

サンゴの赤土汚染耐性と白化耐性の比較

大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・上原睦男*・大城哲*

Comparison of Sediment-resistance of Corals with Bleaching-resistance.

Tatsuo OMIJA, Kazuya NAKASONE, Hiroaki MITSUMOTO, Mutsuo UEHARA, Tetsu Oshiro

要旨：1998年夏、沖縄県の赤土汚染定点調査海域で観察中の多くのサンゴが白化による被害を受けた。1999年の観察より、白化後の回復力も含めたサンゴの白化耐性を属別に求め、既知のサンゴの赤土汚染耐性と比較した。一般的に塊状サンゴのほうが樹枝状サンゴに比べて赤土汚染耐性と白化耐性が強い。ショウガサンゴ属は赤土汚染には比較的強いが白化には弱いという特性を示した。コモンサンゴ属の形状の違いによる赤土汚染耐性は塊状>被覆状>樹枝状>葉状と評価されるが、白化耐性は樹枝状>葉状>(塊状・被覆状)と、ほぼ逆の傾向を示した。

Key Words：サンゴ，赤土汚染耐性，白化耐性，ミドリイシ，塊状ハマサンゴ，ショウガサンゴ，コモンサンゴ，定点調査

I はじめに

沖縄県では、海域の赤土汚染状況の推移を把握するため「赤土等汚染海域定点観測調査」(以下、定点調査と称す)を実施し、年4回の底質調査を行っている。この調査では、定点に2m×2mの方形区を設けてサンゴの消長を年1回観察し、赤土汚染との関連も求めている¹⁾。ところが、1998年夏の地球的規模のサンゴ礁白化後、観察中の多くのサンゴ群体が全体死または部分死の被害を受けた。1998年のサンゴ観察は白化直前の7月に実施しており、1999年10月の観察と比較することによりサンゴの相対的な白化耐性を求めた。ここでは、サンゴの赤土汚染耐性と白化耐性を比較し、興味ある知見が得られたので報告する。

II サンゴの白化について

西平ら²⁾の文章を引用し、サンゴ白化の説明に代える。「空梅雨の年などの夏季に、異常に高い海水温が続くと、潮だまりや礁池などの浅瀬のサンゴが長期間高温度にさらされて、サンゴは白化することがある。これは(サンゴと共生している)褐虫藻が抜け出したために、サンゴが色を失うからである。抜け出る量が少なく、かつ白化が短期間で終わる場合には、サンゴ体内の褐虫藻が再び増加してサンゴは色を取り戻す。しかし、高温が継続する場合には、やがてサンゴは死亡する。(中略)水温ほぼ30℃が白化の起こる臨界温度と考えられており、わずか

に1℃高くなっただけで白化が起こることがわかっている。」

1998年夏は、前年に南米沖のエルニーニョ現象で生じた高温水塊が黒潮に乗って沖縄に押し寄せた。さらに、夏場に台風接近がなく、台風による海水冷却効果³⁾が生じなかった。このため、沖縄各地で長期間、海水温が30℃を超えた³⁾⁴⁾⁵⁾。そして浅瀬のサンゴだけでなく水深10~30mの礁斜面でもサンゴの白化が確認されてい

