

平成 1 5 年度調査結果 中間報告概要  
(サンゴ群集分布調査)

## 1. 調査目的

石西礁湖等の保全再生方策の検討に資するために、礁斜面及び礁池サンゴ群集等の現況を把握し、分布図を作成、GIS 化するとともに石西礁湖卓状サンゴ群集調査を行い、また再生手法に関する情報収集・検討を行う。

## 2. 調査内容

### (1) 調査対象

沖縄県石垣市及び八重山郡竹富町（石西礁湖、石垣島、西表島等）

### (2) 調査項目

#### (2) - 1 空中写真解析調査

空中写真撮影・オルソ化

現地サンゴ礁調査

既存資料の収集・解析

分布図の作成・解析

サンゴ礁の健全度に関する検討

#### (2) - 2 礁斜面調査

#### (2) - 3 卓状サンゴ群集調査

#### (2) - 4 再生手法に関する情報収集・検討

## 3. 調査方法

### 3-1 空中写真解析調査

#### (1) 空中写真撮影・オルソ化

主な撮影範囲は、石垣島、西表島およびその周辺海域のうち平成 14 年度に撮影されなかった区域とした。撮影コースは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（図 1）、2003 年 10 月、雲が画像内に撮影されない天候下を選び撮影を実施した。撮影した写真は密着カラー焼き付け（1/15000）を行い、ネガを 12.5 μm（実測 18cm/pixel 相当）でスキャニングし、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。なお、デジタルオルソ化は昨年度撮影写真で未オルソ化部分についても実施した。これにより石垣島、石西礁湖、西表島全域一体のモザイク写真作成を行った（別図）。

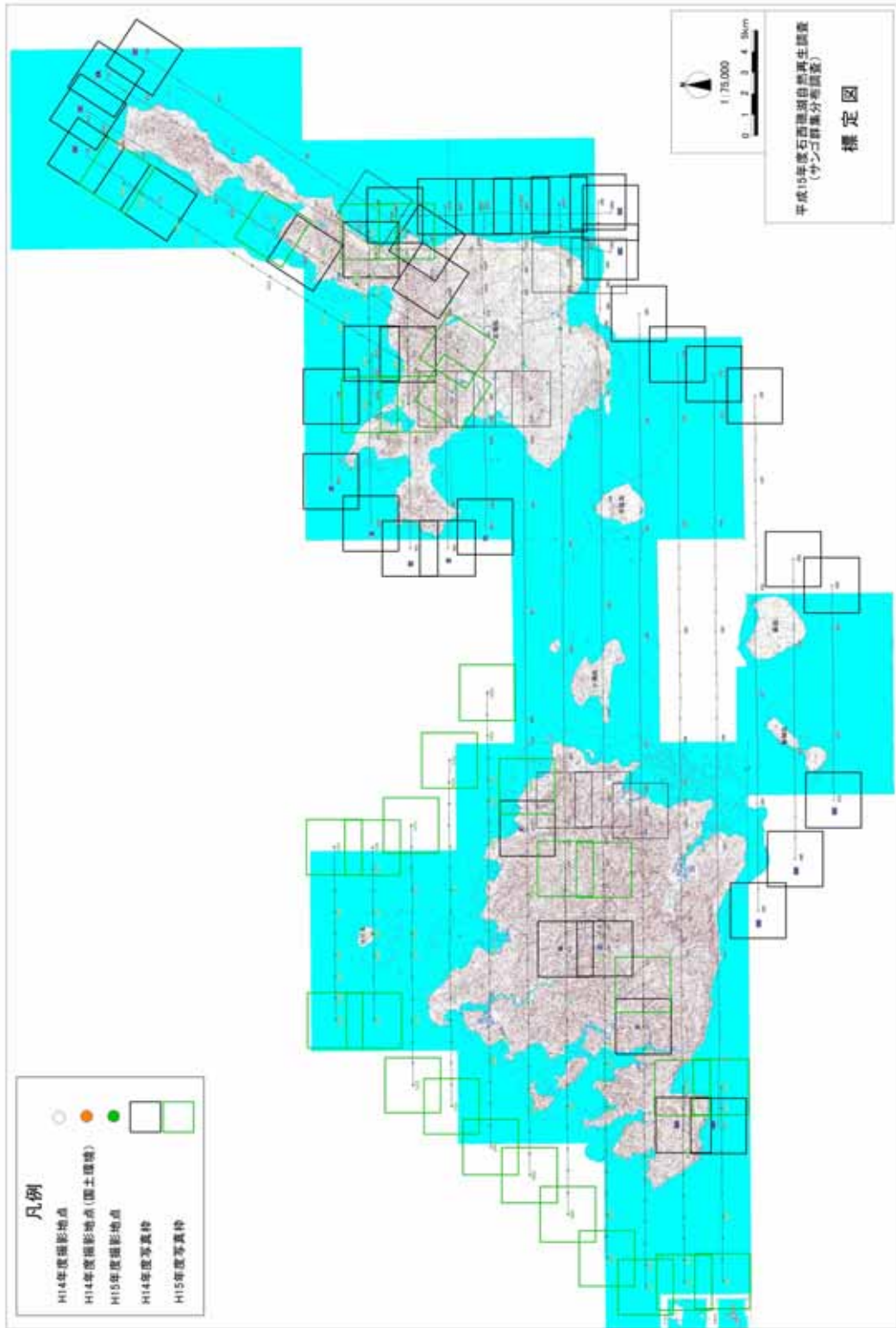


图1 空中写真標定図

## (2) 現地サンゴ礁調査

昨年度と同様に、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12月に次のように実施する。

### 調査地点の設定

空中写真画像を層別し、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（別図）。なお、調査地点の選定にあたっては、平成15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。

### 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う。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する。5分間の遊泳は各地点3回行う。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する。

## 3-2 礁斜面調査

空中写真での判読が困難な5m以深の礁斜面について、マンタ法を用いてサンゴ類の被度及び優占群の分布を把握するため、2003年10月マンタ法で毎2分間の曳航観察により、サンゴ被度（5段階、1：5%未満、2：5%以上25%未満、3：25%以上50%未満、4：50%以上75%未満、5：75%以上）及び優占するサンゴ群を測定した。マンタ法調査の対象礁斜面は原則として曳航の容易な、連続的に前方礁原の発達した礁（図2のp、p、型）とした。また、代表的な地点でスキューバ潜水によりサンゴの出現状況を調査した（図3）。

