

環境庁委託研究報告書

平成4年度

サンゴ礁生態系の復元手法に
関 する 研 究
報 告 書

1993年3月

財団法人 海中公園センター

はじめに

わが国のサンゴ礁は近年様々な陸域からのインパクトを受けて、その様相をかつての姿とは相当異なったものになっている。サンゴ群集の衰退はその顕著な現象であるが、その原因については本研究の前期研究である「サンゴ礁生態系の維持及び安定化機構に関する研究」で検討され、サンゴ群集の回復の手段としてサンゴ移植等の手法が提案された。本研究は前期研究の成果を踏まえて、衰退したサンゴ群集の回復の手法について検討することを目的に環境庁が平成4年度から3ヶ年計画で、海中公園センターに委託し、実施することとなったものである。

センターでは策定された研究計画に従い、本年度の研究を実施したので、ここにその成果を報告する次第である。

1993年3月

財団法人 海洋公園センター
理事長 宇野 佐

サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究

委員会名簿

委員長	辰喜 洸	和歌山県立自然博物館長
委員	伊佐次郎	沖縄県農林水産部参事監
〃	酒井一彦	琉球大学熱帯海洋科学センター講師
〃	横地洋之	東海大学海洋研究所講師
海中公園センター	土屋徳之助	常務理事
	内田紘臣	鏑浦研究所主任研究員
	御前洋	八重山研究所研究員
	藤原秀一	研究員
	岩瀬文人	鏑浦研究所研究員
	重井明男	八重山研究所研究員
	森美枝	鏑浦研究所研究員

目 次

はじめに

委員会名簿

I. 研究の概要	1
1. 研究の背景及び目的	1
2. 対象地域	1
3. 研究内容	2
II. 1992年度の研究結果	3
1. 有性生殖による復元手法	3
(1) サンゴの産卵生態	3
(2) サンゴ群集の回復と幼生の加入	7
(3) サンゴ幼生の加入	19
2. 無性生殖による復元手法	22
資 料 石西礁湖における移植サンゴの歩留まり	35
引用文献	41

I. 研究の概要

1. 研究の背景及び目的

衰退したサンゴ群集の回復のメカニズムについては未解明な点が多く、再生の進む海域、全く進まない海域等場所により大きく異なることが経験的に知られていたが、その原因については不明であった。

そこで、海中公園センターでは1989年～1991年の3ケ年で環境庁の委託により「サンゴ礁生態系の維持及び安定化機構に関する研究」を実施し、主として環境とサンゴ群集の再生との関係について検討した。

その結果、サンゴ群集回復の地域較差は、1. 幼生の着生によるリクルートの差、2. 既存サンゴ群体の破片化とその破片の拡散による分布の拡大の差、3. 富栄養化による海藻類の卓越による付着基質の消失の差、という3点に起因する可能性が示唆された。すなわち、サンゴ群集回復の悪い地域はサンゴ類幼生の加入あるいはその着生基質の欠如、また破片化をするもとになるサンゴ群体の欠如により、回復がなされていない可能性が示唆された。

このような海域に対してはサンゴ破片の人為的な移植により、自然の回復をまつよりはるかに速やかにサンゴ群集の回復が期待できると考えられる。なぜなら移植したサンゴの成長及びそれらの破片化による周囲への拡散及びそれからの幼生の分散加入が寄与するからである。

そこで、本研究では上記の前期研究の成果を踏まえて、サンゴ移植等サンゴ群集の回復をはかるための手法について研究することを目的とし本年度より3ケ年の計画で実施するものである。

2. 対象地域

前期研究フィールドである沖縄県八重山群島の石西礁湖（西表国立公園）及び西表島網取湾海域を研究フィールドに選定した。

3. 研究内容

(1) 有性生殖による復元手法

サンゴの産卵生態を解明し、実験室で幼生の飼育、着生実験を行い、移植種苗の生産手法を開発すると共に、野外における種苗の効果的な着生手法の開発を行う。

野外における幼生の加入のポテンシャルを場を競合する生物のない人工基質設置により調べるとともに、自然状態の基質を攪乱し、新たな付着面を作ることにより調べる。

母サンゴを設置することにより、付近の基質への加入の可能性を調べる。

(2) 無性生殖による復元手法

移植種の適性を調べるため、数種のサンゴを様々な環境に移植し、生残率を調べることにより移植法の確立をはかる。

II. 1992年度の研究成果

1. 有性生殖による復元手法

(1) サンゴの産卵生態

ア) 目的

サンゴの移植のための種苗を得るに当たり、最良の方法は卵から幼生を得て、これを移植サイズまで飼育すること・・・完全種苗生産・・・である。種苗生産にはまずサンゴの産卵に関する特性を知る必要があるが、南西諸島におけるそれらの知見は未だ十分ではない。そこで八重山諸島でのサンゴの産卵時期を知ることを目的として、黒島に於て野外観察を実施した。

イ) 材料と方法

観察場所は図1に示す通り黒島の南西側に位置する仲本 (St. A) 及び、北側の黒島港沖 (St. B) で、1991年4月30日～8月29日までの内33日間、また1992年4月15日～10月20日までの内39日間、潜水して観察した。観察時間は大潮の日を中心に夜の満潮時前後2時間から3時間とした。

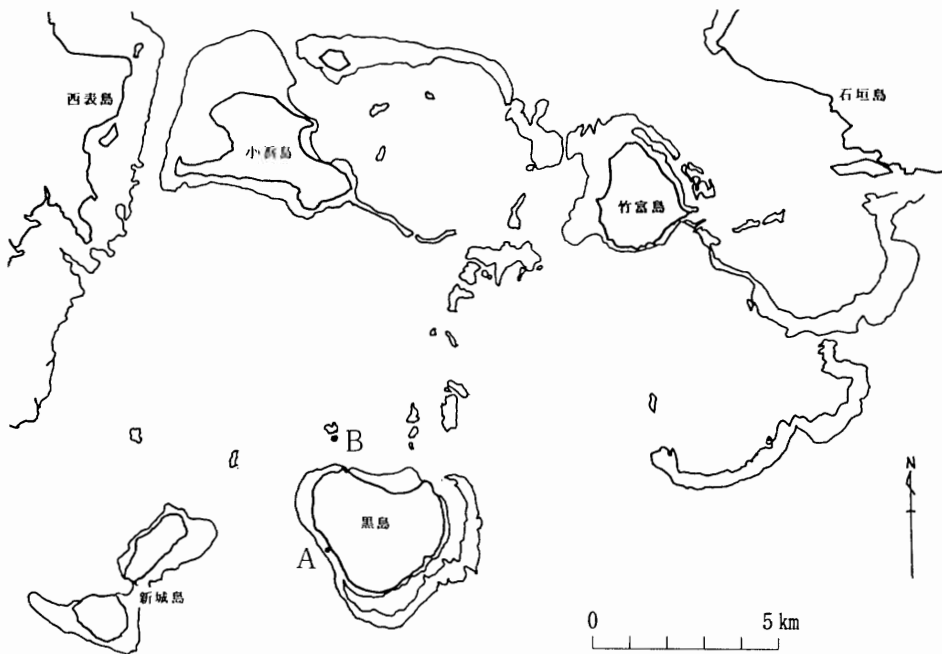


図1 サンゴ産卵調査地点

尚、仲本の調査地は、岸から100~150m沖にパッチ状に点在する水深1~5mの暗礁である。この暗礁にはエダコモンサンゴ、トゲエダコモンサンゴ等コモンサンゴ類を主体に約50種のイシサンゴ類が棲息している。潮流は干潮時は岸から礁嶺まで伸びる渡路が調査地の両側にでき干出するため、約巾200m、長さ500mという大きなタイドプールになり、数時間流れが止まるが、その他の時はほぼ南から北に向かって流れている。また黒島港沖の調査地は岸から約700m沖にある水深1~6mの暗礁で、周囲は約150mである。ここではクシハダミドリイシ、ハナバチミドリイシ等卓状型ミドリイシを主体に約60種のイシサンゴ類が棲息している。潮流は上げ潮時西から東へ、下げ潮時は東から西に流れる。

ウ) 調査結果

配偶子放出の観察結果を表1に示す。1991年、1992年の2年間で放出を観察できたのは21種、内1991年は16種、また1992年は10種であった。また2年連続して放出の確認できた種は6種(ミドリイシ科のみ)であった。ハナバチミドリイシ、クシハダミドリイシ、ハナガサミドリイシの3種は2年間同一群体が放出しているのを確認した。

エ) 考察

配偶子を放出した種について、満月からの経過日数との関係を図2に示す。この図から黒島では4月下旬~5月の大潮の後から7月にかけてイシサンゴ類が産卵していることがわかる。

次に満潮(干潮)時からの経過時間(毎回満潮時を基準にした潜水行程を組んだ)を調べてみると図3のようになった。この図から満潮時の前後1時間以内に放出しているものが多いことがわかった。尚*Acropora*属の配偶子放出についてみると、1991年は干潮から2~3時間後に放出したのに対して、1992年は満潮後1時間以内に放出した。これらの産卵日を見ると1991年は4月28日の大潮の7日後、また1992年は5月17日の大潮翌日となっている。サンゴの産卵は潮汐と水温に大きく関係しているといわれているが、4月下旬はまだ水温(図4)が25~26℃に上昇する時期でまだ安定していないため1991年は配偶子の放出が遅れたものと思われる。一方1992年は5月下旬で水温も26℃以上に上昇していたためスムーズに運んだものと思われる。これらの結果より次年度は、

表1 黒島におけるサンゴの配偶子放出結果

1991年						産卵種
観察日	観察時	日没	潮汐	月	放出時	
* 5月1日	20:45	19:12	21:19	+2	22:00	コトゲキクメイシ (1 群体) ウスチャキクメイシ (1 群体)
* 2日	21:40	19:12	22:00	+3	21:40	エダコモンサンゴ ウスコモンサンゴ ノリコモンサンゴ
* 3日	21:35	19:13	22:45	+4	21:50	エダコモンサンゴ ノリコモンサンゴ
* 4日	21:40	19:13	23:38	+5	22:00	エダコモンサンゴ (1 群体)
6日	20:00	19:14	18:34-	+7	21:40	ハナバチミドリイシ クシハダミドリイシ オヤユビミドリイシ ハナガサミドリイシ ムギノホミドリイシ
7日	21:00	19:15	19:46-	+8	21:50	前日と同じ種
28日		19:25	20:01	=0	22:00	浮遊卵あり
30日		19:26	21:11	+2	22:00	トゲキクメイシ
* 31日		19:27	21:50	+3	22:00	トゲコモンサンゴ エダコモンサンゴ
7月3日		19:36	23:36	+6	23:30	ホシキクメイシ (3 群体)
* 4日		19:36	17:41-	+7	23:30	ホシキクメイシ (1 群体)
8月1日		19:28	22:41	+5	22:30	コカメノコキクメイシ (1 群体) シナノウサンゴ (1 群体)
2日		19:27	23:15	+6	22:30	コユビミドリイシ (数群体) ムギノホミドリイシ (数群体)
29日		19:06	21:26	+4	22:30	浮遊卵あり (種不明)
1992年						産卵種
観察日	観察時	日没	潮汐	月	放出時	
4月24日	20:30	19:06	18:44-	+7	22:00	浮遊卵あり (種不明)
5月18日	21:45	19:21	21:04	+1	21:45	トゲスギミドリイシ スギノキミドリイシ ムギノホミドリイシ ハナバチミドリイシ ハナガサミドリイシ クシハダミドリイシ ツツミドリイシ
* 20日	20:30	19:22	22:23	+3	21:30	フカトゲキクメイシ エダコモンサンゴ
* 23日	21:00	19:24	17:53-	+6	21:30	エダコモンサンゴ
*6月13日	20:20	19:32	19:01	-2	21:00	キクメイシ

