

赤土堆積状況とサンゴに及ぼす影響について

金城孝一, 比嘉榮三郎, 上原睦男*

Transition of Sediment of Red Soil on Seabed and Its Impact on Corals

Koichi KINJO, Eisaburo HIGA, Mutsuo UEHARA

Abstract : The authors analyzed transition of sediment of red soils on 15 sea areas, where are fixed-points and have been investigated over a long period of time, based on the data of content of suspended particles in sea sediment (SPSS) in Okinawa prefecture. The change of SPSS, which shows the degree of sediment of red soils, shows a different pattern on the situation of sea area. Because outflow and diffusion of red soils are caused by human activities and natural factors such as geographical features in the sea, rainfall and the waves by the typhoon and the monsoon. The transition of sediment of red soils in Okinawa showed remaining unchanged or decreasing trend.

Moreover, the coral check has been carried out in 12 sea areas by the operation of the red soils pollution sea areas fixed-point observation survey. A lot of corals on Okinawa received huge damage by rising of the temperature of seawater in 1998, and a lot of corals were bleaching and dying. Especially in Akase sea area, Onna village, the coral coverage was more than 50% in July 1998. However it became 0% in 1999. After that, the remarkable changes of coral coverage has not been seen in the all fixed-point.

Key words : SPSS, Coral, The operation of the red soils pollution sea areas fixed-point observation survey

I はじめに

沖縄県は亜熱帯地方に属しており、島々の周囲は美しいサンゴ礁で覆われている。サンゴ礁ではサンゴを中心に豊かな生態系が形成されている。しかしながら、開発事業や農地などからの赤土流出は、サンゴ礁生態系のみならず水産業や観光産業に大きなダメージを与えており、大きな環境問題となっている。

沖縄県では海域における赤土堆積評価の標準的手法として底質中懸濁物質含量簡易測定法^{1), 2)} (以下, SPSS測定法) がひろく用いられており、海域ごと及び測定時期ごとの比較が可能である。

本県では県内海域の赤土等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事業」³⁾⁻¹¹⁾を1995年以降行っている。この定点観測調査ではサンゴ調査も行われており、サンゴ被度を確認できるほか、サンゴの成長や死滅をモニタリングしている。ここでは、赤土等汚染海域定点観測調査事業の観測結果を中心に、長期にわたる沖縄県内各地における赤土堆積状況の推移と、そ

の赤土堆積がサンゴの被度や成長にどのような影響があるかをまとめたので報告する。

II 調査方法

1. 調査地点および調査期間

調査海域を図1に示す。1995年から実施されている「赤土等汚染海域定点観測調査事業」は12海域35地点(図1上の○印)で調査を行っている。その内1) 大宜味村平南川河口域, 2) 名護市源河川河口域, 3) 東村平良川河口域, 4) 恩納村赤瀬海域, 5) 宜野座村漢那中港川河口域, 6) 金武町加武川河口域, 7) 石川市石川川河口域, 8) 玉城村アージ島海域, 9) 糸満市大度海岸については、各海域3地点で底質調査を行っており、1995年9月から2005年3月までの40回行われた(今年度も継続)。また10) 阿嘉島海域においては、1995年は4回調査が行われたが、1996年以降は年間1回の調査が行われている。1999年からは11) 石垣市宮良川河口域, 12) 石垣市白保海域が加わった。

※ (株) 沖縄環境保全研究所

その他3海域16地点(図上の口印), 1) 名護市から宜野座村にまたがる古知屋潟原, 2) 恩納村都田, 3) 恩納村屋嘉田潟原は当所で定点観測を実施している海域であり, 今回は赤土等汚染海域定点観測調査事業と同期間の1995年から2004年の測定結果を用いた。



図1. 調査地点

2. SPSS 調査

各地点で採取した底質は大見謝の方法¹⁾を用いSPSSを測定し, 赤土堆積状況を評価した。

3. サンゴ調査

赤土等汚染海域定点観測調査事業ではサンゴ調査を同時に行っている(1997年は未調査)。定点に2×2mのコドラートを設置し, その範囲内において写真撮影やスケッチを行い, サンゴの生息状況(サンゴの出現種や被度)を確認した。

III 結果と考察

1. 降水量

図2に1995年から2004年までの各調査地点近傍の5観測地点における年間降水量と台風接近数を示す¹²⁾。沖縄県の年間平均降水量は2039 mm(那覇)であり, 全国

平均の1717 mmに比べ多い。各調査地点近傍におけるここ10年間の降水量は, およそ平均値に近い降水量を記録している。しかし1998年の各地の降水量は2,800 mm~3,500 mmと高い値を記録した。その年の年間降水量は台風の接近数は少ないが, 2月に平年値を上回る降水量を記録し, 梅雨時期の5, 6月も各地で平年を大きく上回るものとなった。2000年も次いで降水量が多くなっている。この年は, 梅雨時期の降水量が平年を下回ったが, 台風の襲来時に各地で大雨が記録され, 11月に平年を大きく上回る降雨を記録した。

期間中, 沖縄県に接近した台風の数(那覇, 名護, 久米島, 宮古, 石垣, 西表, 与那国, 南大東から300 km以内を通過したもの)は2004年に14回と一番多く, 1995年が3回と最も少なかった。

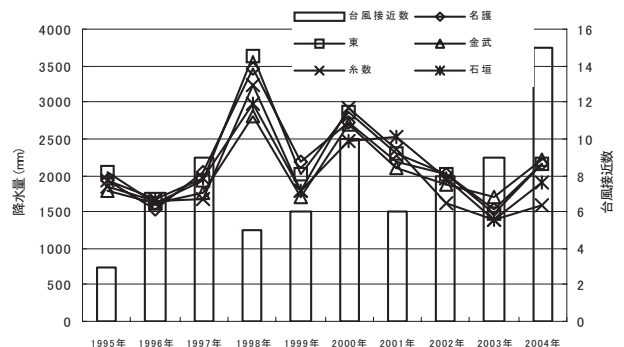


図2. 年間降水量と台風接近数

2. SPSS

すべての海域では, 複数の地点で測定を行っているため, 測定値を平均して, 調査海域におけるSPSSの代表値とした。なお, SPSSは対数正規分布することから, 平均値の算出は幾何平均によった¹⁾。また表1にSPSSランクと底質状況やサンゴなどとの関係を示す。

