

# 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

大見謝辰男・仲宗根一哉・濤本裕彰・上原睦男\*・大城哲\*

## Bleaching Damage to Coral after 1998 Summer at Sea Fixed Points for Observation of Soil Run-off in Okinawa.

Tatsuo OMIJA, Kazuya NAKASONE, Hiroaki MITSUMOTO, Mutsuo UEHARA and Tetsu OSHIRO

Key words : サンゴ白化, 赤土堆積, SPSS, 定点調査, ミドリイシ, コモンサンゴ.

### I はじめに

沖縄県では、海域の赤土汚染状況を継続的に調査するため、「赤土等汚染海域定点観測調査」(以下、定点調査と称す)を実施している。この調査では、定点のサンゴを観察して赤土等の堆積との関連も求めている。ところが1998年夏の地球的規模のサンゴ礁白化現象により、沖縄のサンゴ礁生態系では最も重要な樹枝状ミドリイシ(以下、ミドリイシ類と称す)をはじめ、観察中の多くのサンゴが死亡した。その被害状況は定点によって大きく異なり、赤土汚染などの他の環境要素が複合的に影響を及ぼしていることも考えられた。ここでは、定点調査海域の白化前後の状況を記録に残し、今後、サンゴ礁を総合的にモニタリングする際の参考資料としたい。

### II 定点調査の概要

#### 1. 調査期間

1995年9月より開始し1999年7月現在継続中。

#### 2. 調査海域・定点

沖縄島9海域27定点、座間味村阿嘉島2海域2定点、石垣島(1999年7月より追加)2海域6定点、計13海域35定点。うち、サンゴ調査は24定点(表1)。海域の位置は、この所報の別報告「赤土堆積がサンゴに及ぼす影響(第2報)」<sup>1)</sup>を参照されたい。

#### 3. 調査機関

沖縄県環境保全室が企画発注し、(株)沖縄環境保全研究所と県衛生環境研究所が共同調査や報告書取りまとめを実施している。

#### 4. 調査項目

底質中懸濁物質含量<sup>2)</sup>(以下、SPSS<sup>1)</sup>と称す)、定点

\* (株)沖縄環境保全研究所

(2m×2mの方形枠)内のサンゴ種の水平方向の成長や出現・死滅などの記録、生サンゴの被度(以下、被度と称す)。なお、当報告におけるサンゴのサイズは水平方向の長さを示す。

#### 5. 調査頻度

底質調査は年4回、原則として梅雨前、梅雨直後、台風後、冬季季節風時に行なう。サンゴ調査は年1回、夏～秋に実施している。なお1997年は予算の都合でサンゴ調査を行なわなかった。

### III 調査海域の赤土汚染とサンゴの状況

#### 1. 平南(へなん・大宜味村)

梅雨後の赤土堆積と、台風や冬季季節風の波浪による堆積物の移動=底質浄化の較差が著しい(表1)。定点No2ではミドリイシ類が着生し小さな群体が見られるが次の調査では死滅しているというパターンが例年のように観察される<sup>3)4)</sup>。1998年7月の調査を前回の1996年10月と比較するとミドリイシ類群体の死亡3、継続生存3、新たに確認7、で10群体が確認された<sup>4)</sup>。

白化後の1999年7月の調査では、5cm程度のミドリイシ類が2群体のみ生き残っていた。1996年に新たに確認され、1998年に14cmまで成長したトゲホソエダミドリイシ<sup>3)4)</sup>群体も死滅した。

#### 2. 源河(げんか・名護市)

平南海域と同様に赤土堆積の動態が激しいが、平南のように極端な赤土堆積はみられない(表1)。赤土汚染の影響でミドリイシ類の成長が抑制され、その結果、キクメイシの仲間など赤土汚染に耐性のあるものをはじめ多様なサンゴが生息空間を確保している<sup>1)</sup>。

表1. 沖縄県の赤土汚染定点調査海域における1998年夏サンゴ礁白化後のミドリイシ類の状況。  
 沖縄島の定点では大きな群体がほぼ死滅したのに対し、阿嘉島では大きな群体も生存している。

