

2-3

イシサンゴ類の病気についての現況

山城秀之

1 はじめに

地球温暖化等の影響で、今後数十年で世界中のサンゴ礁が消滅する可能性があるという (Hughes *et al.* 2003)。国内においても、1998年の大規模な白化現象は衝撃的であった。その後この現象は断続的に起こっているので半ばあきらめの境地に入りつつある人も多いのではないだろうか。白化現象に加え、サンゴ礁はオニヒトデ等による食害、赤土等土壌粒子による負荷等多くの脅威にさらされてきた。これまで造礁サンゴ（以下、サンゴ）は病原菌等による感染症とは無縁の生物と思われてきた。ところが70年代途中から病気に関する報告が出されはじめ、更に90年代に入って急増している。地域によっては壊滅的な被害をこうむっている場所もある。ここでは、サンゴ礁の新たな脅威となりつつあるサンゴの病気についてまとめてみた。本稿は化石研究会誌（山城 2003）の原稿を一部改変し、新たな情報を加えて作成した。

2 サンゴの病気

サンゴの多くは群体性生物なので高等動物との比較が難しい点もあるが、ここでは一定の構造変化を伴う現象（腫瘍）を含めて病気 (Peters 1997) とした。

生物に起因する病気には病原菌（ウイルス、細菌、菌、原生動物等）あるいは寄生虫（扁形動物、節足動物等）による感染がある。非生物的要因により病気が引き起こされる場合、その引き金となるものには温度、土壌粒子、紫外線、重金属、農薬等があげられる。実際は生物・非生物の両方が複雑にからみあって発症することも多く、原因の特定が困難なことも多い。

サンゴの場合、現象としては認識されているものの原

因まで特定された病気はまだ少ない (Richardson 1998)。同じ病気にも拘わらず研究者によって異なる名称が使われて混同されているのも、まだ未解明な部分が多いためである。結果としてサンゴが死亡する、いわゆる致死的な病気もあるが、単なるおどきのように、サンゴそのものの死には結びつかない軽度のものもある。表1に病気の一覧を示したが、これらは多数ある報告の一部である。サンゴの病気に関する情報については末尾にホームページ（英文）の情報を掲げた*1。

表の中から、サンゴ礁へのダメージが大きく、かつ原因も特定された病気について一部解説する。サンゴの病気が注目を浴びたのは70年代の黒帯病 (BBD, Black Band Disease) の発症である。カリブ海で観察されるとすぐにインド・太平洋でも見られるようになった。通常の六放サンゴだけではなく、ヒドロサンゴや八放サンゴにもとりつくことが明らかとなり、種横断的に拡大していった。原核生物のシアノバクテリア (*Phormidium*) が原因菌であり、これに硫酸還元菌や硫化物酸化菌が加わったマット状構造となっている。サンゴの軟組織内に侵入繁殖すると黒い帯状となるので容易に認識できる。1日当たり数mmの速度で組織の壊死が起こるが、その原因は硫化水素のもたらす酸欠死であることがわかっている (Richardson *et al.* 1997)。分解したサンゴ組織はこれらの細菌の栄養源となる。

White Pox (直訳すれば白痘) はカリブ海のサンゴ礁を代表する枝状のサンゴ (*Acropora palmata*) の90%を殺し、本種を絶滅危惧種に追いやった恐るべき病気である。1日に10cm²の速度でサンゴを殺すと報告されている。その原因菌がセラチア菌 (*Serratia marcescens*) であることが特定された (Patterson *et al.* 2002)。セラチア菌は日和見感染するため、院内感染が国内でも問題となった腸内細菌である。人畜の腸内細菌のセラチア菌がサンゴにとりつきサンゴを殺すということが明らか

表1 イシサンゴ類の病気のうち原因が特定されたもの（腫瘍を除く）

病名	原因菌	サンゴ種	場所	備考	出典
White Pox（白痘）	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Acropora palmata</i>	クロイクス、ベリーズ、ジャマイカ、フロリダ、バハマ	1996年以降発症、夏場に活発化	Patterson <i>et al.</i> (2002)
Black Band Disease（黒帯病）	<i>Phormidium corallyticum</i> 他	多種類	グレートバリアリーフ、フィジー、紅海、フィリピン、バミューダ 他	硫化水素ガスによる酸欠死、夏場に活発化	Garrett and Ducklow (1975) 他
Bacterial Bleaching	<i>Vibrio</i> AK-1	<i>Oculina patagonica</i>	イスラエル（地中海側）	高温で活発化	Kushmaro <i>et al.</i> (1996)
Plague type II	<i>Sphingomonas</i>	<i>Diploria</i> , <i>Dichocoenia</i> 他多数	フロリダ、バハマ 他	1996年以降発症、1日当たり2 cmの速度で壊死	Richardson <i>et al.</i> (1997)
Aspergillois	<i>Aspergillus sydowii</i>	<i>Gorgonia ventalina</i> （ソフトコーラル）	カリブ海	八放サンゴが被害	Geiser <i>et al.</i> (1998)

