



飛沫帯からのメッセージ

廣崎 芳次（本研究会理事・株式会社 野生水族繁殖センター代表）

1. 飛沫帯（潮上帯：しぶきがかかるところ）

海辺に棲んでいながら水がきらいとしか思えない生物がいます。これらの生物が棲む場所は水につかることはほとんどなく、ときに波のしぶきがかかる潮上帯と呼ばれる所に棲んでいます。

ここに棲むのはアラレタマキビ、タマキビ、イワフジツボ、クロフジツボ、フナムシなどいわゆる巻貝やフジツボなどの仲間が代表的な種類です。これらの生物たちはほとんどの場合、日光にさらされ乾いています。しぶきがかからない時には カメノテやフジツボはつるあしをひっこめて蓋をとじ、イソギンチャクは触手だけでなく体も縮めて乾燥を防いでいます。タマキビはしぶきのかかる近くまで下り、イワガニは水面の方へ移動して餌をあさります。

しぶきがかかると カメノテ、フジツボなどは口から長いつるあしを出し盛んに動かして餌を集めたり、呼吸をします。イソギンチャクも触手をのばして活動します。タマキビなどは常に海面とつかずはなれずの関係を保ち、さらに上部のぬれない場所に移動します。これらの動物たちが潮上帯に棲むのは、海中から陸上へと生活の場を移行する過程において、乾燥にはある程度耐えられるようになったものの、まだ体液の塩分濃度が濃く、このためにしぶきによる塩分をなめて補給しなければならないためと考えられています。

沿岸、特に海辺は、海の生きものと我々の経済活動の接点として重要な場所です。そのため海辺の生きものを理解することが経済活動にも重要となっています。

2. 海中の酸素

荒波を制して静穏海域をつくり出すために、港湾施設をつくった場合、何も毒物を海に捨てたわけでもないのに、10年程もたった時、往々にして港の中の生物がまるでいなくなっていることに気づきます。見たなとの中に魚がたくさんいるという話はまずありえないのです。

直立した岸壁にはムラサキイガイなタテジマフジツボ、マガキ、タマキビガイなどごく特定の種類だけになってしまう傾向にあるのは何故でしょうか。港をつくる前の岩場には実にさまざまな生物がいたのに何故いなくなってしまったのでしょうか。



波のない海面上の岩肌



海水が生きている飛沫帯



生きものが棲んでいる飛沫帯

港湾施設などのように海岸で土木工事をする場合にも、渚を埋めたり掘ったりすることが多く、そして波を制御する防波堤や離岸堤、あるいはテトラポッドの設置などの工事をして、その背後に生じる静穏な海域を利用してきました。

私たちが海について思いちがいをしがちなものの一つに、海水中にも酸素が陸上なみにあると信じていることがあります。よく考えてみれば当り前のことです。空のコップの中には空気が入っているから当然酸素も入っていますが、コップの中に水を入れた場合には水が入った分だけ空気が追い出されますから、当然酸素も追い出されていることになるわけです。

そうすると魚たちは呼吸できないことになりますが、魚は水に溶け込んでいる溶存酸素を吸って生きているのです。水の中では僅かな量の溶存酸素があるだけで、酸素はないのです。

3. 水の中はいつも酸欠状態

その昔、生物はすべて水中生活をしていましたが、4億年ほど以前の古生代デボン紀に上陸し始めたのだらうといわれています。

何故上陸し始めたかという、水の中の溶存酸素量が多すぎても少なくても、息苦しい生活に耐えきれなくなって上陸したのであらうと考えられます。上陸した生きものたちが酸素の豊富な陸上で、その後大いに繁殖しているのは誰しもが認めることです。

陸上の空気中に占める酸素量と水中に占める溶存酸素量とを比較してみますと、前者が200/1000もあるのに対し、後者はたったの5/1000しかありません。

しかも水の中では魚たちだけではなく、水草も海藻も植物プランクトンも、さらに眼に見えないバクテリアまでもが呼吸をして溶存酸素をせっせと消費しているのです。

4. 飛沫帯は福は内・鬼は外の舞台

だから酸素をたっぷりと含んでいる空気と接触して水中の溶存酸素量を常に補充する必要があるわけです。魚がガス病になるのは、水中の溶存酸素量が300%以上の過飽和であり、常に100%以上の溶存酸素量であって魚たちにとっては一向に問題はないのです。

