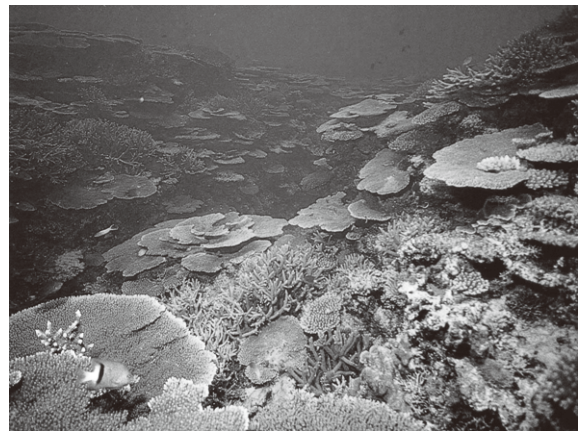


特集

「棲み込み連鎖」は 多種共存のからくり

文・写真：西平守孝(にしひら もりたか)

昔、向井宏さんが、生物群集の成り立ちを考える際、棲み場所をめぐる生物同士の関わり合いをちゃんと考える必要があることを示しました。西平は、生物が環境や生物に働きかけて棲み場所を形成する過程に注目して3つの形成過程があることを示し、生物によって作られた棲み場所に棲み込んだ生物もまた棲み場所を形成し、そこに新たな生物の棲み込みが起こることが連鎖的に進むとして、「棲み込み連鎖」と名づけました。生物群集の発達や変化していく過程は、棲み込み連鎖そのものと考えられ、陸域・水域を問わずどのような生物群集にも見られるということを示しました。ここでは、棲み込み連鎖の考え方を簡単にお話したいと思います。



良好なサンゴ礁(写真:Veron)

サンゴ礁のいろいろな場所で潜ってみますと、多種多様な生物たちがひしめいている場所もあれば、一見これといった生物が見当たらない場所もあります。多くの種類が共存できるには、きっとそれなりの理由があると思います。地形が複雑な場所、環境が複雑な場所、多様な棲み場所のある場所には多様な生物が見られ、地形が単調な場所(=環境が単調で多様な棲み場所がない)にはあまり多様な生物が見られないのが普通のようなようです。何が棲み場所を多様にするかを調べ、どのような道筋で多様な生物が棲めるようになっているかを調べれば、ある場所に多くの種が共存するからくりを知ることができそうな気がします。

サンゴ礁に限らず、マングローブ湿地でも陸地の草原や森林でも、多くの生物たちがさまざまな種間関係や種内関係を紡ぎながら、緩やかなまとまりを作っているようです。私たちは、これらのまとまりを生物群集と呼んでいます。陸上／海中を問わず、いろいろな群集の中には、多くの種が作り上

げているもののあれば、比較的少数の種からなる群集もあって、場所によってさまざまなようです。

地形そのものがすでに複雑である場合にはそれだけ環境も複雑になり、生物たちが棲み得る場所も多様になり、そこに棲み込む生物たちも多様になるでしょう。生物がいなくても、そこにはすでに多様な種を含む群集が成り立ち得る基盤があるといえるでしょう。しかし、よく考えてみれば、樹木やサンゴなどの生き物たちがある空間に暮らしはじめると、それらの生物

の働きによって棲み場所が徐々に複雑になっていくことに気づきます。複雑さとは、構造の複雑さを意味するだけでなく、状況の変化や変化の多様性なども含む、場所の持つ包括的な状況の複雑さと考えることにしましょう。



発達した森林

生物たちは、ある空間に棲み込むことによって、次々とその空間を複雑かつ多様にし、それがまた生物の棲み込みを誘い、それらの生物の働きが加わってさらに棲み場所が多様になっていくように思えます。古くから「遷移」といわれている群集の経時的変化は、そのような変化であり、その変化は生物が関わって作り出す生物を含んだ状況の変化として理解することができるでしょう。

いろいろな場所で観察を続けてみると、生物たちの作用によって棲み場所が作られていく過程には、3つの筋道があることがわかったような気がします。いつでも、どのような場所でも、生物による棲み場所の形成には3つの過程が見られ、しかも3つしかないことに気づくのではないのでしょうか。それらを、生物による棲み場所の①提供、②創出、および③条件付けと呼ぶことにしました。いろいろ考えて見ましたが、今のところ、これら3つ以外の過程は思いつきません。

