

無性生殖の応用によるサンゴ群集 の復元手法

續 辰之介^{*1} 工藤 君明^{*1}

沖縄のサンゴ礁は、海域環境の攪乱やオニヒトデによるサンゴの大量捕食により多大な影響を受けている。このような状態を改善し健全なサンゴ礁生物群集の回復を図るためには、海洋環境の保全に努めるとともに、造礁サンゴ群集の回復を人為的に促進する手法を開発する必要がある。

サンゴ礁造園技術の研究開発では、サンゴの無性生殖の能力を利用したサンゴ群集の復元方法についての調査研究を実施している。本報告では、このための基礎実験として、サンゴ破片の移植の有効性を検討するため、いくつかの代表的な群体形の種を用いて、さまざまな方法で人工基盤に固定し、それが基盤に再固着するまでを観察して、その固定方法の有効性を検討するとともに、問題点を抽出した。

キーワード：サンゴ礁，サンゴ群集の回復，無性生殖の適用

Study on Restoration of the Coral Community by Application of Asexual Reproduction

Tatsunosuke TSUZUKU^{*2} Kimiaki KUDO^{*2}

The coral reefs offer beautiful sights and work as a natural breakwater. However, the coral is a living creature and is very sensitive to environmental disturbances. In Okinawa, after retrocession to Japan, the disturbance against the coral reef environment has been induced to a great extent, since the population has significantly increased and the coastal development expanded rapidly. Especially, the coral reef communities have been destroyed by the crown-of-thorns starfish infestation, the red clay run off and contamination of the seawater due to the reclamation work or engineering work along the coast.

In order to improve such conditions and promote the recovery of coral reef communities, it is necessary to conserve the marine environments and support the coral restoration artificially, in addition to the natural recovery.

This paper describes the study on restoration of the coral community by the application of asexual reproduction.

*1 海洋開発研究部

*2 Marine Research and Development Department

Key word: coral reef, restoration of the coral community, application of asexual reproduction

1. はじめに

サンゴ礁の印象は鮮烈である。リーフを境にして外海では波浪も高く、海の色も深い藍色であるのとは対比的に、リーフ内では緩やかでエメラルド・グリーンを呈している。このような景観は、我が国では沖縄本島を中心とする琉球の島々で見ることができる。それゆえサンゴ礁は沖縄観光の目玉となっており、サンゴ礁の果たす役割は大きいものがある。

しかしながら、1975年の沖縄海洋博覧会の開催を契機として、陸域や沿岸域の開発が進んだといわれている。具体的には陸域からの赤土（赤黄色土壌）の流入、都市排水や産業排水の流入、港湾整備や護岸建設による自然海岸の喪失などである。そして昨今のリゾート開発ブームにより、さらに開発が進もうとしている状況にある¹⁾。このような状況のなかで、サンゴ礁をとりまく環境は多大な影響を受けており、美しく見える海も海の中ではサンゴが死滅しているのが現状である。

以上のような状態を改善し、健全なサンゴ礁を回復させるためには、海洋環境の保全に努めるとともに、自然の復元力に期待するだけでなく、人為的に回復を助長補強することが必要である。サンゴ礁造園技術の研究開発は、サンゴ礁環境の復元に寄与することを目的として、サンゴ礁環境を整備・改善する技術の研究開発を行うことにしている²⁾。

サンゴは他の動物と同様に雌雄の別があり、有性生殖によって繁殖するが、一方サンゴは波浪その他の条件によりサンゴ体が小片に分割され、これを基に個体が新生することがあり、人為的な移植の可能性があると考えられている。本稿ではサンゴ破片の無性生殖の能力に着目し、それを積極的に取り入れた破片移植の有効性を検討するため、野外実験においていくつかの代表的な群体形の種を用いて、それぞれの破片をさまざまな方法で基盤に固定し、それが基盤に再固着するまでを追跡調査して、その固定方法の有効性について検討し

たのでその結果の概要について述べる。

本研究開発を進めるにあたり、沖縄県をはじめ関係研究機関の協力を得て実施した。ここに記して謝意を表します。

2. サンゴの生殖様式^{1), 3), 4)}

サンゴは他の動物と同様に、個体発生の出発点は卵と精子が会ってできた単細胞の受精卵である。この方法は有性生殖とよばれている。受精卵は水中を浮遊しながらプラヌラ幼生となる。プラヌラ幼生は西洋ナシ型をしており、体長は1～2 mm、体表は繊毛でおおわれており、これを使って泳ぎ、体内にはすでに褐虫藻を共生させている。多くのサンゴのプラヌラ幼生は浮遊プラヌラで、初期段階では正の走光性と負の走地性の反応が顕著であるが、その後それらは負の走光性になり、匍匐を行い日陰を好むようになる。そして固着生活に適した場所をさがして定着する。定着したプラヌラは変態し、小さなポリプとなる。この一つのポリプの体の一部が分かれて、次々と新しいポリプを周囲につくることにより、サンゴの群体を形成する。

一方、サンゴは無性生殖によっても個体あるいは群体の数を増す。樹状のサンゴは波浪などの外力によって枝が折れることがある。この折れた枝から新たな群体を形成する。このような破片の再生による方法は破片分散とよばれている。また、アザミサンゴのように、ポリプのわき腹から新しい芽を出す方法は、触手の外側に芽ができるので触手環外出芽といわれ、多くのサンゴはこの方法で群体を形成する。一方、触手環内出芽といわれる方法は、触手に囲まれた内側に、新しい口ができ2つの口の間に仕切りができ、新たに2つのポリプに分裂する。このようにして最初1個のサンゴだったのが、増えて大きい群体を形成するようになる。図1にサンゴ群体のさまざまな形について示す。基本的な形のほかに、群体内での出芽パターン、各ポリプの成長速度などによっても群体

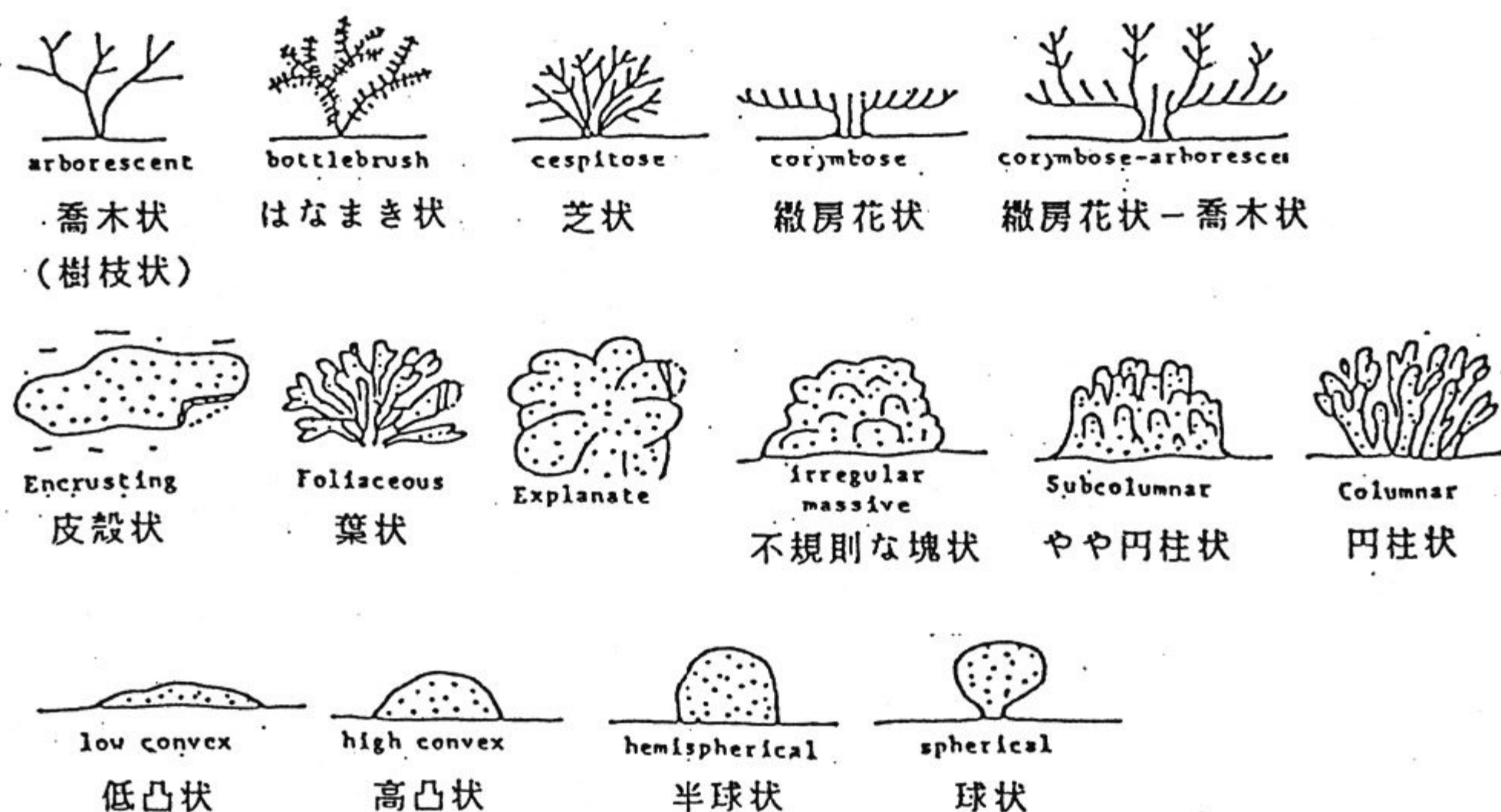


図1 サンゴの成長形 (Randall & Myers, 1983)

