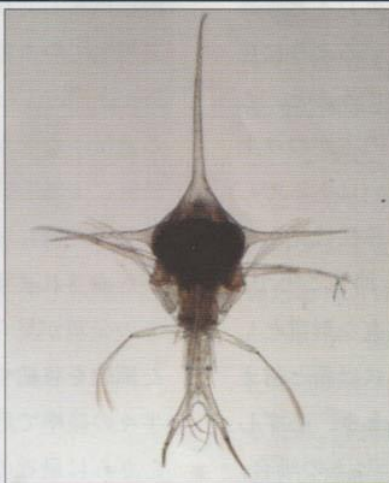


# 養殖研

ニュース

NO. 37

1998. 3



(分離卵と孵化したズワイガニのゾエア)

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 「左ヒラメの右カレイ」の謎 .....   | 2  |
| 二枚貝体内における炭素の流れ .....  | 6  |
| 炭酸ガスと海 .....          | 8  |
| 「月の魔力」にことよせて .....    | 12 |
| 環境ホルモン .....          | 16 |
| 97年11月～98年1月の記録 ..... | 17 |



## 「左ヒラメの右カレイ」の謎

山 野 恵 祐

ヒラメ、カレイ類は初期発育の過程で左右非対称な体つきに変わるというユニークな生活史を送ります（図1）。私の所属する病理研究室では、このヒラメの変態と呼ばれる現象が甲状腺ホルモンによって引き起こされ、基本的にはオタマジャクシからカエルへの変態と相同な現象であることを明らかにしてきました。今回、ヒラメの変態についての原稿を依頼されましたが、今までの研究の細かな話は別の場に譲り、ここではもう少しだけ話を書くことにしました。とは言っても、あとで読み返してみるとやっぱり堅苦しい内容になってしまったようにも思われます。そこは私の生真面目な性格の表れと我慢して読んでみて下さい。

### 左右性について考える

さて、ほとんどの動物はヒラメやカレイとは異なり外見上は左右が対称な形をしているように思われます。例えば、私たちヒトを見てみると、人によって右手の方が太いとか、左目の方がつり上がっているといった細かな左右の違いはあるでしょうが、種として固有な左右の非対称性は見あたりません。これはほとんどの魚でも同じことで、ヒラメやカレイのように種として固有な形質として左右非対称な体型をしているケースは希と言えるでしょう。しかし体の中まで見たとき、必ずしも左右対称でないことは自明です。ヒトの場合、心臓は左寄りにありますし、消化器系の器官の配置にも左右の非対称性が容易にみとれます。さて魚の場合はどうでしょう。ヒトとは違い心臓の位置は真ん中にあるようですが、やはり消化器系の器官の配置には左右非対称があります。一番分かりやすいのは肝臓で左寄りにあります。そのため、通常は魚を解剖するとき頭を左にしますが、そのように開腹すると消化管や浮き袋の上を大き

く覆うように肝臓が見えることが多いはずです。さて、このような体の左右性はどのように形成されるのでしょうか。

### 左右性はこうしてつくられる

発生学の分野では、たった1つの細胞からなる受精卵から個体が形成される過程で、前後軸、背腹軸、左右軸の3つの軸を形成するという概念があります。このような研究のなかで、体のつくりが左右反転した個体がランダムに半々ずつ生まれたり、全ての個体が左右が逆になったりする系統のミュータントマウスが見つかっています。このようなミュータントの存在から、極めて少数のおそらく1個の遺伝子の異常で左右性が決定もしくは障害されることがわかります。実際にそのような遺伝子の探索がなされており、胚発生の形態的には左右対称な時期からすでに左右で非対称に発現している遺伝子としてnodal, sonic hedgehog (Shh), lefty, activin receptor, これらに類似する遺伝子などが見つかっています。ニワトリでの研究によると、Shhは胚発生の特定の時期にある場所で左側に発現しており、その後、左側に心臓が形成されます。面白いことに、このShhの左側での発現が見られる時期に右側にShhを発現させた細胞を移植すると、将来、心臓は右側と左側に半々の確率で形成されます。

さらに最近の研究では、2系統の左右性に異常のみられるミュータントマウスのゲノム上の変異部位が特定され、1つの系統ではある種のダイニン遺伝子に1アミノ酸の置換があり、他方ではその遺伝子を含む領域が大きく欠損していることが判明しました。この遺伝子の正常発生での発現をみると、先に述べた左右に発現の差が認められた遺伝子より早くから発現しており、このダイニン遺伝子の発現自体には左右の差はありませんでし

た。ダイニンは微小管を構成する分子で、隣接する微小管間の滑り込み運動に関与し、これが繊毛運動などの原動力となっていることが知られています。従っておそらく、左右で存在の異なる因子の移動に際して、微小管がその通り道を作っているのではないかと想像されます。ミュータントマウスではその機能に障害が起こったため、左右性に異常が起こるのでしょう。

私がこのような内臓逆位のことを初めて知ったのは小学校高学年の頃でしょうか、故手塚治氏作のブラックジャックの中に内臓逆位の患者が描かれています。手術中に混乱したブラックジャックは鏡に映して手術を乗り切るといった内容でしたが

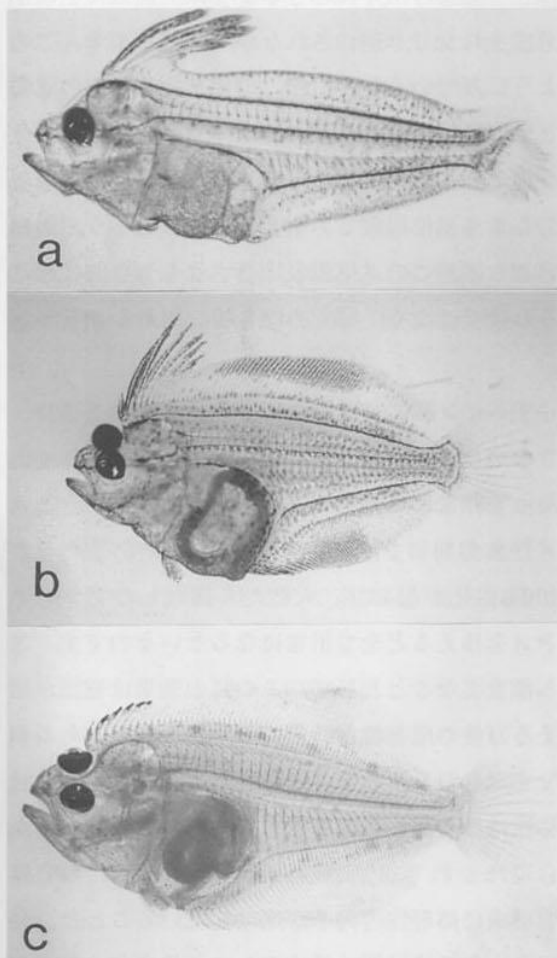


図1. ヒラメの変態過程

a: 変態前の左右対称な仔魚 (全長7mm), b: 変態中の仔魚 (全長12mm), c: 変態をほぼ完了した稚魚 (全長16mm)

「鏡を見ながらする方が絶対難しいよな」と思ったことを思い出します。それはさておき、漫画の中だけではなく実際にヒトにこの病気はあり、Kartagener's syndromeと呼ばれているようです。この病気では内臓の逆位だけでなく、非運動性の繊毛や繊毛性のダイニンの欠落といった異常も同時にみられ、ヒトの左右性の形成にもやはりダイニンが関与するようです。

#### 体型と内臓の左右性の関係は

さて魚に話を戻しますと、ヒラメやカレイにみられる体型の左右の非対称性はこれまでの話と関連があるのでしょうか。魚類でも内臓にみられる左右の非対称性は器官形成の時期に形成され、これは上に述べた現象と相同であり、同様の仕組みによって形成されると考えるのが妥当でしょう。しかし体型の左右の非対称性はそれよりずっとあとの時期、ヒラメでは孵化後3週間から1カ月してから形成され始めます。これをヒトに例えるのは難しいですが、カエルで言うとおタマジャクシからいわゆるカエルになる時期にあたり、器官形成の時期からはかけ離れています。

ところで、ヒラメとカレイを見比べると面白いことが分かります。例外はありますが、左ヒラメの右カレイといわれるように、背鰭を上にしておいたとき、ヒラメの頭は左側、カレイはその逆というのが一般的なパターンです。もし内臓の配置と体型の左右非対称性が関連した一連のものであるなら、内臓の向きもカレイとヒラメでは逆になっていることが予想されます。ところが、開腹してみると、ヒラメもカレイも肝臓は左寄りに配置しています。最近、実験に使用したヒラメで比較的多くの右ヒラメ、すなわち普通とは逆向きのヒラメを含む群がありました。その右ヒラメの内臓の配置をみると、いずれも正常のものと一緒にでした。これらの観察から内臓の配置の左右非対称性とヒラメ、カレイ類の体型の左右非対称性は独立の現象であると分かります。

体型の左右非対称性がどのような仕組みで起こるのか、なぜ種によって非対称性の向きが異なるのか、なぜたまに正常とは反対向きのものが現れるのかといったことに対して、私は今のところ十分な解答を持っていません。しかしこの解答を見つけることは健全なヒラメ、カレイ類の種苗を生産するうえでとても重要なことなのです。