	1991				1992	
	4/29	5/28	6/27	7/27	5/17	6/15
1 トゲコモンサンゴ		3				
2 エダコモンサンゴ	3-5				3, 6	
3 ウスコモンサンゴ	3					
4 ノリコモンサンゴ	3, 4					
5 ハナバチミドリイシ	7, 8				1	
6 クシハダミドリイシ	7, 8	-----			1	
7 オヤユビミドリイシ	7, 8					
8 ハナガサミドリイシ	7, 8				1	
9 ムギノホミドリイシ	7, 8			6	1	
10 コユビミドリイシ				6		
11 ツツミドリイシ					1	
12 スギノキミドリイシ					1	
13 トゲスギミドリイシ					1	
14 トゲキクメイシ		2				
15 コトゲキクメイシ	2					
16 フカトゲキクメイシ					3	
17 ウスチャキクメイシ	2					
18 キクメイシ						-2
19 ホシキクメイシ			6, 7			
20 コカメノコキクメイシ				5		
21 シナノウサンゴ				5		

図2 満月から配偶子放出までの経過日数

	干潮 +:1991 +:1992 満潮 *:1991 *:1992					
	-2	-1	0	1	2	3
1 トゲコモンサンゴ			*			
2 エダコモンサンゴ	*	*	* *			+
3 ウスコモンサンゴ			*			
4 ノリコモンサンゴ		*	*			
5 ハナバチミドリイシ				*	+	+
6 クシハダミドリイシ				*	+	+
7 オヤユビミドリイシ					+	+
8 ハナガサミドリイシ				*	+	+
9 ムギノホミドリイシ		*		*	+	+
10 コユビミドリイシ		*				
11 ツツミドリイシ				*		
12 スギノキミドリイシ				*		
13 トゲスギミドリイシ				*		
14 トゲキクメイシ				*		
15 コトゲキクメイシ				*		
16 フカトゲキクメイシ		*				
17 ウスチャキクメイシ				*		
18 キクメイシ					*	
19 ホシキクメイシ		*	*			
20 コカメノコキクメイシ			*			
21 シナノウサンゴ			*			

図3 満潮(干潮)時から配偶子放出までの経過時間

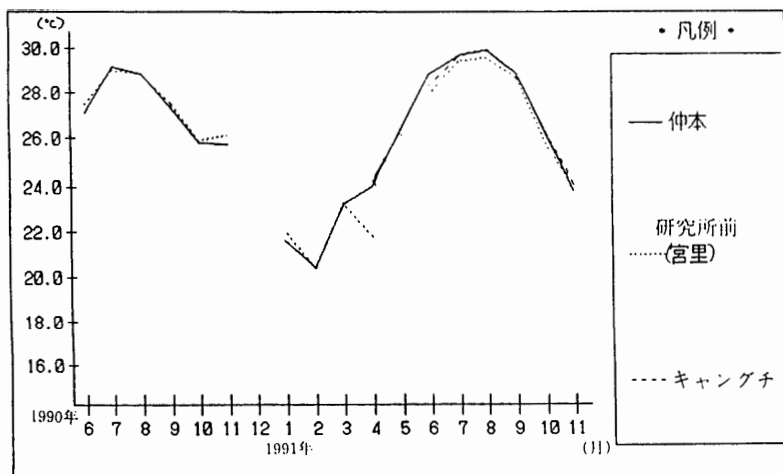


図4 黒島礁池における水温（月平均値）

*Acropora*属を中心に数種のイシサンゴ類からプラヌラを得、着底させて幼生の飼育までを試みる予定である。

(2) サンゴ群集の回復と幼生の加入

ア) 緒言

本研究を行った西表島網取湾周辺は、大発生したオニヒトデの食害によって1980年代初頭には全域で造礁サンゴの被度が5%以下となる壊滅的な打撃を被ったが、その後サンゴ群集は回復の過程にある（横地ほか，1991）。しかし、回復の状況は場所によって著しく異なっており、現在生きたサンゴが一面を覆うまでになっている所もあれば、ほとんど回復が進行していない所もある。

サンゴ群集の回復を左右する要因としては、回復の元手となる食い残されたサンゴの量と成長速度、海域への幼生の供給量、幼生の着底量ならびにその後の生残と成長などが考えられる。これらの要因に、石油汚染や泥土の流入、富栄養化などの人為的影響が加わった場合には、回復は大きく阻害される（Loya, 1976 ; Birkeland, 1988 ; Sakai et al., 1989 ; Rogers, 1990 ; Tomascik, 1991など）。しかし、網取湾周辺は汚染などの人為的な影響はほとんどないので、このような著しい回復度の違いをもたらしている要因として、幼生の加入量が局所的に大きく異なっていることが推察される。

これまで、攪乱後のサンゴ群集の構造化過程に関する研究は数多く行われてきている (Pearson, 1981 ; Sakai and Yamazato, 1984 ; Colgan, 1987 など)。また、幼生の加入に関する研究も多く (Wallace, 1985 ; Babcock, 1988 ; Fisk and Harriot, 1990 など)、群集構造との関連について論議している例 (Harriott, 1985) もあるが、回復を左右する要因としての幼生の加入について検討した例は見あたらない。

そこで、西表島・網取湾周辺の回復程度の異なる地点におけるサンゴ幼生の加入、およびその後の生残と成長を調査することにより、サンゴ幼生の加入とサンゴ群集の回復との関連について検討することとした。この点に関して正しく理解することは、サンゴ礁生態系の保全や積極的な回復の手だてを検討する上で不可欠と考えられるので、この調査を計画した。

イ) 調査地の概況

調査対象とした西表島網取湾周辺 (24° 20' N, 123° 42' E) は、湾口部のヨナ曾根やサバ崎などの外洋に面した所では裾礁が良く発達し離岸距離500 m以上に達するが、湾奥に向かうに従ってその幅は狭くなり、河口部ではサンゴ礁の存在しないところもある。それぞれの調査地点 (図5) の概況は以下の通りである。

St. 1 : ヨナ曾根とよばれる外洋に面して発達する広いサンゴ礁の東端で、網取湾口にあたり、波当りは強い。コリンボース状とテーブル状の *Acropora* (ミドリイシ) が目だが、その他の塊状や被覆状のサンゴも多い。回復は良く、生サンゴが一面を覆っている所もある。

St. 2 : 研究センター地先の網取湾中央部にあたるが、湾口から入ってくる外洋からのうねりや波を比較的受けやすいため、縁脚-縁溝系が形成されている。*Acropora* のテーブル状、コリンボース状を主体としてサンゴの種類も多く、回復は良い。

St. 3 : 網取湾奥部にあたり波当たりが弱く、湾最奥部に注ぐ二本の小河川の影響を受けやすく海水は濁っていることが多い。サンゴ礁の発達は小さく、サンゴの種類も少ないが、*Acropora* の枝状、コリンボース状、テーブル状の大型群体が目立ち、回復は良い。

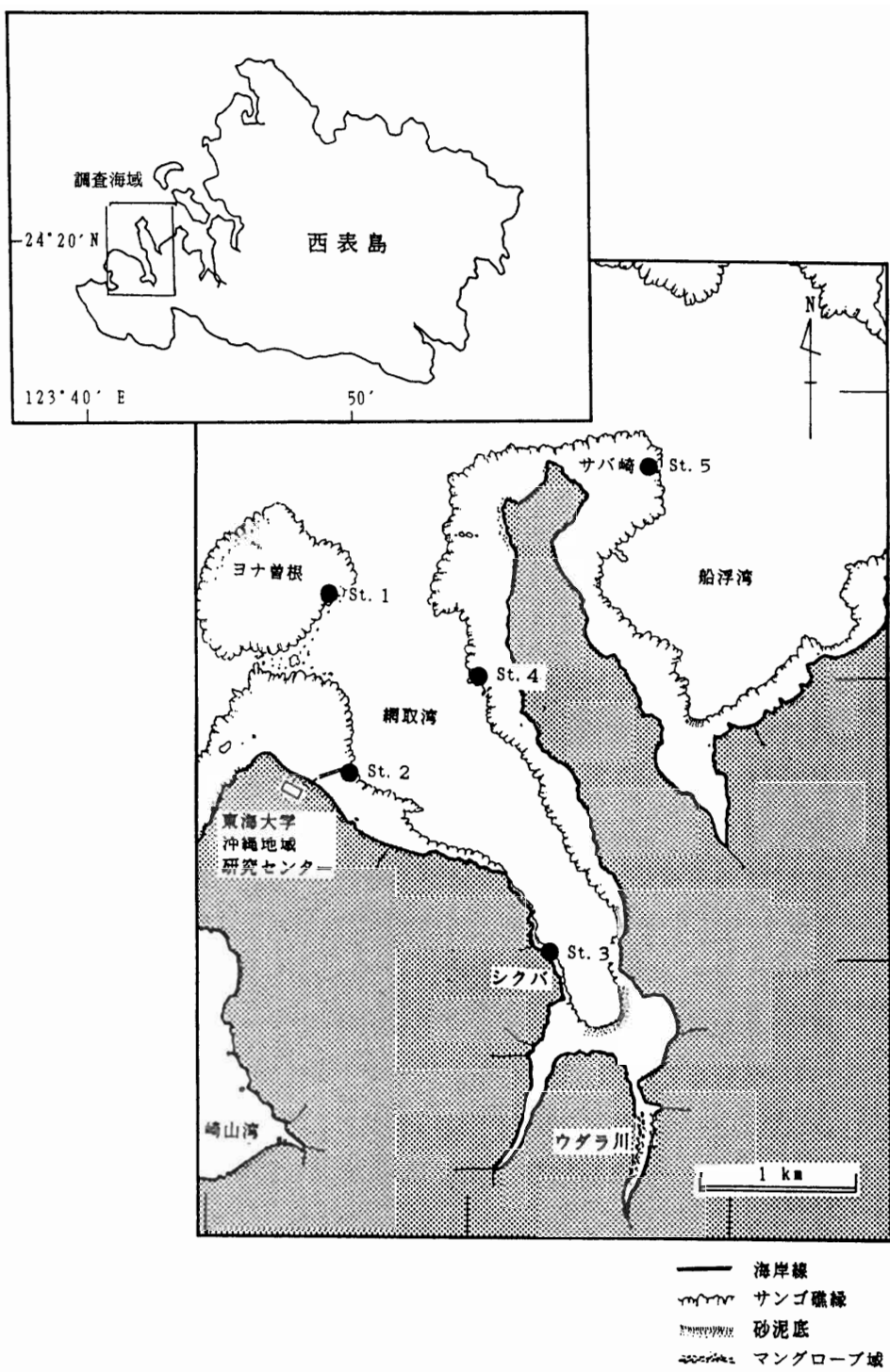


図5 調査地点（西表島網取湾）

St. 4：網取湾東岸ではSt. 2の対岸にあたり、サンゴ礁の発達は弱く縁脚-縁溝系はみられない。*Acropora*, *Porites* (ハマサンゴ), *Montipora* (コモンサンゴ) などの小型の群体がまばらにみられる程度で、回復はほとんど進行していない状態である。