このようなことがわかれば、静穏な海では空気中の酸素が海水面に溶け込む量は僅かなのに対し、波、渦、波しぶき、飛沫などのように空気に十分に触れる状態は、水中の溶存酸素量をどんどん増してくれるので、水中の生きものたちにとって命の恩人的存在といえます。

とりわけ渚や飛沫帯では、海水量に対して波の動きによる酸素の取り込みが大きいので、生きものたちにとっては大変棲みやすく、多種多様の生物がここに棲んでいるわけです。

さらに空気中と水中との違いがあります。空気中に酸素が拡散する速さに対して、水中で溶存酸素が拡散する速さの1/8000なり、このことから水を攪拌する必要が認められるのです。

水槽内で海の生きものを飼育する場合に、必要最小限の飼育装置として水を流したり曝気をするのはこのためであり、このよう装置がない時には水面を広く水

深を浅くして、酸素が水に溶けこむ面積が水量に対し大きくなるようにするのが常識です。

細口の瓶にただ海水を入れただけで放置しておくと、空気にふれる面積が小さく水が動かないので溶存酸素の欠乏を招き、生物が生存ができなくなり、このような状態を死水といいます。

このことは魚を飼ったことのある人であれば常識なのに、海の工事になると荒波はいざ知らず、小さな波まで完全になくしてしまうことに努力しているように見えるのは不可解なことです。

5. 飛沫帯がおくるサイン

このようにして見てくると、飛沫の果たしている役割割りは大きく、ただ単なる海岸の景観にとどまらず海の機能上からも大切なことであることがわかります。

海岸にテトラポッドを置かなければならない時にも、あるいは港をつくる時にも、波しぶきの果たしている機能を考えてデザインをしなければならないことは当然のことです。静穏海域を造成する場合には、その生きものたちが酸欠にならないよう、そして有害なガスがたまらないように、飛沫帯が果たしてきた機能を残す努力と巨額の費用をおしまない覚悟が必要であることがわかります。

生物のことを勉強したからといって、土木工学の関係者だけで生物のくらしを云々するのは机上の観念論となって危険です。このことは生命の生存が、鉄筋何トンといったように物量で表せないことを考えれば当然のことです。

さらに土木工学と同じように、生物の生理生態学では理論とか数値だけではなくて、生物がどのような環境で生息でき、繁殖できるかを知るために、現場や実験で失敗を積み重ねた長年にわたる経験が大いに必要です。話を聞いたり読んだりしただけでは海の生きものへの理解はとても無理ですから、そのため経験のないコンサルタントまかせの工事では結果は自明の理なのです。

多種類にわたる海の生きものを長年にわたって飼育研究している生物学者（残念ながら非常に少ないのですが）を探し出し、異分野の両者が二人三脚を組むことによって海の恵みを最大限に活用することができるのです。

より詳しく知りたい方は下記の拙著をこらんどください。

「輝く海・水辺の生かし方」

(1999) 信山社サイテック

「水中の生物からのメッセージ 人と生き物との共存」

(1997) 太陽書林

■ 未知（ミチ）ゲーション？環境修復の現状と課題

1. 環境修復事業のその後

環境影響評価法における環境保全措置の基本的な考え方においては「回避または低減を優先し、回避または低減が困難な場合には、損なわれる環境要素と同種の環境要素を創出する」として、実質的なミティゲーションが求められている。また、滴戸内海環境保全審議会の答申『瀬戸内海における新たな環境保全・創造施策のあり方』の中では、失われた良好な環境を回復させる施策の重要性が述べられ、藻場、干潟、海浜の造成等、環境整備のための適切な技術の活用について言及されている。このような考え方に相まって、事業サイドにおいてもエココスト、エコポート、自然調和型漁港づくり等々の事業名の下に、各種の環境修復技術の導入が図られている。

環境修復技術の代表的なものとして人工干潟があり、当研究会の第14回シンポジウム（1994）においてもミティゲーションの代表事例として、広島県五日市地区の人工干潟があり、当研究会の第14回シンポジウム（1994）においてもミティゲーションの代表事例として、広島県五日市地区の人工干潟が紹介された。