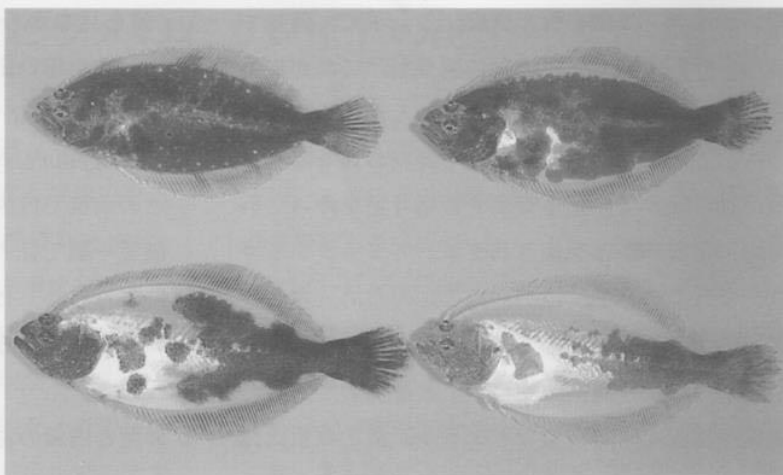


図2. ヒラメの変態過程  
様々な程度に白化のみられるヒラメ

#### ヒラメの体色異常は逆位現象である

天然でも極めて希にみられるようですが、ヒラメの人工種苗では高率で体色に異常のある稚魚がでできます。本来は黒い有眼側（眼のある表側）が白くなることを白化、無眼側が黒くなることを黒化と俗に称していますが、あまりに高頻度に体色異常が起こるため、種苗放流個体のマーカーとして用いられているほどです。皆さんもスーパーに並んでいるヒラメを裏返してみると、黒化しているのを見つけることができるかもしれません。ヒラメの種苗生産が始まった当初は有眼側の白化が大きな問題でしたが、その後餌料の改善等によって白化の発生率は減り、黒化の方が問題が大きくなってきました。体色異常は多くの場合は部分的もしくはモザイク状に異常が出ますが、ひどいときには全面が白化したり黒化したりします(図2)。

もちろんこのような体色異常は正常な色素細胞の発達の障害、誤った分布によるわけですが、詳しくみると異常はもっと広範囲に及びます。正常なヒラメでは鱗の種類が有眼側と無眼側で異なり、前者には櫛鱗、後者には円鱗があります。ところが有眼側が白化した部分には本来無眼側にあるべき円鱗があり、無眼側の黒化した部分には櫛鱗があります。またある種のカレイでは、顎の形態に有眼側と無眼側に違いがあり、無眼側にのみ多数の顎歯が形成されます。これらのカレイでは

体色の異常の出方に応じるように、両側に顎歯が形成されたり、逆にされなかったりします。このようにみていくと、白化、黒化と称し体色の異常と思われていたものが、実は体型の左右非対称化が起こるときに本来なるべき側とは反対側になってしまう逆位現象であると言えるでしょう。面白いことに、この逆位現象は必ずしも全身的に起こるわけではなく、局所的にも起こりえるのです。

#### レチノイン酸は有眼側の分化を促す

なぜこのような異常が起こるのかを考えるにあたって非常に興味深い実験結果があります。ヒラメ仔魚の餌にブラジル産アルテミアを与えると100%白化が起こり、天然から採取したプランクトンを与えると全て正常になるというのです。さらに重要なこととして、この餌の効果は変態が始まる直前の限られた時期に与えたときだけあるのです。もちろんこの時期にはまだ体型の左右非対称性はなく、体色の異常もあとの時期になってから現れます。この実験結果から、有眼側、無眼側の形成に餌料性の因子が関与していることと、発達の方向性は早期に決められて一旦定まった方向は変わりにくいことが分かります。

その後、ビタミンAに同様の白化防止効果があることが報告され、我々もきっとレチノイン酸が

関与しているに違いないと考えるようになりました。というのは、ほとんどの場合、ビタミンAはそのままの形で働くのではなく、体内で一旦レチノールに代謝され、さらにレチノイン酸へと転換してはじめて生理活性を持つようになることと、当時レチノイン酸は形態形成に重要な物質として脚光を浴びていたからです。レチノイン酸を一躍有名にした実験は次のようなものでした。ニワトリの翼ができるとき、まず未分化な翼芽と呼ばれる小山のような盛り上がりができます。その一端にレチノイン酸をしみ込ませたビーズを移植すると、余分な指ができてくるというものです。その過剰指のでき方が、それまでの仮説、「翼芽の中に何らかの物質の濃度勾配があり、その濃度に応じて1番目、2番目、・・・の指の形成が決定される」と非常に一致したものでしたのです。

そこで我々もレチノイン酸の投与実験をしたところ、やはり変態開始直前の短い期間にのみ効果があり、その効果は有眼側への発達を促進するもので、その量によっては、ほとんどの個体で無眼側が黒化してしまうほどでした(図3)。

現在までのところ、無眼側と有眼側への分化を総合的に説明できるだけのデータを持ち合わせていません。しかし将来的には「左ヒラメの右カレイ」の謎も解明され、健全な種苗生産に役立つものと信じています。ところで最後に、彼らの脳はどう向きになっているかご存じでしょうか。もちろん変態する前はふつうの魚と同じです。変態に伴い、眼が動くと同時に脳も90度回るのでしょいか。答えはここでは明かしません。夕食のおかずにカレイの煮付けでも出たときに自分で確かめて下さい。きっと家族にいやな顔をされながらも「俺(私)ってなんて研究熱心なんだろう」と自己満足に浸れることでしょ。

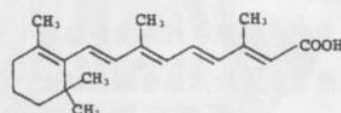
(病理部病理研究室主任研究官)



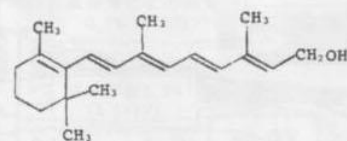
図3. 有眼側、無眼側の発達に対するレチノイン酸の作用  
レチノイン酸処理したヒラメ稚魚(上)と無処理のもの(下)の無眼側。高濃度のレチノイン酸は黒化を誘発した。

## 構造式

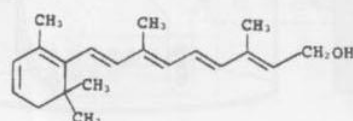
レチノイン酸



レチノール (=ビタミンA<sub>1</sub>)



ビタミンA<sub>2</sub>



## 二枚貝体内における炭素の流れ

鵜沼辰哉・秋山敏男

### はじめに

二枚貝は主として植物プランクトンやデトライタスから有機炭素を摂取する。体内に取り込まれた有機炭素は貝肉中に同化蓄積された後、代謝の過程でCO<sub>2</sub>となり、その一部は炭酸カルシウムとして貝殻に固定されると考えられている。栄養研究室では三重大学生物資源学部無脊椎動物研究室と協力し、二枚貝の炭素固定能を明らかにした。すなわち、食べた餌に含まれる炭素の何割が体内に取り込まれ、さらにその何割が貝殻として蓄積されるかを調べ、二枚貝の体内における有機炭素の摂取から貝殻への固定に至る炭素フロー図を完成した。栄養研究室は餌料中の炭素が貝の体内に取り込まれるまで、三重大学は代謝で発生するCO<sub>2</sub>の貝殻への固定の過程を担当した。

### 炭素の消化吸収率の測定

餌料中の有機炭素のうち体内に取り込まれる割合を求めることは、言い換えれば炭素の消化吸収率を測定することである。そのためには、二枚貝に餌を食べさせ、排泄された糞を集めて、食べた炭素量と排泄された炭素量を測ればよい。それにより、次の式から消化吸収率を計算することができる。

$$\text{消化吸収率 (\%)} = 100 \times (\text{食べた炭素量} - \text{排泄された炭素量}) / \text{食べた炭素量}$$

陸上生物と比べて、水生生物の糞を集めることは容易ではないが、魚類ではこれまでにいろいろな装置が工夫され、各種の栄養素の消化吸収率が明らかにされてきた。一方、二枚貝においては、大量の糞を容易に集める方法は確立されていなかった。そのため、二枚貝の糞を集める装置の考案から始める必要があった。

魚類の糞を集めるのに使われている装置からヒントを得て、試行錯誤の末に出来上がったのが、図1の装置である。100lの水槽内に直径30cmの漏斗を設置し、その上にはほぼ同じ直径で長さが10cmほどの塩ビ管を載せる。塩ビ管の上端から3～4cmの高さまでろ過海水を満たし、あらかじめ絶食して消化管を空にした5～10個体の貝を漏斗に入れる。二枚貝の餌を濾し取る能力はたいへん優れているので、培養した餌料プランクトンをポンプで少量ずつ漏斗の上から滴下すると、漏斗の内側の餌料は短時間で摂取され、糞のみが漏斗の下部に取り付けた採糞管に集まる。塩ビ管は殻の開閉によって糞が飛び散るのを防ぐ。漏斗の外側ではゆるくエアレーションを行い、内側と少しずつ海水が交換する。装置全体を大きな恒温槽に浸せば、一定の水温で実験できる。

この装置を用い、アコヤガイ、ヒオウギガイ、マガキ、ムラサキイガイに植物プランクトン (*Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*) を与えて糞を集め、炭素の消化吸収率を測定した。その結果、貝やプランクトンの種、あるいは水温によって変動はあるものの、おおむね70%程度の炭素が消化吸収されることが明らかになった。

### 二枚貝体内における炭素の流れ

三重大ではアコヤガイ、ヒオウギガイ、マガキ

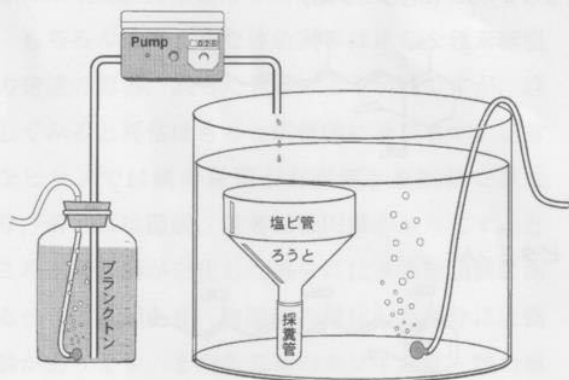


図1. 二枚貝の糞を集めるための装置。

における呼吸量と貝殻形成能が明らかにされた。養殖研での消化吸収率の実験結果と三重大で得られた結果を合わせ、これら3種の二枚貝体内における炭素の流れを図2に表した。年間の平均を表すため、数通りの水温で実験し、その平均値を用いた。摂餌された有機炭素のうち、7割前後が消化管から貝の体内に吸収される。体内に取り込まれた炭素の約9割が呼吸で代謝され、貝肉として貯蔵されて人間が利用しうる炭素は約1割にすぎない。呼吸で生じた二酸化炭素のうち、ヒオウギガイとマガキでは約3割、アコヤガイでは約2割が貝殻へ移行し、残りは海中へ放出される。

