

## 平成14年度調査

### 結果概要（その他の調査項目）

## 目 次

1 . 調査の構成.....	3
2 . 潮流等の調査.....	4
( 1 ) 観測期間.....	4
( 2 ) 観測方法.....	4
( 3 ) 観測地点および使用測器.....	4
( 4 ) 結論.....	5
3 . サンゴ礁.....	7
( 1 ) サンゴ礁のモニタリング調査.....	7
( 2 ) 被度解析の結果.....	7
4 . 海 草.....	9
5 . マングローブ.....	9
6 . 赤土の流出.....	10
( 1 ) 国頭マージ土壌の分布.....	10
( 2 ) 赤土流出の歴史的背景.....	10
7 . 土地利用状況.....	11
( 1 ) 土地利用状況の把握 ( SPOT5 衛星画像の利用 ).....	11
( 2 ) 解析結果.....	11
8 . オニヒトデによる食害.....	14
9 . サンゴの白化.....	15
1 0 . 漁業による利用.....	16
1 1 . 観光業による利用.....	17
1 2 . サンゴ礁域の保全・再生事例.....	18
1 3 . 自然再生へのシナリオ.....	19
( 1 ) 石西礁湖のサンゴ礁保全 - 攪乱要因の排除.....	19
1 ) オニヒトデ.....	19
2 ) 陸域の赤土流出.....	19
3 ) 高水温による白化.....	19
4 ) その他の攪乱.....	20
( 2 ) 対策を検討するためのアプローチ.....	20
( 3 ) 重点地域の設定.....	21

## 1. 調査の構成

本調査は、石西礁湖地域における自然環境の現在の状況と過去からの経過を把握し、自然環境の保全・再生方策を検討するための基礎的資料を準備することを目的として実施した。

調査項目を表1に示す。

表1 調査項目一覧

調査項目	調査方法	主な実施内容	アウトプット
サンゴ礁の分布	広域モニタリング調査結果の解析	モニタリング地点でのサンゴ礁の経年変化、活力度の差などによるエリア分け	サンゴ礁分布変化 再生の早いサンゴ礁域など
	海中公園計画基礎調査	マンタ法、スポットチェック法によるサンゴ類の被度等の調査	妥当性の検討 公園指定範囲の検討
	既存文献資料調査	石西礁湖および自然再生関連収集	石西礁湖関連文献リスト 文献検索用データベース
沿岸植生 陸域植生 マングローブ 藻場	衛星写真画像解析	陸域の植生、海岸線の構造物	陸域の現況植生
	既存文献資料調査	文献収集、情報の抽出	
赤土等による海洋汚染	河口域濁度等の計測	濁度、流量など	潮流の動態など
	海水流動調査	流動の方向、速度の把握	
	赤土流出量調査	流域農地の面積、勾配、作物等を踏査し、モデル計算から推定する。	主要河川からの推定流出量
	行政資料等の調査	海域での工事等の現状	航路等の浚渫工事状況
オニヒトデによる食害	既存文献資料調査	オニヒトデ駆除情報	オニヒトデによる食害の現過去の発生状況
高水温による白化	既存文献資料調査	白化の広がり	白化の状況 石西礁湖の水温特性
海域の利用状況 (漁業、観光など)	行政資料、漁獲統計などの資料調査	行政資料調査 漁場情報の整理 (地点情報把握)	漁業による利用状況 ダイビング等観光利用状況
		行政資料、漁獲統計などの資料調査	
		ダイビング地点情報など ウミガメ産卵地	
陸域・海岸部開発	衛星写真画像解析	土地利用状況 沿岸部の改変現況	土地利用状況 沿岸部の改変現況
	行政資料調査		
再生/管理技術 社会経済状況	既存文献資料調査	事例収集、整理	サンゴ礁・藻場再生事例 沿岸管理事例

## 2. 潮流等の調査

石西礁湖内の流動構造、出水時における淡水・濁質の輸送特性、水温特性の解明を目的として石西礁湖内及び主要河川河口域において海水流動調査等を行った。

### (1) 観測期間

2002年10月上旬から12月上旬の約2ヵ月間、自記式センサーによる連続観測を行った。測器の電池やメモリー制約の都合上、11月5日から11月11日の期間にほとんどの測器についての電池交換、データのダウンロードを含めた中間点検を行った。また、GPS搭載小型漂流ブイによる海水流動観測を11月9日と10日に行った。

### (2) 観測方法

現地観測は、多数の自記式センサーによる連続観測を主体に行った。流動場観測とともに、海水流動機構の解析に必要な水位・波浪観測や濁質・淡水・熱輸送特性を把握する為に濁度・塩分・水温に関する連続観測を行った。

これらの観測は基本的には多点係留ブイ方式によって行ったが、流速観測についてはブイ係留した流速計の他にGPS搭載小型漂流ブイによって表層水塊のラグランジュ的流動観測を11月上旬に行った。また、10月上旬、11月上旬、12月上旬には各観測点においてSTDによる海水鉛直構造観測を行った。さらに、河川からの出水を捕らえるために石西礁湖付近の5河川(名蔵川・新川川・宮良川・後良川・仲間川)の河口域に水位計・濁度計を設置するとともに、それぞれの河川流域の代表的な地点に雨量計を設置した。また、風向風速・日射量を測定した。

### (3) 観測地点および使用測器

観測地点を図1に示す。石西礁湖内およびその周辺海域24地点(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, Ma, Mt, N, O1, O2, O3, O4, W1, W2, W3, W4, P) 上述の5河川の河川内および河口7地点(R1, R2, R3, R4d, R4t, R5d, R5t) 雨量計を設置した5地点(R1r, R2r, R3r, R4r, R5r) 風速計・日射計を設置した黒島の1地点(We)を観測地点とした。それぞれの緯度・経度・水深および設置した測器を表2に示す。

