

2 探る サンゴ礁の世界



岡本 峰雄
OKAMOTO Mineo | 東京海洋大学
海洋環境学科/教授

海の生物多様性を育む美しいサンゴ礁で今、異変が起きている。高水温によるサンゴの白化現象や、オニヒトデの被害などによりサンゴが絶滅しつつある。地球温暖化やCO₂の増加による海水の酸性化も問題となっている。サンゴの保全と再生への取り組みを探る。

瀕死のサンゴ

サンゴ礁の島では、広い白砂の海岸と澄んだコバルトブルーの海と、少し沖合に防波堤のように連なるサンゴ礁で波が砕ける美しい風景が見られます。今も昔も陸から眺めるサンゴ礁の姿は変わりません。そして、海岸からサンゴ礁までの砂地の海底には枝サンゴが密生して熱帯魚が泳ぎ、サンゴが密生するサンゴ礁ではシャコガイやエビ類が住み、魚が泳ぎまわる。サンゴ礁の島にはこうしたイメージがあると思います。

しかし、残念ながらサンゴ礁の海中はここ数十年で大きく変わりました。砂地の枝サンゴは死んでその骨格が崩れて散乱し、サンゴ礁には死んだサンゴの残骸が残っています。

サンゴには、浅い海に育ってサンゴ礁を造る「造礁サンゴ」と、100m以上深い所に育つアカサンゴやモモイロサンゴなどの「宝石サンゴ」があります。ここでは前者について紹介します。

サンゴとサンゴ礁の役割

サンゴは地球にとって2つの役割を担ってきました。光合成を行う基礎生産者であり、また地形としてのサンゴ礁を造り続けてきたことです。

サンゴは熱帯・亜熱帯の澄んだ貧栄養の浅海に育ちます。サンゴは炭酸カルシウムの骨格の中に住む小さなポリプ(サンゴ

虫)の群体です。ポリプは夜行性でイソギンチャクのように捕食活動を行います。その体内には小さな藻類(褐虫藻)が密に共生し、昼は光合成で酸素と糖類を作ります。ポリプは自分で捕えた餌のほか、藻類からも栄養をもらって活発に分裂し成長します。またサンゴの死骸が積み重なって石灰質のサンゴ礁の地形を造ります。日本では奄美大島から南にサンゴ礁が形成されています。

広い海洋では植物プランクトンの行う光合成が、動物プランクトン、小型動物、魚類そして鯨などと続く食物連鎖の源です。サンゴ礁ではサンゴの光合成が、生物多様性の典型であるサンゴ礁生態系を形成してきました。様々な生物が住み遺伝子の宝庫といわれます。重要な観光資源であり良い漁場にもなっています。

サンゴ礁は島や海岸の周囲にできますが、それが自然の防波堤として島を侵食から守ってきました。人が造った防波堤は、経年劣化や台風で損壊し補修工事が必要です。サンゴ礁も台風で浸食されますが、

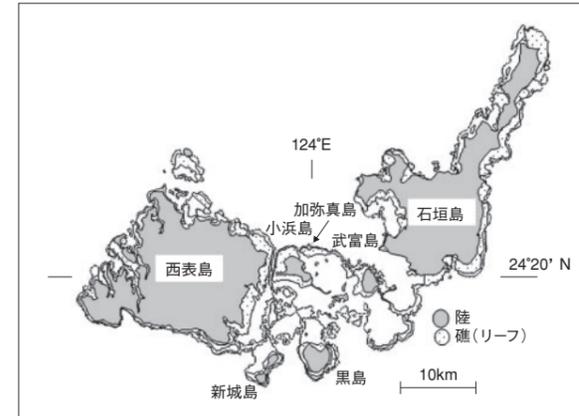


図1 石西礁湖

それを覆うサンゴが補修してきたのです。熱帯にはサンゴ礁の島がたくさんあります。これらは火山島が海洋底のプレート移動で少しずつ沈み、島の周囲のサンゴがサンゴ礁を造ってかさ上げして島を存続させてきたのです。ミクロネシアの環礁(サンゴ礁が丸いリング状になった島)で1950年代にボーリングをした結果、1,200m以上も掘って島の玄武岩に到達しました。ビーグル号の航海や進化論で有名なダーウィンは、サンゴ礁の島は陸地が沈降してきたという沈降説を1842年に唱えました。これが1世紀後に証明されたのです。

