

宏 向井

むかい ひろし



1944年香川県生まれ。広島大学大学院理学研究科動物学専攻修了、理学博士。東京大学海洋研究所、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター教授・厚岸臨海実験所長を経て、現在、NPO法人北の海の動物センター理事、海の生き物を守る会代表。元日本ベントス学会会長。2004年には京都大学フィールド科学教育研究センターと共同で、「北海道大学・京都大学合同実習—森里海連環学—」を創設。著書に『海図のみ方—海の自然を探る』『海底境界層における窒素循環の解析手法とその実際』などがある。

講演

「水と砂の流れと生物多様性」

私は、特に今まで研究してきた海の生物の方面から、森里海のつながりと生物の多様性について考えてみようということで、「水と砂の流れと生物多様性」というタイトルをつけさせていただきました。

生物多様性とはどんなものかは、すでにお話しをされたので、私のほうは特にこれ以上お話しをしません。けれども、多様性の重要性とはどういうものなのでしょうか。たとえば、世界に無駄な生き物は一種もないというような言い方がされることがあります。これですね、多様性の重要性というのはこのひと言で言い表されているのではないかと思っています。生態系の中にいろんな種類がいて、それぞれの種がすべて生態系の中の役割を担っている。どの種であっても、いなくなつていいというものはない。そういう世界の中でわれわれ人間が生きて

いるということを、やはり理解していかなければいけないのではないかと思っています。

多様性には、ある二つの場所の中にたくさんの種類が一緒に棲んでいる場合と、いろんな違った生息場所がある場合があります。たとえば一つの森のブナ林のなかにどれだけ生物がいるかという、そういう多様性と、ブナ林もあれば松林もある、それから竹林もある、いろんなタイプの生息場所があつて、そこにどういう生物がいるかという見方で見る多様性もあるわけです。

その両方が相まって、地球全体の生物の多様性が作り上げられているわけですが、特に、いろんな生物の棲み場所が多様であることが大事だという面からお話しをしていきたいと思っています。

生物多様性を つくってきた理由

まず、生物の多様性の原因にはどんなものがあるか、いくつかいろんな研究の上から説が出されています。最終的な結論というのはまだ出ていないわけですが、まあ、いろんな原因があつて、一つだけで説明できるものではないだろうと思えます。

よく言われるのは生産性と多様性の関係です。生産性の高いところは多様性も高いというふうに言われます。非常にたくさんさんのデータを入れて、生産性と多様性の関係についてグラフにしてみると、そんなにきれいな関係ではないのですが、大まかに言うと、やはり生産性の高いところでは多様性も高いという傾向が分かります。たくさんさんのデータを入れると非常に曖昧になつて、全体としては確かにそうなのですが、ある場所だけを見ると、生産性が高いところで多様性が低い場合もあります。そういう例もいっぱいあるのですが、全体として見ると、生産性が高いところは生物の多様性も高いというこ

とが言えるわけです。ただし、あいまいなところをどうしても含んでいるということです。

生物多様性を作ってきた理由として、いろんな説があつて、競争仮説というのが昔からよく言われてきました。欧米の研究者は、この競争仮説中心に説明をしてきたわけです。これは、生物の間には生存競争があつて、競争が激しいので、一つ一つの生物が棲みうる領域というのは物理的にも、その他いろんな面でも、非常に狭い生態的地位を持たざるをえない。そうすることによって生物の多様性が生まれるという説です。この説は非常に古くから言われてきていて、現在でも中心的な説になっています。

それ以外に捕食仮説があります。これは捕食者がいることによつて、その生物多様性が上がるという説です。攪乱仮説、これは物理的な攪乱が適当に起こることによつて、生物の多様性が高くなるという説です。安定時間仮説というのは、非常に安定した環境が長い間続くと、その間に生物の種は増えていくという仮説です。競争仮説とちよつと違う方向で考えているのが共進化仮説です。これは二種以上の生物が棲

むことによつて共に進化をする。それによつて二種の共存が可能になつていくことによつて多様性が増えるという説です。

棲みこみ仮説というのがあります。これは私が昔から言つていたことなのですが、ある生物がそこに棲むことによつて環境を変え、別の生物も棲みこめるようになる。それによつて多様性が高まるという説です。これらみな、最初申しましたように、二つの生息場所の中でどれだけたくさん生物が一緒に棲めるかという、まあそういうことを説明するための理論です。今日はこの話ではなく、生息場所の多様性と複雑性が、生物の多様性には非常に重要だという話を、海の生き物の立場からお話します。