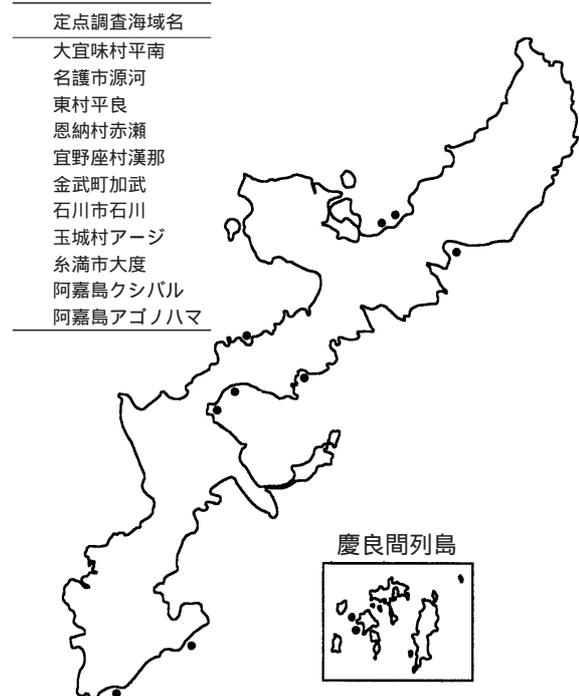


図1. 1998年の沖縄県赤土等定点調査海域

* (株)沖縄環境保全研究所

表1. 沖縄県赤土等汚染海域定点観測調査の方形枠におけるサンゴ被度経年変化

市町村	定点名	サンゴ被度				SPSS _{MAX}
		1995. 10	1996. 10	1998. 7	1999. 10	
大宜味村	平南No.2	8.3 %	7.2 %	8.3 %	6.4 %	488 kg/m ³
大宜味村	平南No.3	1.7	1.6	1.3	1.3	168
名護市	源河No.1	23.8	27.9	36.6	10.3	293
名護市	源河No.3	13.3	12.1	15.9	5.6	242
東村	平良No.2	9.2	10.2	14.3	11.4	1070
東村	平良No.3	4.8	6.6	5.3	2.1	500
恩納村	赤瀬No.2	28.6	30.6	53.0	0.0	45
恩納村	赤瀬No.3	31.0	33.4	52.4	0.0	34
宜野座村	漢那No. 1	10.6	10.8	4.4	5.5	1260
宜野座村	漢那No.3	2.2	2.5	0.9	1.6	134
金武町	加武No.2	45.8	22.3	34.0	19.4	118
金武町	加武No.3	35.6	29.4	37.5	11.1	132
石川市	石川No.3	41.6	44.4	25.4	27.3	312
玉城村	アージNo.3	52.6	50.2	39.2	38.6	104
糸満市	大度No.1	19.4	12.8	6.7	6.0	62
糸満市	大度No.2	70.7	70.9	66.3	66.7	31
座間味村	クシバル	73.4	73.7	—	55.3	25
(阿嘉島)	アゴノハマ	94.8	98.8	—	57.1	6
平均		31.5	30.3	31.9	18.1	

備考1：1997年のサンゴ被度は未調査

備考2：「SPSS_{MAX}」は底質中懸濁物質含量の調査期間中の最高値。値が大きいかほど赤土汚染が進行している。

備考3：座間味村の1998年の被度は1996年のデータを代替し全体平均を算出した。

る⁶⁾⁷⁾。この年白化したのはサンゴだけでなく、イソギンチャクなど褐虫藻を持つ多くの生き物も白化し、サンゴ礁が広域に白化した。このためこの夏の現象はサンゴ礁の白化と表現されている。

沖縄県が定点調査⁸⁾でサンゴの観察を行った11海域18地点の方形区のサンゴ被度（生きているサンゴが海底を覆う面積の割合）平均値は、1995～1998年の間（白化前）は30.3～31.9%で大きな変動は見られない。ところが白化後の1999年10月には18.1%まで大きく減少した（表1）。1998年の定点調査海域を図1に示す。

III サンゴ礁白化後のサンゴの死亡要因

恩納村赤瀬（あかせ）海域は1988～1991年に隣接した地域で開発事業が行われ、その間に大量の赤土が流れ続けた。このためミドリイシ属はほとんど死に絶えた。し

かしながら開発事業が終了し赤土流出が軽減されると、1994年にはこぶし大のミドリイシ属の点在が確認された。その後、年々ミドリイシ属を中心として被度が上昇し（表1）、白化直前には海域全体の被度は約50%に達していた。ところが1998年の白化現象後、ミドリイシ属はほぼ全滅した。わずかに生き残ったキクメイシ類をオニヒトデが襲い⁹⁾、塊状ハマサンゴにシロレイシガイダマシ（サンゴを捕食する貝類）が群がっていた⁸⁾。これら塊状サンゴの食害は白化による直接被害ではないが、白化が生態系のバランスを崩し、それによって生じた間接的な被害ととらえることができる。

また、赤瀬海域では、白化後ナガウニが大発生した。1999年10月における定点 2、3の方形区におけるナガウニの生息密度は、それぞれ60個/m²、77.5個/m²であった。ナガウニは草食性であり、海藻を剥ぎ取って食べる

とき岩盤に定着したサンゴの幼生も傷つけられる¹⁰⁾。このため、この海域では新たにサンゴが定着・成長しにくい状態と言え、方形枠内で新たなサンゴの定着は確認されていない。(表1)。