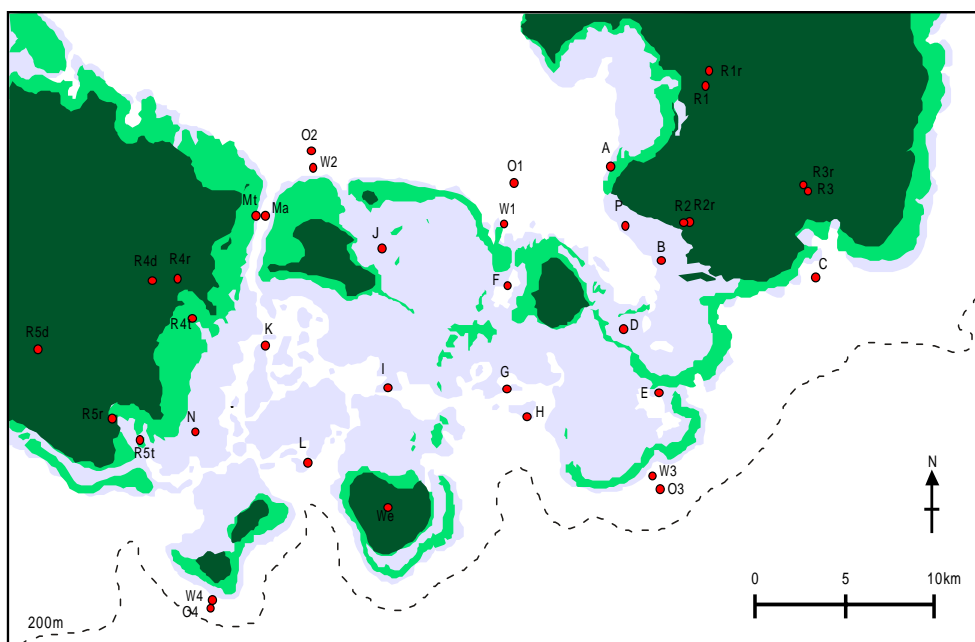


図1 観測地点

表2 観測地点の緯度経度、設置測器

地点名	水深(m)	緯度(WGS)		経度(WGS)		使用測器							
						流速計	水位・波高計	濁度	塩分(表層)	塩分(底層)	水温計	水温計	他
A	4.8	24	22.554	124	6.792	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
B	7.4	24	20.242	124	8.260	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
C	12.8	24	20.001	124	12.585	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
D	9	24	18.660	124	7.109	Compact-EM	Compact-WH	Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
E	12.8	24	17.220	124	8.276	Compact-EM	Compact-WH	Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
F	16	24	19.566	124	3.848	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
G	17	24	17.250	124	3.917		Compact-WH						
H	25.6	24	16.634	124	4.480	Compact-EM			Compact-CT		HOBO WTP ×4		
I	15	24	17.267	124	0.783	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
J	5.5	24	20.472	124	0.435	Compact-EM	Compact-WH	Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
K	13.8	24	18.109	123	57.086	Compact-EM	Compact-WH	Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
L	26	24	15.396	123	58.234	Compact-EM			Compact-CT		HOBO WTP ×4		
M-a	24.5	24	21.251	123	57.028	WH-ADCP					HOBO WTP ×4		
M-t	12	24	21.228	123	56.853	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
N	16	24	16.093	123	55.135	Compact-EM	Compact-WH	Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
P	6	24	21.098	124	7.093	Compact-EM		Compact-CL	Compact-CT		HOBO WTP ×3		
O1	50	24	22.083	124	3.967				Compact-CT	Compact-CT	HOBO WTP ×4	TidbiT ×4	
O2	51	24	22.690	123	58.420				Compact-CT	Compact-CT	HOBO WTP ×4	TidbiT ×4	
O3	49	24	14.854	124	8.129				Compact-CT	Compact-CT	HOBO WTP ×4	TidbiT ×4	
O4	49	24	11.969	123	55.674				Compact-CT	Compact-CT	HOBO WTP ×4	TidbiT ×4	
W1	13.7	24	20.958	124	3.712		Compact-WH						
W2	12	24	22.349	123	58.457	Compact-EM	Compact-WH						
W3	14.5	24	15.102	124	8.013	Compact-EM	Compact-WH						
W4	15	24	12.086	123	55.703		Compact-WH						
R1		24	23.875	124	9.286		DIVER	ACL104					
R2		24	21.183	124	8.911		DIVER	ATU5					
R3		24	22.069	124	12.265		DIVER	ACL104					
R4d		24	19.821	123	53.770		DIVER						
R4t		24	18.657	123	55.200			Compact-CL					
R5d		24	17.992	123	50.731		DIVER						
R5t		24	16.279	123	53.335			Compact-CL					
R1r		24	24.305	124	9.381								雨量計
R2r		24	21.178	124	9.025								雨量計
R3r		24	22.174	124	12.183								雨量計
R4r		24	19.856	123	54.545								雨量計
R5r		24	16.439	123	52.783								雨量計
We		24	14.507	124	0.458								風向風速計 日射計

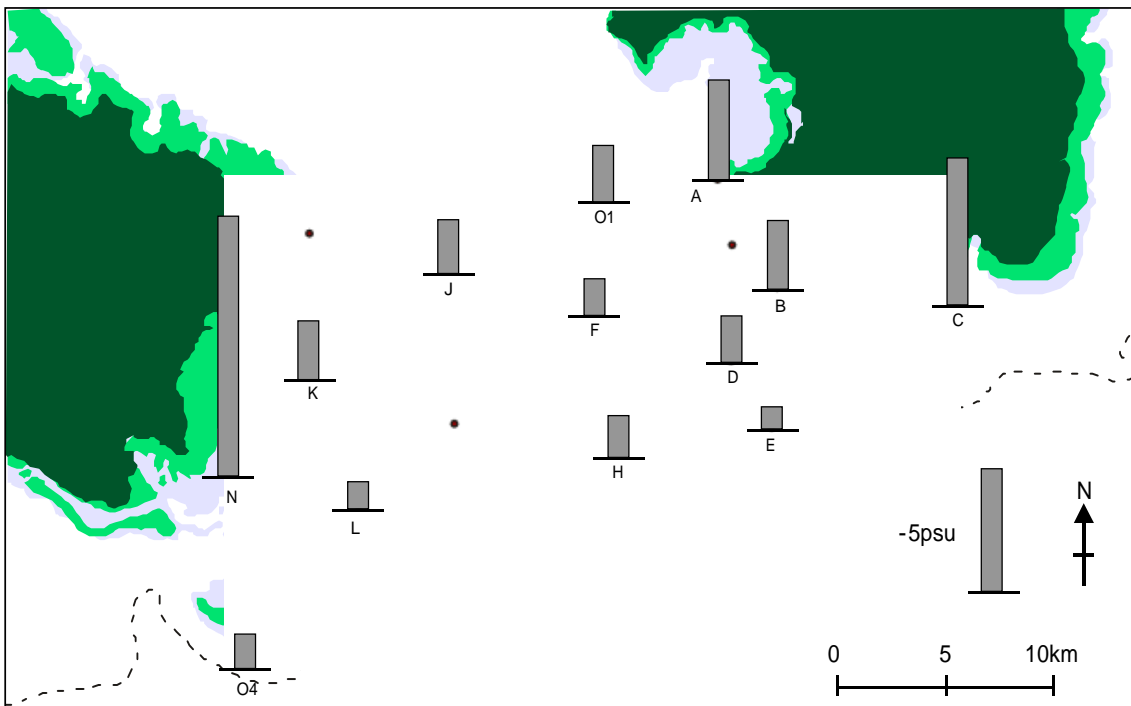
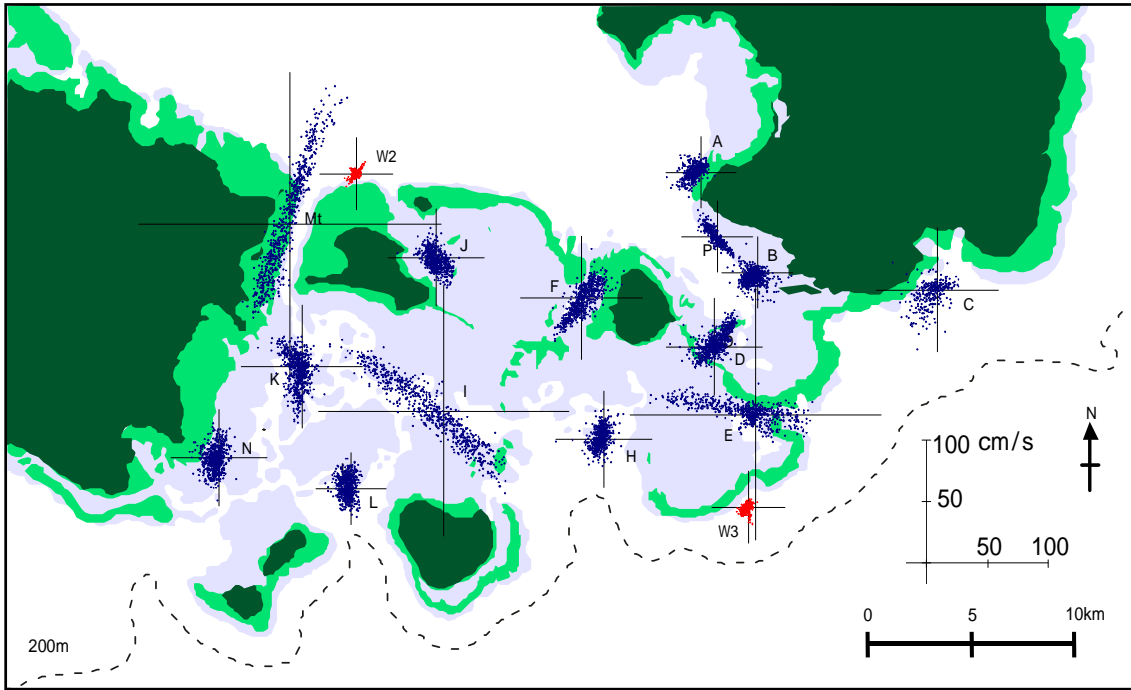
(4) 結論

2002年10月上旬から12月上旬までの約2ヵ月間の観測から得られた主要な結論を以下のとおりである。

石西礁湖内の流動場は、陸やリーフなどの複雑な地形により流速の主軸方向や変動幅、潮流の位相が場所により大きく異なる。N(西表島東南)では潮流は弱く、よどみやすいといえる。平均流速から、E(ウマノハピー北)、H(黒島北東)、L(黒島北西)地点では平均的に海水が石西礁湖内に流入する方向で、D(竹富島南東)、M(ヨナラ水道)地点では出ていく方向となっている。