Fig. 1 Colony formation in corals

の形が変化する。

サンゴの生殖には有性生殖と無性生殖とがあるが、どちらにどれだけ依存しているかは、サンゴの種により、また生息場所及びその環境により異なっている。

3. 研究目的

荒廃したサンゴ礁の回復には、まず海洋環境を汚染や破壊から守ることが不可欠であり、このためのさまざまな努力がなされているところである。しかしながら、サンゴの自然の回復力のみに期待するだけではなく、人為的に回復を促進する手法を開発し、これを適用することよりサンゴ礁の回復を図ることも必要である。

本研究開発では、サンゴの無性生殖の能力に着目し、それを積極的に活用する破片移植の有効性を検討する。このためには簡便で確実なサンゴ破片の移植方法を見出すことである。この場合、サンゴ破片の生存と成長を阻害することがないサンゴ破片の固着方法を検討する必要がある。今回はいくつかの代表的な群体形の種を用いて、各々のサンゴ破片をさまざまな方法で基盤に固定し、生死や固着の状況を継続的に観察することにより、その固定方法の有効性を検討することにする。

4. 材料と方法

4.1 移植に用いたサンゴの種類

表1に移植実験に用いたサンゴの種類と群体形状を示す。これらのサンゴの採集は、沖縄県の特別再補許可62-3号に基づいて実施し、親群体の一部を使用するなど、必要最小限の使用に止めた。

表1 移植に用いたサンゴの種類と群体形成
Table 1 Corals used in the experiment

Family 科	Genus 属 (): 種数	Shape of copal colonies 群体形
Thamasteriidae アミメサンゴ科	Psammocora (1)	樹枝状, 塊状
Pocilloporridae ハナヤサイサンゴ科	Stylophora (1)	樹枝状
Acroporidae ミドリイシ科	Acropora (7) Astreopora (1)	樹枝状 塊状
Agariciidae シコロサンゴ科	Pavona (1)	板状, 葉状
Poritidae ハマサンゴ科	Porites (4)	樹枝状, 塊状 円柱状, 葉状
Faviidae キクメイシ科	Platygyra (1) Echinopora (1)	塊状 葉状
Oculinidae ビワガラシ科	Galaxea (1)	半塊状
Merulinidae サザナミサンゴ科	Merulina (1) Hydnophora (1)	葉状, 半塊状 塊状
Milleporidae アナサンゴモドキ科	Millepora (1)	樹枝状
9 科	12 属 21 種	

今回の実験では多くのサンゴを用いたが、これは種あるいは群体の形状により、サンゴ破片の作製方法や固着方法が異なると考えたからである。

これらの種のうち、ミドリイシ科Acropora属は現在もっとも繁栄している造礁サンゴである。群体は樹枝状、円卓状、すり鉢状といろいろな形をとる。ハマサンゴ科は塊状の群体をつくり、表面にはこぶ状の突起が多い。また種によっては、葉状、盤状、樹枝状の群体を形成する。

4.2 固着のための人工基盤

サンゴ破片を固着させるために用いた基盤は、コンクリートブロックを利用した。これを組合せることにより、設置場所の海底の状況や固定方法による種分けなどに容易に対応できるようにした。人工基盤は図2に示すような大きさに、コンクリートブロックの中央に直径3 cm、長さ60 cmの鉄筋をセメントで固定した。これは基盤が波の作用により転がらないための支えと、組合せの時の連結の役割を果たすためのものである。