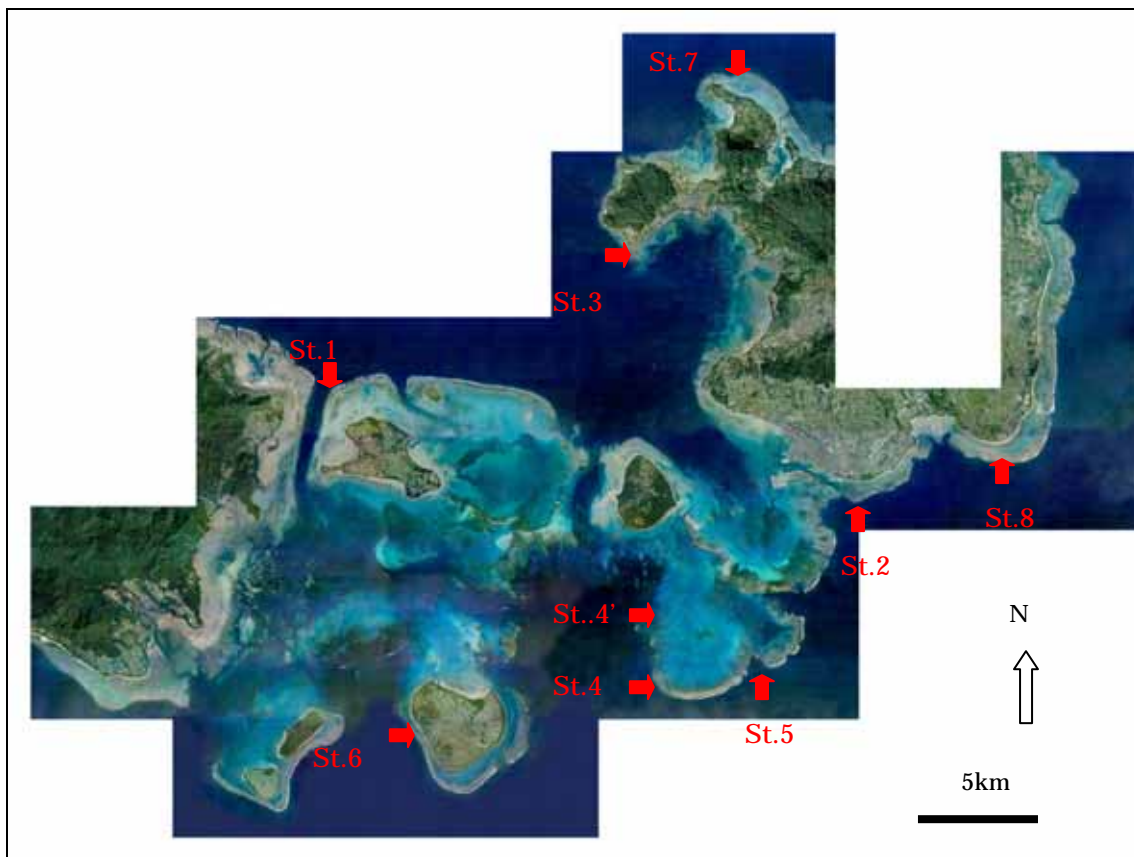
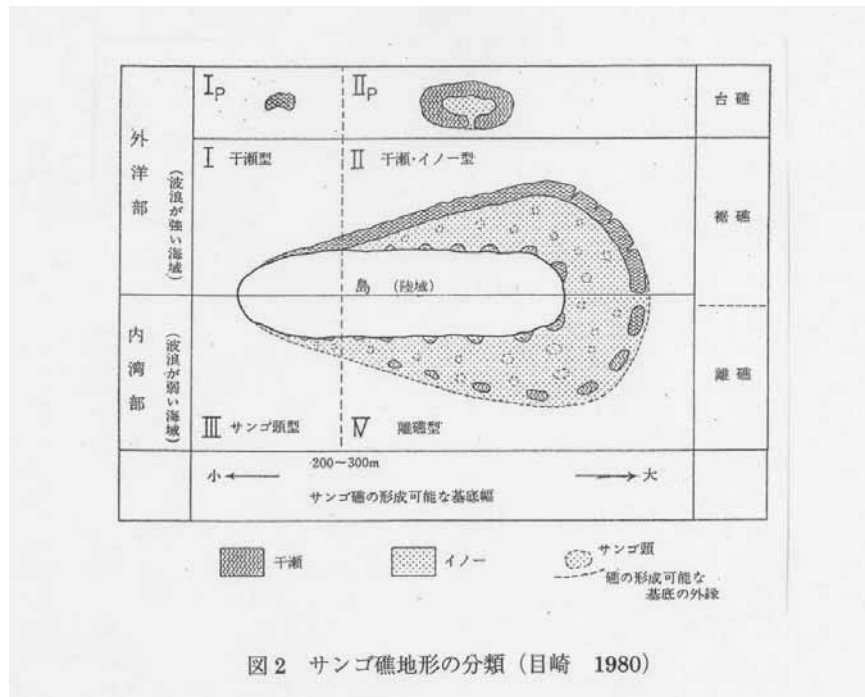


図3 礁縁調査地点図

### 3-3 卓状サンゴ群集調査

広域モニタリング調査の卓状ミドリイシ最大径測定値を各地点における卓状ミドリイシ群集の代表値として使用することを検討するため、2003年10月石西礁湖の6ヶ所の卓状ミドリイシ群集(図4)で各30の卓状ミドリイシ長径を測定した。測定は岩礁先端部から50mの測線を設定し、測線両側1m内の群体を測定対象とした。また、群集内で最大長径群体を探し、測定対象に加えた。

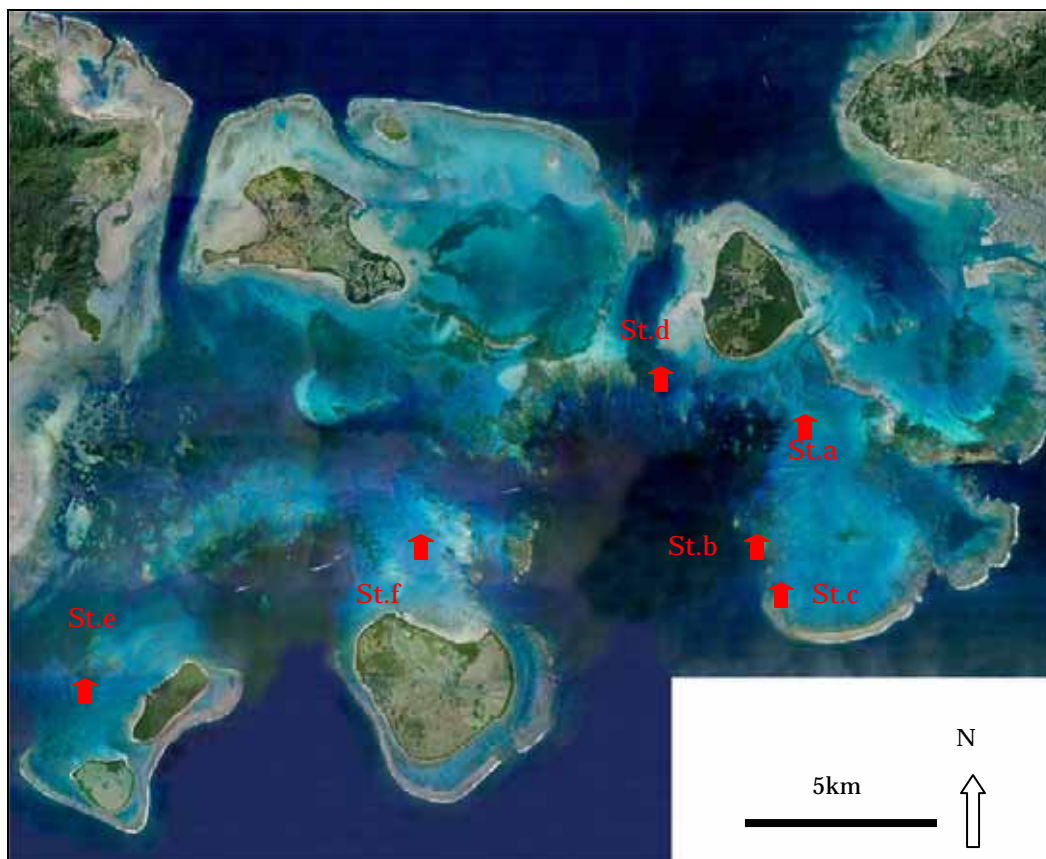


図4 卓状サンゴ群集調査地点図

### 3-4 再生手法に関する情報収集・検討(水質調査)

陸域からの過剰な栄養塩の流入が、礁池をサンゴの不適な生息環境としている可能性が指摘されていることから、栄養塩の流入が推測される黒島礁池のサンゴ被度調査が行われた10地点(図5)で、大潮付近低潮時(10月10日、11日)表層で採水し、全窒素、全リン、pHの分析を行った。現場観測項目は次の通りである。

