



干潟の生態学と環境調査

菊池 泰二(本研究会理事・九州ルーテル学院 教授)

はじめに

海岸は陸と海の境にあって人間の開発行為によってもっとも影響を受けやすい移行域である。日本の干潟は、過去50年の間に最初は稲作を主目的とした農業干拓のために1960年代から70年代前半の高度経済成長期には、臨海工業立地や石油備蓄立地などを目的として干潟とそれに隣接した浅海部が埋め立てられ、日本の自然の海岸線、浜や干潟はこの時代に急速に失われた。80年代以後の海辺の開発は大都市周辺では新しい市街地開発や、大型ホテル、国際会議場、見本市会場等の施設、港湾機能の高度化など都会の飽和を打破して新たな公共の空間を作り出そうとするものであった。一方、都会の負の部分の担い手として下水の処理場、やり場のないゴミの処理場の建設など、都市計画に結びついた自治体が主体となった開発によって干潟は失われてきた。また、地方では発電所、飛行場など社会の基盤を支える事業のため海岸、浅海部が利用された。

いずれもその時代を反映した意義ある事業であるが、日本の大都市が位置する大型内湾で大部分がすでに開発されたところで、僅かに残った干潟や自然海岸を変革することは、自然保護の観点からは譲れない問題である。

干潟を保全する意義としては、従来言われてきた生物生産の場、潮干狩りなど市民が海と親しむレクリエーションの場という機能に加えて、近年強調されているのは干潟の海水浄化機能である。海水中の懸濁態有機物の除去、N、Pの無機化機能、あるいはマクロベントスや海藻(草)の形で人、鳥、魚に捕獲され系外に除去されること、脱窒作用、あるいは生物体に同化したN、Pがただちに排泄、分解されて水中に回帰することなく、寿命の長い動植物の生きた組織の形で比較的長い期間保持されることも富栄養化の緩和に役立つという意味で広義の浄化になるというものである(佐々木, 1989, 中田・畑, 1994)。

また自然保護の見地からは、渡り鳥の保護に始まり鳥ばかりでなく湿地とその生物相を保護する国際条約、通称ラムサール条約を日本も批准しており、アジア大陸の東北部から日本を越えて東南アジアあるいは南半球との間を往復する渡り鳥の中継地を保護する責任を負っている。この条約では、湿地とは淡水、汽水、海水のいずれかということは問題とせず、低潮時における水深6m以下の水域を指すとしており、干潟とそれに続く浅海部を適用範囲に含んでいる。

また近年国際連合の中で生物多様性条約が提案可決され、わが国もこの条約を批准している。この条約は土着の自然を保全し生物の多様性を維持することを目的としており、環境庁ではさまざまな棲み場所における稀少種、危急種、絶滅危惧種のリストアップを行いつつあり、サンゴ礁、海藻(草)藻場とならんで干潟も重要な

生息場所として重視している

マクロベントス調査の手法と問題点

干潟の生物調査といえば主な対象となるのがマクロベントス(貝類、甲殻類、多毛類、その他)である。干潟の生物群集に関する基礎的な生態調査であれ、開発のための事前調査や工事中のモニタリング調査であれ、何がどれくらいいるかということについて生物相なり群集なりの組成、現存量を定量的に調査することは現状認識の基本である。