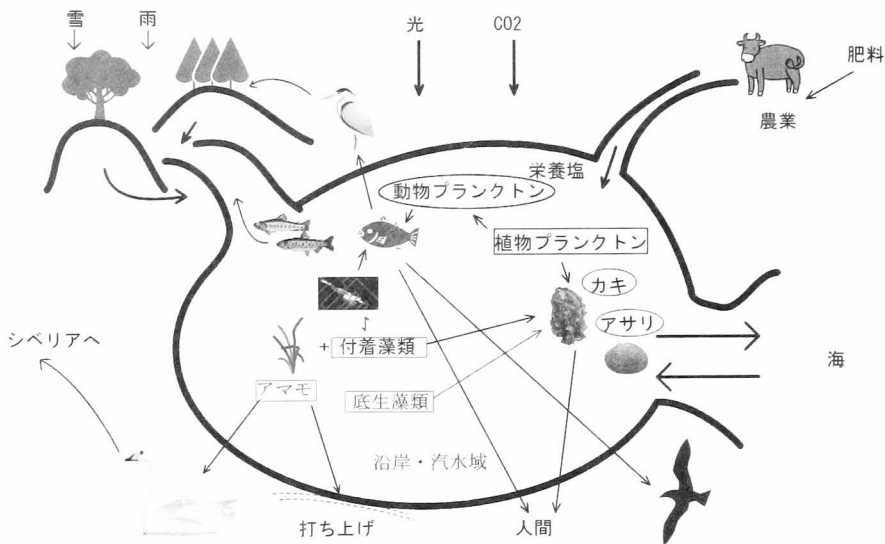
生物多様性を減少させた 「水」の流れ

まず、二つ大きな話があります。一つは水の流れ、もう一つは砂の流れです。この二つが森里海つながりの中で、生物の多様性を維持している、多様な生態系を作り出しているという

ことです。近年、いろいろな意味で環境の悪化が起きて、いろんなところで生物の多様性も減少しています。原因はどういうものか。それは、「森川海つながり」と非常に大きな関わりがあります。つながりが、だんだんなくなつてきつたり、そのことが、実は、環境の悪化や多様性の低下の原因になつていないかというふうに考えています。このつながりを、一体何がどのように切断をしてきたのでしょうか。

まず、水です。これは沿岸の生態系を模式的に図にしたものです(図①)。私が研究してきました北海道の東部にある厚岸湖という汽水域で、汽水域の生態系の模式図です。一般的に、いろんな内湾域の生態系に当てはまると思っていますので、この例でお話をします。

沿岸生態系の特徴で一番大きいのは、その生態系が成り立っている場所だけでは成り立たないということです。常に、山から栄養物質が流れてくる、有機物質が流れてくることによつて成り立っている生態系であるというのが、他のいろんな生態系と基本的に違うところです。そのため、森から海へのつながりが沿岸生態系では非常に重要になっています。もちろん、



図① 沿岸生態系の特徴

この中でも生産構造があり、基本的には植物プランクトンが生産者としていて、それを動物プランクトンが食べて、魚が食べて、それをまた人間が食べるという、一般的に考えられている食物連鎖構造というのが二つあります。

ところがそれだけではなく、海には、たとえばアマモという海藻が生えています。これは厚岸湖の例ですが、ここでは湾の半分以上にアマモという稲によく似た海藻が生えています。アマモの生産力というのは非常に大きく、このものもとても重要な基礎生産者です。ところが、アマモは直接動物には食べられません。ですから、食物連鎖がここではどうも成立していません。一番大きな生産者でありながら、直接食べるのはハクチョウくらいで、量的にはそれほど多くなく、しかも冬だけしか食べられない。ですから、生産された有機物のほとんどは、アマモが枯れて海底に堆積する、もしくは分解して水の中に懸濁するというふうな形になっています。

植物プランクトンとアマモ以外にも、ここには重要な生産者があります。それは泥の中に棲んでいる非常に微細な、ケイ藻のような単細胞藻類ですが、それが非常に多い。それと、アマモ

の葉っぱの上にびっしりとくっついてる付着藻類、これもケイ藻類が多いのですが、こういうものの生産量が非常に多い。これが水の中に懸濁して、ここで人間が漁業生産をしている重要なカキ、アサリの生産に寄与しています。カキやアサリの餌として寄与しています。それから、付着藻類はアミという小さな甲殻類に食べられて、アミを魚が食べる。ここに生活している魚のすべてが、このアミを食べる。アミは非常に重要な生物ですが、そういう食物連鎖もあります。というふうには、この比較的浅い汽水域の生態系は非常に複雑で、そして多様な生産構造という食物連鎖構造を持っているということが言えます。基本的には沿岸生態系ですから、ここだけで生産ができるわけではなくて、常に陸からたくさん栄養塩が流れてくることによって、ここで生産ができています。