St. 5：隣の船浮湾との間に突き出たサバ崎周辺に広がるサンゴ礁の船浮湾口側にあたり、波当たりもやや強い。*Acropora*, *Montipora*, *Porites*などの小型の群体がみられるが回復は悪い。

ウ) 材料と方法

① 回復度調査

調査は1992年10月28日から11月5日に、St. 1からSt. 5について行った。方法はLoya (1978) とMundy (1990) の線状トランセクト法 (Line Intercept Transect) に準じた。20mのメジャロープを等深線に沿って、もしくは礁嶺と平行に海底に張り、その線により横断される造礁サンゴ (以後サンゴと呼ぶ)、その他の大型の固着性生物 (以後その他の生物と呼ぶ)、死んで間もないサンゴでまだ藻類に覆われていないもの、生時の形状を残したまま糸状藻類に覆われたサンゴ骨格、砂、礫、の投影距離を測定した。従って、被度の総計で100%に満たない分は、岩盤やサンゴ骨格がサンゴモなどで固められたものなど、サンゴの付着基質となり得る空間を意味する。

サンゴについて、*Acropora*はその群体形によってコリンボース状、テーブル状、枝状、指状および準塊状に分け、*Montipora*と*Porites*は、塊状、被覆状、枝状および葉状に分けた。これら以外のサンゴは属の段階で分類した。

この調査をそれぞれの地点において水深1から3mの範囲内で5本の測線について行った。なお、砂や不安定な礫はサンゴの生息基質となり得ないため、被度と群体数はこの部分を差し引いた有効な基質20m当たりの値として表した。

② 着底量調査

着底量は、回復度を調査した回復の良いSt. 1, St. 2, St. 3, および回復の悪いSt. 4, とSt. 5の計5カ所について、干潮時の水深が約2mで、干出することのない礁縁にて調査した (図5)。調査には20cm四方、厚さ5mm

のスレート板を着底板として用いた。着底板は最低1カ月間は海水に漬けて前処理を行った。この期間に付着したホヤやカイメンなどは、スポンジタワシで軽く擦って取り除き、着底板表面の条件を整えた。

着底板は四隅に穴をあけ径5mm、長さ60mmのステンレスボルトの足をナットで取り付けた。着底板は、サンゴや岩などの陰にならない開けた石灰質の基盤にハンドドリルで穴をあけ、そこにボルトの頭を差し込んで水中ボンドを用いて固定した。またサンゴ幼生が裏側へも着底できるように、着底板を海底から約3cm程離れた。着底板は2個のナットで上下からはさんでボルトの足に固定することにより、回収と再設置が楽に行なえるようにした。

調査海域のサンゴの産卵は満月の後に多くみられるので、新たに生み出された幼生が着底する基質の条件を均等にするために、満月から次の満月までの約1ヶ月を一期間として、それぞれの期間の初めに新しい着底板3枚を設置した。その後1ヶ月ごとに回収して観察した後、元の場所に戻した。最初の着底板は1992年4月に設置し、以後9月までの5ヶ月間この調査を続けた。回収した着底板はすべて実験室でルーペと実体顕微鏡を用いて丹念に調べ、5mm目の方眼を描いた透明OHP用紙を着底板に重ねて稚サンゴの位置を記録し、群体識別を行った。これを調査ごとに継続して記録することにより、新規着底数および生残数を求めた。同時に接眼マイクロメーターをつけた実体顕微鏡を用いて最大直径とそれに直交する径、およびカリス径、セプタ数とポリプの数を測定した。また、稚サンゴは可能なかぎり科または属までの査定を行った。

エ) 結果

① 回復度

各調査地点の被度の平均は、St. 1, St. 2, St. 3は50%前後であり、St. 4とSt. 5はそれぞれ6.1%と11.2%であった(表2, 図6)。St. 1とSt. 2とSt. 3の各組み合わせ間、ならびにSt. 4とSt. 5の間では被度には差がなく、回復の良いSt. 1からSt. 3のグループと回復の悪いSt. 4,5のグループとの間で明らかな差がみられた(Scheffeの多重比較, $P < 0.001$)。

有効基質20m当たりの平均群体数はSt. 1から順に、85.8, 76.3, 60.0, 18.4,

37.9であり、回復のよい地点が群体密度も高い傾向がみられる（表2，図7）。しかし、St. 1とSt. 2の間を除くすべての組み合わせ間で有意差がみられた（Scheffeの多重比較，St. 2対St. 3は $0.01 < P < 0.05$ ，他は $P < 0.01$ ）。すなわち，被度では差がなかった回復の良いSt. 1～3のグループ内でも，St. 3は他の2地点に比べて群体密度が低く，回復の良くないグループ内でも，St. 4はSt. 5に比べて群体密度が低かった。

表2 回復度調査結果

調査ライン		1	2	3	4	5	合計	平均	標準偏差	
St. 1	サンゴ	被度(%)*	58.3	63.6	55.5	44.9	43.6		53.2	8.7
		群体数*	83.0	78.0	88.0	95.0	85.0	429.0	85.8	6.3
		属数	11	10	15	14	11	18	12.2	2.2
	その他 の生物	被度(%)*	0.5	0.4	0.6	1.2	0.2		0.6	0.4
		群体数*	2.0	2.0	2.0	4.0	1.0	9.0	2.2	1.1
St. 2	サンゴ	被度(%)*	43.4	47.1	45.4	51.5	47.2		46.9	3.0
		群体数*	75.0	83.7	80.9	70.9	70.9	381.4	76.3	5.8
		属数	13	14	13	11	10	19	12.2	1.6
	その他 の生物	被度(%)*	0.5	0.9	0.9	3.3	3.2		1.8	1.4
		群体数*	5.1	3.1	5.1	7.8	12.7	33.8	6.8	3.7
St. 3	サンゴ	被度(%)*	60.0	59.7	40.0	41.0	61.8		52.5	11.0
		群体数*	67.9	62.9	50.2	52.5	66.3	299.8	60.0	8.1
		属数	5	6	5	2	9	11	5.4	2.5
	その他 の生物	被度(%)*	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2		0.2	0.3
		群体数*	0.0	0.0	2.7	0.0	1.2	3.9	0.8	1.2
St. 4	サンゴ	被度(%)*	6.3	2.9	6.4	6.0	8.9		6.1	2.1
		群体数*	16.0	10.0	21.0	22.0	23.0	92.0	18.4	5.4
		属数	5	7	7	11	9	15	7.8	2.3
	その他 の生物	被度(%)*	0.5	0.1	0.3	0.6	1.0		0.5	0.3
		群体数*	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	9.0	1.8	0.4
St. 5	サンゴ	被度(%)*	9.1	8.8	16.5	10.5	11.2		11.2	3.1
		群体数*	35.6	30.1	52.8	39.5	31.4	189.4	37.9	9.1
		属数	11	11	11	13	12	21	11.6	0.9
	その他 の生物	被度(%)*	0.4	0.6	0.5	3.2	1.3		1.5	1.2
		群体数*	2.4	1.2	3.6	10.7	3.4	21.3	4.3	3.7

* 有効基質長による換算値（方法の項参照）

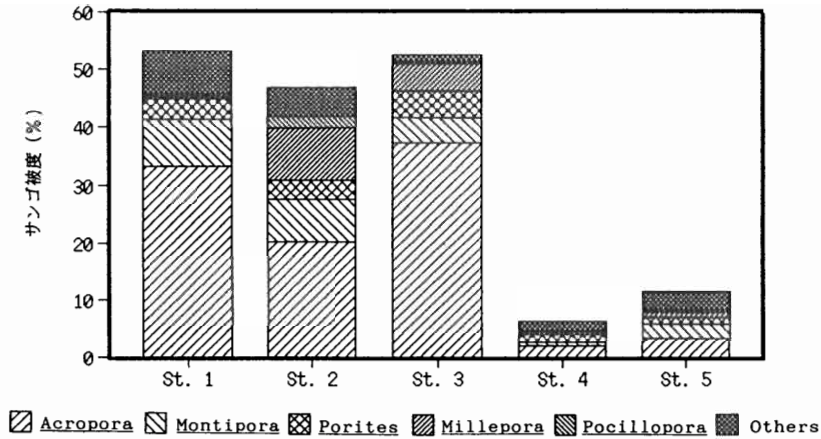


図6 各調査地点におけるサンゴ被度

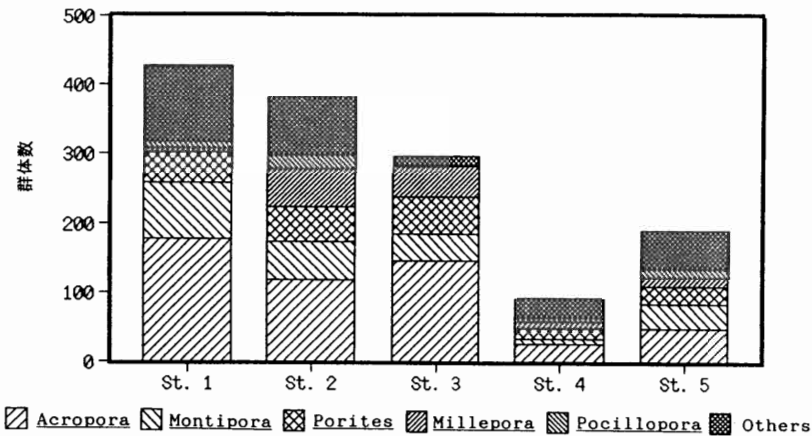


図7 各調査地点における有効基質100m当たりのサンゴ群体数

各調査地点におけるサンゴの総出現属数は、St. 1とSt. 2およびSt. 5が調査ライン1本当たりの平均で約12、総数では20前後でほぼ同程度であった。St. 3は平均5.4、合計11と最も少なく、St. 4はそれぞれ7.8と15で中間的であった。出現属数と被度や群体密度との間に関連はみられなかった(表2)。