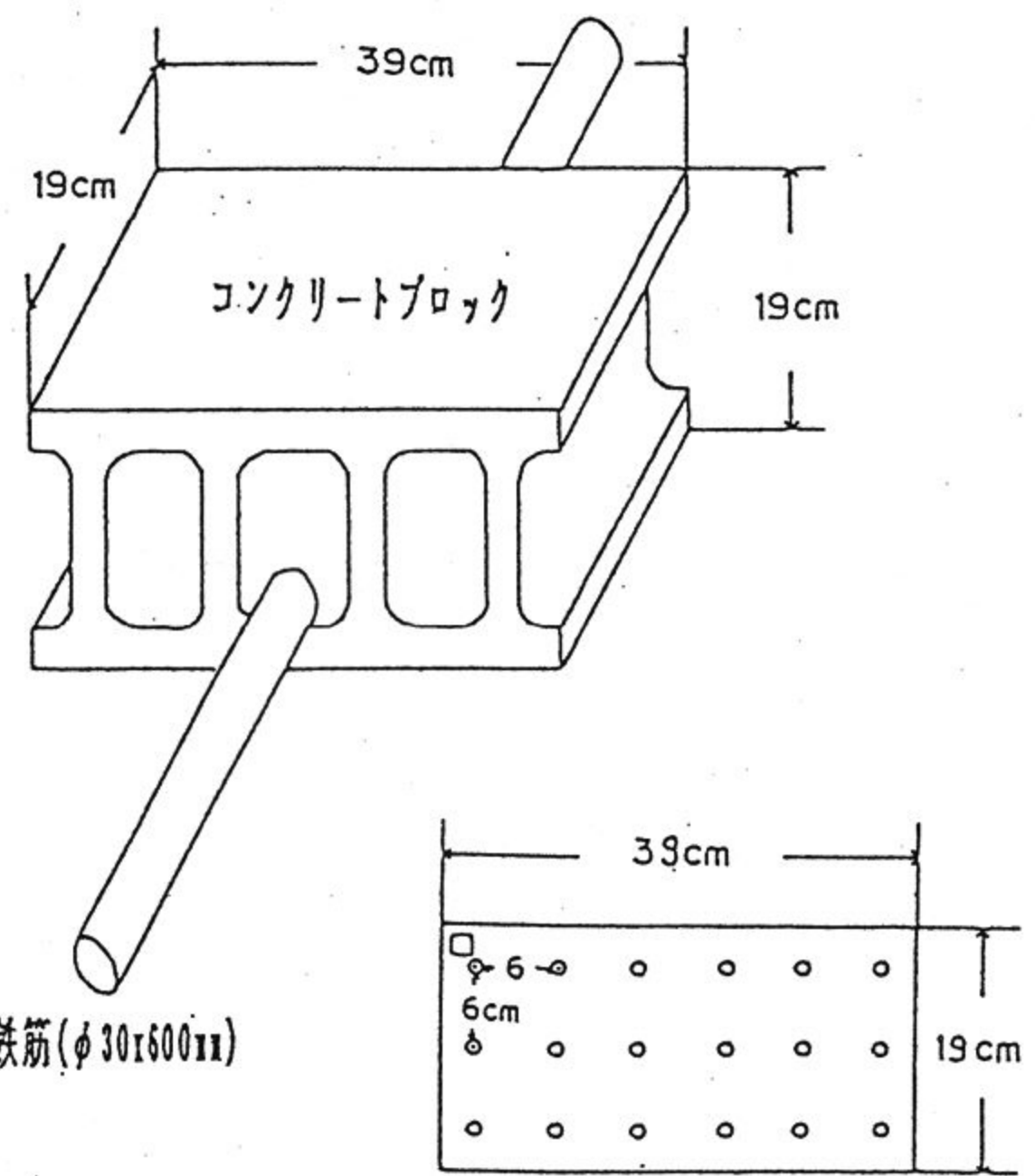


図2 移植用人工基盤
Fig. 2 Substratum

4.3 調査場所

移植実験は図3に示す2地域で行った。

(1) 瀬底島

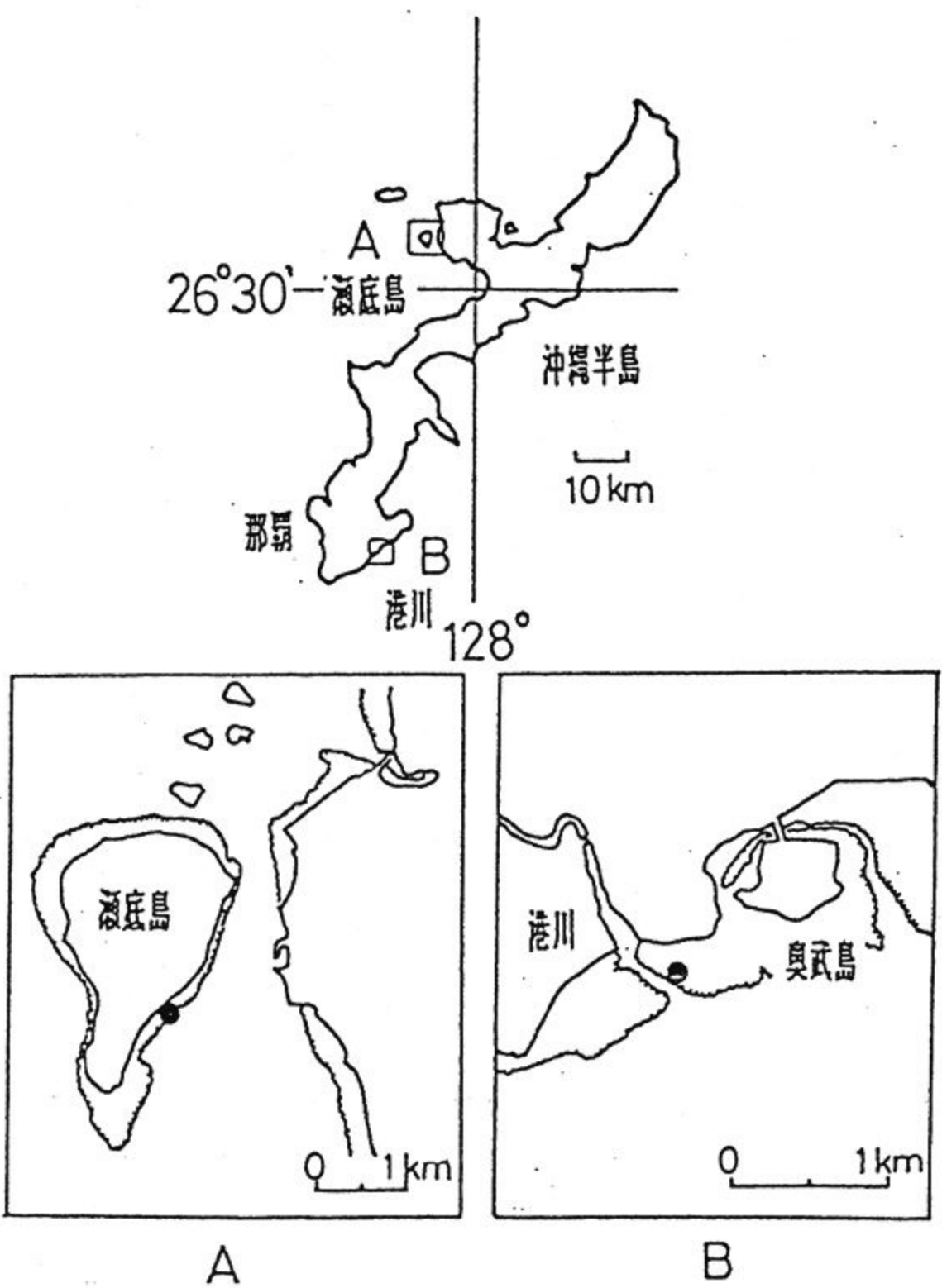


図3 調査場所
Fig. 3 Test site

瀬底島は沖縄県北部半島の西岸0.6 km 沖合いに位置し、面積3.46 km²、周囲8 km、おもに琉球石灰岩におおわれた台地状の島である⁵⁾。

人工基盤を設置した場所は、礁縁付近に位置したサンゴ礁礁原のくぼみで、その大きさは巾5 m、長さ15 m、水深約1.5 m、底質が砂礫の地点である。この場所は直接波浪が当たるようなことは少なく、台風時以外は比較的静かな状態が保たれる場所である。周辺の岩盤上には様々なサンゴが成育し、水質環境はサンゴが成育できる程度であり、とくに悪化した様子は認められない。ここでは、ナガウニ、シラヒゲウニ、ニセクロナマコ、ジャノメナマコなどの大型底生動物が生息し、しばしばオニヒトデが侵入する。

(2) 港川

港川は沖縄県南部具志頭村の雄樋川河口に位置する。雄樋川の左岸に広がる礁原上岸からおおよそ150 m程度の場所に、干潮時に水深2 m程度の潮だまりが形成される。この場所はミドリイシ、コモンサンゴ、シコロサンゴ、キクメイシ類などの

サンゴがよく成育している。また、波による攪乱が少なく、オニヒトデの侵入も少ない場所である。

4.4 固定方法

サンゴは群体の形状によって、樹枝状、葉状、盤状、塊状の4つの生育形に大別される。サンゴ破片の固着方法は、サンゴの生育形を考慮した方法を検討する必要がある。また、固着を確実なものにするために、サンゴ破片を縛ったり、接着したり、あるいは基盤に穴を掘るなどの工夫をする必要がある。

樹枝状のサンゴ群体は、その群体形状から穴を掘って差込む方法、サンゴ破片を人工基盤に打込んだ支柱に固定する方法、あるいは人工基盤上に横向きに置く方法が考えられる。一方、塊状や葉状のサンゴ群体は、人工基盤上に置く方法が考えられる。

実験に用いたサンゴ破片の大きさは、樹枝状のものは長さ約20~60mm、塊状のものは直径10~50mm、高さ約20~40mm、葉状のものは長さ約30~50mm、高さ約20~40mmである。

以上のことを考慮して、今回実験で用いた固着方法を図4に示す。図中の番号1は、人工基盤上におけるサンゴ破片の配置を示したもので、1基盤に18体のサンゴ破片を固着させることができる。固着方法はおよそ次のとおりである。