- a. 天候(天気、風向)
- b. 気温
- c. 水深
- d. 水温(STD測定器)
- e. 塩分(STD測定器)



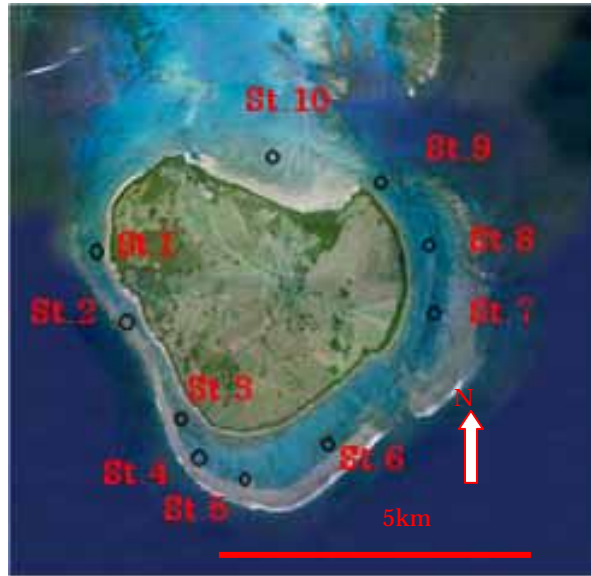


図5 水質調査地点図

#### 4. 調査結果

##### 4-1 空中写真解析調査

調査実施中

##### 4-2 礁斜面調査

調査結果を図6に示す。被度4,5(50%以上)の主な分布域は石垣島川平石崎付近、同米原付近、同白保付近、石西礁湖ウマノハビー、同ウラビシである。中でもウラビシはほぼ全域が被度75%以上で、分布する卓状ミドリイシの長径が大きいことから、長期的に良好な生息環境にあることがうかがえる。

##### 4-3 卓状サンゴ群集調査

各地点における長径測定結果を表1に、ヒストグラムを図7に、平均値 $\pm$ sd・最大値・最小値を図8に示す。群集の最大長径は[長径平均値+2sd]を相当超える飛びぬけた値である。最大長径を示す群体は離礁斜面上部の限定的な場所に生息することが多く、礁上面に分布する多くの群体に比べ、数が少ない場合が多い。そのため、最大長径をもって群集の平均的長径近似値とすることはできないが、最大長径と平均長径の間には比較的高い正の相関があるため(図9)最大長径が大きい群集の平均長径は大きいということはいえよう。したがって、大きな最大長径の群体は偶然残されているのではなく、その生息場所は良好な生息環境が長期的に続いていることが示唆される。

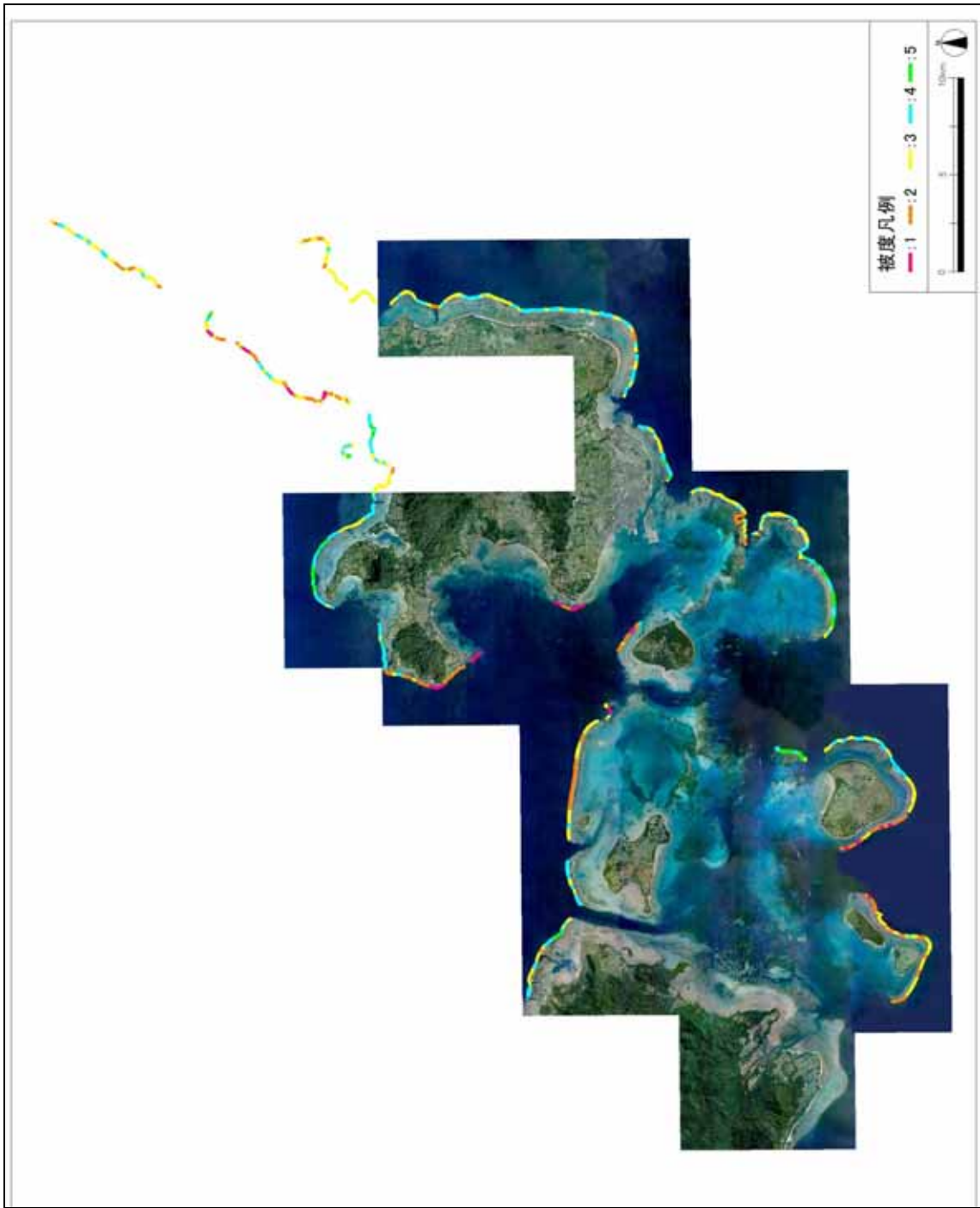


图 6 礁缘被度分布图



表1 卓状サンゴ群体長径(cm)