島名	海域	定点番号 ( )内は旧番号	白化前後のSPSS変動 [kg/m <sup>3</sup> ]			定点及びその周辺のミドリイシ類の状況 99年6~7月調査 定点は2m×2mの方形枠	
			98/7-8	98/11-12	99/6-7		
沖 縄 島	平南	No2 (A)	488	φ	5.3	305	8 群体死滅. 5 cmが2 群体残る.
		No3 (D)	168	φ	4.9	19.1	98/7無し. 新たに3 cmが1 群体.
	源河	No1 (D)	239	φ	8.5	35.8	7 群体のうち, スギノキ30cmが残る.
		No3 (A)	242	φ	1.6	13.7	5 群体のうち, 8,10cmが残る. 枠外でスギノキ回復.
	平良	No2 (A)	908	φ	1020	974	4 群体全滅. 枠外に7 cmが2 群体.
		No3 (D)	500		408	185	98/7無し. 枠外に3 cmが1 群体.
	赤瀬	No2 (A)	12.9	サ	10.3	11.8	19群体全滅. 枠外に3 cmが3 群体.
		No3 (C)	17.6	ン	1.8	10.4	21群体全滅. 枠外に3 cmが2 群体.
	漢那	No1 (A)	398	ゴ	213	197	98/7無し.
		No3 (D)	80.2	礁	35.3	45.6	98/7無し.
	加武	No2 (A)	26.0	の	19.7	28.0	98/7無し.
		No3 (B)	32.8	白	39.1	132	98/7無し.
	石川	No2 (C)	129	化	148	80.3	98/7無し.
		No3 (A)	280		81.5	201	98/7無し. 枠外にわずかに3~8 cmの群体.
	アージ	No2 (A)	42.7	φ	57.3	50.6	98/7無し.
		No3 (D)	33.8	φ	47.4	33.9	98/7無し.
大度	No1 (B)	62.3	φ	35.8	15.0	ハナバチ2 群体全滅.	
	No2 (A)	31.4	φ	15.4	17.0	定点周辺で10%程度の回復.	
阿 嘉	アゴノハマ (A)	1.3	φ	—	6.0	大きな群体が回復.	
	クンバル (B)	14.4	φ	—	3.2	枠外の被害は大きい大きな群体も残る.	
石 垣	宮良湾 No2	—	φ	—	348	5 種確認. 枠外に他1 種.	
	白保 No1	—	φ	—	27.4	1 種確認. 枠外に他3 種.	
	No2	—	φ	—	154	確認できず. 枠外に1 種.	
	No3	—	φ	—	10.8	2 種確認. 枠外に他3 種.	

白化後の1999年7月の観察では、この海域でもミドリイシ類は大きなダメージを受けていたが、スギノキミドリイシはかなり回復して30cm程度の群体も生息しており沖縄島の他の定点にはない特異な状況がみられた。赤土汚染に耐性のあるサンゴは白化にも共通して強いものが多く、そのようなサンゴから褐虫藻が供給されてスギノキミドリイシが回復した可能性も考えられる。

なお、ハナヤサイサンゴ属の多くも死滅した。エダコモンサンゴは最大10~20cmの群体が生存していた。

3. 平良 (たいら・東村)

丘陵の農地が侵食されるまま放置され、大量の赤土が

この海域に流出する。東海岸に位置し、冬は季節風が陸域の風下になるので波浪による底質の巻き上げ移動が期待できず、台風が接近しないと一年中おびただしい赤土が海底に堆積する (表1)。

定点No.2では、調査開始時の1995年10月に5cmのミドリイシ類が確認され<sup>9)</sup>、1998年7月にはコリンボース状の最大長32cmの群体に成長した<sup>9)</sup>。しかし1999年7月にはこのサンゴも含め、定点内のミドリイシ類4群体は全滅していた。

また、50cmほどのユビエダハマサンゴ群体の約10%の部分が海藻に被われ死んでいた。定点の近くでは11cmの

表2. 恩納村赤瀬定点海域周辺における1998年夏サンゴ礁白化後のサンゴの状況.

