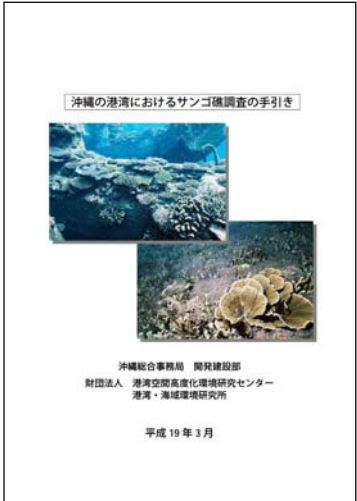
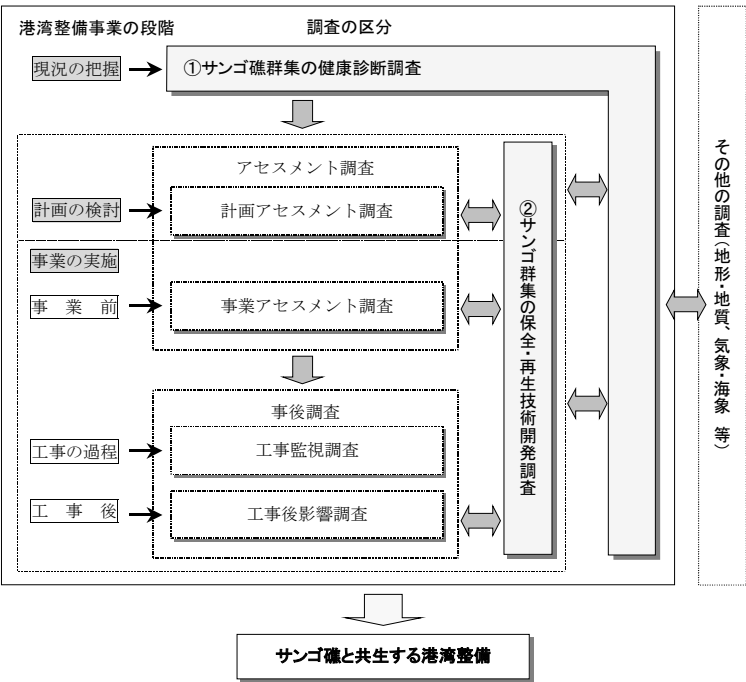


## 技術カルテ概要一覧

カルテ No.	技術名	調査・検討・技術概要
1	調査技術	サンゴ礁の各種調査における統一的な項目・頻度が示された手引きを作成
2	サンゴの成長過程の把握	サンゴの成長過程を把握するための調査を実施
3	基礎調査	サンゴの成育状態と流況の関係を把握するため、ケーソン(港内側)および消波ブロック(港外側)直近で流速・流向を調査
4	ハビタット適正指数	人工構造物における現状のサンゴ被度と環境因子との関係をHISモデルで解析
5	エコブロック	固化前の消波ブロックにグレーチングなどを押しつけて凹凸加工を施し、サンゴの加入・成長の場を創出
6	環境調和型ブロック	被度・根固ブロックに対して古タイヤの設置やブロックのはつり等による凹部加工を施し、生物生息場を創出
7	溝加工消波ブロック	消波ブロックの型枠に凸部を設けてブロックに溝加工を施し、サンゴの加入・成長の場を創出
8	凹凸加工根固ブロック	根固ブロックに対して、建材ブロックの設置等による凹凸加工を施し、生物生息場を創出
9	直立ケーソン凹凸加工技術	ケーソンの直立部に凹凸加工を施した様々なプレートを取り付け、サンゴの加入・成長の場を創出
10	六角ケーソン	ケーソンの凹凸配置によるサンゴの加入・成育場の拡大を図るため、凹凸配置が可能な六角ケーソンを用いた防波堤について検討
11	通水機能を有する防波堤	通水部における海水流動がサンゴの成育に与える効果を把握
12	通水型ケーソン	防波堤のケーソンにサンゴ着生促進等のための通水部を形成
13	サンゴの成長基盤	幼サンゴの着生した着床具をガレ場に設置した成育基盤(マリプロック)に固定
14	サンゴ移植技術(事例①)	サンゴ移植技術の可能性および指標生物としての適用性を確認するための移植
15	サンゴ移植技術(事例②)	移植対象サンゴの採取およびブロック・移植床への固定
16	サンゴ移植技術(事例③)	移植対象サンゴの採取および礫底・岩盤への固定
17	サンゴ移植技術(事例④)	移植対象サンゴの採取および防波堤マウンド部への固定
18	サンゴ移築技術(事例①)	移植対象サンゴの採取および防波堤マウンド周辺部への設置
19	サンゴ移植技術(事例⑤)	移植対象サンゴの採取および各種移植基盤への固定
20	サンゴ移植技術(事例⑥)	移植対象サンゴの採取および防波堤周辺に設置した移植基盤への固定
21	サンゴ移植技術(事例⑦)	移植対象サンゴの採取および護岸マウンド部への固定
22	サンゴ移築技術(事例②)	移築対象サンゴの採取および砂質底上に作成した石材の台座への設置
23	親水防波堤(鑑賞ステージ)	マリプロムナードの一部として、ボードウォークや自然石舗装を施し、景観への配慮および親水性の確保を目的とした防波堤
24	基盤の裸地化によるサンゴ群集の回復促進	サンゴ補食生物の棲みかである立体的な死サンゴの骨格を裸地化により除去する

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>①環境の現状と推移に関する面的な情報把握</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>調査技術</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>サンゴ礁と共生する港湾整備を効率的に推進するために、統一的な考え方の基で計画した調査を行うための調査手引きを作成することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港，平良港，石垣港</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>H16～H18 年度に作成</p>	

<p><b>調査・検討</b></p>	<p>●サンゴ礁の各種調査における統一的な項目・頻度等が示された手引きを作成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>作成の基本方針：サンゴ礁海域の港湾で効果的に適用できることと汎用性を考慮して、主に那覇港・平良港・石垣港で1980年以降約25年間に行われた環境調査の方法や結果、既往の調査指針や文献などを参考にして手引きを作成した。また、本手引きの運用後も既存のデータが可能な限り活用できるように配慮して、サンゴの被度区分や観察範囲等の調査内容を統一させるための条件等を整理した。</li> <li>作成のプロセス：学識経験者、調査の専門家、港湾行政担当者からなる「サンゴ礁と共生する港湾整備検討会」で検討した。具体的には調査実施業者（コンサルタント）や港湾行政担当者による試験運用を経て実用性や経済性等を踏まえた改善点の意見聴取を行い、その結果を手引きにフィードバックすることを繰り返して完成に至った。</li> <li>適用範囲：港湾におけるサンゴ礁調査としては、「サンゴ礁群集の健康診断調査」「アセスメント調査」「事後調査」「サンゴ群集の保全・再生技術開発調査」に大別される。本手引きでは「サンゴ礁群集の健康診断調査」と「サンゴ群集の保全・再生技術開発調査」について示した。なお、本手引きはサンゴ礁地域における港湾行政担当者や土木・環境関連の技術者を対象とした。</li> </ul>  <p>図 手引きの適用範囲と各調査の位置付け</p>
---------------------	--

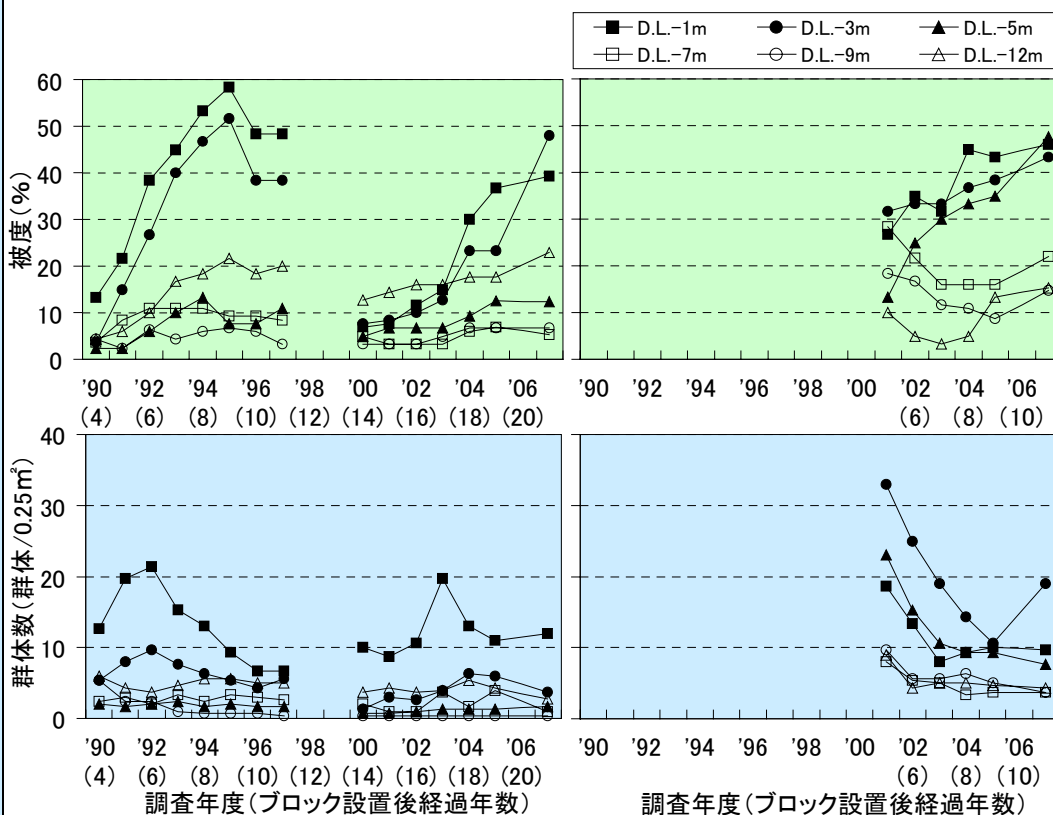
<p style="text-align: center;"><b>成果の概略</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●手引きが完成し、統一的・継続的な調査による環境データを得ることが可能となり、港湾整備を行う際、よりサンゴ礁に配慮した計画等を検討できるようになると期待される。</li> <li>・以下に完成した「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き」の目次を掲載する。</li> </ul> <p style="margin-left: 20px;"><b>【本編】</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 港湾におけるサンゴ礁調査の考え方       <ol style="list-style-type: none"> <li>1-1. 定義事項</li> <li>1-2. 基本的考え方</li> <li>1-3. 手引きの適用範囲</li> </ol> </li> <li>2. 調査目的       <ol style="list-style-type: none"> <li>2-1. サンゴ群集の健康診断調査</li> <li>2-2. サンゴ群集の保全・再生技術開発調査</li> </ol> </li> <li>3. 調査内容および方法       <ol style="list-style-type: none"> <li>3-1. 基本的事項</li> <li>3-2. サンゴ群集の健康診断調査           <ol style="list-style-type: none"> <li>3-2-1. 調査内容</li> <li>3-2-2. 調査方法および結果の整理、活用方法</li> <li>3-2-3. 調査時期および頻度</li> <li>3-2-4. 日常的な健康診断調査</li> <li>3-2-5. 総括</li> </ol> </li> <li>3-3. サンゴ群集の保全・再生技術開発調査           <ol style="list-style-type: none"> <li>3-3-1. 調査内容</li> <li>3-3-2. 調査方法および結果の整理、活用方法</li> <li>3-3-3. 調査時期および頻度</li> <li>3-3-4. 日常的な管理</li> <li>3-3-5. 総括</li> </ol> </li> </ol> </li> </ol> <p style="margin-left: 20px;"><b>【参考資料】</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. アセスメント調査の基本的事項</li> <li>2. 事後調査の基本的事項</li> <li>3. 調査手法の解説</li> </ol> <p style="margin-left: 20px;"><b>【用語集】</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>【引用文献】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 17 年度以降、主に那覇港、平良港、石垣港でのサンゴ礁調査において運用され、統一的な調査計画が立案、実施されている。</li> <li>・得られた結果は、環境に配慮した港湾計画の立案に寄与すると期待される。また、例えばサンゴの被度が高い水深帯の知見等は、サンゴの成育を促進する環境共生型構造物を検討するうえで有用な設計条件として活用することができる。</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後は、調査成果を蓄積・解析し、健康診断結果や保全・再生技術の評価基準を検討することが考えられる。その基準に対して事業ごとに目標を設定し、目標を達成するための改善を施すことで、よりサンゴ礁に配慮した港湾整備を行えるようになる。</li> <li>・将来は、蓄積されたデータベースを公開して、様々な主体がデータを利用するとともに、その利用した結果をフィードバックできる仕組みを構築するための検討を行うことが望ましい。</li> </ul>

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>②サンゴ群集の成長と環境要素との相互関係の解明</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴの成長過程の把握</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>サンゴ礁の保全・再生・創造を図るための基礎資料として、人工構造物上におけるサンゴの加入成長特性に関する知見を取得することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 ①新港第一防波堤（港外側） ②浦添第一防波堤（港外側）</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>①H2～9年，H12～17年，H19年（計15年） ②H13～19年（計7年）</p>	

<p><b>調査・検討</b></p>	<p>●サンゴの成長過程を把握するための調査を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査方法：コドラート法（50cm×50cm），水深（D.L. -1， -3， -5， -7， -9， -12m），傾度：新港第一（0～10°， 40～50°， 80～90°），浦添第一（0～10°）</li> <li>頻度：1回/2年（夏季から秋季に実施）</li> <li>主な調査項目：浮泥の堆積状況，水中写真，構造形態，造礁サンゴ（総被度，種類別被度，群体形，群体数，最大径），ソフトコーラル・海藻草類（総被度，種類別被度），大型底生動物（優占種別個体数），白化の段階，オニヒトデ・シロレイシガイダマシ類の有無・食痕の有無，特記事項（台風被害，赤土流入等）</li> </ul> <p>※平成17年度以降は手引きに基づいて調査が行われている。</p>																																																					
	<p>表 調査枠の設定位置一覧 (単位:地点)</p>																																																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">傾度条件 水深 (D.L.)</th> <th colspan="4">新港第一防波堤</th> <th>浦添第一防波堤</th> </tr> <tr> <th>0°～10°</th> <th>40°～50°</th> <th>80°～90°</th> <th>計</th> <th>0～10°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D.L.-1m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>D.L.-3m</td> <td>3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>D.L.-5m</td> <td>3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>D.L.-7m</td> <td>3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>D.L.-9m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>D.L.-12m</td> <td>3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>18</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>	傾度条件 水深 (D.L.)	新港第一防波堤				浦添第一防波堤	0°～10°	40°～50°	80°～90°	計	0～10°	D.L.-1m	3	3	3	9	3	D.L.-3m	3	-	-	3	3	D.L.-5m	3	-	-	3	3	D.L.-7m	3	-	-	3	3	D.L.-9m	3	3	3	9	3	D.L.-12m	3	-	-	3	3	計	18	6	6	30	18
	傾度条件 水深 (D.L.)		新港第一防波堤				浦添第一防波堤																																															
		0°～10°	40°～50°	80°～90°	計	0～10°																																																
D.L.-1m	3	3	3	9	3																																																	
D.L.-3m	3	-	-	3	3																																																	
D.L.-5m	3	-	-	3	3																																																	
D.L.-7m	3	-	-	3	3																																																	
D.L.-9m	3	3	3	9	3																																																	
D.L.-12m	3	-	-	3	3																																																	
計	18	6	6	30	18																																																	
<p>※D.L.-1～-9mは消波ブロック，D.L.-12mは被覆ブロック</p>																																																						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>新港第一防波堤</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>浦添第一防波堤</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図 調査地点の状況の例(D.L.-5m付近)H19年度調査</p>																																																						

成果の概略



- 構造物の施工後 8 年前後まで被度の増加が著しく D.L.-3m 以浅では 40~60% となるなど、人工構造物におけるサンゴの加入・成長特性に関する基礎的な知見が得られた。
- ・ 定点①における結果をみると D.L.-3m 以浅ではミドリイシ属やハナヤサイサンゴ属を主体とした一般的に成長の早いといわれる種類の被度が 40~50% 程度で、D.L.-5m 以深ではハマサンゴ属やキクメイシ属を主体とした一般的に成長の遅いといわれている種類の被度が 20% 未満となっている。また、定点②では、D.L.-5m 以浅での被度が 40~50% 程度、D.L.-7m 以深では概ね 20% 未満となっている。
- ・ 群体数は施工後 5 年目前後までは、サンゴの加入によって多い。しかしながら、群体の成長に伴い群体間の融合や淘汰が起こり、群体数は減少すると考えられる。
- ・ 1998 年には世界的規模で高水温となり、沖縄においても定点①の D.L.-1m や D.L.-3m の 1997 年から 2001 年の変化でみられるとおり白化現象に伴い多くのサンゴが死滅した。



定点①新港第一防波堤 定点②浦添第一防波堤  
図 水深別の経年変化(傾度 0° ~ 10°)