解析は沖縄県を5地区(沖縄本島西側海域, 沖縄本島東側海域, 沖縄本島南部海域, 石垣島海域および阿嘉島海域)に分けて行った。

(1) 沖縄本島西側海域

沖縄本島西側海域(平南川河口域, 源河川河口域, 赤瀬海域, 都田, 屋嘉田潟原)の各海域におけるSPSS平均値を図3に示す。ここで平南川河口域, 源河川河口域および赤瀬海域の調査地点は, 常時水面下にある海底であり, 都田および屋嘉田潟原の調査地点は干潟である。海底では梅雨後に赤土が堆積するが, 冬季には拡散し減少する傾向がみられた。しかし干潟では, 海底のような季節変動はみられずほぼ横ばいで推移している。

表1. SPSS と底質状況, サンゴなどとの関係

SPSS kg/m ³			底質状況, その他参考事項
下限	ランク	上限	
	1	<0.4	水中で砂をかき混ぜてもほとんど濁らない. 白砂がひろがり生物活動はあまり見られない.
0.4 ≤	2	<1	水中で砂をかき混ぜても懸濁物質の舞い上がりを確認しにくい. 白砂がひろがり生物活動はあまり見られない.
1 ≤	3	<5	水中で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がりが確認できる. 生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる.
5 ≤	4	<10	見た目ではわからないが, 水中で砂をかき混ぜると懸濁物質で海が濁る. 生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる. 透明度良好.
10 ≤	5a	<30	注意して見ると底質表層に懸濁物質の存在がわかる. 生き生きとしたサンゴ礁生態系の SPSS 上限ランク.
30 ≤	5b	<50	底質表層にホコリ状の懸濁物質がかぶさる. 透明度が悪くなりサンゴ被度に悪影響が出始める.
50 ≤	6	<200	一見して赤土等の堆積がわかる. 底質攪拌で赤土等が色濃く懸濁. ランク6以上は, 明らかに人為的な赤土等の流出による汚染があると判断.
200 ≤	7	<400	干潟では靴底の模様がくっきり. 赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる. 樹枝状ミドリイシ類の大きな群体は見られず, 塊状サンゴの出現割合増加.
400 ≤	8		立つと足がめり込む. 見た目は泥そのもので砂を確認できない. 赤土汚染耐性のある塊状サンゴが砂漠のサボテンのように点在.

(2) 沖縄本島東側海域

沖縄本島東側海域 (平良川河口域, 漢那中港川河口域, 加武川河口域, 石川川河口域, 古知屋潟原) の各海域における SPSS 平均値を図4に示す. ここで平良川河口域, 漢那中港川河口域, 加武川河口域, 石川川河口域は海底であり古知屋潟原は干潟である. 沖縄本島西側海域でみられた顕著なパターンは存在しない. 近年では海域毎の SPSS 平均値が100 kg/m³を超える頻度も少なくなってきたおり, 全体的に減少傾向を示している.

(3) 沖縄本島南部海域

沖縄本島南部海域 (アージ島海域, 大度海岸) の各海域における SPSS 平均値を図5に示す. ここでアージ島海域および大度海岸は海底である. 際だった変化は無いが, 大度海岸では2002年以降全ての地点で5a (SPSS<30 kg/m³) 以下となっており, 緩やかであるが減少傾向を示している.

(4) 石垣島海域

石垣島海域 (宮良川河口域, 白保海域) の各海域における SPSS 平均値を図6に示す. ここで宮良川河口域お

よび白保海域は海底である. 各海域とも赤土堆積に大きな変化はみられない. 宮良川河口域では比較的高い値で推移し, 白保海域では比較的低い値で推移している.

(5) 阿嘉島海域

阿嘉島海域における SPSS 平均値を図7. に示す. 阿嘉島海域は海底であり, 赤土流出の無い対照海域として設定されているため, 赤土の堆積は確認されていない.

3. サンゴ生息状況の推移

表2. に赤土等汚染海域定点観測調査事業の調査海域定点における方形枠内およびその地点周辺のサンゴ被度の調査結果を示し, また図8に際だった変化をみせた地点のサンゴ被度の推移を示す. 多くの定点において, 1998年の調査と1999年の調査を比較すると, サンゴ被度およびサンゴ出現種類数ともに減少している. これは1998年夏に起きた世界的規模でのサンゴ礁白化現象の影響を受けたものと考えられる. 1998年における各定点のサンゴ被害状況の詳細はすでに報告されている¹⁰⁾. その後サンゴの生息状況に大きな変化はみられなかった.