現在、日本のサンゴ礁は衰退を続けています。サンゴ礁の浅い所、大潮の干潮時に海面上に出る場所には生きたサンゴがほとんどありません。それより数メートル下やもっと深い所には豊かなサンゴが見られる所もありますが、決して多くはありません。サンゴの光合成やサンゴ礁を補修する機能は、この浅い所で必要なのですが、今はその役割を担うものがいません。インドネシアなどのサンゴ礁でも、浅い所のサンゴは衰退しています。

サンゴの繁殖と成長

サンゴ礁の美しい景観をもたらす、枝状やテーブ

ル状のサンゴはミドリイシ類です。日本では80種弱が見られます。ミドリイシの単体は白い骨格の穴に住む直径数ミリのイソギンチャク型の小さなポリプで、直径50cmほどのテーブルサンゴのポリプ数は10~30万個です。石垣島と西表島の間にある東西30km、南北25kmに及ぶ日本最大のサンゴ礁「石西礁湖」では初夏の満月の夜、数キロ四方の範囲でミドリイシ類が一斉産卵します。

ミドリイシのポリプは雌雄同体で、卵と呼ぶのは卵と精子のかたまりを包んだタマゴ型のバンドルです。バンドルは浮上して海面で破れ、卵と精子を大量に放出します。受精卵は1~2日で、大きさが0.2~0.5mmのプラヌラ幼生となり、海潮流に流され、3~10日ほどの間に海底に着生し、ポリプとなって1個の骨格を造ります。ミドリイシ類の一斉産卵は、広域に大量の幼生を供給するためと、同種のサンゴが遺伝子の多様性をもって環境変化にも耐えられるよう進化するためと考えられます。幼生が着くのは、サンゴ礁に生物が作った小さな穴や割れ目の中です。穴が微細な動植物や泥砂などで汚れては着生できません。運よく着生できたものが成長し、早い時期に海水中の褐虫藻を体内に取り込みます。育ったサンゴは10カ月ほどで光のあたる場所に出て、1年で1cm弱、2年で約2cmに成長します。その後は成長が早くなり、枝を伸ばしテーブルを作るなどして種ごとに異なった成長をします。産卵を始めるまでに6~7年、直径50cmのテーブルサンゴになるのに8年くらいかかります。美しいサンゴ礁の景観は、良い環境が長く続かないとできないのです。

白化現象

サンゴの白化は1997~1998年に世界中で起きてから問題になりました。ポリプに共生する褐虫藻が死ぬか外に逃げだすのが原因です。ポリプは透明なため、色素を持った藻がなくなると骨格の色が目立って白く見えるのです。白化は高水温が長い間続く



写真1 1998年白化前の北礁のミドリイシ群集 (1996)



写真2 北礁で1998年に育っていたミドリイシが全滅 (2003)

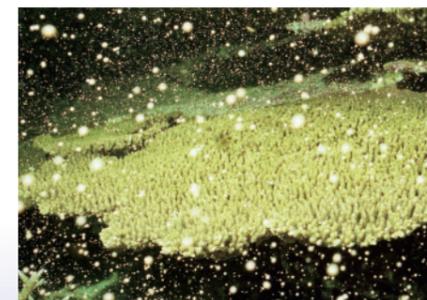


写真3 初夏の満月の夜のミドリイシ類の一斉産卵

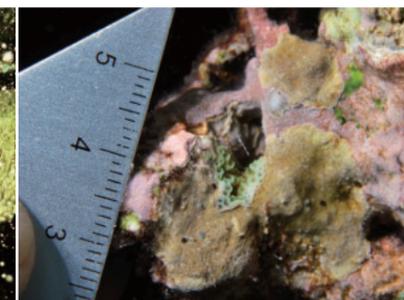


写真4 産まれて1年のミドリイシ

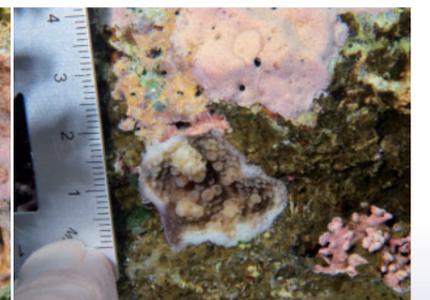


写真5 産まれて2年のミドリイシ



写真6 1998年のサンゴの白化(St.A,1998)



