



環境儀

国立環境研究所の研究情報誌

干潟の生態系

その機能評価と類型化

干潟は魚や貝、海草などの生物を育む「海のゆりかご」と呼ばれるほど豊かな場所であり、私たちは古（いにしえ）よりこれらを収穫する場として利用してきました。渡り鳥にとっても休息・採餌になくしてはならない場所となっています。そのような干潟も高度経済成長期以降急速に進められた埋立てにより全国各地で激減し、東京湾ではそのほとんどが消失してしまいました。しかし近年、干潟に注がれる目は変わってきました。ラムサール条約などの国際的取組みは残されている干潟の保全を促しています。さらに最近では消失した干潟の再生も試みられています。

独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/index-j.html>

A man in a dark suit, white shirt, and patterned tie stands on a muddy tidal flat. He is pointing his right index finger towards a vast field of crab traps (emaki) scattered across the wet ground. The background shows a distant city skyline under a hazy sky.

生態系機能の評価法確立が
干潟の保全・再生の第一歩です。



日本における干潟保全の研究は、生態的特徴を調査し、貴重な種が生息しているかどうかなど、その干潟の重要性を示すことに力点が置かれてきました。しかし、環境アセスメント制度が法制化され、生態系影響評価の項目が加わったことから、開発による影響を数量的に評価することが求められています。つまり「干潟の有用性」の評価に、より客観的な視点、定量的な指標が必要になってきています。

国立環境研究所では干潟生態系の定量的な評価を目的に、平成10～14年度にかけて特別研究「干潟等湿地生態系の管理に関する国際共同研究」を行いました。この研究では全国の代表的な干潟を調査・評価するとともに、これを基に干潟版の生態系機能評価モデルの開発に取り組みました。

C O N T E N T S

干潟の生態系

その機能評価と類型化

INTERVIEW

研究者に聞く P4-P9

SUMMARY

「全国の干潟の類型化と生態系評価に関する研究」の概要 P10-P11

湿地生態系の研究をめぐって P12-P13

「干潟等湿地生態系の管理」の研究のあゆみ P14

研究者に聞く

野原精一 生物圏環境研究領域
生態系機構研究室長

「干潟等湿地生態系の管理に関する国際共同研究」の責任者の野原精一さんを中心に、いっしょに研究に取り組んだ広木幹也さん、矢部徹さんにも加わっていただき、今回の研究のねらいや成果、今後の干潟の保全・管理などについてお聞きしました。

●研究のきっかけ

——まず初めに干潟など湿地の研究に取り組むようになったきっかけについてお聞かせ下さい。

野原 1991年から1995年まで、釧路湿原や尾瀬ヶ原などに代表される湿原の生態系に関する研究に取り組みました。その研究のちょうど中間に当たる1993年10月から1年1カ月間、米国のスミソニアン環境研究センターに科学技術庁(当時)の制度を使って留学しました。ここで湿地生態系の機能評価を研究しているウィガム博士と出会ったのがそもその始まりです。彼は、HGMモデル(HydroGeoMorphic Model;水文地形学モデル)という湿地の生態系機能を評価する手法を用いて河川に関するモデルづくりに取り組んでいて、私もアリゾナの現地調査などに同行させていただくなど、研究と現地調査の日々を過ごしました。

留学を終えて帰国した頃、環境アセスメント法が施行されました。相前後して名古屋の藤前干潟がごみ処分場建設で問題となったり、諫早湾が干拓地造成のために閉め切られるなど、干潟への関心が非常に高まっていた時期に当たりました。

当時、干潟を含む湿地のアセスメントが大きな課題となっていたのですが、国内にはアセスメントに使えるような生態系機能の評価手法に関する知見がほとんどありませんでした。開発、保全、いずれに

してもその生態系の機能を定量的に評価する必要があります。そこで、ウィガム博士たちの研究成果を応用できないかと考えたわけです。

湿地のなかでも干潟の生態系機能評価に関する研究は世界的にも行われていませんでしたから、新たな分野への挑戦ということにもなり、研究への意欲はより高まっていきました。

メモ

水文地形学(Hydrogeomorphology)

陸水の循環は地形に支配されます。一方水の流れは土砂を輸送し、岩石の風化を引き起こし、地形変化の主な原因になります。このような相互関係を水文地形学と呼び、これを扱う学問分野を水文地形学といいます。この「相互関係」には地質、気候、植生などの因子も絡んでいます。

生態系機能(Ecosystem function)

生態系の持つさまざまな働きの中で、群集の現存量、生産性、生態系の安定性(攪乱からの回復能力、外来種の侵入阻止能力など)がその指標として利用されます。生態系機能が高いと一般に生態系サービスが高いといわれます。生態系サービスとは人間が生態系から受ける恩恵のことで、有用種の存在(食物資源、遺伝子資源など)や、生態系の作用(二酸化炭素の固定、富栄養化の阻止など)が含まれます。



●HGMモデル

——留学経験や国内の干潟をめぐる状況がきっかけで今回の研究に取り組まれたのですね。さて、湿地の生態系機能評価手法を干潟に応用されたということですが、具体的にはどういうことでしょうか。

野原 そうですね。では、初めにHGMモデルについて説明しましょう。このモデルは米国の水路管理などを業務とする陸軍工兵隊が、陸域の湿地生態系の評価手法として開発したもので、基本的には開発事業による影響を迅速に評価するためのものです。

簡単にいいますと、湿地の類型化を行い、近隣の最良の同タイプの湿地と比較して、一般に湿地が持つと考えられる機能がどの程度働いているか、機能別に0~1の評点をつけて、定量的に評価するものです。