となり、サンゴ研究者に衝撃を与えた。ピプリオの一種（*Vibrio* AK-1）は1日当たり数 cm のスピードで急激にサンゴ（*Oculina patagonica*）の組織を殺すことがわかっている（Kushmaro *et al.* 1996）。カリブ海の八放サンゴ *Gorgonia ventalina* が大量死し、原因を調べた結果、世界中に広く分布する土壌菌の一種 *Aspergillus sydowii* によることが特定された（Geiser *et al.* 1998）。

最近、インド・太平洋のハマサンゴ類に Porites Ulcerative White Spot Disease (PUWS) と称される症例が報告された（Raymundo *et al.* 2003）。直径 3～5 mm のスポットが拡がり、群体全体の死亡につながることもある。原因は不明であるが今後警戒が必要な病気と考えられる。

過去に病原菌によるサンゴの大量死の報告が殆どないことから、90年代以降の多くの病気は環境の悪化やそれに伴うサンゴの体力や免疫力の低下、あるいは人間の活動と無縁ではないであろう。

3 腫瘍

研究者によっては、サンゴの個虫（ポリプ）が巨大化する過成長（Hyperplasia）と腫瘍（Neoplasm, Mutation, Tumor）を病気の範疇に入れない場合もある。オーストラリアのグレートバリアリーフに生息する塊状のノウサンゴ属（*Platygyra*）などに見られる過成長したポリプの生殖能力は正常だったという報告があり（Loya *et al.* 1984）、見た目の異常さだけで病気と判断はできない。

腫瘍に関しては、多くのサンゴ種について世界中から報告がある（Cheney 1975；Bak 1983；Loya *et*

al. 1984；Peters *et al.* 1986；Coles and Seapy 1998；Yamashiro *et al.* 2000；Gateno *et al.* 2003など）。しかし、その原因はまだ解明されていない。

腫瘍は一般に共生藻密度の低下した半球状の瘤として認識され、サンゴ本体を殺さず、骨格を含め成長しているので、見かけ上いわゆる良性のものと考えられる。しかし、下記に述べるように、腫瘍部分では群体性生物としてのサンゴの基本ユニットであり、生産主体となるポリプの数の減少にとどまらず生殖能力の低下も起こるので、病的現象と考えるのが妥当である。ポリプの数や共生藻の密度が減少し白っぽく認識されるので、腫瘍を持つサンゴの野外での発見は容易である（写真1）。

サンゴは小さなポリプと呼ばれるユニットが無数に集まった群体であり、サンゴの種類や成長段階によって枝状、テーブル状、塊状、被覆状等多様な形態がある。サンゴの腫瘍の最大の特徴は「特徴がないこと」である。

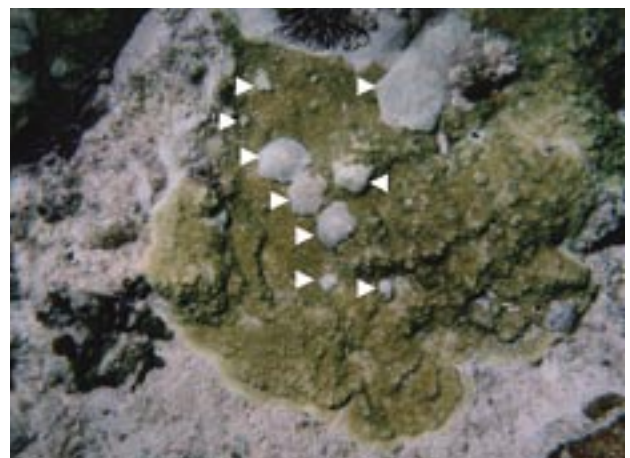


写真1 腫瘍が見られるノリコモンサンゴ（*Montipora informis*）。三角印で示した白い部分が腫瘍で、種の特徴である棘状突起が腫瘍部分では消失している

すなわち元々の形態に関係なく半球形の瘤状になり、その種の持つ特徴的な骨格構造が消失してしまうのである。サンゴの種類や群体の形態に関係なく腫瘍の形態は驚くほど類似している。例えば、ノリコモンサンゴ (*Montipora informis*) の場合、その種の特徴である棘状突起が腫瘍部分では消失する (写真2)。

また、骨格の異常 (骨粗鬆状態) に加え、代謝異常 (脂質代謝や骨格炭素の安定同位体比の変化等) を起こすことも判明している (Peters *et al.* 1986; Yamashiro *et al.* 2001)。