表2に大宜味村平南(へなん)海域定点2におけるサンゴ群体数の経年変化を示す。この海域は激しい赤土汚染にさらされている。塊状ハマサンゴやキクメイシの仲間など、赤土汚染に強い塊状タイプのサンゴが多くみられる。例年、ミドリイシ属は着床するのだが、大きく成長する前に死亡している。このため、1998年から1999年の間に死んだサンゴすべてが白化の影響とはいええない。しかし方形枠内のサンゴ全体の消長で比較すると、この1年の死亡群体の数、割合とも例年よりかなり大きいため(表2)、やはり白化の影響で死亡したサンゴも多い

表2 大宜味村平南海域定点2におけるサンゴ群体数の変動

サンゴ	調査年月 被度(%)	1995.10	1996.10	1998.7	1999.10
シノウガサンゴ属	群体数	1	0	2	0
	既存		0	0	0
	死亡		1	0	2
	新規		0	2	0
ミドリイシ属	群体数	3	3	10	0
	既存		2	1	0
	死亡		1	2	10
	新規		1	9	0
塊状ハマサンゴ類	群体数	5	6	8	7
	既存		5	5	7
	死亡		0	1	1
	新規		1	3	0
キクメイシ属	群体数	0	1	1	1
	既存		0	1	0
	死亡		0	0	1
	新規		1	0	1
カメノコキクメイシ属	群体数	1	1	1	1
	既存		1	1	1
	死亡		0	0	0
	新規		0	0	0
マルキクメイシ属	群体数	0	0	1	1
	既存		0	0	1
	死亡		0	0	0
	新規		0	1	0
ルリサンゴ属	群体数	0	0	1	0
	既存		0	0	0
	死亡		0	0	1
	新規		0	1	0
トゲキクメイシ属	群体数	2	2	4	3
	既存		2	2	3
	死亡		0	0	1
	新規		0	2	0
計	群体数	12	13	28	13
	既存		10	10	12
	死亡		2	3	16
	新規		3	18	1

平成11年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書より作成

と解釈できる。

以上のように、定点調査海域で1998年夏のサンゴ礁白化現象後にサンゴが死んだ原因は、直接白化によるもの、生態系の変化にともなう間接影響、他の環境要因によるもの、自然死、あるいはこれらの複合によると考えられるものなどがある。この中から白化の影響のみを抽出するのは事実上困難である。しかし、各海域とも白化前後で赤土等流出源の大きな変化はなく、それなりの赤土汚染状況に見合ったサンゴ種の構成をしている¹⁾ことから、サンゴの死亡要因は主としてサンゴ礁白化現象が引き起こしたものであると思われる。なお、定点調査海域の赤土汚染状況は著者らの他の報告書⁹⁾に詳しい。

IV サンゴの白化耐性比較

1. 比較の手法

サンゴは白化しても褐虫藻が戻れば生存できる。白化によるサンゴへの影響を評価するとき、白化したかどうかということよりも、白化後の回復の程度が重要である。サンゴ礁白化後のダメージの少なさやその後の成長力を含めて、ここではサンゴの白化耐性と定義する。サンゴの白化耐性を比較するため、次のようにサンゴ属(類)の白化耐性指数を求めた。

(1) 定点観測の方形枠における1998年7月から1999年10月にかけてのサンゴ群体個々の消長を「全体死または消滅」「部分死」「成長なしの現状維持」「成長」の4種に分類した。成長は水平方向の幅が1cm以上大きくなったものと定義した。部分死と成長が混在している群体がいくつかみられたが、部分死と成長した面積を比較し、大きいほうに分類した。

(2) これら4種の消長分類をサンゴの属ごとにまとめた。ハマサンゴ属、コモンサンゴ属などは形状によって白化耐性が異なることが予測されたので、さらに形状ごとに細分した。

