慶良間列島阿嘉島周辺における造礁サンゴの白化 I. 1998年9月の調査結果

Coral bleaching around Akajima, Okinawa I. A report of the September 1998 survey

谷口洋基¹・岩尾研二¹・大森 信^{1,2}

H. Taniguchi¹, K. Iwao and M. Omori^{1,2}

¹ 阿嘉島臨海研究所 901-3311 沖縄県島尻郡座間味村字阿嘉179

² 東京水産大学 108-8477 東京都港区港南4丁目5番7号

¹ Akajima Marine Science Laboratory, 179 Aka, Zamami-son, Shimajiri-gun, Okinawa 901-3311, Japan

² Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan

Abstract: Extensive bleaching of corals occurred around Akajima, Okinawa, in the summer of 1998. Bleaching was observed in a few corals in late July 1998, but by the end of August many pocilloporiid and acroporiid corals were bleached. The bleaching frequency, relative to total coverage of corals, at 15 sites (1.3-7.2 m in depth) around Akajima ranged from 55.9 to 97.4% in late September 1998. We measured 2m x 2m quadrats at each site. Three out of 4 sites that showed over 90% bleaching were located in either a moat or inside of a bay, where water exchange was slow. One site was characterized by a dominant occurrence of branched corals of the genus *Acropora*. This group was more easily bleached than other morphologic groups around Akajima. Sea surface temperature over 30°C (normally about 28°C) was recorded for a month in August. This high temperature may have been a primary factor of the coral bleaching. Coral diseases caused by viruses or bacterial infection after bleaching were not observed. Geographical features, rate of water exchange, and composition of coral species seem to be responsible for the differences in extent of bleaching.

Key words: Akajima, coral bleaching, high temperature, bleaching ratio

はじめに

1997年から1998年にかけて、世界中の多くのサンゴ礁で大規模な造礁サンゴの白化現象が報告され、注目を集めた (Wilkinson 1998)。日本でも1998年夏、琉球列島を中心に、北は熊本県天草沖にまで及ぶ広範囲の海域で白化が起った。白化現象は造礁サンゴだけでなく、共生藻をもつソフトコーラル、イソギンチャク、シャコガイなどでも見られている。沖縄県の慶良間列島周辺でも、7月末から8月にかけて大規模な白化が確認された。そこで私達は同年9月に慶良間列島阿嘉島(北緯26度12分、

東経127度17分、図1) 周辺15地点において造礁サンゴの白化状況を把握するための調査を行ったので、その結果を報告する。

材料と方法

阿嘉島周辺海域に15地点を選定し(図2)、9月20日~10月1日の間に調査を行った。調査地点の水深は1.3~7.2mであった。

各調査地点において、2m×2mのコドラート1つを設置し、スチールカメラを用いてその映像を記録した

図1 阿嘉島の位置

Fig. 1. Location of Akajima, Okinawa.

(図3)。組成を解析する際には、比較的被度の高かったミドリイシ属サンゴについては、*Acropora nobilis*のような樹枝状群体(AB)、*A. nasuta*のようなコリンボス型群体(AC)、*A. hyacinthus*のようなテーブル状群体(AT)、*A. robusta*のような準塊状群体(AS)の4グループに区別した。そして、ミドリイシ属以外のサンゴを含めて、それぞれの面積がサンゴの総被覆面積に占める割合をサンゴの組成(%)として示した。被度の解析は、まず各調査地点で真上から撮影したスチール写真をもとにMacintosh (Power Macintosh 7600/200)上で各群体の輪郭をトレースし、次に同コンピュータ上で群体を分別し、パブリックドメインソフトのNIH Image (U.S. National Institutes of Healthが開発。インターネットを介してzippy.nimh.nih.govからanonymous FTPで入手するか、National Technical Information Service, Springfield, Virginia, part number PB95-500195GEIからフロッピーディスクで入手できる)を用いて群体ごとの面積を算出して行った。

また、同じコドラートを用いて、サンゴの白化状況を記録した。サンゴの白化のレベルは、完全に白化したもの(“完全白化”とする)、部分的に白化したもの(“部分白化”とする)、全く白化していないものの3段階に区分した。そして、サンゴの総被覆面積に対する白化部面積の割合を目測し、百分率で示した。次に、群体形に