St.	a		b		c		d		e		f		
月日	10/16		10/16		10/16		10/16		10/17		10/17		
時刻	9:00		10:30		12:45		15:00		9:30		10:50		
場所	竹富島南		竹富島南		竹富島南		竹富島西		新城島西		黒島北		
位置	緯度	24° 18.030	24° 16.538	24° 15.622	24° 18.621	24° 14.579	24° 16.451						
	経度	124° 05.940	124° 05.217	124° 05.807	124° 04.327	123° 55.969	124° 00.630						
地形	離礁		離礁		離礁		離礁		離礁		離礁		
底質	岩礁		岩礁		岩礁		岩礁		岩礁		岩礁		
水深(m)	2		4		2		2		2		2		
サンゴ被度(%)	70		80		50		40		70		70		
長径	1	45	c	62	h	195	h	95	h	90	h	98	c
	2	180	h	58	c	123	h	146	h	153	h	68	c
	3	95	h	53	c	45	h	116	c	66	h	95	h
	4	56	h	53	c	120	h	72	h	100	c	84	c
	5	75	h	44	c	132	h	147	h	250	c	136	c
	6	65	h	36	h	121	h	179	h	109	h	44	c
	7	69	h	40	h	88	h	<b>346</b>	c	130	c	148	h
	8	57	c	73	c	125	h	253	h	62	c	34	h
	9	72	c	61	h	172	h	300	h	86	h	67	c
	10	47	c	81	c	165	h	141	c	111	c	69	h
	11	70	h	64	c	133	h	136	h	66	h	90	h
	12	165	h	36	h	110	h	150	h	142	h	120	h
	13	242	h	59	c	180	h	52	h	134	c	50	h
	14	192	h	50	c	124	h	46	h	96	h	39	h
	15	104	c	67	c	142	h	40	h	120	h	136	h
	16	47	h	41	c	79	h	35	h	87	h	142	c
	17	150	h	44	h	139	h	40	c	90	c	57	h
	18	113	h	73	c	204	h	170	h	92	h	50	h
	19	172	h	49	c	116	h	199	h	61	c	150	h
	20	<b>294</b>	c	50	c	195	h	83	h	100	h	130	h
	21	130	c	41	c	90	h	45	h	42	h	150	h
	22	240	c	39	c	<b>267</b>	h	130	h	41	h	<b>278</b>	c
	23	218	h	40	c	174	h	218	h	130	c	100	h
	24	130	c	41	c	135	c	289	c	32	h	43	c
	25	100	h	49	c	52	c	45	h	67	h	80	c
	26	145	c	40	c	108	c	171	h	110	h	43	c
	27	84	h	61	h	126	h	165	c	58	h	114	h
	28	103	h	55	c	200	h	80	h	40	h	68	h
	29	128	h	45	c	85	h	64	c	54	h	137	h
	30	267	c	45	c	92	c	49	h	97	h	113	h
	31			51	c	150	c	30	c	122	c	98	h
	32			<b>127</b>	c	240	h	35	h	109	h	160	h
	33					192	c	45	c	118	h	180	h
	34									128	h	142	h
	35									<b>300</b>	c	244	h
平均信頼限界	最大径	294	c	127	c	267	h	346	c	300	c	278	c
	最小径	45	c	36	h	45	h	30	c	32	h	34	h
	平均	128.5		54.0		140.0		124.6		102.7		107.3	
	s d	70.4		17.7		50.8		85.7		53.7		56.0	
平均信頼限界	102		48		122		94		84		88		
	155		60		156		155		121		127		