調査地点全体では合計28属が確認され、そのなかで*Acropora*(ミドリイシ属)、*Montipora*(コモンサンゴ属)、*Porites*(ハマサンゴ属)、*Pocillopora*(ハナヤサイサンゴ属)、*Favia*(キクメイシ属)、*Goniastrea*(コカメノコキクメイシ属)、*Montastrea*(マルカメノコキクメイシ属)、および*Millepora*(アナサンゴモドキ属)は全地点に共通してみられた。

各調査地点ごとに、群体密度または被度が5位以内の属について、それらの相対値、および次式より求めた積算優占度 (summed dominance ratio: SDR) を表3に示した。

表3 各調査地点におけるサンゴの群体数または被度の上位5属の相対値ならびに積算優占度

		群体数(%)	被度(%)	積算優占度(%)
St. 1	<u>Acropora</u>	41.5	62.6	100
	<u>Montipora</u>	18.9	15.4	35.1
	<u>Porites</u>	10.5	6.6	17.9
	<u>Montastrea</u>	5.6	2.8	9.0
	<u>Goniastrea</u>	5.4	2.2	8.3
St. 2	<u>Acropora</u>	30.7	43.0	100
	<u>Millepora</u>	14.5	19.3	46.1
	<u>Montipora</u>	14.5	15.3	41.4
	<u>Porites</u>	13.2	7.3	30.0
	<u>Goniastrea</u>	6.6	2.9	14.1
	<u>Pocillopora</u>	5.5	4.2	13.8
St. 3	<u>Acropora</u>	48.9	70.7	100
	<u>Porites</u>	18.1	8.7	24.7
	<u>Millepora</u>	14.9	9.0	21.6
	<u>Montipora</u>	12.7	8.6	19.1
	<u>Goniastrea</u>	1.8	0.7	2.3
	<u>Pocillopora</u>	0.9	0.9	1.6
St. 4	<u>Acropora</u>	28.3	32.1	100
	<u>Porites</u>	15.2	21.9	61.0
	<u>Millepora</u>	10.9	8.4	32.3
	<u>Montipora</u>	8.7	10.2	31.3
	<u>Pocillopora</u>	6.5	3.6	17.1
	<u>Cyphastrea</u>	3.3	5.6	14.6
St. 5	<u>Acropora</u>	25.6	30.0	100
	<u>Montipora</u>	18.9	20.9	71.7
	<u>Porites</u>	13.4	9.2	41.5
	<u>Millepora</u>	6.7	7.8	26.1
	<u>Pocillopora</u>	7.3	4.3	21.4
	<u>Goniastrea</u>	5.5	4.8	18.7

$$SDR (\%) = (C' + N') / 2$$

C' : 第1位を100とした各属の相対被度

N' : 第1位を100とした各属の相対密度

以下に各地点の概況を述べる。

1) St. 1

*Acropora*が優占し、群体数では62.6%、被度では41.5%を占めた。*Montipora*, *Porites*がこれに続き、これら3属で群体数の約71%、被度の約85%に上った。これら以外には*Montastrea*や*Goniastrea*, *Favites*などの塊状または被覆状のサンゴが普通にみられた。底質は全体が岩であった。

2) St. 2

コリンボース状、テーブル状、枝状などの*Acropora*が群体数で30.7%、被度では43%と第1位であり、それに*Millepora*, *Montipora*, *Porites*が続き、これら4属で群体数の約85%、被度の約73%を占めた。これら以外には*Goniastrea*, *Pocillopora*, *Favia*などが普通にみられ、St. 1と共通するものも多かった。底質は岩が主体をなし、窪地には礫が堆積していた。

3) St. 3

*Acropora*が群体数で48.9%、被度では70.8%と卓越し、顕著な優占がみられた。*Porites*, *Millepora*, *Montipora*も普通にみられたが、これら以外のサンゴは稀にみられる程度であった。底質は岩と砂礫がモザイク状に入り混じっており、浮泥の堆積もみられた。

4) St. 4

群体数、被度とも*Acropora*が第1位ではあったが、優占の程度は上記3地点に比べて低く、それ以外の*Porites*, *Millepora*, *Montipora*などの塊状や被覆状の種類が、群体数、被度とも全体の約70%を占めた。底質は岩、または死サンゴ骨格ががっちり固まったもので、間隙は多いが安定していた。

5) St. 5

*Acropora*の優占程度は調査地点中で最も低かった。St. 1同様被覆状または塊状の*Montipora*が第2位であり、群体数、被度とも20%前後を占めた。他の塊状や被覆状の種類も普通にみられ、St. 1やSt. 2と共通するものが多かった。底質はほとんどが岩であったが、溝には砂礫が堆積していた。

全地点を通して *Acropora* が優占度で第 1 位となっていたが、優占の程度は地点によって異なっていた。被度の高い（回復の良い）地点では *Acropora* の明らかな優占がみられ、被度の低い（回復の良くない）地点では *Acropora* の優占の程度はそれほど大きくなかった。また、回復が良くサンゴの被度に差がない 3 地点（St. 1~3）間でも、*Acropora* の優占程度は異なっており、相対的な密度や被度には顕著な違いがみられた。St. 3 は群体密度はそれほど高くないが、成長が速く大型になる *Acropora* の優占度が高いために、被度は高くなっている。つまり、回復の良し悪しを *Acropora* の密度と被度が大きく左右していることは間違いないが、その貢献の程度は場所によって大きく異なっており、一口に回復が良いとは言っても、質的には異なっていた。

サンゴ以外の生物はいずれの地点でも被度が 2 % 以下であり（表 2）、ソフトコーラルや大型海藻が優占しているところはなかった。

② 着底量

稚サンゴは、場所と時期を問わずすべて着底板の裏側にみられた。稚サンゴの多くは最大直径が 1~2 mm 程度と小さく、科または属までの査定も困難なものが多かったので、Pocilloporidae ハナヤサイサンゴ科、Acroporidae ミドリイシ科、Poritidae ハマサンゴ科、その他、の 4 つのカテゴリーにまとめた。なお、その他には同定できなかったものも含まれている。

地点、種類、季節の 3 つの要因による三元配置分散分析の結果、すべての組み合わせ間で交互作用が認められた ($p < 0.001$) ので、着底量を左右する単一の主たる要因は特定できなかった。

全地点を合わせた着底板 1 枚当たりの着底数（図 8）をみると、Acroporidae と Pocilloporidea は期間を通して着底し、前者は 7 月に、後者は夏に多い傾向があるが、Poritidae の着底は 7 月以降に限られていた。全体では 7 月と 9 月に多かった。

地点ごとの全調査期間を通した着底数（表 4）は、St. 1 が 117 で最も多く、次いで St. 2 の 71 であった。St. 3, St. 4, St. 5 は 31 から 39 と先の 2 地点より明らかに少なかった。9 月までの全調査期間を通した死亡割合は St. 1, St. 2, St. 4 は 17.1%, 21.1%, 18.9% と 20% 前後であったのに対し、St. 3 は 38.5

%とやや大きく、St. 5では死亡がみられなかった。これにより9月の時点での生残数は、St. 1が97で最も多く、次いでSt. 2の56、St. 5の31、St. 4の30となり、St. 3は24と最も少なかった。

着底したサンゴの種類組成は地点によって大きく異なっていた(表4、図9)。Pocilloporidaeは全地点でみられ、全体の22.5%~58.1%であった。

表4 サンゴ幼生の着底量調査結果

種 類	着底板回収月					合計	死亡割合(%)	
	5	6	7	8	9			
St. 1	Pocilloporidae		6	10	14(4)	10(1)	40(5)	12.5
	Acroporidae		2	3	6	4	15	0
	Poritidae				2	(2)	2(2)	100
	Others	2	5(1)	8(5)	5(1)	40(6)	60(13)	21.7
	合 計	2	13(1)	21(5)	27(5)	54(9)	117(20)	17.1
St. 2	Pocilloporidae	1		3	7	5	16	0
	Acroporidae	1	3	13	2	12(2)	31(2)	6.5
	Poritidae			1		5(2)	6(2)	33.3
	Others			10	4(7)	4(4)	18(11)	61.1
	合 計	2	3	27	13(7)	26(8)	71(15)	21.1
St. 3	Pocilloporidae	2	4	3		1(1)	10(1)	10.0
	Acroporidae	1	1	2		1(1)	5(1)	20.0
	Poritidae			1			1	100
	Others	5(1)	3(2)	6(5)	7(1)	2(4)	23(13)	54.2
	合 計	8(1)	8(2)	12(5)	7(1)	4(6)	39(15)	38.5
St. 4	Pocilloporidae			3	2	5	10	0
	Acroporidae							
	Poritidae			3	4	13(1)	20(1)	5.0
	Others		3	2(3)	1	1(3)	7(6)	85.7
	合 計		3	8(3)	7	19(4)	37(7)	18.9
St. 5	Pocilloporidae			2	4	12	18	0
	Acroporidae			1			1	0
	Poritidae			1	3	4	8	0
	Others				1	3	4	0
	合 計			4	8	19	31	0