よって区分したミドリイシ属の4グループそれぞれについて白化レベルを求め、各グループごとの被覆面積に対する白化の割合を目測し、百分率で示した。

結 果

今回調査した15地点のサンゴの被度は28~81%で、最も高かったのは島の北西部のクシバル(IX)で、最も低かったのは西部の湾奥に位置するアゴノハマ(V)であった。ほかの地点の被度は、その間で集中することなく様々な値を示した(表1)。また、その組成も地点により様々で、ギナノハマ(X)やギナノタテジャン(XII)では樹枝状ミドリイシが面積の大部分を占めていたが、イジャカジャ(XI)ではテーブル状ミドリイシ、クシバル礁池内(VIII)ではミドリイシ属以外のサンゴの被度が高かった。ミドリイシ属サンゴの被度(4つのグループの合計)の15地点の平均は71.5%で、阿嘉島周辺において本属が優占することが確認された。

表1に示すように、15地点で、完全白化した面積が総被覆面積に占める割合が高かったのは、ギナノタテジャン(XII)、マエノハマ(I)、アゴノハマ(V)、ウナンジャキ(VI)、クシバルの礁池(VIII)で、いずれも50%以上であった。これに部分白化した面積を合わせた数値でみると、ギナノタテジャン(XII)、アゴノハマ(V)、

図2 阿嘉島周辺の調査地点 括弧内は各点における白化率(%)

I : マエノハマ、	II : サクバル東、	III : サクバル西、
IV : ヒズシ、	V : アゴノハマ、	VI : ウナンジャキ、
VII : イナジョー、	VIII : クシバル礁池、	IX : クシバル、
X : ギナノハマ、	XI : イジャカジャ、	XII : ギナノタテジャン、
XIII : ウタハ、	XIV : ニシハマ、	XV : マジャノハマ

Fig. 2. The location of the 15 survey sites and each bleaching ratio (%) on the reef around Akajima. The site names are as follows; I. Maenohama; II. East-side and III. West-side of Sakubaru; IV. Hizushi; V. Agonohama; VI. Unanjaki; VII. Inajo; VIII. Moat of Kushibaru; IX. Kushibaru; X. Ginanohama; XI. Ijakaja; XII. Ginanotatejan; XIII. Utaha; XIV. Nishihama; XV. Majanohama.

図3 調査地点II (サクバル東) の概観
ほとんどのサンゴが白化している

Fig. 3. View at the survey site II, East-side of Sakubaru. Many bleached corals are observed.

表1 各調査地点におけるサンゴの被度、組成および白化面積の割合

サンゴの組成は、サンゴの総被覆面積に対する各グループの占有面積の割合である。完全白化(%)は、サンゴの総被覆面積に対する完全白化部面積の占める割合を示し、同様に、部分白化(%)は、部分白化面積の占める割合を示す。

AB: 樹枝状ミドリイシ、AC: コリンボース型ミドリイシ、AT: テーブル状ミドリイシ、AS: 準塊状ミドリイシ

Table 1. Coral coverage, composition, and levels of bleaching at the survey sites.

Coral coverage means area of coverage (%) in the 2m×2m quadrat survey.

Coral composition shows the ratio of the different morphologic groups of the genus *Acropora* and other corals in the total coverage. Morphologic groups are; branched (AB), corymbose (AC), tabular (AT) and sub-massive *Acropora* (AS).