1. 生物多様性と棲み場所構造への配慮

生物の多様性(ある地域にどのくらい多種多様な生物が棲んでいるか)ということは棲み場所の多様性、ひとつの地域の中の微地形の変化、かくれがや餌となる植物群落の生育型や種類がどのくらい変化に富んでいるかということと密接に関連している。体の小さい無脊椎動物の場合は微地形、植物群落の多様性、干潟生物の場合は底質の粒度組成、さらされる流れの緩急などもある種の存、不存に影響する。干潟の単調な平面よりは、干潟を刻んで流れる細流の岸辺、アシ原の中、塩生湿地植物の根元などにだけ棲む動物もいる。具体例をあげると、九州の有明海の干潟には、日本ではここにしかいないという貝やカニが20種近く存在する。そのうちオカミミガイ、キヌカツギハマシノミガイ、シマヘナタリ、クロヘナタリ、ハラグクレチゴガニなどは海に面した干潟の主部には棲まず、海に注ぐ川の下流部感潮域のアシ原とその縁にだけ生息する。泥干潟は広いが、アリアケガニが生息するのは沖合まで数kmに及ぶ干潟の全面ではなく、岸沿いの数10mに集中している。現在諫早湾干潟干拓に関連して行っている有明海全域の干潟の生物調査では、広大な干潟をカバーするため400m間隔でサンプリングしているが、それではこれらの種類の分布はおろか、その地域における存在の有無さえ把握できない。しかし沖合い数kmのところを締め切り堰堤を作った結果、河口干潟や芦原やバックウォーターに棲むこれらの種もみな滅びることになった。

現在環境庁自然保護局の生物多様性センターで立案中の全国干潟調査マニュアルでは、干潟の調査は陸地と潮間帯との境界のアシ原、その他の塩生湿地植物体があればまずそこから調べること、干潟上を大潮高潮線から大潮低潮線まで岸と直角にトランセクトを伸ばし、その上に一定距離を置いてマクロベントスの方形枠採集を行う常法のほかに、ジグザグに広く干潟上を歩き廻りながら小生息場所、微小生息場所の分布パターンとそれらと関連した生物分布を調べ、高潮帯、中潮帯、低潮帯の各ゾーンに任意に散らしたサンプリングポイントで、なるべく多数の種類を発見記録することを計画している。

2. 定量調査における採集深度

環境調査のルーチン項目としては、いくつかの陸から

沖に向けたトランセクト上に一定間隔に測点を設定し、そこで方形枠を置いて所定の深さまで掘り下げて堆積物ごと掘り起こし、所定の網目（一般にマクロベントスの場合1mm）でふるって網目上に残ったものから動物だけを選別する。

方形枠サンプルの深さは一般に15cm（環境庁の自然環境基礎調査などがそう指定）としているが、これは砂泥中に垂直に巣穴を掘って棲むカニ類、スナモグリ、アナジャコ類、中・大型多毛類などの採集について浅過ぎる。砂干潟の場合には作業は比較的楽であり、スコップを用いて30cm位まで掘り下げることが望ましい。もっとも15cm以深には小型種は稀なので、15cmまでの砂は篩で選別し、それ以深は掘り上げて砂を広げ、その場で目立つ動物だけを選別採集するだけでもよい。

有明海の軟泥干潟となると深く潜るベントスの定量は非常に困難になる。干潮時にあらかじめ設定した調査定点に徒歩で到達すること自体が難しいし、泥表面及び浅いところに棲むベントスは満潮時に小船上から採泥器で採取できても、巣穴や坑道を持ち、急速に地中に逃避するヤマトオサガニやゴカイ科の中・大型多毛類はほとんど採集できない。しかも、これらのカニや多毛類はラムサール条約で保護の対象となる渡り鳥のシギ、チドリ類の餌としてよく利用されているので、ベントス調査でこれらを定量対象から外してしまうと干潟の価値をそれだけ低く評価することになる。

筆者はこの大きな見落としを埋める試みとして、野外調査者に依頼して干潟調査時に測点の周りに50cm方形枠を5回無作為に投げ、枠内に見られるカニの巣穴を大中小に分けて計数してもらうことにより、サイズ別のカニ密度を推定した。別に採集し易い場所から採取した大中小の巣穴にすむヤマトオサガニ各複数について平均甲幅と個体重量を測定し、その地点のヤマトオサガニの生重量を推定することを試みた。諫早湾の2測線上の12測点の平均値は大小取り混ぜ、個体密度で42.4個体/m²、湿粗重量で215.8g/m²となった。方形区調査のサンプルでは1m²換算値で数個体0.66g～61.66gであり、通常の調査で見落とされる量が非常に大きいことがうかがえる。