この評価手法は「水文地形学的に同一であると分類された場合は同じ生態系機能を持つ」という考え方に特徴があります。いわば、場を基本にした評価手法です。

評価の手順としてまず、対象となる湿地を「窪地」「湖周辺」「感潮域」「傾斜地」「河岸」「無機土壌平地」

コラム 「日本の干潟」

●干潟の種類

干潟は河口域や湾奥に広がる平坦な砂泥地で、川から流れ込む土砂や泥が堆積してできます。内湾や入江など外海の影響が少ない緩やかな海域に多くみられます。自然の干潟は内湾の海岸線前面に発達する前浜干潟、汽水性の湖沼や閉鎖的な砂洲に沿って発達する潟湖干潟、河川の河口部に発達する河口域干潟の3つのタイプに分類できます。

環境省の第4回自然環境保全基礎調査(1994年)によると、日本の干潟の総面積は51,443ha。タイプ別に面積をみると、前浜干潟が33,048haと最も多く、河口域干潟15,777ha、潟湖干潟2,853ha、その他の干潟(人工干潟)は271haとなっています。

●生物の宝庫

干潟には川と海から有機物が流れ込み、潮の干満による酸素の供給も手伝って、底泥には有機物やそれを分解する細菌が数多く生息しています。プランクトンやカニ、貝はこれらを食べて成長し、さらにこうした底生生物を魚や鳥などが餌にします。また海草類も豊富です。こうして干潟では多種多様な生物が豊かな生態系をつくり上げています。

江戸前と呼ばれ、寿司やてんぷらのネタとなっている東京湾の魚介類も干潟と密接に関わっています。シャコやクルマエビなどは幼生のある時期を干潟の泥の中で過ごします。またハゼやカレイは干潟を産卵場所としています。

また、こうした魚介類を餌とする鳥にとっても干潟は重要な生息地です。中でも国境を越えて移動する渡り鳥にとって干潟は中継地点となっており、国際的な取り組みが求められています。そうしたことから1971年には「ラムサール条約(とくに水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約)」が締結され、湿地とそこに生息・生育する動植物の保全を進めることになりました。

日本にはシベリアから東南アジアやオーストラリアな

どに渡る鳥が途中で立ち寄るため、釧路湿原をはじめ13の湿地がラムサール条約に登録されています。このうち干潟としては千葉県谷津干潟と愛知県藤前干潟が登録湿地となっています。

●干潟の利用

日本人ははるか狩猟時代から干潟を利用してきました。干潟は生き物が豊富なだけでなく、江戸時代の安藤広重の浮世絵にもあるようにだれでも簡単に食料を確保できたからです(下図)。一方、新田開発のための干拓も徐々に行われていました。明治時代に入ると、近代工業の勃興に伴い海岸地域では干拓から埋立てへと進んでいきます。さらに戦後、とくに高度経済成長期といわれる1960年代の後半から干潟は急速に姿を消し、港湾やコンビナート、住宅地、商用地へと変貌していきます。日本最大級の渡り鳥の飛来地でごみ処分場建設が問題となった藤前干潟では、江戸時代から300年かけて干拓された面積と同じ面積の埋立てがわずか戦後30年で行われました。

産業構造の変化や環境意識の高まりなどによって、かつての急激な干潟の開発は避けられつつあります。しかし消滅の危機にある干潟もあり、その保全の必要性が強く叫ばれています。



江戸時代の干潟の様子(富岳三十六景)

研究者に聞く

「有機土壌平地」の7つのどれかに分類します。その湿地が「窪地」の場合は、周辺から対照地として「窪地」を10~20カ所選びます。そして、それぞれについて「植物の一次生産力」「栄養塩の循環」「流入物質の除去」といった項目を調査します。

この調査は現地で行えるものです。たとえば「植物の一次生産力」を調査する場合は、樹木、草、底生藻の生産力を調べるため、1m²当たりの植物個体数を調べます。樹木を例にとると、幹の直径が10cm以上とそれ以下のものに分け、それぞれの本数を数え、その結果を基に樹木の生産力を算出します。草、底生藻についても同様の作業を行い、それぞれ3つの生産力を足して3で割った数値が、その湿地の生態系機能の一つである「植物の一次生産力」になるわけです。「生態系機能」を数値化することにより、より客観的に生態系の状況を把握できるようになります。

あらかじめ水文地形によって分類しているため調査項目を絞り込むことができ、調査を簡略化できます。——HGMモデルの大きな特徴は、生態系機能を定量化できることなのですね。ところで、その結果は実際開発の際にどのように利用されているのでしょうか。

野原 米国ではミティゲーションに活用されています。ミティゲーションとは、1970年代に米国で生まれた概念で、開発による自然への悪影響を軽減するための行為をいいます。日本では「代替措置」という意味で使われることが多いのですが、米国では①回避、②最小化、③修正・修復、④軽減、⑤代償、の5段階に分類されており、この順番で優先順位がつけられています。さらに米国では1988年に採択されたノーネットロス原則(トータルで環境影響をゼロにする)が、ミティゲーションの前提となっています。

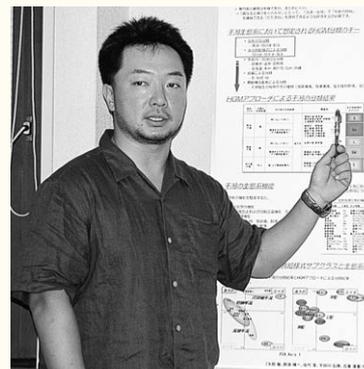
このようなミティゲーションを行うために、HGMモデルからの定量的な評価結果を利用します。ある湿地が開発によって失われる場合、その湿地の生態系機能がどのくらいあり、開発によってどの程度減少するかを数量的に評価する必要があります。たとえば開発によって生態系機能を10ポイント失うと仮定すると、その10ポイント分を周辺の湿地の機能を高めるなどして補わなければなりません。