1998年11月11日調査.

耐性	サンゴ名	形状	白化被害状況
小 ↑	ハナヤサイサンゴ	樹枝状	全滅.
	ミドリイシ類	樹枝状	ほぼ全滅. 2~3cm大の3群体を確認.
	チヂミウスコモンサンゴ	葉状	一つの群体の中で生存・白化・死亡が混在.
	エダコモンサンゴ	樹枝状	〃
	カンボクアナサンゴモドキ	被覆状	一部死ぬが, 大部分は生きている.
↓ 大	ハマサンゴ類	塊状	一部黄白化が見られる.
	キクメイシ類	塊状	丸ごと白化した群体もあるが大部分は生存.
	アザミサンゴ	塊状	異常は見られない.
	キクメイシモドキ	塊状	〃

エダコモンサンゴが生存していた.

#### 4. 赤瀬 (あかせ・恩納村)

調査海域に隣接して1988~1991年に農地開発事業が実施され, 事業実施期間中は毎年大量の赤土がこの海域に流出し, ミドリイシ類はほとんど死滅した<sup>6)</sup>. 1994年にこぶし大のクシハダミドリイシなどの点在が確認された後, ミドリイシ類が急速に着生・成長し, 1998年7月の被度は50%にまで達していた. 開発事業終了後も農地からの赤土流出は続いているが, 無対策の開発事業のように大々的に海域を汚染することなく, 赤土堆積の影響は河口周辺の狭い範囲にとどまっている.

白化後の1998年11月11日にこの海域で約1時間のシュノーケル観察を行なった(表2). 数年かけて回復してきたミドリイシの群落はほぼ全滅していたが, 2~3cmのミドリイシ類を3群体見つけることができた.

また, イソギンチャクの褐虫藻が抜けて触手が透明になり, 中に隠れているクマノミが透けて見えた. なお, 河口周辺には赤土堆積に耐性のあるキクメイシの仲間が生き残っていたが, オニヒトデに襲われていた.

エダコモンサンゴ, チヂミウスコモンサンゴは, この日の観察では一つの群体のなかで生存, 白化, 死亡している部分が帯状に混在していたが, 1999年6~7月の観察では死滅していた.

塊状ハマサンゴ類は1998年11月に一部白化が見られたが, 1999年7月にはかなりの群体が一部, または全部死滅していた.

当報告で紹介する13定点海域の白化前後のダメージを比較すると赤瀬海域が最も較差が大きく, サンゴの墓場と化している.

#### 5. 漢那 (かんな・宜野座村)

主として農地からの赤土流出をモニタリングしている海域で, 平良海域と同様, 台風が接近しないと堆積した赤土が波浪によって巻き上げられ移動していくことはさほど期待できない. このため, 一年中赤土が堆積することもある(表1). 定点は塊状サンゴが点在し, 樹枝状では小さなハナヤサイサンゴやショウガサンゴが記録されている. なお1995年の調査開始以来, ミドリイシ類の着生は記録されていない. 1999年7月の調査では, 定点近くで10cm程度のエダコモンサンゴを確認している.

#### 6. 加武 (かん・金武町)

米軍基地からの赤土流出をモニタリングしている. 海底の砂地に赤土堆積が見られない状況になっても, 岩盤には常に赤土が付着している. トゲエダコモンサンゴ, エダコモンサンゴ, チヂミウスコモンサンゴが優先している. 赤土汚染が著しい海域の指標サンゴであるキクメイシモドキやルリサンゴ<sup>7)</sup>も多く見られる. 1995年からミドリイシ類の着生は確認できない.

1999年7月の観察では, チヂミウスコモンサンゴは赤土が付着して全滅, エダコモンサンゴはかなり回復し約40cmの群体も見られる.