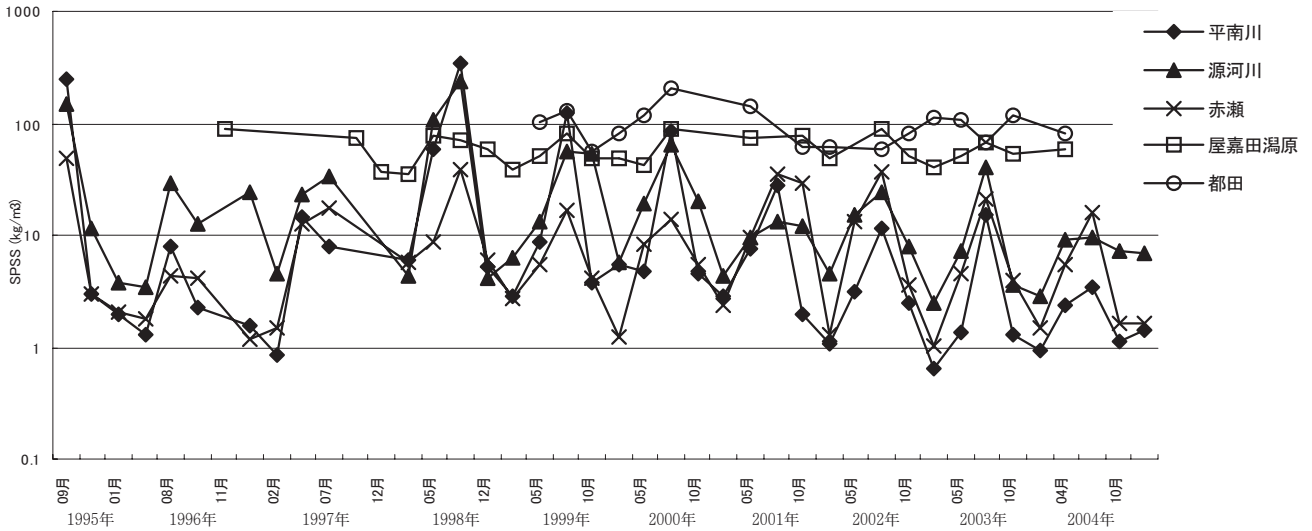


図 3. 沖縄本島西側海域における SPSS の推移

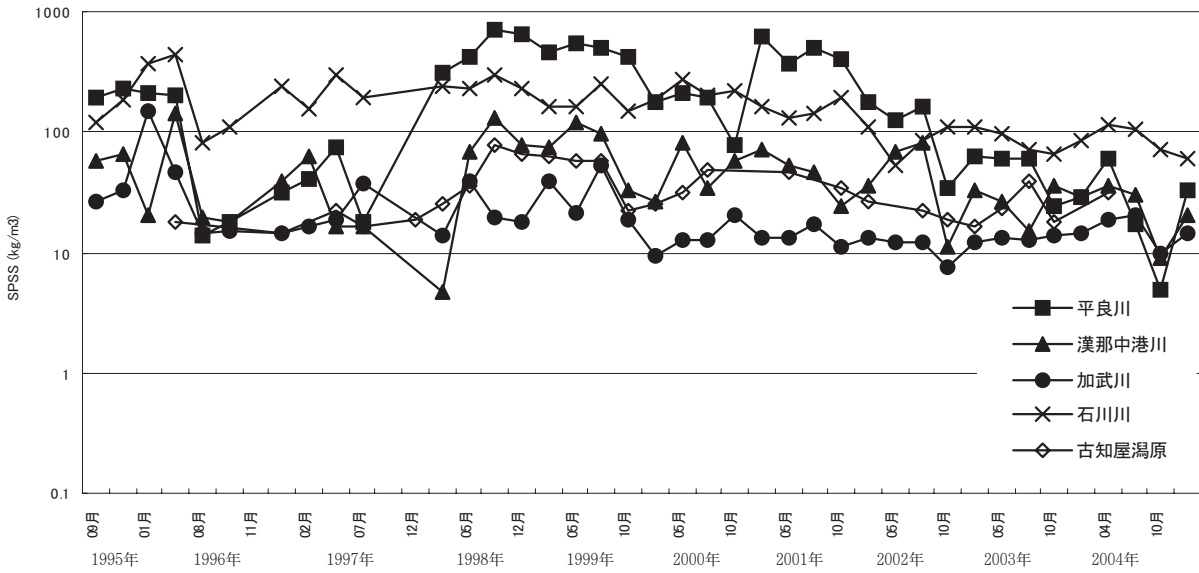


図 4. 沖縄本島東側海域における SPSS の推移

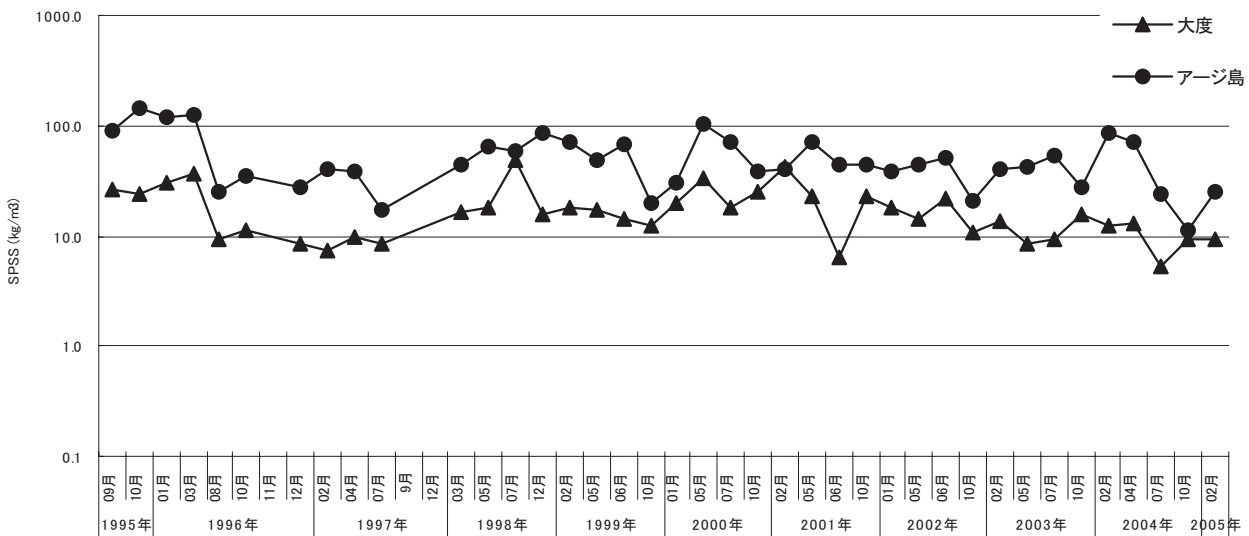


図 5. 沖縄本島南側海域における SPSS の推移

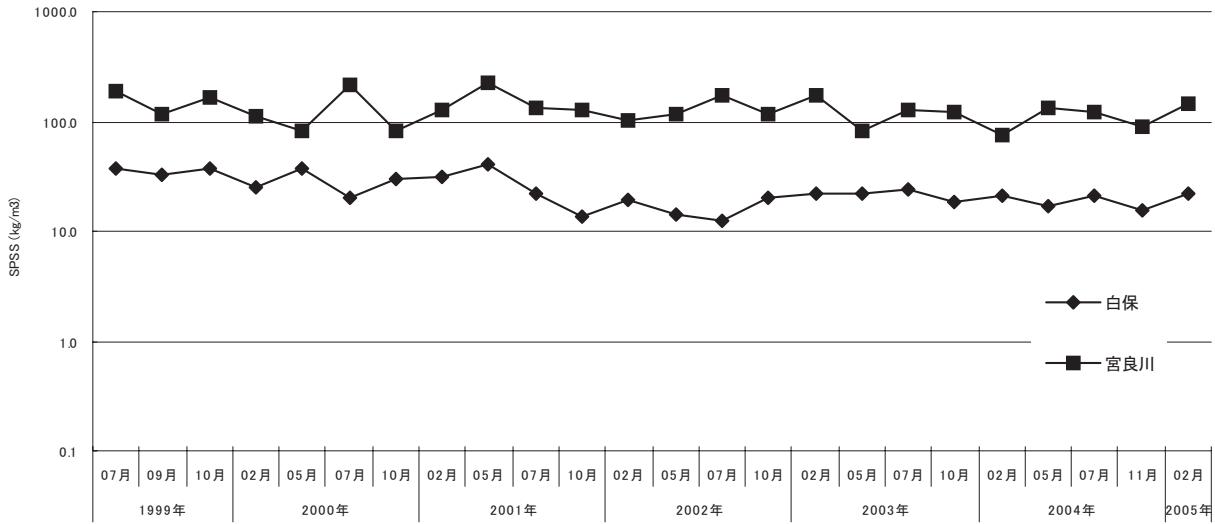


図6. 石垣島海域における SPSS の推移

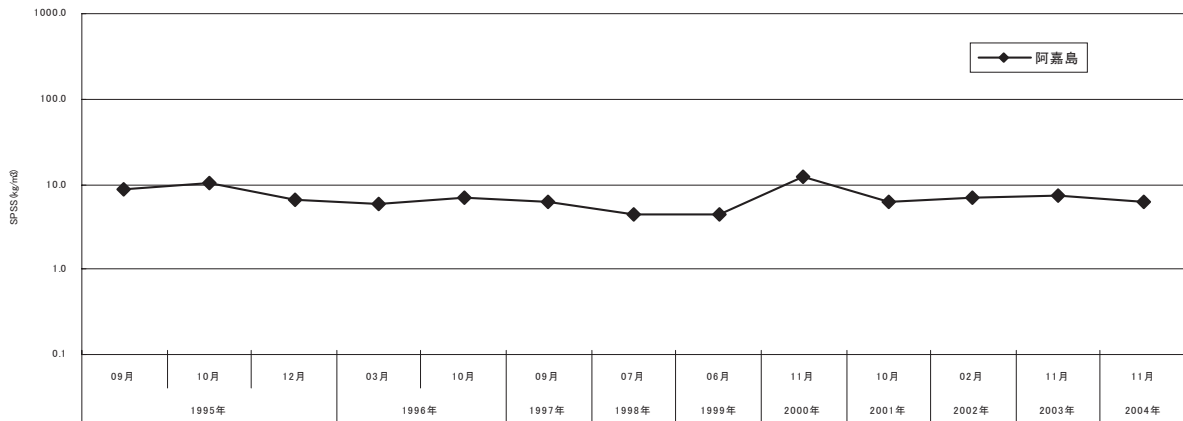


図7. 阿嘉島海域における SPSS の推移

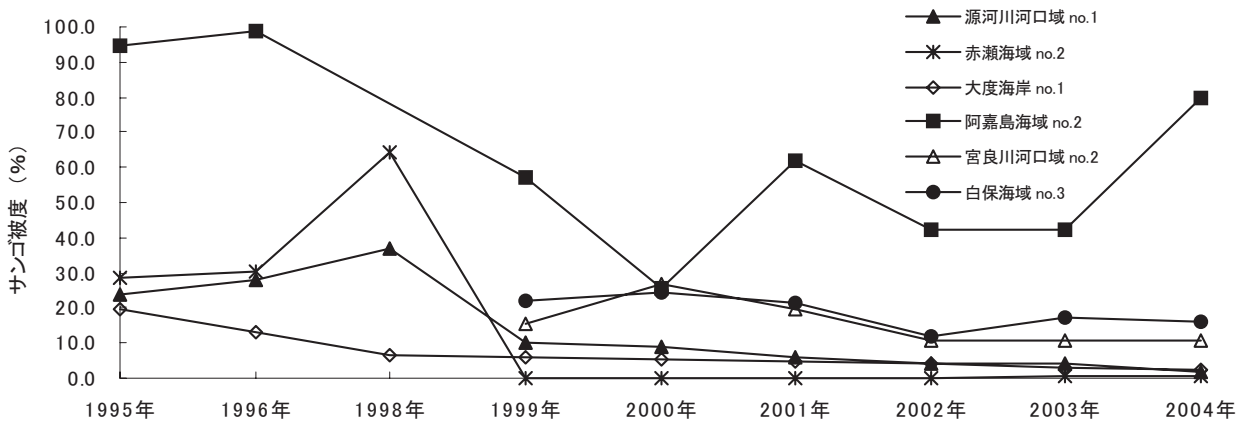


図8. 主な海域におけるサンゴ被度の推移

4. 海域の浄化作用

(1) 沖縄本島西側海域

これら海域では梅雨後に SPSS が年間最高を記録し、冬場に減少する傾向がみられた。この海域での一年サイクルは梅雨時の降雨量に比例して赤土が流出、堆積し、夏から秋にかけての台風襲来時にも赤土流出が発生するが、同時に引き起こされる波浪の影響を受けやすいため SPSS はさほど大きくならない。