マガキについては、日本国内での養殖により、1年間にどれだけの炭素が貝殻に固定されるかを概算した結果をあわせて示した(図2-c)。数値は、生産統計年報によるマガキ養殖収獲量(平成7年)に、貝殻と貝肉における炭素含有率を乗じて算出した。国内の養殖マガキによって年間およそ7万トンの炭素が摂取され、うち5万トン弱が貝肉中に同化される。呼吸で代謝される量が4万トン、そのうち環境中へは3万トン弱が放出され、貝殻へは1万4千トンが蓄積される。他の二枚貝についても概算すると、養殖二枚貝全体で貝殻へ固定される炭素量は年間4万トンになる。ただし、養殖現場では筏から脱落する個体等があり、これらは統計上の数値には上がってこないため、実際の固定量はこれよりも大きいと考えられる。

## 二枚貝養殖と大気中のCO<sub>2</sub>増加問題との関係

化石燃料の使用によって、日本では年間数億トンもの炭素がCO<sub>2</sub>として大気

中に放出されている。それに比べると微々たるものではあるが、年間4万トンの炭素が貝殻に固定されるとなれば、二枚貝の養殖は、大気中のCO<sub>2</sub>増加の抑制に役立っているのではないかと考えてくる。じつはこの研究も、二枚貝養殖の地球環境問題への貢献度を推し量ることを目的として、5

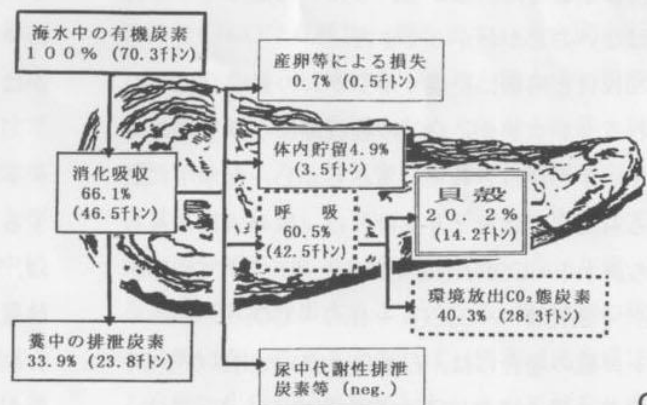
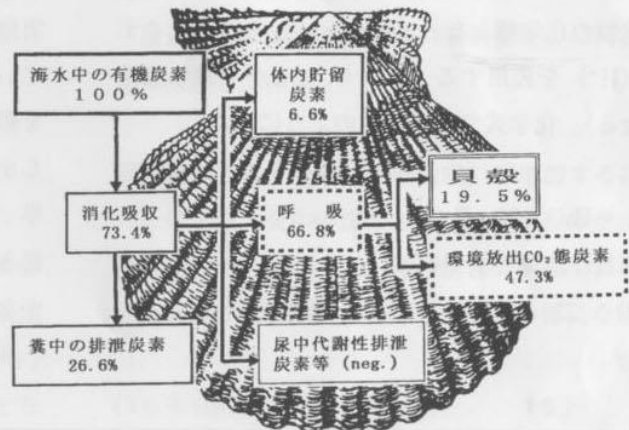
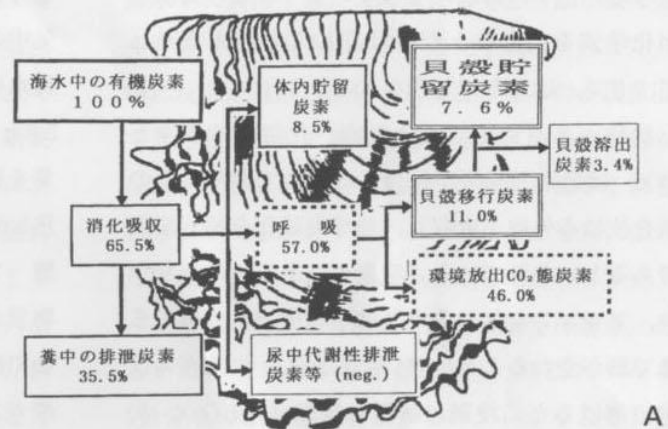


図2. 二枚貝体内における年間炭素フロー図。

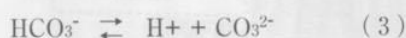
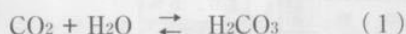
a, アコヤガイ。b, ヒオウギガイ。c, マガキ。

## 炭酸ガスと海

高 柳 和 史

「炭酸ガスが水に溶けるとどうなるのか？」一瞬言葉に詰まっている間に、わかりやすく養殖研ニュースに書いてほしいといわれ、引き受けてしまった。化学の講義にならないようにとの要望だが化学式を使うことだけは許してもらえとして、さて、ほんとにどうなるのか？

炭酸ガス（別名二酸化炭素，化学式で表すと $\text{CO}_2$ ）は炭素と酸素が結合したガスであり，その結合故に赤外線を吸収し，地球温暖化を招く原因であるといわれている。窒素ガスあるいはヘリウム，アルゴンなどの希ガスは水の中でもガスのままで形が変わることは無い。しかし，炭酸ガスは水に溶けると二段階に解離し炭酸（ $\text{H}_2\text{CO}_3$ ），炭酸水素イオン（ $\text{HCO}_3^-$ ），炭酸イオン（ $\text{CO}_3^{2-}$ ）と3種類の化学種となって存在し，さらに水素イオン（ $\text{H}^+$ ）を放出する（つまり，pHが下がり酸性となる）。化学式で表すと次のようになる。

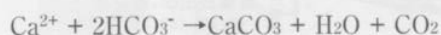


(1)，(2)，(3) 式の平衡定数は決まっており，水に溶かす炭酸ガスの量がわかればそれぞれの化学種の濃度が計算できる。水素イオン濃度（pHと考えてよい）も計算することが出来る。仮に大気中の炭酸ガス濃度が350ppmとして，限りなく純水に近い雨水と平衡にあるとしたら，pHは約5.6となる。少し話がそれるが，酸性雨という言葉聞いたことがありますか？ 酸性雨のpHは当然5.6より低い。pHが5.6から7の間であれば酸・アルカリの定義上は酸性だが，アルカリ性の物質が雨水に含まれているから5.6より高くなるので酸性雨とは言えない。話をもとに戻すが，炭酸ガスを水に溶かすと言うことは根本的にはこれらの3つの化学式を理解すればすむことであり，実験室内でビーカーと試験管を握って純水を扱っているかぎりは意外と簡単に計算したり，モデルを組んでその後の変動を予想することが出来る。しかし，自然界は実験室のビーカーの様な単純，単一な系とは異なり複雑であり，絡み合った糸を解きほぐす様に一つ一つのプロセスを理解していかないと将来の予測など到底出来ない。

海水は純水からは程遠く，様々な物質が溶存し

年前に始まった。しかし，しだいに話はそう単純ではないことがわかってきた。

二枚貝と同様に炭酸カルシウムの形成（石灰化）を行うサンゴ礁が， $\text{CO}_2$ の吸収源になりうるのではないかと注目されている。しかし，海水中における石灰化だけをとりあげれば，次の式によりむしろ海水中の $\text{CO}_2$ 分圧を上げると考えられている。



サンゴ礁の場合には，石灰化は $\text{CO}_2$ 放出になるが，共生藻の光合成による有機物生成が大きいいため，サンゴ礁生態系全体として $\text{CO}_2$ 吸収になるのではないかと期待されているのである。ただし，生成

された有機物は分解されるのも速いため，石灰化のマイナス面をほんとうに帳消しにできるかどうかは，いまだにはっきりしない。

二枚貝の場合も，餌となる植物プランクトンやデトリタスをはじめとして，浅海生態系を構成する他の生物を含めて炭素の流れを把握しなければ， $\text{CO}_2$ の問題にどう作用するかを評価することは難しいのではないだろうか。とくに養殖の場合，食品として利用されたあとに残る貝殻の処理の問題があるので（森を削って殻捨て場を作ったのではなんにもならない），いっそう評価が難しくなるように思う。（栄養代謝部栄養研究室）

ており100 gの海水中のうち約3.5 gは塩分である。大気中の炭酸ガスの量が増加すると(1)式がル・シャトリエの法則(平衡状態にある系を外部からずらすと、それを打ち消すようにその系は進む:化学式の左側の化学種が増加すれば化学式は右側に進む)により右側に進み $\text{H}_2\text{CO}_3$ が増加する。すると(2)式でも左側が増加するわけで右方向に反応が進み、 $\text{H}^+$ と $\text{HCO}_3^-$ が増加する。純水中なら(3)式も右方向に進むのだが、海水中ではちょっと異なる。 $\text{HCO}_3^-$ は塩分を構成する主要成分(陰イオンとしては $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ に次いで3番目に多いイオン)であり、 $\text{H}^+$ より遥に多く海水中に存在するため(2)式の結果としては $\text{HCO}_3^-$ の増加率は $\text{H}^+$ より少なくなる。それ故(3)式では右側の $\text{H}^+$ が増加する事になり、左側に反応が進む。つまり、上記3式をまとめると(右側に反応が進行する式を加算し、左側に進行する式を減じる)、(1) + (2) - (3)となり(4)式のようになる。



(4)式から明らかなように大気中の炭酸ガスが増えたとしても海水中の $\text{CO}_3^{2-}$ は増えない。増加するのは $\text{HCO}_3^-$ であり、 $\text{H}^+$ は(2)式と(3)式の間を行ったり来たりし、再配分される形となり(4)式には表れない。また、(4)式からは $\text{CO}_3^{2-}$ と同じ量だけ炭酸ガスが海水に溶けるとも読みとれる。

ところが海水中で生じる化学反応はこれだけではなく、海水中に存在している物質と上記炭酸塩の化学種( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ )および $\text{H}^+$ が連鎖的に反応していく。例えば、海水中にはカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )が大量に溶存しており( $\text{Ca}^{2+}$ もまた塩分を構成する主要成分であり、陽イオンとしては $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ に次いで3番目に多いイオン) $\text{CO}_3^{2-}$ と反応し貝殻、サンゴ、プランクトンの殻の主成分である炭酸カルシウム