()内は、その時点で死亡していたサンゴ体数を表す。

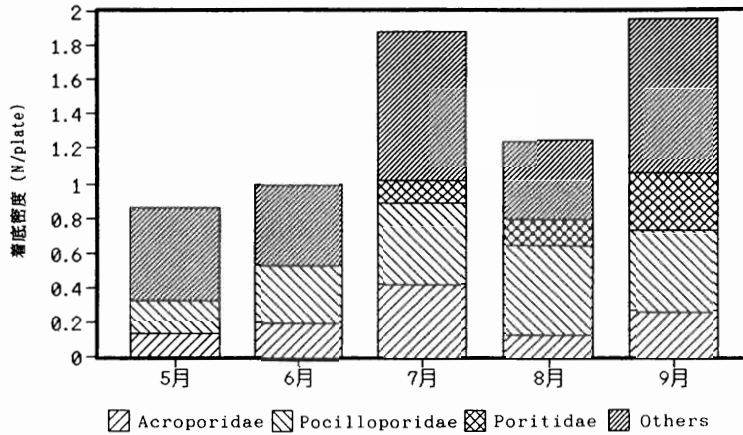


図8 着底量の季節変化

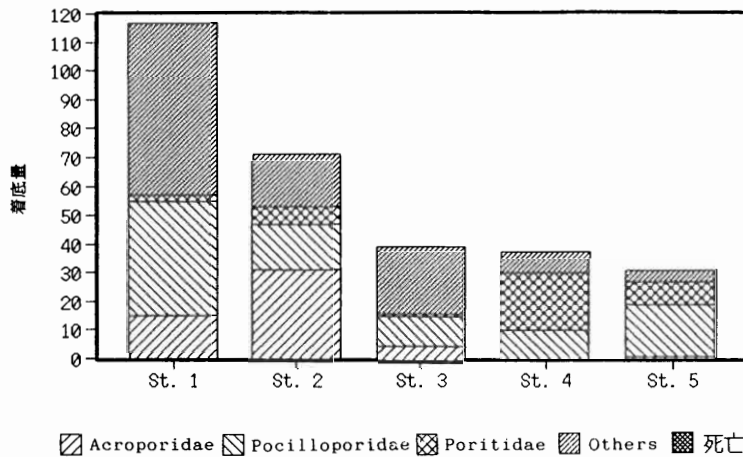


図9 各調査地点における着底量

AcroporidaeはSt. 1~3では12.8~43.7%を占めたのに対して、St. 4では全く無く、St. 5は1例(3.2%)であった。また、PoritidaeはSt. 4では54.1%と過半数を占めたが、St. 1ではゼロ、St. 3では1例(2.6%)であった。

オ) 考察

被度からみた回復の良い地点でも、その群集構造には違いがみられた。すなわち、St. 1とSt. 2は種類数が多く、群体密度も高かった。一方、St. 3は種類数が少なく、群体密度も低いがAcroporaの顕著な優占がみられ大型の群体が多かった。また、回復の悪いSt. 4とSt. 5は種類数は少なくないが、群体密度

が低く、*Acropora*の優占度が低いのが特徴的であった。

幼生の着底量、種類組成、稚サンゴの死亡割合とも地点によって大きく異なっていた。各地点とも用いた着底板の条件は同一なので、着底量はその海域への幼生の供給量を反映していると考えられる。そして、着底板上での死亡は天然基質上でのそれと同一とは言いきれないので、ここでは着底量のみ注目し、これを海域への幼生の供給量として、回復との関連について考察する。

St. 1とSt. 2は着底量が他の3地点に比べて多かった。このことが群体密度の高さをもたらしており、被度の高さにも貢献しているものと思われる。一方、回復の悪いSt. 4とSt. 5は着底量が少なく、このことが群体密度の低さをもたらしていると考えられる。これに加えて成長の速い*Acropora*の加入がほとんど無かったことが、*Acropora*の優占度の低さを通して被度の低さをもたらしているものと思われる。St. 3については、着底量は回復の悪い2地点と同程度であったが、*Acropora*の加入が普通にみられた点が異なっている。St. 3は河口に近く静かなために、sedimentationが大きく被覆状や塊状のサンゴにとって条件は良くないと思われる。しかし、コリンボース状や枝状の*Acropora*はsedimentationに強いと考えられる（Jackson, 1979）ので、このことはむしろ有利に働く。すなわち、いわゆる空間をめぐる「けんか」に強い競争相手が少なく、しかも波当たりが弱いので、成長が速く骨格のもろい*Acropora*は途中で崩れたり成長を抑制されることが少なく、大型になることが可能である。このことが、St. 3における*Acropora*の高い優占度と、被度からみた回復の良さをもたらしていると考えられる。

以上が今年度の調査結果から推察されることだが、幼生による加入は空間的にはもちろん、時間的にも変化するのが一般的と考えられる。しかも、回復を大きく左右するであろう着底後の減耗や成長についても現時点では分かっていない。従って、最終的な結論は今後の調査結果を待ちたい。

(3) サンゴ幼生の加入

ア) 目的

前期研究「サンゴ礁生態系の維持及び安定化機構に関する研究」においてサンゴの回復しない原因として、幼生加入の欠如が示唆された。そこで実際に幼

生の加入がないのか、あっても着生・成長の条件が不十分であるのかを知ることを目的として幼生のコレクターを設置した。

イ) 材料と方法

図10、表5に示す9地点に1992年7月15日から8月10日にかけて、コレクター各1基を設置した。コレクターは殻長約10cmのホタテガイの貝殻30枚を鉄筋に串刺し(図11)にし、水中ボンドで両端を基質に固定させた。尚時化等での波浪により貝殻が鉄筋に沿って移動しないようにナットで両側を固定した。

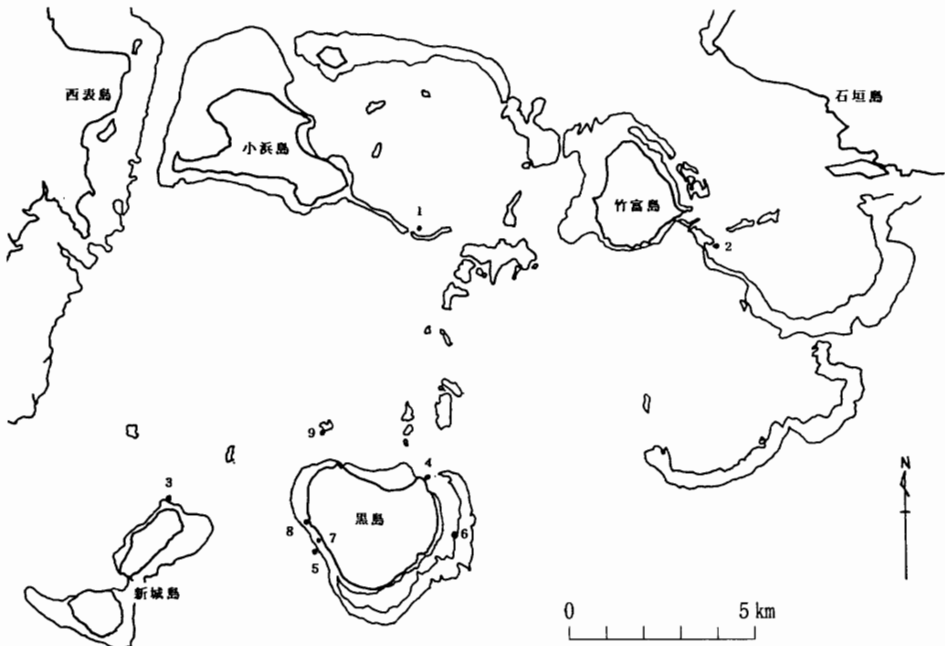


図10 移植地点 (st.)

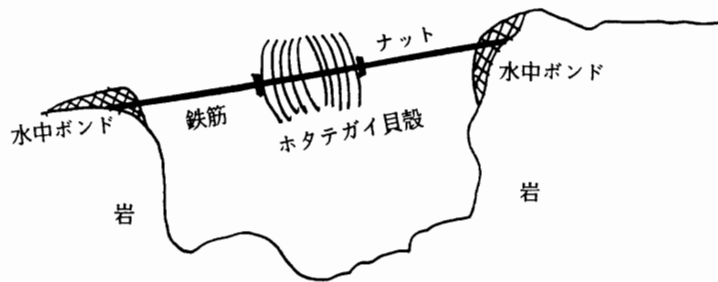


図11 コレクター設置状況

表5 本調査のSts. と前年までの調査のSts. と対照表

本調査の St.	前年までの調査	
	地域レベル St.	群集レベル St.
1 小浜島東	4 1	-
2 竹富島南	8 7	-
3 新城島北	1 2	-
4 阿名泊	1 1	-
5 仲本リーフ外	-	8
6 キャン	1 0	2
7 仲本リーフ内	7	1
8 研究所前	8	3
9 黒島北	2 0	5

ウ) 結果

ホタテガイの貝殻を1993年3月に点検したところ、St. 5仲本リーフ外におけるコレクターは台風及び時化で破損していたが他は残っていた。各地点についてホタテガイにサンゴが着生していないかどうか水中で貝殻を1枚1枚丹念に調べたが、どの地点のコレクターにも幼生の付着はみられなかった。この理由として、

- 1) 加入量が少ないため各地点1箇所のコレクター（ホタテガイ30枚）ではコレクト出来なかった。
- 2) *Acropora*属の多くが産卵する5・6月にコレクターの入手ができなかった。
- 3) コレクターの設置時期（コレクターに付着する海藻とサンゴ幼生の着底時期との兼ね合い）がうまくいかなかった。
- 4) 他の付着生物による着底阻止、または着底後の死亡があった等が考えられる。尚コレクターに着底していた生物は、ホヤ類；コケムシ類；ミミガイ類；ヒバリガイ類；カニダマシ類等が多かった。特に前2者は付着面が

貝殻表面の1/2以上を占めており、これがサンゴ類の付着阻害要因となったものと思われる。

2. 無性生殖による復元手法

前年度までに行われた「サンゴ礁生態系の維持及び安定化機構に関する研究」の結果、サンゴ群集の回復にはサンゴ片の積極的な移植が有効であることが示唆された。すなわち、サンゴ群体の無性的な成長によってサンゴ群集の回復を計ろうとするものである。さらに、この移植法は前年度の報告書にもあるように、無性的な増殖ばかりではなく、形成されたサンゴ群集からの幼生によるリクルートも見込まれる。

しかし、自然状態では多種のサンゴがそれぞれ無秩序に分布しているのではなく、それぞれがある特定の場所に分布、あるいは優占している。各種サンゴの分布は他種との競合もあろうが、主として海洋環境によって規定されていると考えられている。従って、移植を行う場合、ある場所にはどのような種が適当であるかが問題となる。

そこで、実際に移植を行うことを考えれば、八重山海域で比較的容易に入手でき、かつ移植に適した形状の種がどのような環境に移植されたときに、どのような再生過程をとるかを調べることは重要である。

ア) 目的

各種のサンゴを異なる様々な環境に移植し、種ごとの生残率を調べることで、環境別の適性種を知ることが目的とする。

イ) 材料と方法

① 移植種の選定

移植種の選定は次に述べる移植法をおこなうに当たって、移植片を得られ易く、かつ移植のしやすい枝状、あるいは準枝状の種で、かつ黒島周辺海域に普通に見られる種とし、これに塊状の普通種1種を加えた次の7種とした。

1) *Pocillopora eydouxi* Milne-Edwards & Haime

ヘラジカハナヤサイサンゴ

2) *Montipora digitata* (Dana)

エダコモンサンゴ

3) *Acropora nobilis* (Dana)

トゲスギミドリイシ

4) *Acropora formosa* (Dana)

スギノキミドリイシ

5) *Acropora cytherea* (Dana)

