

平成 14 年度

石西礁湖自然再生調査（サンゴ群集分布調査）

報 告 書 概 要

平成 15 年（2003 年）3 月

環境省自然環境局沖縄奄美地区自然保護事務所

国 土 環 境 株 式 会 社

## 1. 調査目的

石西礁湖の保全再生方策の検討に資するために、空中写真画像の解析に基づきサンゴ群集等の現況を把握し、分布図を作成、GIS化すること。

## 2. 調査内容

### (1) 調査対象

沖縄県八重山郡竹富町 石西礁湖及びその周辺海域（概ね水深 10m以浅）

### (2) 調査項目

- (2) - 1 空中写真撮影
- (2) - 2 現地サンゴ礁調査
- (2) - 3 空中写真画像解析

## 3. 調査方法

### 3-1 空中写真撮影

主な撮影範囲は、沿岸陸域を含む石西礁湖およびその周辺海域とし、撮影コースを太陽光の反射を避けるため、原則として東西方向に設定した。撮影は、2002年12月～2003年3月、雲が画像内に撮影されない天候下を選び実施した。空中写真は密着カラー焼き付け(1/15000)を行った。撮影した写真のうち、石西礁湖を中心にネガを12.5  $\mu\text{m}$  (実測 18cm/pixel 相当) でスキニングし、簡易デジタルオルソ化(1/2,500程度)の図面に重ねられる縮尺レベルの精度)した。

### 3-2 現地サンゴ礁調査

調査は本地域において1989～1992年に実施された第4回自然環境保全基礎調査の調査方法を参考に実施した。同基礎調査に準じ本調査でも、撮影されたカラー空中写真画像を利用し、サンゴ礁底性状分布図(サンゴ群集、海草群落、底質等)の作成を行うための現地調査を2003年3月1日～20日実施した。

#### (1) 現地調査地点の設定

画像類型化のため、24区に編集された各デジタル写真内で、画像を層別し、各画像に1調査地点を設け、サンゴ礁底の被度調査地点とした。なお、調査地点の選定にあたっては、平成14年度の環境省広域モニタリング調査結果\*も解析に利用するため、地点の重複を避ける方向で行った。

---

\*環境省自然環境局・自然環境研究センター。2003。平成14年度石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書.68pp。環境省自然環境局・自然環境研究センター。2003。平成14年度石西礁湖周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書。pp。

## (2) 被度調査の方法

調査地点には舟艇により、空中写真を参考に到達し、GPS による位置測定後、スキューバ潜水により目視観察でサンゴ礁底の被度調査を行った。観察は調査員 2 名により別々に調査地点において広く 5 分間の遊泳を行い、観察範囲の平均的な値を記録した。5 分間の遊泳は各地点 3 回行った。被度等測定項目は次の通りである。

- a. 水深、底質類型
- b. 生サンゴ被度、死サンゴ被度、優占種被度
- c. 植被、優占種被度、石灰藻被度
- d. サンゴ以外の主な表在底生無脊椎動物の分布
- e. 白化現象
- f. シルト堆積状況
- g. サンゴ捕食者

写真撮影：調査地点の代表的な海中景観を撮影した。

### 3-3 空中写真画像解析

#### (1) 海底性状及び被度の分析

現地サンゴ礁調査結果（112 調査地点）及び環境省広域モニタリング調査結果（132 調査地点）の合計 244 地点のデータを基に画像の判読を行い、サンゴ礁底の性状分布解析を行った。判読にあたっての海底性状及び被度の区分は表 1 及び表 2 の通り行った。

表 1 海底性状の区分

性状	記号	内容
サンゴ群集	C	礁池、礁湖底の枝状サンゴ礫域、砂底域、岩礁域などの底質に分布するサンゴ群集。海草群落と混生する場合もある。
海草群落	SG	砂底域に分布する海草群落
海藻群落	SW	前方礁原、後方礁原など干出域に分布するホンダワラ類、テングサ類群落など
枝状サンゴ礫域	G	前方礁原の干出域などに分布する枝状サンゴ礫域。サンゴが疎生する。
干出裸岩域	R	前方礁原の干出する岩礁域など。無節サンゴモ類が優占し、塊状サンゴ類が疎生する。
砂底域	S	海草、サンゴとも疎生する砂底域
泥底域	M	海草、サンゴとも疎生する泥底域

表 2 被度の区分

性 状	階級	範 囲
サンゴ群集		5%未満
		5~25%未満
		25~50%未満
		50~75%未満
		75~100%
海草群落		5%未満
		5~50%未満
		50~100%

(2) 堆積物指標によるサンゴ礁健全度試案の作成

現地サンゴ礁調査結果及び環境省広域モニタリング調査結果等を基にサンゴ礁の健全度試案を作成した。健全度試案の作成については、次の項目を基に作成した。

サンゴ被度  
シルト堆積状況

なお、シルト堆積状況については沖縄県衛生環境研究所がとりまとめた石西礁湖海域の底質中懸濁物質含量簡易測定法（SPSS）調査データのうち最新の2001年調査データも参考とした。健全度試案は表3-1に示す3段階に区分した。