陸からの栄養塩は主に山から流れてきますが、農地からも流れてきます。ここでは米とか野菜が作れないので、農業はほとんど牧畜です。牧草地に人工肥料などが入れられますので、そこから栄養塩が流れてきます。この人為的な栄養塩の流入が増えすぎると、今度は、本州の多くの内湾で起こってい

るような富栄養化という現象が起こって、赤潮が発生したり、低酸化が起これたりするわけです。今のところ、この地域ではほとんど問題は起こっていません。そういう状況ですから、森から入ってくる栄養塩と、人為的に入ってくる栄養塩のどちらが全体の中心的な割合を占めるかによって、この沿岸生態系のあり方は非常に大きく変わってくるということが言えます。水が栄養塩を運んでくるという、水の循環というのは、ここでも重要になってきています。

水の流れは、栄養塩を厚岸湖という沿岸に供給するわけですが、実は、水が栄養塩を運ぶやり方があります。一つは、定常時と書いていますが、ふだん雨の降っていないときに川から栄養塩が供給されます。もちろん、陸から川へ、川から海へという形です。そういう定常時のチツ素の流れを書いてあります。森林と、農地、草原から栄養塩が流れてくるわけですが、それには硝酸とかアンモニアのような水に溶ける無機物質として流れてくるものと、有機物として流れてくるものと、の両方あります。それが厚岸湖の中に、沿岸に流れてくるわけですが、アンモニア、硝酸などの無機物質は沿岸に入ったと

ところで植物プランクトンが利用して、そこで生産が行われます。それから有機物、大きな有機物はここで沈殿したり、水の中に懸濁して、カキやアサリに食べられるという形で厚岸湖という沿岸域で循環が成り立っているわけです。

ところが時々、大きな雨が降ります。そうするとこの沿岸の生態系、物質の流れというのが全く変わります。大雨、もしくは春の融雪期、雪が溶けたときに水が一気に流れ込みます。そういうときのチッ素の流れ、入ってくる有機物と無機物のチッ素の割合も変わってきます。特に大きく違うのは、陸から流れてくる水のエネルギーによって、ほとんどの栄養物質が海へ流れていってしまうということになります。植物プランクトンの生産は、こういう一気に流れてくるような状態では、なかなか生産は向上しません。量的には、大雨の時に流れてくる栄養塩は普通の時よりも十倍以上多いのですが、ほとんどそれは植物プランクトンの生産には寄与していません。

「緑のダム」と言われますが、森林が水を保持して、雨が降っていないときでも少しずつ流す、雨が降っても二気には流さないという保水機能が非常に大きな意味を持つわけです。「緑

のダム」機能が、沿岸の生態系には非常に重要になっているということが言えます。

生息場所の多様性は 「砂」の動きで

水の流れと砂は関係していて、沿岸に干潟ができます。干潟の上にも多様な生息場所が作られます。これは一九六六年



写真① 1966年



写真② 1990年

の、大分県のある内湾の写真で(写真①)、こちら側が一九九〇年の写真です(写真②)。ちょっと分かりにくいかもしれませんが、この間がちょうど高度成長期に当たっていて、沿岸開発もどんどんやられたときで、いろんな構造物ができているのがわかると思います。

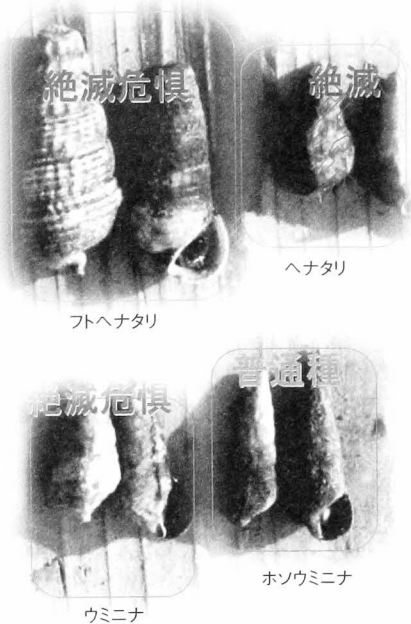
ここから川が流れ込んでいて、ここに広大な干潟ができています。この干潟の上に、非常に細かい凹凸、いろんな形態の砂州、砂浜、砂堆、高位や低位の干潟からアマモ場、海底の掘削、いろんな形の構造物が水の力によってできるわけです。こういう形のいろんな生息場所ができることによって、いろんな種類の違った生物群集ができてきます。多様な生物がそこに棲むことができるわけです。