●干潟の類型化

——さて、干潟の研究に話を戻します。HGMモデルを使って日本の干潟を類型化していますね。具体的にはどのように行ったのですか。

野原 日本では各地の干潟ごとに詳細な調査が行われ、データも豊富です。ただベントス(底生生物)などある特定の調査に偏り過ぎていて、生態系の機能を評価する調査・研究は行われていません。しかし新たな事業が計画され、環境アセスメントなどが行われる際には、数値化した評価が必要になります。そこで、その前段としてHGMモデルの水文地形的なアプローチを使って、干潟を分類、類型化し、それがHGMモデルの特徴である「同一分類の場合は同じ生態系機能を持つ」ことが実証できるかどうかを考えました。具体的な取組みについては調査を担当した矢部さんに話していただきましょう。

矢部 日本の干潟の多様性を反映できるようにと、北海道3カ所、東京湾3カ所、伊勢湾2カ所、有明海2カ所、沖縄県3カ



矢部 徹さん

メモ

ベントス

底生生物。語源はギリシア語で「海底」という意味です。水底や壁面に付着したり、水底の表面や泥・砂中に生息する生物の総称で、大きさによりマクロベントスとメイオベントスに分けられます。マクロベントスは体長が1mm以上で二枚貝やカニ、ゴカイ、ヒトデ、フジツボなど多くの甲殻類や貝類のほか、ヒラメ、ハゼなどの魚類も含まれます。一方のメイオベントスは海底の底質中に生息する体長1mm未満31μm以上の生物でウミボタルの仲間、カイアシ類(ソコムジロコ)、線虫類、ワムシなどで、バクテリアやデトリタス(有機物)、ケイ藻などを食べます。体は小さいものの、その数の多さから、海洋生態系のなかで大きな代謝活性を示す生物群として注目を集めています。なお、メイオベントスよりも小さな底生生物はナノベントス、ピコベントスに分類されています。



所の計13カ所(図1)を対象に選定し、これらを前浜干潟・潟湖干潟・河口域干潟という地形的特徴と主な流入水が河川水か海水かという水供給様式によって分類しました(図2)。地形的特徴と水供給様式の2項目で、ほぼ生態系機能を評価するための基本的分類が可能です。この結果、地形図や写真などのデータだけで、日本の干潟を大きく5つのパターンに分類しました。

次に、水文地形学的に同一と分類された干潟同士が生態系機能も非常に似通っているかどうかを検証するため、生態系機能の指標として栄養塩の蓄積や有機物の生産などについて調査しました。

HGMモデルの骨格を作った米国のプリンソン教授が、湿地の生態系機能を簡単に評価できる指標として底質の特徴、水の特徴、栄養条件、pH、色をあげていましたので、これを参考に干潟の評価項目を設定しました。具体的には底質15項目、水15項目、栄養条件10項目の計40項目です(10頁表1参照)。これらを統計解析し、その結果を基に、調査した13の干潟を類型化しました。

——その解析結果からわかったことをお聞かせ下さい。

矢部 干潟の類型化には、干潟への陸水・海水の供給と、水や堆積物の栄養レベルの2つの要素が

図2 HGMアプローチによる水文地形学的分類

湿地を左の5つの視点で分類

- ・水の供給様式
- ・傾斜
- ・氾濫源および流域の位置と大きさ
- ・塩分濃度
- ・景観的要素



- 窪地
- 湖周辺
- 感潮域
- 傾斜地
- 河岸
- 無機土壌平地
- 有機土壌平地

干潟を左の2つの視点で分類

- ・地形的特徴(前浜 潟湖 河口域)
- ・水の供給様式(河川水 海水)



- 前浜干潟
- 前浜干潟+河川
- 潟湖干潟
- 潟湖干潟+河川
- 河口域干潟

上：米国の湿地，下：日本の干潟
(米国の湿地の分類は完成されたもので、現在複数の水文地形学的視点で分類したものが実際に利用されている。一方今回の研究では、日本の干潟を2つの水文地形学的視点で分類した。)

図1 全国13カ所の調査対象干潟



研究者に聞く

もっとも重要であることがわかりました。つまり、日本の干潟は河川や湖水などに依存している陸水的干潟と海水に依存している海水の干潟に大きく分けられ、底にたまっている有機物の量などによって富栄養化している干潟かどうかに分けられるということがわかったのです。

——水文地形学による分類と生態系機能による分類を比較してみたてどのようなことがわかりましたか。

矢部 水文地形学的方法だけでも定性的な干潟生態系の潜在的特徴を推定できることがわかりました。それは地形図や写真、水の供給様式だけで、前浜干潟は海水的、潟湖干潟は陸水的、河口域干潟は海水的かつ富栄養的な干潟であるということが認識できるのです。

●微生物の働き

——今回の研究では干潟の類型化に当たって、ベントス群集や他の微生物についても調査を行っていますね。その辺を少し詳しくお願いします。

野原 干潟の栄養塩の生産や蓄積などの類型化により、大まかに生態系機能を把握することはできましたが、実際に生物の働きを通して検証する必要があります。またそれ以外にも干潟の詳細な生態系機能を把握する上では、どのような生物がどのくらい生息しているか、またどのような働きをしているかを調べることは重要です。ベントス群集について