冬場は北からの季節風の影響を受けやすい位置関係にあり、堆積した赤土が外洋へと拡散する¹³⁾。サンゴ礁地形として、平南川河口域や源河川河口域では沖合に干瀬が発達していないため、冬場の季節風などによる波浪の影響を受けやすく浄化される。赤瀬海域はやや内湾的ではあるが、北風の影響をうけるため、冬場に赤土の外洋への拡散が進行する。各海域は、SPSS 年間最高値など赤土堆積は減少傾向を示しているが、赤土流出自体は止まっていないようである。都田は大きな流出源が無いため新たな赤土堆積は少ないが、閉鎖的な海域環境であるため自然浄化はほとんど進行しないと考えられる。屋嘉田潟原は内湾にあり、沖合約 1 km まで干瀬が続いている。そのため台風や北風による波浪の影響を受けにくく、赤土の外洋への拡散があまり進行していないと考えられる。

(2) 沖縄本島東側海域

これら海域は西側海域でみられたような周年変動はみられない。西側では堆積した赤土が拡散するのに大きな働きをもつ冬季の北風が、これら海域ではあたらぬ。そのため拡散を促すのは、台風襲来時の波浪によるものと考えられ、全体的に浄化能は小さい。そのため SPSS の変動は、年間降水量と台風接近数に依存性が高いと考えられる。