具体的な例を挙げてみますが、それら以外の過程をお気づきの方は教えていただけると幸いです。

提 供

裸地に草が生え、灌木が生え、さらに大きな木が生えるようになれば、木の幹にも枝にも葉にもいろいろな動物が棲み着き、幹にはコケやシダその他の植物が着生するようになります。樹木は、そのような生物に対して、自らの体を棲み場所として提供しているのです。大木になれば、幹にも樹洞や樹皮の下など多様な微細環境が備わり、棲み場所としての容量も増加します。地中に張りめぐらせた根系、地表面から高い樹冠部までいろいろな環境の場所ができます。葉にも、花にも、果実にもいろいろな生物が棲み込んでいます。樹幹部にもおびただしい数のダニや昆虫などの小動物が棲み着いていることはよく知られていることです。概して、複雑な構造の植物ほど、また同じ種では大きい個体ほどその体の上に多様な棲み場所を備え、棲み場所の容量は大きく、多様な動物を多数支えています。このように、樹木は他の生物に自らの体を棲み場所として提供していると理解することができるでしょう。このような樹木の棲み場所形成の働きを「提供」と呼びます。樹木は

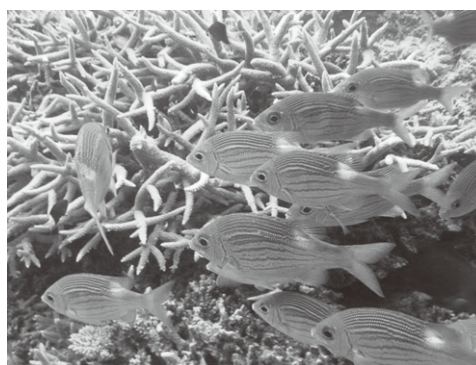
芽生えから成長して成木になり、やがて枯死した後も、倒壊した後も動物や微生物に分解されていく過程におけるそれぞれの状況の変化を通じて、異なるタイプの棲み場所を提供し続け、やがて土に戻るのです。

マングローブ湿地では、単調な砂泥（あるいは砂礫）干潟にマングローブが生育することにより、安定した根や幹がフジツボなどの固着生物に付着基盤を提供する一方で、満潮時にも水没しない樹木の部分は、陸生の動物たちに棲み場所として利用されます。いずれも、マングローブが立体的で安定した多様な棲み場所を提供することによって、固着生物や昆虫やクモなどさまざまな陸生の生物までも干潟に棲めるようになるのです。

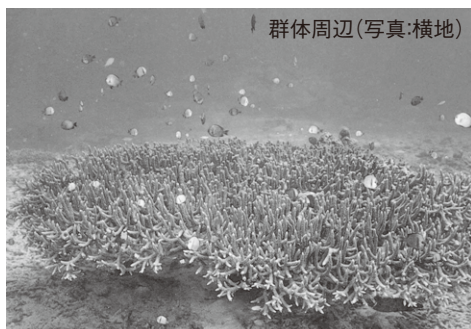


マングローブ湿地は水生と陸生の生物に棲み場所を提供する

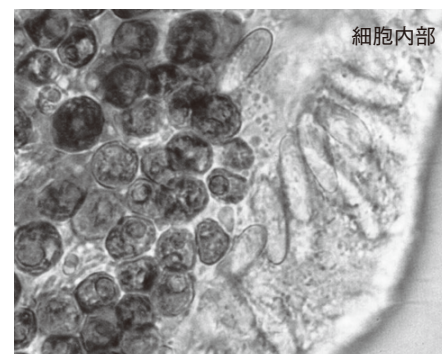
サンゴ礁では、さまざまな形状の造礁サンゴたちが、他の生物に棲み場所を提供していることは、すぐに理解できるでしょう。一面に砂が広がる海底でも、やや大きめのサンゴの群体があれば、その周辺にいろいろな魚が群れ泳ぐ光景は、ダイビングを楽しんだ方はどなたでもすぐに気づくことです。サンゴの群体は、樹木と同じように、他の生き物たちに棲み場