(3) それぞれの消長分類ごとに次の点数を与えた。全体死または消滅：-2点、部分死：-1点、成長なしの現状維持：1点、成長：2点。

(4) サンゴ属ごとに上記点数の平均値を求め、そのサンゴ属の白化耐性指数とした。すなわち、

$$Rb = (-2 \times C1 - C2 + C3 + 2 \times C4) / Ct$$

Rb：サンゴ属の白化耐性指数

C1：全体死または消滅したサンゴ群体数

C2：部分死したサンゴ群体数

C3：成長なし(現状維持)のサンゴ群体数

C4：成長したサンゴ群体数

表3. 沖縄県赤土汚染定点調査海域における1998年夏サンゴ礁白化前後のサンゴの消長と白化耐性指数

科	サンゴ属(類)	形状	1998.7群 体数Ct	1999.10 群体数	全体死消 失C1	部分死C2	変化なし C3	成長C4	新規確 認	白化耐性指数 R b		
Den.	スリバチサンゴ	被覆	1	2	0	0	0	1	1	2.00	↑ 強	
Por.	ハマサンゴ	塊	54	75	6	0	22	26	28	1.15		
Fav.	トゲキクメイシ	塊	23	23	2	3	6	12	2	1.00		
Acr.	アナサンゴ	塊	7	7	0	2	1	4	0	1.00		
Sid.	アミメサンゴ	塊	3	4	0	1	0	2	1	1.00		
Por.	ハマサンゴ	樹枝	19	17	7	1	5	6	5	0.11		
Fav.	キクメイシ	塊	18	24	4	5	4	5	10	0.06		
Acr.	コモンサンゴ	樹枝	27	25	10	5	0	12	8	-0.04		
Fav.	コカメノコキクメイシ	塊	49	44	8	21	15	5	3	-0.24		
Fav.	マルキクメイシ	塊	4	5	2	0	1	1	3	-0.25		
Fav.	キクメイシモドキ	塊	18	37	8	0	9	1	27	-0.28		
Fav.	ルリサンゴ	塊	15	18	4	6	2	3	7	-0.40		
Fav.	カメノコキクメイシ	塊	21	24	8	5	4	4	11	-0.43		
	全体		456	339	238	60	71	87	122	-0.64		平均
Acr.	コモンサンゴ	葉	3	3	2	0	0	1	2	-0.67		↓ 弱
Mil.	アナサンゴモドキ	板	1	1	0	1	0	0	0	-1.00		
Acr.	コモンサンゴ	塊	7	2	5	1	1	0	0	-1.43		
Acr.	コモンサンゴ	被覆	15	3	12	1	1	1	0	-1.47		
Acr.	ミドリイシ	樹枝	81	12	77	1	0	3	8	-1.84		
Poc.	ショウガサンゴ	樹枝	54	9	47	7	0	0	2	-1.87		
Mil.	アナサンゴモドキ	樹枝	16	0	16	0	0	0	0	-2.00		
Poc.	ハナヤサイサンゴ	樹枝	8	1	8	0	0	0	1	-2.00		
Mil.	アナサンゴモドキ	被覆	4	1	4	0	0	0	1	-2.00		
Poc.	トゲサンゴ	樹枝	2	0	2	0	0	0	0	-2.00		
Fav.	ノウサンゴ	塊	2	0	2	0	0	0	0	-2.00		
Fav.	リュウキュウキッカサンゴ	葉	2	0	2	0	0	0	0	-2.00		
Ast.	ムカシサンゴ	被覆	1	0	1	0	0	0	0	-2.00		
Poc.	バラオサンゴ	樹枝	1	0	1	0	0	0	0	-2.00		
Ocu.	アザミサンゴ	塊	0	1	0	0	0	0	1	-		
Fav.	バラバットサンゴ	塊	0	1	0	0	0	0	1	-		

備考1：平成11年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書より作成

備考2：白化耐性指数 $Rb = (-2C1 - C2 + C3 + 2C4) / Ct$ 。Rbが大きいほど白化耐性が強いと評価されるが、Ctが少ないと信頼性が薄い。

Ct：該当属(類)の総群体数

座間味村阿嘉島クシバルとアゴノハマでは、1997年と1998年の定点サンゴ調査は目視のみで、サイズの測定は行わなかった。このため、クシバルは1998年の代わりに1996年のデータを用いた。アゴノハマの方形区ではミドリイシ属の成長が速いため1年で群体が入り替わることもある。このため1998年の代替データが得られないのでこの計算から除外した。

10海域17地点の方形枠より、27属456群体の消長を解析して求めたサンゴ属の白化耐性指数を表3に示す。また、方形枠で新たに観察されたサンゴ群体数も同表に記載した。白化後のサンゴ被害状況は海域により大きく異なる⁹⁾。このため、群体出現数が少なく出現地点が偏っているサンゴ属ほど白化耐性指数の信頼性が薄くなる。