今後の課題

- ・ 人工構造物上における長期間に渡るサンゴの加入・成長過程に関する知見は、沖縄総合事務局以外では例が無いため、沖縄総合事務局だけでなく、サンゴの保全・再生を行う際の知見として広く活用されると期待される。また、サンゴ礁と密接な関係を持つ沖縄の港湾整備にあたっては、整備の影響の有無や高水温など地球規模的な環境の影響なのかを判断し、適切な対応を行っていく必要があるためモニタリング調査を継続していくことが重要である。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>②サンゴ群集の成長と環境要素との相互関係の解明</p>																																															
<p><b>技術名</b></p>	<p>基礎調査</p>																																															
<p><b>目的</b></p>	<p>サンゴの成育状態と成育に関する重要な因子である流況との関係を検討, 把握することを目的としている.</p>																																															
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 浦添第一防波堤 (H18 年度) 那覇, 新港第一, 浦添第一防波堤 (H19 年度)</p>																																															
<p><b>時期</b></p>	<p>H18 年度 : 8 月 2 日 ~ 8 月 20 日 (18 日間) H19 年度 : 8 月 3 日 ~ 8 月 20 日 (17 日間)</p>																																															
<p><b>調査・検討</b></p>	<p>●サンゴの成育状態と流況の関係を把握するため, ケーソン(港内側)および消波ブロック(港外側)直近で流速・流向を調査する.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査方法: 構造物直近の流況とサンゴの成育状態との関係を把握するためケーソン (港内側), 消波ブロック (港外側) に流速計を設置した. また, 調査水深はサンゴが比較的多く成育している D.L. -1 ~ -2m 程度とした.</li> <li>頻度: データのサンプリングについては設定を 10 分置き 1 分間計測の 1 秒ピッチで記録し, 作動確認は流速設置直前, 観測期間中に 1 回の計 2 回行った.</li> <li>主な調査項目: 流向, 流速</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">ケーソンに設置(港内側)                      消波ブロックに設置(港外側)</p> <p style="text-align: center;">図 流速計の設置状況</p> <p style="text-align: center;">表 流速計の設置位置一覧</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>調査年度</th> <th colspan="3">地点名</th> <th>水深 D.L. (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">平成18年度</td> <td>St.1</td> <td rowspan="6">浦添第一防波堤</td> <td rowspan="3">港内側</td> <td>南端</td> <td>-1.4</td> </tr> <tr> <td>St.2</td> <td>中央</td> <td>-1.5</td> </tr> <tr> <td>St.3</td> <td>北端</td> <td>-1.6</td> </tr> <tr> <td>St.4</td> <td rowspan="3">港外側</td> <td>南端</td> <td>-1.7</td> </tr> <tr> <td>St.5</td> <td>中央</td> <td>-1.0</td> </tr> <tr> <td>St.6</td> <td>北端</td> <td>-1.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">平成19年度</td> <td>St.7</td> <td>那覇防波堤</td> <td rowspan="4">港外側</td> <td>北端</td> <td>-1.9</td> </tr> <tr> <td>St.8</td> <td>新港第一防波堤</td> <td>南端</td> <td>-2.1</td> </tr> <tr> <td>St.9</td> <td rowspan="2">浦添第一防波堤</td> <td>南端</td> <td>-2.0</td> </tr> <tr> <td>St.10</td> <td>北端</td> <td>-2.2</td> </tr> </tbody> </table>				調査年度	地点名			水深 D.L. (m)	平成18年度	St.1	浦添第一防波堤	港内側	南端	-1.4	St.2	中央	-1.5	St.3	北端	-1.6	St.4	港外側	南端	-1.7	St.5	中央	-1.0	St.6	北端	-1.3	平成19年度	St.7	那覇防波堤	港外側	北端	-1.9	St.8	新港第一防波堤	南端	-2.1	St.9	浦添第一防波堤	南端	-2.0	St.10	北端	-2.2
調査年度	地点名			水深 D.L. (m)																																												
平成18年度	St.1	浦添第一防波堤	港内側	南端	-1.4																																											
	St.2			中央	-1.5																																											
	St.3			北端	-1.6																																											
	St.4		港外側	南端	-1.7																																											
	St.5			中央	-1.0																																											
	St.6			北端	-1.3																																											
平成19年度	St.7	那覇防波堤	港外側	北端	-1.9																																											
	St.8	新港第一防波堤		南端	-2.1																																											
	St.9	浦添第一防波堤		南端	-2.0																																											
	St.10			北端	-2.2																																											

## 成果の概略

- 平均流速が 20cm/s 前後の場所でサンゴの被度が比較的高いことがわかった。
- ・港内側，港外側とも防波堤の両端は防波堤中央部に比べ 1.5～2.0 倍程度の流速となっており，被度も高いことからサンゴの成育に適している可能性が示唆された。
- ・各調査地点では，サンゴの加入時期と成長の期間に関する構造物の施工年度や成育環境に関する基盤条件が異なるため，被度と平均流速の関係にもバラつきがみられる。

表 地点別の平均流速(平成 18・19 年度実施分)

調査年度	地点名	総被度 (%)	平均流速 (cm/sec)	調査地点の諸元		
				防波堤	位置	施工年度
平成18年度	St.1	1	10.7	浦添第一	港内	1989
	St.2	3	7.7			1997
	St.3	3	12.6			1983
	St.4	25	20.8		港外	1983
	St.5	7.5	15.9			1989
	St.6	55	20.7			1997
平成19年度	St.7	15	30.5	那覇	港外	1990
	St.8	15	14.0	新港第一		1986
	St.9	25	23.6	浦添第一		1989
	St.10	55	16.0			1997

※サンゴ被度は「平成 14, 15 年度 那覇港防波堤周辺環境調査」で実施された広域調査結果による。

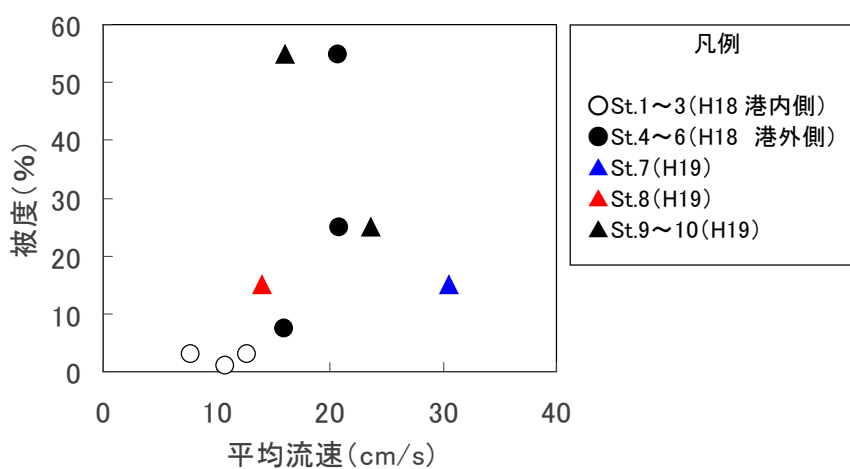


図 平均流速と被度の関係

## 今後の課題

- ・本調査は2ヶ年分の計 10 地点のデータに基づいた結果であり，サンゴ被度との関係をより明確にするにはデータ数が不足していると考えられる．今後はさまざまな場所の流況とサンゴ被度のデータを収集することが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>②サンゴ群集の成長と環境要素との相互関係の解明</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>ハビタット適性指数 (HSI) モデル</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>人工構造物へのサンゴ着生状況と環境因子との関係から HSI モデルを構築し、モデルを用いてサンゴ被度分布等を再現することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 那覇, 新港第一, 浦添第一防波堤</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>H18 年度</p>	

**調査・検討**

●人工構造物における現状のサンゴ被度と環境因子との関係を HSI モデルで解析する。  
 ・検討方法：那覇港の防波堤に成育しているサンゴ群集の被度をマンタ法で確認した。さらに、サンゴ群集の被度と各種環境因子との関係を以下の 2 種類の HSI を用いて解析した。

①現地データ尊重タイプ：現地データとサンゴの生態に関する既往の知見に基づいて被度と環境因子との関係について整理した。個別の環境因子のうち、被度と線形関係にある因子を主要な環境因子として SI を設定し、現地データに基づいた HSI を構成した。

②暫定標準タイプ：サンゴの生活史等を参考にし、不可欠な評価軸（グループ）を選定し、その評価軸ごとに適用可能な環境因子による SI を設定した。情報がある環境因子については、①と同様に SI を設定し、情報がない SI については定性的にでも SI を設定することで標準的な評価項目を含む HSI を構成した。

サンゴ群集の成長に関する環境因子

①現地データ尊重タイプ

サンゴの被度と線形関係にあったSIの設定

※1 異形ブロックと直立壁とで被度の特性が異なっていたため、異形ブロックと直立壁のそれぞれでHSIを設定  
 ※2 結合係数(α1, α2): 異形ブロックと直立壁のそれぞれの被度の平均値とHSIの平均値の比率  
 (α1=異形ブロック・直立壁の被度の平均値/HSIの平均値)

②暫定標準タイプ

サンゴの生活史を考慮したSIの設定

例) 濁り  
 ランク1(SI=0.3): 透明度5m未満  
 ランク2(SI=0.65): 透明度5-10m  
 ランク3(SI=1.0): 透明度10m以上

図 HSI モデルの構築の考え方 (概要)



成果の概略

- 防波堤の港外側と港内側をサンゴ群集の被度平均値で評価するような大きなスケールでの評価については、本検討で行った2種類のいずれの HSI モデルを用いても、高い精度で現状のサンゴ群集の分布被度を再現することができた。
- ・ HSI の計算式としては、累積手法、幾何平均法、限定要因法、算術平均の4種類で検討した結果、限定要因法の相関が最も高い結果となった。
- ・ 現地データ尊重タイプの HSI を用いることでより小さいスケールでの微視的なサンゴ被度の評価が可能となる。
- ・ 現地データが入手可能な場合でも、暫定標準タイプによる評価ができることが示唆された。

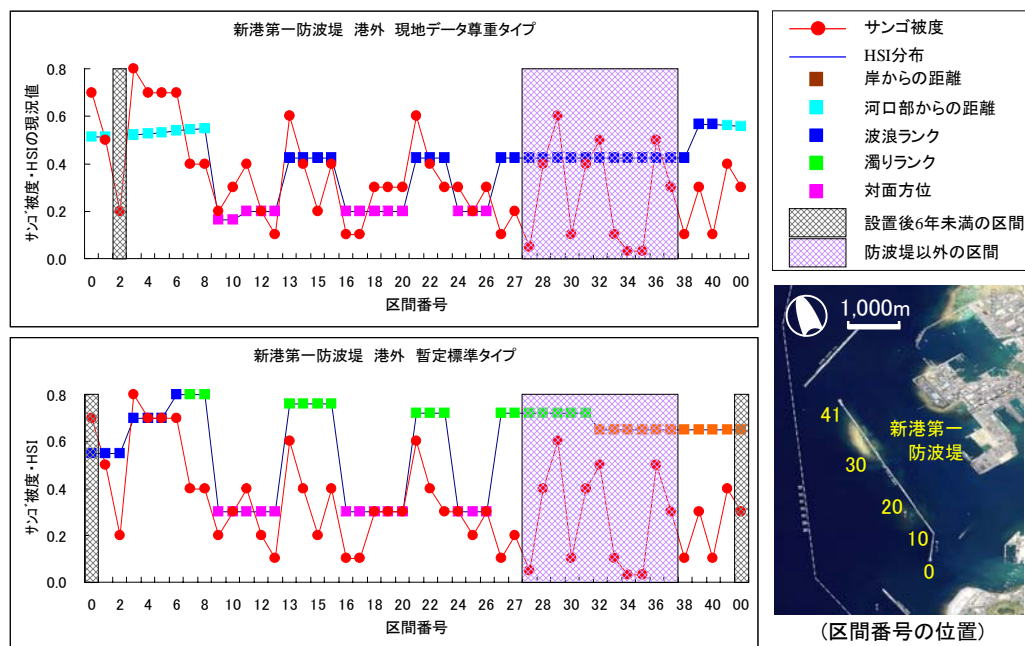
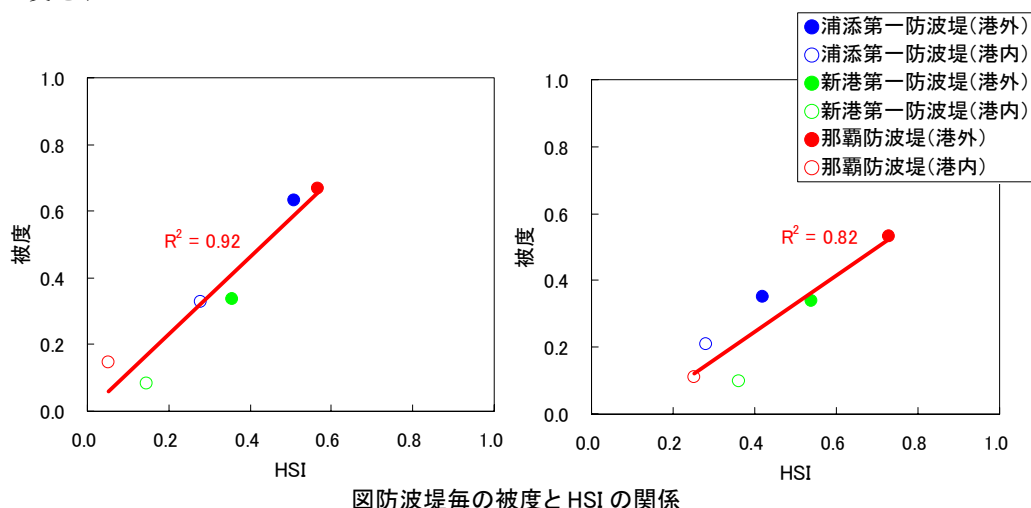


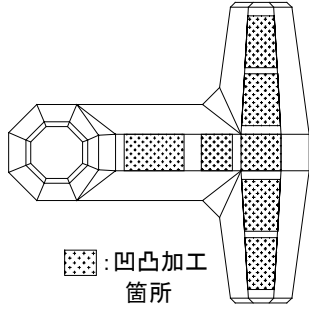
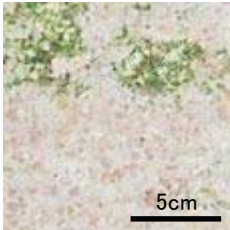
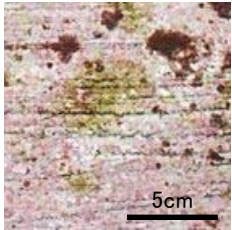
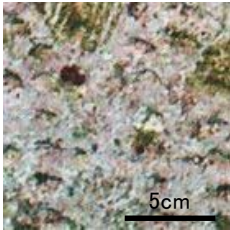
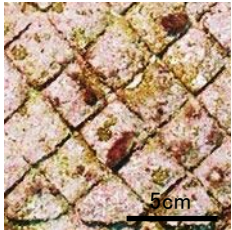


図 防波堤の区間毎の被度と HSI の関係の例(新港第一防波堤・港外側)

今後の課題

- ・ 本検討のような評価手法の検討を進めることで、今後整備する防波堤におけるサンゴ群集の被度を予測することが可能になると期待される。また、実用性が確認されれば、将来は整備効果の事前評価や関係者との合意形成、計画の最適化などに活用することが考えられる。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>④サンゴ群集の着生に適した基質の開発</p>																																		
<p><b>技術名</b></p>	<p>エコブロック</p>																																		
<p><b>目的</b></p>	<p>消波ブロックの基質表面に凹凸加工を施すことで、サンゴの加入・成長を促進することを目的としている。</p>																																		
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 那覇防波堤（港外側）</p>																																		
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：平成 11 年度 ・モニタリング調査期間：平成 11～19 年度</p>																																		
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●固化前の消波ブロックにグレーティングなどを押しつけて凹凸加工を施し、サンゴの加入・成長の場を創出する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="395 804 804 1111">  <p>エコブロックの概観(ドロス, 40t)</p> </div> <div data-bbox="804 804 1114 1111">  <p>凹凸加工箇所</p> </div> <div data-bbox="1145 871 1420 1086"> <p>●凹凸の深さ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・粗度大：10mm(グレーティング等仕上げ)</li> <li>・粗度中：5mm(レーキ等仕上げ)</li> <li>・粗度小：2mm(ハケ目等仕上げ)</li> </ul> </div> </div> <p>※粗度：凹凸の深さ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="440 1155 671 1384">  <p>無加工(対照区)</p> </div> <div data-bbox="679 1155 911 1384">  <p>粗度小(2mm)</p> </div> <div data-bbox="919 1155 1150 1384">  <p>粗度中(5mm)</p> </div> <div data-bbox="1158 1155 1390 1384">  <p>粗度大(10mm)</p> </div> </div>																																		
<p><b>事業規模</b></p>	<p>防波堤延長約 300m</p>																																		
<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<p>・調査方法：コドラート法 (50cm×50cm), 基盤の傾度は0°～10°                  ・頻度：1回/年～1回/2年 (夏季から秋季に実施)                  ・主な調査項目：浮泥の堆積状況, 水中写真, 造礁サンゴ (総被度, 種類別被度, 群体形, 群体数, 最大径), ソフトコーラル・海藻草類 (総被度, 種類別被度), 大型底生動物 (優占種別個体数), 白化の段階, サンゴ加入度, オニヒトデ・シロレイシガイダマシ類の有無・食痕の有無, 特記事項 (台風被害, 赤土流入等)                  ※平成 17 年度以降は手引きに基づいて調査が行われている。</p> <p style="text-align: center;">表 モニタリング設定条件および地点数</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">水深</th> <th colspan="3">加工区</th> <th rowspan="2">無加工</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>粗度大</th> <th>粗度中</th> <th>粗度小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D.L.-2m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>D.L.-5m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>D.L.-8m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>36</td> </tr> </tbody> </table>		水深	加工区			無加工	合計	粗度大	粗度中	粗度小	D.L.-2m	3	3	3	3	12	D.L.-5m	3	3	3	3	12	D.L.-8m	3	3	3	3	12	合計	9	9	9	9	36
水深	加工区			無加工	合計																														
	粗度大	粗度中	粗度小																																
D.L.-2m	3	3	3	3	12																														
D.L.-5m	3	3	3	3	12																														
D.L.-8m	3	3	3	3	12																														
合計	9	9	9	9	36																														

成果の概略

- 凹凸加工 10mm, 5mm でブロック導入後 3~4 年目までサンゴの加入を著しく増加させ、その後の被度の増加速度を高める効果があることが分かった。
- ・無加工区に比べ、凹凸加工 10mm, 5mm, 2mm の順に加入した群体数が多く、サンゴの加入が多かった。特に 3~4 年目までの初期段階での加入が多くなった。
- ・3~4 年目以降の著しい被度の増加に伴い、サンゴ同士の競合等のため群体数は減少した。
- ・群体数、被度の増加は水深が浅いほど大きく、D.L. -2m, -5m, -8m の順であった。