はすでに多くの詳細な調査が発表されています。ここでは微生物の酵素活性による評価について広木さんから話していただきます。

広木 干潟では生き物のほとんどが泥の中にいます。泥の中の有機物が微生物により分解、無機化され、それが植物の栄養となり、さらに動物の餌になる。これが干潟の物質循環の大まかな流れです(図3)。この物質循環が円滑に行われているかどうか、その干潟の健全性を知る一つの判断材料になります。

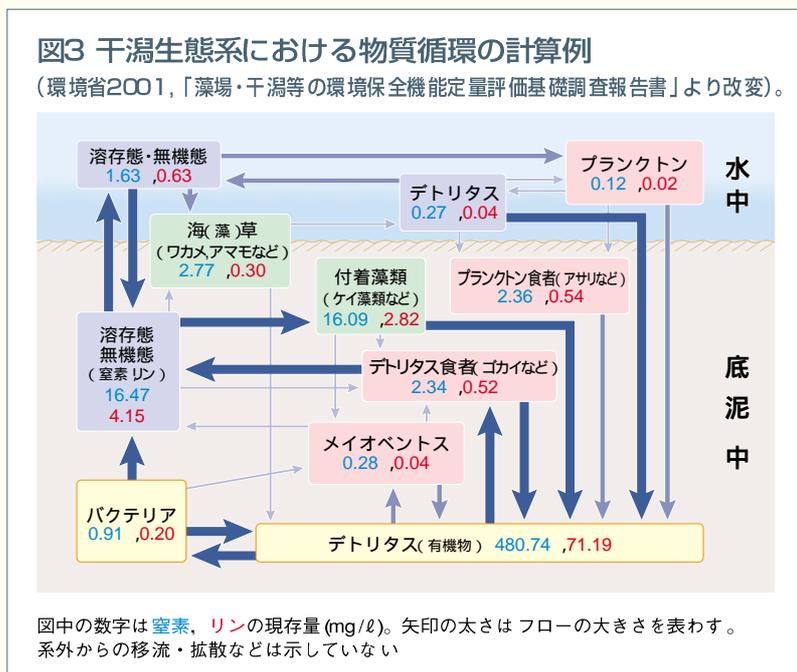
そこで、干潟の物質循環の中でもとくに大きな役割を果たしている微生物による有機物の分解に焦点を当てました。一般には微生物による分解活性を調べる場合、微生物の呼吸速度を測定します。しかし干潟の場合、潮の干満など時間的な変動が激しいため微生物の呼吸速度を直接測って評価するのは非常に難しいのです。そこで微生物が有機物を分解する過程を考え、そのもっとも初期で作用する分解酵素に着目しました。

微生物は有機物に含まれるセルロースやキチンなどの高分子化合物を直接吸収できないため、一度酵素で分解して低分子の水溶性物質にして吸収しています。そこで微生物が高分子化合物の分解に使う酵素の量を測定することにより、干潟の有機物の分解能力を評価できると考えました。

——間接的に測るわけですね。結果はいかがでしたか。

広木 全体的な傾向としては、底泥の有機物量と酵素活性にはほぼ相関が認められました。ただし個々の干潟ごとに詳細に検討すると、今回の研究では干潟によって活性が想像以上に大きな差があることもわかりました。活性の高い干潟と低い干潟では10倍以上の差がみられました。

具体的にいきますと、調査では植物体を構成する主要な有機物であるセルロースを分解するセルラーゼ(GEL)活性と、とくに干潟では多くみられるカニなどの甲殻類の殻の主成分であるキチンを分解する酵素β-アセチルグルコサミニターゼ(AGA)活性について調べました。風蓮湖(潟湖干潟)、琵琶瀬川河口(河口域干潟)、藤前(前浜干潟)、





広木 幹也さん

田古里川河口(河口域干潟)、七浦(前浜干潟)の5カ所は他の8カ所に比べ活性が高い傾向を示しました。この結果は、干潟の種類による傾向よりも、別に調べた底泥の有機物量(有機態炭素量)の傾向におおむね比例して

いました。もっとも、七浦などはAGA活性が高いにもかかわらずCEL活性が高くないなど干潟の特異性がみられたところもありました。

——今回の調査結果からどのようなことがいえるのでしょうか。

野原 一般に波の静かな環境には泥が多く堆積し、そのような干潟は有機物量が高いといえます。今回のように干潟の有機物量と酵素活性におおむね相関がみられたということは、そのような干潟の水文地形学的特徴から干潟の持つ潜在的な分解機能が一定程度予測できるということになります。しかし、個々の干潟で活性に大きな差があることが指摘されたのですから、具体的に生態系機能を評価するためには、個々の干潟の特異性も十分考慮して実際の機能を計測する手法を開発する必要がさらに高まったといえます。

●JHGMモデル

——さて、日本版HGMモデルとでもいうべきJHGMモデルの登場です。HGMモデルによる干潟の類型化を通じて、日本における干潟の生態系評価手法(JHGMモデル)の開発に取り組んでいらっしゃいますね。

野原 すでに述べたように、HGMモデルは水文地形学的に湿地を大まかに分類し、調査項目を絞ることで調査を簡便にし、さらに湿地の多様な生態系機能を数量化して比較できるのが特徴です。一方、このモデルは陸地にある湿地を主な対象にしており、感潮域の湿地の中でも干潟は念頭にありませんでした。そこで私たちはHGMモデルの特徴を活かし、全国調査などの結果を踏まえ、干潟用のモデルづくりに取り組みました。