表 3-1 健全度試案階級

階 級	健全度	シルト堆積状況	サンゴ被度	備 考
	低下	、	、	SPSS 階級 5~8
	やや低下		、	SPSS 階級 3~4
	普通		、	SPSS 階級 1~2

サンゴ被度が低くかつシルト堆積状況も少ない地点やサンゴ被度が高いがシルト堆積状況も多い地点があり、それらは別に表3-2に示した。

表 3-2 健全度試案階級別表

サンゴ被度 シルト					
	A	A			
			B	B	B
			B	B	B
			B	B	B

A：シルト堆積少なく、サンゴ被度も低い

B：シルト堆積多いが、サンゴ被度は高い

#### 4. 調査結果

##### 4-1 空中写真撮影

撮影は全 20 コースで行い、合計 387 枚の撮影を実施した。撮影した空中写真は、海面のみの部分を除き、密着カラー焼き付けを行い、デジタルオルソ処理し、デジタルモザイク合成したデジタル写真は、24 の区画に分割し、1 区画毎に CD-R に記録した。

##### 4-2 現地サンゴ礁調査

生サンゴ被度が 50%以上の地点は 28 地点で、そのうち 12 地点はスギノキミドリイシを主とする枝状ミドリイシ群集で、次いでエダコモンサンゴを主とする枝状コモンサンゴ群集の地点が 10 地点であった。両者とも最大の被度は約 90%であった。

死サンゴ群体は生サンゴ被度の高い地点で見られる傾向があり、被度 50%以上の地点で死サンゴのみ見られない地点は 2 地点のみであった。死サンゴ被度が 5%以上あったのはヨナラ水道西側（被度 81%）、竹富島南沖礁（被度 20%）、新城島マイビシ礁付近（被度 33%）の 3 地点であった。死サンゴの位置、白色骨格の状態から死滅の原因は食害と推定されるが、捕食者であるオニヒトデを確認できたのは 3 地点のみで、各 1 個体であった。シロレイシガイダマシ類を確認したのは 1 地点で 20-50 個体であった。

いわゆる白化現象については、全地点で明確な白化は確認できなかった。調査時期が低水温期であったため、高水温に起因する白化現象の発生はなかったと考えられる。

海草群落の調査地点は 11 地点で、最大被度は 90%、リュウキュウスガモを主とする群落が多くみられた。

シルトの堆積状況は、74%の地点で非常に少なく（ランク 1）、21%の地点でやや堆積し（ランク 2）、4%の地点で多く堆積が認められ（ランク 3）、1%の地点で非常に多く堆積が認められた（ランク 4）。ランク 3 及び 4 が分布するのは、川平湾内、石垣市街地周辺、轟

川河口、小浜島東沖、西表島東岸、仲間川河口の6海域であった。

#### 4-3 空中写真画像解析

##### (1) 海底性状及び被度の分布

性状別の分布状況は別図の通りである。

###### サンゴ群集

川平湾口～川平石崎にかけての礁池にユビエダハマサンゴを優占種とする群集(被度 )が2ヶ所あり、その面積は西側が25ha、東側が2haである。前方礁原と礁池の境付近には海岸線に平行に枝状コモンサンゴ群集(被度 )の帯状分布が見られる。前方礁原にもエダコモンサンゴを優占種とする群集(被度 )があり、その面積は35haである。

石垣港南側の水路沿いに枝状コモンサンゴの高被度( )域9haがあり、水路を隔てた向かい側市街地沖の礁池にもエダコモンサンゴを優占種とする被度 の群集(10ha)が分布する。これに隣接して、ユビエダハマサンゴ(被度 )の群集(16ha)がみられる。

白保付近礁池にはアオサンゴ(被度 、面積6ha)、枝状コモンサンゴの生息が広くみられる。轟川の北側にも枝状コモンサンゴの群集(被度 、面積6ha)が分布する。

アーサーピー礁湖の北部礁原付近には枝状コモンサンゴ類の群集(被度 、面積51ha)があり、中央礁原付近にはユビエダハマサンゴとスギノキミドリイシを主とする規模の大きい群集(被度 、面積126ha)が分布する。南部礁原付近にも広いエダコモンサンゴを主とする群集(被度 、面積71ha)がある。礁湖中央にはコエダミドリイシが優占する群集(被度 、面積39ha)とスギノキミドリイシを優占種とする群集(被度 、面積146ha)が分布する。

シモビシ北側には枝状ミドリイシの分布が広がり、スギノキミドリイシやトゲスギミドリイシの被度 の群集がみられる。

小浜島東の礁湖はほぼ低被度域( 、 )となっており、回復が進んでいない。小浜島北側も同様の状態である。小浜島の南側のやや水深の深い地域には広大なスギノキミドリイシを優占種とする群集(被度 、面積433ha)が広がり、小浜島から東へ延びる礁まで続いている。

ウラビシ付近には礁原上にヒメマツミドリイシを主とする群集(被度 、面積33ha)があり、黒島の北側礁にはスギノキミドリイシ等多種のみドリイシが生息する群集(被度 、面積4ha)がある。