サンゴの健全なサンゴ礁には多くの魚が見られる



サンゴは棲み場所を提供し、サンゴ群体のさまざまな部分が生物の棲み場所として利用されている



所を提供していると考えられます。

樹木もサンゴも、基盤の上に複雑な立体的構造を作る点では同じですが、大きさが違うだけでなく、幹や枝や骨などの支持器官に大きな違いがあります。樹木はそのほとんどが有機物からできていて、強風にも耐えられる弾力性があります。幹も枝も根も葉も有機物で、枯死し分解すると土に戻ります。一方サンゴは、石灰質の硬く弾力性のない骨をかぶせるように、ポリプと共肉がつつんでいます。サンゴは、死ぬと肉は分解されてなくなってしまうのですが、骨は木の幹や枝のように他の生物に食われて分解されることなく、侵食されて細っては行きますが、消失することはあっても長い時間を要します。それらの違いは、それぞれが構造をつくる生物として生物の棲み場所を形成する際、とても大きな特徴を発揮しています。強風にさらされる樹木は折れることなく立ちつづけますが、サンゴは台風の荒波には耐えられず、破壊されてしまうことを考えるとよくわかります。このような違いから、樹木やサンゴなどの固着生物たちが棲み場所を形作る生物として重要であるといっても、自ずと様相が異なってくることは言うまでもありません。

さまざまな大きさ、形および色のサンゴが、岩盤を覆い尽くすほど繁茂するのが良い状態のサンゴ礁の姿です。最近では高水温による白化やオニヒトデの捕食による大量死亡などで、サンゴ群集が衰退している場所が至る所で見られます。サンゴは樹木のようにゆれることなく、水の流れになびくこともなくしっかりと立っています。荒波が激しく打ち付ける場所や流れが特に激しい場所では、繊細な枝ぶりのサンゴは耐えることができません。サンゴはその群体の形状によって、耐えることのできる場所に生育し、あるいは生育する場所に対応して枝の太さや丈の高さなど、うまく体型を変化させて対応しています。

サンゴ群体の周辺に群れ、枝の隙間に棲み、死んでむき出しになった骨格に固着し、骨格に孔を穿ったり、サンゴが成長する際に骨格に埋め込まれたり、あるいは細胞の中に棲み込む生物などが見られます。サンゴは、いろいろな生物に棲み場所を提供しているのです。

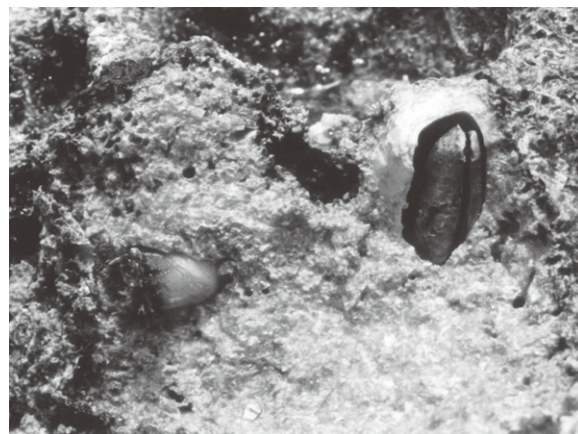
創出

キツツキは木の幹に穴を穿って巣を作り、虫をとらえるために枯れ木に多くの穴をあけます。キツネは地に巣穴を掘り、モグラは地下にトンネルを作ります。多くのアリたちは、地中に巣を作ります。このように、動物たちは他の生物の体やその遺骸に、あるいは地面や地中などの基盤にもさまざまな目的で穴をあけ、削り、加工して変更を加えます。ひとたび加工され変形した状況は、その動物がそこからいなくなっても必ずしも元に復することはなく、長期短期にわたって加工された状況が残されます。生物の働きによって、加工される以前とは異なった状況が作り出され、その状態が継続するわけです。これが、これまではそこになかった新たな棲み場所になります。

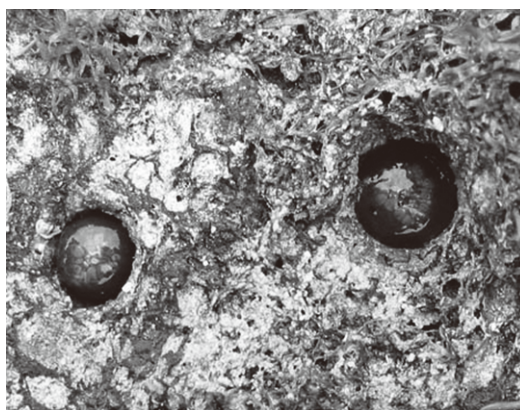
このような生物の行動の結果、新たな状況が作り出されることを「創出」といいます。創出者たちが、自ら必要なものを得るためのさまざまな行為が、生物の体や遺骸、あるいは底質基盤などを加工して、新