腫瘍がサンゴの生死を左右しない単なる瘤なら、サンゴにとって特に問題はないと考えることもできる。果たしてそうなのか。我々は瀬底島に生息する被覆状のノリコモンサンゴに多くの腫瘍があることに気づき、1998年の春から種々の計測や分析を行った。その年はちょうど

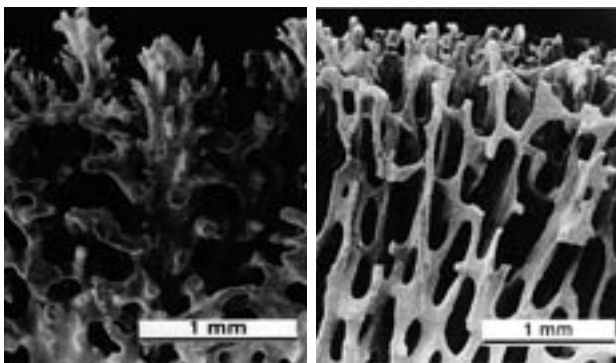


写真2 ノリコモンサンゴ (*Montipora informis*) 腫瘍部分に見られた骨格の異常 (骨粗鬆状態)。左が正常骨格で、右が異常骨格

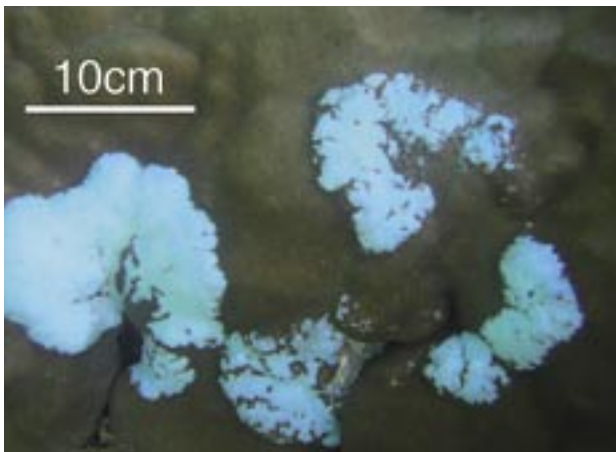


写真3 沖縄島の礁池内でコブハマサンゴ (*Porites lutea*) に見られた新型の腫瘍 (Nakano *et al.* 未発表)

白化現象と重なり、成長測定用に標識した20群体は全て年内に死亡し、成長率等のデータは得られなかった。しかし、高温ストレスがかかった場合、腫瘍部分が早く死亡することが明らかとなった (Yamashiro *et al.* 2000)。すなわち腫瘍は環境の変化に対し感受性が高いのである。

腫瘍部分においてポリプ密度は減少していたが、ポリプそのものの形態には外見上変化が見られなかった。しかし、実体及び光学顕微鏡を用いた観察の結果、腫瘍部分のポリプは卵形成を行わないことが明らかとなった。すなわち、腫瘍の形成は群体全体で見た場合、生殖能力の低下につながる。

生物は、糖あるいは脂肪の形でエネルギー貯蔵を行う。サンゴの場合は脂質の形で貯蔵する (Yamashiro *et al.* 1999)。腫瘍部分の軟組織に含まれる脂質を抽出秤量した結果、乾燥重量当たり含有する脂質の重量パーセントが通常組織の場合32.2%であるのに対し、腫瘍では10.6%と激減していた (Yamashiro *et al.* 2001)。構成脂質を分析したところ、脂質の中でも特に貯蔵脂質のワックスとトリアシルグリセロールの減少が特徴的であった。脂質含有量の減少は多量の脂質を必要とする卵形成が腫瘍では行われない結果と合致している。高温ストレスがかかった際、腫瘍部分の死亡が早かったことから、サンゴの生存にはエネルギー源としての脂質を貯蔵できているかどうかと密接に関係することが示唆されている。

複数種の白化しているサンゴの脂質を分析した結果、腫瘍と同様、脂質量及び貯蔵脂質含有量が減少していたこと (Yamashiro *et al.* 投稿中) も同様にサンゴの代謝における脂質の重要性を示している。ストレスがかかった時に、貯蔵脂質をエネルギー源として利用しながら消耗戦を耐え抜くことができるかどうかと生死の分かれ目ともいえる。

現在のところ、腫瘍の発症機構は不明である。しかし、上述したような他の病気と同様、腫瘍が増えているのは地球規模の環境の悪化と無縁ではないであろう。

2002年9月、沖縄島の礁池内に生息するコブハマサンゴ (*Porites lutea*) に新型の腫瘍を確認した (Nakano *et al.* 未発表)。その後、沖縄県内の多くの海域で確認されている。この腫瘍は周りの通常組織より少し膨らみ、共生藻の数が極めて少ないため水中で容易に認識できる (写真3)。この腫瘍の成長速度は、極めて遅いようである。また、これまで報告されたものと異なり、周辺部が