黒島には南～北東にかけて広い礁池が分布するが、キャングチ礁原上のエダコモンサンゴなどの群集(被度 、面積20ha)及びキャングチ北側礁池のエダアザミサンゴ(被度 、面積7ha)群集を除くと礁池の被度は低く、概ね ～ と思われる。

南西側礁池には枝状コモンサンゴ(被度 )が変わらず生息している。

新城島周辺は回復の進んでいる海域である。下地西側礁池にはクシハダミドリイシなど多種のミドリイシが高被度( )で広く分布し(面積 90ha)、マイビシもハナバチミドリイシなど卓状ミドリイシが被度 ~ で広く分布する(面積 56ha)。

西表島沿岸は概ね砂泥底域となっているが、ヨナラ水道には細く帯状に枝状ミドリイシの高被度( )分布域がある。仲間川北側の離礁帯の斜面には比較的被度の高いミドリイシ類の分布域があり、多様な種の出現がみられる。離礁上の一部ではエダコモンサンゴ、オトメミドリイシの高被度( )分布域(面積 6ha)がみられた。

#### 海草群落

川平石崎南側～崎枝湾にかけて帯状に海草群落分布(最大被度 73%)しており、その主な構成種はポウバアマモ、リュウキュウスガモ、ベニアマモである。

名蔵湾には広大な海草群落が広がっており、その面積は約 300ha で、リュウキュウスガモ、ベニアマモなどで構成されている。

石垣市街地北側礁池はほぼ海草群落(最大被度 63%)となっており、リュウキュウスガモ、ベニアマモなどが出現する。

白保～轟川北にかけての礁池には岸よりに帯状に海草群落(最大被度 80%)が分布する。主な出現種はリュウキュウスガモである。

西表島東岸にはやや沖側にサンゴ分布域手前まで帯状に広大な海草群落が分布する(面積約 730ha)。主な出現種はリュウキュウスガモ、ベニアマモでウミシヨウブの出現する場所もある。最大被度は南岸の群落で 90%であった。

この他、竹富島東側礁池、西側礁原、小浜島西側礁池などにまとまった規模の群落が存在する。

#### (2) 堆積物指標によるサンゴ礁健全度試案の作成

サンゴ礁健全度試案を作成した結果を図 1 に示す。

調査海域において、健全度試案階級 の主たる分布は川平湾内、名蔵湾内、石垣市街地周辺、西表島東岸で、川平湾内を除いていずれも河川の影響を強く受ける海域である。川平湾内は深い湾入の最奥部を中心にシルトの堆積が多い。名蔵湾内は名蔵川からの泥土の流出の影響を受け、河口から北側に特に堆積が多い。石垣港北側の石垣市街地沿岸域は新川川からの泥土の流出の影響が大きい。本調査の空中写真からも河口からの泥流の拡散を見ることができる。西表島東岸域も仲間川をはじめとする河川から流出する泥土の堆積が沿岸に沿って広く分布している。

健全度試案階級 の主たる分布は轟川河口北礁池、宮良湾東礁池、竹富島南西域、小浜島周辺域、黒島周辺域である。轟川河口北、宮良湾東は河川からの泥土流出の影響を受け、堆積物が多く、竹富島、小浜島、黒島周辺の堆積物は島における農牧