c: ハナバチミドリイシ、h: クシハダミドリイシ

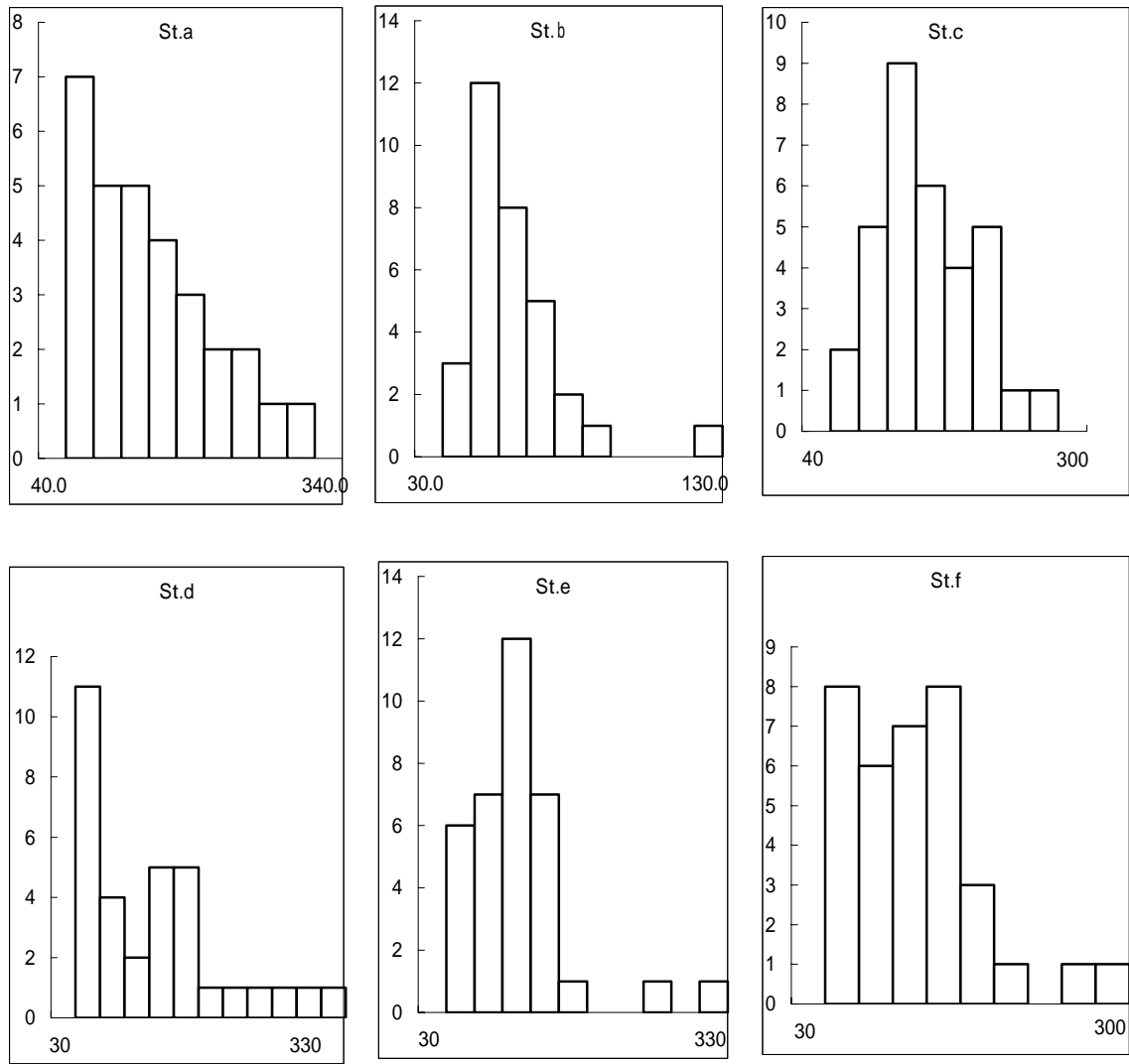


図7 卓状サンゴ長径(cm)ヒストグラム

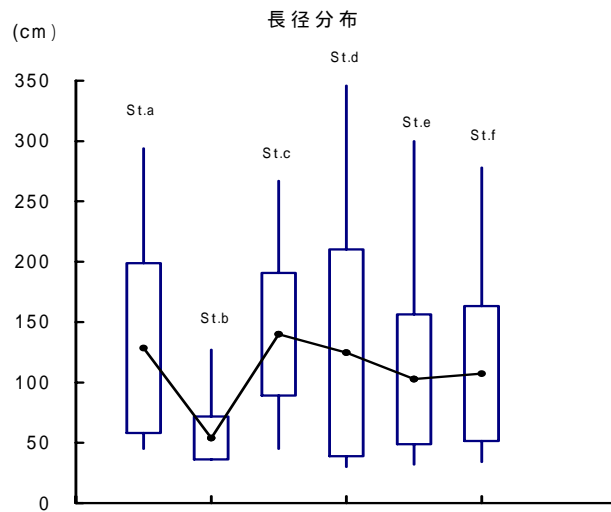


図8 卓状サンゴ長径 (cm) 平均値、最大・最小値

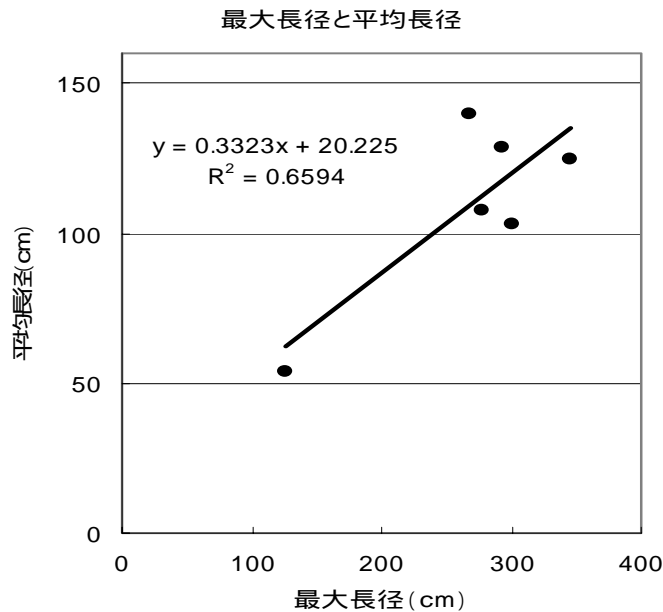


図9 卓状サンゴ最大長径と平均長径

#### 4-4 再生手法に関する情報収集・検討（水質調査）

水質調査結果を表2に、T-Nを図10に、T-Pを図11に示す。T-N、T-PともにSt.2でやや高い値を示した。St.2は他の地点に比べて塩分がやや低い（図12）ことから、陸水の影響を受けていることが考えられ、T-N、T-Pの起源が陸域にあることがうかがえられる。St.2はまた表層底層間の水温差が他の地点に比べ大きい（図13）ことから、鉛直的な混合が乏しいと考えられる。これは礁池の渡地の存在により水塊が動きにくいいため、これが陸域起源の栄養塩濃度を高めていることが想像される。黒島は総面積 10.02 km<sup>2</sup>の約 80%が放牧場で人口 220 人ほどの島に 3027 頭（平成 14 年度）の牛が飼育されており、その排水が関係している可能性もある。

平成 14 年度の自然再生調査及び広域モニタリング調査のサンゴ被度と T-N、T-P との関係を見ると、サンゴ被度と T-N の間には弱い負の相関がみられる（図 14）が、サンゴ被度と T-P の間にはみられない（図 15）。

黒島礁池の栄養塩濃度について検討するため、1989 年 10 月に西表島崎山湾で実施された水質調査結果（下地ら 1990）と比較した（図 16）。崎山湾は西表島西南部に位置するサンゴ礁域で、集水域には人間活動はほとんどないため、人為の影響を受けない海域といってよく、自然環境保全地域にも指定されている。したがって、この海域の栄養塩濃度はサンゴ礁湾入部の自然濃度といってもよいと思われる。

崎山湾中央の T-N 平均値は約 0.2mg/l で黒島 St.2 の 0.18mg/l よりも高い。また、同様に T-P 平均値は約 0.01mg/l で黒島 St.2 の 0.007mg/l よりも高い。したがって黒島の栄養塩濃度が特に高いとまでは今回の結果からはいえない。

表2 黒島礁池水質調査結果

2003年10月10、11日											
St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave
年月日	10/10	10/10	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11	10/10	10/10	
時刻	13:50	14:00	11:35	11:45	11:55	12:00	12:25	12:35	14:50	14:30	
干潮時刻(石垣港)	13:22	13:22	13:47	13:47	13:47	13:47	13:47	13:47	13:22	13:22	
位置	緯度	24° 14.326	24° 14.202	24° 13.204	24° 12.975	24° 12.976	24° 13.277	24° 13.969	24° 14.433	24° 15.057	24° 15.424
	経度	123° 59.458	123° 59.555	124° 00.077	124° 00.327	124° 00.565	124° 01.089	124° 01.968	124° 02.096	124° 01.555	124° 00.536
天気	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	
風向	N	N	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
気温(°)	31.0	31.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.0	31.0	30.2
水深(m)	3.5	2.5	2.5	4.3	4.0	4.0	4.7	6.1	4.5	2.7	3.9
表層水温(°)	28.27	28.50	28.50	28.50	28.80	28.80	28.50	28.10	28.30	28.30	28.46
表層塩分	34.40	34.32	34.84	34.69	34.65	34.64	34.65	34.64	34.60	34.59	34.60
表層pH	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
表層T-N(mg/l)	0.14	0.18	0.13	0.11	0.11	0.14	0.11	0.12	0.12	0.14	0.13
表層T-P(mg/l)	0.005	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
サンゴ被度(%)	1	5	27	46	27	26	62	10	63	1	27