(3) 沖縄本島南側海域および石垣島海域

これら海域も沖縄本島西側海域でみられたような周年変動はみられない。どの海域もほぼ横ばい状態である。これら海域でみられる地形では、波浪と下げ潮が重なると礁池に堆積していた赤土粒子が舞い上がり、干瀬の切れ目(クチ)から外洋へ拡散が生じる。これら海域では河川からの赤土流出ークチから外海への赤土拡散作用がうまく働いているため、SPSS の変動が小さくなっていると考えられる。

(4) 阿嘉島海域

阿嘉島海域は赤土流出の無い対照海域であるため赤土の堆積はみられない。SPSS 値はサンゴが砕けたものに由来している。

5. サンゴの赤土堆積への耐性

赤土等の堆積がサンゴの許容限度を超えるとサンゴに影響が現れるという報告¹³⁾があるため、調査定点における SPSS 年間最高値(以下、SPSSmax)とサンゴの状況を比較検討する。

(1) 沖縄本島西側海域

平南川河口域や源河川河口域においては、ほとんどが塊状・被覆状のサンゴで占められ(表2)、ここ数年の SPSSmax は低下傾向を示している。樹枝状の群体も確認できるがいずれも小さな群体で大きな群体へと成長していない。赤瀬海域においては2002年に SPSS がランク6を記録した以外はランク4から5で推移しており、比較的赤土堆積は少ない。しかし1998年の大規模な白化以降、小型サンゴ群体の新規加入は確認できるが、大きく成長するサンゴは無い。赤土堆積による影響以外の別の要因があると考えられる。

(2) 沖縄本島東側海域

これら海域においてもほとんどが塊状・被覆状のサンゴで占められている(表2)。SPSSmax の低下傾向はみられるが、健全なサンゴ礁生態系が確認できるランク5aを下回る定点が2/8(2004年度調査)と少なく、赤土堆積による影響が続いていると考えられる。

(3) 沖縄本島南側海域

アージ島海域では SPSSmax がランク5bから6で比較的高い状態で推移しており、サンゴに活力が感じられなくなっている。大度海岸では2002年からは SPSSmax が5a以下で推移しており緩やかに低下している。しかしながら、大度No.1地点ではサンゴ被度も低下しており、赤土堆積による影響以外の新規着床・成長阻害要因が示唆される。

(4) 石垣島海域

宮良川河口域では、2002年からサンゴ被度が減少し、2003年の調査において多くのミドリイシ類の死滅が確認されている(表2)。期間中、SPSSmax はランク7から8と高い状態で推移し、赤土堆積の影響も強く受けているが、新規のサンゴ群体やサンゴの成長も確認できる。他の海域ではみられない特徴ある海域である。赤土流出を抑えることができれば高被度のサンゴ群落を形成する可能性が高いと考えられる。白保海域においては2002年度にサンゴの被度の減少が確認されている。白保No.2地点は轟川の河口付近にあり、赤土以外にも、栄養塩や有機物等の河川流入物の影響を強く受けていると考えられる。No.1地点やNo.3地点付近では、SPSSmax はランク5aから5bで推移し、樹枝状のサンゴ群体が占める

割合が大きく良好な環境で推移していると考えられる。

過去の報告¹⁵⁾と同様に赤土堆積が確認できる海域 (SPSSmax が比較的高い海域) においては、サンゴ被度の低下や、樹枝状サンゴ群体よりも塊状サンゴ群体の方が優勢であることが確認された。しかし、宮良川河口域のように SPSS 年間平均値や SPSSmax が高い海域でも、赤土耐性が弱いとされるミドリイシ属が確認でき、被度も極端に低くない海域もある。これは底質サンプリング地点がサンゴ調査地点と全く同じではなく、数メートル離れたくぼ地の海底にあり、堆積した赤土の移動が起きにくい。そのためサンゴ周辺の状況と一致しておらず矛盾が生じていると考えられる。しかし、赤土の何が (赤土の直接付着によるストレス、赤土濁水による光量不足、赤土に吸着している栄養塩等の化学物質等が考えられる) サンゴへ影響を及ぼしているかは不明な事も多く、研究課題となっている。またこれとは逆に、赤瀬海域のように SPSS 年間平均値や SPSSmax が低い海域にもかかわらず、サンゴの回復が停滞している海域もある。これは赤土による影響以外の阻害要因があると考えられる。赤土以外のサンゴに対する着床・成長阻害要因としては、1) オニヒトデ、ウニ、魚類等による食害¹⁶⁾。2) 栄養塩 (窒素、リン) の影響¹⁷⁾。3) 塩分濃度の影響。4) 海水温上昇による影響等、様々な負の因子があることが多くの研究により明らかになっている。しかしこれら因子の複合的な調査報告は少なくこれからの研究課題となっている。沖縄県内の SPSS は減少傾向にあるが、依然として赤土流出は止まっていない。健全な海域環境を維持・回復するため、海域のみならず流域全体の管理が必要である。

IV まとめ

1. 沖縄本島西側海域において、SPSS は梅雨後に年間最大になり、冬期に下がるという特徴ある周年変動が確認できる。
2. 沖縄県内15海域51地点で行われている底質中懸濁物質含量 (SPSS) は、全体的に減少傾向にある。
3. 沖縄本島の定点観測されている海域でのサンゴの状況は、1998年の大規模な白化以降ほとんど変化はみられない。
4. 過去の報告と同様に赤土堆積とサンゴの種類には関連性があり、樹枝状サンゴは赤土耐性が比較的弱く、塊状サンゴは赤土耐性が比較的強い。

5. 赤土以外のサンゴの着床・成長阻害要因があり、複合的な調査が必要である。

V 参考文献

- 1) 大見謝辰男 (1987) 沖縄県の赤土汚濁の調査研究 (第2報). 沖縄県公害衛生研究所報, 20: 100-112
- 2) 大見謝辰男 (2003) SPSS簡易測定法とその解説. 沖縄県衛生環境研究所報, 37: 99-104
- 3) 沖縄県環境保健部環境保全課 (1996) 赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 4) 沖縄県環境保健部環境保全室 (1997) 平成8年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 5) 沖縄県文化環境部環境保全室 (1999) 平成10年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 6) 沖縄県文化環境部環境保全室 (2000) 平成11年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 7) 沖縄県文化環境部環境保全室 (2001) 平成12年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 8) 沖縄県文化環境部環境保全課 (2002) 平成13年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 9) 沖縄県文化環境部環境保全課 (2003) 平成14年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 10) 沖縄県文化環境部環境保全課 (2004) 平成15年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 11) 沖縄県文化環境部環境保全課 (2005) 平成16年度赤土等汚染海域定点観測調査報告書.
- 12) 気象庁ホームページ, 気象統計情報より引用
- 13) 大見謝辰男, 古堅勝也, 普天間朝好 (1994) 台風等の波浪による堆積泥の浄化について. 第28回日本水環境学会講演集. pp. 168-171
- 14) 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.
- 15) 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). 沖縄県衛生環境研究所報, 33: 110-120.
- 16) 沖縄県環境保健部 (1992) サンゴのはなしーおきなわの造礁サンゴたちー, pp. 55-56.
- 17) 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・比嘉榮三郎 (2003) 陸上起源の濁水・栄養塩類のモニタリング手法に関する研究. 平成14年度内閣府委託調査研究サンゴ礁に関する調査研究報告書, pp. 86-102.

