

イシサンゴ類の病気—特に腫瘍について

山城秀之*

Coral diseases with special reference to tumors

YAMASHIRO Hideyuki

Abstract

Coral diseases have been increasing significantly over the last decade and some of them caused high mortality. In this paper, the chronic coral diseases with identified pathogens are reviewed briefly, and the recent studies on coral tumors which have been emerging around Okinawa Island, Japan are described. Tumors exhibit more or less bleached (loss of symbiotic unicellular algae) hemispherical protuberance in shape without tissue degradation, but recent outbreak around Okinawa seems to be catastrophic for local coral population.

Key words: coral, disease, lipid, tumor, *Montipora informis*, *Porites lutea*

1. はじめに

イシサンゴ類(刺胞動物門, 六放サンゴ亜綱, イシサンゴ目)は, さんご礁形成の主要生物である。しかし1960年代後半のオニヒトデの大発生により, 多くの造礁性イシサンゴ類(以下「サンゴ」と称する)が食害を受けた。その後もオニヒトデは散発的に発生を繰り返している。陸上からの土壌粒子や栄養塩類のさんご礁域への流入による負荷も大きい。更に, 1998年の海水温度上昇による白化現象により沖縄を含め世界中のさんご礁が壊滅的な被害を受けたことは記憶に新しい。世界のサンゴの25%, 沖縄のサンゴの85%が失われたとも言われている。このようにサンゴを摂食する生物や環境の悪化に加え, 近年(特に90年代以降), サンゴの病気に関する報告が世界中から相次いでいる。病気の中には致命的なものもあり, さんご礁の保全上看過できない状況にある。本稿では特に我々の研究グループが取り組んでいる腫瘍についての報告を中心に, サンゴの病気の種類, 原因, 影響などについてまとめた。

2. サンゴの病気

病気には何らかの原因があるが, サンゴの場合, 現象としては認識されているものの原因が特定されたも

のはまだ少ない(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しているのも, まだ未解明な部分が多いためである(サンゴの病気一般についてのホームページについては末尾のURLを参照)。サンゴが死亡する, いわゆる致命的な病気もあるが, 単なるおで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, ここではそれらを含めて病気とした。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。

表の中から, さんご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。黒帯病(BBD, Black Band Disease)は原核生物のシアノバクテリアが原因菌である, これが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。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)。White Poxはカリブ海のさんご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をし, 院内感染が国内でも問題となった

2003年5月7日受付, 2003年6月9日受理

* 〒905-8585 沖縄県名護市字又1220-1 名桜大学国際学部観光産業学科

病名	原因菌	サンゴ種	場所	出典	備考
White Pox	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Acropora palmata</i>	St. Croix, Belize, Jamaica, Florida, Bahamas	Patterson <i>et al.</i> (2002)	1996年以降発症、夏場に活発化
Black Band Disease	<i>Phormidium corallyticum</i> 他	多種類	GBR, Fiji, Red Sea, Philippines, Bermuda他	Garrett and Ducklow (1975) 他	硫化水素ガスによる酸欠死、夏場に活発化
Bacterial Bleaching	<i>Vibrio</i> AK-1	<i>Oculina patagonica</i>	Mediterranean coast of Israel	Kushmaro <i>et al.</i> (1996)	高温で活発化
Plague type II	<i>Sphingomonas</i>	<i>Diploria</i> , <i>Dichocoenia</i> 他多数	Florida, Bahamas他	Richardson <i>et al.</i> (1998)	1996年以降発症、1日当たり2cmの速度で壊死
Aspergillosis	<i>Aspergillus sydowii</i>	<i>Gorgonia ventalina</i> (soft coral)	Caribbean Sea	Geiser <i>et al.</i> (1998)	八放サンゴが被害

表1 イシサンゴ類の病気（腫瘍を除く）のうち原因が特定されたもの

測定項目	通常組織	腫瘍組織	n	p
共生藻密度 ($\times 10^4 \text{cm}^{-2}$)	1496 $\pm$ 228	940 $\pm$ 75	5	0.009
ポリプ密度 (cm^{-2})	90.1 $\pm$ 15.0	43.2 $\pm$ 3.0	13	<0.001
棘状突起の密度 (cm^{-2})	120.6 $\pm$ 13.9	消失	13	
骨格密度 ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1.187 $\pm$ 0.144	0.483 $\pm$ 0.04	5	0.009
乾燥重量 ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	30.4 $\pm$ 2.8	13.3 $\pm$ 2.1	4	0.021