河川出水の影響は、小浜島周辺を除くと、出水の影響は河口付近の地点に限られていた。また、出水時における沿岸部での濁度上昇量は石垣側の方が西表側より顕著で、石垣島からの赤土流入の割合が大きいことがわかった。

この時期の水温の特徴として、石西礁湖内では外洋側に比べて水温が低く、特に水温が浅い場所や外洋との海水交換が少ない地点では、数日スケールの気象擾乱に対する低温化応答幅が大きくなる。そして、外洋の暖かい水塊と石西礁湖内の冷たい水塊をつなぐ水路周辺では、水平移流効果による潮汐周期の水温変動が顕著に現れる。



### 3. サンゴ礁

#### (1) サンゴ礁のモニタリング調査

この20年間に蓄積された石西礁湖およびその周辺海域のサンゴ群集の状態を記録したサンゴ礁モニタリング調査のデータを集積し、解析を試みた。

モニタリング調査地点は、現在、石西礁湖海域に104地点、西表周辺海域に21地点の合計125地点である。

図5に石西礁湖海域のサンゴ礁モニタリング調査地点を示す。

#### (2) 被度解析の結果

高被度サンゴ海域は図6のように、3海域にまとめることができる。さらにこの中には4つの海中公園地区のうち、キャングチ海中公園地区を除く3つの海中公園地区が存在する。

低被度サンゴ海域は図7のように、2海域に大きくまとめることができる。

なお黒島東岸のSt. 10はキャングチ海中公園地区に含まれるにもかかわらず、被度の非常に低い地点であり、その他の低被度地点とのつながりもないように見受けられる。この海域はかつて非常に高被度の背の高い枝状ミドリイシの群落のあった所である。