検出限界; T-N:0.01mg/l, T-P:0.003mg/l

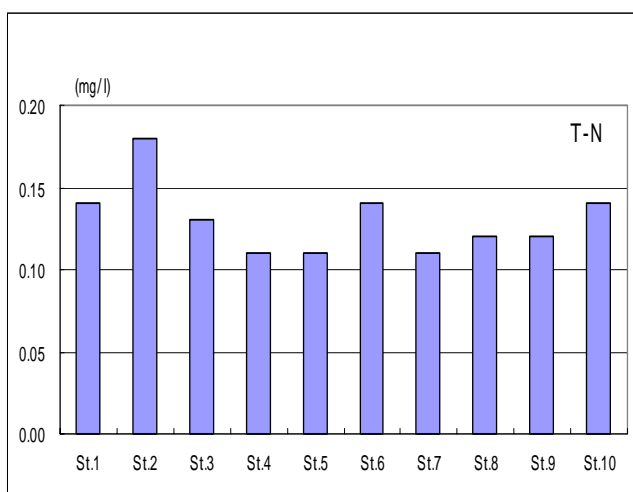


図10 全窒素

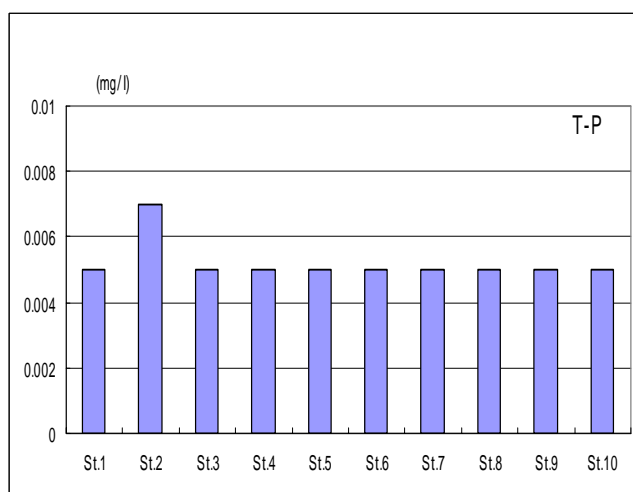


図11 全りん

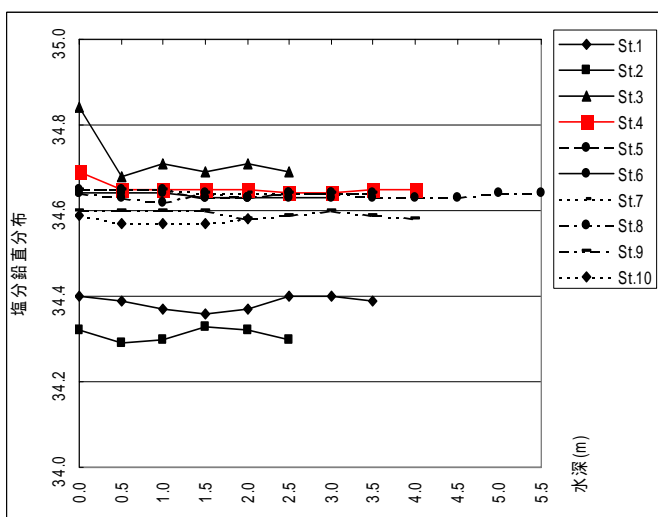


図12 塩分鉛直分布

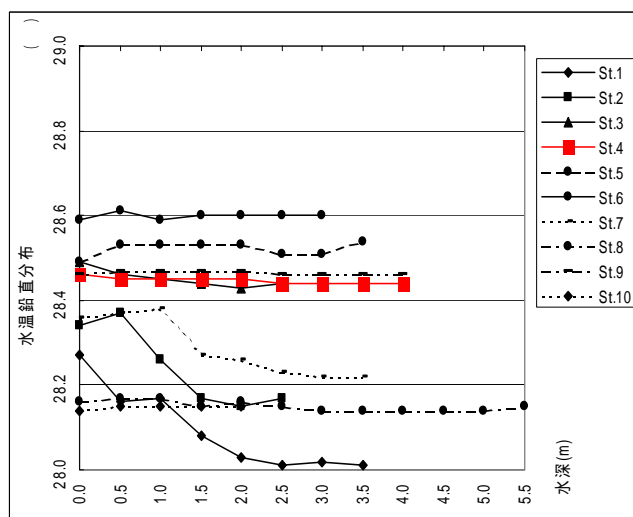


図13 水温鉛直分布

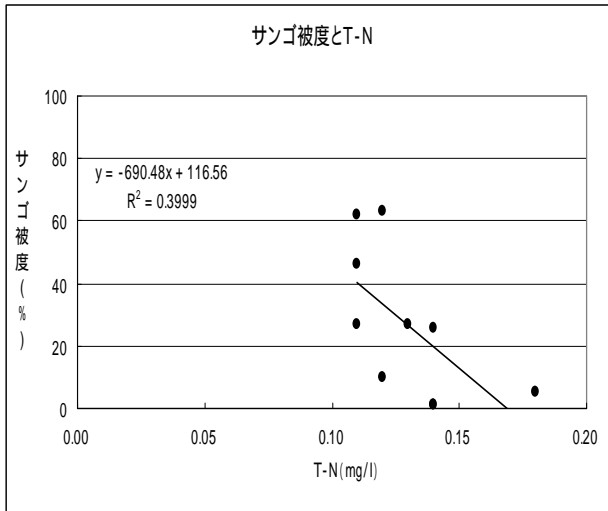


図 14 サンゴ被度と T-N

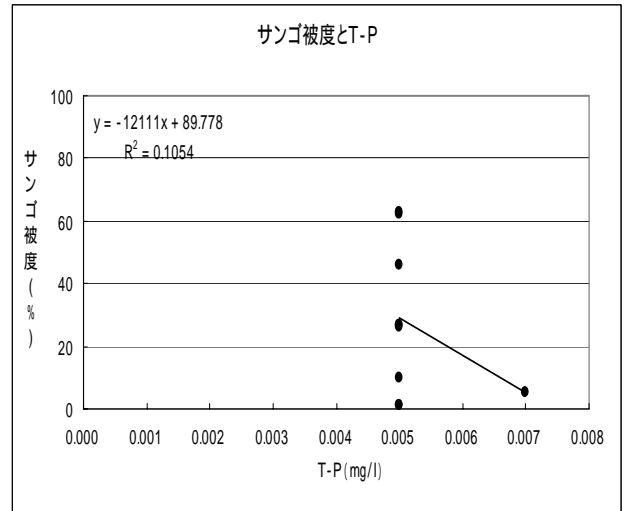


図 15 サンゴ被度と T-P

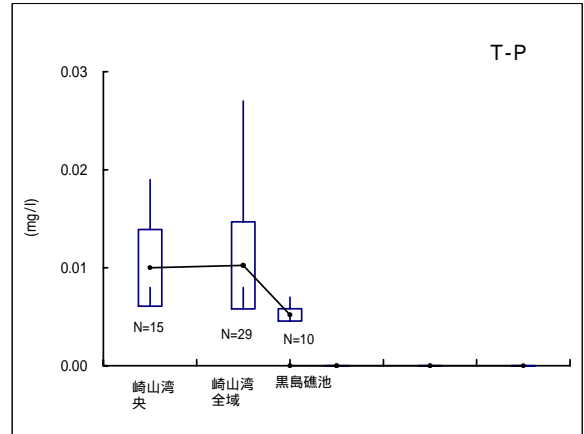
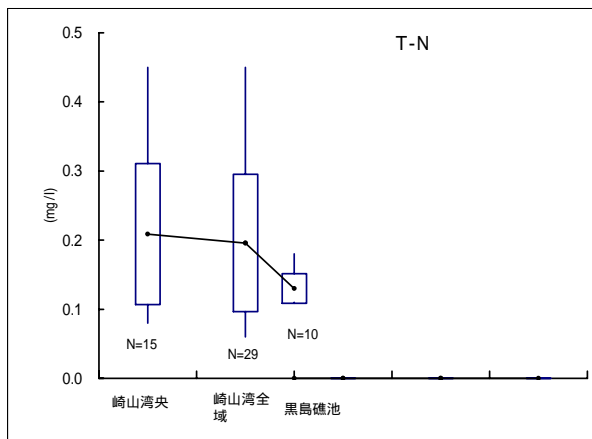