① 釘に針金でとめる

- ・サンゴ破片の先端部を上向きにする
- ・サンゴ破片の先端部を下向きにする
- ・サンゴ破片を横向きにする

② 穴に挿入する

- ・サンゴ破片を穴に挿入するだけ
- ・水中ボンドで固定する
- ・くさびを打つ

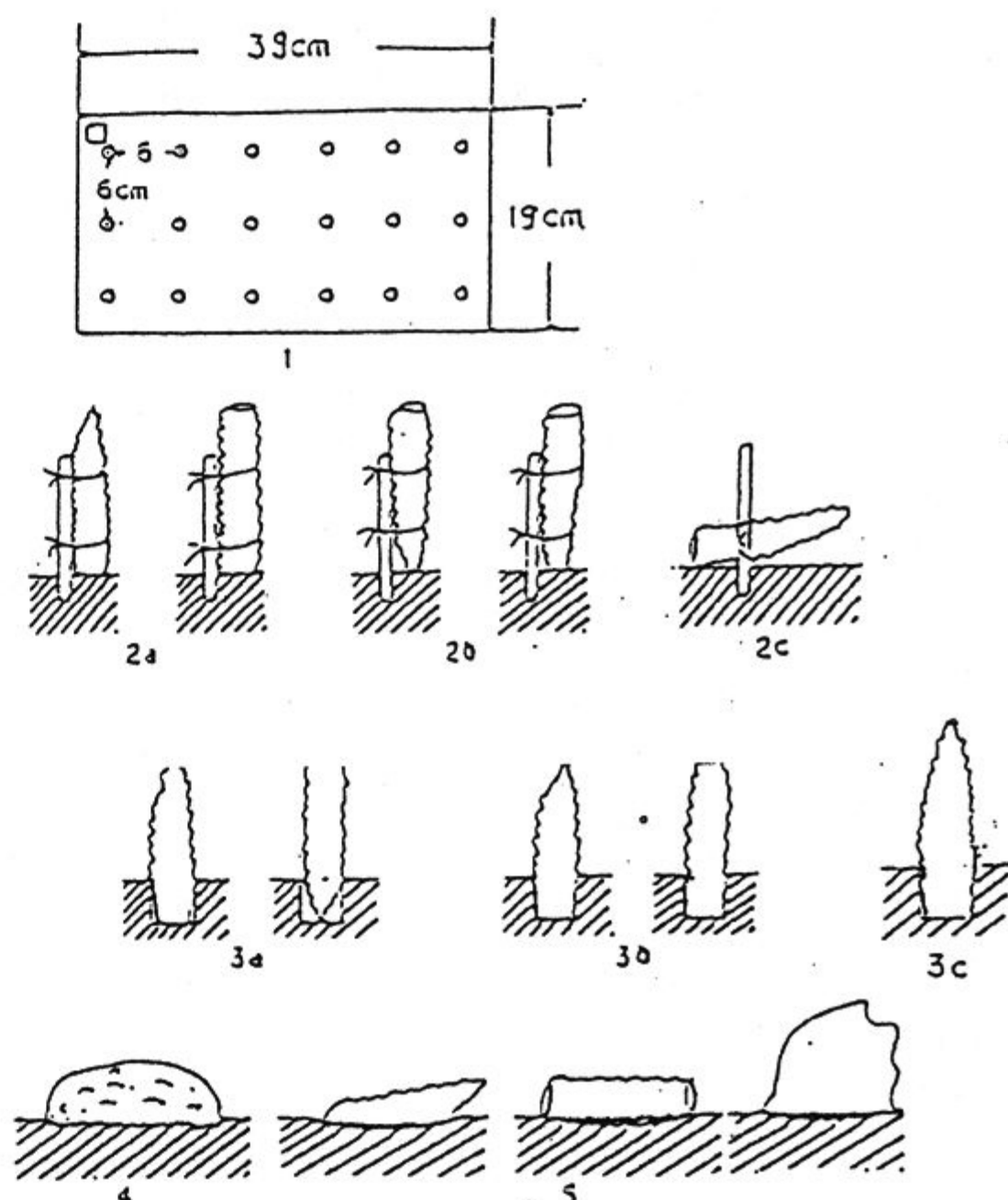
③ 基盤表面を凹凸にし、その上にサンゴ破片を水中ボンドで固定する

④ 横溝を掘りサンゴ破片を水中ボンドで固定する

4.5 調査期間と調査項目

(1) 調査期間

サンゴ破片を人工基盤に移植固着後、1日目を初めとして、1週間、1カ月後に観察し、以後原則的に1カ月ごとに観察記録した。台風の接近などがあった場合には、基盤の状態を把握するため、



1：サンゴ破片の固定位置の配置図。2：ブロックに打込んだステンレス釘（長さ約40mm、径約4mm）にステンレスの針金でサンゴ破片（長さ約40~50mm、径約8~12mm）を縛りつける。その場合次の3つの方法をとる。2a：サンゴ破片の先端部を上に向けて縛りつける。2b：サンゴ破片の先端部を下に向けて縛りつける。2c：サンゴ破片を横向きにして縛りつける。3：穴（径6, 8, 10mm、深さ約10mm）の中にサンゴ破片（長さ約40~60mm、径約6~12mm）を差込む。この場合、次の2つの方法をとる。3a：穴にサンゴ破片を差込むだけ。3b：穴の中にサンゴ破片を差込み、水中ボンドで固定する。3c：穴にサンゴ破片を差込み、ステンレスのくさびを打つ。4：ブロック表面を小さな凹凸で不規則にし、その上にサンゴ破片（径約10~50mm、高さ約20~40mm）を水中ボンドで固定する。5：横溝（長さ約30mm、幅約5mm、深さ約5mm）を掘りサンゴ破片（枝状；長さ約20~50mm、径約6~12mm、葉状；長さ約30~50mm、高さ約20~40mm）を水中ボンドで固定する。

図4 サンゴ破片の固定方法

Fig. 4 Fixing methods of coral fragments

通過後可能な限り速やかに観察を行うようにした。調査期間は瀬底島では昭和62年8月~昭和63年3月、また港川では昭和62年12月~昭和63年3月までである。

(2) 調査項目

本研究では、移植サンゴが人工基盤上に存在し、

生存して成長するかがポイントとなる。そこで、以下のような観察を行うことにした。

- ①固着破片の存在の有無
移植したサンゴ破片が人工基盤上に存在しているかどうかを確認する。
 - ②固着破片の生死の確認
 - ③固着破片の破損状況の観察
波などの物理的攪乱、捕食などによるサンゴ破片の損傷状況を観察する。
 - ④破損箇所の傷の修復状況の観察
 - ⑤再固着の状況の観察
人工基盤上に再固着していく状況を観察する。
- (3) 調査場所の環境調査
調査海域の水質を中心とする環境の調査を原則的に毎月1回実施した。調査項目は水温、塩分、濁度である。

5. 結果と考察

5.1 瀬底島の実験結果

- (1) 物理的攪乱と捕食の影響
- 移植実験は、表2・1に示すように30の人工基盤に、各固定方法とも18のサンゴ群体の破片を固定させて開始した。固定方法の特徴として、固定方法を確実なものとするために水中ボンドを使用した方法が53.3%、水中ボンドを使用しない方法が46.7%である。サンゴの種類では *Acropora* が67%を占めている。
- サンゴ破片の移植実験において、波浪などによる物理的影響とオニヒトデの捕食を免れることがまず第一関門となる。しかしながら、今回の実験では、8月下旬に台風12号が沖縄本島にかなり接近した。台風の通過後、設置した人工基盤の損傷程度を調査したところ、全人工基盤の53%が損傷を受けていることが判明した。固定方法について検討してみると、固定方法に水中ボンドを使用しない方法が全て損傷を受けていた。このことは、波浪などの物理的影響を排除するためには、移植直後の固定方法を確実な方法にすることが必要なことが示唆される。このための方法の1つとして、水中ボンドは有効な手段である。また、損傷を受けたサンゴ種は全て *Acropora* であった。
- このため、観察可能なサンゴ移植片を継続観察

表 2.1 瀬底島実験地に於けるブロック上のサンゴ破片の固定方法と移植日
Table 2.1 Fixing methods of coral fragments in Sezoko Island (1987. 8. 5 ~ 6)

No	サンゴの種類	破片の数	固定方法	移植日
1	<i>Acropora</i> sp.	18	横溝にボンド	1987.8.5 ●
2	<i>Acropora</i> sp.	18	横溝にボンド	1987.8.5 ●
3	<i>Echinopora lamellosa</i>	18	横溝にボンド	1987.8.5
4	<i>Millepora</i> sp.	18	横溝にボンド	1987.8.5
5	<i>Acropora</i> sp.	18	横溝にボンド	1987.8.5
6	<i>Porites cylindrica</i>	18	横溝にボンド	1987.8.5
7	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
8	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
9	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
10	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
11	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
12	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
13	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
14	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.8.6 ○
15	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にクサビ・ボンド・無	1987.8.5 ○
16	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にクサビ・ボンド・無	1987.8.5 ○
17	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にクサビ・ボンド・無	1987.8.5 ○
18	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にクサビ・ボンド・無	1987.8.5 ○
19	<i>Porites lichen</i>	18	傷面にボンド	1987.8.5
20	<i>Astreopora gracilis</i>	18	傷面にボンド	1987.8.5
21	<i>Hydonophora eresa</i>	18	傷面にボンド	1987.8.5
22	<i>Porites rus</i>	18	傷面にボンド	1987.8.5
23	<i>Platygyra pini</i>	18	傷面にボンド	1987.8.5
24	<i>Porites lutea</i>	18	傷面にボンド	1987.8.5
25	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にクサビ・ボンド・無	1987.8.5 ○
26	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にクサビ・ボンド・無	1987.8.5 ○
27	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.8.5 ○
28	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.8.5 ○
29	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.8.5
30	<i>Stylophora pistillata</i>	18	縦穴にボンド	1987.8.5

することにして、再度10月5、6日に26個の人工基盤に破片を移植して設置した（表2・2）。しかしながら、*Acropora* を移植した11基盤がオニヒトデの捕食にあい、観察を継続することが不可能となった。これは、*Acropora* がオニヒトデに好まれる種であることが挙げられる。

一方、*Acropora* 以外のほとんどのサンゴは、物理的影響やオニヒトデによる捕食から免れた場合は、極めて高い生存率を示す傾向がある。

以上のことから、移植片の固定方法は人工基盤との接触をより確実な方法を採用することにより、波浪などの物理的影響を受けるのを極力少なくすることができる。また、オニヒトデによる捕食はオニヒトデからサンゴ移植片を守るための方法を検討するか、あるいはオニヒトデが侵入しない海域を選択することが考えられるが、この点に関しては今後の課題である。とくにサンゴ群集の中で、*Acropora* は最も重要なサンゴのグループであり、