表2. 地点別 SPSSmax とサンゴの出現情報 (科, 形状, 出現種類数および被度)

○ : 方形枠内に生息を確認, △ : 前回調査時と比較し一部分の死滅または消失を確認,
● : 全て死滅または消失を確認

平南川河口沖縄県定点No.2		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		1510.0	8.0	378.0	197.0	257.0	331.0	33.1	13.3	2.6
科	形状)									
ハナヤサイサンゴ	(樹枝状)	○	●	○	●					
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	○	●			○	●	
ハマサンゴ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	△	○	△	○	○	△
	(被覆・塊状)					○	●			
	(被覆状)			○	●	○	○	●	○	●
アナサンゴモトキ	(被覆状)						○	●		
出現種類数		5	6	9	5	8	8	7	8	5
方形枠内の被度 (%)		8.3	7.3	8.3	6.4	7.0	7.0	8.0	8.5	9.5
調査地点周辺の被度 (%)		1.0	1	1	1	1	1	1	2	2

平南川河口沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		91.4	11.9	168.0	19.1	6.0	5.5	5.6	26.6	6.3
ムカシサンゴ	(被覆状)						○	●		○
ハナヤサイサンゴ	(樹枝状)	○	○	△	●				○	△
ミドリイシ	(樹枝状)							○	●	○
ハマサンゴ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	△	○	○	△	△	△	○
	(被覆・塊状)		○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆状)				○	○	○	○	○	○
キサンゴ	(葉)				○	○	○	○	○	●
アナサンゴモトキ	(被覆状)	○	○	●			○			
	(樹枝状)			○	●					
出現種類数		7	7	7	9	9	11	10	9	12
方形枠内の被度 (%)		1.7	1.6	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
調査地点周辺の被度 (%)		1	1	1	1	1	1	1	1	1

源河川河口沖縄県定点No.1		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		126.0	28.0	293.0	37.5	62.8	21.6	27.4	32.7	18.3
ハナヤサイサンゴ	(樹枝状)		○	○	△			●		
ミドリイシ	(樹枝状)	○	△	△	△	●				
	(被覆状)	○	○	○	●	○	●	○	○	●
	(フーブル状)	○	○	○						
	(塊状)	○	○	●						
ハマサンゴ	(樹枝状)							○	●	
	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヤスリサンゴ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	●		
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	△	○	△	○	○	○
	(被覆・塊状)		○	●						
	(被覆状)		○	△	○	○	△		○	△
アナサンゴモトキ	(樹枝状)	○	○	○	●					
出現種類数		18	22	20	13	11	7	7	7	6
方形枠内の被度 (%)		23.8	25.0	37.0	10.3	8.7	5.9	4.0	4.0	2.0
調査地点周辺の被度 (%)		15	25	25	10	10	5	2	3	2

源河川河口沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		90.0	17.6	242.0	21.6	19.4	13.4	13.9	7.3	5.6
ハナヤサイサンゴ	(樹枝状)	○	○	○	●					
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	△	△	○	●			
	(フーブル状)	○	●							
	(被覆状)		○	○	○	●				
	(塊状)		○	○	○	○	○	○	○	△
ハマサンゴ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヤスリサンゴ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	●	
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	△	○	○	△	○
	(被覆・塊状)		○	●				○	○	●
	(被覆状)		○	△	○	●				
	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		10	14	13	12	9	7	8	7	5
方形枠内の被度 (%)		13.3	12.1	15.9	5.6	4.3	3.4	4.5	4.0	2.0
調査地点周辺の被度 (%)		10	13	15	10	10	5	3	3	3

表2. 続き

平良川河口沖縄県定点No.2		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		918.0	282.0	1021.0	1070.0	642.0	1003.0	373.1	53.9	79.1
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)			○	●					
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	○	△	△	○	●		
	(被覆状)	○	○	○	●					
	(塊状)		○	●						
ハマサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(塊状)		○	○	○	△	○	○	○	○
ヤスリサンゴ ^o	(塊状)				○	○	○	○	●	○
キクメイシ	(塊状)	○	△	○	○	○	○	△	△	△
	(被覆・塊状)		○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キサソコ ^o	(葉)		○	○	○	○	○	○	○	●
アナサンゴモトキ	(樹枝・板状)	○	○	○	○	○	○	○	○	
	(被覆状)			○	○	○	●			
出現種類数		14	17	21	18	16	16	13	11	10
方形枠内の被度 (%)		5.0	10.2	14.3	11.4	8.9	4.9	8.5	5.0	5.0
調査地点周辺の被度 (%)		9.2	5	5	5	5	5	5	5	5

平良川河口沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		137.0	168.0	500.0	277.0	143.0	627.0	206.9	73.6	67.3
ムカシサンゴ ^o	(被覆状)			○	●					
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
ミドリイシ	(被覆状)	○	○	○	●					
	(塊状)	○	○	△	△	○	○	○	○	○
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○						
キクメイシ	(塊状)			△	○	△	○	○	○	△
	(被覆・塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆状)									○
	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		10	10	8	6	6	6	6	7	7
方形枠内の被度 (%)		6.5	6.6	5.3	2.1	2.3	2.0	1.5	2.0	3.0
調査地点周辺の被度 (%)		5	5	5	5	5	5	2	2	2