地開発の結果による影響と推察される。

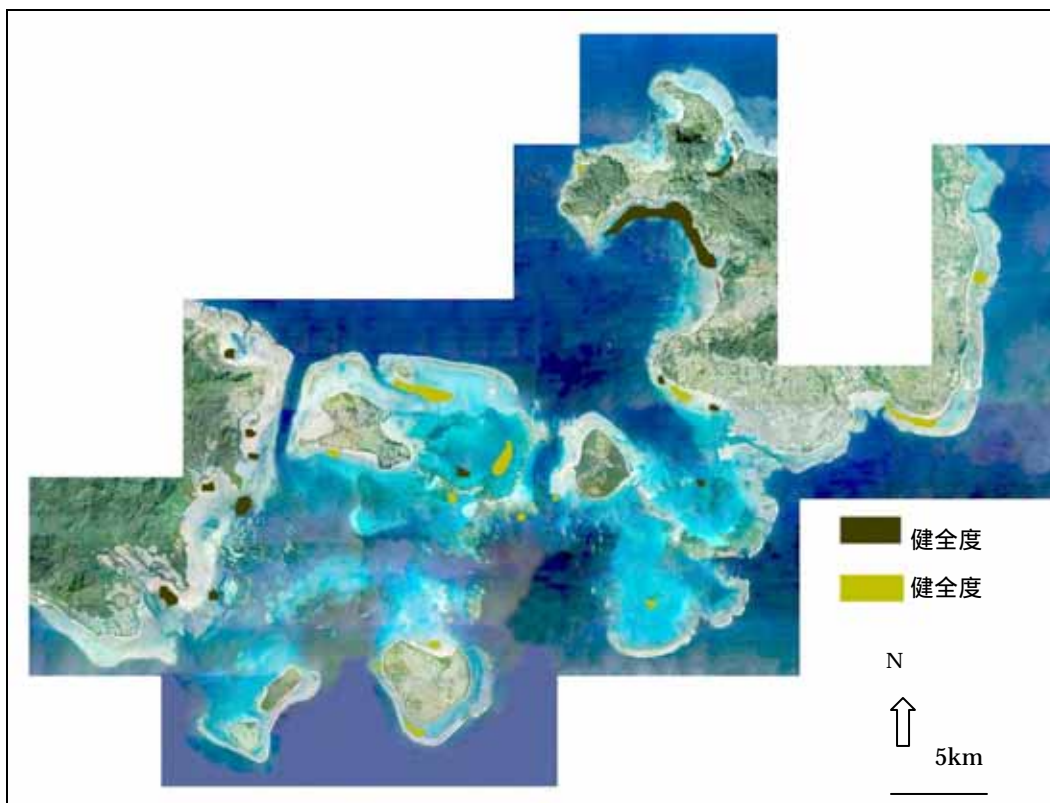


図1 サンゴ礁健全度試案分布図

## 5. まとめ

### (1) 石西礁湖サンゴ群集の変遷

1980年に環境庁は石西礁湖の海中景観の保全と活用計画策定のために、カラー空中写真(国土地理院1977年撮影)画像を基に礁湖のサンゴ群集の分布状況を調査し、サンゴ類分布図を作成した(環境庁自然保護局・国立公園協会1981)。同分布図では量的データが示されていないものの、石西礁湖全域がサンゴ群集分布域とされており、死滅サンゴ域は1974年から見られ始めたオニヒトデ食害を被ったと思われるウマノハピー礁湖に限られている。被度の高い枝状ミドリイシの分布が小浜島東部から竹富島を経てウマノハピーにかけて、ウラビシから黒島キャングチ礁池にかけて及びマイビシ付近に広がり(図2)サンゴ群集がほぼ最大限に成長した状態だったと推定される。



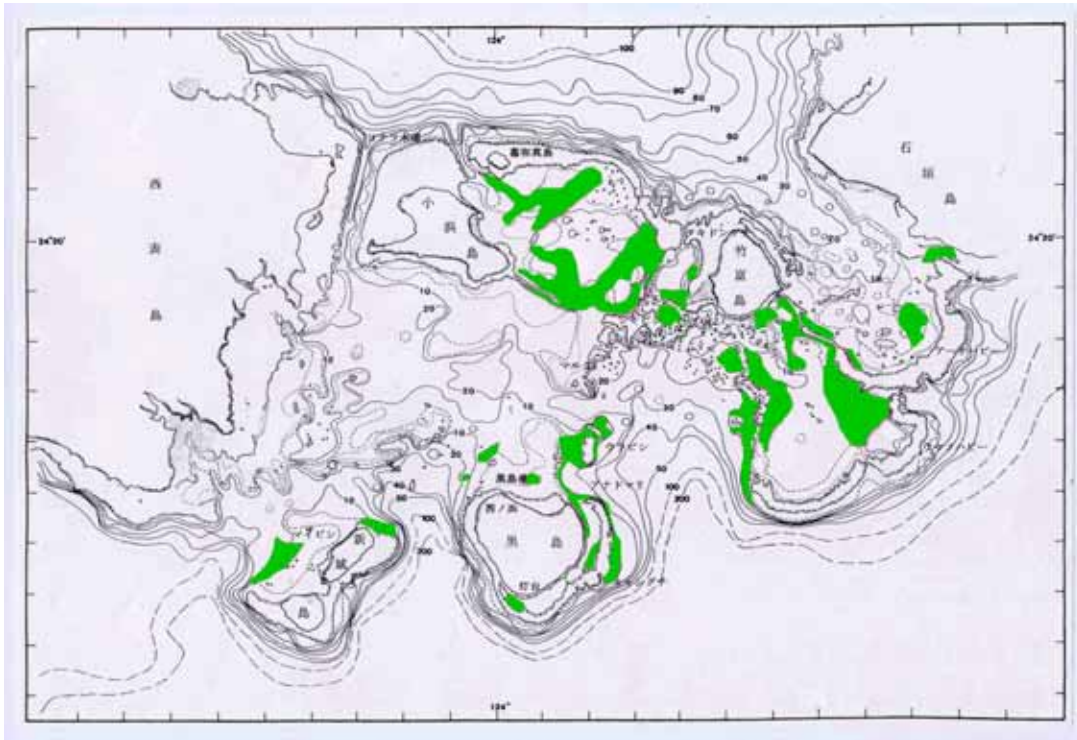


図2 1980年頃の石西礁湖における枝状ミドリイシ高被度域

1980年調査直後、石西礁湖ではオニヒトデ大発生が起こり、礁湖のサンゴは食害により小浜島北部を除いて、ほぼ死滅した。その後1980年代にはほとんどサンゴの回復は進まなかったが、1990年代初頭から次第に回復の兆しが見られるようになった(図3)。