五日市の人工干潟は、流通拠点港湾、都市基盤施設の整備、廃棄物処理場の確保等を目的とした154haの埋立に伴い消失する干潟を代償しようとしたもので、八幡川河口域の自然干潟と同程度の約24haの人工干潟が約42億円の事業費をかけ造成された。人工干潟の計画、施工さらには完成後のモニタリングに関しては、県の港湾部局（事業者）及び日本鳥類保護連盟のメンバー等によって組織された「人工干潟造成検討会」が設置され、事前・事後の検討・調査が約10年間に渡り実施された。これらのモニタリング調査結果から、底生生物や鳥類の種類数や、量が以前の干潟に匹敵するものであり、一定の効果が得られたとする評価がなされた。しかし、現時点では干潟の地盤沈下（1m～0.7m沈下）、波浪による土砂の流出等によって干潟の面積が約1/3にまで減少し、底質の粗度組成の変化、底生生物

や飛来する鳥の数の減少などが報告されている。

このような環境修復事業における予期せぬ結果（まさに環境保全措置の不確実性と言える部分）は、五日市の人工干潟に限ったものではなく、アマモ場の造成、人工砂浜の造成等のミティゲーションにおいても同様に、生態系の維持、投資効果等に様々な問題が生じてきており、修復技術をどのような「尺度」で、どれくらいの「期間」を対象に、「誰が」評価するのかといった、評価における課題が明らかになってきたと言える。

2. 残された課題

このような環境修復事業の経過や結果を考えると、次のような問題点が浮かび上がる。（1）環境修復を計画・実施するに実施するに当たって、生物の生息環境としての必要条件が、生物側から工学側に分かりやすい形で提示されているかどうか。（2）提示された必要条件に対して、工学側は適切な技術を提供し得るかどうか。（3）修復事業の結果をどのような時間・空間スケールで、何を尺度に評価するのかという事について、共通の認識が持たれているかどうか、という点である。

このような残された課題を解決していくためには、工学側の視点である「生息して欲しい生物が生息できる環境を創出する（造成する）」に「生物は生息できる環境に生息すべくして生息する」といった視点を加え、困った時には自然に聞くといった謙虚な姿勢で、自然に学ぶことが大切である。環境修復の効果をより確かなものにするためには、自然を真似、その結果を環境修復技術に応用できるような、生物・生態系の時間軸（人間の生活軸ではなく）に沿った継続的な調査や研究、実験が求められる。これはまさに我々のライフスタイルの見直しであるとも言える。

（文責：生態系工学研究会事務局 中西 敬）

■ 事務局通信

本研究会では、以下の出版物を発刊しています。申し込み方法は以下のとおりです。

生態系工学研究会シンポジウム講演要旨集

「ECOSYSTEM ENGINEERING 創刊号～第4号」発刊
（生態系工学研究会シンポジウム講演要旨 第1回～第18回を収録）

●販売価格 各¥3,000（税込み・送料は購入者負担）

●申込方法 購入希望冊子名と部数を下記生態系工学研究会事務局までお申し込み下さい。

生態系工学研究会事務局：〒540-0019 大阪市中央区和泉町1-1-14

Tel.06-6945-6331, Fax.06-6945-9655, E-mail: races@sogokagaku.co.jp

●お支払い 銀行振込にて（手数料はご負担下さい）振り込み下さい。

銀行振込：泉州銀行大阪支店（普通貯金 No.0150382）生態系工学研究会まで

RACES News Letter

「RACES News Letter NO.1～5」発刊

●発刊 年間2回

●定期購読会費 年間1名 ¥1,000

●申込方法 上記事務局までご連絡下さい。

購読会員申込書（申込者には事務局より提示）受理後、本会より郵便振替用紙を発送

Free Kick

■環境修復技術の最適選定法（その2：環境技術の分類）

前回のFree Kickにおいて、生態系工学研究会が現在自主研究として取り組んでいるテーマ「環境修復技術の生態系工学的評価法および選定法の検討」の全体スキームについて紹介した。今回は、その第1ステージで行われるサブテーマのひとつである環境修復技術の0次スクリーニングと分類について概略と結果を簡単にご紹介したい。

