

8) これからのプランクトン研究をどうするかーベントス（底生無脊椎動物）生態学の視点から

玉置 昭夫

長崎大学水産学部 附属海洋資源教育研究センター 〒851-2213 長崎市多良町1551-7

Future prospect of planktology: from the aspect of benthos ecology

AKIO TAMAKI

Marine Research Institute, Nagasaki University, Taira-Machi 1551-7, Nagasaki 851-2213, Japan

E-mail: tamaki@net.nagasaki-u.ac.jp

Abstract It has long been recognized that for the community organization of marine benthic invertebrates, processes during pelagic larval stages, mostly lasting for several weeks, are important as well as processes during benthic stages. However, such recognition was not explicitly incorporated into the framework of investigation until the early 1980's even in the rocky intertidal community ecology, which has provided a number of important principles to the community organization theory in general. More emphasis had been placed on postsettlement processes such as competition and predation. Recent growing body of evidence has shown that presettlement processes such as planktonic survival and return success to adult habitats may be more crucial. However, 'supply-side ecology', which deals with these processes, has been confronted with essential difficulty in seeking for metapopulation and/or metacommunity dynamics. The hardest obstacle is to specify source-sink relationships between regional populations comprising a metapopulation. This is especially true of rocky intertidal communities, which are sometimes inaccessible in the case of wave-beaten, exposed shores. The present paper highlights the advantage of a set of small- to medium-sized intertidal sandflats as a target study system for metapopulation/metacommunity dynamics. A case study conducted on intertidal sandflats and their offshore waters in western Kyushu, Japan for more than 20 years points to the importance of presettlement processes in the organization of a metacommunity situated in a meso-scale space.

Key words: supply-side ecology, presettlement process, meta-population (-community) dynamics, intertidal sandflat, meso-scale space

1. はじめに

メロプランクトンとしてのベントス浮游幼生に焦点を当てる本稿の視点は、ホロプランクトンを扱うほかの5論文の視点とは異ならざるを得ない。すなわち、これからのプランクトン研究というよりむしろ、これからのベントス生態学において浮游幼生期をどう扱うかという立場からの提言になる。ベントスの生活史学・個体群生態学・群集生態学において、浮游幼生期の動態を研究の枠組みのなかに組み込む必要性は最近とみに認識されるようになったが、実際の取り組みは底生期の研究に比べて大きく遅れている。ここでは、ベントス群集生態学が進展するにつれて浮游幼生期の研究が取り込まれるようになった経緯の紹介を切り口とし、そこで浮かび上がってきた問題点とその解明への展望につき、私が現在行っている研究を例にとり議論したい。

2. 岩礁潮間帯の群集研究における問題点

一般生態学に及ぼしたインパクトの大きさという点からは、ベントス群集生態学のなかで岩礁潮間帯群集の研究成果が果たした役割が最も大きい (Raffaelli & Hawkins 1996, Menge & Branch 2001などの優れた本や総説を参照されたい)。20世紀初頭から本格的になった岩礁潮間帯群集の研究は、とくに1950年代から1970年代にかけて興隆した。この進展には、おもに西欧の研究者が長年にわたって蓄積してきた重厚な記載研究のうえに、アメリカ合衆国西海岸やオーストラリア東海岸などで盛んになった野外実験手法が加わったことがあずかっている。野外実験のおもな操作は、岩礁面からの特定種の取り除きや添加である。その後、野外実験によって岩礁潮間帯の群集構造を解明する試みは、日本を含む世界各地で盛んに行われるようになった (岩崎 2001, 野田ほか 2001)。研究のおもな対象になったベントスは、岩礁に固着して生活するフジツボ類・イガイ類 (二枚貝)・海藻類や、移動力はあってもその範囲が限定されて

いるタマキビ類やカサガイ類など、さらにはそれらを食べるヒトデ類などの捕食者である。被食されるベントスどうしでは、基本的に2次元の岩礁面が空間をめぐる競争の対象資源となる。岩礁面でよく見られるベントスの帯状分布構造は、潮位勾配に沿った環境条件の変化に対するそれぞれの種の生理学的耐性のみならず、種間競争の優劣によっても決まる。さらに、ある種の捕食者は被食者の種間関係を変更する。たとえば、フジツボに比べて空間占有に勝るイガイを選択的に食べるヒトデは、間接的にフジツボの生残を可能にし、その波及効果は群集の種多様性を維持することにつながる(トップダウン効果)。