ハナバチミドリイシ

6) *Porites cylindrica* Dana

ユビエダハマサンゴ

7) *Cyphastrea serailia* (Forsskål)

フカトゲキクメイシ

② 移植地の選定

移植地は西表国立公園区域石西礁湖海域にあって、前年度までの調査の調査地点の内、地形、生サンゴ被度、その他の優占する生物、オニヒトデ食害前のサンゴの状態を考慮に入れ、それらの種々の組み合わせによる9地点を選定し、移植実験地とした。

移植地を図10に示し、それらの地点番号と前年度までの調査の調査地点番号の対照表を表5に示す。また各移植地点の特性を表6に示す。

表6 各移植地点の特徴

S t.	食害前の優占種	移植時の状況	生サンゴ被度
1 小浜島東	Acropora 枝高型	死枝礁・7ミシゲが被覆	[< 5 %]
2 竹富島南	Acropora 枝高型	死枝礁・ラハ'が繁茂	[< 5 %]
3 新城島北	Acropora 枝高型	ウミトサカの群落	[5 %]
4 阿名泊	Acropora 卓状	岩	[< 5 %]
5 仲本リ-7外	Acropora 卓状	岩	5 %
6 キャン	Acropora 卓状・枝状	岩	15 %
7 仲本リ-7内	Montipora 枝状	同左	60 %
8 研究所前	Montipora 葉状	岩・死枝礁	2 %
9 黒島北	多種混成	岩・卓状	37 %

生サンゴ被度中 [] は昨年度報告書の地域レベル調査からの、
他は群集レベル調査からの値

表7 移植及び第1回生残調査年月日

S t.	移植日	生残調査日
1 小浜島東	1992年7月2日	1992年11月30日
2 竹富島南	1992年8月1日	1992年11月29日
3 新城島北	1992年8月2日	1992年11月30日
4 阿名泊	1992年7月19日28日31日	1992年11月25日
5 仲本リ-7外	1992年6月26日	1992年12月1日
6 キャン	1992年6月27日	1992年11月25日
7 仲本リ-7内	1992年7月3日	1992年11月27日
8 研究所前	1992年6月25日	1992年11月26日
9 黒島北	1992年7月1日	1992年11月29日

④ 移植の方法とその後の調査法

選定された7種のイシサンゴの小片（5～10cm長，あるいは5×5～10×10cm片）各100個を選定された9移植地点（Sts. 1～9）に水中ボンダ法（福田，1988）によって移植した。各地点における移植は種ごとにまとめてなされ，基本的には岩上あるいは岩化したサンゴ骨格上を基盤として選んだ。

移植されたサンゴ片は約半年おきに，その生残率が調べられる。

ウ) 結果

移植は1992年6月～8月に行われ，第1回目の生残率調査は1992年11月～12月に行われた。それぞれの調査地点の実施日を表7に示す。

調査地点ごとの移植半年後の各種移植サンゴ片の生死のチェックの結果を表8に示し，サンゴ種別に全St. をまとめたものが表9である。表からわかるように，各移植地点で移植100ピース全部が再確認されるケースは稀で，不明のものが含まれた。これらは確認漏れか，もしくは流出ピースである。

これらの結果を生残率でまとめたものが表10である。各地点でイシサンゴ各種間に適合性に差があることがわかる。また，各種イシサンゴにも各地点間に生残率の明瞭な差があることが見て取れる。

表8 その1. 調査結果

S t. 1. 小浜島東

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
Pocillopora eydouxi	77	5	6	-	12	94.3	
Montipora digitata	0	84	-	-	16	0	
Acropora nobilis	22	74	-	-	4	22.9	接着剤のみ 4
Acropora formosa	75	2	5	-	18	97.6	
Acropora cytherea	62	9	-	-	29	87.3	
Porites cylindrica	89	6	1	-	4	93.8	接着剤のみ 2
Cyphastrea serailia	65	0	9	-	26	100	接着剤のみ 3

表8 その2. 調査結果

S t. 2. 竹富島南

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
Pocillopora eydouxi	68	14	3	-	15	83.5	
Montipora digitata	75	16	1	-	8	82.6	
Acropora nobilis	62	23	-	-	15	69.7	接着剤のみ 6
Acropora formosa	73	7	2	-	18	91.5	
Acropora cytherea	55	21	-	1	23	71.4	
Porites cylindrica	60	14	-	-	26	81.1	
Cyphastrea serailia	78	0	-	-	22	100	接着剤のみ 1

表8 その3. 調査結果

S t. 3. 新城島北

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
Pocillopora eydouxi	11	87	-	-	2	11.2	
Montipora digitata	58	32	-	-	10	64.4	
Acropora nobilis	62	32	-	-	6	66.0	
Acropora formosa	71	19	-	-	10	78.9	
Acropora cytherea	45	51	-	-	4	46.9	
Porites cylindrica	70	25	-	-	5	73.7	
Cyphastrea serailia	84	13	-	-	3	86.6	

表8 その4. 調査結果

S t. 4. 阿名泊

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
Pocillopora eydouxi	-	-	-	-	-	-	
Montipora digitata	5 8	3 2	-	-	1 0	6 4 . 4	
Acropora nobilis	7 3	2 3	-	-	4	7 6 . 0	
Acropora formosa	8 2	1 1	-	-	7	7 5 . 5	
	7 4	2 4	-	-	2	8 8 . 2	
Acropora cytherea	1 0	8 5	-	-	5	1 0 . 5	
Porites cylindrica	8 6	1 4	-	-	-	8 6 . 0	
Cyphastrea serailia	9 2	5	-	-	3	9 4 . 8	

表8 その5. 調査結果

S t. 5. 仲本リーフ外

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
Pocillopora eydouxi	5 8	3 3	-	-	9	6 3 . 7	接着剤のみ 1
Montipora digitata	2 4	7 6	-	-	-	2 4 . 0	
Acropora nobilis	1 0	5 5	-	-	3 5	1 5 . 4	
Acropora formosa	2 9	2 2	-	-	4 9	5 6 . 9	接着剤のみ 4
Acropora cytherea	1 5	6 6	-	-	1 9	1 8 . 5	
Porites cylindrica	4 6	2 6	-	-	2 8	6 3 . 9	接着剤のみ 9
Cyphastrea serailia	5 8	7	-	-	3 5	8 9 . 2	

表8 その6. 調査結果

S t. 6. キャン 磯池リーフ寄り

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
Pocillopora eydouxi	4 2	4 1	3	5	9	4 9 . 5	接着剤のみ 3
Montipora digitata	7 3	2 5	2	-	-	7 5 . 0	
Acropora nobilis	7 5	2 3	-	-	2	7 6 . 5	
Acropora formosa	8 8	4	1	1	6	9 4 . 7	
Acropora cytherea	6 6	3 3	-	1	-	6 6 . 0	
Porites cylindrica	9 0	1 0	-	-	-	9 0 . 0	
Cyphastrea serailia	8 7	0	1 3	-	-	1 0 0	

表8 その7. 調査結果

St. 7. 仲本リーフ内

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備考
Pocillopora eydouxi	1	96	-	-	3	1.0	
Montipora digitata	96	4	-	-	-	96.0	
Acropora nobilis	2	86	-	1	11	2.2	
Acropora formosa	2	93	-	-	5	2.1	
Acropora cytherea	96	0	-	-	4	100	
Porites cylindrica	82	9	-	-	9	90.1	
Cyphastrea serailia	41	55	-	-	4	42.7	殆ど砂泥に埋没

表8 その8. 調査結果

St. 8. 黒島研究所前

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備考
Pocillopora eydouxi	76	20	-	-	4	79.2	
Montipora digitata	85	14	-	-	1	85.9	
Acropora nobilis	31	54	-	-	15	36.5	
Acropora formosa	77	17	-	-	6	81.9	
Acropora cytherea	26	74	-	-	-	26.0	
Porites cylindrica	66	11	1	1	21	84.8	接着剤のみ 2
Cyphastrea serailia	94	2	-	-	4	97.9	

表8 その9. 調査結果

St. 9. 黒島港北沖

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備考
Pocillopora eydouxi	72	22	-	-	6	74.7	接着剤のみ 2
Montipora digitata	19	54	-	-	27	25.7	接着剤のみ 1 死は殆どが砂に埋没
Acropora nobilis	88	4	-	-	8	95.7	
Acropora formosa	89	4	-	-	7	95.7	
Acropora cytherea	73	12	-	-	15	85.9	
Porites cylindrica	82	12	-	-	6	87.2	接着剤のみ 2
Cyphastrea serailia	89	3	-	-	8	96.7	

表9 サンゴ種別total

種名 \ St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Pocillopora eydouxi</i>	94.3	83.5	11.2	—	63.7	49.5	1.0	79.2	74.7
<i>Montipora digitata</i>	0	82.6	64.4	64.4	24.0	75.0	96.0	85.9	25.7
<i>Acropora nobilis</i>	22.9	69.7	66.0	76.0	15.4	76.5	2.2	36.5	95.7
<i>Acropora formosa</i>	97.6	91.5	78.9	75.5 88.2	56.9	94.7	2.1	81.9	95.7
<i>Acropora cytherea</i>	87.3	71.4	46.9	10.5	18.5	66.0	100	26.0	85.9
<i>Porites cylindrica</i>	93.8	81.1	73.7	86.0	63.9	90.0	90.1	84.8	87.2
<i>Cyphastrea serailia</i>	100	100	86.6	94.8	89.2	100	42.7*	97.9	96.7

* St. 8 の *Cyphastrea selairia* を移植した場所は (多分波浪による) 基盤崩壊のため移植片の多くが崩れた岩片や砂礫中に埋まってしまった。

表10 生残率

種名	生 (A)	死 (B)	離生 (C)	離死 (D)	不明 (E)	生残率(%) (A+C)/(A+B+C+D)	備 考
<i>Pocillopora eydouxi</i>	405	318	12	5	60	56.4	
<i>Montipora digitata</i>	488	337	3	—	72	59.3	
<i>Acropora nobilis</i>	425	374	—	1	100	53.1	
<i>Acropora formosa</i>	660	203	8	1	128	76.6	
<i>Acropora cytherea</i>	448	351	—	2	99	55.9	
<i>Porites cylindrica</i>	671	127	2	1	99	84.0	
<i>Cyphastrea serailia</i>	688	85	22	—	105	97.2	

得られた生残率を次の5段階に分けて検討してみる。

	生残率
・特に良好な生残率を示し	>95%
・良好な生残率を示す	75%–95%
・普通	25%–75%
・不良な生残率を示す	5%–25%
・特に不良な生残率を示す	<5%

これらの基準をもとに、St. 別に各種サンゴを見てみると、次のようになる。

St. 1.