一口に「沿岸域の環境技術」と言っても、いわゆる水質や底質改善を目的としたものから景観や親水性の向上を目的としたものまで数多くの技術が提案されており、その概念やイメージされる具体的事例もそれぞれの立場や研究分野によって大きく異なっている。そこで図1に示すように、まずこれまでに提案されている環境技術に関するキーワードの中から本研究会でターゲットとしている「沿岸域における水質・底質改善および生態系の修復・保全」に関わる技術を抽出し（0次スクリーニング）、次にこれらの機能を各属性ごとに整理してグルーピング／クラスター分析を行った後、各技術の分類とナンバリングを行った。

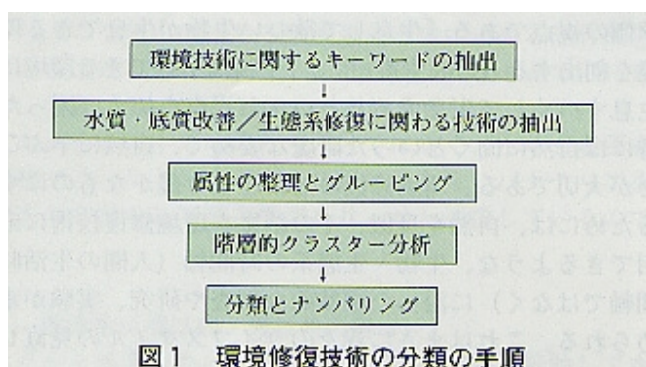


表1 水質・底質改善／生態系修復のキーワード

傾斜護岸、磯間接触酸化堤、透過堤、曝気護岸、鉛直混合促進堤、人工干潟、人工砂浜、人工リーフ、人工ラグーン、ヨシ原造成、アマモ場造成、その他の藻場造成、浚渫、覆砂、ベントス利用、微生物利用、底質改良剤投入、作渚、導流堤、エアレーション

環境技術のキーワードは、主として運輸省港湾局が行ったシーブルー計画（1989）を参考にして拾い集め、結局約90のキーワードを抽出した。これらの中には海域環境修復以外に、汚染物質の直接除去、消波および海岸侵食防止、海洋資源利用、景観や親水性の向上、快適な生活空間・レクリエーション空間の創出なども含まれていたが、本研究では不必要と思われるものを削り、さらに同義と思われるものをまとめることによって、結局、水質・底質改善／生態系修復に関わる技術として20のキーワードを選ん

だ（表1参照）。

次に、各技術の機能について、①適用可能な水深帯、②適当な波・流れの度合い、③生物利用か否か、④生態系の修復・改善を目的としているか、という4つの属性に対してスコアをつけ、そのスコアの類似度（どれだけ似ているかという度合い）を用いて階層的クラスター分析を行った。具体的には、類似度が近いものをまとめて集合（クラスター）とし、そのクラスター間の類似度が近いものをひとつ上の階層のクラスターとしてまとめていくというような手順を取る。

結果として、表2に示すような、方法（生物利用、非生物利用）と目的（生物生産／生物多様性、水質改善、底質改善）という2つの階層のクラスターによって分類することができ、上から順番にナンバリングを行った。この分類の特徴的なことは、人工干潟と人工砂浜や傾斜護岸と曝気護岸のように実際の施工技術では非常に近いと思われるものであって

表2 環境技術のクラスター分析結果

方法	目的	環境技術	No.
生物利用	生物生産 生物多様性	人口干潟	1
		ヨシ原造成	2
		アマモ場造成	3
		藻場造成	4
		人工ラグーン	5
		人工リーフ	6
		傾斜護岸	7
非生物利用	水質改善	人工砂浜	8
		磯間接触酸化堤	9
	底質改善	ベントス利用	10
		微生物利用	11
	水質改善	透過堤	12
		曝気護岸	13
		鉛直混合促進堤	14
		作渚	15
		導流堤	16
		エアレーション	17
	底質改善	浚渫	18
		覆砂	19
		底質改良剤投入	20

も、生態系という視点では比較的遠いと判断されている点であり、属性として③、④を考えた本研究会の特徴が出ているものと思われる。

現在、各技術に関するより詳細な機能分析と大阪湾の環境マッピングおよびゾーニングを並行して行っています（終了すれば第1ステージの目標である1次スクリーニングが可能となります）。これらの結果は追って報告いたします。

（大塚耕司：大阪府立大学工学部海洋システム工学科）