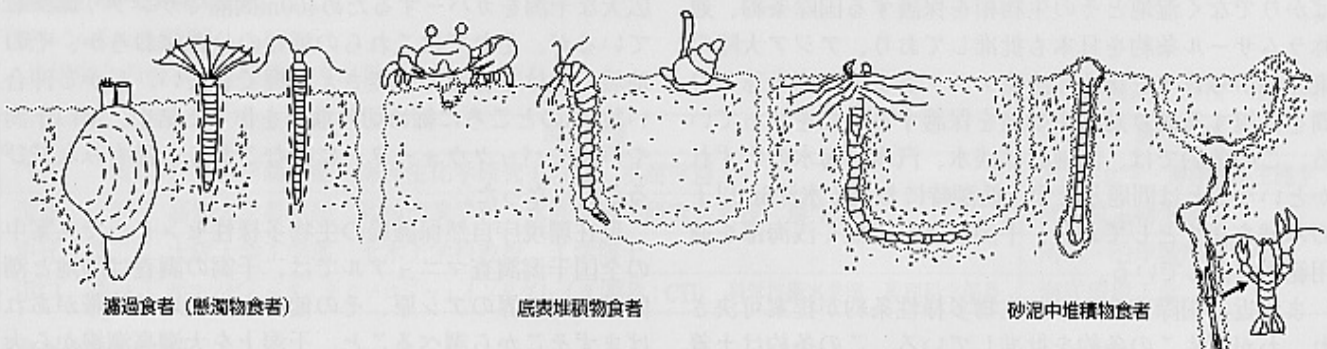
一見エビあるいはシャコに似ているが系統状はヤドカリに近い十脚甲殻類異尾下目のアナジャコやスナモグリは干潮時、満潮時とも砂泥中におり、鳥や魚に食われることは稀だが、活発な生物攪乱により巣穴に沿って砂泥中に酸素供給が良い微環境を作る点で無視できない。これらの仲間の巣穴の形状は、砂泥の表面

に1個体が2つの出入口を持つU字型の坑道の中央から下方に1本のたて穴が付いた形を基本型とし、U字型部分をさらに別のU字型坑道でつないだ形、たて穴が曲がったり、複数個体の穴が連結しているものもある。スナモグリやアナジャコが多数生息するところでは1m²当たり数百の巣穴の開口部を干潟表面で確認することができる。仮に1個体のスナモグリまたはアナジャコは一对の巣穴口を持つものと仮定すれば方形枠の開口部を計数して2で割ればよいことになる。両者の巣穴による識別は少し慣れれば可能である。有明海の菊池川河口地先の干潟は中潮帯から低潮帯にかけてアナジャコの巣穴が多いが、巣穴の数の二分之一を個体数とみなすと78個体/m²、別に同地域で採集したアナジャコの平均体重に個体数を乗じると980g/m²を得た。濾過食者のアナジャコと堆積物食者であるニホンスナモグリが物質循環に果たす役割についてはまだよく分かっていないので、この非常に大きなバイオマスの物質循環に対する貢献を結びつけることもすぐにはできないが、密度、現存量推定の精度をあげると同時に、物質循環に及ぼす穴居性中・大型甲殻類の働きを解明して行かねばならない。

3. マクロベントスの生産量推定

マクロベントスの現存量から生産量を推定する手法として、精密な研究としてやるなら1箇所の1種の個体群について、複数調査測点で毎月、あるいは二ヶ月に1回定量調査を行い、毎月の個体数とサイズ構成の変化から年齢群別に月間平均生長量と月間死亡量を算出すると、その年間積算によってかなり正確な年間推定値を得ることができるが手間がかかる。そこでその代わりに、簡易推定法として用いられる物が、ある種について上記の詳しい年間生産量(P)推定値を各月に測定した現存量の平均値で割った比率P/Bを他の場所の同一の平均現存量に掛けて生産量の推定値とするというものである。精密な基礎研究に基づいた生産量推定が行われてP/B比が得られている種は国内では勿論国際的にも少ないので、実際に出現するベントスの多数種を幾つかのグループに分けそれぞれにあるひとつのP/B値をかけて生産量推定とするというものである。ベントスの教科書で簡便だが不正確な方法として紹介されている方法である。