2. 考察

- (1) 全体の白化耐性指数は - 0.64である。これより指数が大きくなると全体平均より白化耐性があり、逆に小さくなるほど白化耐性が弱いと評価した。
- (2) サンゴ群体の基本形は、被覆状、塊状、葉状、樹枝状の四つがある²⁾。一般に塊状サンゴは相対的に白化耐性が強く、樹枝状サンゴは弱い。
- (3) 同じミドリイシ科の仲間でも、ミドリイシ属は樹枝状で耐性が弱い、塊状のアナサンゴ属は耐性が強い。沖縄開発庁が1999年2月に久米島で行った調査⁶⁾では、ミドリイシ属の生存率が7.3%なのに対し、アナサンゴ属は100%であり、本報告と同様な傾向を示している。
- (4) コモンサンゴ属の形状の違いによる白化耐性は、樹枝状 > 葉状 > (塊状・被覆状)の順になった。ただし本

報告では葉状群体の観察例が少なく信頼性が乏しい。また、塊状と被覆状ではほとんど差がない。岩尾ら¹¹⁾の阿嘉島マエノハマにおける観察では、樹枝状を除く葉状、準塊状、被覆状のコモンサンゴのうち、最も耐性が強いのは葉状で、弱いのは被覆状とされ、本報告の傾向と一致している。

(5) 最も白化耐性が強いと評価されるのは塊状ハマサンゴ類である。白化したまま褐虫藻が戻るまで長期間生存することができる。ユビエダハマサンゴも樹枝状サンゴの中では最も白化耐性指数が高かった。しかし糸満市大度海域では、1998年11月の調査時にほとんどのユビエダハマサンゴが死滅していた。ミドリイシ属やハナヤサイサンゴ属と比較しても、この海域で最も白化耐性が弱いのはユビエダハマサンゴと評価された⁹⁾。この海域のユビエダハマサンゴは概して小振りである。同海域定点2の方形枠内のユビエダハマサンゴ7群体も全滅したが、最大長径はすべて50cm未満であった。この方形枠内では樹枝状コモンサンゴ類の旺盛な成長が観察され、葉状、被覆状のコモンサンゴ類も成長していた。

調査定点ではないが、恩納村太田礁池では、ユビエダハマサンゴの大群落がみられる。白化現象後における大きな群体の被害はわずかであったが、小振りの群体が全体死しているのを観察した。ユビエダハマサンゴは群体の大きさにより白化耐性が異なることが示唆された。

(6) ハナヤサイサンゴ科は4属65群体観察されたが、全体死が58群体、部分死が7群体で、健全な群体は無かった。沖縄開発庁による調査⁶⁾でも、ハナヤサイサンゴ科(ハナヤサイサンゴ属、トゲサンゴ属)は他の科と比べて最も生存率が低く、本報告の傾向と一致した。

(7) 本報告では、アナサンゴモドキ属は樹枝状、被覆状、板状合わせて21群体が出現し、20群体が死亡、1群体(板状)が部分死した。しかし沖縄開発庁の調査⁶⁾では、沖縄島では62群体のうちの54.8%が、慶良間諸島では31群体のうちの87.1%が健全だったとされる。本報告との傾向の違いは次のように考察される。

本報告でアナサンゴモドキ属が出現した海域と群体数は、平南が1、平良2、源河1、赤瀬3、阿嘉島クシバル14である。平南と平良は赤土流出が最も著しい海域で、源河も中程度の流出が見られ、アナサンゴモドキ属の死亡等は赤土汚染との相乗作用の可能性が考えられる。赤瀬定点のカンボクアナサンゴモドキ(被覆状)は白化現象直後の1998年11月には大部分が生存していた⁹⁾。その後の間接的要因で死亡したとみられる。クシバルは赤土汚染がみられない海域であるが、樹枝状14群体がすべて

死亡した。原因として、クシバル礁池の海水温が、慶良間諸島の他の海域より高かったことが推定される。その根拠として、慶良間諸島におけるミドリイシ属の生存率は77%である⁶⁾が、クシバル定点北側のオトメミドリイシ群落は壊滅的な打撃を受けている⁹⁾ことがあげられる。事実関係については、今後の調査を待ちたい。

(8) 沖縄開発庁⁶⁾によると慶良間諸島のリュウキュウキッカサンゴ属25群体の生存率は92%であるが、クシバルの2群体はすべて死亡している。前述のようにクシバルの海水温が他の海域より高かったとすれば説明がつく。