たな棲み場所を創出しています。創出された新たな棲み場所には、創出される以前には見られなかった生物が、作りだされた場所を棲み場所として棲み込みます。創出活動は、動物だけが行うわけではありません。地中に張った植物の根が、成長とともに肥大して地面を割り、石や岩をも砕きます。盛岡の石割桜はよく知られており、アスファルトを割って逞しく生長する「ど根性大根」などが話題になることもしばしばです。いずれも植物が行う創出活動と理解することができます。

海の中でも状況は同じです。サンゴ礁の基盤は多くは柔らかい石灰岩でできています。そのため、基盤はでこぼこで穴だらけです。石灰岩の内部は、さまざまな生物が穿孔して棲んでいるため穴だらけになっており、表面はウニや巻貝類に齧られたり、削られたりして凹凸の激しい複雑な構造になっています。穿孔生物には、ヌメセミアサリ、イシマテやシギノハシなどの二枚貝類、星虫類、イワホリミヨウガなどの蔓脚類（＝フジツボやエボシガイの仲間）、クライオナなどの海綿類などをはじめとして、穿孔性の藻類などさまざまなものがあります。石灰質の骨を持つサンゴの骨格の中にも多くの穿孔動物が棲んでいます。サンゴ礁が、柔らかい石灰質の骨や殻をもった生物たちの遺骸が長年にわたって堆積し固結してできたことは、創出活動が活発に行われ得る柔らかい基盤を作っているということで、大きな意味があるといえるでしょう。砂岩や安山岩、花崗岩のような岩石でできた海底には、穿孔動物たちが活躍する状況が備わっていないことになります。棲み場所から見た場合、生物たちの働きによって基盤の表面でも内部でも大小さまざまな穴や凹凸がある複雑な構造にされていることが、多くの生物が棲めるようになっている重要な背景と言えるでしょう。



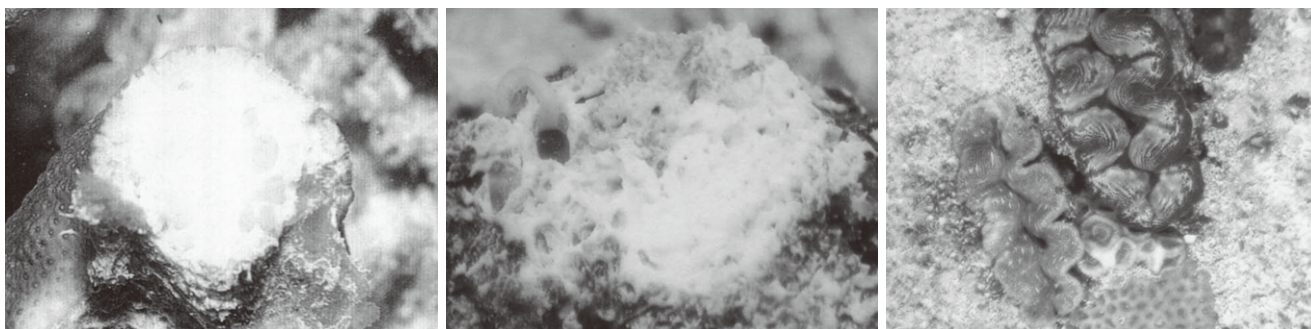
サンゴ礁の基盤に穿孔する蔓脚類(左)と二枚貝類(右)



サンゴ礁の穴に棲むミナミヨロイソギンチャク

条件づけ

ある場所にものを置くと、その場所の状況が変化します。流れを遮断し、風をさえぎり、速度を緩め、方向を変え、影ができたりします。そこからものを取り去ると、その場所は元の状況に戻ります。水面上に水滴が落ちると波紋が広がります。落ち続けると波紋は次から次と続き、消えることはありません。水滴が落ちなくなれば、元の静かな水面に戻ります。このようなことは、日常どこでも見られることです。