( $\text{CaCO}_3$ )を生成する。また、今の反応とは逆に、炭酸ガスの溶解により増加した $\text{H}^+$ は $\text{CaCO}_3$ と反応し $\text{Ca}^{2+}$ と $\text{CO}_3^{2-}$ を海水中に放出する。さらに植物プランクトンによる光合成は化学反応として考えると海水中の $\text{CO}_2$ を消費し有機物を生成させる反応となる。次に生成した有機物は分解し $\text{CO}_2$ を海水中に放出する。この様子に書くと、話が堂々めぐりで(1), (2), (3)の化学式は一体どちら側に反応が進み、全体としてどうなるのか混乱してきたと思うので整理してみるが、海の中で何か反応が生じるとフィードバック機構が働きそれを打ち消す反応が必ず生じるということを常に頭の片隅に入れておいて欲しい。そしてこのフィードバック反応の生じる場所(海の表層か深層か、あるいは熱帯地域か寒帯地域か)、時間スケール(数分なのか何億年もかかるのか)がそれぞれ異なることが問題を複雑にしている。

最近話題に上ることの多い事柄を中心に問答の形で整理してみる。

問: 海洋での光合成(生物生産)が増加することにより大気中の炭酸ガスが減少するのか。

答: 結論から述べると、今の海洋の状態では難しい。光合成は化学式で表すと(5)のようになる。



ここで $\text{CH}_2\text{O}$ は有機物一般を表す。光合成を行うことにより(5)式は右へ進み、海水中の炭酸ガスが減少し、それを補うため大気から海洋へ炭酸ガスが溶けこみ、大気中の炭酸ガスは減少する様に見える。しかし、フィードバック反応として有機物の分解が起こり、今度は(5)式が左側へ進み炭酸ガスを放出することになる。有機物の生成と分解にタイムラグがあれば(例えば光合成による有機物生成が分単位で行われるのに対し、有機物の分解が千年程度の単位で行われるような)、確かに光合成の増加は海洋の炭酸ガス吸収に寄与

する。しかし、実際の海洋では光合成が起こるのは表層の光が届く範囲であり、また有機物の分解もほとんどが光の届く範囲の浅いところで比較的短時間で起こる。それ故に表層で生じた有機物を迅速に取り除くか、分解させないで海底に沈めるメカニズムが働かないかぎり光合成は炭酸ガス吸収を増加させることは出来ない。現在は外洋の表層で生じる有機物の約1%が表層での分解を免れ、中・深層に運ばれゆっくりと分解する。その内の約10%（表層で生成される有機物の0.1%）が海底に堆積している。つまり表層で固定された炭酸ガスの約0.1%だけが取り除かれていることになる。それでは人為的に有機物を取り出すことが出来るとしたらどうなるのか、光合成が次々と起こり、炭酸ガス吸収を増大させることが出来るのか（つまり、(5)式はどんどん右側へ進むのか）？残念ながらそれは難しい。植物が光合成を行い、成長するには肥料が必要で海洋プランクトンの3大肥料は窒素、リン、ケイ素であるが、光の届く表層ではこれらの肥料は枯渇しており（光の届かない深層には沢山ある）、いくら炭酸ガスと光が沢山あってもプランクトンは光合成をすることが出来ない。次に有機物を海底に迅速に沈めることが出来るとどうなるか？根本的にはやはり表層に栄養塩が枯渇しているので、光合成は進まない。それどころか表層から沈降してくる有機物が分解し（(5)式が左に進み  $O_2$  が消費される）、海底付近の海水が無酸素状態になる。これは内湾の富栄養化した状態と同じ現象である。光合成のもう一つの問題は多数の植物プランクトンは炭酸カルシウムの殻を生成することがあげられる。これは後述するが炭酸ガスを海洋から大気へ放出する作用を持つ。結論として、今の海洋の状態では難しい。それならば、今と海洋の状態が変われば可能なのか？それは、可能かもしれない。今後の研究課題であろう。

問：サンゴ礁の増加により大気中の炭酸ガスが減少するのか。

答：これも結論から先に述べると、大気中の炭酸ガスは減少しない。それどころか増加するかもしれない。再び、(1), (2), (3)式がどちら側に進むかという話をすることになるのだが、サンゴ礁のみならず炭酸カルシウムが生成するということは(6)式の反応が生じ、 $CO_3^{2-}$ が減少することである。そうすると、まず(3)式がそれを補うために右側に進む。



その結果 $H^+$ が増加し $HCO_3^-$ が減少する。増加、減少の割合は先に述べたように $H^+$ の方が大きく、(2)式では右側が増加したことになり、反応は左側に進む。結果として $H_2CO_3$ が増加し(1)式は左側に進み、海水中の $CO_2$ （炭酸ガス）が増加し、大気中へ放出することになる。植物プランクトンは $HCO_3^-$ と $Ca^{2+}$ を取り込み炭酸カルシウムを生成すると言われているが結果としては(7)式のように炭酸ガスを放出することになりはしない。



少し視点を変えて $CO_3^{2-}$ と共に取り除かれる $Ca^{2+}$ に焦点を当ててみる。炭酸ガスは先に述べた様に $H^+$ を放出する酸性のガスであり、反対に $Ca^{2+}$ はアルカリ性の成分（海水は弱アルカリでpHは約8.2）であり $Ca^{2+}$ が海水から減少すればアルカリ性の成分が減ることになり、酸性のガスは溶解しにくくなる。このことから炭酸カルシウムの生成は炭酸ガスの吸収には役に立たないことが分かる。それならば、 $Ca^{2+}$ を加えてやれば良い。確かにそうだと思うがそれは可能だろうか？

さて、ここで気をつけなくていけないのは、今までの話は、あくまでも炭酸カルシウムの生成は

海洋の炭酸ガスの吸収には寄与しないという意味である。サンゴ礁には様々な生物が共存しており、特殊な生態系を構成している。それら生物の中には光合成を行う植物プランクトンも含まれており、サンゴ礁生態系は沿岸域と同様に基礎生産（光合成の量）が多いと言われている。もし、光合成によって生じた有機物が分解せず、海底に埋もれてしまえばサンゴ礁生態系全体としては炭酸ガスを吸収していることになる。これもまた、今後の研究の課題であろう。

問：人間が大気中に排出している炭酸ガスの約半分は海洋が吸収していると言われているがどのように吸収しているのか？

答：先に説明した（１），（２），（３）式が働いて海水が吸収している。これらの式の平衡定数は温度依存性で、低温ほど炭酸ガスは海水に溶けやすい。地球上で低温の場所は北極と南極に近いところであり、簡単に言うと、ここで炭酸ガスを吸収し、低温であるが故に海水が重くなり、中・深層に沈み込み海洋の奥深くへ炭酸ガスを運び込んでいるはずである。それならば全炭酸（ $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{HCO}_3^-$ と $\text{CO}_3^{2-}$ ）の量が増加しているはずであるか

ら、ここ数十年の変化を測定すればその証拠をつかめるはずである。しかし、海水中の全炭酸の量と比較して、その増加分は僅かであり、残念なことに現在の分析技術では正確に分析することは出来ない。

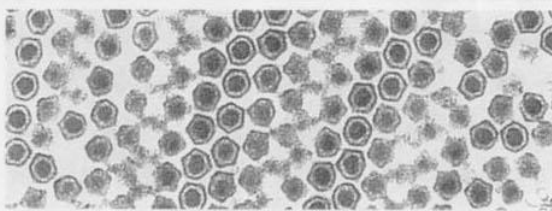
そもそも炭酸ガスは海水中には大気中の50倍以上も溶けており、海水の僅かな変化が大気-海洋のバランスを崩し海洋が炭酸ガスを放出し大気中の炭酸ガスが一層増加する可能性もある。自然界ではどこかに何らかのインパクトを加えると次々とドミノ倒しの様に連鎖反応が起こり全く予想せぬ所に影響が出て、風が吹くと桶屋が儲かるというたぐいの話になる。地球上の至る所で起こる一見関係のない諸現象も突き詰めると原因が同一であるという可能性もある。直接的に生じる反応、影響だけではなく地球あるいは海全体を眺め、付随して生じる様々な反応を正確に捉えることが今後の環境研究では必要である。地球表面の70%を占める海を研究の場として選んだ水産研究者、薄暗い実験室から飛び出しもっと海のことについて勉強しようではありませんか。

（環境管理部環境動態研究室長）

## マダイ イリドウイルス病 予防ワクチン

養殖業の生産額6600億円（96年）はわが国の漁業総生産額の3割に当たる。この中で養魚の占める比重は高く、5割弱である。種苗移動の増加、密殖等によって魚病は年々増加の一途をたどり、その被害額は生産額の1割近くなるという試算もある。ブリが減少傾向にあるのに対して、タイ類養殖は近年伸びており、約15万トンに達した。マダイのイリドウイルス病は、海外から侵入したものと考えられ、90年以降他の魚種にも被害を及ぼし続けている。

養殖研究所と（財）阪大微生物病研究会観音寺研究所が7年の年月をかけて、このワクチンを開発し、実用化の目途をつけた。イリドウイルスをホ



マダイイリドウイルス 直径が約200nm（5000分の1mm）

ルマリンで不活化して作成したワクチンをマダイに注射するという方法になるようである。魚病のワクチンは細菌性疾病では既に幾つかあり、淡水ではただ一つコイの春ウイルス血症ワクチンがチェコでは使われているとか。それで海産魚ウイルス病のワクチンとしては世界で最初のものとなった。農林水産省29試験研究機関の97年度10大トピックスにも選ばれた研究成果。