調査地点		水深 (m)	サンゴ 被度(%)	サンゴの組成 (%)				その他	サンゴの総被覆面積に対する 白化部と正常部の割合 (面積%)		
				Acropora spp.					完全白化	部分白化	正常
				AB	AC	AT	AS				
I	マエノハマ	1.7	65.1	33.3	11.4	48.4	3.5	3.5	66.0	26.8	7.2
II	サクバル東	4.0	43.3	0.0	11.7	0.0	29.6	58.7	38.7	43.6	17.7
III	サクバル西	7.2	41.6	0.0	51.5	5.1	16.7	26.7	23.7	32.2	44.1
IV	ヒズシ	2.2	32.4	37.0	18.1	0.0	0.0	45.0	49.7	34.2	16.0
V	アゴノハマ	1.4	28.0	23.1	49.6	15.3	0.0	12.0	58.1	35.3	6.5
VI	ウナンジャキ	6.4	32.7	24.9	11.8	12.7	0.0	50.5	50.5	30.0	19.6
VII	イナジョー	6.0	58.5	1.8	20.2	47.3	0.0	30.7	30.9	53.7	15.4
VIII	クシバル礁池	1.3	75.5	0.0	1.2	0.0	0.0	98.8	50.0	41.2	8.8
IX	クシバル	3.5	81.0	47.7	2.6	41.6	0.0	8.1	29.5	34.6	35.9
X	ギナノハマ	2.7	80.6	87.6	5.4	0.0	0.0	7.0	14.7	64.7	20.6
XI	イジャカジャ	3.2	62.6	14.2	2.2	83.6	0.0	0.0	38.8	33.3	27.9
XII	ギナノタテジャン	3.5	36.8	85.2	1.6	11.4	1.8	0.0	76.2	21.2	2.6
XIII	ウタハ	2.6	43.2	1.3	30.3	16.7	0.0	51.6	25.3	55.8	18.9
XIV	ニシハマ	1.5	64.5	28.2	14.3	44.2	0.0	13.3	37.2	26.5	36.3
XV	マジャノハマ	2.4	51.9	44.0	21.7	7.0	6.0	21.4	47.7	32.7	19.7

マエノハマ(I)、クシバルの礁池(VIII)の4地点で90%を越え、最も低いサクバル西(III)でさえ55.9%と高い割合を示した。逆に、完全白化の割合の低かった地点はギナノハマ(X)、サクバル西(III)、ウタハ(XIII)、クシバル(IX)で、いずれも30%以下であった。

形態の異なったミドリイシ属サンゴの4つのグループについて、それぞれの白化の程度をみると、コリンボース型、テーブル状、準塊状の3グループでは、完全白化した面積と部分白化した面積をあわせた白化の割合がそれぞれの総面積の60.5~74.6%であったのに対し、樹枝状では94.7%と、他より20%以上高い値を示した

(表2)。

なお、白化後死亡し、骨格が露出したり藻類に覆われたりした群体は、トゲサンゴ *Seriatopora hystrix* やハナヤサイサンゴ *Pocillopora* spp. など一部のサンゴを除いて、ほとんど見られなかった。また、白化後の群体に、ブラックバンドやバクテリアなどの病原体の発生による損傷は確認されていない。

考 察

1980年代に入って世界各地のサンゴ礁で広範囲にわたるサンゴの白化現象が報告されてきた。特に、1982/83年には、パナマ、コロンビア、カリブ海など多くの海域で白化によるサンゴの大量死が報告された(Brown 1997)。しかし、これまで沖縄におけるサンゴの白化はごく浅い場所に限られることが多く、大きな問題になることはなかった。1983年八重山列島海域で広範囲に及ぶ造礁サンゴの白化が確認されているが、ほとんどは水深3メートル以浅の礁原に生息しているサンゴであった(亀崎・宇井 1984)。したがって、今回の白化現象は沖縄のサンゴ礁にとっては未曾有の出来事であったと言える。

これまで、白化現象の主な原因として高水温によるストレスが考えられている。今回、阿嘉島においても海水温の上昇が観測された。

阿嘉港で毎朝10時に測定している表面水温のデータを最近4年間で比較すると、1998年は6月の時点で既に過

表2 ミドリイシ属サンゴにおけるグループごとの被覆面積に対する白化面積の割合

AB: 樹枝状ミドリイシ、AC: コリンボース型ミドリイシ、AT: テーブル状ミドリイシ、AS: 準塊状ミドリイシ

Table 2. Bleaching ratios to the total coverage of corals (%) in the difference of morphologic groups of *Acropora*.

	完全白化	部分白化	正常
AB	52.2	42.5	5.3
AC	33.4	41.1	25.4
AT	21.3	39.2	39.5
AS	38.5	29.8	31.7

図4 1995-1998年の6月から9月の阿嘉港における表面水温の変動（毎朝午前10時観測）

Fig. 4. Fluctuation of sea surface temperatures at Akajima harbor measured daily at 10:00 a.m. between June and September (1995-1998).