1980年代になって、岩礁潮間帯群集の構造は底生期の過程だけによって決まるのではなく、沖合の過程も重要であることが指摘され出した。そのひとつが、栄養塩の供給の多寡が一次生産力を規定することを通じて、ベントス浮游幼生の生残率に影響を及ぼす可能性である(このようなボトムアップ効果は、岩礁に生える藻類の生長を通じて発揮される場合もある)。もうひとつは、沖合の海洋構造によって海岸に供給される幼生供給量の多寡が、底生期の個体群サイズや群集構造に影響を及ぼす可能性である。この側面を研究する分野をSupply-side ecologyという。Supply-side ecologyの枠組みによる最近の研究成果については、Morgan (2001) や Underwood & Keough (2001) などの優れた総説を参照されたい。また、岩礁潮間帯のみならずベントス一般の浮游幼生の分散・回帰機構と海洋構造の関連についての優れた本や総説としては、McEdward (1995) や Forward & Tankersley (2001) を参照されたい。岩礁潮間帯群集研究の先進地であるアメリカ合衆国西海岸を例にとれば、競争や捕食-被食関係など底生期の種間相互作用によって群集構造の大枠が決まるような系はワシントン州からオレゴン州にかけての海岸で見られる。そこではベントスの密度が恒常的に高く維持されている。ところが、カリフォルニア州の海岸では、ベントスの密度が時空間的に変動し、低密度のところでは強い種間相互作用が起こらない。このような地理的な差が生ずる原因として、沖合における浮游幼生量の差が挙げられた(Connolly & Roughgarden 1998)。岩礁潮間帯ベントスのおもな繁殖期である春から夏にかけて西海岸沿岸では、赤道方向への卓越風によって湧昇流が起り、海岸から放出された浮游幼生が沖合に運ばれる。卓越風の強さと恒常性、さらに海岸地形との相互作用の違いによって、カリフォルニア州沿岸では保持される浮游幼生量が少なく変動も大きいに対し、オレゴン州以北の沿岸では比較的狭い海域に多量の浮游幼生が安定して滞留し、海岸に回帰できる。

以上のような浮游幼生期の過程を取り込んだ研究動向のなかで必然的に視野に入ってきたのは、メタ個体群動態・メタ群集動態の観点である。すなわち、浮游幼生のやりとりを通じて交流する分集団(=地域底生個体群)全体の動態を明らかにする

ことに基づいて、群集レベルの動態に迫る方向性である。メタ群集を構成する各地域群集の動態は一律ではない。群集メンバーそれぞれの種ごとに、幼生を供給する地域個体群とそれを受け取る地域個体群間のソース-シンク関係が様々であるからだ。ここで注意すべきことは、メタ個体群・メタ群集の観点で想定されている系の空間スケールは、上述したアメリカ合衆国西海岸の例におけるようなスケールよりも遙かに小さいことである。本稿では便宜的に、これらのスケールをそれぞれメソスケール、マクロスケールと呼ぶ。実証面では、メタ個体群・メタ群集の観点に立った研究成果は未だ出ていない。その理由として、私は岩礁潮間帯が本質的に不利な研究対象系であるためだと考える。たとえば、潮位差が大きい海域の干潮時ですら人がとても近づけないような大きな波が砕け散る岩礁潮間帯(露出海岸の切り立った崖など)に、最も豊かな固着生物群集が発達していることがある。この岩礁潮間帯の個体群(たとえばフジツボ個体群)が、遮蔽海岸の個体群に対して幼生の主要な供給源になっていることもあるだろう。その場合、たとえ遮蔽海岸では種間競争や捕食によってフジツボの個体群成長が抑えられ、他の地域個体群のソースには成り得ないような状況であっても、これがメタ個体群全体の存続にはあまり関係してこないと考えられる。メタ個体群の分集団間における本当のソース-シンク関係が不明であることは、岩礁潮間帯メタ群集の動態解明にとって大きな隘路となるだろう。この点については、先述したMorgan (2001) や Underwood & Keough (2001) などの総説でも触れられていない。

3. 中～小規模の砂質干潟群集研究の利点

海岸線に沿って散在する潮間帯ベントス地域個体群のあいだのソース-シンク関係を明らかにするためには、(1)各地域個体群サイズ(分布と密度)をしらみつぶしに調べ、それぞれから放出される浮游幼生量を推定する、(2)沖合の海洋構造を把握する、(3)浮游幼生の分散・滞留・回帰の実態を明らかにすることが必要となる。それを踏まえて、メタ個体群として扱うべき系が特定される。さらにメタ群集の動態にまで視野を広げるならば、構成種それぞれのメタ個体群動態を把握しなければならない。これらが容易成らざる作業であることはすぐに想像がつくだろう。私は1979年以来、熊本県天草下島の北西隅にある砂質干潟(富岡湾干潟)において、ベントス群集の変遷を調べてきた(図1)。富岡湾は、有明海と東シナ海の間を介する橘湾の南西隅に位置する支湾である。群集変遷の諸相については、玉置(1995, 2001)とFlach & Tamaki (2001)にある詳細なまとめを参照されたい。富岡湾干潟は、大潮の干潮時に海岸線に沿って4 km、沖合方向に150~700 m干出する。この程度の比較的中～小規模の砂質干潟は岬と岬のあいだに成立しており、西九州の東シナ海沿岸から橘湾を経て有明海の湾口部側1/3の