## 「月の魔力」にことよせて

藤井 武人

もう何ヶ月か前のことなのでタイトルは忘れてしまったが、テレビでみたサスペンスドラマを今も憶えている。民事系の若手弁護士が貞淑な若妻と妖婦の二重人格をもつ女性と知り合い、その後夫殺し事件の裁判で被告となった彼女の弁護活動を通じて、子供の頃に受けた精神的外傷によると思われる二重人格の形成要因に興味をもち、それを追究する過程で自身の生活も崩れ、ついにはその女性の夫と同様に彼女によって擬装された自動車事故により死に至るという内容であった。一見の価値ありという当日の新聞のテレビ評によって、日頃は見ることのないテレビを見る気になったのだが、ちょっと興味をひいたのは、最初の二人の出会いの場で弁護士は街路上から書店の中に居る彼女をガラス越しに見かけたのだが、その時彼女が手にしていた本のタイトルが「月の魔力」というものであり、「ジキル博士とハイド氏」の場合がそうであったように満月の光が性格の転換を引き起こすことを暗示しているように思えたことである。精神的外傷、女性のもつ魔性？、いやその本性の不可思議さ、人間心理への月の作用、これら三点がこのドラマのキーワードかなと思った次第であるが、それが記憶に残ったのは筆者がたまたま「月の魔力」という同名の本を人から借りて持っていたことによる。もちろんこの本は「The Luner Effect」という原題であって、人間生活に及ぶ月の影響力について著者は熱っぽく語っているが、内容はけっして興味本位のものではなく一般向けの科学的啓蒙書である（注1）。

月の影響は精神面のみでなく、お産が満月の日に合致する場合が多いこと（これは統計的に確かめられているらしい）や、生理周期が月の公転周期に一致するなど身体にも及んでいる。また、人間のみでなく、その影響を他の陸上動物も受けているはずで、身近なところでは研究所構内で5～

6月頃よく見かけるアカテガニ（構内道路上で車に轢かれて死んでいたり、何の目的があつてか建物内に侵入して乾燥死していたりするあのカニ）が大潮の頃の満潮時に海辺に出て幼生を水中に放出するタイミングを月光が教えているという事例がある（注2）。海に棲む生物の場合には月光とともに潮汐が彼らに繁殖行動の時期を知らせている。クサフグやカリフォルニアのグラニオン（トウゴロウイワシ科の魚）の産卵が大潮時に行われることなどはよく知られている。

生物の生態・生理にみられる周期性は「生物時計」や「体内リズム」といった言葉で古くから関心をもたれており、日本では最近既存の別分野の研究会が合流して「日本時間生物学会」が発足した（1995年）ので、生物リズムの研究は一層深まると思われるが、現時点では日周期的リズム（いわゆるサーカディアンリズム）に関連する研究が大半を占め、潮汐関連の研究は少ないように思われる。もちろん海産生物のリズムの研究は、戦後理学系の研究者達が先鞭をつけて以来連綿と続いているとは思うものの、前出のアカテガニの研究をされたS氏がどこかで書いておられたことであるが、それに関わった研究者の多くが苦々しい思いで研究を打ち切ったということであるから、論文を製造するのが難しい分野ではあるらしい。ところが筆者はこの困難の待ち受けている分野に、業務上の必要からそれとは知らず踏み込んでしまった。20年くらい前のことである。

栽培漁業の施策がつくり育てる漁業の主軸としてすでに走り出しており、アワビを始めとする貝類の人工的種苗生産はある程度出来るようになっていたが、経験技術の域内に留まっているように思われた（これは特に二枚貝についてよく当てはまっており、現在でも着底初期稚貝はつくれるものの、陸上施設では種苗となりうる大きさにまで

育成することが出来ない)。もっと貝の生態とその環境との関係において知らなければだめだ。栄養のとり込みは生物の基本的属性の1つであり、二枚貝ではそれは濾水活動によって行われる。濾水活動の強弱は貝殻の開殻度合に反映されるだろう。また時折完全に閉殻して活動を休止することがあることはカキやアコヤガイですでに知られている。だから貝が殻を閉じたり開いたりする様子をとらえれば、摂餌活動の実態をおおまかにでも知ることが出来るにちがいない。というわけで、貝殻の開閉運動を測定することを始めたのだが、これが生物リズムに係わるきっかけになった。とはいえ生きた生物を対象に、ひずみ計(図1)のような近代的(?)な道具を使って生物の活動を計測するなんてことは、大学に入って研究らしい事を始めて以来無かったことなので、ある程度まとめた記録がとれるようになるまでには長い時間が必要であった。以下でその成果を紹介したい。

図2は悪戦苦闘の末得られた自然場におけるアサリの貝殻運動の記録を、濾水活動を休止する時間帯(閉殻期)に着目して一覧図にしたものである。閉殻期が日によって1日のうちに2回、時には3回生じることがあるし、それが起こる時刻と時間の長さも日によって異なるなど、一見したところでは何ら規則性があるようには感じられない。しかし複数の要因が関与していることを予想して複眼的に心眼を凝らしてみると、閉殻期の生じる時刻は15日間隔で来る大潮の頃には低干潮の時刻に合うようになり、そうでない時期(小潮の頃)には夜間のある時刻のあたりに戻るというパターンであるようにみえる。また、ちょっとわかりにくいかも知れないが閉殻している時間の長さも大潮の時には相対的に長くなり、小潮時に短くなるといった変動傾向をもっているようである。この他、図には示されないが、計測記録上では活動期における貝殻の開き度合にも変化あって日周期的な動きがある。このような事柄を勘案して、もし貝が何らかの環境要因に反応した結果として

図のように閉殻期が分布するパターンが出来上がったのだとすれば、それは昼夜交代の日周変化と潮汐だろうと推察した。日周変化に比べれば潮汐変化のパターン

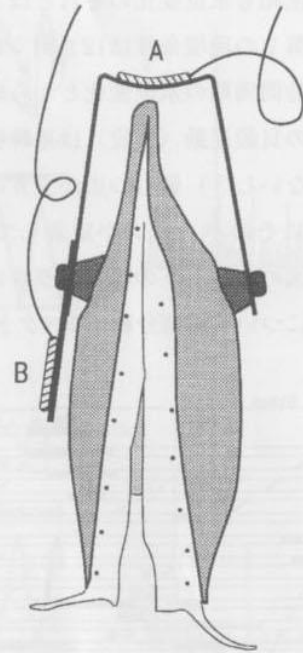


図1. ホタテガイにとり付けたひずみ形成具。  
センサーAおよびBはブリッジボックス、アンプを経て記録計につながる。ただしBは温度補償用。

ははるかに複雑だと考えたからである。

外套膜の縁辺部位で貝が明暗を感知することは経験的にわかっているから、活動には日周期的な変化があってもおかしくはないが、潮汐的变化を貝が本当に感知するかという点については否定的に考える人が多いと思う。それを確かめるために簡単な実験環境をつくり、その中でホタテガイの貝殻運動を計測することにした。ホタテガイを使った理由は、この貝は耳づり養殖が可能であることからわかるように、開口部を下向きに垂下しても生理的に問題はなく、蝶番線に直交するようにとりつけるひずみ形成具がとりつけやすいことと、アサリのように長時間閉殻することがないので開殻度合の変化を切れ目無く計測できるという利点があることによる。光条件と水位変化(変位巾約80cm)の2要因がそれぞれ異なる環境下に貝を置いた時の貝殻運動が図3の左側、上下に環境条件と合わせて示されている。第1の環境条件は恒暗で12時間周期の水位変化があるもので、その時の貝殻運動(上段)には12時間周期が認められ、

その位相も水位変化のそれとほとんど一致している。第2の環境条件は12h明：12h暗の明暗交代と16時間周期の水位変化とから成っているが、そこでの貝殻運動（下段）は単峰性の山とピークを2（ないし3）個もつ山が交互に並び日時の経過と共にそのパターンが定着してゆくようにみえる。図の右側上下の棒線グラフはそれぞれの貝殻運動について周期分析（スペクトル分析、FFT法）

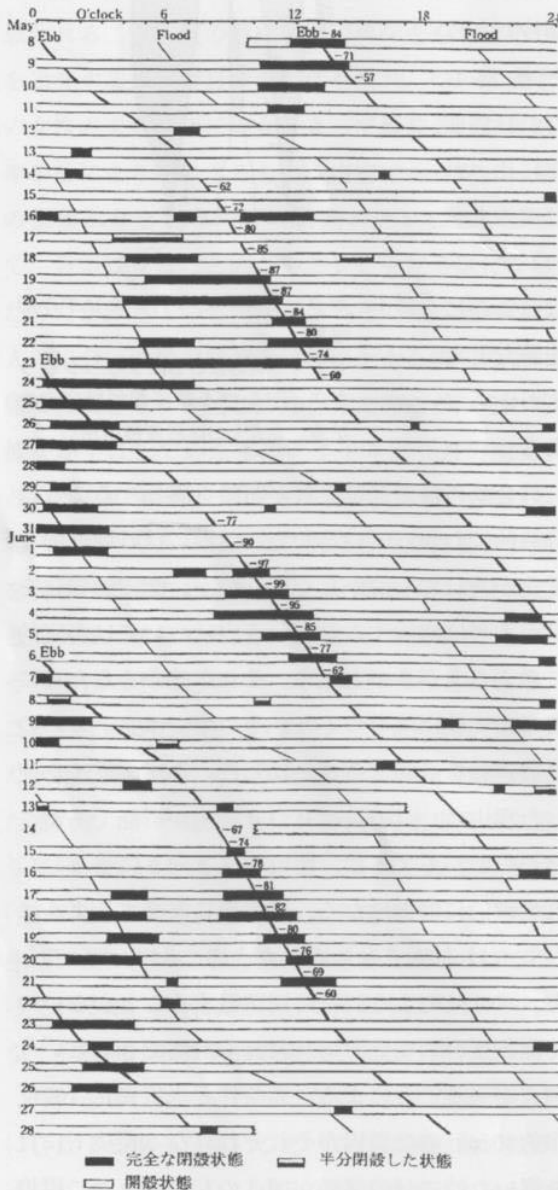


図2. アサリ（1個体）の貝殻開閉運動の記録。  
横棒が1日分。図中の数字は干潮時における平均水面から水位低下の大きさ（cm）を示す。藤井（1979）より（注3）