穿孔動物： サンゴに穿孔する海綿(左)、岩に穿孔するホシムシ(中)とヒメジャコ(右)

物の存在 (=生物がいる) やその動き (=生物の行動) は、必ずその場の状況を変えます。その場所に生物がいる限り、あるいは行動を継続している限り、生物の存在や行動によって変えられた状況は続きますが、生物がいなくなったり、行動を停止したりすれば元の状況に復します。このように、生物がその存在や行動によって状況を変化させ、その状態を維持することを「条件づけ」といいます。生物は体の大小や行動の大きさの違いによって、条件づけられる範囲や程度や内容に違いはあるにせよ、必ず何らかの条件づけを行っています。

夏の晴天下でも、深い森はひんやりと暗くしっとりとしていて、下生えの葉さえ風に揺れることはありません。すべては樹木が生い茂るために光をさえぎり、気温が低く、湿度が高く、風を遮断しているためです。一步森から出た時の状況の変化、強烈な光に目がくらみ、草がむせかえる中で汗が噴き出ても、ほほをなでる風にいづらかの涼しさを感じることがありますが、森の内と外の違いが条件づけをよく教えてくれます。当然のことながら、森の中と外では、そこに棲んでいる動物たちの種類構成にも大きな違いが見られるでしょう。森の動物は森に棲み、草原の動物は草原に棲んでいます。多くの生き物たちがそれぞれの状況の下で互いに命の糸で結ばれながら、棲み場所や食べ物をめぐる係わり合いの下で暮らし、全体を森が包み込んでいると感じることもできるでしょう。

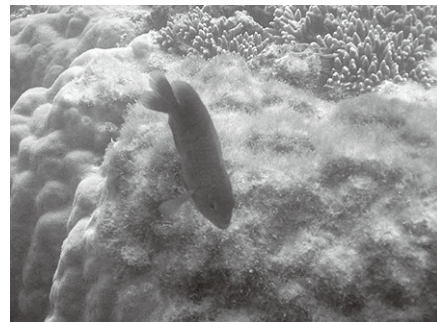
造礁サンゴは、共生している褐虫藻の光合成のために十分な光が必要です。そのためか、森では葉が完全に光をさえぎることがなく高木層や草本層などが立体的に層状の構造を発達させているのと違って、サンゴ群集ではそのような構造をなすことはありません。テーブル状のサンゴや葉状に広がるサンゴ、基盤を



大きなテーブルサンゴの下は薄暗くなる

覆うように成長する被覆性のサンゴの下部は光が十分でないようで、これといったサンゴは見られないのが普通です。ここでも、サンゴの骨が石灰質の骨を薄く肉が覆ってできており、体全体がほとんど光を通さないことが大きな意味を持っていることに気づきます。このようなサンゴが条件付ける光不足の場所には、ほとんどのサンゴが棲息できないようです。一方で、よく光の届く明るい場所を好まず、暗いところこそ好みの場所として棲み込む生物たちもいます。そのような生物にとっては、サンゴたちが条件付けた場所こそがよい場所となるでしょう。少し考えれば、海藻を含む他の多くの固着性の生き物たちも、同様な条件付けを行っていることにすぐ気づくことでしょう。

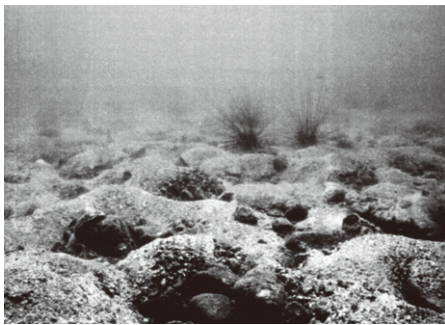
いろいろな動物の行動やゆらゆらゆれる海藻類の動きが及ぶ範囲内で、基盤の状況を条件付けている例もいろいろ思いつくと思います。なわばりを持つ定住性のスズメダイの仲間は、なわばり内へ侵入する藻食動物を排除し、内部に特定のグループの藻類を管理栽培していることはよく知られています。これも条件付けに他ならず、内部には外部とは異なる状況が作り出され、棲み込んでいる動物たちにもいづらか違いが見られます。