図 16 黒島と崎山湾 (1989年10月、下地ら1990) の比較

## 5. 石西礁湖の現況

### (1) 礁池

図 17 に平成 14 年度調査結果から、石西礁湖礁池におけるサンゴ高被度域（50%以

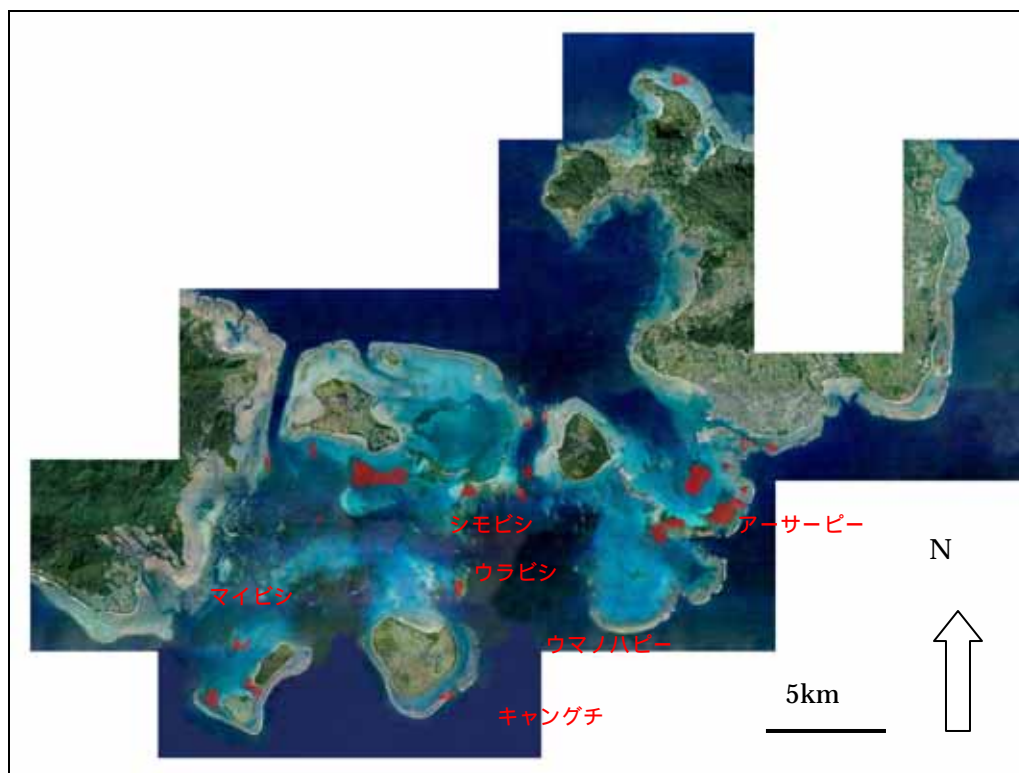


図 17 サンゴ高被度域分布図

上)を示す。

主な高被度分布域は、アーサービー礁湖（枝状コモンサンゴ類、ユビエダハマサンゴとスギノキミドリイシ、コエダミドリイシが優占する群集）小浜島南側（スギノキミドリイシを優占種とする群集）に分布する。その他、ウラビシ付近（ヒメマツミドリイシを主とする群集）（被度、面積 33 ha）シモビシ付近（スギノキミドリイシ群集）下地西側礁池（クシハダミドリイシなど多種のミドリイシ群集）マイビシ（ハナバチミドリイシなど卓状ミドリイシ群集）にも分布する。

### (2) 礁斜面

礁斜面におけるサンゴ被度分布は図 6 に示した。石西礁湖礁斜面における高被度分布域は北側よりも南側に多い。特に、ウマノハピー、ウラビシが特に被度が高く、黒島東岸がこれに続く。北側ではヨナラ水道付近にわずかに分布する。



### (3) まとめ

礁池高被度域と礁斜面高被度域は位置的には必ずしも一致しない。アーサーピでは礁池は高いが礁斜面は低く、ウマノハピーではその逆である。礁嶺が礁池と礁斜面の環境差を形成しているためと思われる。同じ礁湖南側でも黒島西側、新城島礁斜面では被度は比較的 low 興味深い。

長期的な時間スケールでみると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。

## 6. 課題

平成 14 年度報告で提案したサンゴ礁保存区候補地（図 18）及び再生区候補地（図 19）を基に、次の手順で候補地の選定を行う。

### 6-1 サンゴ礁保存区候補地調査

幼生供給源としての母サンゴ群の機能を持たせる区域として、石西礁湖を対象海域とし、選定を行う。選定は基準項目についての総合評価により行う。

#### （1）選定基準項目

##### ア．サンゴ群集

- 項目：被度、卓状サンゴ群体径、面積
- タイプ：枝状ミドリイシ、枝状コモンサンゴ、枝状ハマサンゴ、卓状ミドリイシ、多種ミドリイシ

##### イ．生息環境

- 項目：分布位置、堆積物、栄養塩、水温、流動、復元力
- 地形区分：礁池・礁湖、礁縁

#### （2）選定調査手法

##### ア．サンゴ群集

- a. 被度  
サンゴ礁底性状分布図より測定する。
- b. 卓状サンゴ群体径  
礁縁、離礁上の卓状サンゴ群集については群体の長径を測定する。測定の方法は、群集中央部に 50m の測線を設定し、測線両側 1m に出現する群体の最大径を測定する。
- c. 面積  
サンゴ礁底性状分布図より測定する。
- d. タイプ：枝状ミドリイシ、枝状コモンサンゴ、枝状ハマサンゴ、卓状ミドリイシ、多種ミドリイシに区分する。

##### イ．生息環境

- a. 分布位置  
海流上流部にあたる礁湖南部、中流部にあたる礁湖中央部、下流部にあたる礁湖北部に区分する。
- b. 堆積物  
広域モニタリング調査の SPSS 測定値を活用する。
- c. 栄養塩  
夏季表層 T-N、T-P の測定を行う。

- d. 水温  
最高水温を示す 8 月にデータロガーを設置し、1 ヶ月連続水温観測を行う。
- e. 流動  
8 月大潮時に石膏球を 24 時間設置し、平均流速を測定する。
- f. 復元力  
幼生到達による復元力を幼生着床具設置により測定する。各群集に 10ha に 1 の割合で調査地点を設け、サンゴ産卵期各調査地点に 100 個の着床具を堆積物の影響を避けるため海底付近に吊り上げる。維持管理を行いながら 1 年後に幼生着床数の測定を水中で行う。
- g. 地形：礁池・礁湖、礁縁に区分する。

### (3) 評価手法

選定調査結果を次の評価基準で 3 段階に評価する。

表 3 保存区候補地評価基準

項目		評価			備考
サンゴ群集	被度 (%)	< 25	25-50	50 <	
	卓状群体平均長径 (cm)	< 50	50-100	100 <	
	面積 (ha)	< 25	25-50	50 <	石西礁湖海中公園地区平均面積 53.4ha
生息環境	分布位置	礁湖北部	礁湖中央部	礁湖南部	
	SPSS階級	6 <	4-5	< 3	
	T-N (mg/l)	> 0.3	0.2-0.3	< 0.2	水質基準類型 : 0.2以下、 : 0.3以下、 : 0.6以下、 : 1以下
	T-P (mg/l)	> 0.03	0.02-0.03	< 0.02	水質基準類型 : 0.02以下、 : 0.03以下、 : 0.05以下、 : 0.09以下
	8月日平均水温 30 以上の日数	> 10	5-10	< 5	
	夏季大潮日平均流速 (m/s)	< 0.2	0.2-0.5	> 0.5	
	着床具幼生着床率 (%)	< 20	20-50	50 <	

### (4) 検証調査手法

評価により選定された保存区候補地の幼生供給源能力を検証するため、模擬幼生放流調査を実施する。サンゴ産卵時にサンゴ幼生と形状、大きさ、比重などを近似させた幼生を漂流板と共に放流し、着生時まで 1 日ごとにネット採集を行う。