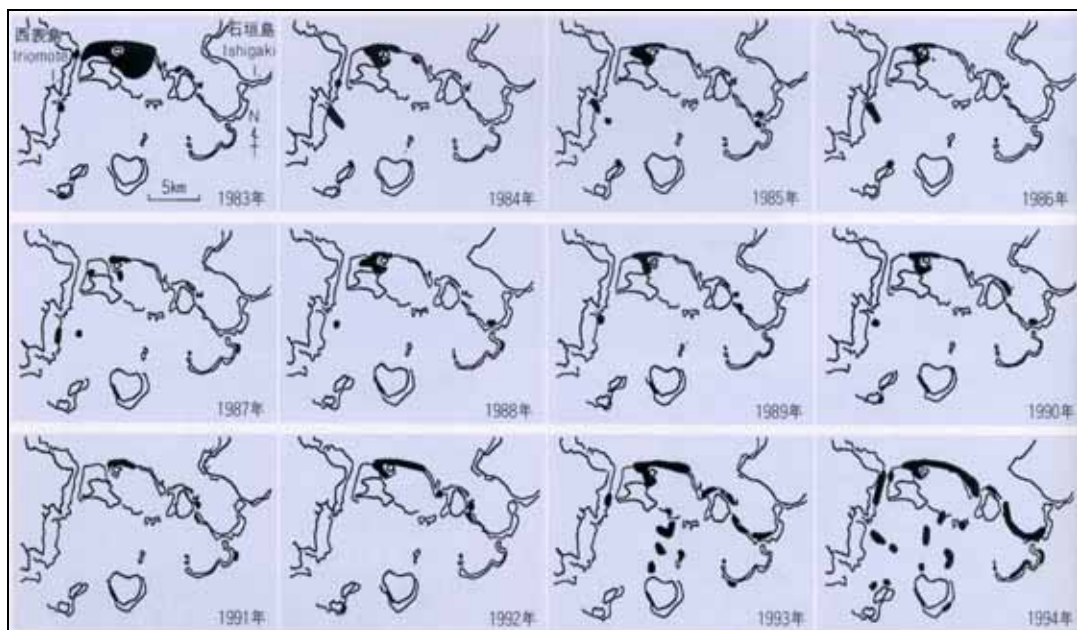


図3 石西礁湖におけるサンゴ被度50%以上分布域の変遷(森 1995)

1991 年に行われた環境庁（当時）の自然環境保全基礎調査サンゴ礁調査の結果（図 4）は石西礁湖において最もサンゴ群集が衰退した後、回復に向かう turning point の状況が把握されたもので、石西礁湖のサンゴ群集は半分以上が被度 5% 未満の低被度域であった。

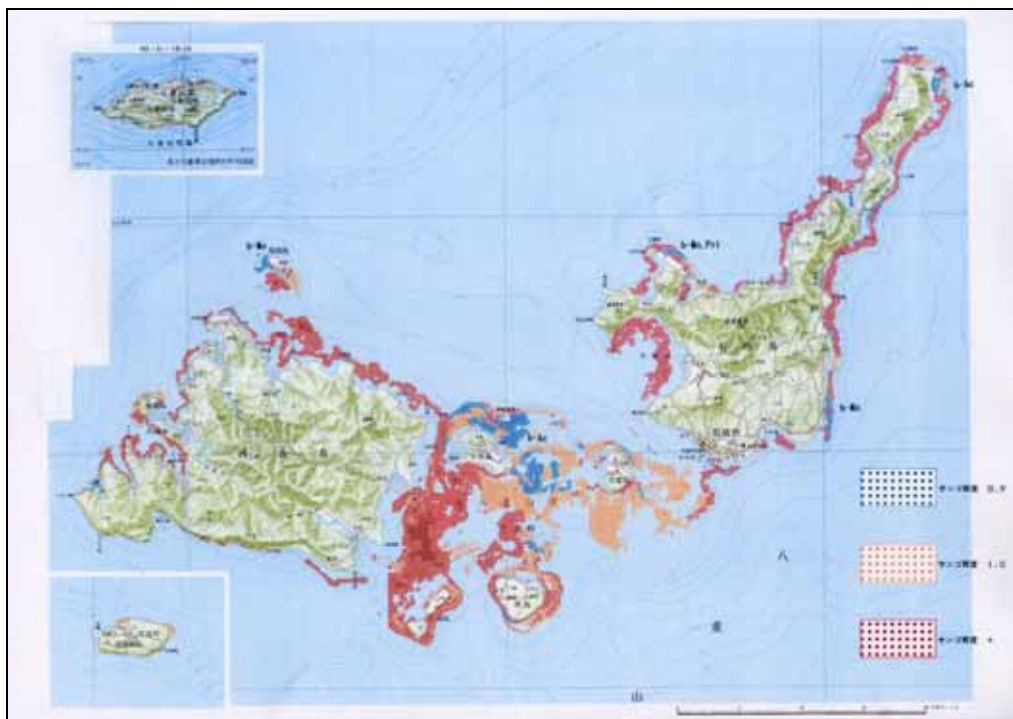


図 4 1991 年当時の石西礁湖におけるサンゴ被度分布図

上述した 1980 年調査サンゴ類分布図で被度 50% 以上の高被度分布域が 1991 年自然環境保全基礎調査時及び今回調査でどのように変化したかを比較した結果を図 5 に示す。