写真7 サンゴを食い尽くすオニヒトデ

毎年のように来遊・着生して回復が進み、2007年には産卵を始めたと推定されます。2005年頃までに全滅した場所は今、ゆっくりと回復中です。しかし2007年まで生き残っていた海域では、その年の白化で全滅しました。

クシハダミドリイシが全滅したということは、他のミドリイシ類

も概ね全滅したということです。つまり、石西礁湖で1998年に育っていたミドリイシ類は、1998～2007年にかけて段階的に全滅しました。しかし、死滅が段階的であったため、2007年までは生き残りの成熟群体が一斉産卵を行って、礁湖内にサンゴ幼生を供給できたのです。2007年以降はミドリイシ類が回復した海域で一斉産卵が始まっています。石西礁湖が広がったために、ミドリイシ類が死滅するまでは至らなかったのです。

興味あることに、回復した定点のサンゴは2007年の高水温でも白化していません。2007年の気温は過去最高を記録した1998年より少し低かったのですが、1998年の群集が全滅し、そこに新しくできた群集は白化していないというのはいずれのことです。少なくとも1998～2010年までの高水温レベルには耐えています。石西礁湖と黒潮流域の次世代を担うサンゴ群集ではないかと期待しています。

CO₂増加による海洋酸性化

地球温暖化の原因とされるCO₂については、その増加だけが原因ではないとの意見もあります。しかし、CO₂の増加はサンゴだけではなく多くの海洋生物に、より深刻な影響を与えると懸念されています。海水には大気中のCO₂濃度の増加に応じてCO₂が多く溶け込みます。産業革命以降のCO₂濃度の増加はよく知られていますが、それに伴って海水にもより多くのCO₂が溶け込みpHも低下、つまり酸性化が進行しています。現在のままCO₂が増加すると、数十年の



写真8 クシハダミドリイシ



写真9 ミドリイシ類で北礁回復(2008)

ことで起きますが、白化が軽いまま水温が下がれば死には至りません。同じ水温でもサンゴの種類や形、海域の潮通しの違いによって被害は異なります。

石西礁湖には閉鎖的な浅瀬や外洋に面するサンゴ礁など多様な地形があり、水温は各所で異なります。白化は夏に水温が高い時に起き、低ければ問題はありません。10年以上前の水温記録はほとんどありません。そこで石垣島気象台で平均気温が30℃を超えた日数を調べ、10年ずつ合計してみます。1971～1980年の10年間では81日でした。それが1981年、1991年、2001年からの10年間ではそれぞれ144日、158日、233日と、暑くなっています。

石西礁湖の夏の水温は、気温と良く連動しています。1998年以降の5回の白化(1998、2001、2003、2007、2010)は、日平均気温が30℃を超えた日が年間30日以上、かつ30℃を超えた日平均気温と30℃との差の累積値が10以上の年に起きていました。1971年以降でこの条件に該当するのは1983年と1988年です。1983年は白化記録があります。1988年は記録がありませんが、オニヒトデの食害で石西礁湖のサンゴが死滅状態の年でした。2010年の白化もあまり大きな話題になりませんでした。礁湖内のかなりの場所でサンゴが死滅していました。白化するサンゴがあまりいないのも、何とも悲しいことです。

白化でサンゴは死滅？

白化の影響については、単発的であれば被害後の回復も比較的容易ですが、1998年以降のように頻発する状況では深刻な被害を受けます。石西礁湖のミドリイシ類のなかで多いクシハダミドリイシというテーブルサンゴを指標にして調べてみました。1998年には26カ所の観測点のうち18点で分布していましたが、2009年までに全滅しました。そのうち2001年に全滅した場所では、幼生が