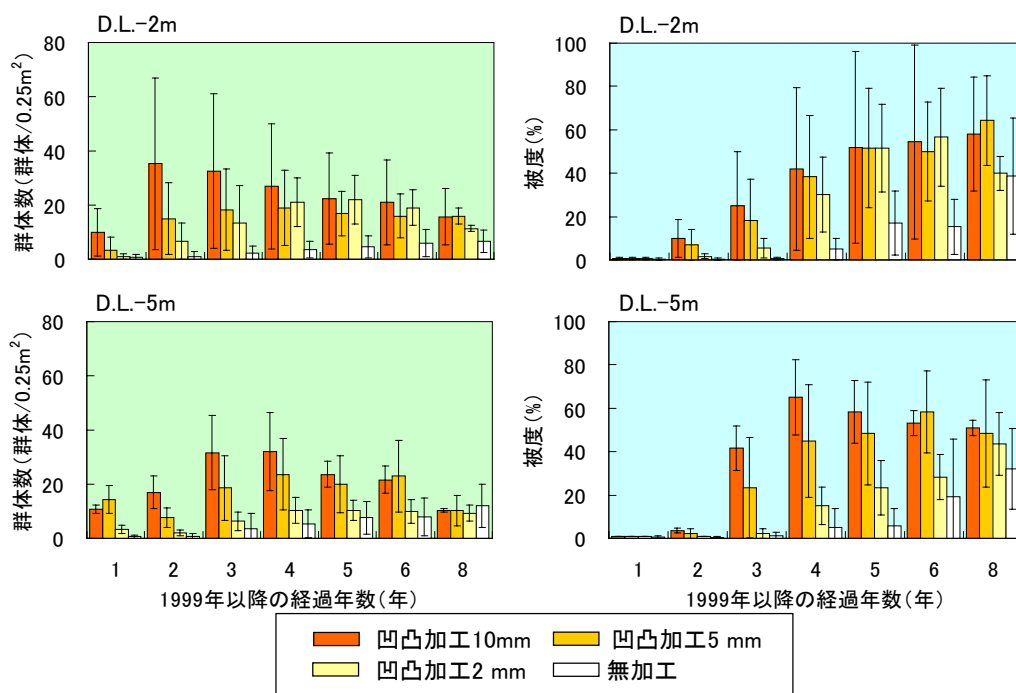


図 群体数・被度の経年変化の例(サンプル数は各 3 箇所)



図 凹凸加工ブロックにおけるサンゴの育成状況(例)

今後の課題

- ・凹凸の深さが 5mm, 10mm でサンゴの着生効果が高いことが分かったため、今後は他の知見と併せてサンゴ着生促進技術の汎用化に向けた取り組みを行うことが重要である。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>④サンゴ群集の着生に適した基質の開発</p>													
<p><b>技術名</b></p>	<p>環境調和型ブロック</p>													
<p><b>目的</b></p>	<p>被覆ブロックと根固ブロックの表面に凹凸加工を施すことで、付着生物の加入や大型底生動物、魚類の溜集を促進することを目的としている。</p>													
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 新港第一防波堤（港内側）</p>													
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H15 年度 ・モニタリング調査期間：H15～17 年度</p>													
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●被覆・根固ブロックに対して古タイヤの設置やブロックのはつり等による凹部加工を施し、生物生息場を創出する。</p> <p>図 被覆ブロック (4t 型ビーハイブ) の加工図</p> <p>図 根固方塊の加工図</p>													
<p><b>事業規模</b></p>	<p>21 基 (根固方塊：3 基, 被覆ブロック：18 基)</p>													
<p><b>モニタリング 調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査方法：加工区（上面，縦穴，隙間，周辺，タイヤ，凹加工，通路），無加工区（上面，縦穴，隙間，周辺）を目視により観察。また，比較として近傍の天然礁も観察。午前・午後・夜間の3つの時間帯を調査。</li> <li>頻度：2回/年（夏季と冬季に実施）</li> <li>主な調査項目：水中写真，底生動物，魚類の生息状況</li> </ul> <p>表 モニタリング設定条件および地点数</p> <table border="1" data-bbox="438 1612 925 1713"> <thead> <tr> <th>ブロックタイプ</th> <th>加工区</th> <th>無加工区</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>根固ブロック</td> <td>3基</td> <td>3基</td> <td>6基</td> </tr> <tr> <td>被覆ブロック</td> <td>18基</td> <td>18基</td> <td>36基</td> </tr> </tbody> </table> <p>図 調査地点の位置図</p> <p>図 被覆ブロックの調査位置(加工区)</p> <p>図 根固ブロックの調査位置(加工区)</p>		ブロックタイプ	加工区	無加工区	計	根固ブロック	3基	3基	6基	被覆ブロック	18基	18基	36基
ブロックタイプ	加工区	無加工区	計											
根固ブロック	3基	3基	6基											
被覆ブロック	18基	18基	36基											

成果の概略

- 設置約 2 年後では、加工区が無加工区に対して底生動物および魚類の観察された種類数が多く、加工部分が底生動物の生息場としての利用や周辺生物の蟄集効果に寄与していることが確認できた。
- ・底生動物はタイヤや凹加工部などの窪み等に多く確認された。魚類は体全体を隠すことのできるブロックの隙間等に多く確認された。
- ・特に根固ブロックの通路では、夜行性の魚類をはじめ多くの生物が確認されており、加工を施したことによる効果が確認できた。
- ・本事例で用いたブロックの種類では、底生動物の種類数は根固ブロックよりも被覆ブロックにおいて各季節とも多い傾向にあり、加工の有無に関わらず被覆ブロックの方が適していると考えられた。
- ・遊泳性魚類の多くは移動範囲が広いいため、ブロックの形状の違いよりも潮時や昼夜の時間帯、ブロックの設置位置等の違いによる影響が大きいと考えられた。
- ・魚類の時間帯別確認種をみると、昼間は隙間などを隠れ家として利用している種類、夜間に休息の場として利用している種類、昼夜を問わず周辺にいる種類など、利用形態に違いがみられた。

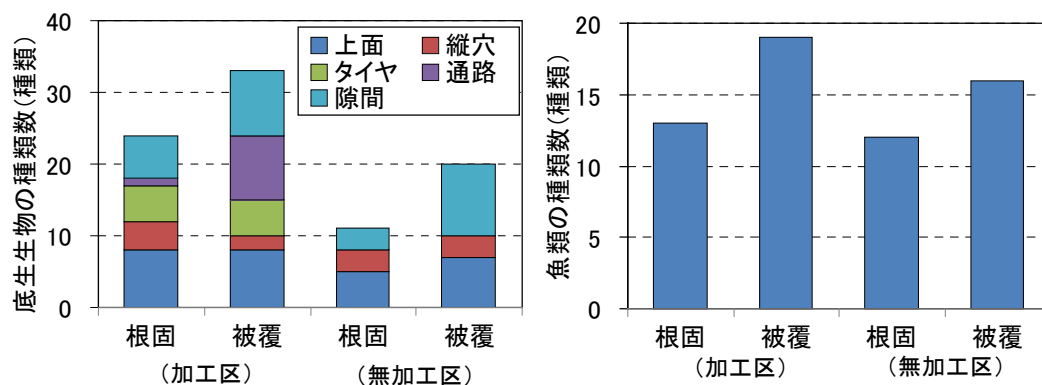


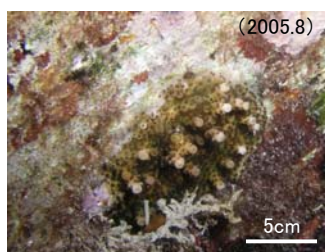
図 確認された生物の種類数の比較(約 2 年後)



図 被覆ブロックの設置状況



図 根固ブロックの設置状況



サンゴ類(ミドリイシ属)



魚類(ハナミノカサゴ)



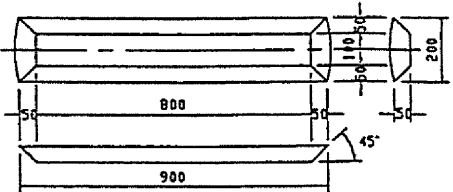


大型底生生物(カニ類)

図 環境調和型ブロックの設置状況と確認された生物(例)

今後の課題

- ・人工構造物に凹凸加工や廃材を組み合わせることで様々な生物が蟄集することから、今後はより効果的な構造を検討するとともに事業化することが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>④サンゴ群集の着生に適した基質の開発</p>																					
<p><b>技術名</b></p>	<p>溝加工消波ブロック</p>																					
<p><b>目的</b></p>	<p>消波ブロックの基質表面に凹凸加工を施すことで、サンゴの加入・成長を促進することを目的としている。</p>																					
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港 下崎西防波堤（港外側）</p>																					
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：平成 10 年度 ・モニタリング調査期間：平成 10～19 年度</p>																					
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●消波ブロックの型枠に凸部を設けてブロックに溝加工を施し、サンゴの加入・成長の場を創出する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>溝加工消波ブロックの概観 (テトラポッド, 12.5t)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>溝加工部の詳細図</p> </div> </div>																					
<p><b>事業規模</b></p>	<p>防波堤延長 1,400m</p>																					
<p><b>モニタリング 調査内容</b></p>	<p>・調査方法：コドラート法 (25cm×100cm)，基盤の傾度：0°，45°，90° の3 ケース ・頻度：1 回/年～1 回/2 年（夏季から秋季に実施） ・主な調査項目：水深，浮泥の堆積状況，水中写真，造礁サンゴ（総被度，種類別被度，群体形，群体数，最大径），ソフトコーラル・海藻草類（総被度，種類別被度），大型底生動物（優占種別個体数），白化の段階，サンゴ加入度，オニヒトデ・シロレイシガイダマシ類の有無・食痕の有無，特記事項（台風被害，赤土流入等） ※平成 17 年度以降は手引きに基づいて調査が行われている。また，平成 19 年度には凹凸加工の効果が比較的分かりやすい傾度 0° のみを対象としてモニタリング調査を行っている。</p> <p style="text-align: center;">表 モニタリング設定条件および地点数(傾度 1 ケース当たり)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>水深</th> <th>加工区</th> <th>無加工区 (対照区)</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D.L.-1m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>D.L.-3m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>D.L.-5m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">※傾度 3 ケースで 18×3=54 地点</p>		水深	加工区	無加工区 (対照区)	合計	D.L.-1m	3	3	6	D.L.-3m	3	3	6	D.L.-5m	3	3	6	合計	9	9	18
水深	加工区	無加工区 (対照区)	合計																			
D.L.-1m	3	3	6																			
D.L.-3m	3	3	6																			
D.L.-5m	3	3	6																			
合計	9	9	18																			

成果の概略

- D.L.-1m, -3m では無加工区に比べて加工区でやや群体数が多い傾向にあり, サンゴの加入を促す効果が伺えた. しかし, 被度はブロック導入後 9 年経過後も 10%未満であり, 加工区と無加工区の差は小さく被度の増加に対する効果は明確でない.
- ・サンゴは溝加工部の角の部分に着生しており, 群体数は 9 年目に無加工区に比べてやや多い.
- ・被度はブロック導入後 9 年経過後も加工区, 無加工区で 10%未満であり両者に明確な差はみられなかった.
- ・水深の違いによる効果の違いはみられなかった.
- ・被度が低い理由として, 成長が早いミドリイシ属の加入が少なく, 比較的成長が遅いキクメイシ科が主体となっているためと考えられる.

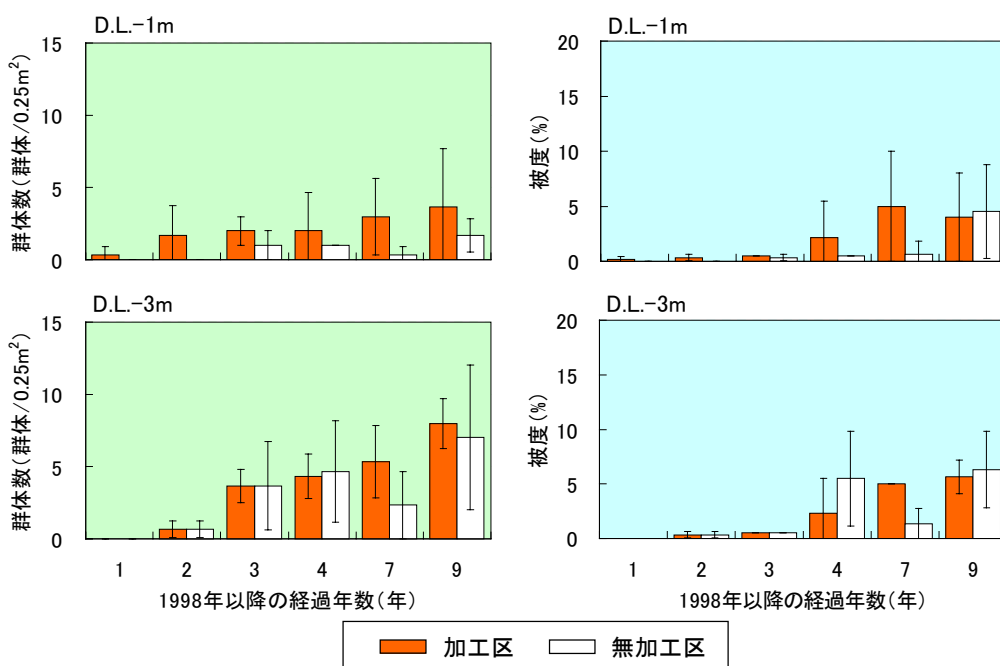


図 群体数・被度の経年変化の例 (サンプル数は各 3 箇所)

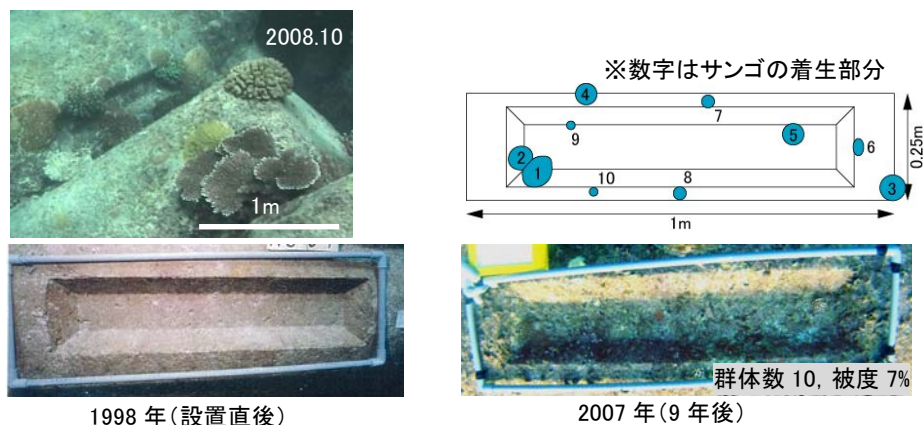


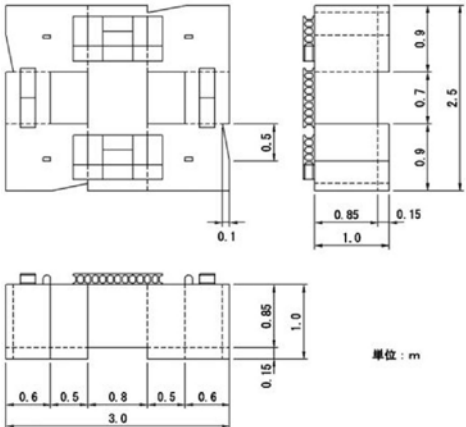
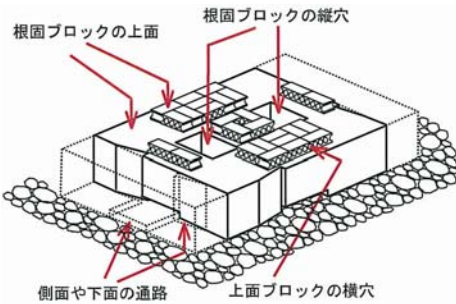
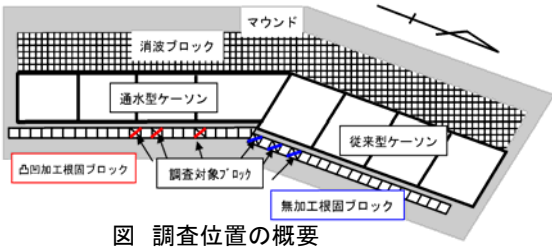


図 溝加工ブロックにおけるサンゴの成育状況 (例)

今後の課題

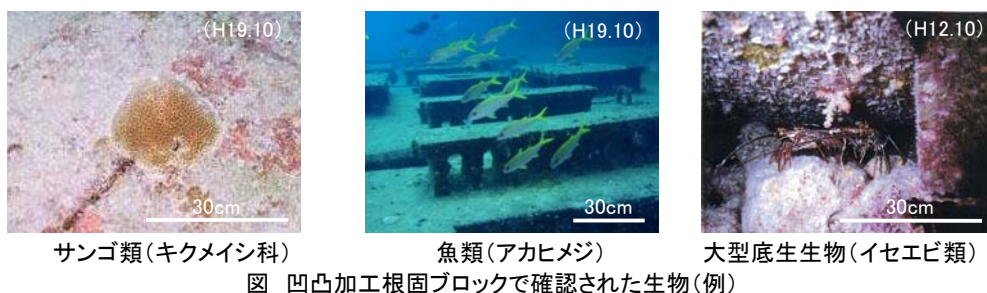
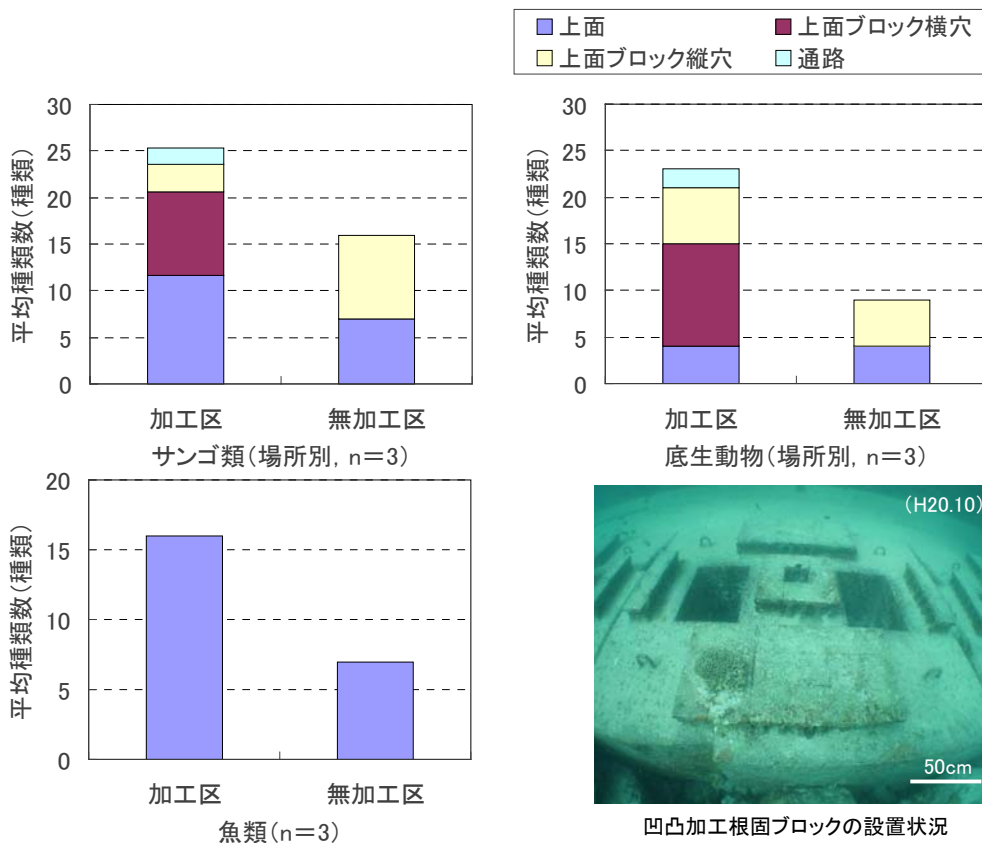
- ・今後ミドリイシ属の加入により被度の増加が期待される (モニタリングの継続).
- ・溝加工部の角の部分に比較的多くのサンゴが着生することがわかったため, 今後は他の知見と併せてサンゴ着生促進技術の汎用化に向けた取り組みを行うことが重要である.