ただ概算の全体像をつかむにしてもP/B比のBは年間の平均現存量でなければならないということである。平均現存量の精度は調査回数の多さと1回の調査時のサンプル数によって決まる。できれば毎月調査が望ましく年6回程度まではやむを得ないかとも考えるが 一般



さまざまなマクロベントスとその摂食様式（濾過食、底表堆積物食、砂泥中堆積物食）

的な環境調査の場合は年4回かそれ以下の回数であることが多く、春夏2回という調査から平均値を出してそれにP/B比を乗じるといった荒っぽい処置では信頼性はない。

現存量が多く、干潟でリン、窒素を固定し、生きた肉として長く保有する点で重要なアサリの場合、潮干狩りに好適な季節には1回大潮が来る度に大量に採捕されてしまうので生息量の減少が著しい。採捕圧が均質でないので、調査の測点が少ないと現存量の推定値の変動が大きく信頼性に欠ける。採捕除去量についても漁協を通じて販売ルートに乗った分については量的に把握できるが、地元の自家消費や潮干狩りで不特定多数の人が持ち去った量の推定は把握できない実態であり、それらが推定した量に対しどのくらいの割合になるかの見当を付けておくことも必要である。

泥干潟の浄化力をどう考えるか

干潟を保全することの意義として、海水の浄化機能を定量的に解明する研究が各地で進められている。二枚貝の濾過機能、堆積物食ベントスの生物攪拌作用などの活動が微生物分解を加速することが物質循環に寄与するプロセスも明らかになってきた。一般に濾過食の二枚貝密度も、堆積物中のメイオベントス量も、砂粒間隙がある程度大きく干満につれて地下水水位が上下するような砂干潟の方が大きい。多くの内湾の軟泥質の干潟では、底表面から2~3cm下層は還元状態の黒色泥を形成して全硫化物質が0.4mg/g乾泥もしくはそれ以上の数値を示すことも稀ではない。

しかし、有明海の健康な泥干潟では表面から10~15cmまで掘っても泥は黄褐色で、締め切り前の諫早湾干潟の多数観測で採取した泥の全硫化物質(AVS)を測定したところ、本明川河口内の2地点で0.3mg/m乾泥に達した意外は、みな0.2mg/g乾泥以下であった。諫早湾における泥干潟の粒度組成のパラメータをいくつか挙げると含水比は160%~250%、乾重量の重量比でシルト年度分が96.1%~99.7%、うち粒径5 μ m以下の粘土分が重量比で59%~74%を占めている。有明海は潮位差が大きいいため干満に伴う表面派の巻き上げと再堆積が繰り返され上下層の攪乱がよいこと、多数のマクロベントスが生息し垂直の坑道や巣穴を作り、冠水時に体を動かすことによって底表上の酸素のある水を下層に引き入れ穴の周りの底質をより好気的な環境に保つのに貢献していると推測される。

諫早湾の締め切り堰堤の外側で現在干拓事務所の委託業務として干潟再生促進の予備実験が行われているが1997年9月中旬から40日間の堆積速度は平均SS沈降量380g/m²/日、その沈降速度は潮汐周期と密接に関連しており小潮期には70g/m²/日、中潮期にはその36倍の250g/m²/日、大潮期には600g/m²/日と小潮期の86倍に増大する実際の野外堆積量はセジメント・トラップ中の堆積量に比べてはるかに小さい。ということは絶えず再懸濁、流動、再堆積が起こっていることを示唆している。激しい潮汐流による巻き上げ、再堆積が通常状態とすれば不攪乱堆積物コアによる分解溶出実験も実際の野外状況の再現とはほど遠いことになる。

有明海奥部の干潟周縁部における濁り(懸濁粒子)と栄養塩の関係については代田昭彦、田中勝久両氏に

よって研究されており(代田, 1979、田中・浜田・代田, 1982ほか)、最近代田は筑後川河口とその隣接域における濁りと栄養塩の関係について大きな総説(代田, 1998)をまとめている。