(9) 沖縄開発庁⁶⁾によると、沖縄島におけるアミメサンゴ属45群体の生存率は97.8%と高い。本報告では塊状のアミメサンゴ3群体しか観察されていないが、白化耐性指数は高く、傾向が一致している。

(10) 著者らや他機関の調査を総合的にまとめると、相対的に白化耐性の強い代表的なサンゴとしては、塊状ハマサンゴ類、トゲキクメイシ属、アナサンゴ属、アミメサンゴ属があげられ、いずれも形状は塊状である。反対に白化耐性の弱い代表的なサンゴは、トゲサンゴ属、ハナヤサイサンゴ属、ショウガサンゴ属、ミドリイシ属であり、いずれも樹枝状である。

V サンゴの赤土汚染耐性と白化耐性の比較

1. サンゴの赤土汚染耐性

サンゴの赤土汚染耐性については別報告¹⁾に詳しい。ここでは簡単に紹介する。透明な海よりも、むしろ赤土汚染の進行した海に多く分布している代表格のサンゴとしてアナサンゴ属、マルキクメイシ属、キクメイシモドキ属、ルリサンゴ属、塊状コモンサンゴ類があげられる。カメノコキクメイシ属、塊状ハマサンゴ類、樹枝状ハマサンゴ類は幅広い赤土汚染レベルで大差なく出現している。

一方、赤土汚染の進行とともに出現しにくくなる代表格のサンゴはトゲサンゴ属、葉状コモンサンゴ類、ハナヤサイサンゴ属、ノウサンゴ属、被覆状アナサンゴモドキ類、樹枝状コモンサンゴ類である。ミドリイシ属は種や数が他のサンゴより圧倒的に多いので、幅広い赤土汚染レベルで見つけることができるが、赤土汚染の進行に伴い大きな群体は出現しなくなり、群体数も減少する。

一般的に塊状サンゴは樹枝状サンゴより赤土汚染耐性が強い。ユビエダハマサンゴを除くと、ショウガサンゴ属は樹枝状サンゴのなかで最も赤土汚染耐性が強い。

2. 赤土汚染耐性と白化耐性の共通点

(1) 一般的に、両方の耐性とも塊状サンゴのほうが樹枝

表4. サンゴ礁白化後の主なサンゴの群体増減率

サンゴ属(類)	1998.7 群体数	1999.10 群体数	群体増 減率
キクメイシモドキ	18	37	2.06
塊状ハマサンゴ	54	75	1.39
キクメイシ	18	24	1.33
カメノコキクメイシ	21	24	1.14
トゲキクメイシ	23	23	1.00
樹枝状コモンサンゴ	27	25	0.93
コカメノコキクメイシ	49	44	0.90
樹枝状ハマサンゴ	19	17	0.89
ショウガサンゴ	54	9	0.17
ミドリイシ	81	12	0.15
全体	456	339	0.74

状より強い。

- (2) ミドリイシ科のアナサンゴ属は塊状で両方に耐性があり、ミドリイシ属は樹枝状で両方とも耐性が弱い。
- (3) 塊状ハマサンゴ類は極端な赤土汚染海域でも出現頻度が高く、赤土汚染と白化に対し耐性が強い。
- (4) トゲサンゴ属、ハナヤサイサンゴ属、ミドリイシ属は両方の耐性が弱い。

3. 赤土汚染耐性と白化耐性の相違点

- (1) コモンサンゴ属の形態による耐性は、赤土汚染では塊状>被覆状>樹枝状>葉状と順位付けしている。一方、白化では樹枝状>葉状>(塊状・被覆状)と順位付けされほぼ逆のパターンになっている。
- (2) ショウガサンゴ属は赤土汚染耐性が比較的強いが、白化耐性は弱い。

VI サンゴ回復の動向

1998年に確認されたサンゴのうち、群体数が上位10位までを占めるサンゴ属(類)の回復状況を紹介します。今後の動向を予測する。

1. 白化後のサンゴ群体の増減

白化現象後、サンゴ被度がかなり減少したことは前述した。本調査の対象方形枠は2m×2mが16地点、4m×4mが1地点(阿嘉島クシパル)で、方形枠面積合計は80㎡である。調査対象地点においては、1998年7月の白化前には5.7群体/㎡のサンゴ生息密度であったが、白化後3.0群体/㎡のサンゴが死滅または消失し、1999年10月には1.5群体/㎡の新たなサンゴが確認された。その結果、4.2群体/㎡の密度になり、白化前の74%に相当する。