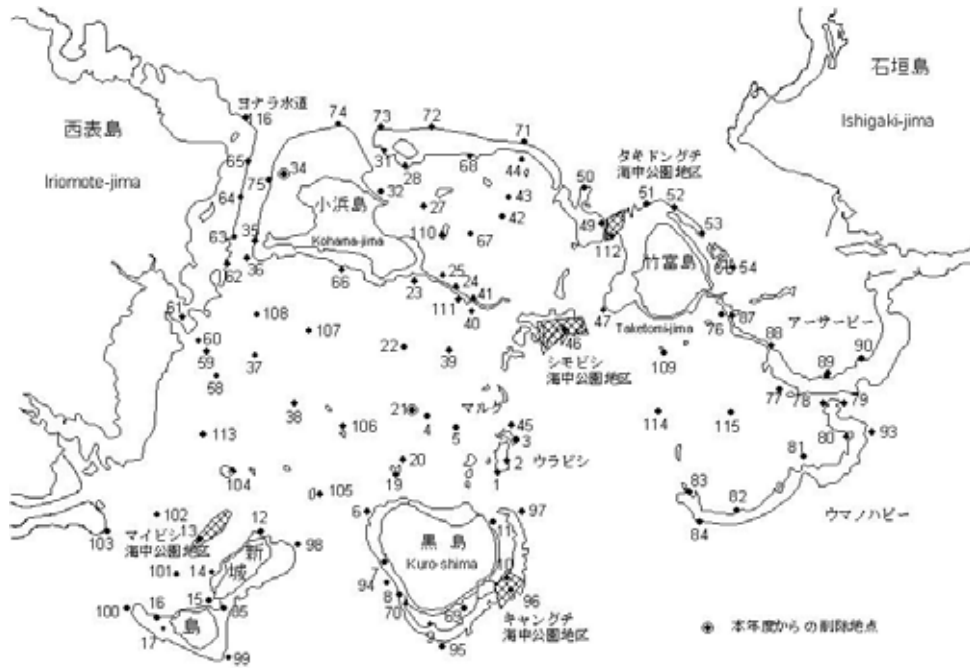


図5 サンゴ礁モニタリング調査地点

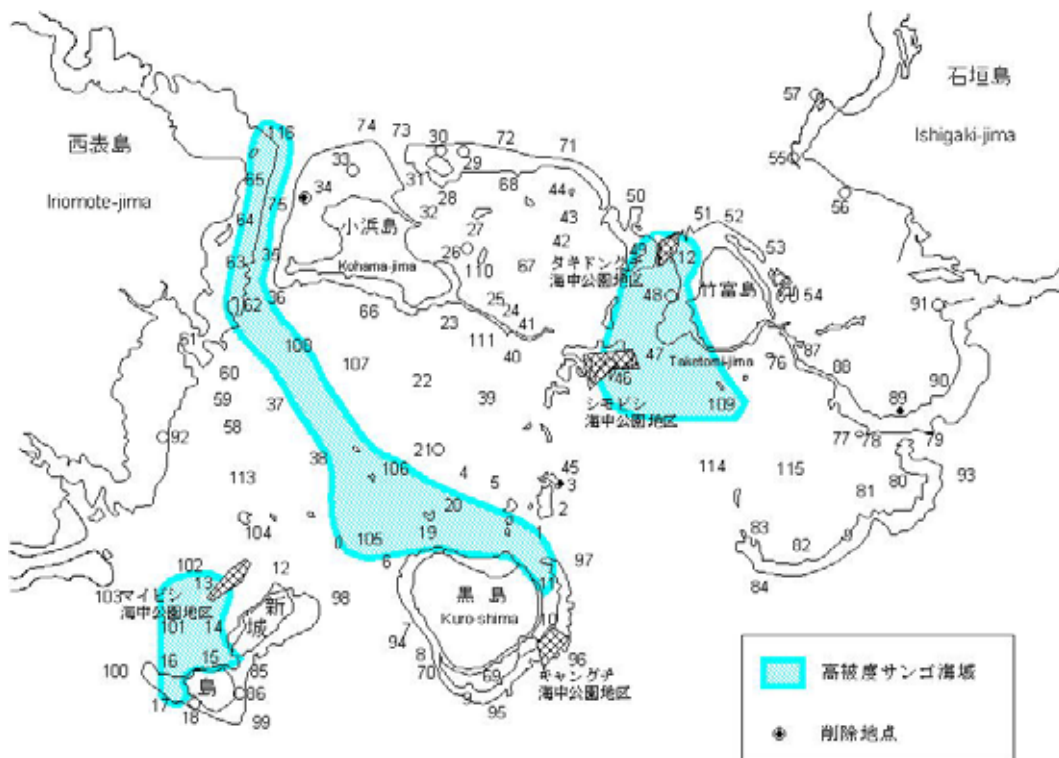


図6 高被度分布図

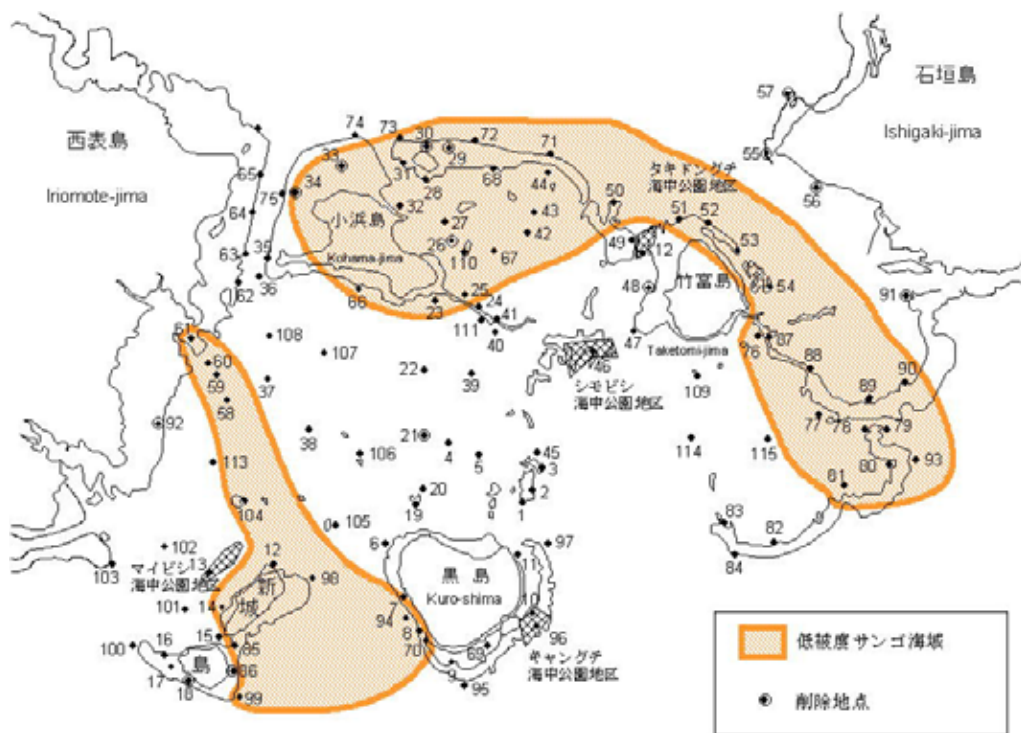


図7 低被度分布図



## 4. 海草

### 藻場分布面積の変化

空中写真の判読と現地調査によって沖縄県下 123ヶ所の藻場を調査した報告によれば、1978年の時点で、沖縄県下の藻場総面積 6,922ha のうち、八重山列島は 4,107ha となっている（沖縄県 1978）。1989年に行われた同様の調査では、沖縄県下の藻場総面積 6,902ha のうち、八重山列島は 4,091ha となっており、16ha 減少している。藻場の減少要因として、陸域からの汚水とシルトの流入、漁港の建設・航路浚渫などが挙げられている（環境庁・海中公園センター 1994）。当真（1993a）も空中写真から八重山列島の海草藻場面積を試算しているが、1,559.8ha と環境庁・海中公園センター（1994）の約 38% になっている。これは両者で解析方法が異なっていた可能性が考えられる。

一方では藻場が拡大した例も報告されている。石垣島白保サンゴ礁浅海域では、8 時期 30 年間の空中写真から、1970 年代後半以降、海草帯の分布域が大きく拡大していることが認められている（長谷川 2002）。この時期は、陸域での土地改良事業が進行し、原野や水田が土壌流出を起こしやすいサトウキビ畑などに転換した時期と一致している。赤土流出に伴って、耕地からリン、窒素などの化学肥料の成分が浅海域に流れ込むことによって、海草帯がその分布域を拡大していることが、海草帯の堆積物の分布や礁池の水質調査結果から推測された。さらに近年、肉牛の飼育が盛んになり飼育頭数が急増しており、未処理のまま河川に垂れ流された家畜の糞尿の影響で富栄養化が進行しているものと考えられる。

海草類は比較的赤土汚染に強く、富栄養化を伴う僅かな土砂の流入はむしろ好都合なように見受けられる。しかし、赤土汚染の激しい場所では生育できない（当真 1993b）。

富栄養化による植物プランクトンの増加はサンゴ食害生物であるオニヒトデやシロレイシガイダマシ類の幼生の生存率を上げ、大発生の原因になるという意見もある。また、高濃度の栄養塩類はサンゴの骨格形成を阻害することが知られている。海草類やその葉上に付着する微細藻類は光合成の過程で栄養塩を吸収することによって過度な富栄養化を防ぐ効果が期待される。海草類の増加によって造礁サンゴが駆逐され、その分布域を狭めることが指摘されるが、繁茂した海草を取り払うのは本質的な対策にはならない。サンゴ礁生態系は微妙な環境とのバランスの上で成り立っている。現在の状況は環境変化の結果であることを認識し、サンゴ礁を健康な状態で維持するために、富栄養化の原因を取り除くことが重要である。

## 5. マングローブ

### 八重山地域での分布域

かつての分布域は、マングローブの直接伐採や土砂の堆積などにより減少傾向にあり、石西礁湖に面した河川等に自生するマングローブ林も同様に影響を受けてきた。

特に大きな影響を受けた場所は、石垣島では名蔵湾岸のアンパルから崎枝まで間、川平湾および宮良川河口付近の分布域である。小浜島では、細崎からアカヤ崎の間は護岸工事により護岸堤の内側のマングローブは枯死した。西表島では仲間川のヤッサ島付近は道路工事により消滅し、仲間川北岸や東岸の分布域も道路工事で大きな影響を受けた。ゲーダ川、西ゲーダ川、船浦湾内などかなりの面積で枯死したが、徐々に回復してきている（亜熱帯総合研究所、1999）。

## サンゴ礁の攪乱要因

### 6. 赤土の流出

#### (1) 国頭マージ土壌の分布

八重山地区の土壌分布は図8に示すように赤土流出が発生しやすい国頭マージ土壌が多く分布している。

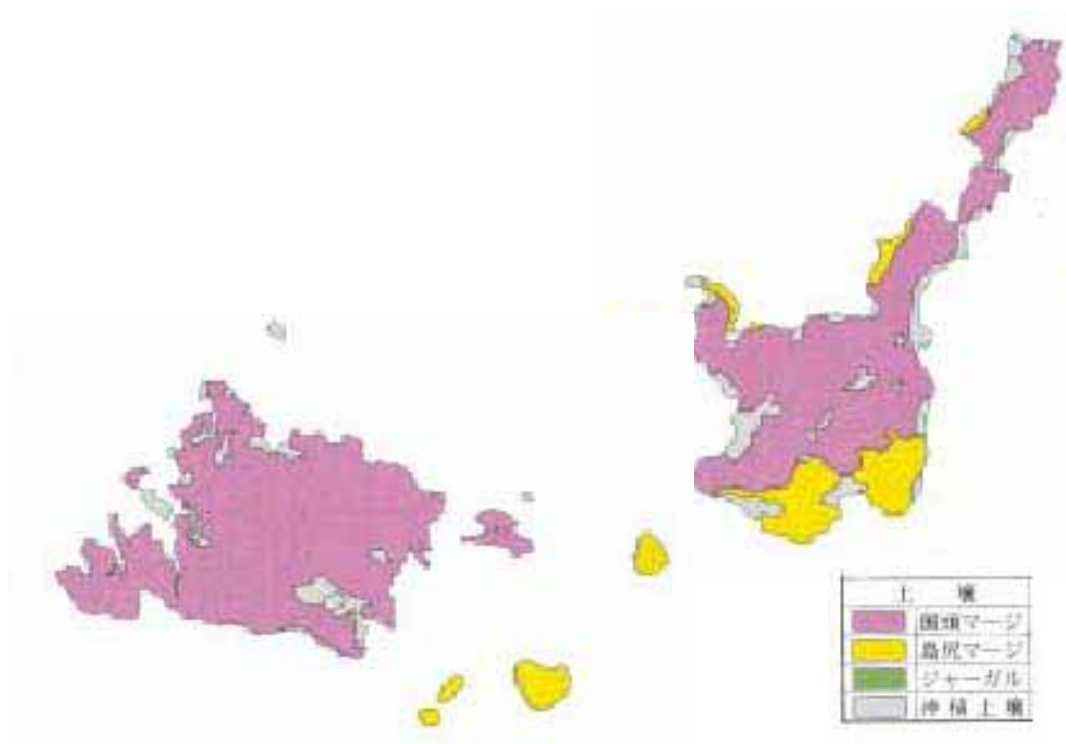


図8 土壌分布

(平成13年度版 沖縄県の農業農村整備(沖縄県農村水産部)より)

#### (2) 赤土流出の歴史的背景

沖縄県における赤土流出は「自然浸食」のレベルでは古くから発生していたが、顕著な赤土流出問題は、昭和20年代後半のパインブームによるパイナップル畑の造成拡大が始まりとされる。沖縄県内のパイナップル栽培面積は昭和29(1954)年から32(1957)年の3年間で20倍、昭和42年(1967)までの13年間で約60倍となったとの記録がある。昭和46(1971)年には沖縄振興開発特別措置法が設立され、翌47年の沖縄本土復帰を境にこの措置法に基づく沖縄振興開発計画により、河川改修工事や土地改良、農地開発などの大規模な公共事業が各地で実施されるようになった。これに加えて民間企業等による資本投資も急速に増加し沖縄県内の赤土流出による海洋汚染は加速度的に広がった。