クロソラスズメダイのなわばり防衛

海底の表面に出て暮らす生物だけが条件付けを行っているわけではありません。砂礫の中に潜んで砂とともに有機物を取り込んで消化し、砂を排泄し続けるウニの仲間のミナミオオブクも、条件付けをしています。このウニはあまり動き回ることがないために、ほとんどいつも同じ場所で砂を取り込み (=食べ)、砂 (=糞) を排出しますので、砂礫底には砂を取り込む場所に谷が、砂を排出する場所には山ができます。ウニが活動している限り山谷の構造は保たれ、海が荒れて平坦にされても、ウニがいる限り再び元の状態に条件付けられます。ウニが移動するか、何らかの原因で取り除かれ

れば、山谷の構造は水の動きによって平坦化されて消失します。谷の部分には、砂が食べ続けられる結果として、砂礫の中にあつた食べることのできない大きさの石が残されることになります。このようにむき出しになった安定した石には、不安定な小さな砂礫には固着できないフジツボやサンゴ、カキや管棲ゴカイの仲間、海綿や小型の海藻などが固着するようになります。このような固着性の生物が砂礫底に生息できるのは、この場合はミナミオオブクブクの条件付け活動によっているというわけです。



ウニによる
砂礫の再配置

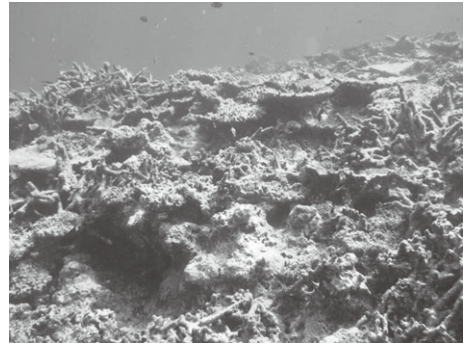
棲み込み連鎖

どのような生物も、体の大きさや寿命、行動の内容や範囲と継続時間の長短などによって違いはありますが、多かれ少なかれ生息場所の形成（=環境や生物への働きかけ）を行っています。ものの流れを変えたり、構造を変化させたりしています。そのような意味で、エンジニアであるとの考えから、生物はすべからくエコシステムエンジニアと呼ばれ、生物たちのこのような作用をエンジニアリングと呼ぶことがあります。

このようなエンジニアリングの結果はそれだけで終わるのではなく、それによって提供され、創出され、条件付けられた場所に、他の生物が棲み込みます。棲み込んできた生物は、そこでその種なりの新たなエンジニアリングを行い、それに伴ってまた生物が棲み込むということが連鎖的に進行します。これを「棲み込み連鎖」と呼ぶことにしました。棲み場所をめぐる生き物たちの係わり合いをこのように観、また理解したとき、この棲み込み連鎖がサンゴ礁に限らず、森林に限らず、すべての生物群集に普遍的に見られることに気づくでしょう。何か身近な自然の一角を観察し、棲みこみ連鎖でどのように説明できるか試してみてください。

サンゴ礁の保全と活用

1998年に広大な海域で表層水温の上昇によって造礁サンゴ類が白化した後に大量に死亡した後も、造礁サンゴ類は度重なるオニヒトデ

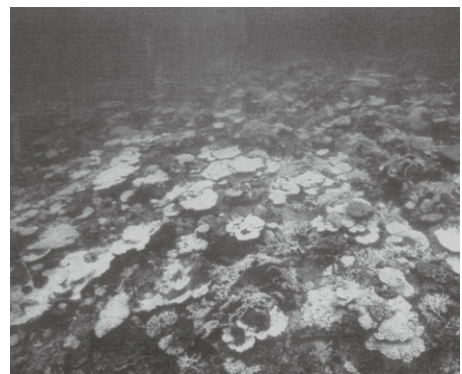


荒廃したサンゴ礁

による大量捕食にあつたりして、多くの海域でサンゴ群集が衰退し、サンゴ礁が著しく劣化してしまいました。新たな幼生の付着によって回復し、あるいは回復の兆しが見られる場所もありますが、依然として劣化した状況が続いているところも少なくありません。



サンゴ礁荒廃の
2大原因:
オニヒトデの大発生
(写真左:酒井)と
白化(写真下)