——HGMモデルとの違いなどについてお聞かせください。

野原 基本的な論理構造はHGMモデルと同じで、湿地の定義、湿地の分類、生態系機能の推定、機能を評価するモデルの開発、モデルの検証の手順で実施します。JHGMではさらに、日本で従来から行われている詳細なベントス調査や分解活性など重要な現地調査項目を加えています。生物活性のところでも説明しましたように、個々の干潟の特異性を盛り込むためです。開発のためのHGMモデルの現地調査は数時間で簡単に行えますが、保全も念頭に置いたJHGMモデルでは十分時間をかけた調査を行います。——実際にJHGMモデルを利用するとどのようなことが可能なのですか。

野原 JHGMモデルを使えば、全国の干潟を同一の基準で把握することができます。また再生干潟の評価やモニタリングなどへの利用も考えられます。これまで国内外で発表したり、環境省の報告書などでも紹介されていますので、このモデルの考え方や特徴は浸透してきていると思います。

●今後の展開

——国際的にも国内的にも干潟の重要性に対する認識は高まっています。今後日本では大規模な干潟の開発よりもむしろ、開発などで劣化した干潟の再生などが求められるようになると思いますが。

野原 そうです。その際、干潟を再生した後でないと生態系がどうなるかわからないというのでは困ります。そこでJHGMモデルを使って再生する干潟の生態系機能を事前に予測し、それを事業に活用していけば、効率よく目標とする干潟の再生が可能になると思います。

——JHGMモデルを海外で活用することは可能ですか。

野原 干潟は干満差の大きな海を持つアジア東海岸地域などで発達しており、中国の沿岸部の干潟などは日本と似ていますので、JHGMモデルを使っての生態系機能評価は可能だと思います。この研究でも中国など多くの国の研究者に参加していただいて、国際的に十分通用するモデル開発を進めました。

——今後、JHGMモデルが日本はもちろんのこと、多くの国々で広く利用され、それが干潟の保全や再生につながることを期待しています。今日はありがとうございました。

「全国の干潟の類型化と生態系評価に関する研究」の概要

HGMアプローチという水文地形学に基づく手法と、底質・水の特徴、栄養条件等の項目を調査した結果により、全国の干潟を分類、類型化しました。この研究を基に、干潟の生態系機能を評価するJHGMモデルを構築し、はじめて統一的な方法で干潟生態系の持つ共通性や特異性などを明らかにしました。

米国で開発されたHGMモデルは地形や水の供給源などいくつかの項目によって対象地を分類し、迅速に対象地の生態系機能を相対的に評価する手法です。しかし、この手法は陸域の湿地を主な対象にしており、感潮域に属する干潟への適用事例はほとんどありません。そこで全国の代表的な干潟を調査し、この手法が干潟にも適用できるか検証するとともに、調査した干潟を分類、類型化しました。

● 調査地と調査方法

調査対象に選んだ干潟は、北海道(春国岱、風蓮湖、琵琶瀬川河口)、東京湾(西三番瀬、谷津、富津)、伊勢湾(藤前、南知多奥田)、有明海(田古里川河口、七浦)、沖縄県(石垣島網張、西表島古見、西表島干立)の計13カ所です。調査は1999年の5月29日～8月12日に第1回、6月28日～9月10日に第2回を実施しました。

調査項目は生態系機能を示す40項目(表1)です。

● 分類・類型化

まず調査対象とした13の干潟を水文地形学的な特徴で分類しました。

①河口より陸側に位置する「河口域干潟」には琵琶瀬川河口と田古里川河口、②海の一部が砂嘴や砂州によって仕切られた半隔離水界である「潟湖干潟」には石垣島網張、谷津、風蓮、③残りの8つの干潟はすべて「前浜干潟」に分類されました。さらに主要な水の供給源が海である潟湖干潟と前浜干潟はそれぞれ、付近に大きな川があるかないかで分類しました。これらをまとめると、表2にあ

るように日本の干潟は地形的特徴と水の供給様式によって5つに分類されました。

次に生態系機能の指標となる40項目を用い、互いに類似性の強いものを集めてそれぞれをグループ化(図4)しながら、主成分分析手法を用いて13

表2 調査地の水文地形学的な分類結果

地形クラス	主要な水供給源	その他の水供給源	調査地	地形サブクラス
前浜干潟	海	とくになし(小河川)	富津干潟(東京湾) 南知多奥田海岸(伊勢湾) 七浦海岸(有明海)	B1
		隣接する大きな河川(下げ潮時影響大)	春国岱(根室湾) 西三番瀬(東京湾) 藤前干潟(伊勢湾) 古見干潟(沖縄西表) 干立海岸(沖縄西表)	B2
潟湖干潟	海	とくになし(小河川)	谷津干潟(東京湾)	L1
		隣接する大きな河川(下げ潮時影響大)	風蓮湖(北海道) 網張干潟(沖縄石垣)	L2
河口域干潟	河川	海(上げ潮時影響大)	琵琶瀬川河口(北海道) 田古里川河口(有明海)	E

表1 生態系機能の指標としての調査項目

底質の特徴 15項目		水の特徴 15項目		栄養条件 10項目	
電気伝導度	EC	年最大干満差	Tide	底質中の含有量	
水素イオン濃度	pH	間隙水中の濃度		可給態窒素	AvN
酸化還元電位	ORP	ナトリウムイオン	InNa	可給態リン	AvP
温度	T	カリウムイオン	InK	全窒素	TN
含泥率	cw	マグネシウムイオン	InMg	全リン	TP
中央粒径	Md	カルシウムイオン	InCa	間隙水中の濃度	
重量含水率		塩素イオン	InCl	硝酸および亜硝酸態窒素	InNO
乾燥密度	d	硫酸イオン	InSO	アンモニア態窒素	InNH
強熱減量	Li	塩分	InSal	リン酸態リン	InPO
底質流動	Sflu	直上水中の濃度		直上水中の濃度	
底質中の含有量		ナトリウムイオン	Na	硝酸および亜硝酸態窒素	NO
全炭素	TC	カリウムイオン	K	アンモニア態窒素	NH
全アルミニウム	TAI	マグネシウムイオン	Mg	リン酸態リン	PO
全カルシウム	TCa	カルシウムイオン	Ca		
全鉄	TFe	塩素イオン	Cl		
全マグネシウム	TMg	硫酸イオン	SO		
		塩分	Sal		