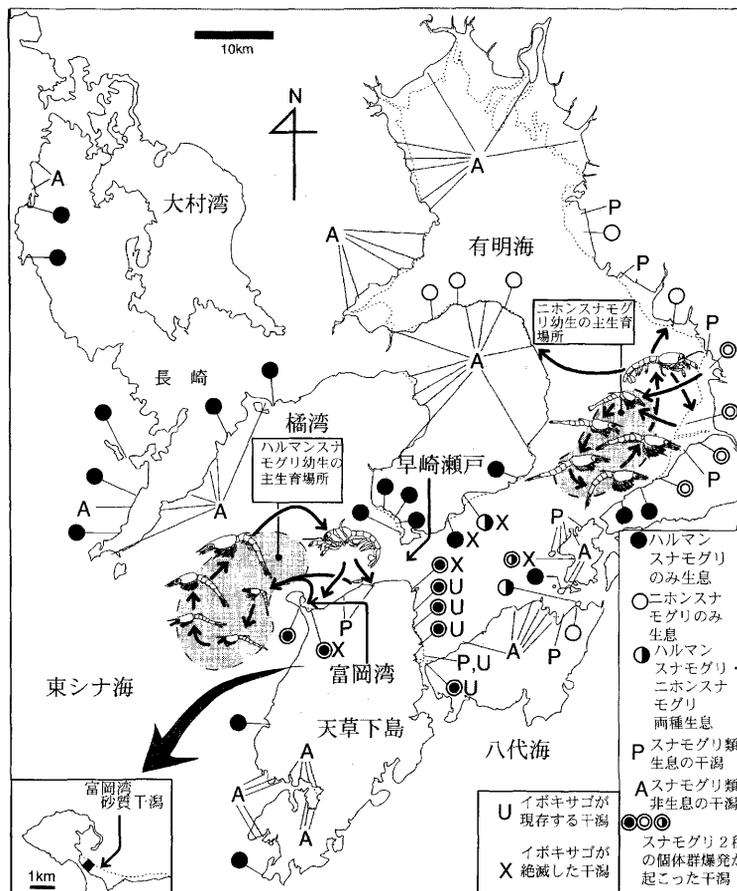


図1. 西九州、有明海から橋湾を経て東シナ海沿岸までの海岸線におけるハルマンズナモグリの分布（合計103ヶ所）とイボキサゴの分布（合計10ヶ所）（玉置（2001）の図14-2を改変）。海岸線のすぐ沖側の点線は、有明海と橋湾における比較的大規模の干潟の範囲を示す。ニホンズナモグリ *Nihonotrypaea japonica* はハルマンズナモグリと同属の種であり、おもに有明海中央部の広大な砂質干潟に生息している。この種もハルマンズナモグリと同様、近年、個体群の爆発的増大を起こした。有明海奥部の「A」マークの付いた干潟は泥質干潟であり、スナモグリ類は生息していない。福岡湾干潟（左下挿入図）では、黒塗り矩形域において、ベントス群集の継続調査が1979年以來行われてきた。ハルマンズナモグリとニホンズナモグリの浮游幼生期は、ともに5つのゾエア期と1つのデカポデッド期から成る。これらのうち、ゾエア1, 3期とデカポデッド期の種間識別が可能である。ハルマンズナモグリ幼生とニホンズナモグリ幼生の主な生育海域は、それぞれ橋湾南部と有明海中央部に位置している。図のなかで、幼生の齢期の進行順を矢印で示してある。橋湾の南部と北部には、それぞれ東シナ海由来の高塩分水塊と有明海由来の低塩分水塊が配置している。これらの水塊の時間的平均流は、それぞれ東と西に向かって流れている。