#### 7. 石川 (いしかわ・石川市)

金武湾に注ぐ河川の中では, 最も赤土流出量が大きいと見られる石川川の影響を調査している. 赤土以外に, 石川市の家庭排水や畜産排水も混入する.

定点Na3では, 1996年10月にキクハナガサミドリイシ類が最大22cmに成長しているのを確認した. しかし1998年の白化現象の前にはすでに群体が死滅していた. これ以外に, 定点ではミドリイシ類が記録されていない. こ

の海域も赤土汚染に耐性のある指標サンゴが多く見られる。

1999年7月の調査では、定点近くで3~8cmのミドリイシ類がわずかに確認された。

8. アージ (玉城村)

陸域の土壌は泥岩 (クチャ) が風化した灰色系のジャーガルである。海域は大なり小なり常時濁っている。この海域では主として塊状ハマサンゴ類が点在している。

1998年11月、定点周辺の塊状ハマサンゴ類の白化状況をカウントした。21群中12群が全部または一部白化していた。白化率は57%である。なお、定点のショウガサンゴは死滅していた。

9. 大度 (おおど・糸満市)

大度の礁池へは、西に位置する定点No.1あたりに濁水が流出する。濁水の流出ルートはさかのぼると、礁池への側溝→大度集落の洞穴 (ドリネ: ガマ) →地下水脈→真栄平の洞穴→真栄平土地改良区の浸透池→側溝→真栄平土地改良区の農地の土壌侵食であることが明らかになっている<sup>7)8)</sup>。

以前は100mm程度のまとまった降雨がなければ、大度集落の洞穴から濁水が吹き出すことはなかった。1997年に大度洞穴の下流地下水脈にコンクリートの壁が流し込まれ、農業用水かんがい用の地下ダムが建設された。その後、30~40mmの降雨でも大度洞穴から濁水が流出するようになった。これは地下ダム建設にともない地下水位が上昇し、以前よりも少ない降雨で大度洞穴から地下水が溢れ出しているものと推察される。

これを境に、大度礁池へ以前よりも頻りに濁水が流出することになる。時を同じくして定点No.1あたりのパリカメノコキクメイシ群落の様子が一変した。大度礁池では、1988年から赤土堆積のコントロールとして調査を続けており、長年異常のなかった (図1) パリカメノコキクメイシが海底近くの部位から死にはじめた (図2)。また、経験上、SPSSが50kg/m<sup>3</sup>を越えると明らかに人為的な赤土等の流出による環境悪化と位置付けているが、調査開始以来初めてこの値を越えた (表1)。礁池全体の濁りも著しくなった。

1998年11月の白化後の調査では、ミドリイシ類は定点No.1で全滅、礁池中央の定点No.2周辺でほとんど全滅、No.1の反対側 (東側) に位置するNo.3あたりでは少し生き残っており、礁縁に向かうほど生存率が高くなる傾向がみられた。

塊状ハマサンゴ類の白化はサンゴの上の部位ほど多発し、海底近くは白化していないものが一般的であった。

No.1周辺のパリカメノコキクメイシも頂部が部分死しているものがみられたが、前述の濁水が原因と思われる部分死とは部位が異なった。エダコモンサンゴやチヂミウスコモンサンゴは、赤瀬海域と同様に一つの群体の中で生存・白化・死亡が带状に分布していた。

礁池全体でみた白化耐性は、シコロサンゴ>塊状ハマサンゴ類>コモンサンゴ属>ハナヤサイサンゴ>ミドリイシ類>ユビエダハマサンゴ小群体であった。

1999年7月の調査では、定点No.2やNo.3付近ではミドリイシ類が10%程度回復している。ユビエダハマサンゴ (大きな群体)、エダコモンサンゴは、白化前とほとんど変化が見られないほど回復している。チヂミウスコモンサンゴは30~40cm程度の群体が見られ回復していた。

10. アゴノハマ (座間味村阿嘉島)