図4における略号とともに併記した



の干潟を分類，類型化しました(図5)。それらの背後にある共通の決定要因は何かということ を考察したところ，もっとも重要な決定要因は塩分濃度に代表される海水と淡水の供給状況，および含泥率や鈹物組成に代表される底質の状況，第2に重要なのは底質の有機物量やリン，アンモニアに代表されるような流入負荷の状況であることがわかりました。これらから干潟の生態系機能は，主要な

水の供給源が海，陸のどちらであるかということと水および堆積物の栄養レベルを利用して分類できるということがわかりました。

● HGMアプローチからJHGMへ

水文地形学的な分類と生態系機能による分類を比較しました。七浦は水文地形学的分類では前浜干潟のB1に区分されていますが，図5からもわかるように生態系機能からみると琵琶瀬川河口と田古里川河口(E)といった河口域干潟と類似しています。これは，七浦が多くの河川を内包する有明海湾奥に位置しており，数kmから数十km離れている河川の影響を受けている影響だと考えられます。

また伊勢湾奥の藤前は水文地形学的分類では前浜干潟のB2に区分されていますが，数百mで隣接する河川の影響を受けているため，大きな河川に隣接する潟湖干潟と似た生態系機能を持っていました。ただし潟湖干潟であっても，外洋に隣接した風蓮湖や谷津干潟は前浜干潟に近い機能を持っています。

このように干潟の水文地形学的な分類は，生態系機能による分類によって結果が補正されることもわかりました。

したがって干潟生態系は，まず地形クラス・サブクラスで分類した後，塩分濃度などを用いて水の供給様式を推定し，底泥の有機物量や含水率を用いて富栄養化している干潟かどうかで分類するという方法をとれば，定性的な生態系機能の推測ができることがわかりました。

もちろん実際に干潟の環境変化や新たに干潟を創造する場合には，その地域の水文地形学的な特徴に一致した複数の干潟とさまざまな生態系機能(栄養塩の蓄積，有機物の生産，分解など)を比較し，また対象となる干潟の地域特性に配慮した調査を行う必要があります。本研究ではHGMモデルをベースにした類型化研究を基に，日本の干潟の特異性を取り込んだJHGMモデルの構築を行いました。全国の干潟をはじめて統一的な方法で比較検討した結果，干潟生態系の持つ共通性や特異性などの全体像を明らかにできました。

図4 調査項目を類似性の強いものどおし集め整理した結果

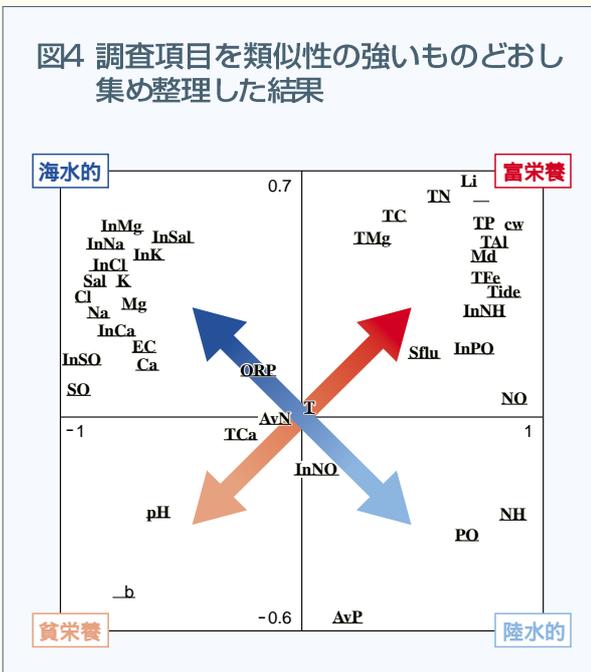
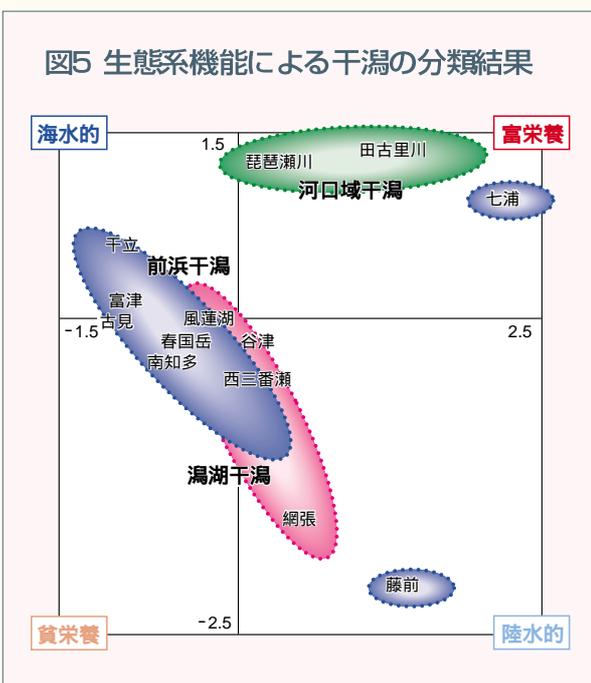