・特に良好な生残率を示す種	Acr. for., Cyp. ser
・良好な生残率を示す種	Poc. eyd., Acr. cyt., Por. cyl.
・普通	ナシ
・不良な生残率を示す種	Acr. nob.
・特に不良な生残率を示す種	Mon. dig.

St. 2.

・特に良好な生残率を示す種	Cyp. ser
・良好な生残率を示す種	Poc. eyd., Mon. dig., Acr. for., Por. cyl.
・普通	Acr. nob., Acr. cyt.
・不良な生残率を示す種	ナシ
・特に不良な生残率を示す種	ナシ

St. 3.

・特に良好な生残率を示す種	ナシ
・良好な生残率を示す種	Acr. for., Cyp. ser.,
・普通	Mon. dig., Acr. nob., Acr. cyt., Por. cyl.
・不良な生残率を示す種	Poc. eyd.

•特に不良な生残率を示す種	ナシ
St. 4.	
•特に良好な生残率を示す種	ナシ
•良好な生残率を示す種	Acr. nob., Acr. for., Por. cyl., Cyp. ser.
•普通	Mon. dig.
•不良な生残率を示す種	Acr. cyt.
•特に不良な生残率を示す種	ナシ
•不明	Poc. eyd.
St. 5.	
•特に良好な生残率を示す種	ナシ
•良好な生残率を示す種	Cyp. ser.,
•普通	Poc. eyd., Acr. for., Por. cyl.
•不良な生残率を示す種	Mon. dig., Acr. nob., Acr. cyt.
•特に不良な生残率を示す種	ナシ
St. 6.	
•特に良好な生残率を示す種	Cyp. ser.
•良好な生残率を示す種	Mon. dig., Acr. nob., Acr. for., Por. cyl.
•普通	Poc. eyd., Acr. cyt.
•不良な生残率を示す種	ナシ
•特に不良な生残率を示す種	ナシ
St. 7.	
•特に良好な生残率を示す種	Mon. dig., Acr. cyt.,
•良好な生残率を示す種	Por. cyl.
•普通	ナシ (?)
•不良な生残率を示す種	ナシ
•特に不良な生残率を示す種	Poc. eyd., Acr. nob., Acr. for.

• 不明 Cyp. ser.

St. 8.

- 特に良好な生残率を示す種 Cyp. ser.
- 良好な生残率を示す種 Poc. eyd., Mon. dig., Acr. for., Por. cyl.
- 普通 Acr. nob., Acr. cyt.
- 不良な生残率を示す種 ナシ
- 特に不良な生残率を示す種 ナシ

St. 9.

- 特に良好な生残率を示す種 Acr. nob., Acr. for., Cyp. ser.
- 良好な生残率を示す種 Acr. cyt., Por. cyl.
- 普通 Poc. eyd., Mon. dig.
- 不良な生残率を示す種 ナシ
- 特に不良な生残率を示す種 ナシ

さらに見方を変えて、サンゴ別に見てみると次のようになる。

Pocillopora eydouxi

- 特に良好な生残率を示す Pt. ナシ
- 良好な生残率を示す Pt. 1, 2, 8
- 普通 5, 6, 9
- 不良な生残率を示す Pt. 3
- 特に不良な生残率を示す Pt. 7
- 不明 4

Montipora digitata

- 特に良好な生残率を示す Pt. 7 (本来のPt.)
- 良好な生残率を示す Pt. 2, 6, 8
- 普通 3, 4, 9

- 不良な生残率を示す Pt. 5
- 特に不良な生残率を示す Pt. 1

Acropora nobilis

- 特に良好な生残率を示す Pt. 9
- 良好な生残率を示す Pt. 4, 6
- 普通 2, 3, 8
- 不良な生残率を示す Pt. 1, 5
- 特に不良な生残率を示す Pt. 7

Acropora formosa

- 特に良好な生残率を示す Pt. 1, 9
- 良好な生残率を示す Pt. 2, 3, 4, 6, 8
- 普通 5
- 不良な生残率を示す Pt. ナシ
- 特に不良な生残率を示す Pt. 7

Acropora cytherea

- 特に良好な生残率を示す Pt. 7
- 良好な生残率を示す Pt. 1, 9
- 普通 2, 3, 6, 8
- 不良な生残率を示す Pt. 4, 5
- 特に不良な生残率を示す Pt. ナシ

Porites cylindrica

- 特に良好な生残率を示す Pt. ナシ
- 良好な生残率を示す Pt. 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9
- 普通 3, 5
- 不良な生残率を示す Pt. ナシ
- 特に不良な生残率を示す Pt. ナシ

Cyphastrea serailia

- 特に良好な生残率を示す Pt. 1, 2, 6, 8, 9
- 良好な生残率を示す Pt. 3, 5
- 普通 ナシ
- 不良な生残率を示す Pt. ナシ
- 特に不良な生残率を示す Pt. ナシ
- 不明 7

これら移植片はまだ冬季を経っていないので、次の生残率調査の時にはこれらの値からかなり変化していることが予想される。

しかし、これまでの結果では、St. 別に見た場合は St. 7が他とはかなり異なった環境にあること、St. 2とSt. 8が似た結果を示していることがわかる。

また、サンゴ種別に見た場合、*Acropora formosa*や*Acropora nobilis*がかなり選好性を示す一方、*Porites cylindrica*や特に*Cyphastrea serailia*があまり環境に影響されない普遍的分布種のような傾向を持つことが示されている。

これらの傾向が事実かどうかはさらなるデータの集積が明確にしていくものと思われる。

エ) 次年度の予定

移植サンゴ片の生残率調査を継続するとともに、次の事項についても検討、実施を考えている。

- a) キャン礁池内側及び研究所前礁池内の特定箇所への大量のサンゴ投入
- b) 仲本-燈台礁池内における*Montipora digitata*の分布と微地形の関係
- c) 各種イシサンゴの骨格形成における地域差

資料 石西礁湖における移植サンゴの歩留まり

ア) 目的

1972年に西表島の北側にある鳩間島周辺で大発生したオニヒトデは、1980年頃から石西礁湖を中心に八重山諸島海域で大発生し、イシサンゴ類分布域の95%以上を食害した（八重山海中公園研究所，1988）。しかし餌となるイシサンゴ類の激減と毎年実施されたオニヒトデ駆除により、1988年頃よりオニヒトデが急激に減少し、食害も殆ど見られなくなった。やがて石西礁湖のあちらこちらでイシサンゴ類の再生がみられるようになったが、その速さには地域的な差のあることがわかってきた（八重山海中公園研究所，1991）。

そこでサンゴの再生の遅い海域に、再生のよい場所あるいはオニヒトデの食害を受けなかった海域からサンゴを採取し、移植する事を計画した。

本来ならば、オニヒトデによる攪乱が過ぎた後、環境が変化していないならばいつかはサンゴは再生してくるものである。あえて人の手を加える意義は、サンゴの産卵から始まる一連の成長過程（産卵、漂流、着底、成長）よりも効率よく確実に再生を促すことができるためである。したがって移植地はオニヒトデによる荒廃以前の美しいサンゴ礁が回復することを前提として、その当時成育していた優占種（環境庁自然保護局，国立公園協会，1981）を移植種とし、それらのサンゴ細片を移植することによって、サンゴの再生、ひいてはサンゴ礁生態系の復元に寄与するものとする。

イ) 材料及び方法

移植するサンゴは石西礁湖海域での優占種で、成長の早いもの、大量にあるものという条件から、枝状及び卓状ミドリイシとした。

枝状ミドリイシ

スギノキミドリイシ

トゲスギミドリイシ

卓状ミドリイシ

クシハダミドリイシ

ハナバチミドリイシ

移植種の採苗海域（図12）は、枝状ミドリイシは小浜島北東海域、また卓上ミドリイシは小浜島南～黒島北にかけて点在するバッチリーフ周辺とした。採苗種のイシサンゴ類はできるだけ傷をつけないようにするため、枝状型は絡まった枝の抜取

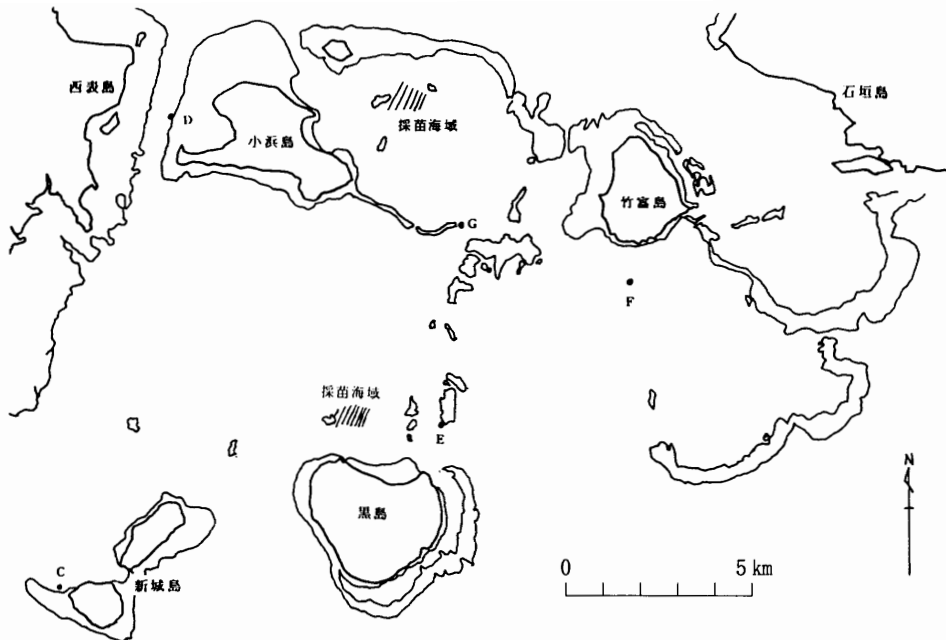


図12 移植サンゴ地点

りやすいものを、また卓状型は時化で破損して海底に流転しているものを素潜りで採取した。採取したイシサンゴ類は船上に用意したバット（容量50リットル、18リットル）に移し、枝状のものは長さ20cm～30cm（数カ所に頭頂体を含める）、卓状のものは約10cmの大きさに裁断して移植に供した。

また、移植種の固定については宇井（1980）、福田（1988）、石川（1988）等が様々な方法でテストしているが、その中で野外である程度の量を簡単に、しかも短時間に確実に固定できる方法として水中ボンド使用することにした。

移植海域は、再生の遅い海域のなかから、オニヒトデによる食害以前と同じ環境条件が継続されていると思われる海域を数カ所選定して試験移植を行い、その結果良好であった海域を対象とした。