定点調査のコントロールとして位置づけており、ミドリイシ類を中心とした被度の高いサンゴ群落広がっている。1998年8月12日の周辺海域の調査では、ミドリイシ類の一部に白化が見られた。その後の本格的な白化によるミドリイシ類の被害は大きいものの、大きな群体が部分的にはあるが多数生き残っており、沖縄島の定点



図1. 糸満市大度定点No.1周辺のパリカメノコキクメイシの群落。1997年9月2日。特に異常は見られない。

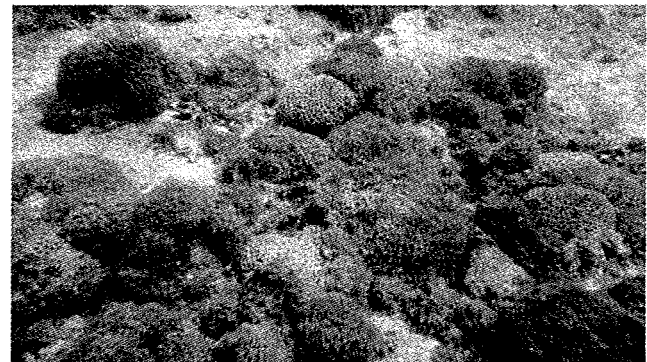


図2. 糸満市大度定点No.1周辺のパリカメノコキクメイシの群落。1998年3月6日。多くのサンゴが死んで海藻が付着している。生きているサンゴも海底部からツワツワと死に始めている。地下水位の変動で、頻りに濁水が流出するようになった後、このような異変が生じた。

とは対照的である。阿嘉島臨海研究所（以下、AMSLと称す）の調査では、浅海域に多く分布する枝状ミドリイシの大部分は白化の後死滅したが、礁斜面では大きなミドリイシ群を含め他種サンゴも多数生き残り、順調に成育を続けているという。

チヂミウスコモンサンゴやエダコモンサンゴは、沖縄島の定点海域と比べて被害を受けたものが少ない。AMSLによると、阿嘉島における一般的な状況として、チヂミウスコモンサンゴ（葉状）やエダコモンサンゴ（樹枝状）は被覆状コモンサンゴに比べて白化によるダメージが少なかったとのことである。

#### 1 1. クシバル（座間味村阿嘉島）

定点調査のコントロールとして位置づけている。阿嘉島と小さな島に囲まれた礁池である。1998年8月11日の調査では、海水温はぬるま湯のように上昇し、トゲサンゴが白化していた。1999年6月の調査では、定点のトゲサンゴ、リュウキュウキッカサンゴが死滅していた。定点周辺のハマサンゴ属は回復し大きな被害は見られなかった。

定点近くのミドリイシ類はダメージが大きい、大きな群体がかりうじて生き残っているものもある。AMSLによれば、定点北側礁原のオトメミドリイシ群落は壊滅的な被害を被ったとのことである。

#### 1 2. 宮良湾（みやらわん・石垣市）

1999年7月に新たに定点を設置した。宮良湾に注ぐ宮良川は流域面積35.4km<sup>2</sup>で、石垣島最大の水系である。日本復帰後の土地改良等の開発事業及び造成された農地からの長年にわたる赤土流出のため、湾内は慢性的に赤土汚染の影響を受けている。沿岸は干潟が大きく広がっているため、サンゴ調査定点は沖合いの宮良グチ礁縁に設置した。定点や周辺で6種のミドリイシ類を確認したが、以前の様子を確認していないので評価ができない。

#### 1 3. 白保（しらほ・石垣市）

宮良湾と同様、1999年7月に新たに定点を設置した。南北に細長い礁池で、中央部に位置する轟川から赤土が流出している。流出した赤土は、通常は北方のモリヤマグチに向かって流出し、北寄りの風が強く吹くと南の方向へ岸に添って流出することが多い。著者らの1997年の調査では、赤土汚染状況に応じたサンゴ相が観察された<sup>11)</sup>。

定点No.1はモリヤマグチ近くの礁池で、やや濁っている。定点周辺では、ミドリイシ類はかなり死んでいるものの沖縄島の定点のダメージほどではない。また、沖縄島や阿嘉島の定点周辺海域でまったく見つけることがで