しかし、諫早湾干潟のように軟泥質でかつ多量のマクロベントスが生息し、底表面からかなり深くまで好气的で生産も分解も活発と予想される泥干潟については、国内では勿論、国際的にも物質循環機能の研究はほとんどなされていない。大きな潮位差と潮汐流、日常的に起きる堆積、再懸濁、再堆積が生物生産、有機物分解に及ぼす影響を明らかにすることは今後の課題である。

結び

干潟の生態系の物質循環と水質浄化については、野外における海水中の有機懸濁粒子、無機栄養塩類の濃度、動・植物プランクトンの現存量、対象域内での沈降と域外との流入・流出、干潟のマクロベントス、メイオベントス、付着珪藻、多細胞藻類や海草などの現存量とその生産力、代謝による物質分解と水中への放出、底質中の微生物による無機化速度など各コンパートメントのストックとフローを全部押さえなければならぬ。コンパートメント間の物質の移動の測定技術、定量化についても実験、手法の標準化が進んでいるが、全体像を把握する強力な手法として、干潟生態系のモデリングがある。モデルの精密化と各パラメータの実測値の正確化、モデルから実験へ、実験からモデルへというフィードバックを繰り返すことによりモデルの精度向上が期待される。生態系モデリングについては近くこのニューズレターに専門家によって紹介される予定である。

文献

- 青山裕晃・今尾和生・鈴木輝明、1996. 干潟域の水質浄化機能 - 一色干潟を例にして. 月刊海洋、28(2)、178 - 188.
- 中田書三郎・畑 恭子、1994. 沿岸干潟における浄化機能の評価、水環境学会誌、17(3)、50 - 166.
- 代田昭彦、1979. 非生物体ニゴリの研究 - 河口域における栄養塩濃度の変動に關与するニゴリ、日本水産学会誌、47(9)、1123 - 1128.
- 田中勝久・浜田七郎・代田昭彦、1982. 有明海における懸濁物質の研究 - 筑後川河口域における植物プランクトンとデトライタスの分布と挙動、西水研報、57、19 - 30.
- 代田昭彦、1998. ニゴリの生成機構と生態学的意義、総説、153pp. (財)海洋生物環境研究所刊.
- 鈴木輝明、1998. 内湾の富栄養化研究における生態系モデルの効用と問題点、海洋と生物、20(5)、381 - 389.

Free kick

生態系研究のバラタイム (その2: マクロ化とミクロ化)

前回のFree kickで紹介した「生態系研究の変遷と進化」でも述べた生態系研究の新たな視点について、特に今回は第 フェーズの目玉ともいえる「マクロ化」と「ミクロ化」の意義をあらためて考える。研究の主対象としている領域に接続する他の生態系との相互関係も視野にいれ広域化した研究を行うことがマクロ化の意味するところである。

例えば、沿岸域の生態系は、その後背地である陸域の農地、森林、河川や沖合の外洋域など異なる生態系からの影響も考慮して、個々の生態系ユニットに関する研究だけでなく、ランドスケープレベルにおける生態系間相互作用にも焦点を合わせた展開をしていかなければならない状況にある。そのためには、農地、宅地、工業商業地帯の利用状況や交通、上下水道など社会インフラの整備状況など人間の生活環境や経済活動が沿岸域の生態系に与えている環境負荷を正確に見積もる必要がある。