水域に至る海岸線に沿って点在している。有明海の湾口部側1/3の水域は、東シナ海由来の外海水の影響が及ぶ限界である（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。一方、有明海の中央部から奥部にかけては、広大な砂質あるいは泥質の干潟が発達している。これまでに得られた結果はまだ不十分であるが、中小砂質干潟のベントス群集を構成する幾つかの優占種は、外海水が占める水域のなかでメタ個体群を形成していることが次第に明らかになってきた。また、最近数年間に初めて気づいたことだが、メソスケールの空間で展開されるメタ個体群の動態を扱うとき、中小規模の砂質干潟群は最も好適な対象系と考えられる。その理由として、以下のことが挙げられる。第一に、砂質干潟ははもととある程度遮蔽された海岸に発達するので、原則として対象海域すべての地域個体群に接近できる。第二に、

押し寄せる波浪の大きい開放砂浜と異なり、観察・採集・実験がより容易に行える場所である。第三に、それぞれの空間的規模があまり大きくないので、干潟全域にわたる継続調査が可能である。これに対して、たとえば有明海の広大な干潟については、労力の限界により綿密な調査が行えない。とはいうものの、中小の砂質干潟についてさえも、メタ個体群・メタ群集の実質的な研究はこれまで行われてはこなかった。

4. 福岡湾干潟ベントス群集の長期変化

以下に、東シナ海沿岸から橋湾を経て有明海の湾口部側1/3に至る水域の中小砂質干潟に棲む二つの優占種〔ハルマンズナモグリ *Nihonotrypaea harmandi*（十脚甲殻類、スナモグリ科）とイボキサゴ *Umbonium (Suchium) moniliferum*（巻

貝, ニシキウズガイ科): 図2] を例としてとりあげ, それぞれのメタ個体群におけるソース-シンク関係, さらには種間関係が織りなすメタ群集の動態を要約する. 二種の地域個体群の分布は, 図1のなかでそれぞれ黒丸とU字で示してある. 富岡湾干潟におけるおもな研究地は, 図1の左下挿入図の黒塗り矩形域である(海岸線に沿って300 m, 大潮時の平均干出幅310 m). ハルマンスナモグリは地下数十cmに達するY字型の巣穴に1個体ずつ棲み, 干潟表面から落ちてくる砂のなかのデトリタスを食べる. 残りの砂は巣穴開口部から外に頻りに排出される. その結果生ずるマウンド(砂の小さな丘)は潮流や波によって容易に崩されるので, ハルマンスナモグリが棲みつくると基質表層の流動性が非常に高まる. 本種の底質改変作用には, 基質酸化層(茶色の層)の拡大と還元層(黒色の層)の消失も含まれる. 基質に対するこれらの働きを総称して, 生物攪拌作用(bioturbation)という. ハルマンスナモグリの繁殖期は

6月から10月までである. メスは2~3週間抱卵する. 浮游幼生期間は約3週間である. 干潟に着底した幼生は, 1年後に繁殖に参加する. 寿命は2年である. 1979年当時, 富岡湾干潟における本種の分布域は岸側1/3のゾーンに限定されていたが, その後沖に向かって急激に拡大し, 1984年には全域を占めるに至った. これと同時に, 研究開始当初, 平均 160 m^{-2} 以下であった個体群密度も一挙に増加し, 最高 $1,400 \text{ m}^{-2}$ を達成した. この高密度状態は1994年まで安定して続いていた. ところが1995年になって個体群密度は突如激減し始め, 2001年現在では1979年当時のレベルに戻ってしまった. この個体群減少は, 1995年から急に増えた底生魚のアカエイに帰せしめられる(原田2002). 彼らは胸鰭を羽ばたかせて干潟に大穴を開け, 地下深くに棲むハルマンスナモグリを掘り起こして, それをほぼ専食する. 一方, イボキサゴは干潟表面に棲む懸濁物食者である. 1979年当時, 本種は富岡湾干潟の沖側半分のゾーンに玉砂利の