一般的に赤土による海水汚濁が発生した場合には、サンゴの死滅など水域生態系への悪影響、養殖水産物の減少など水産業への被害、海水浴場など観光業への悪影響が生じる。

## 7. 土地利用状況

### (1) 土地利用状況の把握 (SPOT5 衛星画像の利用)

サンゴ礁海域への環境負荷を評価する上で、隣接する陸域の土地利用の状況、特に植生被覆状態を適切にモニタリングすることはきわめて重要な意味を持つ。衛星リモートセンシングは、陸域とサンゴ礁域の両方において広域的かつ定期的にモニタリングするうえで大きな利用可能性を秘めている。ここでは、最近打ち上げられた地球観測衛星の一つである SPOT5 を用いて、石垣島ならびに西表島の土地利用分類を試みた結果について述べる。

### (2) 解析結果

以上のような方法によって行った石垣島と西表島に関する土地利用分類解析の分類項目ごとの面積割合等の集計結果を表3、4ならびに、図9、10に示す。

亜熱帯地域の土地利用・植生分類について、SPOT5 画像を利用することにより、従来の森林、畑地、裸地、市街地という要素に加え、水田、サトウキビ畑(低層、中層、高層の分類を含む)、パイナップル畑、タバコ畑、といったより詳細な分類が可能であることを示すことができた。ただし、パイナップル畑と森林については互いの画像上の分光特性がかなり近かったため、明確な分離が難しかった。この点の改善を含めて、今後より分類精度を向上していくには、各植生被覆要素の分光反射特性に関する詳細な現地計測を行うとともに、それに基づいた分類アルゴリズムを開発する必要がある。また、葉面積密度指標 LAI 等を用いた植生キャノピーのモデル化も必要と思われる。

表3 石垣島の土地利用分類解析結果の集計表

分類コード	分類項目	ピクセル数	面積割合(%)	合計面積 (ha)
1	水田	40,591	1.742	405.91
2	低層 サトウキビ	135,231	5.802	1352.31
3	中層 サトウキビ	51,595	2.214	515.95
4	高層 サトウキビ	163,340	7.008	1633.40
5	草地	49,377	2.119	493.77
6	低木	381,028	16.349	3810.28
7	マングローブ	42,012	1.803	420.12
8	パイナップル畑	4,462	0.191	44.62
9	裸地	236,284	10.138	2362.84
10	砂地	149,649	6.421	1496.49
11	湿った砂地	87,742	3.765	877.42
12	家屋・構造物	54,734	2.348	547.34
13	タバコ畑	0	0.000	0
15	水域	21,740	0.933	217.40
16	雲域および雲陰領域	2,703	0.116	27.03
	合計値	2,330,637	100	23306.37

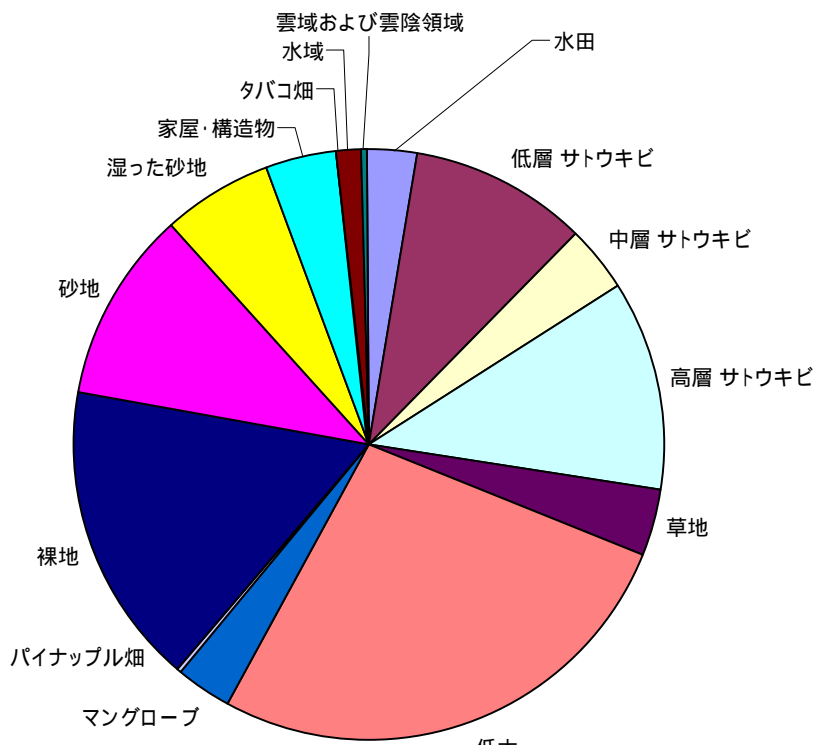


図9 石垣島の土地利用（森林を除く）分類結果の集計図

表4 西表島の土地利用分類解析結果の集計表

分類コード	分類項目	ピクセル数	面積率 (%)	合計面積 (ha)
1	水田	7,466	1.887	74.66
2	低層サトウキビ	36,005	9.101	360.05
3	中層サトウキビ	13,452	3.400	134.52
4	高層サトウキビ	31,120	7.866	311.20
5	草地	7,182	1.815	71.82
6	低木	49,047	12.397	490.47
7	マングローブ	113,422	28.669	1,134.22
8	パイナップル		0.000	0.00
9	裸地	25,597	6.470	255.97
10	砂地	3,832	0.969	38.32
11	湿った砂地	59,618	15.069	596.18
12	家屋・構造物	28,374	7.172	283.74
13	タバコ畑		0.000	0.00
15	水域	9,735	2.461	97.35
16	雲域と雲陰領域	10,782	2.725	107.82
	合計値	395,632	100	3,956.32

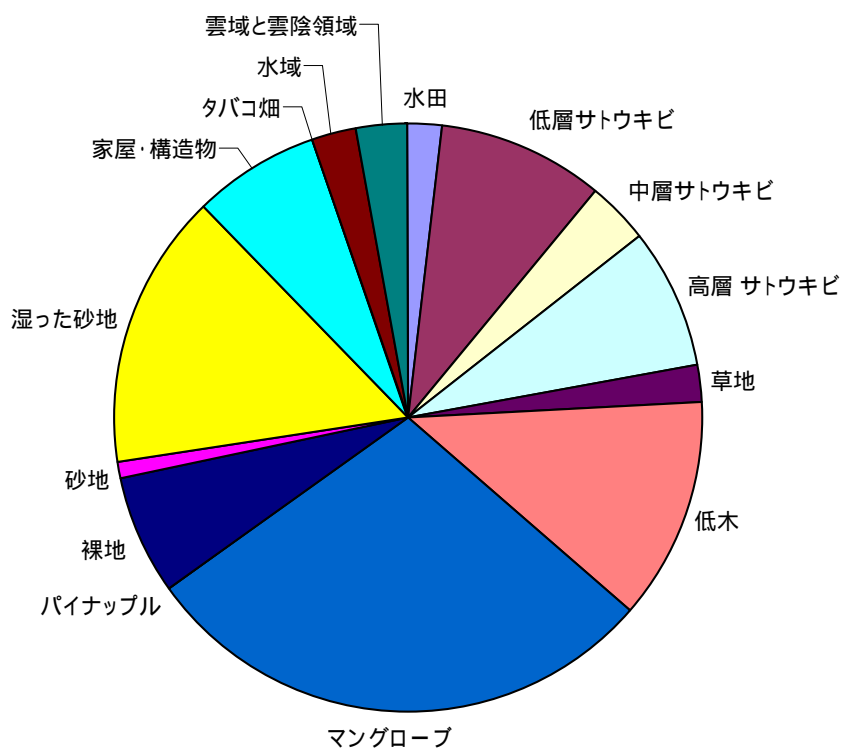


図10 西表島の土地利用（森林を除く）分類結果の集計図

## 8 . オニヒトデによる食害

### 石西礁湖におけるオニヒトデ大発生経過

- 1 . 1970 年頃、最初に鳩間島周辺でオニヒトデの個体数増加が確認された。
- 2 . 続いて 1972 年頃に石西礁湖南東部でオニヒトデが増加した。
- 3 . 1976 年頃から、これらの個体の再生産によって急激に個体数を増やしながら石西礁湖全域に広まっていった。同時に鳩間島周辺では減少した。
- 4 . 1983 年度以降、オニヒトデ被害は西表島西部に及んだ。
- 5 . 1986 年、オニヒトデ大発生は終息に向かい、サンゴ群集の再生が始まった。
- 6 . 2000 年、再びオニヒトデ大発生の兆候の可能性がある目撃数の増加が確認された。
- 7 . 2002 年度石西礁湖及び石垣島周辺海域で約 1,500 個体のオニヒトデが駆除された。