を行った結果で、背の高い棒線は振巾の大きい波のあることを示し、第1の環境下での貝殻運動には周期12時間の波が1つ、第2の環境下のそれには24時間、16時間及び8時間の周期をもつ3つの波が含まれていることを示している。8時間周期の波は別として、12時間、24時間、16時間の周期は、それぞれ環境要因として与えられた明暗交代及び水位変化の周期であるから、貝は日周変化とともに水位変化をもちっと感知しているわけである。環境要因との対応関係をみて面白いと思うのは、第2の環境下で単峰性の山と2峰性の山が交互に現れる理由が、水位変化の周期が16時間なので48時間（2日間）の間に水位変化は3回のピークをつくることになるが、暗期にピークの1つがつくられ、他の2つは明期につくられるということに求められると思われるからである。即ち暗期にピークが出来る水位変化に対しては単峰性の山が、明期につくられる2つの水位変化の山に対しては2峰性の山が対応しているというわけである。もし恒暗条件下であれば水位変化に対応して形づくられたであろう2つの単峰性の山が、明暗の交代であるために暗期に1つの山をつくるように合体させられた、つまり暗期に活性を高め、明期には活性をおさえるという日周期活動のパターンをつくるように、2つのリズムが統合されたとみてよいようである。ともあれこれで潮汐的变化を貝が感知しうるかという問いへの答が出た。

このように入門の段階でちょっと面白い結果が得られたので、急ぎ研究を進展させたい衝動に駆られたが、その後まもなく筆者をとりまく環境が変化して、中断されたまま7-8年が経過している。ところが、最近研究所内外で養殖技術の改善策を求める動きの一環として魚類の「自発摂餌」なる研究に取り組む気運が高まってきた（注5）。この目的とするところはいうまでもなく、魚の欲する時に給餌することによって食べ残しを減らし、摂取された餌の消化吸收を良くすることで餌料効率を高めることにあるが、その背景には栄養

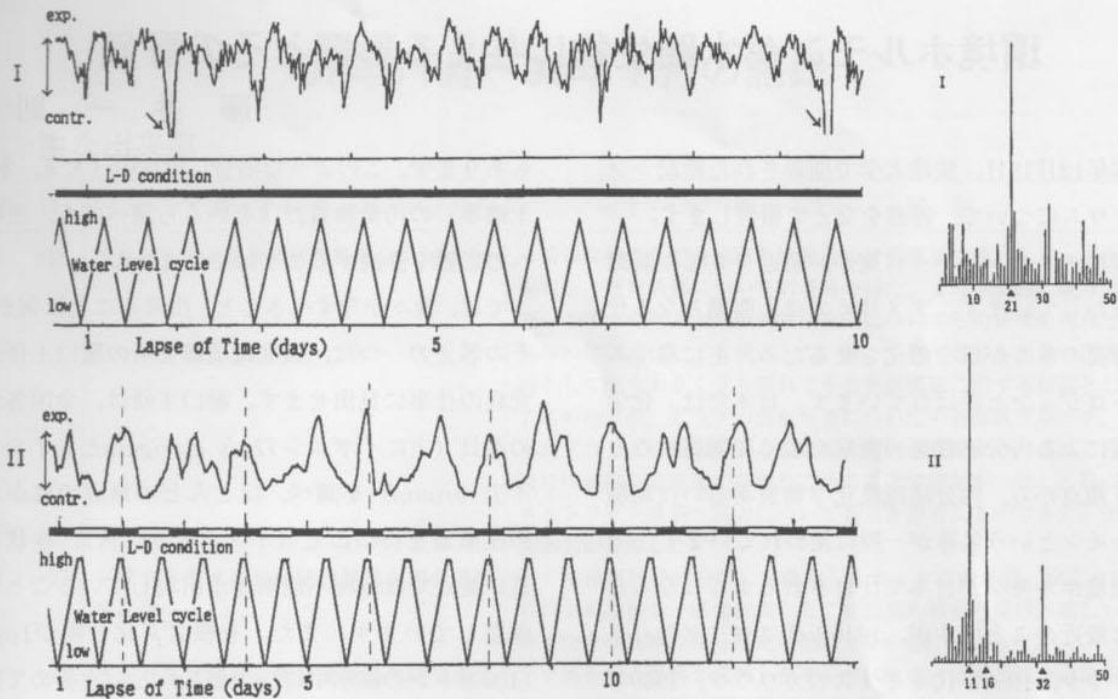


図3. 異なる環境下でのホタテガイの貝殻開閉運動(左)とそのスペクトル分析の結果(右)。貝の置かれた環境は、Ⅰ：恒暗および12h周期の水位変化、Ⅱ：12h明—12h暗の日周変化および16h周期の水位変化。図右(上、下)における顕著なスペクトルはⅠでは12h、Ⅱでは24h、16hおよび8hの周期の波の存在を示す。藤井・杉山(1991)より(注4)。

代謝に係わる生理リズムの問題が横たわっている。魚類の遊泳行動に日周期性があることはかなり前から調べられてきているが、海の釣り人がよく知っている餌の食いの良し悪しが潮の動きに左右されるという事象との関係は、これまでのところ研究の対象にはなっていない。「自発摂餌」はまさにこの問題を研究することになるわけである。海に棲む魚介類は地球をめぐる太陽や月の運行をその光と潮汐を通じて確実に感知し、それに反応している。「生体時計は生体内の様々な機能についての時間的統括機能である」と「自発摂餌」の提唱者であるT先生もおっしゃるように(注6)、生物リズムによって動物の行動や生理の活性はコントロールされている。したがって、養殖や栽培漁業に関連して生きている生物を丸ごと扱わねばならない研究者は、周期的に変化する環境要因と生物の発するリズムとの関係の特性について認識をもっと深める必要があると思う。それによってはじめて「月の魔力」をわがものにするこ

とができるだろう。

(注)

1. 「月の魔力—バイオタイドと人間の感情」A. L. リーパー、東京書店、1991.
2. 三枝誠行(1988)アカテガニの幼生放出活動はどのようにして満潮に合うのか?、海洋と生物、10(4).
3. 藤井武人(1979)二枚貝の周期的活動性に関する研究—I、東北区水研研報(40).
4. 藤井武人・杉山元彦(1991)ホタテガイの周期的閉殻筋伸縮運動にみられる水压変化の影響、養殖研研報(19).
5. 秋山敏男(1996)養殖業への魚の自発摂餌の利用、養殖研ニュース(32).
6. 田畑満生(1988)魚類の日周行動と概日リズム、「水産動物の日周活動」羽生・田畑編、恒星社厚生閣、96頁.

(企画連絡室企画連絡科長)

## 環境ホルモンが水圏生物に与える影響とその評価

藤 井 一 則

昨年12月18日、琉球大学で開催された標記シンポジウムについて、雑感を交えて報告します。

環境ホルモンという言葉が、最近テレビや新聞を賑わしています。アメリカでは、問題となる化学物質の多くが雄を雌化させるため、主に環境エストロジェンと呼ばれています。日本では、化学物質による内分泌機能の攪乱を広く問題視するという観点から、内分泌攪乱化学物質あるいは環境ホルモンという名称が一般に使われています。

環境ホルモンが日本で注目されるようになったのは最近のことですが、1940年代フロリダのハクトウワシ、1950年代イギリスのカワウソ、1960年代ミシガン湖のミンク、1970年代オンタリオ湖のセグロカモメ、1980年代フロリダのワニ等々、化学物質による野生動物の生殖異常あるいは資源の減少に関する報告は、かなり前から途切れることなく出されていました。さらに、1990年代に入るとヒトへの影響（精液量と精子数の減少）を示唆する報告も出ています。しかし、これらの異常を引き起こした原因物質を断定することは難しく、その多くは「・・・が原因の可能性はある」との表現に留まっています。現在、環境ホルモンとしてDDT、PCB、ダイオキシン等150あまりの化学物質が文献で取り上げられていますが、人類が地球上に生み出した化学物質の数は万のオーダーであり、今後さらに増加することは想像するに難しくありません。厄介なことに、人間が製造した物質そのものが悪さをしなくても、それが下水処理場や生体内で構造を変化させ誘導体が悪さをすることもあります。さらに、単独では内分泌を攪乱するほどの量ではなくても、他の化学物質との相乗作用によってホルモン様の働きをする場合があることも示唆されています。また、水の中では検出限界以下の低濃度であっても、食物連鎖によって濃縮され、その上位の生物に強い影響を及ぼす例

もあります。このような場合、環境中（大気、水、土壌等）の汚染物質だけをいくら調べても、生物への影響を推測することはできません。

では、我々が今すべきこと、出来ることは何か。その答えの一つは、国立環境研究所の堀口主任研究員の仕事に見出せます。堀口主研は、全国各地の巻貝（主にイボニシ *Thais clavigera* とレイシガイ *T. bronni*）を調べ、ほとんどの地点で雌が雄の生殖器官を持つこと（インボセックス）、症状の重い地点では産卵不能個体が出現していることを確認しています。また、有機スズ化合物が1ppb（100万トンの海水中に1gの濃度）という極めて薄い濃度でインボセックスを誘導することも実験的に証明し、有機スズ化合物の危険性を訴えています。これと同様のことが他の化学物質により他の水産生物にも起こっている可能性があり、一刻も早く調査する必要があります。では、何を調べれば良いのか？ 魚側からのメッセージとして、雄の精巣中に卵細胞が見られた、あるいは雄の血清中に雌特異蛋白質（ビテロジェニン）が検出されたという事例があります。雄の卵形成は、稚仔魚期に環境ホルモンに曝された影響であり、雄血清中のビテロジェニンは現在あるいは近い過去の影響を示唆していると考えられます。また、生体内のステロイドホルモン等を測ることも、環境ホルモンの存在を検知する手段になると思われます。原因物質の作用機序を分子生物学的レベルまで追求する研究も必要でしょうし、研究としての魅力もあります。しかし、環境保全、生態系の維持、安全な食料の供給という観点から、出来るだけ多くの種を対象とした調査研究に着手し、まず現状を把握することが早急に求められます。