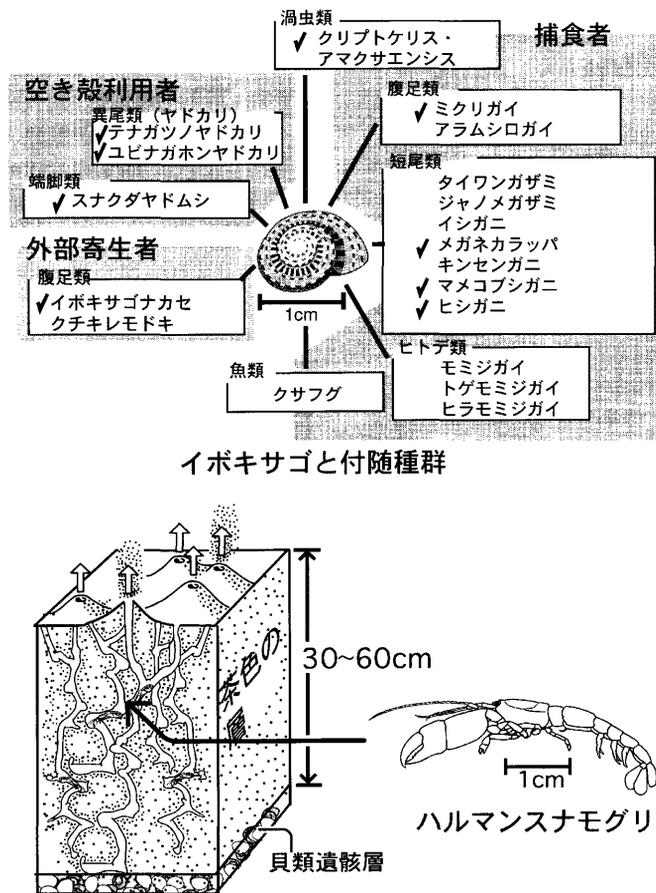


図2 (下) ハルマンスナモグリとその巣穴. 巣穴のなかたまった余分な砂は, 遊泳肢を使って開口部から噴出される. さらに, 酸素が豊富な干潟上水が巣穴に導入され, 砂層全体が酸化され茶色を呈する. 1979年当時, 本種は富岡湾干潟の岸側1/3のゾーンに分布していたが, その後分布域・密度を増大させ, 1984年には干潟全域を占めるに至った. しかし, 1995年よりアカエイによる捕食圧が加わったため密度が急減し, 現在では1979年の水準に戻ってしまった. (上) イボキサゴとその付随種群. 1979年当時, イボキサゴは富岡湾干潟の沖側半分のゾーンに高密度で分布していたが, 1986年に絶滅した. その後, 1997年から復活し始め, 現在では1979年の密度に戻った. チェックマークを付けた9種は, イボキサゴ個体群の絶滅とともに消失した. その後, イボキサゴ個体群の復活に伴って, 渦虫類1種, 外部寄生の巻貝1種, ヤドカリ類2種の個体群も回復しつつある.

ような高密度（平均 $2,000\text{ m}^{-2}$ ）の状態で生息していたが、その後減少し、1986年に絶滅した。これは、幼生の新規加入がハルマンスナモグリによって妨げられたためである。イボキサゴの稚貝サイズは 0.2 mm 弱であり、排出砂の下敷きになって窒息死したり、巢穴の深部に落下して干潟表面に復帰できなくなって死亡する。なお世界的にも、スナモグリ類は貝類に対する加害ペントスとしてよく知られている。富岡湾干潟におけるイボキサゴ個体群の消失状態は1996年まで続いていたが、1997年に復活し始め、2001年現在では1979年当時のレベルに回復した。イボキサゴはもともと捕食者・外部寄生者・空き殻利用者（ヤドカリ類）など多くの付随種に取り巻かれており（図2）、そのうち9種の地域個体群もいったん絶滅したが、最近4種が復活してきた。すなわち、アカエイの捕食によるトップダウン効果によってペントス群集の種多様性が高まったことになる。

5. 浮游幼生期の動態

最近20年間、対象水域では、ハルマンスナモグリとイボキサゴ個体群の著しい消長は富岡湾干潟だけに限った現象ではなかった。まず、ハルマンスナモグリ地域個体群の爆発的増大は、図1の2重丸で示した複数の干潟で起こった。その背景には何か広域的な共通原因があるようだ。また、イボキサゴ地域個体群の絶滅も×印で示した複数の干潟で起こった。これはハルマンスナモグリ個体群の増大と並行していた。ハルマンスナモグリ個体群の爆発的増大について、「浮游幼生期の生残率を上げるような出来事（有明海の富栄養化の進行に伴うボトムアップ効果？）が1970年代末ころから起こった」という仮説を立て、その実証に向けて研究を始めた。未だ最終目標には遠い段階であるが、最初の成果として、メタ個体群のソース-シンク関係が次第に明らかになってきた（Tamaki et al. 1999, Tamaki & Miyabe 2000）。それは対象水域の海洋構造（Matsuno et al. 1999）と密接に関連しており、つぎのように要約される。メタ個体群の分集団のなかで、富岡湾干潟個体群は西の端に位置し、しかもサイズ（個体群密度×干潟の占有面積）が最大である。橘湾では、初期齢の幼生は全体に広がって分布しているが、後期齢の幼生は北部から消失し、南部でのみ残る。その海域は富岡湾干潟から $10\sim 20\text{ km}$ 北～西方向に位置している。橘湾の南部には東シナ海由来の高塩分水塊が、また、北部には有明海由来の低塩分水塊が配置している。両者が接する境界には河口フロントができる。大潮・小潮周期の15日間で時間平均すると、南部と北部の水塊はそれぞれ東方向（＝有明海方向）と西方向（＝東シナ海方向）に流れている。干潟個体群からの幼生の放出は、夜の最満潮時に続く3時間以内に集中して起こる。その結果、富岡湾干潟から放出された幼生は、強い引き潮に乗っていったん西に運ばれる。しかし、齢期が進むにつれて東向き