比較の結果、1991 年には小浜島では分布面積は増加したが、東部の分布域が消滅しているため、分布状態としては縮小の傾向がみえる。黒島周辺では分布域は 15% に減少し、ウラビシを除くとほぼ消滅している。新城島周辺では 0% に分布面積が減少し、全く見られなくなっている。竹富島周辺では 1991 年調査で、空中写真撮影区域外であったウマノハピー礁湖の調査がなされていないため、正確に比較することはできないが、調査実施海域のデータから類推すると相当に減少したと思われる。このように、石西礁湖では 1980 年当時分布が見られた広大な被度 50% 以上の高被度サンゴ分布域は 1980 年頃のオニヒトデ大発生による食害のため、1991 年にはほぼその面積を半分に減じ、分布海域を著しく減少させた。

2003 年には、黒島では 1991 年とほとんど変化はみられない。新城島周辺では、マイビシに卓状ミドリイシが回復しつつあり、また周辺にも被度 の高被度域が広がっており、回復が著しい。小浜島周辺では、1991 年に分布していた広範な枝状ミドリイシの群集が消滅し、サンゴ群集の衰退が著しい。白化による影響が大きいと思われる。竹富島周辺では、アーサーピー礁湖の枝状ミドリイシの回復が著しく、1980 年当時よりも面積は大きい。竹

富島西礁池の枝状ミドリイシもほぼ 1980 年当時の状況に回復した。ウマノハピー礁湖は回復の途上段階と思われる。

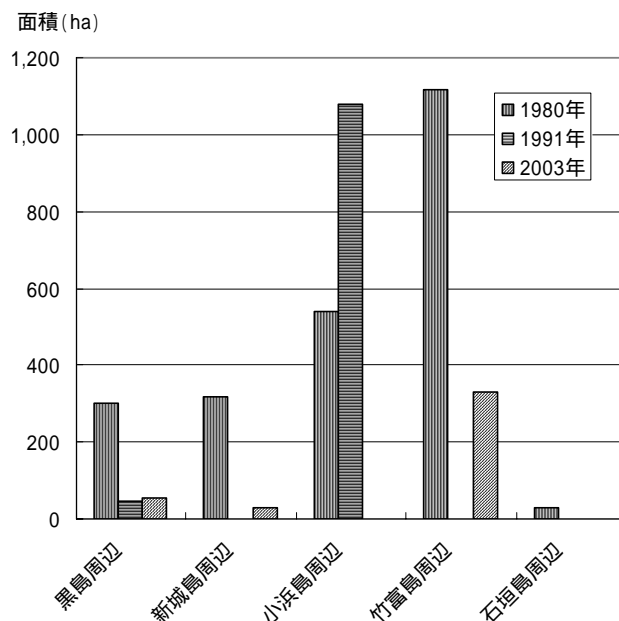


図5 サンゴ高被度（50%以上）域面積の変化

（竹富島周辺は空中写真撮影区域外を含むため 1991 年データは不明）

なお、1980 年調査では竹富島、黒島周辺ではコドラート調査により被度データが得られている。今回調査と同一もしくは近縁の地点のデータを比較したものを図 6 に示す。1991 年調査では被度データが得られていないので、サンゴ礁分布図から読み取った 3 段階被度（5%未満、5～50%、50%～100%）の各中央値を参考に示すこととする。

これによれば、黒島キャングチ前方礁原、黒島灯台西礁池、竹富島西礁湖ではオニヒトデによる食害後回復が進み、ほぼ 1980 年頃の状態に戻ったとみられる。しかし、優占する種類は黒島キャングチ前方礁原ではミドリイシ枝低型が枝状コモンサンゴに、黒島灯台西ではミドリイシ枝低型が欠け枝状コモンサンゴが主へと変化している。黒島アナドマリでは 1991 年よりも今回のほうが被度が低下し、1980 年頃のミドリイシ枝高型が欠けた状態となっている。黒島キャングチ付近礁池及び黒島西ノ浜では被度の回復はみられず、特に西ノ浜は現在ほとんどサンゴの見られない状態となっている。西ノ浜はシルトの堆積がやみられる場所であり、サンゴの回復の阻害要因となっていることが示唆される。