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>④サンゴ群集の着生に適した基質の開発</p>									
<p><b>技術名</b></p>	<p>凹凸加工根固ブロック</p>									
<p><b>目的</b></p>	<p>根固ブロックの表面に凹凸加工を施すことで、付着生物の加入や大型底生動物、魚類の蛸集を促進することを目的としている。</p>									
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港 下崎西防波堤（港内側）</p>									
<p><b>時期</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工時期：H10 年度</li> <li>・モニタリング調査期間：H10～19 年度</li> </ul>									
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●根固ブロックに対して、建材ブロックの設置等による凹凸加工を施し、生物生息場を創出する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="419 920 858 1144">  <p>図 凹凸加工根固ブロックの概観</p> </div> <div data-bbox="922 786 1390 1211">  <p>図 凹凸加工根固ブロックの形状・寸法</p> <p style="text-align: right;">単位：m</p> </div> </div>									
<p><b>事業規模</b></p>	<p>防波堤延長：1,400m</p>									
<p><b>モニタリング 調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：加工区（上面、ブロック穴、縦穴、通路）、無加工区（上面、縦穴）を目視により観察</li> <li>・頻度：1回/年～1回/2年（夏季から秋季に実施）</li> <li>・主な調査項目：浮泥の堆積状況，水中写真，造礁サンゴ（総被度，優占種別被度，群体形，群体数），ソフトコーラル・海藻草類（総被度，種類別被度），大型底生動物（優占種別個体数），魚類（優占種別個体数）</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="400 1671 858 1973">  <p>図 凹凸加工根固ブロックの調査位置</p> </div> <div data-bbox="879 1603 1433 2018"> <p style="text-align: center;">表 調査地点数</p> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th>調査区</th> <th>地点数</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加工区</td> <td>3地点</td> <td rowspan="2">6地点</td> </tr> <tr> <td>無加工区</td> <td>3地点</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図 調査位置の概要</p> </div> </div>		調査区	地点数	合計	加工区	3地点	6地点	無加工区	3地点
調査区	地点数	合計								
加工区	3地点	6地点								
無加工区	3地点									



成果の概略

- 施工 9 年後には、加工区において無加工区よりもサンゴを含む付着生物、大型底生生物、魚類の種類数が多く、凹凸加工根固ブロックが多様な生物の生息場として機能していることが確認できた。
- ・ 凹凸加工ブロックのサンゴ類の種類数は無加工区よりも約 10 種類多く、立体構造による表面積の増加等による効果と考えられる。
- ・ 底生生物の種類数は建材ブロックの横穴において最も多い。また、水産有用種であるイセエビ類が底面の通路において確認されているなど、根固ブロックの凹凸加工部が生物に有効に利用されていることも確認できた。
- ・ 魚類の種類数は、無加工区と比較して約 2 倍以上も多く出現しており、凹凸加工による立体構造が蝟集効果を高めたものと考えられる。



今後の課題

- ・ 凹凸加工区において観察されたサンゴはほとんどがキクメイシ科であり、設置後 9 年が経過しても立体的な成長はみられない。今後、立体的に早く成長するミドリイシ属が加入・成長することで、サンゴの隙間などの空間に生息する生物の増加が期待できる。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑤直立壁面における凹凸加工技術開発</p>																															
<p><b>技術名</b></p>	<p>直立ケーソン凹凸加工技術</p>																															
<p><b>目的</b></p>	<p>防波堤港内側の直立壁面においてサンゴ類の新規加入を促進することを目的としている。本検討は沖縄総合事務局の実海域実験場提供システムを利用し、民間企業が実施したものである。</p>																															
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 浦添第一防波堤（港内側）</p>																															
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H14 年度 ・モニタリング調査期間：H14～H16</p>																															
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●ケーソンの直立面に凹凸加工を施した様々なプレート貼り付け、サンゴの加入・成長の場を創出する。</p> <p>図 プレートの形状・寸法</p> <p>表 プレートの材質</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>項目</th> <th>材質</th> <th>特徴</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>1cm凹凸</td> <td>モルタル製</td> <td>幅1cmの狭い溝加工を施した。</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>3cm凹凸</td> <td>モルタル製</td> <td>幅3cmの広い溝加工を施した。</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>擬岩</td> <td>モルタル製</td> <td>サンゴ石灰岩から型を取り製作した。</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>多孔質板</td> <td>クリンカーアッシュ(石炭灰)</td> <td>商品名:エコプレス</td> </tr> </tbody> </table>		No.	項目	材質	特徴	①	1cm凹凸	モルタル製	幅1cmの狭い溝加工を施した。	②	3cm凹凸	モルタル製	幅3cmの広い溝加工を施した。	③	擬岩	モルタル製	サンゴ石灰岩から型を取り製作した。	④	多孔質板	クリンカーアッシュ(石炭灰)	商品名:エコプレス										
No.	項目	材質	特徴																													
①	1cm凹凸	モルタル製	幅1cmの狭い溝加工を施した。																													
②	3cm凹凸	モルタル製	幅3cmの広い溝加工を施した。																													
③	擬岩	モルタル製	サンゴ石灰岩から型を取り製作した。																													
④	多孔質板	クリンカーアッシュ(石炭灰)	商品名:エコプレス																													
<p><b>事業規模</b></p>	<p>プレート：36枚（各9枚×4種類）</p>																															
<p><b>モニタリング 調査内容</b></p>	<p>・調査方法：全プレートの目視観察 ・頻度：設置4ヵ月後から28ヵ月後までに6回 ・主な調査項目：群体数の計測，群体の計測（長径，短径，高さ） ・設置位置：4種類のプレート各3枚（計12枚）を水平方向に1列にし，水中モルタルで直立壁面の水深-1m，-3m，-5mに各1列接着した（合計36枚）。</p> <p>表 プレートの設置枚数および水深</p> <p>単位:枚</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>①1cm凹凸</th> <th>②3cm凹凸</th> <th>③擬岩</th> <th>④多孔質板</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D.L.-1m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>D.L.-3m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>D.L.-5m</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>36</td> </tr> </tbody> </table> <p>図 プレートの設置位置(模式図)</p>			①1cm凹凸	②3cm凹凸	③擬岩	④多孔質板	合計	D.L.-1m	3	3	3	3	12	D.L.-3m	3	3	3	3	12	D.L.-5m	3	3	3	3	12	合計	9	9	9	9	36
	①1cm凹凸	②3cm凹凸	③擬岩	④多孔質板	合計																											
D.L.-1m	3	3	3	3	12																											
D.L.-3m	3	3	3	3	12																											
D.L.-5m	3	3	3	3	12																											
合計	9	9	9	9	36																											

### 成果の概略

- 防波堤直立壁の表面にプレートによる凹凸加工を施すことにより、周囲の壁面よりもサンゴ類幼生の加入を促進することができた。
- ・プレートを貼らなかった周囲の平滑な壁面に比べ、プレート部分で明らかにサンゴの着生が多いことが確認できた。
- ・プレート1枚当たりのプレート別のサンゴ着生数では設置28ヵ月後において擬岩が最も多かった。
- ・溝加工はサンゴ石灰岩にあるような窪みと比較して、サンゴ捕食生物に捕食され易く群体数に僅かな差が出たと考えられる。
- ・設置後9～12ヵ月後の水深-3m、-5mでは20群体/枚程度まで群体数が増加していたものの、設置後28ヵ月後には全水深で10群体/枚未満となり同程度の群体数となった。
- ・9～12ヵ月後の確認群体数が多い理由は、着生した稚サンゴの多くが目視可能な大きさに成長したためである。
- ・設置12ヵ月後以降では、群体数は減少している。しかしながら、生残した群体の長径は30～40mm程度まで成長しており、高さ10mm程度の立体化も確認された。

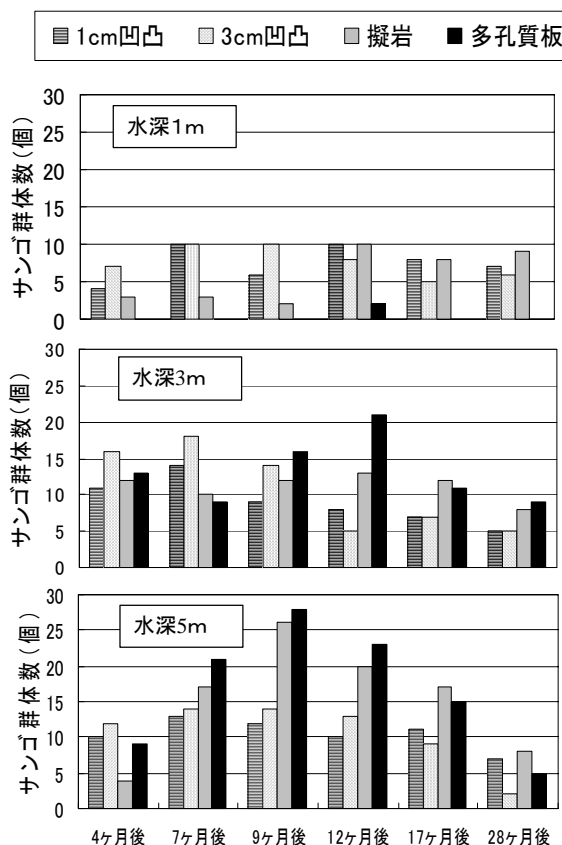

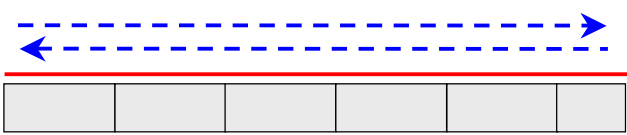
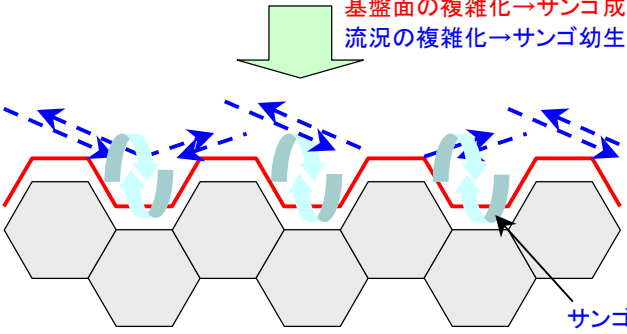


図 各プレートの新規加入群体数の経時変化

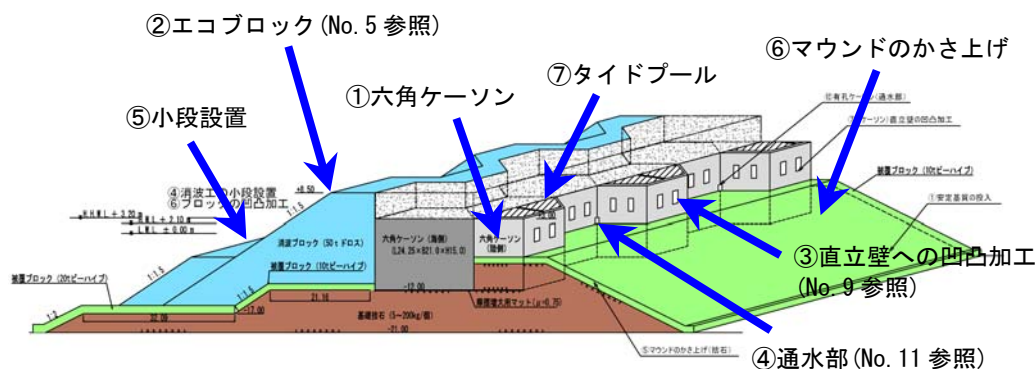
### 今後の課題

- ・凹凸加工プレートの港湾区域内における効率的な設置場所の検討、活着したサンゴの今後の成長状況などのモニタリング調査を継続することが望ましい。また、実用化を目指した検討を行うことが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑥ケーソンの凹凸配置に関する技術開発</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>六角ケーソン</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>防波堤のケーソンを凹凸に配置することで、サンゴの加入・成育を促進する場を拡大することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 浦添第一防波堤の延伸予定部</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>H18 年度～</p>	
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●ケーソンの凹凸配置によるサンゴの加入・成育場の拡大を図るため、凹凸配置が可能な六角ケーソンを用いた防波堤について検討する。</p> <p>「海其自然再生ハンドブック 第4巻 サンゴ礁編 (国土交通省監修, 2003) によると、ケーソンを岸沖方向にずらして凹凸に配列することにより、天然礁の地形のような入り組んだ地形が創造できると考えられる。天然礁の礁縁部は、複雑に入り組んだ地形となっており、突出した部分と入江の部分とでは岩盤上における光条件、波浪条件、海水流動条件等の物理環境が異なるため、サンゴをはじめそれぞれの環境に適応した多様な生物が生息している。</p> <p>これらのことから、ケーソン凹凸配置により天然礁の地形を模することで、基盤面の複雑化によるサンゴ等生息面積の増大、流況の複雑化によるサンゴ幼生の滞留時間の増加といったサンゴの成育環境の向上が期待される。本検討では、ケーソン凹凸配置の手法の一つとして、六角ケーソンを用いた防波堤について検討した。</p> <div style="text-align: center;"> <p>従来型ケーソン</p>  <p>六角ケーソン (凹凸配置)</p>  <p>基盤面の複雑化→サンゴ成育面積の増大 流況の複雑化→サンゴ幼生の滞留時間の増加</p> <p>サンゴ幼生の滞留</p> </div> <p>図 ケーソン凹凸配置(六角ケーソン)の効果イメージ</p>	
<p><b>事業規模</b></p>	<p>防波堤延伸予定区間 200m 以内に適用予定</p>	
<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<p>設計条件の検討段階であり、実現性の確認のための水理模型実験を行っている。モニタリング調査は実施していない。</p>	

成果の概略

- 六角ケーソンは特殊な工法であるため、導入に向けた水理模型実験を行い波圧、滑動安定性に関する知見が得られた。
  - ・時刻の同時性を考慮した全波力としては、実験波圧が合田波圧よりも小さくなる。しかしながら、部分的に作用する最大波圧強度は、実験波圧が合田波圧よりも大きくなる場合があるため、波圧を考慮した適切な部材設計を行う必要がある。
  - ・港外側が凸部となる場合には、消波工の有り無しに関わらず、法線方向に対して斜めとなる面を両側に2面有することで、ケーソンは設計波高に対して十分安定する。港外側が凹部となる場合には、消波工があればケーソンは設計波高に対して十分安定する。
- 本技術は環境共生型防波堤を構築する要素技術の一つであり、その他の技術として消波ブロック法面への小段設置、タイドプール等が検討されている。これらの技術を組み合わせることで、さらにサンゴ等の生物の生息が促進できると期待される。


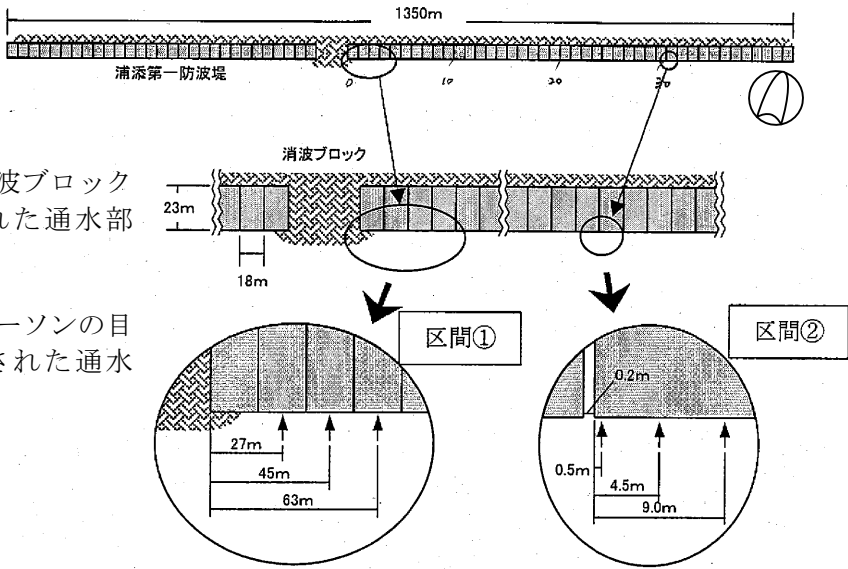


要素技術	特徴
①六角ケーソン	ケーソン凹凸配置により、サンゴ等生息面積の増大、流況の複雑化によるサンゴ幼生の滞留時間の増加等、生物生息環境の向上を図る
②エコブロック	消波ブロック、またはケーソン直立壁面の表面に凹凸加工を施すことで、サンゴの加入・成育促進を図る
③直立壁への凹凸加工	
④通水部	通水部により、港外側から港内側への海水流入を促進させ、生物生息環境の向上を図る
⑤小段設置	サンゴの被度が高い水深帯に小段を設けて浅場を造成し、サンゴ等の生息場所の拡大を図る
⑥マウンドのかさ上げ	サンゴの被度が高い水深帯までマウンドをかさ上げて浅場を造成し、サンゴ等の生息場所の拡大を図る
⑦タイドプール	干潮時にも海水が残るタイドプールにより、サンゴ等生物の生息場の拡大を図る