図5 生態系機能による干潟の分類結果



湿地生態系の研究をめぐって

湿地は生物の宝庫といわれていますが、一度破壊されるとなかなか元には戻りにくい非常に脆弱な生態系です。鳥類の生息地や越冬地としてだけでなく、淡水、汽水、海水などさまざまな環境の中で多くの生物が育まれています。とくに干潟は明治以来60%以上が消失してしまいましたが、残る干潟の保全、さらにはよりよい再生をめざした対応が求められています。



世界では

湿地は世界中の水域と陸域の交わる場所に多く存在し、水鳥や野鳥の生態の研究は19世紀からたくさん行われてきました。近年では1970年代に湿地保護の気運が高まる中で、米国の環境保護局や野生生物庁などが湿地インベントリーを作る目的で評価手法の開発が始まりました。

1980年に米国・野生生物庁で開発されたHEP(Habitat Evaluation Procedure)は、一定の条件で選んだ種の理想的な生息環境に比べ、調査する湿地がどのような状態かを指標化し定量的に評価する手法です。1981年には温暖な小河川の生物群集機能を評価するIBI(Index of Biotic Integrity)がワシントン州立大学のカール教授によって開発されました。そして1987年には米国陸軍工兵隊により湿地の機能を評価するWET(Wetland Evaluation Technique)が、さらに総合的広域的な観点から湿地の機能を評価するHGMモデルが開発・利用されてきました。

また欧州ではHGM評価手法を欧州の湿地に応じて改良したPROTOWET(Procedural operationalisation of techniques for the functional analysis of European wetland ecosystems)が開発されています。

一方干潟は干満差が大きく、きわめて緩やかな海岸にしか発達しないため、世界的にみると限られた地域に存在しています。このため、干潟の重要性が認識されず、湿地研究や海洋研究に比べて遅れていました。1929年にイギリスで行われた潮間帯の動物相の分布研究が初期の研究として知られています。その後も干拓で有名なオランダで、北海につながるワッデン海での研究が行われたことはあります。しかし、干潟の役割について生態系の定量的な測定方法が確立していないため、生態系評価の研究自体、あまり進んでいません。前出のHGMモデルでも感潮域である潮汐湿地は農業や宅地に不適な土地とみなされ、評価の事例も少ない状況です。

日本では

日本国内では各地に干潟が存在し、古代から貝類など漁業資源の活用が行われてきました。戦後の高度成長時代に「公有水面埋立法」が根拠となって次々と埋め立てられましたが、環境保全の観点からは当時は大きな問題としては認識されていませんでした。

日本で行われた本格的な干潟調査は、環境庁(当時)の第2回自然環境基礎調査(1978~79年)からです。それによると、1945年以前は全国に存在して



いた82,621 haの干潟が1979年には53,856 haと約35%も消滅していました。埋立ては1970年前後の公害国会の時代を境に、環境保全の動きとともに急速に減っていきます。自然環境保全のために埋立てを規制する「瀬戸内海環境保全臨時措置法」は、そんな時代に成立したもので、干潟を含む海岸域の保全が初めて明記された画期的な法律でした。その後残っている干潟自体が少ないこともあり、埋立ての勢いは以前ほどではなくなりました。しかし、近年でも諫早湾、藤前、三番瀬など沿岸環境を大幅に改変する埋立て、開発計画が持ち上がるなど、沿岸海域の生態系・自然環境は危機的状況から抜け出せてはいません。

一方、1994年に「環境基本計画」が閣議決定され、1997年に「環境影響評価法」が成立し、2002年の「新・生物多様性国家戦略」や「自然再生促進法」など生態系保全への取組みが大きく前進しました。

全国51カ所で藻場干潟等の保全再生事業が実施されるなど、今や沿岸環境の再生という時代に入っています。人工干潟に関して「アサリ増殖場造成事業(農林水産省)」、「港湾環境創造事業(国土交通省港湾局)」、「自然を活用した水環境改善実証事業(環境省水環境部)」などを実施し、造成された干潟は2002年までで2,100haに及び、さらに今後も1,400haの干潟生態系の再生が計画されています。人工干潟が自然の干潟に近づいたかどうかを定量的に評価するために、JHGM評価手法の重要性が認識されることでしょう。

港湾技術研究所(当時)でも1995年から干潟実験施設による実験を始め、大学などでも従来の生物中心の解析から安定同位体を使った物質循環についての研究、浄化機能の見積もりや油汚染による干潟での分解研究など干潟生態系の研究がますます盛んになっています。

国立環境研究所では

国立環境研究所では、干潟、藻場と続く浅海域全体を研究の対象としてさまざまな研究が行われています。

1996～2000年には「海域保全のための浅海域における物質循環と水質浄化に関する研究」(環境儀No.3収録)を、また、1998～2002年には今回紹介した「干潟等湿地生態系の管理に関する国際共同研究」を行ってきました。また「有明海等における高レベル栄養塩濃度維持機構に関する研究」や「東京湾での窒素循環に係わる微生物研究」などのように有明海や東京湾などの浅海域の調査研究も行っています。

干潟には、生物が生息する重要な生態系を維持する機能があるばかりでなく海水の浄化や潮干狩りなどのレクリエーションなどさまざまなサービス機能があります。それらの干潟生態系の機能を再生させ、よりよい環境を取り戻すには、人工的湿地を含めた干潟・湿地の再生・創造が不可欠です。