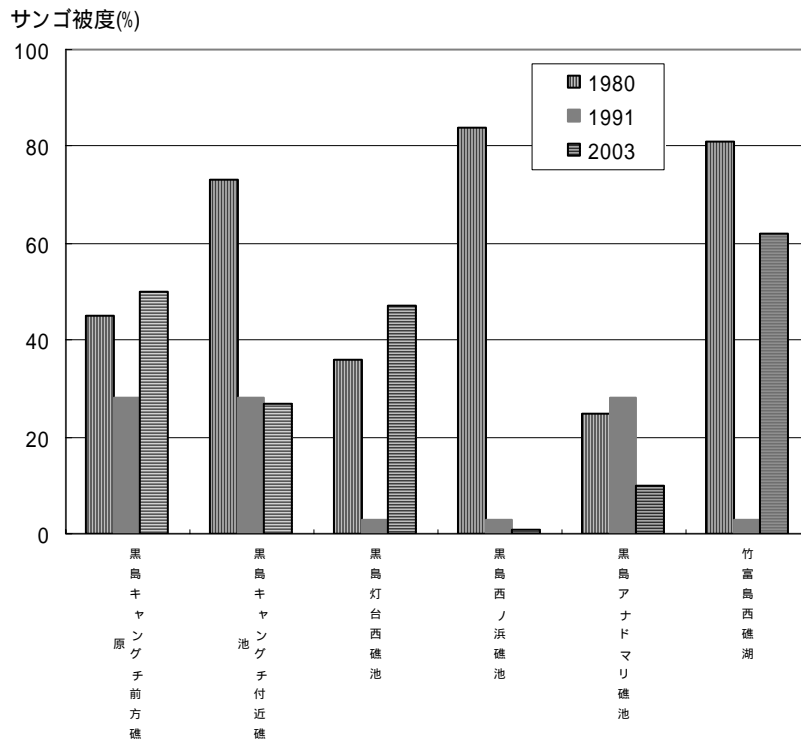


図6 サンゴ被度の比較（1980年、1991年、2003年）

このように石西礁湖のサンゴ群集は1980年までの極相的状态からオニヒトデ大発生による大規模な衰退を経て、1990年頃まで顕著な回復の見られない状態が続いていたが、1990年代後半には急速に回復し、旧に復するほどになった。しかし、1998年に琉球列島全域で起こった大規模なサンゴの白化現象により、南部を除いて再び礁湖のサンゴ群集は衰退した。2001年には小規模ながら再び白化現象が起こり、南部のサンゴ群集も衰退したが、今回調査の結果から再び回復途上にあると判断される。

## (2) サンゴ礁修復

サンゴ被度分布及び健全度分布状況を合わせて検討すると、シルト堆積がなくてもサンゴ被度の低い地点が多く分布することがわかる。これらの地点におけるサンゴ低被度の原因は主として過去のオニヒトデ食害とサンゴ白化現象によるものと思われる。これらサンゴ礁の攪乱による死滅後、回復の進まないことによるものである。

今回の調査結果は白化現象による衰退後の回復途上を捉えたものと理解できる。礁湖中央部、アーサーピー礁湖、ウラビシ、新城島周辺等では回復が著しく、高被度域の分布がみられるが、小浜島北部、竹富島南航路付近、黒島東礁池周辺ではシルト堆積が低いにもかかわらず、被度の低い地点がみられる。これらの地点の中から水深、底質、過去のサンゴ生息状況、幼生供給源としての貢献可能性について検討の上、好適な地点を選定し、サ

ンゴ礁修復を行うことが望まれる。幼生供給源としての貢献可能性については、礁湖における流動詳細についての情報が不足しているため言及できないが、その他の条件について好適と思われる地点を抽出し、サンゴ礁修復候補地として図8に示す。

石西礁湖の再生を主眼とすれば、産卵期に卓越する南風による吹送流で浮遊卵・幼生が礁湖内の各地に分散しやすい地点を優先的に選定する必要がある。その観点からはできるだけ南部に位置する地点が有利と思われ、候補地の中では、黒島東礁池、ウラビシ、黒島港北西礁が有力な候補地としてあげられる。