1998年から1999年にかけての群体増減率を求めた(表4)。キクメイシモドキ属は2倍以上に増加し、塊状ハマサンゴ類、キクメイシ属、カメノコキクメイシ属も増加していた。増加したのは、成長の遅い塊状タイプで、これらのサンゴは赤土汚染耐性が強い。一方、ミドリイシ属は0.15、ショウガサンゴ属は0.17で、回復が送れている。樹枝状コモンサンゴ類は0.93で、さほど減少していない。

2. 生き残ったサンゴの成長

サンゴの外観が健全でも成長阻害などの機能障害を受けている可能性がある。生き残ったサンゴが順調に生育することはサンゴ礁の回復にとって重要である。1998年の白化現象後、本調査の対象サンゴは1999年10月には全部で218群体が生き残っていた。そのうちの40%に成長が認められた(表5)。

一方、大規模な白化現象が無かった1995年から1996年

表5. 生き残ったサンゴが前年と比較して成長した割合。

平成8年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書及び平成11年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書(沖縄県環境保全室)を再解析し、白化現象のなかった1995-1996年と白化現象のあった1998-1999年を比較した。1996年または1999年に生存していたサンゴ群体のうち、1年間で1cm以上水平方向に成長した群体の割合を示した。

サンゴ属(類)	1995→1996年			1998→1999年		
	生存群体数A	成長群体数B	B/A	生存群体数A	成長群体数B	B/A
ミドリイシ	61	40	0.66	4	3	0.75
樹枝状コモンサンゴ	21	5	0.24	17	12	0.71
トゲキクメイシ	13	3	0.23	21	12	0.57
塊状ハマサンゴ	36	5	0.14	48	26	0.54
樹枝状ハマサンゴ	14	5	0.36	12	6	0.50
キクメイシ	13	5	0.38	14	5	0.36
カメノコキクメイシ	14	3	0.21	13	4	0.31
コカメノコキクメイシ	46	1	0.02	41	5	0.12
キクメイシモドキ	2	0	0.00	10	1	0.10
ショウガサンゴ	36	25	0.69	7	0	0.00
全体	331	113	0.34	218	87	0.40

表6. 新たに確認されたサンゴ群体の密度
群体系数 / m²

サンゴ属(類)	1996→ 1997	1998→ 1999
塊状ハマサンゴ	0.15	0.35
キクメイシモドキ	0.35	0.34
カメノコキクメイシ	0.03	0.14
キクメイシ	0.04	0.13
樹枝状コモンサンゴ	0.00	0.10
ミドリイシ	0.10	0.10
樹枝状ハマサンゴ	0.00	0.06
コカメノコキクメイシ	0.00	0.04
ショウガサンゴ	0.09	0.03
トゲキクメイシ	0.00	0.03
全体	1.00	1.53

にかけての成長率は34%であり、むしろ白化現象後に生き残ったサンゴのほうが成長率が高い。サンゴ属別に比較しても、ショウガサンゴ属を除き同様な傾向が伺える(表5)。白化現象の前後に海水温度の高い期間が長く続いたので、サンゴの成長が速かったことが考えられる。この比較手法においては、生き残ったサンゴへのダメージはショウガサンゴ属以外には認められない。

3. 新たなサンゴの着床

白化耐性が弱くて大きなダメージを受けたハナヤサイサンゴ科やミドリイシ属の回復には、新たにサンゴ幼生が漂着して着床し成長していくことが大切である。前述の比較手法と同様に、1995-1996年と1998-1999年の間に新たに確認できたサンゴ数を比較すると、1996年は1.00群体系数 / m²、1999年は1.53群体系数 / m²で、むしろ白化後のほうが多く確認された。これは、1998年の白化現象の前に大部分のサンゴの産卵は済んでおり、新たに着床するサンゴにはさほど影響がなかったものとみられる(表6)。

サンゴ被度を大きく左右するミドリイシ属の新規確認群体系数は兩年とも0.10群体系数 / m²で、全く差が無かった。また、サンゴ別に比較すると塊状ハマサンゴ類とキクメイシモドキ属の2種で兩年とも1, 2位を占め、繁殖力の強さが伺われる。