ところで、環境ホルモンにより雄のワニのペニスが短くなったという報告がありますが、あなたは大丈夫ですか？（企画連絡室国際協力研究官）

## 97年11月～98年1月の記録

## 1. 主な出来事

| 月 日           | 項 目                                                               | 概 要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11. 26        | 平成9年度水産養殖研究推進全国会議                                                 | 情報交換として養殖研各研究部の研究成果情報、トピックスを説明し、研究活動についての理解を得た。また全所的に取り組んでいるアコヤガイ大量斃死原因究明についてその研究の現状と組織の体制についても報告した。続いて作り育てる漁業の阻害要因として昨今大きく立ち現れてきた魚病問題に関する討論としてアユの冷水病、ヒラメの貧血症等についての各海区ブロック、内水面ブロックの代表による現場での状況報告を受け、これらの解決には組織的な連携が必要であることで意見が一致し、防疫のネットワーク構築へ協力について賛意を得ることができた。20機関29名が参加した。                                                       |
| 11. 27        | 平成9年度水産養殖研究推進全国会議育種部会                                             | 「水産育種研究の新しい動向」をテーマに産・官・学より100名以上が参加し、話題提供として4課題の報告を受け、新しい水産生物育種技術の開発研究の進め方を中心に討議した。                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11. 27        | 平成9年度水産養殖研究推進全国会議種苗生産部会                                           | 「魚介類の摂餌と成熟」をテーマに4題の講演と総合討論が行われ、産・官・学の研究者135名が参加した。                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12. 10<br>～11 | 平成9年度水産養殖研究推進全国会議魚病部会                                             | 伊勢シティープラザにおいて水産庁魚類防疫室、養殖研、水産研究所、都道府県水産業関係試験研究機関及び関係団体から147名の参加を得て開催された。今年度は、ヒラメ貧血症及び冷水病関連感染症を主課題とした。平成9年度新たに「アコヤガイ大量へい死原因究明に関する研究会」及び「ヒラメ貧血症研究会」を発足し、最重要疾病の解明並びに防除技術の開発を実施することとした。一方、「PAV研究会」及び「海産魚ワクチン研究会」を今年度をもって終了することとした。本年度の重要成果として、マダイイリドウイルス病に対するワクチンが海産魚ワクチンとして世界で初めて開発され、生物製剤として申請されることが報告された。                             |
| 12. 15        | 健苗育成技術開発事業中間報告会                                                   | 本事業は、水産庁研究指導課が大学等に委託して実施しているもので、昨年度から新たに5年間の研究を開始し、今年度の中間報告会を玉城庁舎会議室にて開催した。事業は、ヒラメを対象として、体色・形態異常及び種苗の被食因子等を検討する4課題を含む「種苗の育成手法に関する研究」及び卵質と遺伝・栄養・環境の関係等を検討する6課題を含む「卵質の評価手法に関する研究」からなる。チームリーダーは繁殖生理部長、サブリーダーは京都大学大学院農学研究科田中 克教授。各課題担当者から平成9年度の研究推進状況について、資料に基づき説明をうけた後、研究の効果的な推進方策について協議を行った。水産庁研究指導課、大学、(社)日本栽培漁業協会、養殖研究所から計20名が参加した。 |
| 1. 29<br>～30  | 平成9年度バイオメディア「産卵・代謝チーム」研究打合せ会議                                     | 評価委員、農林水産技術会議事務局担当官、水産庁研究指導課担当官及び各課題担当者が参加。「産卵・代謝チーム」の平成9年度研究成果報告について討議した。本大型別枠研究「バイオメディア」は、本年度をもって終了した。                                                                                                                                                                                                                            |
| 1. 30         | 大型別枠研究「形態・生理機能の改変による新農林水産生物の創出に関する総合研究(バイオデザイン計画)」事前推進評価会議水産チーム部会 | 評価委員、農林水産技術会議事務局担当官、水産庁研究指導課担当官及び各課題担当予定者が参加。平成10年から実施される大型別枠研究の「水産生物チーム」の実施予定研究課題について事前評価を行った。                                                                                                                                                                                                                                     |

## 2. 所員研修

| 氏 名                     | 所 属            | 期 間                | 研 修 内 容                                    | 研 修 先       |
|-------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------------------|-------------|
| 井上 悟<br>山本 茂也           | 庶務課<br>環境管理部   | 11. 19<br>1. 29~30 | 災害補償実務担当者研修会<br>栽培漁業技術研修事業基礎理論<br>コース中央研修会 | 人事院<br>日裁協  |
| 井上 和樹<br>武藤 光司<br>中村 英史 | "<br>日光支所<br>" | "<br>"<br>"        | "<br>"<br>"                                | "<br>"<br>" |

## 3. 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 ~ 10. 3. 31      | DNA多型によるコビレゴンド<br>ウの群構造の解析                                   | 遺伝育種部・細胞工学<br>研究室      |
| 北川 忠生          | "                 | 7. 4. 25 ~ 10. 3. 31      | ミトコンドリアDNAをマーカ<br>ーとした魚類の集団構造研究                              | 遺伝育種部・遺伝資源<br>研究室      |
| 棟方 有宗          | 東京大学大学院           | 7. 4. 26 ~ 10. 3. 31      | サケ科魚類の回遊行動に関する<br>研究                                         | 日光支所・繁殖研究室             |
| 飯沼 紀雄          | 三重大学大学院           | 7. 8. 1 ~ 10. 3. 31       | ウナギの種苗生産技術の開発に<br>関する研究                                      | 繁殖生理部・繁殖生理<br>研究室      |
| 大倉 正幸          | "                 | 8. 7. 1 ~ 10. 3. 31       | マダイのGnRHの個体発生に<br>関する研究                                      | "                      |
| 柳下 直己          | 京都大学大学院           | 9. 1. 6 ~ 10. 3. 31       | ミトコンドリアDNAによるメ<br>ジナ属魚類の分類学的再検討                              | 遺伝育種部・遺伝研究<br>室        |
| 馬淵 浩司          | "                 | "                         | ミトコンドリアDNAによるサ<br>サノハベラ属魚類の分類学的再<br>検討                       | "                      |
| 通山 哲郎          | (財) 阪大微生物病<br>研究会 | 9. 4. 1 ~ 10. 3. 31       | 魚類ウイルス性疾患に関する研<br>究                                          | 病理部・病原生物研究<br>室        |
| 藤田 信道          | 近畿大学              | 9. 4. 1 ~ 10. 3. 31       | 内湾の海水交換に関する研究                                                | 環境管理部・環境制御<br>研究室      |
| 石井 邦子<br>長澤菜穂子 | 日本大学<br>"         | 9. 4. 1 ~ 10. 3. 31<br>"  | サケ科魚類の繁殖に関する研究<br>"                                          | 日光支所・繁殖研究室<br>"        |
| 小野 浩明          | 国立遺伝学研究所          | 9. 5. 1 ~ 10. 4. 30       | P C R産物のダイレクトシーケ<br>ンス                                       | 遺伝育種部・遺伝研究<br>室        |
| 梅原 由美<br>八板 将明 | "<br>東京大学大学院      | "<br>9. 7. 1 ~ 10. 3. 31  | "<br>中禅寺湖におけるサケ科魚類の<br>母川回帰生態                                | "<br>日光支所・繁殖研究室        |
| 杉山 俊介          | 三重大学              | 9. 7. 1 ~ 10. 3. 31       | 池原貯水池に生息するオオクチ<br>バスの遺伝的変異                                   | 遺伝育種部・遺伝資源<br>研究室      |
| 北原 佳郎          | 北里大学              | 9. 7. 1 ~ 10. 3. 31       | サケ科魚類の成長・栄養状態に<br>関する生化学的研究および嗅覚<br>による他個体認知機能に関する<br>行動学的研究 | 日光支所・育種研究室<br>"        |
| 杉本 浩康<br>辻 将治  | "<br>三重大学         | "<br>9. 10. 1 ~ 10. 3. 31 | "<br>アユ精子の生体外培養に関する<br>研究                                    | "<br>繁殖生理部・繁殖技術<br>研究室 |

#### 4. STAフェローシップ

| 氏 名                    | 国 籍     | 期 間                  | 研 究 課 題                                                                      | 対応研究部・室           |
|------------------------|---------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| B. Senthilku-<br>maran | インド     | 8. 12. 1 ~10. 11. 30 | 魚類の生殖腺刺激ホルモン放<br>出ホルモン遺伝子の発現機構<br>に関する研究                                     | 繁殖生理部・繁殖生理<br>研究室 |
| 秦 啓偉<br>(チン チウ<br>エイ)  | 中華人民共和国 | 9. 2. 15 ~10. 4. 14  | 魚類におけるサイトカインの<br>定量技術の開発に関する研究                                               | 病理部・免疫研究室         |
| A. S. Srivas-<br>tava  | インド     | 9. 10. 26 ~10. 1. 25 | 魚類肝臓からのアスパラギン<br>酸およびアラニン・アミノト<br>ランスフェラーゼの生化学的<br>精製および分子生物学的構造<br>解析に関する研究 | 栄養代謝部・代謝研究<br>室   |
| J. M. Dijkst-<br>ra    | オランダ    | 9. 11. 1 ~11. 10. 31 | 魚類の主要組織適合複合体<br>(MHC) 遺伝子の多型性および<br>多様性形成機構の解析に関する<br>研究                     | 病理部・免疫研究室         |

#### 5. 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         |
|-------|-------|--------------|----|--------------|-------------------------|-------------|
| 河村 功一 | 遺伝育種部 | 9. 11. 3 ~10 | 8  | ニューカレド<br>ニア | 国際魚類学会                  | 研究交流促進<br>法 |
| 大原 一郎 | 栄養代謝部 | 9. 11. 4 ~11 | 8  | "            | "                       | "           |
| 中島 員洋 | 病 理 部 | 10. 1. 13~19 | 7  | タ イ          | FAO/NACA/OIEワー<br>クショップ | OIE         |