赤瀬沖縄県定点No.2		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		44.5	3.2	12.9	11.8	5.2	23.3	53.3	16.8	19.4
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	△	●				○	△
	(被覆状)								○	△
	(フール状)	○	○	○	●					
ハマサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
	(塊状)								○	○
ヤスリサンゴ ^o	(樹枝状)		○	●						
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	●				○	○
アナサンゴモトキ	(被覆状)	○	●	○	●					
出現種類数		16	15	15	0	0	0	0	5	5
方形枠内の被度 (%)		28.0	30.6	64.0	0	0	0	0	0.5	0.5
調査地点周辺の被度 (%)		35	40	50	1	1	1	1	1	1

赤瀬沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		34.1	8.7	17.6	10.4	30.7	26.5	24.9	17.2	6.6
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	△	●					
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	△	●			○	△	○
	(被覆状)	○	○	○	●				○	○
	(フール状)	○	○	△	●					
ハマサンゴ ^o	(塊状)							○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	●					
アナサンゴモトキ	(被覆状)	○	○	○	●					
出現種類数		16	19	17	0	0	0	2	2	3
方形枠内の被度 (%)		31.0	33.4	52.4	0	0	0	1.0	1.0	1.5
調査地点周辺の被度 (%)		25	30	40	1	1	1	1	1	1

漢那中港川河口沖縄県定点No.1		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSmax		367.0	1260.0	414.0	390.0	199.0	129.0	138.5	82.7	120.8
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	●		○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆・塊状)		○	●			○	○	●	○
出現種類数		2	3	2	2	2	2	2	2	3
方形枠内の被度 (%)		10.6	10.8	4.4	5.5	5.3	5.4	6.0	6.0	6.0
調査地点周辺の被度 (%)		1	1	1	1	1	1	1	1	1

表2. 続き

漢那中港川河口沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		134.0	32.1	80.2	94.3	52.5	32.7	44.8	29.6	28.6
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	△	○	○	○	○	○	○
ヤスリサンゴ ^o	(塊状)						○	●	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	△	△
	(被覆・塊状)	○	○	○	○	○	○	○	●	
	(被覆状)								○	△
出現種類数		6	6	5	3	3	4	4	5	4
方形枠内の被度 (%)		2.2	2.5	0.9	1.6	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0
調査地点周辺の被度 (%)		1	1	1	1	1	1	1	1	1

漢那中港川河口沖縄県定点No.1		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		75.6	118.0	41.4	42.6	38.8	29.3	39.0	33.9	22.8
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	●						
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	○	○	○	●			
	(葉状)	○	○	○	●					
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆・塊状)					●		●		○
	(被覆状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		7	7	6	6	5	5	4	4	5
方形枠内の被度 (%)		45.8	22.3	34.0	19.4	8.7	2.2	3.0	3.0	3.0
調査地点周辺の被度 (%)		25	25	25	20	15	5	2	2	2

漢那中港川河口沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		64.5	130.0	39.1	132.0	38.2	40.8	16.2	15.8	30.7
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	△	●					
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	○	○	○	●			
	(葉状)	○	○	○	●					
	(塊状)	○	○	○	●	○	●	○	●	
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	△	○	○	○	△	○	○	○
	(被覆・塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		9	8	8	5	7	4	5	4	4
方形枠内の被度 (%)		35.6	29.4	37.5	11.1	11.5	3.2	3.5	2.5	2.0
調査地点周辺の被度 (%)		20	20	25	10	10	10	5	5	3

石川川河口沖縄県定点No.2		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		79.7	305.0	174.0	140.0	286.0	121.0	33.5	18.2	35.3
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	●			○	○	○
	(被覆・塊状)	○	○	○	●					
	(被覆状)	○	○	○	●					
出現種類数		4	4	4	1	1	2	2	2	2
方形枠内の被度 (%)		14.3	14.1	13.6	3.2	3.3	1.6	1.5	1.5	1.5
調査地点周辺の被度 (%)		5	5	5	5	5	1	1	1	1

石川川河口沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		79.4	312.0	280.0	201.0	111.0	85.2	49.7	90.1	79.6
ムカシサンゴ ^o	(被覆状)									○
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)			○	△	○	●			
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	●						
	(被覆状)			○	○	○	●			
	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヤスリサンゴ ^o	(塊状)		○	○	○	○	○	●	○	○
ヒラフキサンゴ ^o	(葉状)					○	●			
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆・塊状)	○	○	○	○	○	○	○	●	○
	(被覆状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		7	9	10	11	12	9	8	8	10
方形枠内の被度 (%)		41.6	44.4	25.4	27.3	27.3	27.3	22.0	22.0	23.0
調査地点周辺の被度 (%)		30	30	30	30	30	15	15	15	15

アーじ島沖縄県定点No.2		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		-	28.3	61.9	53.6	100.0	62.4	46.3	60.0	148.2
ハマサンゴ ^o	(塊状)		○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		-	1	1	1	1	1	1	1	1
方形枠内の被度 (%)		-	9.9	4.6	1.8	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5
調査地点周辺の被度 (%)		1	1	1	1	1	1	1	1	1

表2. 続き

アージ島沖縄県定点No.3		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		104.0	80.3	47.4	37.5	70.0	59.2	37.9	48.8	60.4
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アナサンゴモトキ	(被覆状)	○	○	●						
出現種類数		3	3	2	1	1	1	1	1	1
方形枠内の被度 (%)		52.6	50.2	39.2	38.6	38.6	36.6	38.0	40.0	40.0
調査地点周辺の被度 (%)		1	1	1	1	1	1	1	1	1

大度沖縄県定点No.1		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		30.1	47.0	62.3	37.9	31.5	89.3	27.4	16.3	9.4
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	●						
ミドリイシ	(樹枝状)					○	○	●		
	(テーブル状)	○	○	○	●					
ハマサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
	(塊状)					○	○	○	○	○
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	○	△	△	○	○
出現種類数		4	5	4	2	4	4	3	3	3
方形枠内の被度 (%)		19.4	12.8	6.7	6.0	5.5	4.5	4.0	2.5	2.5
調査地点周辺の被度 (%)		20	20	15	10	10	5	5	5	5

大度沖縄県定点No.2		1995年	1996年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		22.0	29.6	31.4	28.0	30.7	42.4	23.0	15.3	23.5
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	○	△	○	○	○	○	○
	(葉状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	(被覆状)	○	○	○	○	○	●	○	●	
ハマサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	●					
	(塊状)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種類数		6	6	9	6	6	6	6	5	5
方形枠内の被度 (%)		70.7	70.9	66.3	66.7	79.1	75.4	78.0	80.0	80.0
調査地点周辺の被度 (%)		50	50	50	50	50	50	50	50	50