去3年より高く、8月に入ると同時に30°Cを越え、30°C以上の高水温が約1ヶ月間続いた（図4）。この1998年8月の平均表面水温は30.4°Cであり、過去10年間で比べると1.5〜3°C高い値であった。こうした海水温の上昇に伴い、阿嘉島周辺では7月末から少しずつ白化したサンゴが見られるようになり、8月末には、地形等によって差はあるものの、水深3メートル以浅の場所ではトゲサンゴ *Seriatopora hystrix* やハナヤサイサンゴ属 *Pocillopora* spp.、ミドリイシ属 *Acropora* spp. など、ほとんどのサンゴで、水深25メートルの比較的深い場所においてもヤセミドリイシ *Acropora horrida* などのサンゴで白化が確認された。

阿嘉島は、周囲およそ10kmの小島であるが、非常に多様な環境を合わせもち、場所によっては、高い優占度でミドリイシ属サンゴが生息する（林原1996）。今回の白化現象の結果、サンゴの総被覆面積に対する完全白化と部分白化を合わせた白化サンゴの面積の割合は、15調査地点中4地点で90%以上を示し、最低でもサクバル西（III）での55.9%と、阿嘉島周辺のサンゴの大部分が被害を受けたことが明らかになった（図2）。特に白化の割合の高かった4地点の内、クシバルの礁池（VIII）、アゴノハマ（V）、マエノハマ（I）の3地点はいずれも潮通しの悪い礁池内や湾の奥などであったことから、高水温に加え、水の交換速度の低かったことが白化を促進させたと推測される。こうした地形の相違が、どのような機構で白化レベルの差を生じさせたのか、今後より詳細な研究が必要である。

今回の調査結果から、樹枝状ミドリイシが阿嘉島周辺に優占するミドリイシ属の中で最も白化しやすい一群であることが示唆された。白化率の特に高かった地点であるギナノタテジャン（XII）は、地形的には非常に潮通し

の良い場所であるが、樹枝状ミドリイシの繁茂する地域であったために、このような高い白化率を示したものと考えられる。しかし、同じ形状のサンゴでも、調査地点により白化率に大きな差が見られる場合があり、例えば、テーブル状ミドリイシは、サクバル西（III）では白化率0%であったが、アゴノハマ（V）やマエノハマ（I）では100%であった。これは地域的な環境の相違とともに、それぞれの地点を構成している種の白化しやすいの違いによるものかも知れない。白化についてのサンゴ種の特性を知ることは、今後、白化の予測や体內的な機構解明を行うにあたって重要である。

なお、現在、調査地点を阿嘉島周辺の5地点に絞り、群体識別をもとにしたより詳細な調査を1ヶ月毎に行っている。その結果、9月の調査時に白化の割合の高かったマエノハマ（I）では、1999年1月、完全白化した群体は見られず、総群体数に対する割合として、正常なサンゴが5%から40%へ、死亡サンゴが2%から24%へ増加し、白化サンゴの回復および死亡が確認されている。

謝 辞

本研究を行うにあたり、調査、画像処理にご協力いただいた財団法人熱帯海洋生態研究振興財団理事真木正利氏、阿嘉島臨海研究所研究員 下池和幸、大矢正樹両氏に深く感謝いたします。

引用文献

- Brown B.E. (1997) Disturbance to reefs in recent times. In: Birkeland C. (ed) Life and Death of Coral Reefs. International Thomson Publishing. New

York. pp. 354-379

林原毅 (1996) 慶良間列島阿嘉島周辺の造礁サンゴ類とその有性生殖に関する生態学的研究、博士論文、東京水産大学、123pp

亀崎直樹、宇井晋介 (1984) 八重山列島における造礁サンゴ類の白化現象、海中公園情報 第61号、10-13

Wilkinson C. (1998) The 1997-1998 mass bleaching event around the world. In: Wilkinson C. (ed) Status of Coral Reefs of the World: 1998. Australian Institute of Marine Science. Townsville. pp. 15-38

(Date of acceptance: August 11, 1999)