イ-1) 試験移植

試験移植は、新城島北 (St. C)、ヨナラ水道 (St. D)、黒島北 (St. E)、竹富島南 (St. F) の4カ所を選定、1991年9月7日から10日にかけて移植を行った。移植数は枝状型・卓状型ともに40群体である。種苗は水深3～5mのパッチ状リーフに、海底より約2mの所に長さ20mのメジャーを設置し、その上部に卓状型、下部に枝状型ミドリイシを水中ボンドにて固定した。

固定方法はワイヤーブラシにて固定箇所を掃除及び傷をつけ、そこにボンドを

載せる。卓状の場合は移植サンゴをボンドの上から押し付けるだけ、また枝状サンゴの場合はサンゴを押し付けた後、再びボンドを載せて移植サンゴをボンドで挟むようにして固定する方法で行った。

イー 2) 本移植

1991年12月6日に第1回サンゴ移植をヨナラ水道(小浜島側: St. D)で、また1992年3月8日に新城島北部のパッチリーフ(St. C)で、更に1993年10月17日に小浜島南東から竹富島に向かって伸びるリーフ先端ハテルマグチ(St. G)で本移植を行なった。移植方法は試験移植よりも移植距離が長くなったこと(100m)以外は総て同じ方法で行なった。尚移植に携わった者は八重山サンゴ礁保全協議会に所属するダイビングショップのメンバーで、八重山海中公園研究所の指導のもとに行なった。

ウ) 移植結果

ウー 1) 試験移植結果

移植したサンゴは約2週間で傷口が修復して真新しい頭頂体が出現、成育が良好であれば1年半後には枝状型で約15cm, 卓状型で2倍以上の大きさに成長した。また移植当初固定に使用したボンドは白く目立つが、約1ヶ月後には表面は無節石灰藻や海藻類で被われはじめ、3ヶ月後には周囲の岩盤や死サンゴと区別がつかなくなった。

尚移植後の9月12日から3つの台風が接近、卓状型は周縁部が、また枝状型は一部破損したものもあったが、11月下旬のモニタリングでは移植部位の残ったものは修復、新しい頭頂体の出芽も確認した。またブダイによる損傷やアミジグサによる一部斃死も見られたが、移植3ヶ月後の経過は概ね良好であった。

表11 試験移植結果

移植地 移植日	新城島 1991.9.7	ヨナラ水道 1991.9.8	黒島 1991.9.9	竹富島 1991.9.10	
卓 状 型	生	15 (37.5%)	34 (85.0%)	23 (57.5%)	31 (77.5%)
	死	20+5 (62.5%)	4+2 (15.0%)	12+5 (42.5%)	9 (22.5%)
	計	40	40	40	40
枝 状 型	生	0	7 (17.5%)	6 (15.0%)	25 (62.5%)
	死	40 (100.0%)	26+7 (82.5%)	28+6 (85.0%)	13+2 (37.5%)
	計	40	40	40	40
移植総数 (生残率)	80 (18.5%)	80 (51.3%)	80 (36.3%)	80 (70.0%)	

卓状型ミドリイシ (クシハダミドリイシ+ハナバチミドリイシ)

枝状型ミドリイシ (スギノキミドリイシ+トゲスギミドリイシ)

表中A+Bの表示はA:確認数 B:見つからなかった数

次に1993年3月に於ける試験移植の経過を表11に示す。卓状型は新城島を除き50%以上生存しているが、枝状型は竹富島の62.5%を除きすべて20%以下、新城島では全滅であった。死滅した原因の大半はアミジグサの繁茂によるものであるが、それ以外にブダイ類による噛み傷、マンジュウヒトデ、ヒメシロレイシガイダマシ等による食害、また時化による水中ボンド固定部位からの破損、寒波による水温低下等によるものが多かった。尚、アミジグサの繁茂による死亡は見かけ上のもので、実際は上述の食害により死亡した後にアミジグサが繁茂したとも考えられる。

ウー2) 本移植結果

3回の移植の結果を表12に示す。表より移植後1年以上経過したサンゴの生残率は3~4割になった。特に新城島はヨナラ水道よりも半年遅く移植しているにも係らず生残率が悪い結果となった。一方ハテルマグチは移植後半年を経過しているが、まだ85%以上の生残率を示している。

表12 本移植結果

移植地 移植日 参加者数		ヨナラ水道 1991.12.6 40	新城島 1992.3.8 23	ハテルマグチ 1992.10.17 35
卓 状 ミ ド リ イ シ	生	330 (42.3%)	81 (23.3%)	368 (83.3%)
	死	168+282 (57.7%)	172+94 (76.7%)	40+34 (16.7%)
	移植数	780	347	442
枝 状 ミ ド リ イ シ	生	381 (36.4%)	158 (33.7%)	492 (92.5%)
	死	403+262 (63.6%)	176+135 (66.3%)	12+28 (7.5%)
	移植数	1046	469	532
移植総数 (生残率)		1826 (38.9%)	816 (29.2%)	974 (87.3%)
1人当り移植数		45.6	35.5	27.8

卓状型ミドリイシ (クシハダミドリイシ+ハナバチミドリイシ)

枝状型ミドリイシ (スギノキミドリイシ+トゲスギミドリイシ)

表中A+Bの表示はA:確認数 B:見つからなかった数

尚、各移植地での作業時間は2.5～3時間であった、1人当たりの移植数で見るとヨナラ水道では45.6群体であったのに対し、他の海域ではそれ以下となっているが、悪天候や引潮による激しい潮流等により移植作業の後半がスムーズに行えなかったからである。

試験移植と本移植のモニタリングの結果をまとめてみると、

1. 移植後の経過からみると卓状型・枝状型ともに生残率はほぼ同じである。
2. 移植海域の中にも狭い範囲で見ると、成育の良好(80%以上)な場所と不良(90%以上死滅)な場所とがある。
3. ブダイ類による噛傷は、卓状型よりも枝状型の方が多い。
4. 卓状型は頭頂体が岩に接すると活着し体を支持しながら成長するが、枝状型は殆ど活着しない。従って時化等による移植サンゴの破損は枝状サンゴ

でよくみられ、そのほとんどはボンド固定部位近くから折れる。

5. 新城島は移植以前（同じ年）はラップモクの大繁殖地であったが、移植当日には流れ藻となって現場にはなく、変わりにアミジグサが大繁殖していた。従って藻類の年変化もサンゴ幼生の着底や成長、また移植サンゴの成長にもかなり影響があるものと思われる。移植後半年を経過するハテルマグチでは、1994年3月現在アミジグサが繁茂しており、今後の経過に注目したい。また卓状型は春（冬）の大潮時には一部干出する場所にも移植されており、これらの条件に対応できるかについても併せて注目したい。
6. 移植サンゴの死亡原因は、アミジグサの繁茂・ブダイ類による噛み傷、マンジュウヒトデ、ヒメシロレイシガイダマシの食害、時化による水中ボンド固定部位からの破損、寒波による水温低下等が考えられる。尚アミジグサの繁茂によりサンゴが死滅する過程に於ては、他動物による傷や食害が原因で死亡した後にアミジグサが繁茂したとも考えられる。

引用文献

- Babcock, R.C. 1988. Fine-scale spatial and temporal patterns in coral settlement. Proc. 6th Int. Coral Reef Symp., 2 : 635-639.
- Birkeland, C. 1988. Second-order ecological effects of nutrient input into coral communities. Galaxea, 7 : 91-100
- Colgan, M.W. 1987. Coral recovery on Guam (Micronesia) after catastrophic predation by *Acanthaster planci*. Ecology, 68 : 1592-1605.
- Fisk, D.A. and V.J. Harriott. 1990. Spatial and temporal variation in coral recruitment on the Great Barrier Reef : implications for dispersal hypotheses. Marine Biology, 107 : 485-490.
- 福田照雄. 1988. 水中ボンドを使用した造礁サンゴの移植. マリンパピリオン, 17 : 56.
- Harriott, V.J. 1985. Recruitment patterns of scleractinian corals at Lizard Island, Great Barrier Reef. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., 4 : 367-372.
- 石川 侃. 1988. 竹ヶ島海中公園のサンゴ移植活動に従事して. 海中公園情報77 : 11-14
- Jackson, J.B.C. 1979. Morphological strategies of sessile animals. p. 499-555. In Larwood, C. & B.R. Rosen (eds.). Biology and systematics of colonial organisms. Academic Press, London & New York.
- 財団法人海中公園センター. 1992. 平成3年度 サンゴ礁生態系の維持及び安定化機構に関する研究報告書. 136pp.
- 環境庁自然保護局・国立公園協会. 1981. 浅海における海中景観の保全と活用の推進に関する調査報告書 (西表国立公園石西礁湖の保全と活用) 161pp.
- Loya, Y. 1976. Recolonization of Red Sea corals affected by natural catastrophes and man made parturbations. Ecology, 57 : 278-289.

- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. p.197-217. In Stoddart, D.R. & R.E. Johannes (eds.), Coral Reefs, Research Methods, UNESCO.
- Mundy, C.N. 1990. Field and laboratory investigations of the line intercept transect technique for monitoring the effects of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci*. Australian Institute of Marine Science, pp. 42.
- Pearson, R.G. 1981. Recovery and recolonization of coral reefs. Mar. Ecol. prog. Ser., 4 : 105-122.
- Rogers C.S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. Mar. Ecol. Prog. Ser., 62 : 185-202.
- Sakai, K., M. Nishihira, Y. Kikunuma and j.I. Song. 1989. A short-term field experiment on the effect of siltation on survival and growth of transplanted *Pocillopora damicornis* branchlets. Galaxea, 8 : 143-156.
- Sakai, K. and K. Yamazato. 1984. Coral recruitment to artificially denuded natural substrates on an Okinawan reef flat. Galaxea, 3 : 57-69.
- Tomascik, T. 1991. Settlement patterns of Caribbean scleractinian corals on artificial substrata along a eutrophication gradient, Barbados, West Indies. Mar. Ecol. Prog. Ser., 77 : 261-269.
- 宇井晋介. 1980. 海中展望塔へのサンゴ移植について. マリンパピリオン, Vol. 9 (3) : 11
- Wallace, C.C. 1985. Four years of juvenile coral recruitment to five reef front sites. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., 4 : 385-390.
- 八重山海中公園研究所. 1988. 昭和63年度石西礁湖及び近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- 八重山海中公園研究所. 1991. 平成3年度石西礁湖及び近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- 横地洋之・上野信平・小椋将弘・永井 彰・波部忠重. 1991. 西表島北西部におけるオニヒトデとサンゴの分布状況の時空的变化-1983年~1988年. 東海大学紀要海洋学部, 32 : 231-242.

環境庁委託研究

平成4年度
サンゴ礁生態系の
復元手法に関する研究

1993年3月

受託者 東京都港区虎ノ門2丁目8番1号
虎ノ門電気ビル

財団法人 海中公園センター