きなかったトゲサンゴが生存していた。なお、いくつもの大きな塊状ハマサンゴ類が粘液を出して付着した赤土粒子を捕らえ、これを剥離してサンゴ表層を掃除<sup>10)</sup>していた。

定点No.2は轟川河口からモリヤマグチの中間あたりに位置する第4ポール近くに設置した。周辺はかなり濁っており、塊状サンゴが点在してミドリイシ類はほとんど見られない。周辺でシコロサンゴの巨大な2群体を確認したが、そのうち一つはほとんど死滅に近い状態であった。ただし、シコロサンゴは沖縄島の定点海域のみならず、読谷村波平、具志頭村サザンリンクスゴルフ場下の礁池でも白化の被害は観察されておらず、白化耐性はかなり強いと評価される。このため、この海域のシコロサンゴのダメージは、例えば赤土汚染など白化以外の要因によるものと思われる。

定点No.3は轟川河口の南に位置する第2ポール近くに設置した。岸からかなり離れており、流出した赤土はほとんど到達しないとみられる<sup>9)</sup>。定点周辺では、ミドリイシ類はかなりダメージを受けていたが、大きなミドリイシ類でも部分的に生き残っていた。その他、トゲサンゴやハナヤサイサンゴも生存し、また、阿嘉島のクシバルで壊滅的な打撃を受けたオトメミドリイシも多数見つけることができた。

## IV 今後の課題

1. 定点における1999年の詳細なサンゴ調査は10月に実施する予定であり、サンゴごとのダメージの度合いを検討したい。
2. サンゴの白化耐性や回復状況を他の調査機関のデータと比較検討し、赤土汚染など海域環境との関係を明らかにしたい。
3. 赤土流出がかなり治まりミドリイシ類が急速に回復していた赤瀬海域の被害が大きかった。この海域はサンゴの種（属）の多様性という観点からすれば、ミドリイシ類に著しく偏って多様性に乏しい。今後、サンゴの回復と多様性の関係も考察してみたい。
4. サンゴの赤土堆積耐性<sup>11)</sup>と白化耐性を比較検討したい。

## <謝辞>

阿嘉島臨海研究所の皆様には、阿嘉島のサンゴの白化状況だけでなく、他の海域の状況についても貴重なアドバイスをいただきました。深く感謝申し上げます。

## V 参考文献

- 1) 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・小林孝(1999) 赤土堆積がサンゴに及ぼす影響(第2報)ーサンゴの赤土堆積耐性についてー. 沖縄県衛生環境研究所報, 33:
- 2) 大見謝辰男(1996)赤土堆積がサンゴに及ぼす影響. 沖縄県衛生環境研究所報, 30:79-86.
- 3) 沖縄県環境保全室(1997)平成8年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書, 182pp.
- 4) 沖縄県環境保全室(1999)平成10年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書, 102pp.
- 5) 沖縄県環境保全課(1996)赤土等汚染海域定点観測調査報告書, 201pp.
- 6) 大見謝辰男・比嘉榮三郎・花城可英・満本裕彰(1995)沖縄県の赤土等の流出とサンゴ礁の保全. 農業土木学会誌, 63巻3号:267-272.
- 7) 比嘉榮三郎・大見謝辰男・花城可英・満本裕彰(1996)濁水による地下水汚染と流域解析. 沖縄県衛生環境研究所報, 30:93-97.
- 8) 大見謝辰男・比嘉榮三郎・仲宗根一哉・満本裕彰(1998)沖縄県における赤土等流出防止対策の変遷. 平成10年度赤土等流出防止技術交流会事例集, 34-37.
- 9) 大見謝辰男・仲宗根一哉・小林孝(1999)石垣島白保海域の赤土汚染とサンゴ礁の現況. 沖縄県衛生環境研究所報, 32:113-117.
- 10) 西平守孝・J.E.N.Veron(1995)日本の造礁サンゴ類. 海游社, 東京都, p.412.