表 2.2 瀬底島実験地に於けるブロック上のサンゴ破片の固定方法と移植日 (続き)
 Table 2.2 Fixing methods of coral fragments in Sezoko Island (1987. 10. 5 ~ 6)

No	サンゴの種類	破片の数	固定方法	移植日
31	<i>Galaxea + Merullina</i>	9+9	横溝にボンド	1987.10. 5
32	<i>Acropora grandis</i>	18	横溝にボンド	1987.10. 5
33	<i>Acropora</i> sp.	18	横溝にボンド	1987.10. 5
34	<i>Psammodora contigua</i>	18	横溝にボンド	1987.10. 5
35	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
36	<i>Acropora millepora</i>	18	横溝にボンド	1987.10. 5
37	<i>Pavona decussata</i>	18	横溝にボンド	1987.10. 5
38	<i>Acropora</i> sp.	18	横溝にボンド	1987.10. 5
39	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
40	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
41	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.10. 6
42	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.10. 6
43	<i>Acropora</i> sp.	18	釘に針金	1987.10. 6
44	<i>Acropora grandis</i>	18	釘に針金	1987.10. 6
45	<i>Acropora grandis</i>	18	釘に針金	1987.10. 6
46	<i>Acropora grandis</i>	18	釘に針金	1987.10. 6
47	<i>Stylophora pistillata</i>	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
48	<i>Galaxea fascicularis</i>	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
49	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
50	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
51	<i>Acropora</i> sp.	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
52	<i>Porites cylindrica</i>	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
53	<i>Acropora grandis</i>	18	縦穴にボンド	1987.10. 5
54	<i>Acropora grandis</i>	18	縦穴にボンド	1987.10. 5

○は台風によって全て攪乱され実験を中断したもの、●はオニヒトデおよびまたは魚の食害が著しく、実験を継続しなかったものである。

サンゴ造園のためには最も重要な移植対象サンゴであることから、オニヒトデの侵入がない場所での移植実験が必要であると考えたため、具志頭村港川における実験を実施することにした。この結果については別項で述べる。

(2) 移植片の生存率と再固着率

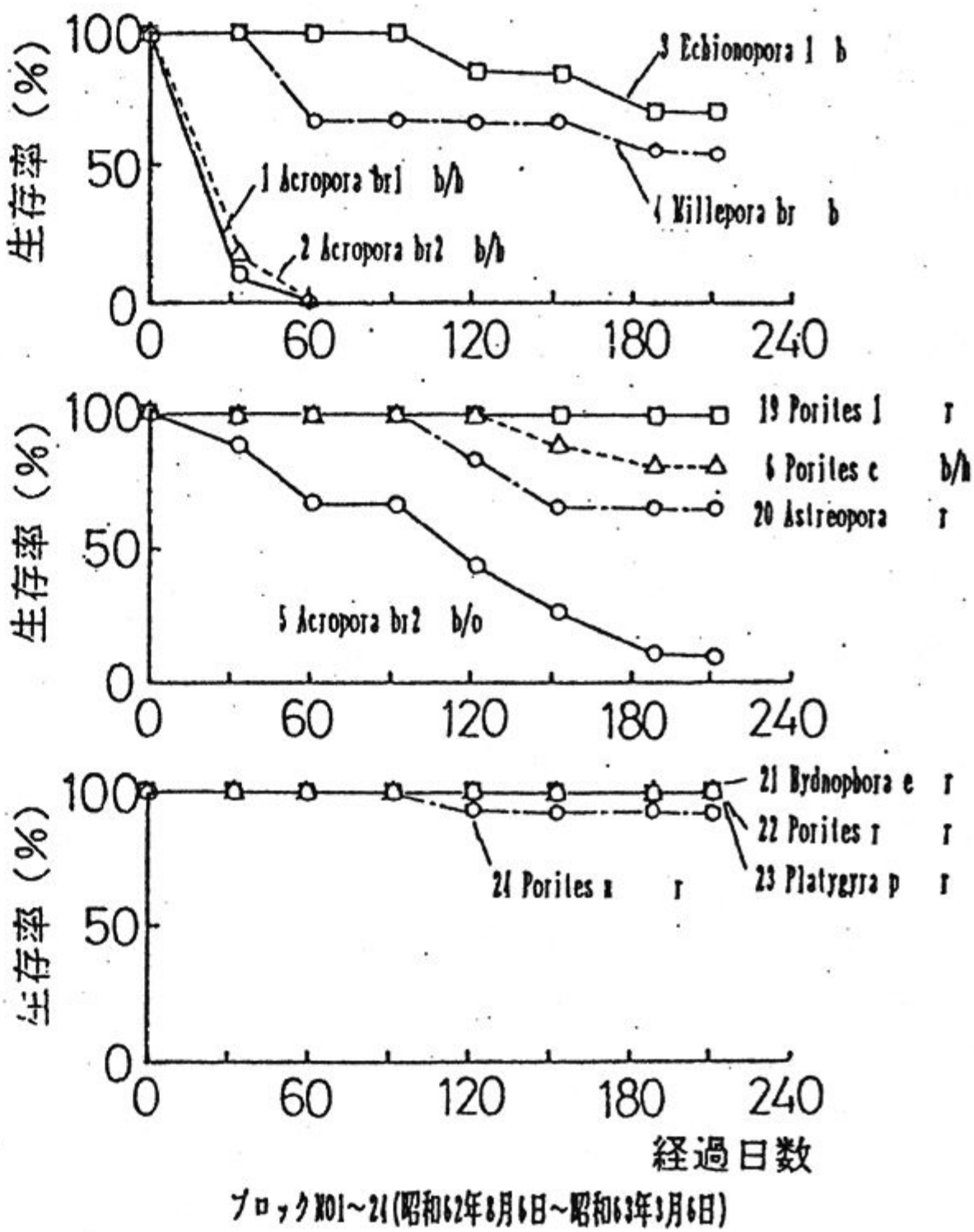
図 5 は昭和62年 8 月に移植したサンゴ破片の生存率を、また図 6 は再固着率について示す。図 7 は昭和62年10月に再度移植したサンゴ破片の生存率を、図 8 は再固着率についてそれぞれ示す。

各々の図から、台風による物理的影響やオニヒトデの捕食から免れたほとんどのサンゴ移植片は、高い生存率を示していることがわかる。以下においては、これらの図をもとに個々のサンゴについて、群体形ごとに結果の概要を述べる。

(a) 樹枝状のサンゴ種

① *Echinopora lamellosa* (基盤番号 3)

固定方法は横溝にボンドで固定したものである。生存率は移植後 9 カ月目までは 100%であったが、その後わずかずつ死亡する移植片があり、約 200 日目には70%の生存率を示した。再固着率は、移



b:溝 r:傷面 bo:縦穴 n:釘 r:針金 l:先端付 u:上向き d:下向き
 b:横向き o:斜

図 5 サンゴ移植片の生存率
 Fig. 5 The rate of existence of coral fragments

植後約90日目から70%が再固着している。このサンゴ種では、この固定方法が有効であろう。

② *Millepora* sp. (基盤番号 4)