平均 $\pm$ 標準誤差。p: Mann-Whitney U-test. Yamashiro *et al.* (2000) より

表2 ノリコモンサンゴ (*Montipora informis*) の通常組織と腫瘍組織の比較

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となり、サンゴ研究者に衝撃を与えた。ビブリオの一種 (*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)。六放サンゴではないが、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、コスモポリタンな土壌菌の一種 *Aspergillus sydowii* によることが特定された (Geiser *et al.*, 1998)。

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年代以降の多数の発症報告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、あるいは人間活動等と無縁ではないと思われる。

3. サンゴの病気（腫瘍）

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 他)。

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, 図1A）と腫瘍（Neoplasm, Mutation, Tumor）を病気の範疇に入れていることもある。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他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。

腫瘍は瘤状でありサンゴ本体を殺さない。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。なぜ腫瘍ができるのか、その原因はまだ解

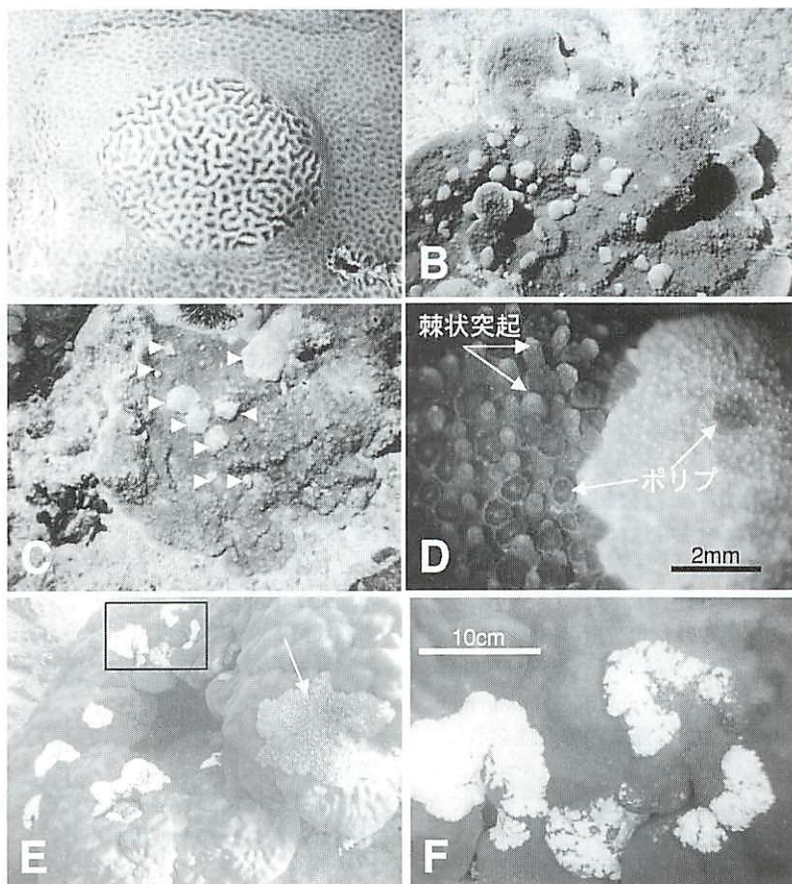


図1 A: 過成長しポリプが巨大化したリュウキュウノウサンゴ (*Platygyra ryukyuensis*) の群体の一部。B: 葉状のチヂミウスコモンサンゴ (*Montipora aequituberculata*) 上に出現した多数の腫瘍。C: 被覆状のノリコモンサンゴ (*M. informis*) 上に出現した腫瘍。D: ノリコモンサンゴの腫瘍 (右) と通常組織 (左) の拡大写真。腫瘍では棘状突起がなくなり共生藻やポリプの数が減少する。E: 塊状のコブハマサンゴ (*Porites lutea*) 上に見つかった白色および薄茶色 (矢印) の腫瘍。F: 拡大写真。境界が不明瞭で通常組織の陥入も見られる。

明されていない。本稿で腫瘍をあえて病気として扱うのは後で述べるように、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となるポリプ数の減少及びポリプの生殖能力の低下が起こるからである。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) を起こすことが判明している (Peters *et al.*, 1986; Yamashiro *et al.*, 2001)。

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。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。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 (図1D)。また、ポリプの数や共生藻の密度が小さくなり (表2) 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 (図1B, C)。

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 (*M. informis*) 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するが、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が、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が密接に関係することが示唆される。