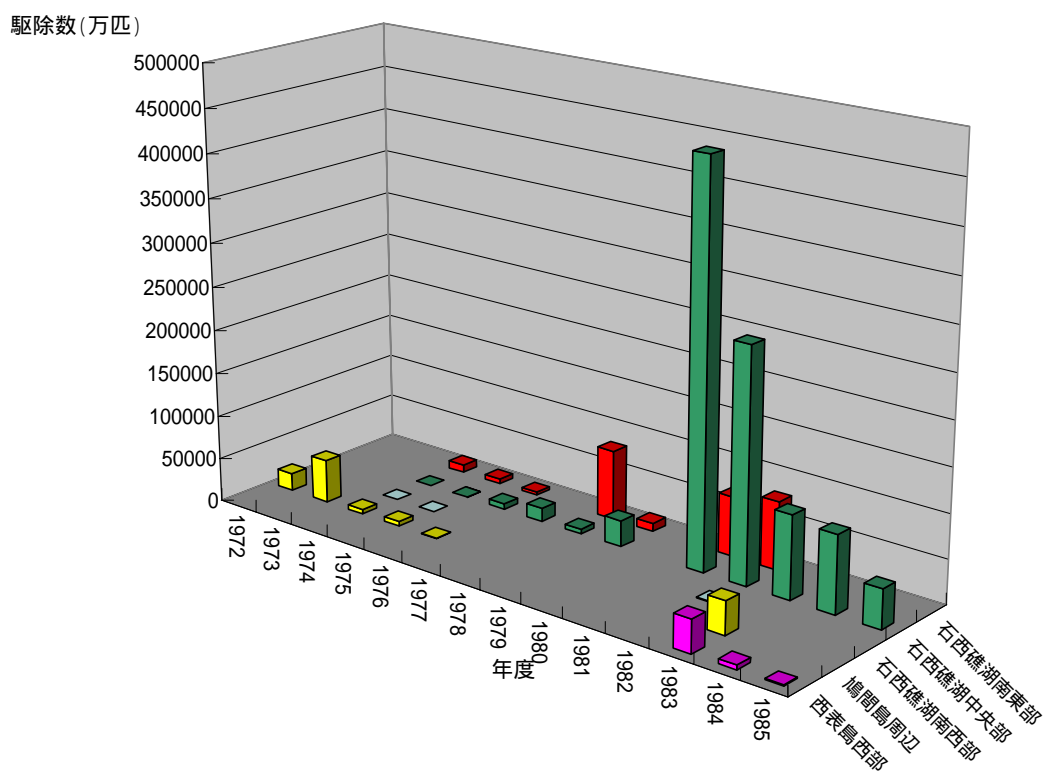


図 1 1 石西礁湖におけるオニヒトデ駆除実績

## 9. サンゴの白化

### 石西礁湖における海水温の上昇

サンゴの白化が発生する原因としては、水温上昇、水温下降、強い紫外線の照射、低塩分、バクテリアによる感染が引き金になっていると報告されている。

このうち 1998 年に発生した大規模なサンゴの白化は、同年に世界規模で生じた水温の上昇が引き金となっているものと考えられている。

石垣港に観測点をもつ海水温の長期定点観測データから、1971 年から 2000 年までの海水温の変動を見ると、海水温はわずかながら上昇の傾向にあることが解る(図 1 2)。

この水温上昇の原因は地球規模で徐々に進んでいる温暖化が影響しているものと考えられている。

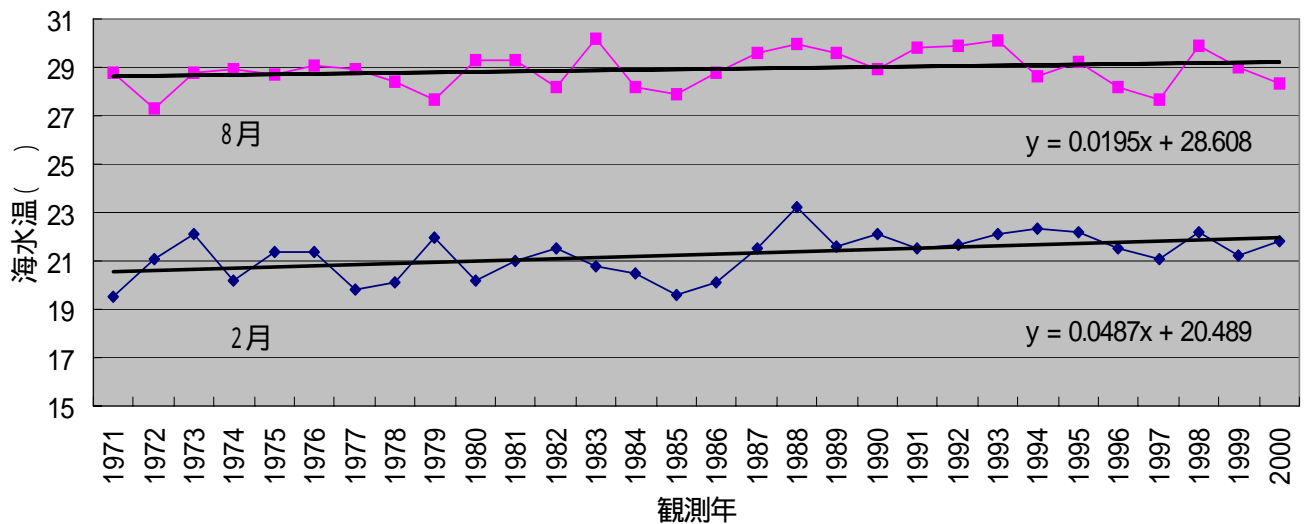


図 1 2 石垣港における海水温の変化  
(気象庁海況統計資料より作図)

## 石西礁湖の利用状況

### 10. 漁業による利用

#### 八重山地区の漁業の特徴

島嶼の集合した八重山地区では古くから水産業が営まれている。八重山地区での水産業の起源は明治中期頃に沖縄本島の糸満から出稼ぎに来た専門漁民が定住したことによると言われている。

八重山地区における平成9年の漁業経営体数は486経営体であり、海面漁業生産は2,468トン（18億9百万円）となっている。

表5 八重山地区の漁業の変遷

年	事項	漁法	主な魚種	漁獲量 (t)	漁獲高 (百万円)
s47	・ウナギ養殖本格化 ・まき網漁業の開始	↑ カ ツ オ ー 本 釣 り ・ マ グ ロ 漁 業	カ ツ オ ・ マ チ 類 ・ タ グ ロ ・ マ ン ・ た い 類 ・ た か	7,859	820
s48	・オニヒトデ異常発生（第一次） ・八重山漁協へ名称の変更（地区三漁協の合併）			9,399	1,478
s49				9,690	1,213
s50	・大型魚礁の設置開始（名蔵地先）			4,943	1,327
s51	・鮮魚の空輸による島外出荷の本格化			6,260	2,163
s52	・漁業用無線の普及 ・名蔵湾に地先型増殖場造成 52-53 ・パヤオの試験漁業			5,482	2,301
s53	・水産物共同加工場完成 ・並型魚礁53-54（観音崎地先） ・石垣市水産課設立			6,695	2,905
s54	・船越漁港指定 ・サメ被害多発 ・漁業者によるサメ駆除開始			3,746	2,619
s55	・アキヤー漁業の統合（三経営体より一つへ） ・細崎漁港指定			4,727	3,005
s56	・石垣漁港荷別施設完成 ・八重山漁協本所移転 ・オニヒトデ異常発生 56-58（第二次）			4,340	-
s57	・カツオ漁業の衰退 ・西表漁港指定 ・ノコギリガザミの放流開始 ・パヤオ漁業本格化 ・内水面養殖（ウナギ）の衰退 ・国営栽培漁業センターの誘致決定	4,292	2,654		
s58		4,508	2,061		
s59	・クルマエビ養殖場工事着工 ・名蔵湾に地先型増殖場を造成 ・黒真珠養殖の安定化（母貝の人工採苗の本格） ・国営栽培漁業センターの開所	↑ バ ヤ オ 漁 業	マ チ 類 ・ イ カ （ ソ デ イ カ ）	3,561	2,065
s60	・西表・波照間島に人工礁漁礁を造成 60-62 ・久部良漁港みなとびらき			3,128	1,766
s61	・周辺漁場（新川川、宮良川）の赤土汚染深刻化			3,399	2,071
s62				3,759	2,212
s63	・クルマエビ養殖場完成 ・漁業者によるシャコ貝の放流			1,911	2,770
H1	・登野城地先に地先型増殖場を造成 H1-H2 ・登野城漁港開港式 ・ソデイカ漁本格化			3,001	1,836
H2	・まき網漁業の廃業 ・魚類養殖の試み（カンパチ・スジアル・マダイ）			2,738	1,545
H3	・伊野田漁港指定 ・八重山漁協エビ養殖場増設 ・八重山地区水産振興協議会発足 ・ソデイカ自主規制スタート			2,840	1,639
H4	・種苗供給施設着工 H4～H7			2,651	2,000
H5				2,532	1,594
H6	・サンゴ移植（小規模漁場保全事業）開始 ・魚類養殖場着工 H6～H9 ・県水産試験場八重山支場施設整備完成 ・西海区水研石垣支所開所	↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓

『八重山の農漁業基盤整備』（沖縄県農林水産部）から編集



## 11. 観光業による利用

石西礁湖地区では、サンゴ礁に代表される豊かな自然を利用した観光が盛んである。

観光客が八重山を訪れる際の交通手段としては、沖縄本島的那覇空港から石垣空港（約1時間）に入り、石垣港を起点として石西礁湖内の島々へ高速フェリーで渡り離島の観光を楽しむという方法が一般的である。その他に、羽田空港から石垣空港への直行便（約3時間）や関西空港からの直行便（約2時間30分）も利用できる。

### ダイビング、スノーケリング

石西礁湖の海洋を直接利用した観光としては、スノーケリング、スクーバダイビングがある。

ダイビングポイントとして頻りに利用される地点は業者間で共通の呼び名が付けられており、複数の業者が利用している。これらの場所は、サンゴ礁景観が優れていたり、マンタなどダイバーに人気のある特定の生物が居着いていたりするポイントでもある。石垣島周辺海域を例に年間の見所を見ると、一年を通してさまざまな生物が観察できる海域であることがわかる。

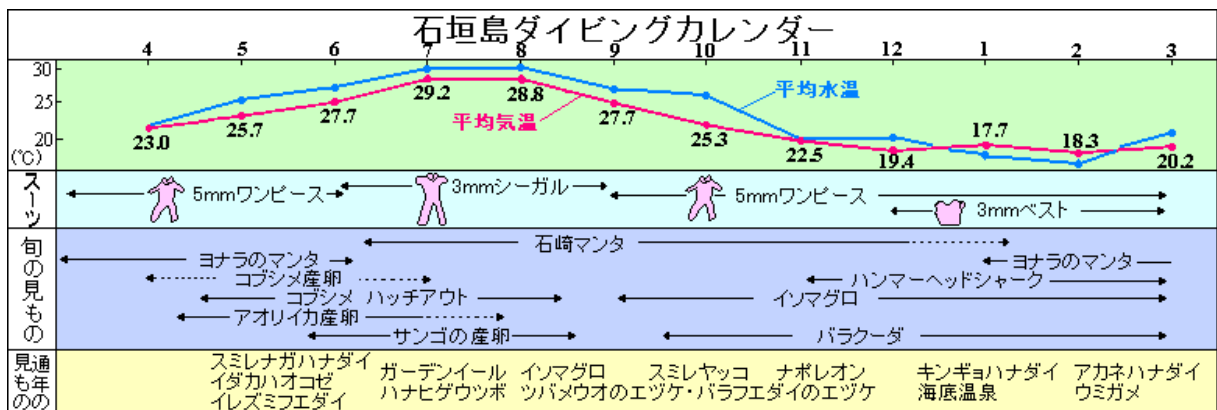


図13 石垣島ダイビングカレンダー  
(沖縄観光コンベンションビューローのホームページより)

## 12. サンゴ礁域の保全・再生事例

### 八重山地区でのサンゴ移植事例

八重山サンゴ礁保全協議会は、日本アムウェイの助成金による八重山サンゴ礁復元事業の一環として、1990年～1995年の期間、石西礁湖とその周辺でサンゴの移植を行った。その経過は次のとおりである。

- 1990年4月：サンゴ移植実施（竹富島南海域）
- 1991年5月：日本アムウェイより助成金取得
- 1991年6月：八重山サンゴ礁復元事業検討会開催
- 1991年9～12月：サンゴ移植実施（試験移植、ヨナラ水道など）
- 1992年3～10月：サンゴ移植実施（新城島東、竹富島西など）
- 1993年5月：日本アムウェイより助成金取得
- 1993年6月：サンゴ礁復元検討会・移植サンゴ視察会開催
- 1994年3～5月：サンゴ移植実施（新城島北、密漁サンゴ移植など）
- 1995年2月：サンゴ移植実施（鹿ノ川湾）以降、会の活動中断

表6に我が国におけるサンゴ移植事例を示す。

表6 我が国におけるサンゴ移植事例

移植実験実施者	移植時期	移植場所	移植サイズ	移植基盤	固定方法	移植種(生残率)など
足摺宇和海国立公園	1998年10月	高知県 33° 33' N, 133° 51' E	不明	サンゴ岩	水中ボンド	Acropora hyacinthus (0%レイシガイダマシの食)
阿波竹が島海中公園	不明	徳島県 34° 03' N, 134° 34' E	断片	コンクリートブロック、サンゴ岩	水中ボンド	Acropora tumida (1997年移植サンゴは2年後に70%程度)
海洋科学技術センター	1991年8月	沖縄県知念村地先海域 26° 10' N, 127° 50' E 水深5.3m	断片	金網	スチールワイヤー	Acropora gemmifera(85%) A. hyacinthus(24%) A. nobilis(82%) Gallaxea fascicularis(95%) Pocillopora uerrucosa(28%) Porites cylindrica(67%) Stylophora pistillata(39%) 生残率は1年後の値
海中公園センター	1992年6-8月 1993年 1994年5-6月	沖縄県八重山諸島 24° N, 124° E 環境の異なる8地点	断片	サンゴ岩	水中ボンド	Acropora cytherea A. formosa Montipora digitata Pavona cactus Cyphastrea serailia Pocillopora eydouxi Porites cylindrica
国営沖縄記念公園事務所	1995年8月	沖縄県本部 26° N, 127° E 礁池内 礁地内(水深1-1.5m) 礁縁部 礁地内(水深1-1.5m) 礁縁部 礁縁部(水深1-1.5m)	断片(25-30cm)	岩盤	水中ボンド	Acropora formosa A. nobilis 78% 83% 0%
西平守孝	1989年4月	沖縄県具志頭村 26° N, 127° E 潮だまり	約10-15cm	岩盤	串刺し法	Acropora nobilis
沖縄開発庁 沖縄総合事務局 石垣港湾工事事務所	1994年7月 1996年10月	沖縄県石垣島 24° N, 124° E 港湾内	群体	コンクリートブロック、サンゴ岩	水中ボンド	Acropora formosa(43ヶ月後69%ほか) A. hyacinthus(43ヶ月後44%ほか) A. microphthalma(43ヶ月後44%ほか) A. nasuta(43ヶ月後0%ほか) Montipora foliosa(17ヶ月後100%ほか) M. stellata(17ヶ月後100%ほか) Pocillopora damicornis(17ヶ月後100%ほか) Seriatopora hystrix(43ヶ月後13%ほか)

### 13. 自然再生へのシナリオ

#### (1) 石西礁湖のサンゴ礁保全 - 攪乱要因の排除

石西礁湖内のサンゴ群集は、1980年代のオニヒトデ被害から約20年をかけて、一部で被度50%以上という高被度海域にまで回復している。このことは、この海域のサンゴ群集が潜在的に以前のレベルにまで回復する力があることを示している。しかし、中には未だに被度を回復しない海域もあり、これらの海域では何らかの攪乱要因がサンゴ群集の回復を妨げられていると考えられる。石西礁湖のサンゴ礁保全とは、このような攪乱要因を取り除き、自然の回復力によって以前のすばらしい海中景観を生み出したサンゴ群集を回復させ、また今後も維持することを目指している。