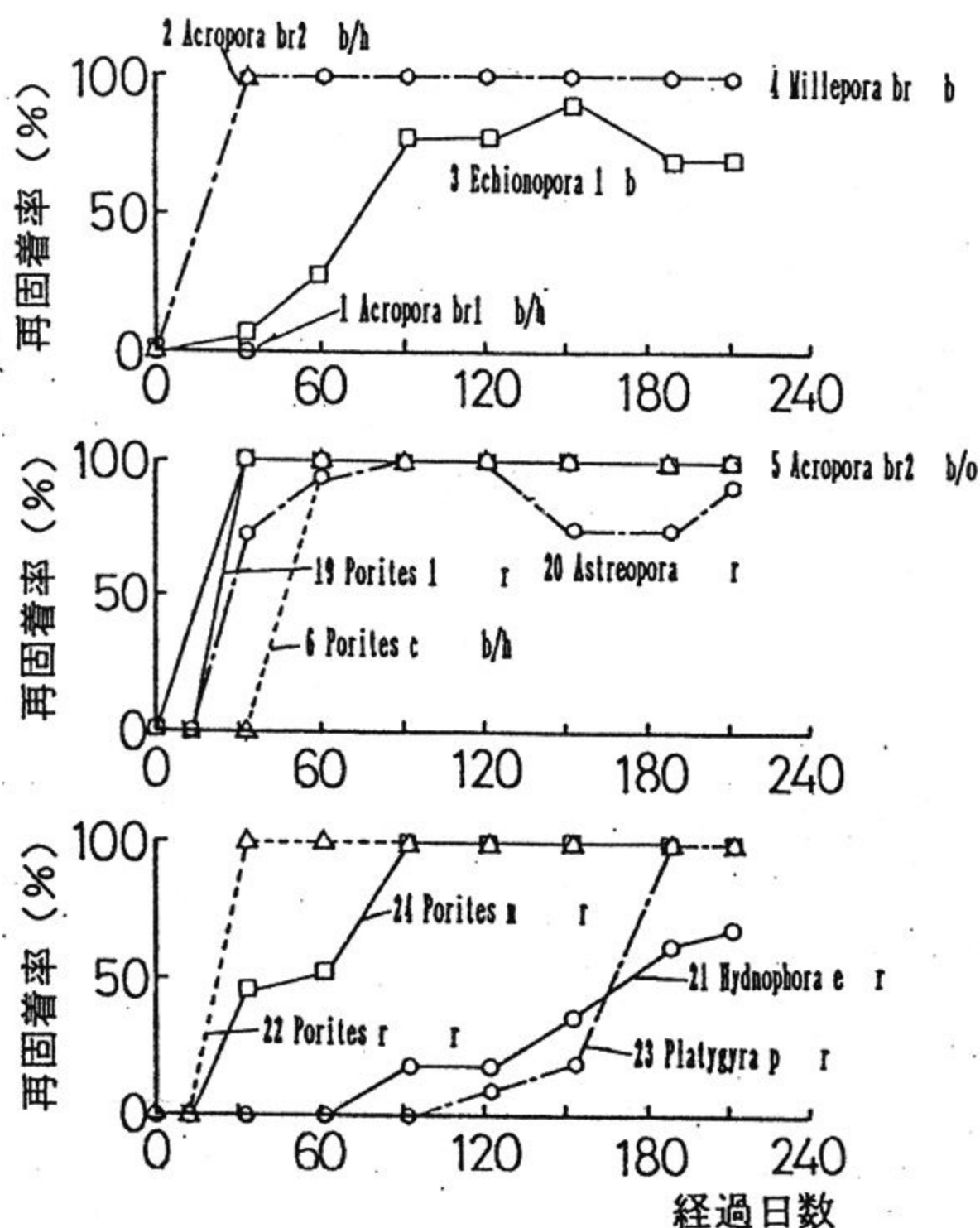
横溝にボンドで固定した。移植後 1 ケ月目位までは生存率が 100%であったが、200 日目では56%であった。再固着率は 1 ケ月目以降は 100%であった。固定方法としては有効であろう。

③ *Acropora* sp. (基盤番号 5)

横溝にボンドで固定した。生存率は移植後から徐々に減少し、200 日目には11%となった。しかしながら、再固着率は 1 ケ月目位から 100%となっている。生存率が減少する理由として、個体差、固定方法の不適あるいはオニヒトデによる捕食などが考えられるが、はっきりしていない。

④ *Porites cylindrica* (基盤番号 6)

横溝にボンドで固定した。生存率は高く、200 日目で約80%である。また再固着率も高く、60 日目以降は 100%である。この種では、この固定方



ブロック M01~24 (昭和62年8月6日~昭和63年3月6日)

b:溝 r:側面 ho:縦穴 n:釘 v:針金 l:先端付 u:上向き d:下向き
h:横向き o:斜

図6 移植片の再固着率

Fig. 6 The rate of settlement condition of coral fragments

(1987. 8. 6 ~ 1988. 3. 6)

法が適当であると考えられる。

⑤ *Galaxea fascicularis* (基盤番号 31a)

横溝にボンドで固定した。生存率は移植後150日目で約90%である。再固着率は60日目以降は100%である。この固定方法は有効であると考えられる。

⑥ *Merulina cf. scabricula* (基盤番号 31b)

横溝にボンドで固定した。生存率は1ヶ月目位から減少し、150日で60%である。再固着率は、90日目位までは再固着せず、150日目で20%の再固着を示した。この種にとって、この固定方法は再検討する必要がある。

⑦ *Psammocora contigua* (基盤番号 34)

縦穴にボンドで固定した。生存率は、移植後150日で100%と高い。再固着率は、60日目までは再固着しなかったが、徐々に高くなり、150日目では100%を示した。

⑧ *Acropora* sp. (基盤番号 35)

縦穴に枝状の破片を差込み、ボンドで固定したものである。生存率は徐々に減少し、150日目で22%である。再固着率は、90日目で100%を示した。

⑨ *Acropora* sp. (基盤番号 36)

横溝にボンドで固定した。生存率は徐々に減少し、150日目で17%である。再固着率は、30日目には92%と高く、60日目以降は100%となっている。

⑩ *Pavona decussata* (基盤番号 37)

横溝にボンドで固定した。生存率は120日目位までは100%であったが、150日目には89%に下がったものの高い生存率を示した。一方、再固着率は、60日目位までは100%であったが、徐々に減少し150日目では25%である。再固着率が下がった理由ははっきりとはしないが、水中ボンドに対する反応も考えられる。

⑪ *Acropora* sp. (基盤番号 40)

縦穴にボンドで固定した。生存率は、移植後10日で28%となり、90日目で全て死亡した。また、再固着した移植片もみられなかった。これらの理由については、はっきりとしないが、固定方法を再検討する必要がある。

⑫ *Stylophora pistillata* (基盤番号 47)

縦穴にボンドで固定した。生存率は、移植後30日目で11%となり、90日目には全て死亡した。また、再固着した移植片もみられない。観察からオニヒトデの捕食と考えられる。

⑬ *Galaxea fascicularis* (基盤番号 48)

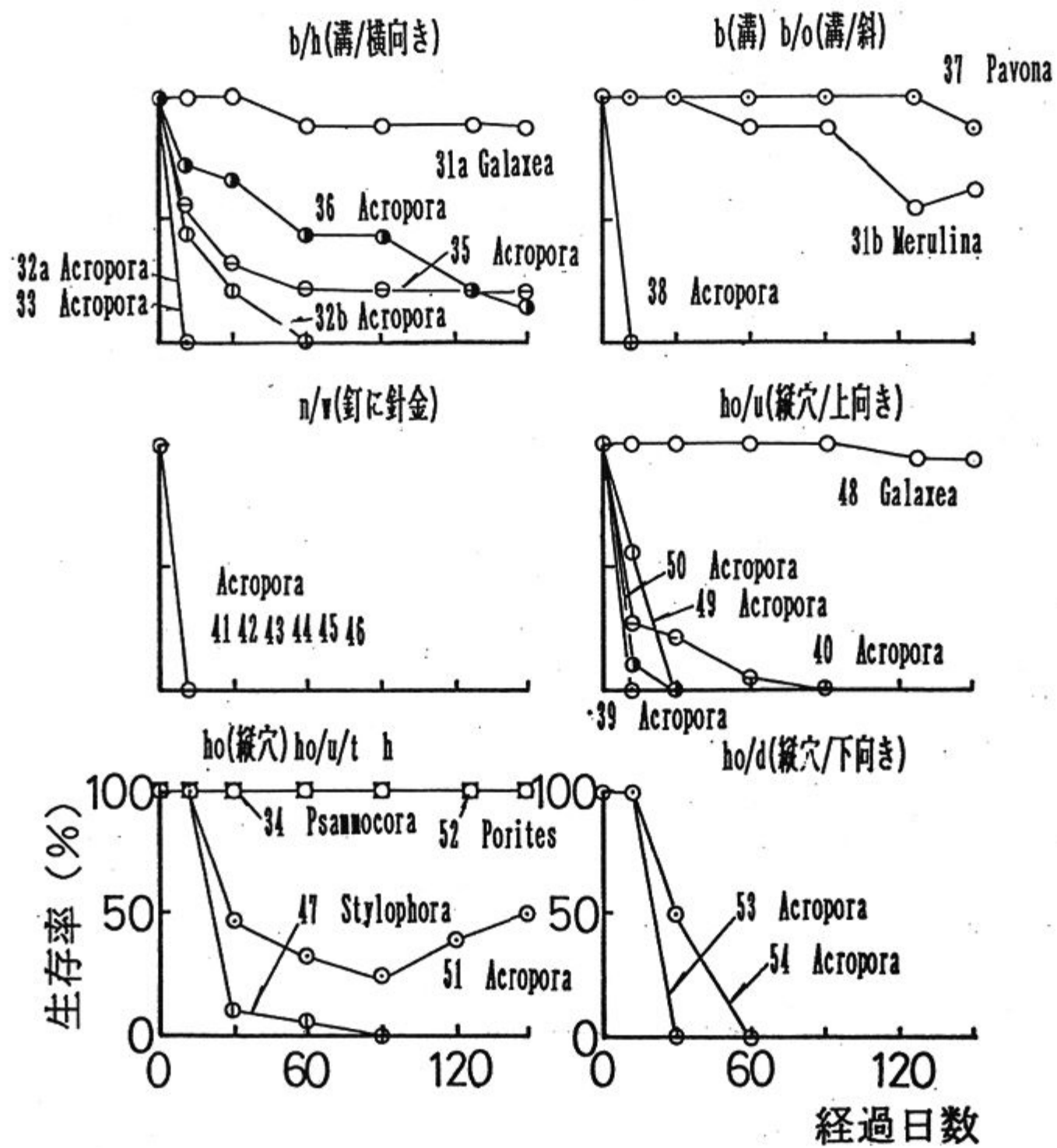
縦穴にボンドで固定した。生存率は高く、150日目で94%を示した。再固着率は、60日目位までは0%であったが、150日目では80%を示した。固定方法としては有効であると考えられる。