白化現象の最中に採集された複数種の白化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.* in prep) 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が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。

4. 腫瘍：最近の話題

2002年の9月、沖縄島名護市嘉陽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.*, unpublished data)。その後、伊平屋島や沖縄島の北谷の海でも確認されている。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 (図1E, F)。この腫瘍の成長速度については定期的に測定を行う予定である。しかし、飼育観察の経過や撮影時期の異なる写真を見た限り、成長は極めて遅いようである。この腫瘍はこれまで報告されたものと異なり、周辺部か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。

造礁性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ので、共生藻数の少ない腫瘍組織の維持が単独で行われているのか、まわりの通常組織との栄養物のやりとりが行われているのか等代謝機構の解明が待たれる。

2003年に入って与那国島南部のさんご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)。目を背けたくなるような光景であった。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。実際、2003年4月に入って、与那国島同様の大規模な腫瘍を持つサンゴ群集が見つかった (入川、未発表)。しかも困ったことに、現時点までに腫瘍が見つか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?) さんご礁と言える。現時点では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両方の可能性が考えられる。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、安閑としてはいられない。いくつかの海域は今後のいわゆるサンゴ幼生の供給源として保全すべき場所として期待されている。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ブレイク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。

謝辞

本研究には文部科学省科学研究費補助金 (課題番号14654177) の一部を使用した。

文献

- Bak, R. P. M. (1983) Neoplasia, regeneration and growth in the reef-building coral *Acropora palmata*. *Mar. Biol.*, 77, 221-227.
- Cheney, D. P. (1975) Hard tissue tumors of scleractinian corals. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 64, 77-87.
- Coles, S. L. and Seapy, D. G. (1998) Ultra-violet absorbing compounds and tumorous growths on acroporid corals from Bandar Khayran, Gulf of Oman, Indian Ocean. *Coral Reefs*, 17, 195-198.
- Garret, P. and Ducklow, H. (1975) Coral diseases in Bermuda. *Nature*, 253, 349-350.
- Geiser, D. M., Taylor, J. W., Ritchie, K. B. and Smith, G. W. (1998) Cause of sea fan death in the West Indies. *Nature*, 394, 137-138.
- Kushmaro, A., Loya, Y., Pine, M. and Rosenberg, E. (1996) Bacterial infection and coral bleaching. *Nature*, 380, 396.
- Loya, Y., Bull, G., and Pichon, M. (1984) Tumor formations in scleractinian corals. *Helgol. Meeresunters.*, 37, 113-117.
- Patterson, K. L., Porter, J. W., Ritchie, K. B., Polson, S.

- W., Mueller, E., Peters, E. C., Santavy, D. L. and Smith, G. W. (2002) The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral, *Acropora palmata*. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 99, 8725-8730.
- Peters, E. C., Halas, J. C. and McCarty, H. B. (1986) Calicoblastic neoplasms in *Acropora palmata*, with a review of reports on anomalies of growth and form in corals. *J. Nat. Cancer Inst.*, 76, 895-912.
- Richardson, L. L. (1998) Coral diseases: what is really known? *Trends Ecol. Evol.*, 13, 438-443.
- Richardson, L. L., Goldberg, W. M., Kuta, K. G., Aronson, R. B., Smith, G. W., Ritchie, K. B., Halas, J. C., Feingold, J. S. and Miller, S. L. (1998) Florida's mystery coral-killer identified. *Nature*, 392, 557-558.
- Richardson, L. L., Kuta, K. G., Schnell, S. and Carlton, R. G. (1997) Ecology of the black band disease microbial consortium. In Proc. 8th Intern. Coral Reef Symp. Vol.1 (Lessios, H. A. and Macintyre, I. G., eds.). pp. 597-600, Smithsonian Trop. Res. Inst. (Balboa, Republic of Panama).
- Yamashiro, H., Oku, H., Higa, H., Chinen, I. and Sakai, K. (1999) Lipid composition of Okinawan corals. *Comp. Biochem. Physiol., Part B: Biochem. Mol. Biol.* 122, 397-407.
- Yamashiro, H., Yamamoto, M. and Van Woesik, R. (2000) Tumor formation on the coral *Montipora informis*. *Dis. Aquat. Org.*, 41, 211-217.
- Yamashiro, H., Oku, H., Onaga, K., Iwasaki, H. and Takara, K. (2001) Coral tumors store reduced level of lipids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 265, 171-179.
- イシサンゴ類の病気に関するホームページ
<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>