4. 今後の予測

著者らが加入しているプロジェクトチームの最近の研究によると、恩納村赤瀬海域の夏の海水温は、阿嘉島アゴノハマより1℃高いことがわかった。また、海底地形の影響で、慶良間諸島沿岸は黒潮の影響を直接受けにくい。恩納村沿岸は近くまで黒潮が入りやすいことが明らかになっている。このため、黒潮の水温が1998年のように上昇すると、恩納村沿岸の海水温度はかなり上昇す

る。事実、1998年の白化現象後、ミドリイシ属は慶良間諸島周辺海域で70%以上の生存率を示したのに対し、恩納村沿岸ではほとんど全滅に近いという差が出ている。

今回の地球規模白化現象の直接要因は1997年に南米沖で生じたエルニーニョ現象である。また、その背景に地球温暖化がからんでいることが定説になりつつある。同様な白化現象が度々起きようになれば、海水温度が上昇しやすいか否かで、地域のサンゴの構成に変化がでてくるであろう。

VII 摘要

1. 赤土汚染や白化に対するサンゴの耐性の共通点や相違点を明らかにした。
2. 塊状ハマサンゴは、環境変動への対応能力に長けていると評価される。寿命も長いので、長い将来、しぶとく生き残っていくものと思われる。
3. サンゴの白化耐性強弱のメカニズムはわからない。赤土汚染耐性との共通点や相違点を参考に、今後の研究課題としたい。
4. ショウガサンゴ属は赤土汚染に対して耐性があり幅広く分布しているが、白化耐性は弱い。この特性に着目し、サンゴ礁の水温モニタリング指標サンゴとしての応用を検討したい。
5. 阿嘉島クシバル定点海域と他の海域の水温の違いを明らかにしたい。本報告で推測したようにクシバルの水温が他の海域よりも高いとすれば、将来のサンゴ礁のサンゴ構成予測に一助となる。ちなみに、この海域のサンゴ構成は巨大な塊状ハマサンゴ、ユビエダハマサンゴのマイクロアトール、樹枝状コモンサンゴの群落が主であり、慶良間諸島で一般的にみられるミドリイシ属を中心としたサンゴ構成とは異なっている。

VIII 参考文献

- 1) 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・小林孝 (1997) 赤土堆積がサンゴに及ぼす影響 (第2報) サンゴの赤土堆積耐性について . 沖縄県衛生環境研究所報, 33: 111 - 120.
- 2) 西平守孝・J. E. N. Veron (1995) 日本の造礁サンゴ類. 海游社, 東京都, 439pp.
- 3) 鹿熊信一郎 (2000) 1998年夏の沖縄周辺海域の高水温. 平成10年度沖縄県水産試験場事業報告書: 45 - 49.
- 4) 長谷川均・市川清士・小林都・小林孝・星野眞・目崎茂和 (1997) 石垣島における1998年のサンゴ礁の

- 広範な白化. *Galaxea*, JCRS, 1: 31 - 39.
- 5) 谷口洋基・岩尾研二・大森信 (1997) 慶良間列島阿嘉島周辺における造礁サンゴの白化 . 1998年9月の調査結果. *Galaxea*, JCRS, 1: 59 - 64.
 - 6) (財) 亜熱帯総合研究所 (1999) 平成10年度沖縄開発庁委託調査生物・環境の研究領域・分野における亜熱帯研究の研究可能性に関する調査 サンゴ礁の白化現象についてのケーススタディ . 103pp.
 - 7) 中野義勝 (1999) 1998年夏に見られた大規模なサンゴ礁の白化現象を考える. *沖縄生物学会誌*, 37: 93 - 95.
 - 8) 沖縄県環境保全室 (2000) 平成11年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書, 152pp.
 - 9) 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・上原睦男・大城哲 (1999) 沖縄県赤土汚染定点調査海域における1998年夏のサンゴ礁白化によるサンゴ被害状況. *沖縄県衛生環境研究所報*, 33: 105 - 110.
 - 10) 西平守孝 (1988) 沖縄のサンゴ礁. (財) 沖縄県環境科学検査センター, p88.
 - 11) 岩尾研二・谷口洋基 (1999) 阿嘉島マエノハマにおける白化した造礁サンゴの回復および死亡過程の報告. *みどりいし*, 10: 23 - 28.