⑭ *Porites cylindrica* (基盤番号 52)

縦穴にボンドで固定した。生存率は、150日で100%と高い。再固着率も60日目で88%、150日目で100%である。この固定方法は有効であると考えられる。

⑮ *Acropora grandis* (基盤番号 54)

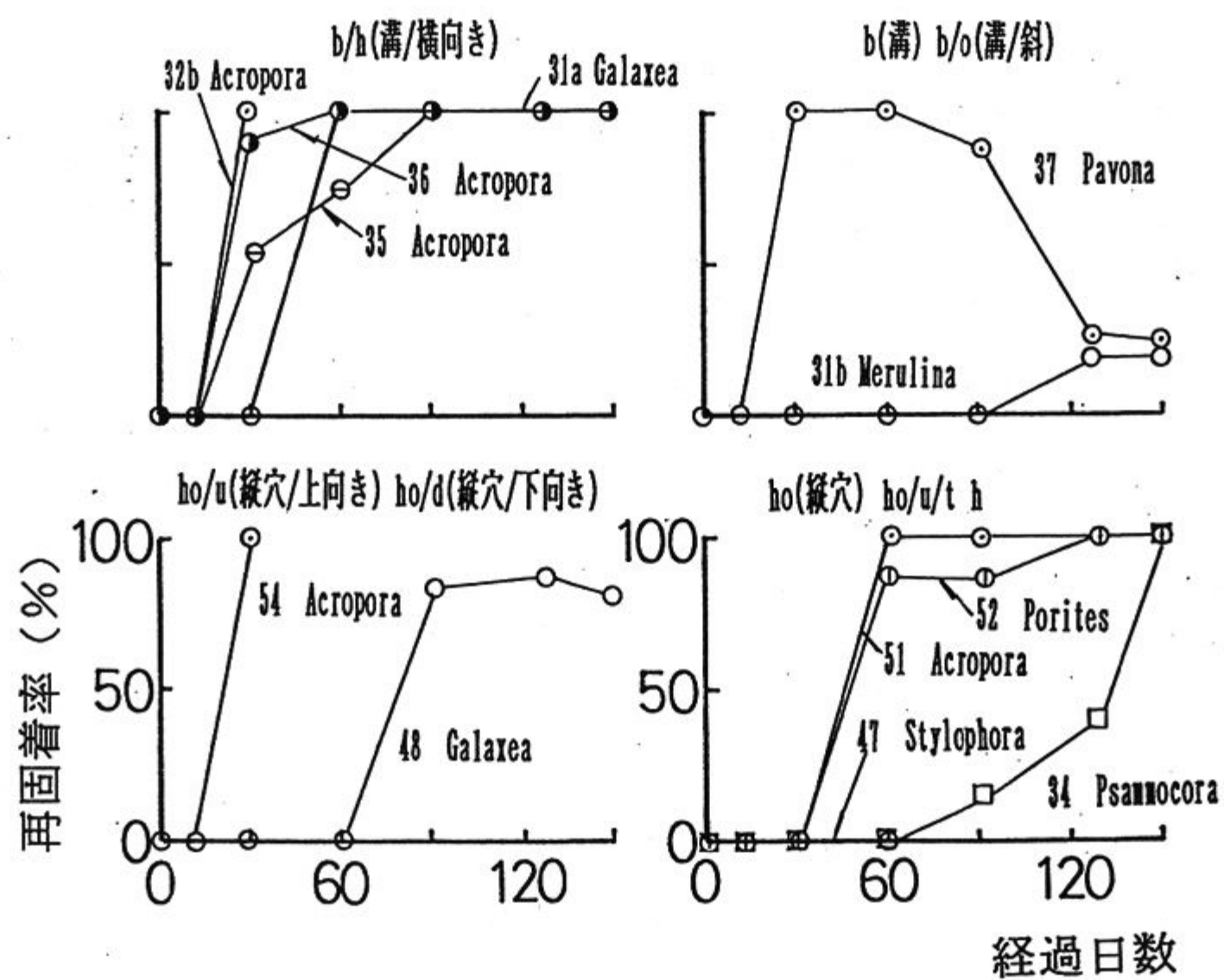
縦穴にボンドで固定した。このサンゴは極めて折れやすく、折れて消失したものが多い。生存したものも、60日目には全て死亡した。再固着率は、



ブロックN031~54(昭和62年10月5日~昭和63年3月6日)

図7 サンゴ移植片の生存率

Fig. 7 The rate of existence of coral fragments (1987. 10. 5 ~ 1988. 3. 6)



ブロックN031~54(昭和62年10月5日~昭和63年3月6日)

図8 移植片の再固着率

Fig. 8 The rate of settlement condition of coral fragments (1987. 10. 5 ~ 1988. 3. 6)

30日目で100%であった。固定方法に関しては、この方法が有効であると考えられるが、枝の先端部を移植片に使用しないほうがよいと思われる。

以上から、樹枝状のサンゴの場合には、群体形状から、移植片を縦穴に挿入するか、あるいは横溝に固定する方法の2方法が考えられる。この方法のほとんどが、Acroporaであったが、前述したように、移植片の固定方法が不確実であったため台風による物理的影響を受け、さらにオニヒトデによる攻撃に会い、固定方法の十分な検討ができなかった。

Acropora 以外の、Porites, Galaxea, Psammocora は縦穴にボンドで固定する方法で十分有効である。

(b) 塊状のサンゴ種
塊状のサンゴ種として用いられたのは、Porites lichen(基盤番号19), P. lutea(基盤番号24) P. rus(基盤番号22) Platygyra pini(基盤番号23), Hydnohpora exesa(基盤番号21), Asteopora gracilis(基盤番号20)である。

固定方法は、群体形状から人工基盤の表面を凹凸にし、その上にサンゴ破片を水中ボンドで固定する方法を採用した。生存率、再固着率とも高く、今回移植実験に用いた全ての種に対して有効な固

定方法であるといえる。
移植片の大きさについて、Platygyra pini や Hydnohpora drigida などでは、十分な数のポリプをふくむ破片を用いる必要がある。これらの種のように、大きいポリプを有する群体の場合には、あまり小さな破片を移植片として用いると、成育がよいことが予想されるからである。

5.2 港川の実験結果
瀬底島の移植実験では、Acropora に関する固定方法の検討が不十分であった。このため、とくにオニヒトデの侵入による捕食が、今までみられない沖縄県南部の具志頭村港川地先海域において、樹枝状のAcropora を用いて移植実験を行った。
移植実験に用いたのはAcropora formosa 1種のみである。この種は比較的波の穏やかな場所で、ごく普通に成育している代表的な枝状のサンゴである。

固定方法は表3に示すように6種類とした。この表には、生存率と再固着率の結果も併せて示してある。この表から生存率、再固着率とも高いことがわかる。これから、今回の移植実験で用いた固定方法がいずれも有効であるといえる。すなわち、A. formosa は、オニヒトデの捕食や台風などの物理的影響を排除することができれば、十分に

表3 港川における生存率と再固着率
Table 3 Results of the rate of existence and settlement condition of coral fragments in Minatogawa