ところが、これが一九九〇年の写真です。高度成長がほぼ終わった頃、バブルがはじけた頃になります。海岸の人工化がどんどん進むことによって、この河川がつくる干潟の構造が非常に単純化してしまっています。そういうふうに、水の流れは栄養塩を運ぶだけではなくて、流れ込んだところの生息場所の多様性も作ってきたということが言えます。

あと、水の流れは生物の分布を広げることに役も立っています。基本的に、底生生物の分散は水の流れを利用してきます。子供の頃で、プランクトン幼生になつてずっと遠くへ運ばれ、分布を広げるといことをやっています。それが個体群の維持に非常に重要なわけです。

最近、沿岸生物の絶滅が各地で進んでいます。陸上の生物の絶滅というのは比較的目につきやすいのですが、海の中の生物の絶滅というのは調べない限りほとんど分からないものです。普段、水の中というのはまず目につかないものですから、気が付かない間に海の生き物の絶滅がどんどん進んでいます。その中でも特に、浮遊幼生を持っている、幼生の時にプランクトン幼生を持っている生物が絶滅する傾向にあり、最近いろんなところで報告をされています。それが一体どういう原因によるのかというのを少しお話しします。

これは一九八〇年に東京湾の小櫃川干潟で見られた巻き貝の四種類です(写真③)。フトヘナタリ、ヘナタリ、ウミニナ、ホソウミニナといって、みな干潟の比較的上部のところにたくさん棲んでいる種類です。まずこのヘナタリという種類が絶滅し



写真③ 1980年に小櫃川干潟で見られた普通種の巻貝

ました。それから、このフトヘナタリとかウミミナという昔はどこにでもいた種類ですが、これがいま絶滅危惧種になりつつあります。ところが、このホソウミミナという種類は現在でもたくさん棲んでいます。こういうふうな種類によって絶滅したりしなかったりするのにはなぜかというのを考えてみます。

ウミミナは、卵がベリジャー幼生という幼生になって、水の中を泳いで遠くへ運ばれます。ところが、ホソウミミナはこういうプランクトン幼生を作らずに、卵から直接親の形をした子供

が出てきて、ほとんど分散しないで、その場所で親になってまいます。直達発生と言っていますが、そういう発生様式を持っています。この直達発生をしている種類とプランクトン発生をしている種類で、どうも東京湾では絶滅するかしないかが分かれているらしいということです。

東京湾の干潟にいた巻貝の発生様式は、ほとんどがプランクトン発生の様式を持っています。直達発生はホソウミミナ一種類だけ。ところが現在どうなっているかというところ、プランクトン発生の巻き貝は全部、絶滅か絶滅危惧になっています。現在でも普通種として安定しているのは、この直達発生をしているホソウミミナだけなのです。

これは、常識から考えると逆なのです。プランクトン発生をしてどんどん遠くへ分散するようなのは、個体群の維持には非常に有利だから安定しているはずなのに、そうではない。それは一体なぜなのかというと、東京湾に川の水が流れ込み、その表面水に乗って干潟に棲んでいる子供が、プランクトン幼生となって沖へ流されていく。一定の発達をしたところで下へ降りてきて海底に。こんどは潮の流れに乗って上がってきて、

再びまた干潟で親になるという生活をしているのですが、実は、この一番浅いところ、干潟の大部分が埋め立てでなくなってしまうからなのです。

それから東京湾の場合には、海底に無酸素層がたくさんできてしまった。そういうことによつて、この場所でも、この場所でも、そういうプランクトン幼生が外に出て、また帰ってきて干潟に定着するのが、いろんなところでブロックされて絶滅をさせてしまつています。でも、直達発生巻き貝は、もちろん埋め立てられたらダメですが、埋め立てられてないところでもかきかき生き残つているということです。東京湾の干潟はもう昔のわずかに5%くらいしか残つてないのですが、そこではたくさん残つているというふうに言えます。

もう一つ大きい理由は化学物質の汚染です。いろんな種類の化学物質が東京湾の水の中には入つていまして、それらによつてプランクトン発生そのものがおかしくなつてきている可能性があります。特に、プランクトン発生の種類だけが絶滅する要因としてはそういうことが考えられるのではないかなというふうに思つています。以上、簡単に水の流れと生物多様性に関