の時間的平均流に乗り、あるものは有明海に入るかもしれないが、かなりの部分が上述した海域に保持される。一方、有明海から橘湾に流入した初期齢の幼生は、後期齢に達するまでには西向きの時間的平均流に乗り湾外へと散逸してしまう。つまり、富岡湾干潟のハルマンスナモグリ個体群は有明海の干潟個体群へのソースになることはあっても、逆の（＝シンクになる）可能性は低いといえる（独立採算制による地域個体群の維持）。

このような富岡湾干潟個体群と有明海干潟個体群のあいだのソース-シンク関係は、イボキサゴのメタ個体群にはそのまま適用できない。1997年以降の富岡湾干潟個体群の復活は、明らかに、天草下島の東海岸にある数ヶ所の干潟に存続していた個体群から放出された幼生の流入に負っている。ここでは、ハルマンスナモグリの場合と逆のソース-シンク関係が成立している。そのしくみの鍵は浮游幼生期間の違いにありそうだ。イボキサゴ幼生の浮游期間は48時間である（原田ほか 未発表）。これは、東南アジア産の同属種で、砂質干潟ペントス群集においてイボキサゴと極めて近いニッチを占めているサラサキサゴ幼生のそれと同じである（Berry 1986）。このような短い浮游期間であればこそ、強い引き潮流に乗って天草下島の東海岸から富岡湾に幼生が速やかに運ばれたと考えられる。ハルマンスナモグリのように3週間も海に漂っていると、結局は海水の時間的平均流の場に捕捉され、富岡湾に達することはできないだろう。以上をまとめると、ハルマンスナモグリ個体群の爆発的増大と凋落、イボキサゴ個体群の絶滅と回復といった一連の顕著な現象が比較的短期間に起こったことによって、地域群集の再構築過程をメソスケール空間のなかに位置づけて捉える機会に恵まれたといえる。すなわち、メソスケール海域に存在する種のプール（pool）における優占種のメタ個体群動態、ことに海洋構造と幼生の浮游期間が相俟って実現される地域個体群間のソース-シンク関係、を通じて地域群集がどう構築されていくのか、その手がかりを知る入り口に立つことができたと見える。

6. まとめ一時空間スケールの重要性

以上で紹介した事例は、ペントス浮游幼生の分散の意義について、空間スケールを特定して研究することの重要性を認識させる。浮游幼生の発生型は、直達発生型（浮游期間＝0）・卵栄養短期浮游型・プランクトン栄養浮游型の三つに大きく分けられる。浮游期間は、ホヤ類のように数時間しかないものから、ある種の腹足類のように200日間を越えるものまで及んでいる（Thorson 1950, Mileikovskiy 1971, Scheltema 1971, 菊池 1982）。後者は、大西洋を横断するような遠距離分散型幼生（teleplanic larvae）と呼ばれる。ここで対象となる空間はマクロスケールの極大といえる。しかし、ペントス全分類群を一括してみると、全種類の約70%が4週間以内、約80%が6週間以内の浮游幼生期間をもつ。本稿では、この期間に対応して研