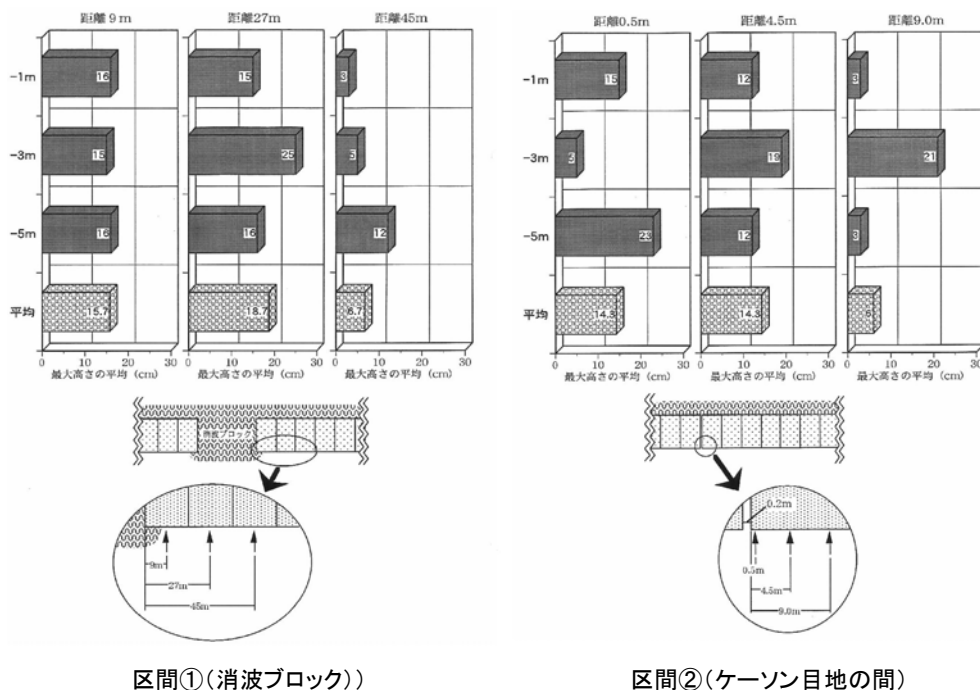
図 環境共生型防波堤のイメージ(例)

今後の課題

- ・本技術は新工法であるため、要素技術の設置水深の検討など具体化に向けた取り組みを行い、必要に応じて水理模型実験による安定性等の確認を行う。
- ・将来は、六角ケーソンのサンゴの成育場としての効果等を確認するため、モニタリング調査計画を検討する必要がある。さらに、モニタリング調査を行って効果を評価するとともに、技術的課題が抽出された場合には、十分な成果が得られるように改善していくことが重要である。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑦海水交換型防波堤の実施と効果検証の継続</p>																																																																			
<p><b>技術名</b></p>	<p>通水機能を有する防波堤</p>																																																																			
<p><b>目的</b></p>	<p>既存防波堤の通水部におけるサンゴの成育状況と流況との関係を検討、把握し、サンゴの成育に与える通水部の効果を確認することを目的としている。</p>																																																																			
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 浦添第一防波堤</p>																																																																			
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：①S56, 57年度, ②S63年度 ・モニタリング調査期間：H9, 12年度</p>																																																																			
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●通水部における海水流動がサンゴの成育に与える効果を把握する。</p>  <p>○区間①：消波ブロックで形成された通水部付近</p> <p>○区間②：ケーソンの目地で形成された通水部付近</p> <p>図 ケーソンの配置と通水部の形状・寸法</p>																																																																			
<p><b>事業規模</b></p>	<p>①通水部（消波ブロック）：約 54m, ②通水部（ケーソン目地間）：0.2m</p>																																																																			
<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<p>・調査方法：コドラート法（100cm×100cm） ・頻度：2回（平成9, 12年度） ・主な調査項目：水中写真, 造礁サンゴ（総被度, 優占種別被度, 群体数, 最大径, 高さ）, ソフトコーラル・海藻草類（総被度）。</p> <p>表 モニタリング設定条件および地点数 <span style="float:right">単位:地点</span></p> <table border="1" data-bbox="587 1727 1265 2007"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">区 間 ①</th> <th colspan="3">区 間 ②</th> <th rowspan="2">計</th> </tr> <tr> <th>消波ブロックによる通水</th> <th colspan="2">ケーソンの目地による通水</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>通水部の状況</td> <td colspan="3">消波ブロックによる通水</td> <td colspan="3">ケーソンの目地による通水</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>施工年度</td> <td colspan="3">昭和56, 57年度</td> <td colspan="3">昭和63年度</td> </tr> <tr> <td>通水部の状況</td> <td colspan="3">消波ブロック約54m</td> <td colspan="3">隙間約0.2m</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>調査地点の隙間からの距離</td> <td>27m</td> <td>45m</td> <td>63m</td> <td>0.5m</td> <td>4.5m</td> <td>9m</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">調査水深</td> <td>D.L. -1m</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>D.L. -3m</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>D.L. -5m</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>			区 間 ①			区 間 ②			計	消波ブロックによる通水	ケーソンの目地による通水					通水部の状況	消波ブロックによる通水			ケーソンの目地による通水				施工年度	昭和56, 57年度			昭和63年度			通水部の状況	消波ブロック約54m			隙間約0.2m				調査地点の隙間からの距離	27m	45m	63m	0.5m	4.5m	9m	調査水深	D.L. -1m	1	1	1	1	1	6	D.L. -3m	1	1	1	1	1	6	D.L. -5m	1	1	1	1	1	6
	区 間 ①			区 間 ②			計																																																													
	消波ブロックによる通水	ケーソンの目地による通水																																																																		
通水部の状況	消波ブロックによる通水			ケーソンの目地による通水																																																																
施工年度	昭和56, 57年度			昭和63年度																																																																
通水部の状況	消波ブロック約54m			隙間約0.2m																																																																
調査地点の隙間からの距離	27m	45m	63m	0.5m	4.5m	9m																																																														
調査水深	D.L. -1m	1	1	1	1	1	6																																																													
	D.L. -3m	1	1	1	1	1	6																																																													
	D.L. -5m	1	1	1	1	1	6																																																													

- 通水部近傍で比較的多くのサンゴ類が生息していることが確認でき、港外側の海水が入り出すことで環境条件が良好に維持されている可能性が示唆された。
- ・直立壁面では、サンゴは壁面に対して垂直に成長することがあるため被度による評価方法だけでは評価が難しい。そのため高さ（ケーソン壁面に直交するサンゴの長さ）も計測した。
- ・高さの比較では、区間①・②ともに通水部に近い2地点において最も遠い地点より高い傾向にあった。
- ・通水部に最も近い地点では、総群体数に対する枝状や散房花状のサンゴの群体数が3～4倍ほど多かった。



成果の概略

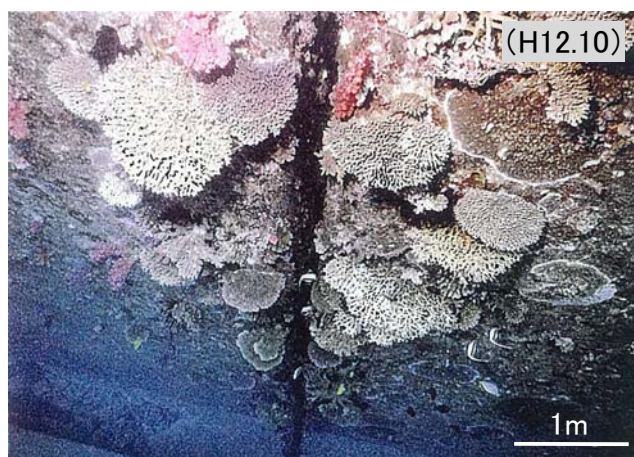

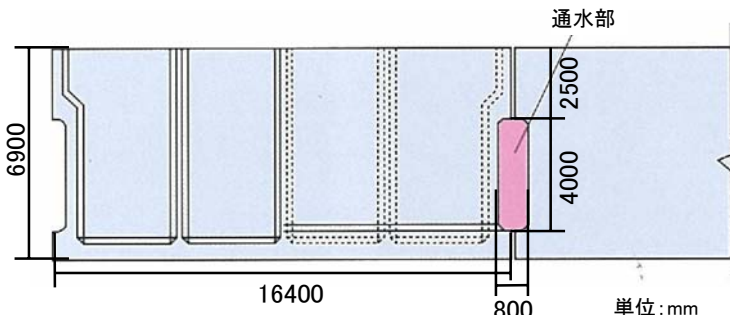
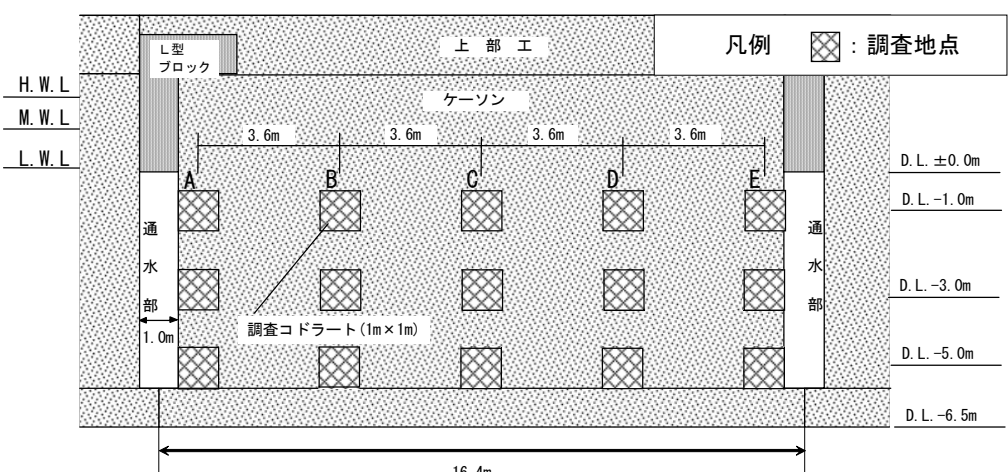


図 通水部(区間②)のサンゴの分布状況

今後の課題

- ・被度や高さだけではサンゴが占有する立体的な広がりをも十分に評価できるとは言えない。したがって、立体的な広がりをも評価できる評価基準を検討することが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑦海水交換型防波堤の実施と効果検証の継続</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>通水型ケーソン</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>防波堤のケーソンに通水部を確保するための加工を施すことで、サンゴの着生促進や魚類の蟄集を促進することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港 下崎西防波堤</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H9～10年度 ・モニタリング調査期間：H10～H19年度</p>	
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●防波堤のケーソンにサンゴの着生促進等のための通水部を形成する。</p>  <p>図 通水型ケーソンの配置と通水部の形状・寸法</p>	
<p><b>事業規模</b></p>	<p>防波堤延長：1,400m</p>	
<p><b>モニタリング 調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：コドラート法（1m×1m）</li> <li>・頻度：1回/年（夏季～秋季に実施）</li> <li>・主な調査項目：水中写真，浮泥の堆積状況，造礁サンゴ（総被度，種類別被度，群体形，群体数，最大径），ソフトコーラル・海藻草類（総被度，種類別被度），大型底生動物（種類別個体数），白化の段階，サンゴ加入度，オニヒトデの個体数，シロレイシガイダマン類の分布状況，特記事項（台風被害，赤土流入等）。</li> <li>・調査位置：2箇所の通水部間に両端に2系列とその間に均等に3系列の計5系列を設定し，それぞれ水深D.L. -1m，-3m，-5mの3水深を設定（計15カ所）。</li> </ul> <p>※平成19年度は手引きに基づいて調査が行われている。</p>  <p>図 モニタリング調査位置図</p>	



- 通水型ケーソンではサンゴ類の増加は顕著でないものの、多様な生物が観察されており、通常のケーソンと比較して複雑な形状や物理環境を生み出す構造が生物多様性の向上に寄与していると考えられる。
- ・サンゴの総被度は、ケーソン設置後9年が経過しても全ての地点で10%未満に留まっており、通水部の効果は明確ではない。今後、ミドリイシ属の加入がみられるようになると、通水部の効果が明確になると考えられる。
- ・群体数についても差はほとんど無く、通水部の効果は明確になっていない。
- ・着生した種は、ほとんどが一般的に成長の遅いククメイシ科であり、効果が明確になるのには時間がかかるものと考えられる。
- ・通水部内は流れや暗所を好む生物が多く、周辺環境と比較すると通水部特有の生物環境となっていると考えられる。

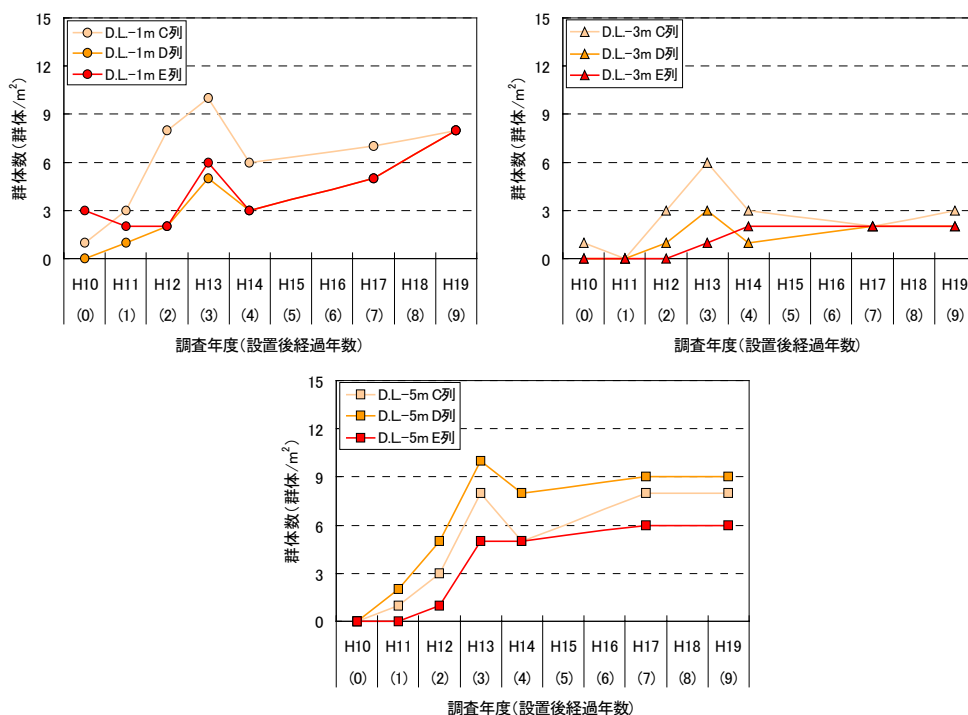
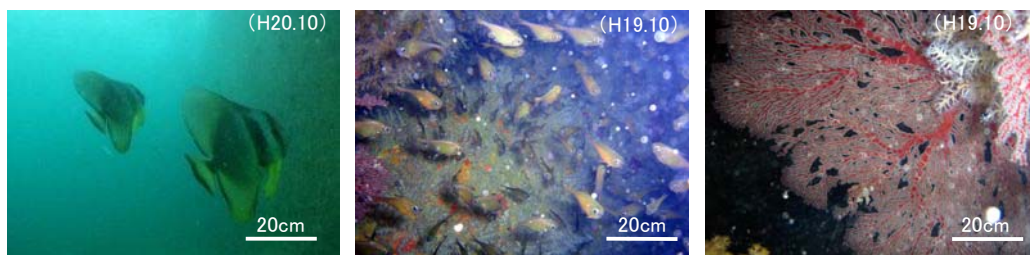


図 サンゴの群体数・被度の経年変化の例 (n=3)





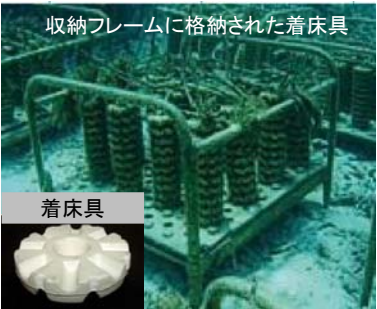
ツバメウオ(周辺)      ハタンボ科(内部)      イソバナ科(内部)

図 通水部内部および周辺で確認された生物(例)

成果の概略

今後の課題

- ・人工構造物に通水部を設けることで多様な生物の生息場を創出できることから、今後はより効果的な構造を検討するとともに事業化することが望ましい。

技術の分類	⑧遺伝子攪乱に留意した幼サンゴの育成技術の開発	
技術名	サンゴの成育基盤	
目的	<p>サンゴの有性生殖による効率的な増殖と育成技術を開発することを目的としている。本検討は沖縄総合事務局の実海域実験場提供システムを利用し、民間企業が実施したものである。</p>	
実施箇所	<p>平良港 トゥリバー地区沖</p>	
時期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工時期：H15 年度</li> <li>・モニタリング調査期間：H15～19 年度</li> </ul>	
<b>技術の概要</b> (形状・寸法)	<p>●幼サンゴの着生した着床具をガレ場に設置した成育基盤(マリンプロック)に固定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・成育基盤(マリンプロック)：原料は製鉄プロセスで副生されるスラグ(主成分は石灰)と二酸化炭素。二酸化炭素は製造時に重量%で1～7%程度を炭酸カルシウムとして固定。炭酸カルシウムを主成分とした被覆層を保有する気孔率20～40%のポーラスブロック。海水へのアルカリ分の影響はない。</li> <li>・移植に用いるサンゴ：宮古島周辺海域において、サンゴ類の一斉産卵の1週間ほど前に着床具を搭載したフレームをサンゴ礁に設置。着生後1年間はその場でサンゴを成育させ、生残したサンゴを成育基盤に移植して成長を期待する。</li> <li>・成育基盤の利用方法：サンゴ移植を行う前に事前に着床具用の孔を穿ち、移植先の海域に沈設する。サンゴの付着した着床具を成育基盤の孔に移植し水中ボンドで固定する。成育基盤と着床具を組み合わせることで、現在サンゴがガレキ状となって堆積している場に、過去のようなサンゴ礁が再生することを期待する。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>縦 1m × 横 1m × 高さ 0.5m</p> <p>図 成育基盤(マリンプロック)の概観</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>収納フレームに格納された着床具</p> <p>着床具</p> <p>着床具(直径 40mm × 高さ 26mm)</p> <p>図 着床具と収納フレームの概観</p> </div> </div>	
事業規模	マリンプロック：4基(1tタイプ)	
モニタリング調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察</li> <li>・頻度：マリンプロックに移植後、9ヵ月間に5回</li> <li>・主な調査項目：水中写真、着生サンゴ(群体数、最大径)、白化の有無、食害の有無他</li> </ul>	