種名	固定方法	観察日 経過日数	12/26	1/8	2/10	3/8
			0	13	46	73
1. Acropora formosa	先端, 縦, 正	生存率 (%)	100	100	100	80
		再固着率 (%)	0	0	20	80
2. Acropora formosa	先端, 縦, 逆	生存率 (%)	100	100	100	100
		再固着率 (%)	0	16.7	33.3	100
3. Acropora formosa	中部, 縦, 正	生存率 (%)	100	100	100	100
		再固着率 (%)	0	0	33.3	83.3
4. Acropora formosa	中部, 縦, 逆	生存率 (%)	100	100	100	100
		再固着率 (%)	0	0	80	100
5. Acropora formosa	先端, 横	生存率 (%)	100	100	100	100
		再固着率 (%)	0	0	60	100
6. Acropora formosa	中部, 横	生存率 (%)	100	100	100	100
		再固着率 (%)	0	0	50	100

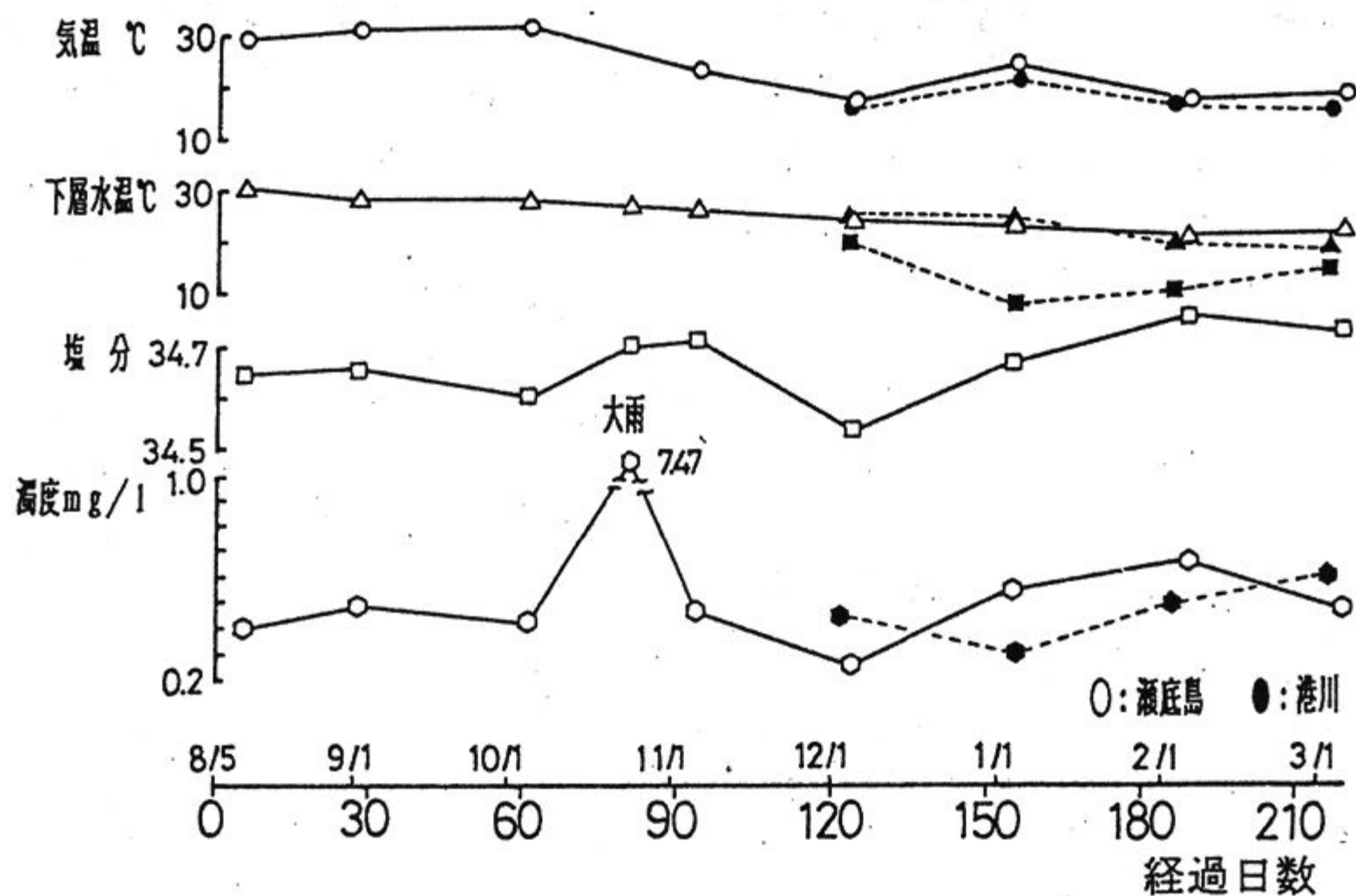


図9 調査場所の環境

Fig. 9 Enviromental conditions in test site

再固着し、成育することが示唆される。

5.3 調査場所の環境調査結果

図9に、瀬底島と港川において、サンゴ破片の移植実験を開始してから実施した気温、下層水温、塩分及び濁度の測定結果を示す。

瀬底島の海底近く（平均約1.8m水深）の下層水温は21.7～30.7℃で冬季と夏季とは9℃の差であった。塩分は34.5～34.8の範囲にある。中城湾の測定結果⁶⁾によれば34.4～34.7の範囲であり、沖縄周辺海域と同程度の値を示している。一方、濁度は大雨直後の10月下旬の観測値を除いて0.26～0.66mg/lの範囲にある。10月29日の濁度は7.47mg/lと非常に高い値であるが、この時沖縄気象台名護測候所で20mmの降水量が記録されており、陸水の流入の影響を受けるとともに、10月24日は4m以上の有義波高が記録されており、波による底質の巻き上げによる影響も受けたものと考えられる。

一方、港川の各測定値も瀬底島の場合と大きな変化はみられないので、同程度と考えられる。

サンゴの成育において濁った水は致命的である。今回の実験期間中は、概ね良好な濁度の範囲にあったものと考えられるが、大雨直後の非常に高い値になっても、移植片の生存や再固着に影響を与えた形跡は認められなかった。

6. おわりに

サンゴ破片の無性生殖の能力を利用して行った移植実験から、サンゴ群集の回復を人為的に促進する可能性があることがわかった。しかしながら、いくつかの問題点も指摘することができる。まずいずれの固定方法を採用するにしても、基盤への固着は確実にする必要がある。とくに台風銀座と呼ばれている沖縄周辺海域において、移植技術を展開する場合には、解決しなければならない課題である。

次にサンゴの強力な捕食者であるオニヒトデからの影響を排除する工夫が必要である。具体的には、オニヒトデの侵入しない海域を選択するか、基盤全体をすっぽりと金網で覆うとかの方法が考えられる。

今回の移植実験では、生存状況と再固着に限って調査したが、再固着したあとの成長率（成長速度）を検討する必要がある。また、移植に必要な移植破片の大きさも検討する必要がある。移植破片の大きさは、移植後の成長率に影響を与えるものと考えられているからである。

一方、サンゴ破片を移植する場合、水中部における作業を伴う。このために必要な作業の軽減や、水中ボンドの開発による作業効率の向上についての検討も必要となろう。

サンゴの無性生殖を利用した移植技術の特長の

1つは、プラヌラ幼生期や定着後の初期減耗による減少が全くなく、少なくとも大型の群体から移植できる点にある。また、移植するサンゴ種、移植時期、移植場所を目的に沿って選択できる点にある。これらの特長を活用した移植技術について、さらに野外実験を通して検討する予定である。

参考文献

- 1) 西平守孝編：沖縄のサンゴ礁，(財)沖縄県環境科学検査センター，239 pp.，(1988)
 - 2) 海洋科学技術センター編：サンゴ礁造園技術の研究開発，昭和62年度調査研究報告書，海洋科学技術センター，95 pp.，(1988)
 - 3) 海洋科学技術センター編：サンゴ礁造園技術の研究開発調査研究報告書，沖縄のサンゴ礁，海洋科学技術センター，130 pp.，(1988)
 - 4) 本川達雄：サンゴ礁の生物たちー共生と適応の生物学，中央公論社，214 pp.，(1985)
 - 5) 沖縄タイムス社編：沖縄大百科事典（中巻），沖縄タイムス社，977 pp.，(1983)
 - 6) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編：日本全国沿岸海洋誌，東海大学出版会，1106 pp.，(1985)
- (原稿受理：1988年11月11日)