究対象とするべき空間スケールをメソスケールと一括して呼んだのであった。海洋学では、これらは沿岸海洋物理学が対象とする時空間スケールである。一般にベントスの生活史戦略（コストベネフィット）の観点からは、浮游幼生による分散は、分布域の拡大・未利用の好適棲み場所の発見や利用という利益をもたらす一方、飢餓・被食・流失散逸の危険を絶えずはらんでいると見なされている（菊池 1982）。直達発生型幼生や短期浮游型幼生をもつ種は、これとは表裏の状況に直面しているとされる。このことに関して、地質学的時間スケールで面白いデータが報告されている。たとえば、数百万年単位で腹足類の化石資料を分析した結果、長期浮游型幼生をもつ種は短期浮游型種に比べ、種としての寿命が2倍であるという（Jablonski & Lutz 1983）。しかし、生態学的時間スケールでメタ個体群・メタ群集の動態を研究するときには、異なった現象を比較する視点のズレがないかを確認しておく必要がある。たとえば風呂田（2000）は、かつては内湾の干潟に多量に生息していたウミナナ類（巻貝）個体群が最近各地で絶滅していることに関して、地域個体群が消滅しやすい種は浮游幼生期をもつものにみられ、直達発生型の種個体群はかえって存続しやすいと報告している。浮游幼生が行き着くべき好適な生息場所が、海岸改変工事のため不足するようになったためと風呂田は考察している。しかし、対象とする空間スケールをさらに広げてみると、現象の見方はまた変わりうる。たとえば、前段落で紹介した事例に戻って違う角度から見ると、有明海の干潟個体群から放出されて橘湾へ入り、さらに湾外に流出するハルマンスナモグリ幼生は死滅するのではなく、東シナ海に面した海岸の砂質干潟に到着して生き延びるのかもしれない。逆に、イボキサゴの幼生は天草下島の東海岸から富岡湾に流入し、その地域個体群をよみがえらせたが、メタ個体群全体としての頑健さはせいぜいその空間範囲内（10~20 km）に限られているともみなせよう。すなわち、メソスケール空間を対象としたベントス個体群・群集生態学の研究を海洋生態学的に意味のある内容にするためには、すぐれて地域的な個性をもつ海岸地形・ベントス生息場所の配置・沿岸の海洋構造を詳細に把握したうえで浮游幼生の分散・滞留・回帰の実態を明らかにし、さらにそれがメタ個体群・メタ群集全体の動態に与える影響を追究しなければならない。ベントス生態学者は一方で、一般生態学へ通ずる法則や原理を発見したいという欲求も常に抱いているものである。ローカルな複雑性の探求のなかから普遍的な現象を見だしていく営為に、研究の醍醐味があると思う。

謝 辞

本シンポジウムで発表する機会を与えていただいた、日本プランクトン学会ならびに大森 信・上 真一の両コメンター、さらに風呂田利夫の各博士に深く感謝の意を表します。

引用文献

- Berry, A. J. 1986. Daily, tidal and two-weekly spawning periodicity and brief pelagic dispersal in the tropical intertidal gastropod *Umbonium vestiarium* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **95**: 211-223.
- Connolly, S. R. & J. Roughgarden 1998. A latitudinal gradient in northeast Pacific intertidal community structure—evidence for an oceanographically based synthesis of marine community theory. *Amer. Nat.* **151**: 311-326.
- Flach, E. & A. Tamaki 2001. Competitive bioturbators on intertidal sand flats in the European Wadden Sea and Ariake Sound in Japan, pp.149-171. In *Ecological Studies 151: Ecological Comparisons of Sedimentary Shores* (ed. Reise, K.), Springer-Verlag, Berlin.
- Forward, R. B., Jr. & R. A. Tankersley 2001. Selective tidal-stream transport of marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* **39**: 305-353.
- 風呂田利夫 2000. 内湾の貝類、絶滅と保全—東京湾のウミナナ類衰退からの考察. 月刊海洋 号外 **20**: 74-82.
- 原田和幸 2002. 砂質干潟に生息するハルマンスナモグリ個体群に対するアカエイ捕食圧の推定. 長崎大学大学院水産学研究科修士論文, 31pp. + 20 tables + 19 figs.
- 岩崎敬二 2001. 間接効果と種間相互作用のネットワーク—岩礁性潮間帯群集, pp. 51-72. 群集生態学の現在 (佐藤宏明・山本智子・安田弘法 編), 京都大学学術出版会, 京都.
- Jablonski, D. & R. A. Lutz 1983. Larval ecology of marine benthic invertebrates: paleobiological implications. *Biol. Rev.* **58**: 21-89.
- 菊池泰二 1982. 海産無脊椎動物の繁殖生態と生活史 VIII 幼生の分散について(1). 海洋と生物 **23**: 444-449.
- Matsuno, T., M. Shigeoka, A. Tamaki, T. Nagata & K. Nishimura 1999. Distributions of water masses and currents in Tachibana Bay, west of Ariake Sound, Kyushu, Japan. *J. Oceanogr.* **55**: 515-529.
- McEdward, L. (ed.) 1995. *Ecology of Marine Invertebrate Larvae*. CRC Press, Boca Raton.
- Menge, B. A. & G. M. Branch 2001. Rocky intertidal communities, pp. 221-251. In *Marine Community Ecology* (ed. Bertness, M. D., S. D. Gaines & M. E. Hay), Sinauer Associates, Sunderland.
- Mileikovsky, S. A. 1971. Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance: a reevaluation. *Mar. Biol.* **10**: 193-213.
- Morgan, S. G. 2001. The larval ecology of marine communities, pp. 159-181. In *Marine Community Ecology* (ed. Bertness, M. D., S. D. Gaines & M. E. Hay), Sinauer Associates, Sunderland.
- 日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985. 日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, 東京.
- 野田隆史・宮本 康・宮下典丈 2001. 競争とその抑制による種多様性決定機構—岩礁潮間帯の海藻群集, pp. 187-207. 群集生態学の現在 (佐藤宏明・山本智子・安田弘法 編), 京都大学学術出版会, 京都.
- Raffaelli, D. G. & S. Hawkins 1996. *Intertidal Ecology*, Chapman & Hall, London.
- Scheltema, R. S. 1971. Larval dispersal as a means of genetic exchange between geographically separated populations of shallow-water benthic marine gastropods. *Biol. Bull.* **140**: 284-322.
- 玉置昭夫 1995. スナモグリ類による棲み場所の性状改変とベントス群集への影響, pp. 129-171. 棲み場所の生態学 (竹門康弘 編), 平凡社, 東京.