うちには南極海で炭酸カルシウムの殻を持つ動物プランクトンが殻を造りにくくなり、21世紀末には殻が溶けるようになると予想されています。水温が低い所はCO₂の溶け込み量が大きいからです。

暖かいサンゴの海で影響が出るのはこれより遅いのですが、まずポリプが着いても骨格が出てにくくなります。さらに進むと、過去にできたサンゴ礁すら溶け出すというシナリオです。仮にCO₂が地球温暖化の原因ではないとしても、今後の増加は簡単には止められません。増えたCO₂が海水に溶けて酸性化させるのは単純な化学変化で、疑問の余地はありません。世界がCO₂の削減に努力しないと、22世紀にはサンゴだけではなく海の中に今の姿の生物が住めなくなるようです。

サンゴの保全と再生

サンゴが高水温で白化を繰り返すようになったことは、海の中が深刻な事態にあることの証です。ほんの数十年前までは、石西礁湖でも数百年以上生きていた大きなサンゴがたくさんいました。サンゴは一度着生したら一生をそこで過ごします。サンゴが何百年も生きられる環境であったのに、1998年以降に頻発する白化は全てを死滅させつつあります。海中ではせいぜい数十メートルの範囲しか見渡せないため、白化被害が報道されても全容がわかりにくいのです。山の雑木林が全て死んで、山が裸になるような事態が頻発しているのです。

サンゴの絶滅を防ぐ対策には、再生と保全の2つがあります。日本のサンゴには両方が必要で、海域の特性によってバランス良く対処する必要があります。白化以外でサンゴを衰退させた原因の多くは、周辺の人々の営みです。サンゴ礁の近くに住む人々が海への負荷を減らせば、白化被害を受けてもサンゴの回復が期待できる海域はたくさんあります。

死んだサンゴが回復しない原因には、「幼生が流れてこない」、「海底に幼生が着けず、着いても成長できない」という2つがあります。後者の対策には、サンゴの生活の場の海底と海水を清浄にする保全策が必要です。幼生が流れてこない場所では、保全だけではサンゴを回復できず再生が必要になります。サンゴの移植で再生する前には、海底と海水の問題を解決しなくてはなりません。白化の被害も、環境



写真10 生き残ったサンゴが2007年白化で被害(2007)



写真11 2007年白化でミドリイシ類が全滅(St.A,2008)

の良くない所でより大きくなります。

日本で再生が必要なサンゴ礁は石西礁湖が筆頭です。歴史的に黒潮流域への幼生供給源と考えられ、日本最大規模で人的負荷が少ないためです。ここで、環境省によって自然界のサンゴの再生産力を利用した再生方法が試みられています。ミドリイシ類の一斉産卵で生まれた無数の幼生を着生させて、自然のままに移植用サンゴを得る方法です。一斉産卵で生まれた幼生を用いるため、種の多様性と種内の遺伝子の多様性が保たれます。頻発する白化のなか、何とか石西礁湖のサンゴを守ろうとする必死の取り組みです。

今、私たちができること

サンゴの世界は高水温の頻発による白化で大変なことになっています。その上、今度は海水の酸性化の問題です。今まで地球上の生物は何度かの絶滅を経験しながらも、姿かたちを変えて生き残ってきました。今私たちができるのは、困っているサンゴの絶滅を先延ばしすることです。

本州では近年、冬の水温が上がってサンゴが生き残るようになってきました。しかしその規模は小さく、そこで産まれた幼生が留まることはあまり期待できません。浅くて広いサンゴ礁の地形を造るまで待たないと自己再生産しにくいのです。これには数千年かかります。海水の酸性化が起こす問題はこの先100～200年の話です。

石西礁湖で1998年の白化前に、全域のサンゴの面積を計測したところわずか16km²でした。4km四方のサンゴが、石垣島から西表島にかけて生育していたことで素晴らしい景観を生みだしていたのです。石西礁湖全域がサンゴで覆われていなくても、まばらにでもサンゴが分布し、幼生供給源としてのミドリイシ類の密生域があれば、石西礁湖のサンゴ礁生態系は維持されるのです。そして黒潮流域への幼生供給も期待されます。