#### 6. 主な会議・委員会

| 月 日         | 会 議 名                                          | 出 席 者        | 主 催 者              | 場 所 |
|-------------|------------------------------------------------|--------------|--------------------|-----|
| 11. 11 ~ 13 | 庶務・会計事務担当者会議                                   | 本間 健司<br>他3名 | 水産庁                | 東 京 |
| 11. 19 ~ 22 | 企画連絡室長会議                                       | 梅津 武司        | 農林水産技術会議事務局<br>水産庁 | 東 京 |
| 11. 24 ~ 25 | 所長懇談会                                          | 上北 征男        | 水産庁                | 東 京 |
| 11. 25 ~ 28 | 第36回水産研究所課長懇談会                                 | 出口 安隆<br>境 清 | 中央水産研究所            | 長 崎 |
| 12. 4       | 東海地域水産統計協議会                                    | 藤井 武人        | 東海農政局              | 愛 知 |
| 12. 4~5     | 平成9年度DNA部会ワーキンググループ打合せ<br>会議                   | 荒木 和男        | 農業生物資源研究所          | 茨 城 |
| 12. 5~6     | 平成9年度微生物遺伝資源部会ワーキンググルー<br>プ打合せ会議               | 中島 員洋        | 農業生物資源研究所          | 茨 城 |
| 12. 11 ~ 12 | 全場所長会議                                         | 上北 征男        | 農林水産技術会議事務局        | 東 京 |
| 12. 12      | 平成9年度三重県沿岸漁業等動向把握検討協議会                         | 梅津 武司        | 東海農政局              | 東 三 |
| 12. 16 ~ 18 | アコヤガイへい死原因調査対策検討委員会                            | 船越 将二        | 愛媛県                | 媛 媛 |
| 12. 24 ~ 25 | 種苗期疾病情報検討会                                     | 中島 員洋        | 日本栽培漁業協会           | 兵 庫 |
| 1. 7 ~ 9    | 平成9年度「新需要創出計画」環境保全チーム研<br>究打合せ会議               | 岡内 正典<br>他2名 | 農林水産技術会議事務局        | 茨 城 |
| 1. 10~11    | 「水質汚染モニタリングのための遺伝毒性を指標<br>としたバイオセンサー系の開発」検討委員会 | 和田 克彦        | 国立衛生試験所            | 東 京 |
| 1. 12~14    | 平成9年度水産庁研究所情報・資料担当者会議                          | 加茂 正男        | 水産庁                | 東 京 |

## 7. セミナー

| 月 日    | 発 表 者                                                                                    | 話 題                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. 18  | 養殖研究所 山野 恵祐 (玉城)                                                                         | Differential Display法による遺伝子単離のとりくみ<br>1. ヒラメの変態期に働く遺伝子<br>2. E I B S ウイルス遺伝子                                                                                                                                                                                                                             |
| 7. 23  | 養殖研究所 北村 章二 (日光)                                                                         | 実験環境下及び天然における性行動時の雄マスの性ホルモ<br>ンレベルに及ぼす社会的優位性の影響                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 7. 24  | 東京大学大学院農学生命科学研究科<br>八板 将明氏 (日光)                                                          | 降河回遊の初期段階に見られる大西洋サケスモルト完了個<br>体の回遊行動                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7. 29  | アメリカ North Carolina State University,<br>Department of Zoology<br>Douglas McVey氏         | Controlled southern flounder reproduction:<br>The art of manipulation                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7. 31  | 養殖研究所 阿保 勝之 (玉城)                                                                         | The importance of internal tide and coastal upwelling in<br>the water quality of the estuary facing the ocean                                                                                                                                                                                            |
| 8. 21  | 台湾 国立台湾海洋大学教授<br>張 清風氏                                                                   | The proposed endocrine mechanism of sex reversal in the<br>protandrous black porgy, <i>Acanthopagrus schlegelii</i>                                                                                                                                                                                      |
| 9. 24  | 養殖研究所 井上 潔 (玉城)                                                                          | 魚類の種間雑種における単性化について<br>—タナゴ類を例に—                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9. 25  | 養殖研究所 太田 博巳<br>" 山本 剛史<br>" 大原 一郎<br>" "                                                 | 日本海沿岸にみられる天然ヒラメの貧血症について<br>コイ精子の運動能維持に必要なイオン環境について<br>魚粉、大豆油粕および麦芽たん白を給与したニジマスの血<br>漿遊離アミノ酸濃度の経時変化<br>サケマス類の S I N E 背向 P C R による多型検出<br>Molecular phylogeny of the masu salmon in the genus<br><i>Oncorhynchus</i>                                                                                      |
| 9. 26  | 養殖研究所 鈴木 満平<br>イスラエル Fish Breeding Centre,<br>YAFIT (R&D) Laboratory<br>Shmuel Rothbard氏 | バイオコントロール式ガザミ種苗生産技術開発のフォロー<br>アップについて<br>Sex manipulation in Tilapia and Aquaculture in Israel                                                                                                                                                                                                           |
| 10. 2  | 養殖研究所 岡内 正典 (玉城)                                                                         | 魚介類種苗生産における海藻類利用の現状と展望                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10. 7  | 京都大学大学院農学研究科<br>木下 政人氏 (玉城)                                                              | トランスジェニックメダカの作製と特性について                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10. 22 | 養殖研究所 (特別研究員)<br>青柳 一彦 (玉城)                                                              | ニジマス M H C クラス I の多型性の解析                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10. 23 | 養殖研究所 荒木 和男                                                                              | トランスジェニック魚の作出とトランスジェニックな発現<br>を利用した遺伝子の機能の解析                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10. 27 | 養殖研究所 高柳 和史                                                                              | 堆積物中における生物起源珪素の分布から過去の生物生産<br>の変遷を推測できるか?                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 11. 4  | 日本大学生物資源科学部水産学科<br>石井 邦子氏 (日光)                                                           | ギンザケのフェロモンと遡上水選択行動                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11. 18 | 日本大学生物資源科学部水産学科<br>長澤 菜穂子氏 (日光)                                                          | 野外調査によるバシフィックサーモンの母川回帰について<br>の仮説                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11. 20 | 北里大学水産学部<br>鳥居 修氏 (日光)                                                                   | アラスカの B E A R 湖におけるギンザケの標識魚と未標識<br>魚の相対的な生存性                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11. 25 | 養殖研究所 前野 幸男<br>養殖研究所 (特別研究員) 金森 章 (玉城)                                                   | 五ヶ所湾における海水交換時の微生物の挙動について<br>Biochemical studies in air-breathing and non-air-<br>breathing fishes: studies on alanine amino- transferase and<br>aspartate aminotransferase during reproductive cycle of<br><i>Clarias batrachus</i> and <i>Labeo rohita</i><br>ビルナウイルスの海産養殖魚に対する病原性の検討<br>メダカの性分化時の遺伝子発現 |

## 表紙説明

### 分離卵からふ化したズワイガニのゾエア — 親はなくとも胚は育つ？

この表紙写真は上段にズワイガニの発眼卵、下段には左からふ化直後のプリゾエア→第1ゾエアの正面像→同じく側面像から成っていて、一見平凡なズワイガニ発生の写真に過ぎない様に見える。実はこれらのゾエア幼生は親ガニの腹部から外した卵塊のみを培養してふ化させたものである。通常、カニ類では雌が産み出された卵を腹部の腹肢に生えている細かい毛に付着させてふ化するまで抱いている。この発生卵を腹肢から外して培養してもまず卵発生の同調性が失われ、やがて発生が止まり死んでしまう。ガザミなど南方系の浅海域では、親ガニはそれほど大型ではなく、抱卵期間も短い。しかし北方あるいは深海の冷水域に棲む大型種においては抱卵期間が長いものでは1年半にもおよび、これら大型種の飼育維持は大変な苦勞を伴う。

ご存じの通りズワイガニ類はわが国の水産重要種であると同時に、近年その資源の枯渇が心配されている。この様な中で増殖の立場からは種苗生産が試みられているが、上に述べた如く親ガニの飼育維持が大変な上に、稚ガニまでの生残率はきわめて低いなど、本格化するまでにはまだいくつか壁がある。これに対しては、基礎的な面から地道に攻めて行くのも一つの手である。特にその発生を調べる者にとっては、親から分離した状態で、水

温等の環境を管理しつつ卵だけを相手に胚の発育をコントロール出来たら、研究上大変に有利になるのではとの夢がある。

その様なことを思いつつ、ズワイガニの胚発生を観察していた所、たまたまアクシデントで抱卵していた雌ガニが死亡した。せっかく発眼卵となっているものをこのまま流してしまうのは惜しいと思うのが人情である。そこで腹肢から卵を分離し、親ガニに代わって世話をしてみた。今回は精密ろ過海水と抗生物質の組み合わせで対処していた所、約1ヶ月後にまずプリゾエアと呼ばれる状態で卵殻を破ってふ化し、ついで胚外被を脱ぎ捨てて第1ゾエアとなった。その後これらのゾエアはアルテミアを食べながら現在第2ゾエアになって元気に泳いでいる。当初はほとんど期待していなかったが、何事もトライしてみるものだった。

以前に産み出されたばかりの卵を同様に半年近く培養し、発眼卵まではなんとか行った経験がある。後は胚発生をコントロールしている要因を一つずつ解明し、このつながっていない数カ月～半年分をクリア出来れば、産み出してからふ化までの完全な管理培養と云う上述の夢への一歩が踏み出せよう。なお、この写真中に入れたスケールはすべて1mmであり、撮影にはデジタルカメラ(画素数140万)を用いてみた。

(小西光一、繁殖生理部発生生理研究室長)

## 編集後記

海に見える窓際のツバキ、昨年は3月初旬に満開だったのが、今年は2月初めにもう散ってしまい、同時にまだ上手ではないがウグイスのさえずりが聞かれ、タンポポも咲いている。暖冬ということだろうか。遅速に大きな変動があっても四季は着実に進行する。農林水産業は24時操業では行けない。四季と共に歩むのが基本である。ニュースを年4回発行にして早4号になった。

さて、アコヤガイ大量斃死の原因は感染症であることは明らかになった。病原微生物が原虫あるいはウイルス

という範囲まで絞られてきたが、種を明確に特定するにはなお時間が必要である。コッホの3条件を満たすことには困難がある。すなわち、1) その微生物がいつも病変部から見出され、2) しかもその病変に限って検出され、3) 体外で培養したその微生物を動物に戻した時に病気が再現されなければならない。魚類では継代培養できる細胞株(セル・ライン)がいくつかあるが、貝類ではまだできていない。従ってウイルス培養が困難である。原虫のライフ・サイクルも複雑で、必ずしも常に病変個体から見出せるとは限らない。貝類の生理学、(前ページへつづく)

〒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

tel (FAX) 05996-6-1830 (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

tel (FAX) 0596-58-6411 (6413)

〒321-1661

栃木県日光市中宮祠2482-3

日光支所

tel (FAX) 0288-55-0055 (0064)

養殖研ニュースNo.37 1998年3月31日発行