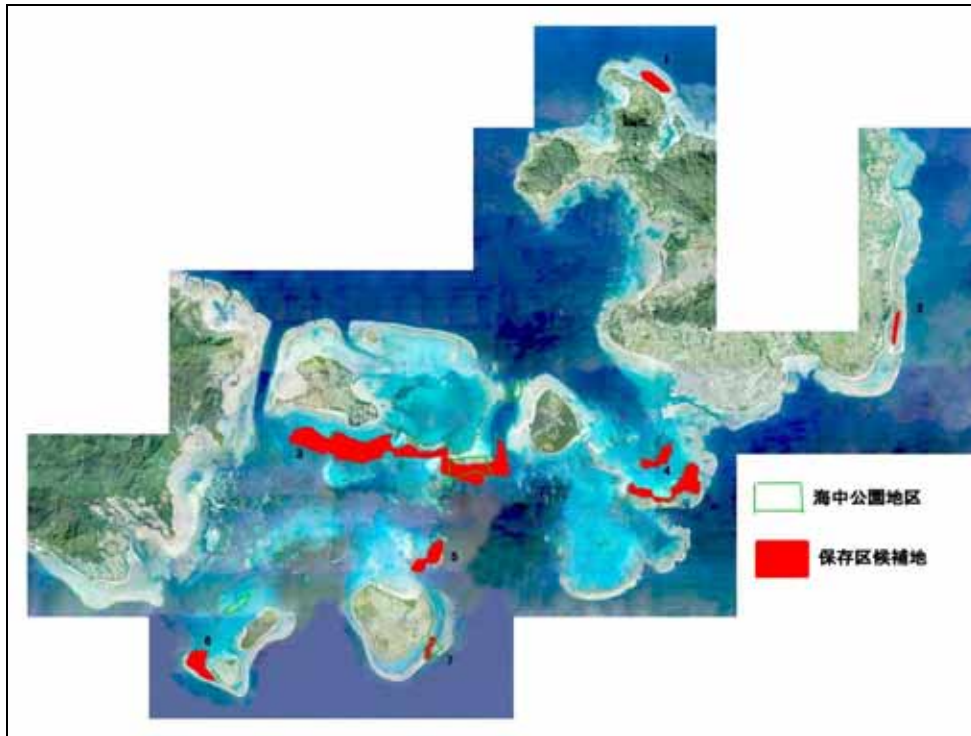


図 18 サンゴ礁保存区候補地

## 6-2 サンゴ礁再生区候補地調査

サンゴの加入が希薄、物理的生息環境が不適などの理由で長期間回復が見られない海域について、人為的にサンゴを再生し、

- ・ 他の動物のすみか
- ・ 海中景観の創造
- ・ 幼生の供給源

の機能を果たさせる区域として、石西礁湖を対象海域とし、候補地の選定を行う。選定は基準項目についての総合評価により行う。

### (1) 選定基準項目

#### ア．サンゴ群集

- 項目：潜在的サンゴ群集、面積
- タイプ：枝状ミドリイシ、卓状ミドリイシ

#### イ．生息環境

- 項目：分布位置、堆積物、栄養塩、水温、流動、復元力
- 地形区分：礁池・礁湖、礁縁

### (2) 選定調査手法

#### ア．サンゴ群集

- a. 潜在的サンゴ群集

サンゴ類分布図（環境庁自然保護局・国立公園協会 1981）より測定する。

-b. 面積

サンゴ礁底性状分布図より測定する。

-c. タイプ：枝状ミドリイシ、卓状ミドリイシに区分する。

イ．生息環境

-a. 分布位置

海流上流部にあたる礁湖南部、中流部にあたる礁湖中央部、下流部にあたる礁湖北部に区分する。

-b. 堆積物

広域モニタリング調査の SPSS 測定値を活用する。

-c. 栄養塩

夏季表層 T-N、T-P の測定を行う。

-d. 水温

最高水温を示す 8 月にデータロガーを設置し、1 ヶ月連続水温観測を行う。

-e. 流動

8 月大潮時に石膏球を 24 時間設置し、平均流速を測定する。

-f. 地形：礁池・礁湖、礁縁に区分する。

(3) 評価手法

選定調査結果を次の評価基準で 3 段階に評価する。

表 4 再生区候補地評価基準

項目	評価			備考
面積(ha)	< 25	25-50	50 <	石西礁湖海中公園地区平均面積 53.4ha
分布位置	礁湖北部	礁湖中央部	礁湖南部	
SPSS階級	6 <	4-5	< 3	
T-N(mg/l)	> 0.3	0.2-0.3	< 0.2	水質基準類型 :0.2以下、 :0.3以下、 :0.6以下、 :1以下
T-P(mg/l)	> 0.03	0.02-0.03	< 0.02	水質基準類型 :0.02以下、 :0.03以下、 :0.05以下、 :0.09以下
8月日平均水温 30 以上の日数	> 10	5-10	< 5	
夏季大潮日平均流速 (m/s)	< 0.2	0.2-0.5	> 0.5	

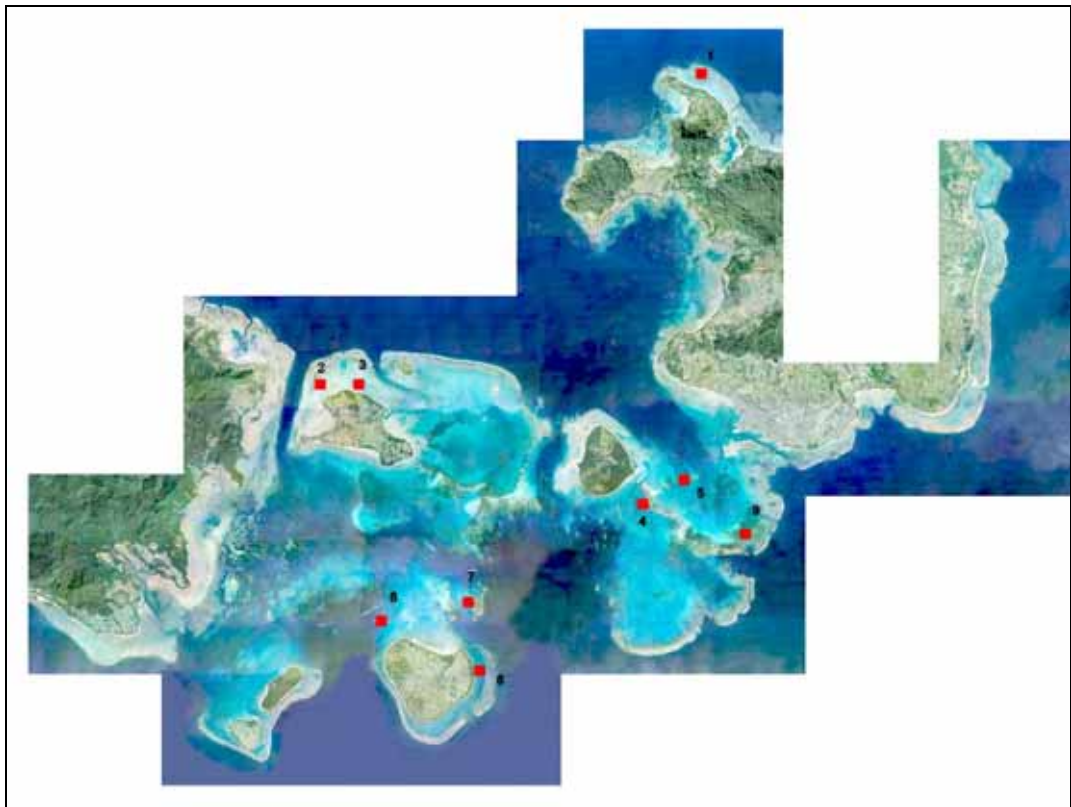


图 19 再生区候補地