玉置昭夫 2001. メタ群集の構築過程と時空間スケールの重要性—砂質干潟ベントス群集, pp. 301-325. 群集生態学の現在 (佐藤宏明・山本智子・安田弘法 編), 京都大学学術出版会, 京都.

Tamaki, A., J. Itoh & K. Kubo 1999. Distributions of three species of *Nihonotrypaea* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae) in intertidal habitats along an estuary to open-sea gradient in western Kyushu, Japan. *Crustacean Res.* 28: 37-51.

Tamaki, A. & S. Miyabe 2000. Larval abundance patterns for three species of *Nihonotrypaea* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae) along an estuary-to-open-sea gradient in west-

ern Kyushu, Japan. *J. Crustacean Biol.* 20 (Sp. No. 2): 182-191.

Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev.* 25: 1-45.

Underwood, A. J. & M. J. Keough 2001. Supply-side ecology: the nature and consequences of variations in recruitment of intertidal organisms, pp. 183-200. In *Marine Community Ecology* (ed. Bertness, M. D., S. D. Gaines & M. E. Hay), Sinauer Associates, Sunderland.

2002年6月2日受付, 2002年7月4日受理

9) これからのプランクトン研究をどうするか—環境アセスメント企業の視点から

小林 聡¹⁾・権田 基²⁾

¹⁾(株)東京久栄 技術センター 〒333-0866 埼玉県川口市芝鶴ヶ丸6906-10

²⁾国土環境(株)環境創造研究所 〒421-0212 静岡県志太郡大井川町利右衛門1334-5

Some proposals to the Plankton Society of Japan from consultants of the environmental assessment

SATORU KOBAYASHI AND MOTOI GONDA

¹⁾Tokyo Kyuei Co., Ltd. Technical Center, 6906-10 Shiba-tsurugamaru, Kawaguchi, Saitama 333-0866, Japan

²⁾Metoccean Environment Inc., Institute of Environmental Ecology, 1334-5 Riemon, Oigawa-cho, Shida-gun, Shizuoka 421-0212, Japan

Abstract As consultants working for the environmental assessment companies, we would like to propose following things to be considered in the future activity of the Plankton Society of Japan:

1. To publicize the importance of plankton in aquatic ecosystem.
2. Training of technicians for plankton identification.
3. Study on plankton indicators for environmental assessment.
4. Publication of updated taxonomic information and textbooks by the Society.
5. Reuse of plankton data and samples in possession of environmental consulting companies.
6. Promotion of the communication system between planktologists in universities and research institutes and technical experts in private companies.

1. はじめに

平成11年6月に施行された環境影響評価法の大きな特徴は、従来のアセスメントが環境基準を満たしているかについて評価を行う「目標クリアー」型であったのに対して、事業主が影響をできる限り小さくしたかの努力を評価する「ベスト追求」型に変わった事ことである。また、環境影響評価法で対象とする要素は、環境基本法以外に「生物多様性の確保および自然環境の体系的保全」、「人と自然の豊かな触れ合い」、「環境への負荷」についての配慮であり、生態系、廃棄物および温室効果ガス等が新たに加わった。

特に生態系の評価については、上位性（生物群集において栄

養段階の上位に位置する種）、典型性（重要な機能的役割を持つ種、群集や生物の多様性を特徴づける種）、特殊性（洞窟や塩生湿地など、小規模で特殊な環境に生息が強く規定される種）を対象に影響評価をすることがうたわれている。

今回、本学会のプランクトンシンポジウム「21世紀のプランクトン研究のあり方を考える」において、環境アセスメントに携わる企業からの発言の機会をいただいた。環境アセスメントを取り巻く内容は上記のように変化してきており、最近では多くの課題について事業者、住民、研究者、コンサルタント会社がそれぞれの立場でより一層の解決のための努力をしていかなければならなくなっている。ここでは、環境アセスメント企業