ら通常組織の陥入等が見られ、境界部が不明瞭なことが特徴である。

サンゴはその栄養を共生藻の光合成に大きく依存しているため、共生藻数の少ない腫瘍組織の維持がどのように行われているのかについての研究は進行中である。現在のところ、餌として外部から栄養を補給している可能性と、群体内の隣り合う通常組織から栄養物が腫瘍へ供給されている可能性が考えられる（安田ら 未発表）。

4 寄生虫

最近目につくようになってきたものとしてハマサンゴ類にとりつく寄生虫が挙げられる。Porites Pink Blotch Disease と呼ばれ、ハマサンゴの表面がピンク色に変色するため容易に識別できる。ハワイでの研究によると、扁形動物吸虫類の *Podocotyloides* がサンゴのポリプに寄生し、第1中間宿主が貝、サンゴは第2中間宿主（メタセルカリア期）であり、生活史の完了には終宿主（チョウチョウオ等の魚）に食べられる必要がある（Aeby 2003）。琉球列島において定量的なデータはないものの、急速に拡大している。直径数 mm の小さなスポットなのでハマサンゴ群体に占める割合は少ないものの、サンゴの成長が50%減少する（Aeby 1992）という報告もあり、サンゴにとっては大きなダメージとなる。また、寄生されたポリプ内の共生藻密度の減少も起こる。オニヒトデに好まれず、白化にも比較的強かったハマサンゴ類の群体表面に無数にある寄生虫による変色は見た目には無惨である。

5 おわりに

2003年に入って与那国島南部のサンゴ礁に広範囲かつ多量の腫瘍が見つかった（NHK 沖縄、2003年2月19日放送）。その後の調査の結果、ノリコモンサンゴを中心として発症していることが明らかとなった。このような大規模な腫瘍の発生が人知れず広がっている可能性がある。更に4月に入って、腫瘍を持つ大規模なサンゴ群集が慶良間諸島で見つかった（入川・山城 未発表）（写真4）。しかも困ったことに、現時点までに腫瘍の見つか

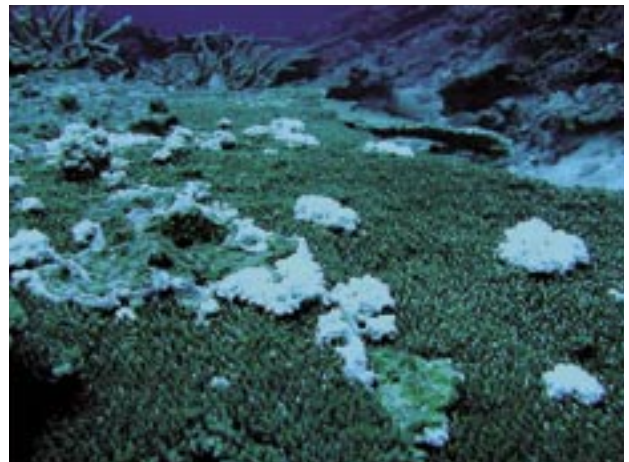


写真4 慶良間島で見つかった腫瘍を持つミドリイシ群集（入川・山城 未発表）

った海域は全て透明度が高く、健全な場所なのである。言葉を変えれば、安定した（老化した？）サンゴ礁と言える。現時点で、高齢化したサンゴの遺伝子の異常により腫瘍が生じた可能性、あるいは、何らかの原因菌が環境の悪化に伴って免疫力の落ちたサンゴにとりついた可能性の両方が考えられる。腫瘍部分では組織が脆弱となり生殖能力を失うことを考慮すると、安閑としてはられない。腫瘍にとどまらず、サンゴの病気が環境の悪化に連動しているとしたら、近い将来、壊滅的な被害を及ぼす悪性の病気が流行する危険性もあることを認識し、警戒すべき時期にきている。

近年、サンゴ礁の再生を目指し、サンゴの養殖や移植に関する研究及び技術の向上が計られている。移植に関しては遺伝子の攪乱という一面があることに注意しなければならないことはもちろんのこと、上記に述べた種々の感染性病気の拡大の可能性にも十分配慮しなければならない。

謝辞

本稿をまとめるにあたり次の方々のご協力をいただいた。琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所中野義勝、(株)イーエーシー入川暁之、東京海洋大学安田直子。

引用 URL :

- * 1 : <http://www.sbg.ac.at/ipk/avstudio/pierofun/aqaba/disease1.htm>
http://www.nmfs.noaa.gov/prot_res/PR/coraldiseases.html
<http://www.wcmc.org.uk/marine/coraldis/home.htm>