すでにお話したように、造礁サンゴ類が底質基盤の上に、弾力性のない骨格に支えられて立体的構造を作り出すことによって、棲み場所を提供し創出し条件付け、多くの生物が棲み込めるような状況を作り出しています。陸地における樹木が森林を形成するのと同じ理屈が成立しているのです。これら固着性の大型生物が、サンゴ礁と陸地において景観を形成する主役になると

同時に、多くの生物が棲める環境を作り出す最も基本的な役割を果たしているといえるでしょう。このような生物を構造的生物といいます。サンゴも樹木もまさに構造的生物の代表といってよい存在です。構造的生物に拠りかかり、あるいは間隙をぬって活動する動物や植物たちが、その場に多数棲み込んでいます。

棲み場所があれば、作り出されれば (=生物が複雑な多様な構造を作り出す主役)、必ず周りにいろいろな生物が棲み込みます。荒廃したサンゴ礁生物群集を修復あるいは復元しようと試みる場合、もともと基本的な構造的生物すなわち造礁サンゴ類を復元するのが近道でしょう。それさえうまくいけば、後は放置しておくだけでかなりのところまでいけるに違いありません。棲み込み連鎖が正しい見方であるならば、そうなるだろうと思われれます。自然に回復したサンゴ群集やその周辺には多くの動物たちが棲み込んでくることはよく知られていることです。実験的にサンゴを移植して群集を作り出すことはそう難しいことではありません。移植によってサンゴ群集を作り出した場所にも、多くの魚たちが群れ泳いでいることが観られます。サンゴ群集の内部には多くの小動物が棲み込んでいるであろうことは、サンゴを壊して見るまでもなく、すぐに想像できることでしょう。

サンゴ礁の機能を考えると、サンゴ群集を保全することの重要さはすぐに理解できます。健全なサンゴ群集が発達するサンゴ礁が持つ総合的な資源価値は計り知れないものです。健全なサンゴ礁であればあるほどその資源は多様で量的にも多く、価値は高いでしょう。サンゴ礁の資源的価値は、生物の存在と活動が大きく支えていることを考えれば、壊すことなく劣化させることなくまた必要に応じて修復にも手を貸し

つつ、サンゴ礁が持つポテンシャルを超えないように賢く理にかなった活用が必要でしょう。それはサンゴ礁に限ったことではなく、すべての自然資源の活用についていえることはどなたもお考えのとおりだと思います。

最後にひとこと

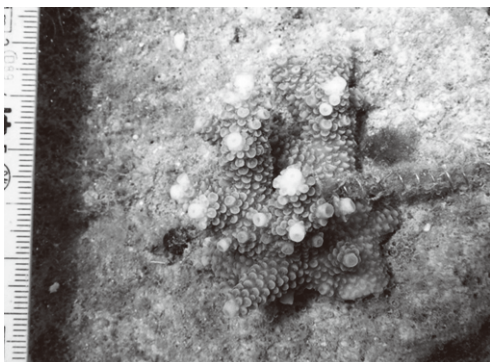
私たちは自然を遊ぶ際、自然観察法とか手引きなどのマニュアルを参考にし (あるいは引きずられ)、先達の教えを受け (あるいは指示に従い)、誰かのまねをしながら始めるのが常です。はじめの頃は当然のことだと思いますし、基本を踏まえるという意味でもとても大事なことでしょう。でも、いつまでもその状態では、本当の面白さを遊べないような気がします。自分の目で観、自分の感性で自然の話を聞き取り、自分なりの解釈や納得をし、できればそれが独りよがりではなく自然の摂理の本質をついたものであった、というふうになっているといいですね。楽しく自然を遊びたいものです。

かなり独りよがりな話をしましたが、お読みいただき、ありがとうございました。ご意見ご質問などありましたら m_nishihira@kaiyouhaku.or.jp へどうぞ。

西平守孝 (にしひら もりたか)



沖縄県石垣島出身。東北大学大学院理学研究科博士課程修了(理博)。サンゴ礁、海草藻場、マングローブ湿地などをフィールドに、生物や生物群集を観察。著書に、「サンゴ礁の渚を遊ぶ」、「日本の造礁サンゴ類」、「足場の生態学」など。東北大学を退官後、現職海洋博覧会記念公園管理財団参与。東北大学名誉教授。



5cmの移植片はおよそ2年で25cm幅に成長し、魚も棲み込む