成果の概略

- マリンブロックはコンクリート基盤に比べ約 2 倍のサンゴ幼生の着生が確認され、着床したサンゴの成長を阻害することなく、サンゴの成育基盤として機能することが示唆された。
- ・ 着床基盤への移植時には、サンゴが小さいため確認することは難しい。移植 2 年後には最大 5cm 程度の群体まで成長していることが確認された。
- ・ 礫底に設置したマリンブロックにサンゴが着床した着床具を移設した結果、順調に成長しているのが確認され、8 ヶ月で 3.5cm<sup>2</sup> から 25.6cm<sup>2</sup> まで拡大した。成長が進むにつれて着床具からマリンブロックに活着していく様子も確認された。
- ・ マリンブロックにφ10mm の孔を穿っただけの基盤を海底に沈設した結果、自然のリーフと同様に孔にサンゴ幼生が着生し、1 年後には概ね 10mm 程度まで成長していることも確認できた。

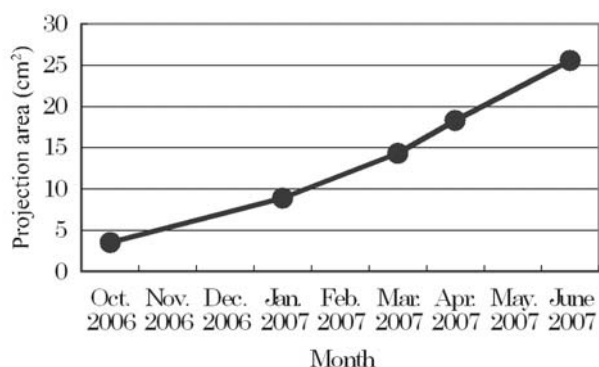


図 サンゴ被度の投影面積の経時変化

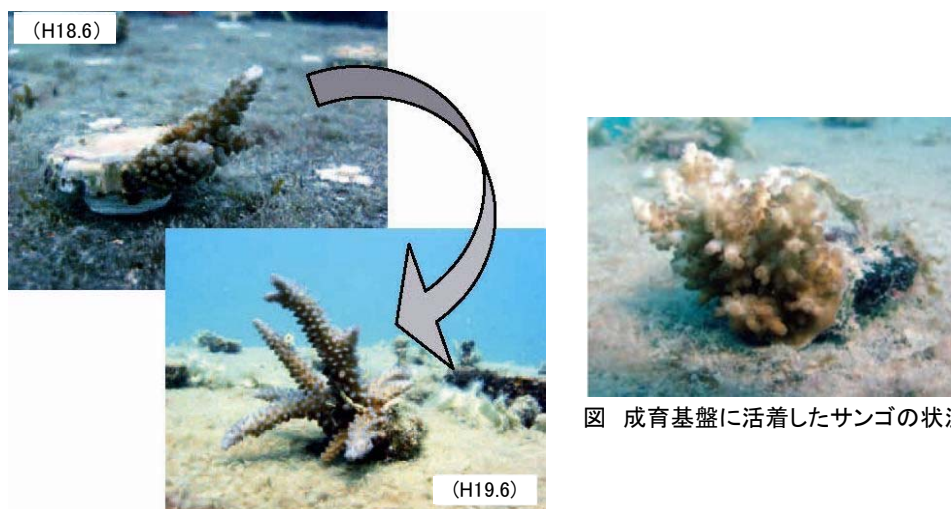


図 成育基盤に活着したサンゴの状況

図 移植したサンゴの状況(H18 年移植)

今後の課題

- ・ モニタリング調査を継続し、本技術の有効性を確認することが望ましい。技術の組み合わせによるサンゴ礁再生の取り組み例として参考になる。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>																																																																																																																													
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>																																																																																																																													
<p><b>目的</b></p>	<p>サンゴの移植実験を行い，サンゴの種々環境への耐性や活性を確認してサンゴ移植の可能性を明らかにすることと，海域環境の指標生物としての適用性を検討することを目的としている。</p>																																																																																																																													
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 移植元:新港ふ頭，新港第一防波堤付近 移植先:新港ふ頭地区から那覇ふ頭地区</p>																																																																																																																													
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：S60 年度 ・モニタリング調査期間： S60～H2 年度</p>																																																																																																																													
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●サンゴ移植技術の可能性および指標生物としての適用性を確認するため移植を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移植元の選定理由：移植元 1（多種多様なサンゴが生息しているため），移植元 2（開放型のみドリイシ属(卓状)を含め半遮蔽型のサンゴが豊富に生息しているため）。</li> <li>・移植先の選定理由：移植先 1（国場川からの淡水の影響が予測される地点），移植先 2（海浜公園として景観上重要な地点），移植先 3（汚濁物質（主に濁り成分）の影響が予測される地点），移植先 4（移植元と同じ環境で移植行為のストレスの影響を調査する地点）。移植水深は D.L. -2m, -4m, -6m を設定している。</li> <li>・移植サンゴの選定理由：那覇港周辺海域のサンゴで遮蔽的な波浪の弱い環境に生息するサンゴとして 4 種(みドリイシ属(卓状)以外)，開放的な波浪の強い礁縁などに生息するサンゴとして 1 種(みドリイシ属(卓状))の計 5 種を対象とした。移植サンゴのサイズは運搬用コンテナ(B40×L50×H25cm)に入る群体を対象とした。</li> <li>・採取方法：タガネとハンマーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>・運搬方法：船上の容器に収容し散水もしくは頻繁な水換えを行い，ブルーシートで遮光しながら運搬。</li> <li>・固定方法：水中ボンド・コンクリート釘を用いて固定。</li> <li>・その他：移植先が岩盤以外の礫質・砂質・シルト質の場所には建築用ブロック，ヘドロの場所には捨石と建築用ブロックで人工基盤を作った上に移植した。</li> </ul> <p style="text-align: center;">表 移植対象種別の諸元 <span style="float: right;">単位: 群体</span></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">地点名 水深D.L.(m)</th> <th colspan="3">移植先1</th> <th colspan="3">移植先2</th> <th colspan="3">移植先3</th> <th colspan="3">移植先4</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>-2</th><th>-4</th><th>-6</th> <th>-2</th><th>-4</th><th>-6</th> <th>-2</th><th>-4</th><th>-6</th> <th>-2</th><th>-4</th><th>-6</th> </tr> <tr> <th>移植種 基盤</th> <th>岩盤</th><th>岩盤</th><th>砂礫</th> <th>砂・シルト</th><th>砂・シルト</th><th>砂・シルト</th> <th>ヘドロ</th><th>砂礫</th><th>砂礫</th> <th>礫性岩盤</th><th>礫性岩盤</th><th>砂・シルト</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ミドリイシ属(枝状)</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>2 トゲサンゴ</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>3 アナサンゴモドキ</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>4 アザミサンゴ</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>5 ミドリイシ属(卓状)</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>30</td><td>30</td><td>30</td> <td>30</td><td>30</td><td>30</td> <td>30</td><td>30</td><td>30</td> <td>30</td><td>30</td><td>30</td> <td>360</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="446 1646 957 1937"> <p style="text-align: center;">(縦 3.6m × 横 3.0m)</p> <p style="text-align: center;">図 移植サンゴの配置位置</p> </div> <div data-bbox="973 1646 1420 1937"> <p style="text-align: center;">図 移植先基盤の例(ヘドロの場合)</p> </div> </div>		地点名 水深D.L.(m)	移植先1			移植先2			移植先3			移植先4			合計	-2	-4	-6	-2	-4	-6	-2	-4	-6	-2	-4	-6	移植種 基盤	岩盤	岩盤	砂礫	砂・シルト	砂・シルト	砂・シルト	ヘドロ	砂礫	砂礫	礫性岩盤	礫性岩盤	砂・シルト		1 ミドリイシ属(枝状)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	2 トゲサンゴ	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	3 アナサンゴモドキ	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	4 アザミサンゴ	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	5 ミドリイシ属(卓状)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	合計	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	360
地点名 水深D.L.(m)	移植先1			移植先2			移植先3			移植先4			合計																																																																																																																	
	-2	-4	-6	-2	-4	-6	-2	-4	-6	-2	-4	-6																																																																																																																		
移植種 基盤	岩盤	岩盤	砂礫	砂・シルト	砂・シルト	砂・シルト	ヘドロ	砂礫	砂礫	礫性岩盤	礫性岩盤	砂・シルト																																																																																																																		
1 ミドリイシ属(枝状)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72																																																																																																																	
2 トゲサンゴ	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72																																																																																																																	
3 アナサンゴモドキ	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72																																																																																																																	
4 アザミサンゴ	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72																																																																																																																	
5 ミドリイシ属(卓状)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72																																																																																																																	
合計	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	360																																																																																																																	
<p><b>事業規模</b></p>	<p>・総群体数：1 年で 360 群体（1 地点＝30 群体（5 種類×6 群体）） ・移植面積：縦約 3.6m×横約 3.0m×12 地点＝約 129.6 m<sup>2</sup>（1 地点＝約 10.8 m<sup>2</sup>）</p>																																																																																																																													

<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察</li> <li>頻度：1年目（1回/3ヵ月），2年目以降（1回/1年）</li> <li>主な調査項目：定期調査（定着状況，サンゴの状況（生残率，成長量），水質調査（水温，塩分，透明度，pH，COD，DO，全窒素，全リン），不定期調査（堆砂量，オニヒトデ食害状況）</li> </ul>																																																												
<p><b>成果の概略</b></p>	<p>●移植4年後には総数360群体のうち生残群体は1割程度の35群体となった。しかしながら，サンゴ類の適応可能な環境条件，サンゴ捕食生物による食害の影響，移植技術の確立に必要な検討項目などの知見が得られ，サンゴ移植の適用可能性が示された。サンゴを環境指標生物として利用できる可能も示唆された。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>移植4年後には45%の移植サンゴが消失し，生残率の低下に大きく影響した。</li> <li>移植4年後の生残率で最も高かったのはアザミサンゴ（27.8%）であり，次いでアナサンゴモドキ（15.3%），枝状ミドリイシ属（5.6%）の順であった。残りの卓状ミドリイシ属は2年目に，トゲサンゴは3年目に全群体が死滅した。</li> <li>成長状況では，生残率が低かった枝状ミドリイシ属が最も成長し移植直後の約6倍，次いでアナサンゴモドキ・トゲサンゴが約4倍，アザミサンゴが約1.5倍となり，生残率とは反対の結果となった。</li> <li>移植サンゴと水質の関係をみると，透明度が2～5m程度で栄養塩がやや高い程度であればトゲサンゴやアナサンゴモドキは生存し，透明度2m以下で富栄養化の進んだような環境はどのサンゴでも不適であることがわかった。また特にミドリイシ属は濁りに弱い傾向があることもわかった。</li> <li>堆積物による死亡率をみると，堆積土砂量が多いほど死亡率が高くなる傾向がみられ，卓状ミドリイシ属やアザミサンゴのように泥や砂が溜まりやすい形状をした移植サンゴほど堆積物による影響を受け易いことがわかった。</li> <li>移植サンゴと基盤の関係について自然基盤（岩盤）と人工基盤について，固着状況・生育状況の比較を行ったところ，両者の生残率に有意な差はみられなかった。</li> <li>本移植では接着剤として水中ボンド，粘土セメント，粘土セメント+急結剤の3種類を使用した。その結果，水中ボンドは剥離群体数が最も少なく作業効率も良いことから，最も移植作業に適していると判断された。</li> <li>環境指標生物としてのサンゴの特徴として，淡水の影響範囲は成育に適さないこと，枝状ミドリイシ属は濁り，卓状ミドリイシ属は土砂の堆積にそれぞれ弱い傾向にあること，枝状ミドリイシ属は土砂の堆積，トゲサンゴ・アナサンゴモドキは濁りにそれぞれ強いことがわかった。</li> </ul> <div data-bbox="387 1444 917 1825"> <table border="1"> <caption>移植サンゴの状態の経年変化 (n=360)</caption> <thead> <tr> <th>経年</th> <th>生残群体 (%)</th> <th>死亡群体 (%)</th> <th>消失 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1ヵ月後</td> <td>90</td> <td>10</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1年後</td> <td>35</td> <td>40</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>2年後</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>3年後</td> <td>15</td> <td>45</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>4年後</td> <td>10</td> <td>45</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="925 1444 1436 1825"> <table border="1"> <caption>移植サンゴの生残率の経年変化 (各種 n=72)</caption> <thead> <tr> <th>経年</th> <th>枝状ミドリイシ (%)</th> <th>トゲサンゴ (%)</th> <th>アナサンゴモドキ (%)</th> <th>アザミサンゴ (%)</th> <th>卓状ミドリイシ (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1ヵ月後</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>1年後</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>40</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2年後</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>25</td> <td>35</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3年後</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4年後</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>15</td> <td>25</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>図 移植サンゴの状態の経年変化 (n=360)</p> <p>図 移植サンゴの生残率の経年変化 (各種 n=72)</p>	経年	生残群体 (%)	死亡群体 (%)	消失 (%)	1ヵ月後	90	10	0	1年後	35	40	25	2年後	20	40	40	3年後	15	45	40	4年後	10	45	45	経年	枝状ミドリイシ (%)	トゲサンゴ (%)	アナサンゴモドキ (%)	アザミサンゴ (%)	卓状ミドリイシ (%)	1ヵ月後	100	100	100	100	100	1年後	30	30	45	40	10	2年後	10	10	25	35	5	3年後	5	5	20	30	0	4年後	5	0	15	25	0
経年	生残群体 (%)	死亡群体 (%)	消失 (%)																																																										
1ヵ月後	90	10	0																																																										
1年後	35	40	25																																																										
2年後	20	40	40																																																										
3年後	15	45	40																																																										
4年後	10	45	45																																																										
経年	枝状ミドリイシ (%)	トゲサンゴ (%)	アナサンゴモドキ (%)	アザミサンゴ (%)	卓状ミドリイシ (%)																																																								
1ヵ月後	100	100	100	100	100																																																								
1年後	30	30	45	40	10																																																								
2年後	10	10	25	35	5																																																								
3年後	5	5	20	30	0																																																								
4年後	5	0	15	25	0																																																								
<p><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本移植事例を参考に安価な固定方法，適正な移植密度，サンゴ種別の適正な成育環境条件の把握などの検討を行うことが望ましい。</li> </ul>																																																												


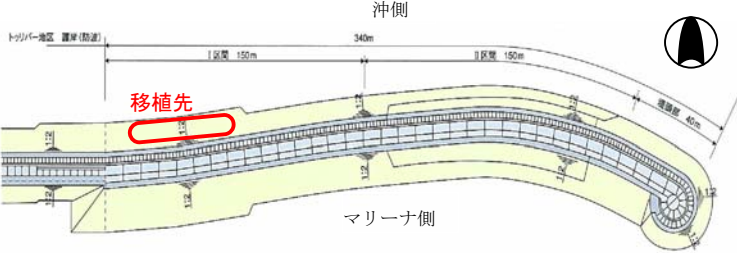
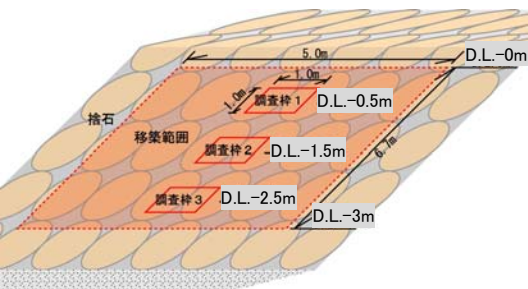
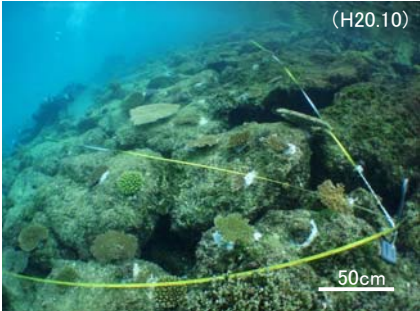
<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>																																																														
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>																																																														
<p><b>目的</b></p>	<p>旅客船バースの整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることを目的としている。</p>																																																														
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 移植元：泊ふ頭地区 移植先：西地区ビーチ地先（北東側）</p>																																																														
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H19 年度 ・モニタリング調査期間：H19 年度</p>																																																														
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●移植対象サンゴの採取およびブロック・移植床への固定を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>移植元の選定理由：泊ふ頭地区の大型旅客船バース整備工事に伴いその周辺のサンゴが影響を受けるため。</li> <li>移植先の選定理由：概ね同様の環境であった移植元近傍に移植することで、運搬によるストレス等が軽減され、移植後の生残性も高まると期待されるため。</li> <li>移植サンゴの選定理由：移植元の事前調査の結果から、既往の知見において生存率が高いとされている種類、移植先における適応性を考慮して移植先で比較的多い種類、移植元サンゴの種構成などを考慮して選定した。移植サンゴのサイズは主に長径 30～60cm の群体を対象とした。</li> <li>採取方法：タガネとハンマーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>運搬方法：大型群体は水上に干出させず輸送用カゴを水面に浮かせて牽引，小型群体は船上の容器に収容し散水もしくは頻繁な水換えを行いながら運搬。</li> <li>固定方法：ブロックへの固定は水中ボンド・コンクリート釘，移植床への固定（枝状サンゴ）は，建材ブロックによってかさ上げしたワイヤーメッシュの上に均等に移植サンゴを置き，結束バンドや針金等で群体の一部を固定。</li> <li>その他：移植直後の移植先被度が 5%以上になるように移植群体数を設定した。</li> </ul> <p>表 移植サンゴの種類(サイズ)別群体数</p> <table border="1" data-bbox="384 1384 938 1854"> <thead> <tr> <th>移植先</th> <th colspan="2">サンゴの種類</th> <th>群体数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">ブロック (大サイズ:30 ~60cm)</td> <td rowspan="5">ハマサンゴ科</td> <td>ハナガササンゴ属</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属(被覆状)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属(塊状)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>ユビエダハマサンゴ</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>ナガレハナサンゴ</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">ブロック (小サイズ:15 ~30cm)</td> <td>チョウジガイ科</td> <td>ナガレハナサンゴ</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ハナヤサイサンゴ科</td> <td>テリメンハナヤサイサンゴ</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ホソツツミドリイシ</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ミドリイシ科</td> <td>ミドリイシ属(樹枝状)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ハナガササンゴ属</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ハマサンゴ科</td> <td>ハマサンゴ属(被覆状)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属(塊状)</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>ヤスリサンゴ科</td> <td>ヤスリサンゴ</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ヒラフキサンゴ科</td> <td>シコロサンゴ属</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">ウミバラ科</td> <td>ウミバラ属</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">キクメイシ科</td> <td>キクメイシ属</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>ナガレハナサンゴ</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">移植床 (見なし群体)</td> <td>ミドリイシ科</td> <td>ミドリイシ属(樹枝状)</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ科</td> <td>ハマサンゴ(枝状)</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td colspan="3">合計</td> <td>172</td> </tr> </tbody> </table> <p>※見なし群体=移植元範囲の小型サンゴの投影面積に被度を乗じて 45cm 相当の群体とした。 ・見なし群体数=(被度×出現確認面積) ÷見なし群体サイズ</p>		移植先	サンゴの種類		群体数	ブロック (大サイズ:30 ~60cm)	ハマサンゴ科	ハナガササンゴ属	5	ハマサンゴ属(被覆状)	2	ハマサンゴ属(塊状)	5	ユビエダハマサンゴ	53	ナガレハナサンゴ	5	ブロック (小サイズ:15 ~30cm)	チョウジガイ科	ナガレハナサンゴ	5	ハナヤサイサンゴ科	テリメンハナヤサイサンゴ	2	ホソツツミドリイシ	4	ミドリイシ科	ミドリイシ属(樹枝状)	1	ハナガササンゴ属	3	ハマサンゴ科	ハマサンゴ属(被覆状)	3	ハマサンゴ属(塊状)	7	ヤスリサンゴ科	ヤスリサンゴ	1	ヒラフキサンゴ科	シコロサンゴ属	2	ウミバラ科	ウミバラ属	11	キクメイシ科	キクメイシ属	4	ナガレハナサンゴ	29	移植床 (見なし群体)	ミドリイシ科	ミドリイシ属(樹枝状)	10	ハマサンゴ科	ハマサンゴ(枝状)	20	合計			172	<p>図 移植床への移植イメージ</p>
移植先	サンゴの種類		群体数																																																												
ブロック (大サイズ:30 ~60cm)	ハマサンゴ科	ハナガササンゴ属	5																																																												
		ハマサンゴ属(被覆状)	2																																																												
		ハマサンゴ属(塊状)	5																																																												
		ユビエダハマサンゴ	53																																																												
		ナガレハナサンゴ	5																																																												
ブロック (小サイズ:15 ~30cm)	チョウジガイ科	ナガレハナサンゴ	5																																																												
	ハナヤサイサンゴ科	テリメンハナヤサイサンゴ	2																																																												
		ホソツツミドリイシ	4																																																												
	ミドリイシ科	ミドリイシ属(樹枝状)	1																																																												
		ハナガササンゴ属	3																																																												
	ハマサンゴ科	ハマサンゴ属(被覆状)	3																																																												
		ハマサンゴ属(塊状)	7																																																												
	ヤスリサンゴ科	ヤスリサンゴ	1																																																												
	ヒラフキサンゴ科	シコロサンゴ属	2																																																												
	ウミバラ科	ウミバラ属	11																																																												
キクメイシ科		キクメイシ属	4																																																												
		ナガレハナサンゴ	29																																																												
移植床 (見なし群体)	ミドリイシ科	ミドリイシ属(樹枝状)	10																																																												
	ハマサンゴ科	ハマサンゴ(枝状)	20																																																												
合計			172																																																												
<p><b>事業規模</b></p>	<p>・総群体数：1年間で計 172 群体（ブロック 142 群体，移植床 30 群体） ・移植面積：ブロック 50 基への移植（400 m<sup>2</sup>），移植床 3 基への移植（7.5 m<sup>2</sup>）</p>																																																														