しかし、自然のメカニズムを無視した再生・創造では持続可能な生態系を確保できません。そのため、より自然に近い干潟・湿地生態系の自然再生実験等によって自然のメカニズムを学び、干潟・湿地生態系の再生および管理・事業評価を実施する必要があります。自然再生事業に先立って理念・シナリオの形成を行い、野外調査および再生実験等から基礎的知見を得て、持続可能な湿地生態系の再生技術の検討を行うと同時に、再生評価手法を開発することが今緊急に求められています。

そこで、2003年から「湿地生態系の自然再生技術評価に関する研究」(平成15～17年度)を開始しました。



「干潟等湿地生態系の管理」の研究のあゆみ

研究の全体構成

第Ⅰ期

湿原の環境変動に伴う生物群集の変遷と生態系の安定化維持機構に関する研究 (平成3～7年度)

1. 湿原の変遷とそのモニタリング手法に関する研究
2. 湿原生態系の特性に関する研究
3. 湿原生物群集の変動要因に関する研究

第Ⅱ期

干潟等湿地生態系の管理に関する国際共同研究 (平成10～14年度)

1. 全国干潟の類型化
(1)測定項目から日本全国の干潟の類型化を行い、生態系の区分方法を検討しました。
(2)底生動物は、単位面積当たりの種数が多い場所ほど湿重量も大きく、そのような場所に多様な生物が数多く存在していました。
2. 干潟生態系の空間および季節変化把握手法
(1)窒素やリンの無機化速度は前浜干潟より塩生湿地隣の河口干潟では大きく、干潟の物質循環機能を景観のユニット別に区分すべきことを見出しました。
(2)潜在的な生態系機能は水文地形学的クラスとよく一致しました。
3. 干潟等湿地の生態系評価手法
(1)既存の国際的な生態系評価手法(HGM, HEP, IBI, WET等)を比較し、水文地形学的アプローチによる生態系機能の評価を行う新評価手法(JHGM)を提案しました。
(2)環境アセスメントにおける生態系影響評価に関して、数量的に影響を評価できるようにしました。

第Ⅲ期

湿地生態系の自然再生技術評価に関する研究 (平成15～17年度)

1. 湿地生態系の機構把握に関する研究
2. 自然再生シナリオに関する研究
3. 自然再生技術および事後評価手法開発に関する研究

第Ⅱ期は平成10～14年度に特別研究として、以下の組織・スタッフ(当時)により実施されました。

<研究担当者>

生物圏環境研究領域

渡辺 信, 野原 精一, 佐竹 潔, 矢部 徹, 笠井 文絵, 広木 幹也, 上野 隆平, 河地 正伸

生物多様性研究プロジェクト

高村 典子, 福島 路生

流域圏環境管理研究プロジェクト

村上 正吾, 林 誠二, 木幡 邦男, 樋渡 武彦

循環型社会形成推進・廃棄物研究センター

稲森 悠平

地球環境研究センター

山形 与志樹

共同研究機関

ロシア科学アカデミー生物土壌科学研究所, 中国科学院北京動物研究所, 中国吉林省自然保護研究所, 中国科学院長春地理研究所, 米国スミソニアン環境研究センター, オランダ・ウトレヒト大学

客員研究員

古賀 庸憲(和歌山大学), 山本 鎔子(明治大学), 菊地 義昭(茨城大学), 福井 学(東京都立大学), 濱田 浩美(千葉大学), 國井 秀伸(島根大学), 八木 明彦((名古屋女子大学), 宇田川 弘勝(日本学術振興会), 福原 晴夫(新潟大学), 大高 明史(弘前大学), 落合 正宏(東京都立大学), 岩熊 敏夫(北海道大学), 竹原 明秀(岩手大学), 土谷 岳令(千葉大学), 赤木 右(東京農工大学), 楊 宗興(東京農工大学)

環境儀既刊の紹介

- NO.1 環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究(2001年7月)
- NO.2 地球温暖化の影響と対策-AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル(2001年10月)
- NO.3 干潟・浅海域-生物による水質浄化に関する研究(2002年1月)
- NO.4 熱帯林-持続可能な森林管理をめざして(2002年4月)
- NO.5 VOC-揮発性有機化合物による都市大気汚染(2002年7月)
- NO.6 海の呼吸-北太平洋海洋表層のCO₂吸収に関する研究(2002年10月)
- NO.7 バイオ・エコエンジニアリング-開発途上国の水環境改善をめざして(2003年1月)
- NO.8 黄砂研究最前線-科学的観測手法で黄砂の流れを遡る(2003年4月)
- NO.9 湖沼のエコシステム-持続可能な利用と保全をめざして(2003年7月)
- NO.10 オゾン層変動の機構解明-宇宙から探る 地球の大気を探る(2003年10月)
- NO.11 持続可能な交通への道-環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして(2004年1月)
- NO.12 東アジアの広域大気汚染-国境を越える酸性雨(2004年4月)
- NO.13 難分解性溶存有機物-湖沼環境研究の新展開(2004年7月)
- NO.14 マテリアルフロー分析-モノの流れから循環社会・経済を考える(2004年10月)

『環境儀』

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すしるべとしたいという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・航路を書き込んでいくことが、環境研究に携わるものの任務であると考えています。

2001年7月

理事長 合志 陽一

(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)

環境儀 No.15

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2005年1月31日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 青木 康展, 野原 精一, 横内 陽子, 唐 艶鴻, 西川 雅高,
清水 英幸, 松本 公男)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所 情報企画室 029(850)2343

(出版物の内容) " 企画・広報室 029(850)2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

編集協力 (社)国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13

無断転載を禁じます