宮良川河口沖縄県定点No.2		1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		384.0	520.0	497.0	248.5	256.9	215.5
ムカンサンゴ ^o	(被覆状)						○
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)		○	○	○	●	○
ミドリイシ	(樹枝状)	○	○	△	△	△	△
	(被覆状)		○	○	○	○	○
	(テーブル状)				○	●	
ハマサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	○	○	○
ヒラフキサンゴ ^o	(葉状)			○	△	○	○
ヒワカライシ	(塊状)	○	○	○	○	○	●
オトケサンゴ ^o	(塊状)	○	○	○	△	●	
キクメイシ	(塊状)	○	○	○	○	○	○
	(被覆状)	○	○	○	○	○	○
出現種類数		15	19	19	17	8	9
方形枠内の被度 (%)		15.3	26.9	19.9	16.0	11.0	11.0
調査地点周辺の被度 (%)		15	25	20	10	10	10

白保沖縄県定点No.1		1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		86.6	97.0	58.0	39.0	46.3	29.3
ハナヤサイサンゴ ^o	(樹枝状)	○	△	○	○	●	
ミドリイシ	(樹枝状)	○	△	○	○	○	○
	(被覆状)		○	○	○	○	○
	(葉状)		○	○	○	○	○
	(被覆状)	○	●				
	(柱状)						○
ハマサンゴ ^o	(樹枝状)	○	○	○	○	○	○
	(塊状)		○	○	○	○	●
ヤスリサンゴ ^o	(塊状)					○	●
ヒラフキサンゴ ^o	(塊状)	○	●				
クサヒライシ	(非固着性)	○	△	○	●		
ヒワカライシ	(塊状)	○	○	○	○	○	○
ウミハラ	(被覆・樹枝状)	○	●				
キクメイシ	(塊状)	○	△	○	○	○	○
アオサンゴ ^o	(樹枝状)		○	○	○	○	○

表2. 続き

白保沖縄県定点No.2		1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		154.0	65.3	198.0	27.4	59.2	28.6
ミドリイシ (樹枝状)		○	○	△	○	△	○
ハマサンゴ (塊状)		○	○	○	○	○	○
ヤスリサンゴ (樹枝状)		○	○	○	○	○	○
ヒラフキサンゴ (葉状)			○	○	○	○	○
キクメイシ (塊状)		○	△	○	△	△	○
	(被覆状)			○	●	○	●
アナサンゴモトキ (被覆状)				○	●		
出現種類数		4	8	9	9	7	6
方形枠内の被度 (%)		9.5	19.0	18.0	13.0	11.5	10.5
調査地点周辺の被度 (%)		5	5	5	5	5	5

白保沖縄県定点No.3		1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		15.1	19.6	19.1	16.7	16.5	17.7
ハナヤサイサンゴ (樹枝状)		○	○	○	○	○	△
ミドリイシ (樹枝状)		○	△	○	△	○	△
	(被覆状)	○	△			○	△
	(葉状)	○	●				
ハマサンゴ (樹枝状)		○	○	○	○	○	○
	(塊状)	○	●				
ヒラフキサンゴ (葉状)			○	○	○	○	○
	(塊状)		○	○	○	○	○
クサヒライシ (非固着性)		○	△	○	○	○	○
ヒワカライシ (塊状)		○	○	○	○	○	○
ウミハラ (被覆状)							○
	(被覆・樹枝状)		○	○	○	○	○
オオトケサンゴ (塊状)							○
キクメイシ (塊状)			○	○	△	△	△
アオサンゴ (樹枝状)		○	●				
出現種類数		11	20	20	17	20	16
方形枠内の被度 (%)		20.8	24.4	21.4	12.0	17.0	16.0
調査地点周辺の被度 (%)		20	20	20	15	15	20

阿嘉島沖縄県定点No.1クシバル		1995年	1996年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		25.1	15.0	3.2	11.2	8.2	11.8	6.0	6.6
ムカシサンゴ (被覆状)								○	
ハナヤサイサンゴ (樹枝状)		○	○	●		○	●	○	●
ミドリイシ (被覆状)		○	△	△	○	△	○	△	△
	(葉状)	○	○	○	○	○	○	○	○
	(テープ状)	○	○	●					
ハマサンゴ (樹枝状)				○	○	○	○	○	○
	(塊状)			○	○	○	●		
ヤスリサンゴ (樹枝状)								○	●
ヒラフキサンゴ (葉状)					○	○	○	○	○
ヒワカライシ (塊状)				○	○	○	○	○	○
ウミハラ (葉状)									
オオトケサンゴ (塊状)								○	●
キクメイシ (樹枝状)								○	○
	(葉状)				○	●		○	○
アナサンゴモトキ (樹枝状)					○	○	△	○	○
	(被覆状)						○	●	
出現種類数		8	5	6	8	10	8	14	11
方形枠内の被度 (%)		73.4	73.7	55.3	53.0	53.0	50.0	45.0	68.0
調査地点周辺の被度 (%)		60	60	60	60	60	60	55	55

阿嘉島沖縄県定点No.2アゴノハマ		1995年	1996年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
SPSSm ax		4.8	4.9	6.0	12.9	4.8	3.9	8.8	5.6
ハナヤサイサンゴ (樹枝状)			○	○	●	○	●		○
ミドリイシ (樹枝状)			○	△	△	△	△	△	○
	(葉状)			○	○	○	○	○	○
	(被覆状)			○	○	○	●		
	(テープ状)			○	○	○	●		
ハマサンゴ (樹枝状)		○	○	○	●	○	○	○	○
	(塊状)			△	○	△	○	△	△
ヤスリサンゴ (樹枝状)								○	○
ウミハラ (葉状)					○	●			
キクメイシ (塊状)					○	●			○
	(葉状)			●					
キサンゴ (葉)		○	○	○	●	○	●	○	○
アナサンゴモトキ (樹枝状)		○	○	○	●	○	△	○	○
	(被覆状)						○		
出現種類数		6	7	17	14	22	15	15	17
方形枠内の被度 (%)		94.8	98.8	57.1	25.6	62.0	55.0	45.0	80.0
調査地点周辺の被度 (%)		60	60	60	50	60	55	55	70