<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察</li> <li>・頻度：移植直後，1ヵ月後，6ヵ月後（計3回）2年目以降は1回/年</li> <li>・主な調査項目：水中写真，生存・死亡状況，生存部分の活性状況，浮泥の堆積状況，造礁サンゴ（種類数，群体毎の長径・短径・高さの計測），サンゴ捕食生物の状況（オニヒトデやレイシガイダマシ類など），海藻類の繁茂状況，水温の連続観測，特記事項（台風被害，赤土流入等）</li> </ul> <p>※手引きに基づいて調査が行われている。</p>																																																																																																																																																																																																																																																																							
<p><b>成果の概略</b></p>	<p>●移植6ヵ月後では99%の移植サンゴが生存しており，活性の状況も良好であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ブロックに移植したサンゴの状況は，大型移植サンゴは一部に釣り糸が絡まったことによる破損がみられたのみで，全ての移植サンゴが良好な状態にあった。小型移植サンゴについては，ハマサンゴ属（被覆状）の生残率が移植6ヵ月後に約70%（3群体中1群体が死亡）まで低下した。</li> <li>・移植床に移植したミドリイシ属，ハマサンゴ属とも良好な状態であった。</li> <li>・成長量は，移植後6ヵ月のためわずかに成長がみられる程度であった。</li> <li>・食害状況は，移植床の移植サンゴにシロレイシガイダマシ類やクチュラサキサンゴヤドリ等のサンゴ捕食生物がみられた。しかしながら，食痕の規模は小さくサンゴの成長に与える影響は小さいと考えられた。</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>表 移植サンゴの状況（移植6ヵ月後）</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">移植場所</th> <th rowspan="2">群体サイズ</th> <th rowspan="2">属・種名</th> <th rowspan="2">移植群体数</th> <th rowspan="2">生残率 (%)</th> <th colspan="2">活性状況 (%)</th> <th colspan="2">破損率 (%)</th> <th colspan="2">食害状況</th> <th colspan="2">平均成長量 (cm)</th> <th colspan="2">移植成否</th> </tr> <tr> <th>良好</th> <th>不良</th> <th>良好</th> <th>不良</th> <th>群体数</th> <th>%</th> <th>長径</th> <th>高さ</th> <th>状態</th> <th>成長</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="15">ブロック</td> <td rowspan="5">大</td> <td>ハナガササンゴ属</td> <td>5</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.6</td> <td>0.0</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属（被覆状）</td> <td>2</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.0</td> <td>1.3</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属（塊状）</td> <td>5</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.4</td> <td>1.1</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ユビエダハマサンゴ</td> <td>53</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ナガレハナサンゴ</td> <td>5</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-6.3</td> <td>-1.8</td> <td>◎</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">小サイズ</td> <td>チリメンハナヤサイサンゴ</td> <td>2</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1.8</td> <td>0.3</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ミドリイシ科</td> <td>5</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>20</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>ハナガササンゴ属</td> <td>3</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1.2</td> <td>0.5</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属（被覆状）</td> <td>3</td> <td>67</td> <td>67</td> <td>33</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-1.5</td> <td>-1.2</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属（塊状）</td> <td>7</td> <td>100</td> <td>86</td> <td>14</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-1.1</td> <td>0.2</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>ヤスリサンゴ</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>シコロサンゴ属</td> <td>2</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>リュウモンサンゴ属</td> <td>5</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0.3</td> <td>0.1</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ウミバラ属</td> <td>11</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.7</td> <td>0.5</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>キクメイシ科</td> <td>4</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ナガレハナサンゴ</td> <td>29</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.0</td> <td>0.8</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">移植床</td> <td>ミドリイシ属</td> <td>10</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>1.3</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属</td> <td>20</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>0.7</td> <td>◎</td> <td>◎</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; font-size: small;">注）成長量のマイナスは物理的破損によるものである。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 ブロックへの移植状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 移植床の移植状況</p> </div> </div>	移植場所	群体サイズ	属・種名	移植群体数	生残率 (%)	活性状況 (%)		破損率 (%)		食害状況		平均成長量 (cm)		移植成否		良好	不良	良好	不良	群体数	%	長径	高さ	状態	成長	ブロック	大	ハナガササンゴ属	5	100	100	0	100	0	0	0	0.6	0.0	◎	◎	ハマサンゴ属（被覆状）	2	100	100	0	100	0	0	0	0.0	1.3	◎	◎	ハマサンゴ属（塊状）	5	100	100	0	100	0	0	0	0.4	1.1	◎	◎	ユビエダハマサンゴ	53	100	100	0	100	0	1	1	0.6	0.7	◎	◎	ナガレハナサンゴ	5	100	100	0	100	0	0	0	-6.3	-1.8	◎	△	小サイズ	チリメンハナヤサイサンゴ	2	100	100	0	100	0	0	0	1.8	0.3	◎	◎	ミドリイシ科	5	80	80	20	60	40	0	0	-1.2	-0.8	○	○	ハナガササンゴ属	3	100	100	0	100	0	0	0	1.2	0.5	◎	◎	ハマサンゴ属（被覆状）	3	67	67	33	100	0	0	0	-1.5	-1.2	△	△	ハマサンゴ属（塊状）	7	100	86	14	100	0	0	0	-1.1	0.2	○	○	ヤスリサンゴ	1	100	100	0	100	0	0	0	0.0	0.0	◎	◎	シコロサンゴ属	2	100	100	0	100	0	0	0	0.8	0.5	◎	◎	リュウモンサンゴ属	5	100	100	0	100	0	2	1	0.3	0.1	◎	◎	ウミバラ属	11	100	100	0	100	0	0	0	0.7	0.5	◎	◎	キクメイシ科	4	100	100	0	100	0	0	0	0.0	0.0	◎	◎	ナガレハナサンゴ	29	100	100	0	100	0	1	1	1.0	0.8	◎	◎	移植床	ミドリイシ属	10	100	100	0	100	0	6	1	-	1.3	◎	◎	ハマサンゴ属	20	100	100	0	100	0	3	1	-	0.7	◎	◎
移植場所	群体サイズ						属・種名	移植群体数	生残率 (%)	活性状況 (%)		破損率 (%)		食害状況		平均成長量 (cm)		移植成否																																																																																																																																																																																																																																																						
		良好	不良	良好	不良	群体数				%	長径	高さ	状態	成長																																																																																																																																																																																																																																																										
ブロック	大	ハナガササンゴ属	5	100	100	0	100	0	0	0	0.6	0.0	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ハマサンゴ属（被覆状）	2	100	100	0	100	0	0	0	0.0	1.3	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ハマサンゴ属（塊状）	5	100	100	0	100	0	0	0	0.4	1.1	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ユビエダハマサンゴ	53	100	100	0	100	0	1	1	0.6	0.7	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ナガレハナサンゴ	5	100	100	0	100	0	0	0	-6.3	-1.8	◎	△																																																																																																																																																																																																																																																										
	小サイズ	チリメンハナヤサイサンゴ	2	100	100	0	100	0	0	0	1.8	0.3	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ミドリイシ科	5	80	80	20	60	40	0	0	-1.2	-0.8	○	○																																																																																																																																																																																																																																																										
		ハナガササンゴ属	3	100	100	0	100	0	0	0	1.2	0.5	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ハマサンゴ属（被覆状）	3	67	67	33	100	0	0	0	-1.5	-1.2	△	△																																																																																																																																																																																																																																																										
		ハマサンゴ属（塊状）	7	100	86	14	100	0	0	0	-1.1	0.2	○	○																																																																																																																																																																																																																																																										
		ヤスリサンゴ	1	100	100	0	100	0	0	0	0.0	0.0	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		シコロサンゴ属	2	100	100	0	100	0	0	0	0.8	0.5	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		リュウモンサンゴ属	5	100	100	0	100	0	2	1	0.3	0.1	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		ウミバラ属	11	100	100	0	100	0	0	0	0.7	0.5	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
		キクメイシ科	4	100	100	0	100	0	0	0	0.0	0.0	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																										
ナガレハナサンゴ	29	100	100	0	100	0	1	1	1.0	0.8	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																												
移植床	ミドリイシ属	10	100	100	0	100	0	6	1	-	1.3	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																											
	ハマサンゴ属	20	100	100	0	100	0	3	1	-	0.7	◎	◎																																																																																																																																																																																																																																																											
<p><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後はモニタリング調査から得られた知見や既存のデータに基づいて，定量的な目標値とそれに対する評価方法を検討することが望ましい。</li> </ul>																																																																																																																																																																																																																																																																							

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>サンゴの移植実験を行い，サンゴ群落の人為的形成促進技術の基礎データを取得することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港 移植元：下崎西防波堤沖・トゥリバー地区 移植先：下崎西防波堤（北側）・トゥリバー地区（北側沖）</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H4 年度 ・モニタリング調査期間：H4～6 年度</p>	
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●移植対象サンゴの採取および礫底・岩盤底への固定を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>移植元の選定理由：移植元 1(ショウガサンゴや被覆状コモンサンゴ属の採集場所とするため)，移植元 2～3(沖の離礁であり，礁斜面に移植対象種のスギノキミドリイシやクシハダミドリイシが高被度で分布しているため)。</li> <li>移植先の選定理由：トゥリバー地区は，観光の重要拠点となることが期待されており，観光資源としてのサンゴの復活が望まれている。水上から見える水深-5mの礫底に4地点，対象区として潮通しの良い礁斜面の岩盤上に1地点を設定した。</li> <li>移植サンゴの選定理由：事前調査結果を参考にし，移植先の環境に適応できると考えられる3種（ショウガサンゴ，クシハダミドリイシ，スギノキミドリイシ），礫底の基盤を固定するものとして被覆状のコモンサンゴ属を選定した。移植サンゴのサイズは長径 10cm 程度の大きさに裁断した。</li> <li>採取方法：タガネ・ハンマー・ニッパーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>運搬方法：船上の容器に収容し頻繁な水換えを行いながら運搬。</li> <li>固定方法：礫底（礫底の瓦礫を除去し，死滅している樹枝状サンゴ骨格をクリーニングして，ステンレス製針金を用いて固定），岩盤（基盤をクリーニングし，コンクリート釘を基盤に打ちこみ，ステンレス製針金を用いて固定）。被覆状サンゴは水中ボンドを使用して固定。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="427 1352 826 1895"> <p>図 移植先地点内の配置図</p> </div> <div data-bbox="842 1352 1436 1895"> <p>図 移植サンゴの固定方法の例</p> </div> </div>	
<p><b>事業規模</b></p>	<p>・総群体数：1 年で 1,182 片（スギノキミドリイシ=194 片，ショウガサンゴ=209 片，クシハダミドリイシ=210 片，被覆状コモンサンゴ属=569 片） ・移植面積：縦 5m x 横 5m x 5 地点=面積 125 m<sup>2</sup>（1 区画=25 m<sup>2</sup>）</p>	



<b>モニタリング 調査内容</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察</li> <li>・頻度：1年目（移植直後，1ヵ月後，3ヵ月後），2年目以降（2回/1年）</li> <li>・主な調査項目：水中写真，移植サンゴの状況（生残数，死亡数，消失数，群体の計測（短径・長径），固着状況</li> </ul>																																										
<b>成果の概略</b>	<p>●移植先として礫底および岩盤の両方でサンゴ移植が可能であり，特に岩盤ではクシハダミドリイシが移植種として適していることがわかった。固定方法は針金よりも水中ボンドが適していることがわかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移植後3ヵ月の生残率が最も高いのはスギノキミドリイシ（平均12.9%），次いでクシハダミドリイシ（平均12.4%），ショウガサンゴ（平均11.0%）であった。</li> <li>・底質別にみると，礫底（移植先1～4）ではスギノキミドリイシが，岩盤（移植先5）ではクシハダミドリイシが最も高い生残率であった。</li> <li>・岩盤上の移植サンゴの中には，釘ごとと剥離しているものや枝が途中で折れているものがみられ，波浪の影響等が考えられた。</li> <li>・移植後2年6ヵ月の間に最も成長した種はスギノキミドリイシであり，次いでショウガサンゴ，クシハダミドリイシの順番であった。</li> <li>・移植時期としては，台風シーズンの終わりから北西風が卓越する前の10月頃，北西風が弱まり台風シーズン前までの3月～6月の計4ヵ月間が適している。</li> <li>・本移植サンゴのサイズは10cm程度と小さく水中ボンドでも十分に固定できると考えられ，ステンレス製針金と比較して作業時間が2割程度短縮できる。</li> </ul> <div data-bbox="590 952 1173 1400"> <table border="1"> <caption>図 生残率(移植後2年6ヵ月)</caption> <thead> <tr> <th>移植先</th> <th>スギノキミドリイシ (%)</th> <th>ショウガサンゴ (%)</th> <th>クシハダミドリイシ (%)</th> <th>被覆状コモンサンゴ (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>移植先1</td> <td>12.9</td> <td>11.0</td> <td>12.4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>移植先2</td> <td>12.9</td> <td>11.0</td> <td>12.4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>移植先3</td> <td>12.9</td> <td>11.0</td> <td>12.4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>移植先4</td> <td>12.9</td> <td>11.0</td> <td>12.4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>移植先5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>55</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="590 1422 1173 1870"> <table border="1"> <caption>図 移植先の底質と生残率の関係(移植後2年6ヵ月)</caption> <thead> <tr> <th>底質</th> <th>スギノキミドリイシ (%)</th> <th>ショウガサンゴ (%)</th> <th>クシハダミドリイシ (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>礫底</td> <td>12.9</td> <td>11.0</td> <td>12.4</td> </tr> <tr> <td>岩盤</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table> </div>	移植先	スギノキミドリイシ (%)	ショウガサンゴ (%)	クシハダミドリイシ (%)	被覆状コモンサンゴ (%)	移植先1	12.9	11.0	12.4	0	移植先2	12.9	11.0	12.4	0	移植先3	12.9	11.0	12.4	0	移植先4	12.9	11.0	12.4	0	移植先5	0	0	55	0	底質	スギノキミドリイシ (%)	ショウガサンゴ (%)	クシハダミドリイシ (%)	礫底	12.9	11.0	12.4	岩盤	0	0	55
移植先	スギノキミドリイシ (%)	ショウガサンゴ (%)	クシハダミドリイシ (%)	被覆状コモンサンゴ (%)																																							
移植先1	12.9	11.0	12.4	0																																							
移植先2	12.9	11.0	12.4	0																																							
移植先3	12.9	11.0	12.4	0																																							
移植先4	12.9	11.0	12.4	0																																							
移植先5	0	0	55	0																																							
底質	スギノキミドリイシ (%)	ショウガサンゴ (%)	クシハダミドリイシ (%)																																								
礫底	12.9	11.0	12.4																																								
岩盤	0	0	55																																								
<b>今後の課題</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後は，サンゴ片をクリップ等で固定するなど，さらに安価な手法を検討することが望ましい。</li> </ul>																																										