係した話をしました。

「砂」の動きを分断する構造物

ここからは砂の流れについてのお話しをします。森川海のつながりとして、砂は川の上流で森から供給をされ、下流へ流されます。さらに海へ流されて行きます。川は砂を作り、砂を運び、堆積する、こういう森と川つながり、そして海へというつながりがあるわけです。それによつて、生息域がいろんな形で作られていく。河川にも砂浜もあれば、砂の堆積してるところもいろいろありますが、いろんな形の河川構造ができます。

砂が海へ出ると干潟を作ります。河口干潟、前浜干潟、潟湖干潟と、いろいろな形の干潟ができます。それから砂浜を作ります。砂州とか砂嘴(さし)とかいわれているような環境を作ります。それから水の中で、潮間帯のような浅いところではなくてもっと深いところに、砂堆と言われる砂の山、マウンドができます。そういうように、いろんな形で多様な生態系の



写真④ 野付半島

この写真は北海道の野付半島です(写真④)。これは非常にきれいな砂州、砂嘴によって作られた半島で、その内側に広大なアマモ場を持っているという、そういう特殊な場所です。現在この

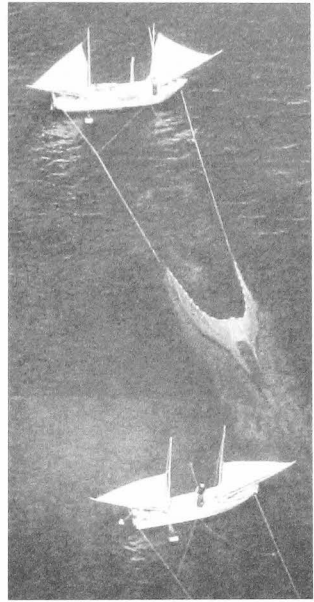
砂州がどんどんなくなりつつあります。日本全国で今、砂浜がどんどんなくなっているわけですけれども、内側に広大なアマモ場があつて、ホツカイエビの生産が行われ、こういう打瀬網によってエビの漁獲が行われています(写真⑤)。

諫早湾の干拓地のかつての姿です。塩生植物のシチメンソウの群落です。海水の入る塩湿地に生える二年草で、北海道にはほとんど同じような植物で、アツケシソウといいますが、その群落ができています。そういう場所に独特の生物が生きています。ここが今、どんどん砂浜がなくなっていて、それをなんとかしようということで、コンクリートブロックが日本中に、日本の海岸線にずっと積まれていっているわけです。

でも砂浜がなくなる理由は、先ほども言いましたように、ダムなども含めて分断を引き起こしているからです。河口の場合では、港湾ができると非常に大きな防波堤を作りますが、そこで砂の流れが止められてしまいます。そして、砂浜がなくなるのを防止しようということで、ヘッドランドというのが各地に作られています。これは確かに、一時的には砂浜の消失する速度を遅くするのですが、逆に新しい砂の供給も全部

生息域を作っています。

その砂の流れを分断するものとして、砂防ダム、貯水ダム、河口堰とかがあります。港湾、突堤、ヘッドランド(岬)なども砂を分断します。砂の流れがいろんな生息域を作る、そういう機能がどんどんなくなっています。それと大きい原因として、川砂の採取と海砂の採取があります。それによって非常に大きな影響が出ているのです。



写真⑤ 打瀬網漁

止めてしまいます。まあ、これを作った以上、永久に、人間が砂を入れてやらないと砂浜を維持できないというような状況になっています。

干潟も流砂系で、常に変化をしています。たとえば、野付半島の前の干潟ですが、干潟がどんどんなくなりつつあるといふので、干潟の上にコンクリートの護岸を作っているという、訳の分からないことをやっています。

多様性の保全こそ大事

海の自然と多様性を保全するためにはどういふことが大

事かというところ、自然地形の生成過程をよく理解して対応を考えることです。常に対症療法をやっているだけではダメだということですね。森から海までの水の循環と流砂系を維持するということが非常に大事です。そういう意味で、先ほどから言っている、流れを遮断するようなものというのをできるだけ作らないということが必要です。自然の形を保全することが非常に大事だと言えます。

あとは、最初にもお話しましたが、生産力が上がればいいという発想をしている人が多いですね。たとえば、有明海の最盛期を、豊饒の海を再生するというスローガンで、今いろんな活動しています。では、豊饒の海とは何か、どうも聞いてみると、アサリがたくさん採ればいいのか、要するに水産物がたくさん採ればいいのか、発想でやっているのが多いのです。しかし、そうではなくて、「多様性の保全が、人類にとってもっとも好適な環境を作るのだ」ということを基本においてやっていかなければいけないと考えています。