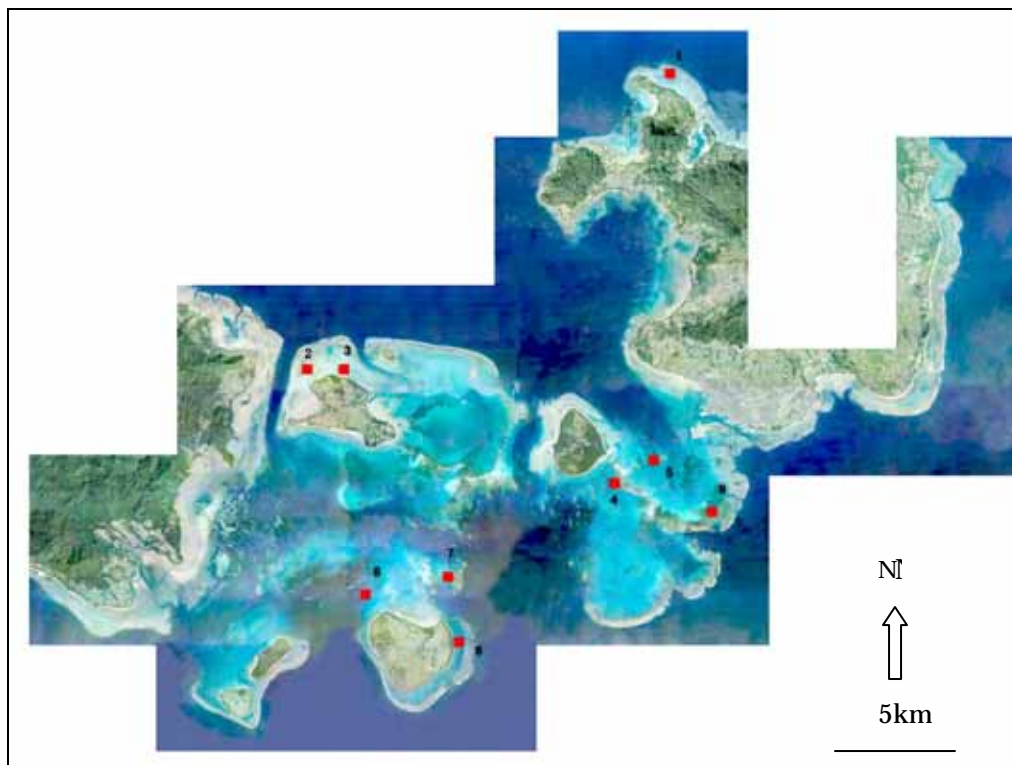


図8 サンゴ礁修復候補地点

### (3) サンゴ礁保存区

現在のサンゴ高被度域のうちで比較的規模の大きな海域は主として石垣島川平石崎東礁池、石垣島白保礁池、石西礁湖中央、アーサーピー礁湖、ウラビシ、新城島西礁池、黒島東礁池の7ヶ所である(図9)。いずれも、陸域からの強度な泥土流出の影響を免れている海域で、これらのサンゴ群集域と海中公園地区(黒島キャングチ、竹富島シモビシは上記と重なっている。また、竹富島タキドングチ、新城島マイビシも被度は比較的高い)を保存区として管理することにより、オニヒトデ食害などから守られ、他海域への幼生供給源として永続的に機能することが期待できる。しかし、現状ではサンゴの分布状況及びシルトの堆積以外の環境条件については十分な知見が得られていないため、保存区としての科学的な評価を行うことは困難である。そのため、幼生の挙動を予測するための流動調査、基本的な生息環境である水温変動調査、堆積状態を把握する堆積物トラップ詳細調査を通

年に渡り行う必要がある。

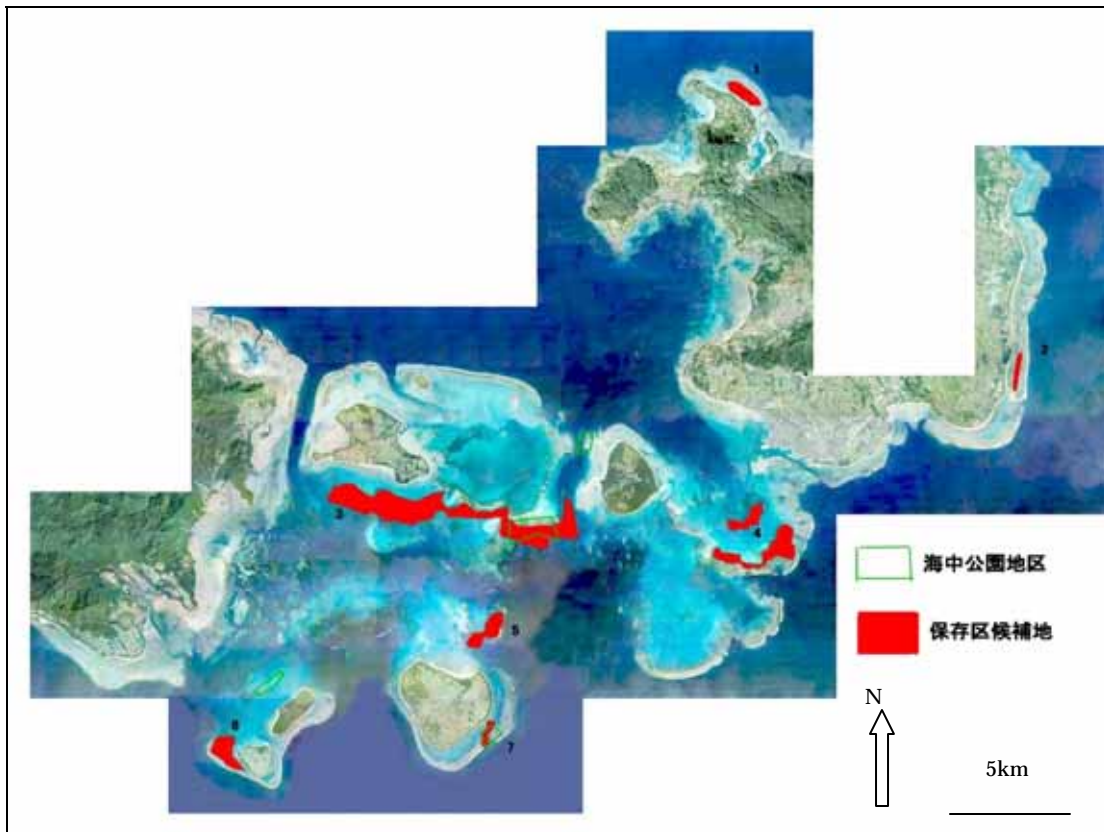


図9 サンゴ礁保存区候補地