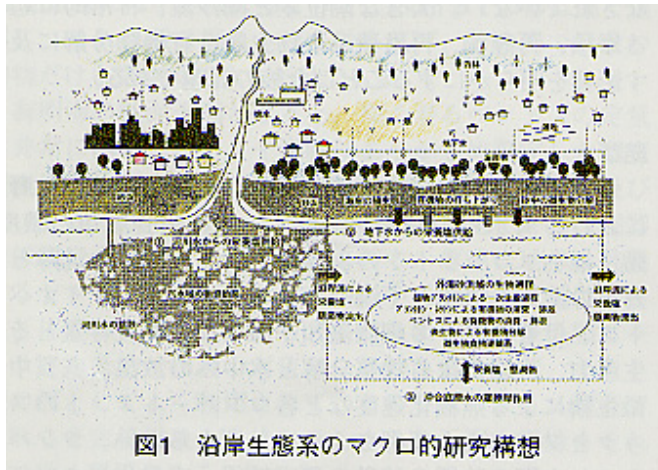


図1 沿岸生態系のマクロ的研究構想

図1は河川水、地下水、沖合深層水など水系を通して沿岸域に輸送されたり、その場で循環する物質の収支をもとに展開される基礎生産力と影響を受ける上位の高次消費者の個体群動態を解明し、これをもとに沿岸域の生物生産管理を行おうとする研究フローである。同様な研究構想はIGBP傘下の国際共同研究LOICZ (Land - Ocean Interactions in the Coastal Zone; 事務局はオランダ海洋研究所) で既に実施されており、生態系研究におけるマクロ化の傾向は日本だけではない。

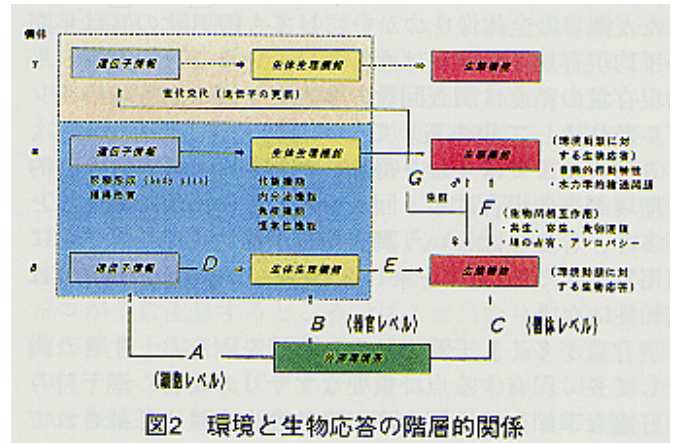


図2 環境と生物応答の階層的關係

一方、研究のミクロ化は生物機能のより深い理解に基づく概念である。環境に対する生物の応答は階層的に考える必要がある(図2)。そのためには、水温や光に対する生物の忌避や誘引といった行動特性並びに稚魚、プランクトンなどにみられる水力学的輸送問題等外部環境のインパクトに対する個体レベルの応答(C)だけでなく、器官レベル(B)、細胞レベル(A)に対する応答機構の解明も重要である。ちなみに環境ストレスに反応する遺伝子の発現機構は細胞レベル(A)の主要な研究項目であり、環境ホルモンが代謝や内分泌機能に与える影響は(B)、現在の生命科学の主要テーマであるゲノム解析は(D)にそれぞれ相当している。また、(E)は代謝機能と摂食行動の関係、内分泌機能と生殖行動の関係などを含む研究分野である。これらに加え、生物間相互作用(F)や繁殖戦略による遺伝子の更新(G)等を組み入れた生物機能のより深い理解に立った新しい視点がこれからの生態系研究のもう一つの中核となる。これらの研究には生態学に関連の深い代謝生理学、繁殖生理学、分子生物学、集団遺伝学、応用微生物学と計測学、制御理論、応用数学など異分野との連携が必須である。このように、生態系研究の「マクロ化」と「ミクロ化」がうまく機能して第 フェーズにおける生態系研究の目標である「研究の深化と総合化」が実現するものと期待される。

(中村義治: 本研究会幹事・水産庁水産工学研究所 水産土木工学部環境分析研究室室長)

事務局短信

[新メンバーの紹介] 当研究会の幹事として次の方が新メンバーとなりました。(1998年6月28日現在・順不同)

氏名	現在役職	専門分野
門谷 茂	香川大学農学部 海洋生化学研究室教授 水産学博士	海洋生化学・海洋環境生態学
深見 公雄	高知大学農学部 栽培漁業学科 水族環境学研究室教授 農学博士	海洋微生物生態学
中辻 啓二	大阪大学工学部 土木工学科教授 工学博士	河口・沿岸域環境工学
田口 浩一	(株)エコーテック・インゲレタ(略称:CTI) 科学技術事業部 数理科学部長	海洋環境工学

[退会のお知らせ] 当研究会より、1998年6月28日付で遊佐多津雄理事(遊佐技術士事務所)が退会されました。