攪乱要因としては次の項目が考えられる。

##### 1) オニヒトデ

これまで分かっている石西礁湖内で最も大きな攪乱は、1970年代から1980年代のオニヒトデの大発生である。この大発生は1980年代後半に、サンゴ群集の壊滅的な被害という結果を共なって一応の収束を見せた。当時は大規模な駆除事業が行われたが、広域を対象とした買い上げ式の駆除であったため、その効果には疑問がもたれ、最終的には特定の海域だけを集中して駆除する方法しか効果はないとの教訓を得た。このときには、小浜島北～北東岸と西表島東岸の古見沖のサンゴ群集のみが残存した。

その後、サンゴ群集の回復期間にあった石西礁湖では、顕著なオニヒトデの出現は見られなかったが、2000年に入るとオニヒトデの出現数が増加傾向になった。1990年代の沖縄本島恩納村での慢性的な大集団の出現や2000年の奄美群島での大発生、2001年から2002年の慶良間諸島での大発生を考えると、1980年代のオニヒトデ被害からようやく回復しつつある石西礁湖で、再びオニヒトデの大発生が起こることも十分予想される。

##### 2) 陸域の赤土流出

石西礁湖内で、未だにサンゴが低被度の海域については、高いシルト量が観察されており、陸域からの赤土流出の影響が懸念される。石垣島南部では、赤土を含んだ河川水が大雨時に流出し礁池内のハマサンゴが大量死するケースも生じている。また、西表島からの負担も考慮すると両島の沿岸域だけではなく、石西礁湖内への影響も懸念される。

##### 3) 高水温による白化

これまで起こった高水温による白化は、地球規模の海洋環境による高水温水塊の分布によっておこる。1998年の大規模な白化現象では、南西諸島から南日本まで広く高水温域が分布し、7月から9月にかけてその状態が長く続いたため大きな被害をもたらした。一方、2001年の白化では、高水温塊が南西諸島の南側にとどまったため、石西礁湖内では南側に面する部分で被害が大きかった。

これら高水温による白化は、サンゴが死亡することによって分布域が減少するという直接的な被害だけではなく、サンゴ自身の成長や生殖などの生理機能の低下という影響も懸念されている。サンゴ群集が高水温によって直接死亡した場合、残った群体が成長したり繁殖することによってサンゴ群集全体の回復が測られる。そのため、サンゴにとっての環境を適正に保つことによって高水温による白化の被害に対処できるが、高水温によって生理機能が低下するならば、残存した群集によるその後の回復が望めない。

#### 4) その他の攪乱

その他、名蔵湾内での大型船の投錨によるサンゴの破壊、ダイビングや漁業利用における破壊なども、攪乱要因として考慮しなければならない。

また、港湾工事や航路の浚渫なども、周辺のサンゴ群集に影響を与える攪乱要因として考慮しなければならない。

#### (2) 対策を検討するためのアプローチ

##### アプローチ : 対象の範囲

石西礁湖のサンゴ礁保全を考える際、大きな目標は石西礁湖全体のサンゴ礁の健全な維持にある。個々の対策事業を考える際にその直接の対象範囲については十分な検討が必要である。

たとえば、環境保全を訴える環境教育事業を考える場合についても、オニヒトデの駆除、移植によるサンゴ礁の回復などを考える場合についても、石西礁湖全域を事業対象には考えにくい。より効果的な特定の地域を選び、そこで重点的な事業を行うことによって、他地域への波及効果をねらい、長期的に石西礁湖全体の保全を目指す。また陸域と一体となった取り組みが必要な場合など、より広範囲の区域を対象とすることも必要である。

##### アプローチ : 分野

石西礁湖の人為的な攪乱について、それを抑制するための事業を考える際に、対象とする分野によっても取組の仕方が分けられる。人為的な攪乱に対して技術的に要因を排除、あるいは抑制する取り組みの仕方。また、攪乱の要因を法的に規制する方法。そして、攪乱の要因を作り出す人々に対して、意識の改善を訴えるべく教育・啓蒙を行う方法などである。

技術的  
法的  
教育的

##### アプローチ : 方法

石西礁湖のサンゴ群集への攪乱に対して、技術的に解決するアプローチをとるとき、方法によって以下の3つに分けられる。一つは、直接的に攪乱要因を取り除く、あるいは抑制する方法。堆積物を除去したり、オニヒトデを駆除したりする方法である。もう一つは、攪乱を受けたサンゴ群集の回復を促進する方法。例えば、死滅したサンゴ群集に移植を行ったり、食害動物など他の攪乱要因を排除するような方法である。また、3つ目として、将来の加入を考えて残された群集を維持する方法も挙げられる。

攪乱されたサンゴ群集の攪乱要因を直接的に取り除く  
攪乱されたサンゴ群集の回復を促進する  
残された健全なサンゴ群集を維持する

### (3) 重点地域の設定

石西礁湖のサンゴ群集を守る際に、重点地域を設け、集中的に保全するという考え方がある。オニヒトデ大発生時に、全ての海域での駆除が実質的に不可能であるために、その海域内で特に重要な海域を重点的に守る場合等である。この場合、まず基本的に、重点地域を保全することが、全体の海域の保全につながる前提がなければならない。また実際に事業が行われるには、生態学的意味に加えて、実行可能な範囲であることや利用者による重要地域としての合意があることなども十分考慮されるべき点である。

石西礁湖で重要海域を選定するには、以下の点について考慮しなければならない。

- ・生態学的に重要な地域
- ・利用者による重要地域
- ・保全対策を実行可能な範囲

#### 1) 生態学的重要地域

まず生態学的に重要な地域というのは、石西礁湖全体のサンゴ群集の維持に重要な海域という意味である。石西礁湖の多くの造礁サンゴは、一斉産卵によって精子、卵子を放出し、受精した幼生が底質に着底して新たな群集が形成される。そのため供給源になるサンゴ群集は重要な役割を担っていると言える。また、幼生の加入が多い海域やその後の生残が高い海域は、新たな群集が形成され易い場所として重要である。さらには加入した幼生がその後サンゴ群集を形成するためには、群体の成長が重要な要素になるので、成長の早い海域は重要である。さらには成長と共に生殖機能が正常に働く場所であることも重要な要因となる。そこで、これら生態学的重要地域を選定するに当たっては、このような地域ごとのサンゴ群集の生態学的な特徴によって、重要度を検討しなければならない。

供給源

- 生殖：正常に生殖腺が発達するか
- 産卵：多くの幼生を正常に供給できるか
- 受精：精子、卵子が放出された後、正常に受精できるか
- 多くのサンゴ群集を維持すべく、生物多様性に富んでいるか
- 多くのサンゴ幼生を供給すべく、十分な母群集があるか

受容地

- 幼生加入：多くの幼生が加入するか
- 生残：多くの幼生が生残できるか
- 成長：正常な成長ができるか

これらの点を検討するためには、

- サンゴ群集の分布状況
- サンゴ群集の多様度
- サンゴ群集の成長度
- サンゴ群集の繁殖力
- サンゴの幼生の分散・加入傾向
- サンゴ幼生の生残率

等の情報を元に、研究者による十分な議論の上での選定作業が必要である。

## 2) 利用者による重要地域

石西礁湖のサンゴ礁生態系は、漁業者による利用や観光業者による利用の他に、海上交通による利用、地元住民のレクリエーションや自家消費的漁業による利用、研究者の調査研究による利用、教育の場としての利用等がある。これら利用者にとってもそれぞれの海域の意味は異なるので、保全のための重要地域を選定する際には、以下のようなこれらの利用者による重要度も考慮しなければならない。

- ・ 漁場としての重要性
- ・ ダイビングやスノーケリング、グラスボートなどの利用上の重要性
- ・ 海上交通の利用上の重要性
- ・ 地元住民のレクリエーションの場としての重要性
- ・ 地元住民の自家消費的漁業の場としての重要性
- ・ 研究者の調査研究対象としての重要性
- ・ 教育の場としての利用上の重要性