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>防波堤の整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることと，親水空間を創出することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港 移植元：下崎西，下崎北防波堤 移植先：トゥリバー地区親水防波堤</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H16～19年度 ・モニタリング調査期間：H16～19年度</p>	
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●移植対象サンゴの採取および防波堤マウンド部への固定を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移植元の選定理由：防波堤の延伸に伴う床掘により同区に成育するサンゴが影響を受けるため。</li> <li>・移植先の選定理由：親水防波堤に親水空間（鑑賞ステージ）を創出するため（親水防波堤については技術カルテ No. 23 参照）。</li> <li>・移植サンゴの選定理由：事前調査結果と過去の移植事例の知見を踏まえ高い生残率が期待できる種類，移植元における代表的な種類などとした。移植サンゴのサイズは主に長径 15～30cm の群体を対象とした。</li> <li>・採取方法：タガネとハンマーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>・運搬方法：船上の容器に収容し散水もしくは頻繁な水換えを行いながら運搬。</li> <li>・固定方法：基盤表面をクリーニングし，水中ボンド・コンクリート釘を用いて固定。</li> <li>・その他：移植先の移植後被度の目標を 5% に設定（努力目標値）。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>図 移植先位置図(親水防波堤)</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 移植先のイメージ(1区画分)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 移植先の概観(H20年度移植区)</p> </div> </div>	
<p><b>事業規模</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総群体数：5年間で 694 群体（1年平均約 140 群体）</li> <li>・移植面積：縦 6.7m×横 5m×5 区画＝面積 167.5 m<sup>2</sup>（1区画＝33.5 m<sup>2</sup>）</li> </ul>	

モニタリング調査内容

- ・調査方法：全体枠（コドラート法（5m×6.7m）），調査枠（コドラート法（1m×1m），3水深設定）
  - ・頻度：1回/年（夏季から秋季に実施）
  - ・主な調査項目：浮泥の堆積状況，水中写真，造礁サンゴ（総被度，種類別被度，群体数），サンゴの固着状況，サンゴ捕食生物の確認個体数と食痕（オニヒトデやレイシガイダマシ類など），特記事項（サンゴの活性状況，破損，海藻類の繁茂状況など）※観察枠のみ（群体毎の長径・短径・高さの計測，マッピング図），特記事項（台風被害，赤土流入等）
- ※平成17年度以降は手引きに基づいて調査が行われている。

成果の概略

- 移植によるサンゴへの影響は移植後1年目までであり，2年以上生存しているサンゴは環境に適応したと考えられる。今後，これらのサンゴが成長し被度が增加することで鑑賞ステージとして見栄えのする景観になると期待される。
- ・移植サンゴでは総被度・群体数ともに，1年目に比較的大きく減少している。これは主に移植のストレスによる死滅とサンゴ群体の固定が不十分なことによる消失の2つの要因が考えられる。
- ・生残率の高いサンゴは塊状のキクメイシ科やハマサンゴ科であり，生残率の低いサンゴは樹枝状または散房花状ミドリイシ属であった。
- ・移植後2年目まで生存しているサンゴ群体は，トゥリバー地区の環境条件に適応したものと考えられ，今後は被度が增加すると期待される。
- ・移植後の総被度は目標の5%に対して概ね15%前後となっている。

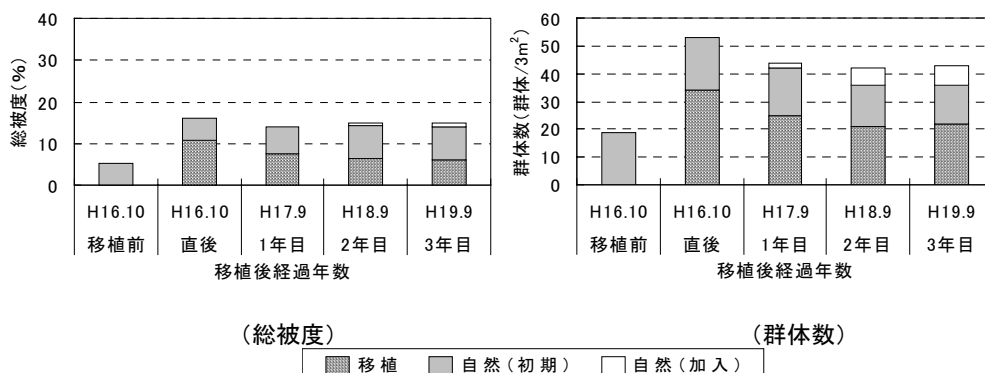
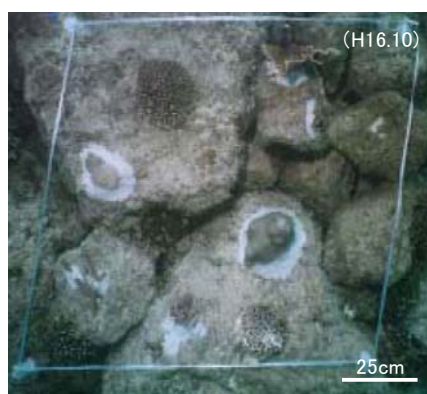
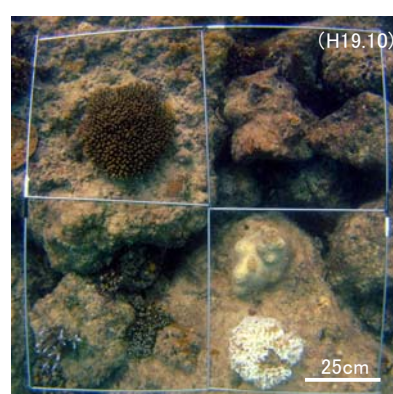


図 総被度・群体数変化の例 (平成16年度移植区の観察枠平均)



(移植直後)


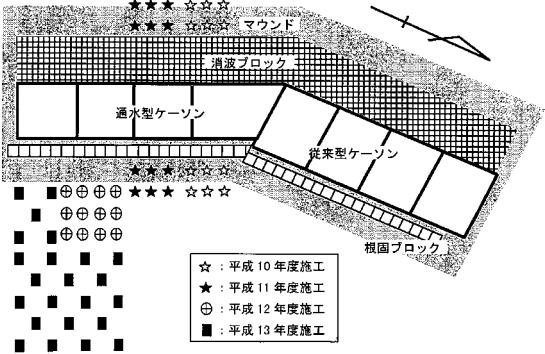
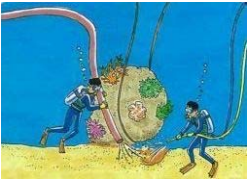
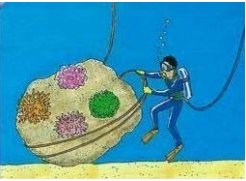



(移植後3年目)

図 移植サンゴの例 (H16年度移植 D.L.-2.5m 観察枠)

今後の課題

- ・移植サンゴの固定技術は施工者の熟練度（経験）因るところが大きいのが現状であり，本技術の汎用化に向けて移植の手引きの作成を検討することが望ましい。
- ・移植したサンゴの維持管理として，親水防波堤利用者の釣りによる移植サンゴへの影響（水中景観の劣化，物理的なサンゴ群体の破損など）の対策やサンゴ捕食生物による食害対策を検討することが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移築技術</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>防波堤の整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港                  移築元：下崎西防波堤延伸予定部                  移築先：下崎西防波堤（港外側・港内側）</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H10～14年度                  ・モニタリング調査期間：H10～19年度</p>	
<p><b>技術の概要                  (形状・寸法)</b></p>	<p>●移築対象サンゴの採取および防波堤マウンド周辺部への設置を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移築元の選定理由：防波堤の延伸に伴う床掘により同区に生息するサンゴが影響を受けるため。</li> <li>・移築先の選定理由：移築元近傍であり，水深，波浪，水質などの環境条件が概ね同様であること。また，新設された直後の防波堤のマウンドやその周辺には着生サンゴが少なく移築サンゴによりサンゴ群集の増加を期待するため。</li> <li>・移築サンゴの選定理由：被度が高く健全なサンゴ群集の着生している岩塊（移築サンゴ）を選定。</li> <li>・採取方法：水中バックホウやウォータージェットで海底から切り離した。H11年度は鋼鉄製のバケットを使って、サンゴ群集が成育する礫を採取した。</li> <li>・運搬方法：台船のクレーンで移築サンゴとバケットを吊り上げ，海中運搬した。</li> <li>・設置方法：移築サンゴとバケットを静置した。バケットの場合は，内部の移築サンゴの転倒防止策として掘削時に生じた石材を移築岩盤の隙間に充填した。</li> <li>・その他：H17年度以降は港内側の移築サンゴ（12個）のみ調査している。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>☆：平成10年度施工                  ★：平成11年度施工                  ⊕：平成12年度施工                  ■：平成13年度施工</p> </div> <p>図 移築先位置図(下崎西防波堤隅角部)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>①サンゴが着生している岩盤をウォータージェットを使用して海底から切り離す。</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>②海底から切り離した岩盤を吊り具を取り付けてワイヤーロープに接続する。</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>③クレーン船により岩盤を吊り上げて移動し，防波堤のマウンド周辺に設置する。</p> </div> </div> <p>図 サンゴ移築の作業手順</p>	
<p><b>事業規模</b></p>	<p>・総移築サンゴ数：4年間で59個（H10～H12年度＝12個，H13年度＝23個）</p>	

<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：コドレート法（1m×1m）</li> <li>・頻度：1回/年（夏季から秋季に実施）</li> <li>・主な調査項目：浮泥の堆積状況，水中写真，造礁サンゴ（総被度，種類別被度，群体数，群体形），ソフトコーラル・海藻草類（総被度，種類別被度），大型底生動物（種類別個体数），白化の段階，サンゴ加入度，サンゴ捕食生物の確認個体数（オニヒトデやレイシガイダマシ類など），特記事項（アンカーなど人為的被害，台風，赤土等），特記事項（台風被害，赤土流入等）</li> </ul> <p>※平成19年度は手引きに基づいて調査が行われている。</p>
<p><b>成果の概略</b></p>	<p>●モニタリング調査の結果，12 群体中 9 群体が 6～9 年経過後も移築直後と同程度の 30%～90%の被度を維持していることがわかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移築したサンゴのほとんどは成長の遅いと言われるハマサンゴ属であったため，移築後はほとんど成長していない。しかしながら，一般に環境ストレスに強いいため，高被度の維持につながったと考えられる。</li> <li>・高被度を維持している移築サンゴは設置位置からほとんど移動しておらず，安定性もサンゴ移築技術の重要な要素であると考えられる。</li> <li>・H11 年度に行われた中小サイズの岩塊を入れたバケツによる移築では，内部の移築サンゴが流出しており，蓋部分が腐食や消失を生じて安定性が損なわれたことが原因と考えられる。</li> <li>・被度の低下は移築後 2～3 年が経過してから生じており，台風等による物理的影響による破損や転倒あるいは生物による食害が原因と考えられ，移築行為のストレスによるものではないと考えられる。</li> </ul> <div data-bbox="534 981 1300 1344"> </div> <p>図 総被度の経年変化</p> <div data-bbox="550 1400 1316 1713"> </div> <p>(移植直後:被度 90%) (移植後 9 年目:被度 95%)</p> <p>図 移築サンゴの例(H10 年度移築サンゴ)</p>
<p><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サンゴの移築技術では移築サンゴの安定性も重要であることから，今後は安定性の高い設置水深帯や移築サンゴの大きさ，設置方法を検討することが望ましい。</li> <li>・平成17年度以降のモニタリング調査では，12 個の移築サンゴのみを対象としている。今後は，本技術の再評価を行うためにも，59 個全てを対象としたモニタリング調査を行うことが望ましい。</li> </ul>

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>																																																																																																	
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>																																																																																																	
<p><b>目的</b></p>	<p>人工島の整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることと，親水空間を創出することを目的としている。</p>																																																																																																	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>石垣港 移植元：新港地区 移植先：新港地区サザンゲートブリッジ下</p>																																																																																																	
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H6, 8 年度 ・モニタリング調査期間：H6～12, 15 年度</p>																																																																																																	
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●移植対象サンゴの採取および各種移植基盤への固定を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移植元の選定理由：新港地区で行われている埋立工事の影響を受けるため。</li> <li>・移植先の選定理由：親水空間の創出のため。</li> <li>・移植サンゴの選定理由：色彩・形態的に優れ，成長速度が比較的早いミドリイシ属（枝状）3 種類，ミドリイシ属（卓状），トゲサンゴ，ハマサンゴ属（枝状）の計 6 種とした。移植サンゴのサイズは一群体を分割して直径・高さとも 10～20cm 程度の移植片とした。</li> <li>・採取方法：タガネとハンマーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>・運搬方法：水中でプラスチックコンテナに収容し，遮光用の蓋をしたのち船上に引き上げ，速やかに運搬。</li> <li>・固定方法：自然石基盤およびコンクリート基盤を作成し，基盤に設けた穴に水中ボンドを用いて固定。なお，水中ボンド使用時には海底の砂礫を 2 倍程度混ぜ合わせて増量し用いた。</li> </ul> <p style="text-align: center;">表 移植サンゴの種類と移植基盤</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">種 類</th> <th rowspan="3">種 別</th> <th colspan="4">移植片数(片)</th> <th rowspan="3">合 計</th> </tr> <tr> <th colspan="2">H6年移植</th> <th colspan="2">H8年度移植</th> </tr> <tr> <th>コンクリート</th> <th>天然石</th> <th>雑 段</th> <th>鉄筋枠</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">ミドリイシ属(枝状)</td> <td>スギノキミドリイシ</td> <td>16</td> <td>16</td> <td></td> <td>5</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>コエダミドリイシ</td> <td>16</td> <td>16</td> <td></td> <td>5</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>ハナガサミドリイシ</td> <td>16</td> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>ミドリイシ属(卓状)</td> <td>クシエダミドリイシ</td> <td>16</td> <td>16</td> <td>5</td> <td></td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属(枝状)</td> <td>ユビエダハマサンゴ</td> <td>16</td> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>コモンサンゴ属(枝状)</td> <td>トゲエダコモンサンゴ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>コモンサンゴ属(葉状)</td> <td>ウスコモンサンゴ</td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>ハナヤサイサンゴ属</td> <td>ハナヤサイサンゴ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>トゲサンゴ属</td> <td>トゲサンゴ</td> <td>16</td> <td>16</td> <td></td> <td>5</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">キクメイシ科</td> <td>ウスチャキクメイシ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>キクメイシ属</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">合 計</td> <td>96</td> <td>96</td> <td>25</td> <td>35</td> <td>252</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>(タイプ 1: コンクリート)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(タイプ 2: 天然石)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(タイプ 3: 鉄筋枠)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(タイプ 4: 雑段(10cm, 20cm))</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図 移植基盤の概要(基盤: B1.3m × L1.3m × H0.3m) <span style="float: right;">1m</span></p>		種 類	種 別	移植片数(片)				合 計	H6年移植		H8年度移植		コンクリート	天然石	雑 段	鉄筋枠	ミドリイシ属(枝状)	スギノキミドリイシ	16	16		5	37	コエダミドリイシ	16	16		5	37	ハナガサミドリイシ	16	16			32	ミドリイシ属(卓状)	クシエダミドリイシ	16	16	5		37	ハマサンゴ属(枝状)	ユビエダハマサンゴ	16	16			32	コモンサンゴ属(枝状)	トゲエダコモンサンゴ				10	10	コモンサンゴ属(葉状)	ウスコモンサンゴ			10		10	ハナヤサイサンゴ属	ハナヤサイサンゴ				10	10	トゲサンゴ属	トゲサンゴ	16	16		5	37	キクメイシ科	ウスチャキクメイシ				5	5	キクメイシ属				5	5	合 計		96	96	25	35	252
種 類	種 別	移植片数(片)				合 計																																																																																												
		H6年移植			H8年度移植																																																																																													
		コンクリート	天然石	雑 段	鉄筋枠																																																																																													
ミドリイシ属(枝状)	スギノキミドリイシ	16	16		5	37																																																																																												
	コエダミドリイシ	16	16		5	37																																																																																												
	ハナガサミドリイシ	16	16			32																																																																																												
ミドリイシ属(卓状)	クシエダミドリイシ	16	16	5		37																																																																																												
ハマサンゴ属(枝状)	ユビエダハマサンゴ	16	16			32																																																																																												
コモンサンゴ属(枝状)	トゲエダコモンサンゴ				10	10																																																																																												
コモンサンゴ属(葉状)	ウスコモンサンゴ			10		10																																																																																												
ハナヤサイサンゴ属	ハナヤサイサンゴ				10	10																																																																																												
トゲサンゴ属	トゲサンゴ	16	16		5	37																																																																																												
キクメイシ科	ウスチャキクメイシ				5	5																																																																																												
	キクメイシ属				5	5																																																																																												
合 計		96	96	25	35	252																																																																																												
<p><b>事業規模</b></p>	<p>・総群体数：2 年間で 252 片（H6 年度＝192 片，H8 年度＝60 片） ・移植基盤：24 基（縦 1.3m × 横 1.3m × 高さ 0.3m，1 基あたりに 5 片～16 片移植）</p>																																																																																																	

**モニタリング調査内容**

- ・調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察
- ・頻度：3回/年（H6～9年度），1回/3年（H9～15年度）
- ・主な調査項目：水中写真，生存・死滅状況，成長量，活性状況，破損状況，食害状況，海藻類の繁茂状況，浮泥（砂）の堆積状況，移植サンゴ周辺状況，水質調査（水温，塩分，濁度）

**成果の概略**

- 本移植ではコエダミドリイシやクシハダミドリイシなどが移植に適していると考えられた。今後はこれらの種を含めて移植を行うことで，効果的に親水空間を創出できると期待される。
- ・移植10年後の状況から，コエダミドリイシとクシハダミドリイシは成長が早いうえ高水温にも強く，鑑賞性も高いことから移植種に適していると考えられる。
- ・キクメイシ類は成長が遅いものの高水温に強いこと，ハナヤサイサンゴ類は鑑賞性が高いことから，これらの種も移植種としての適性が高いと考えられる。
- ・生残率はほとんどの種が60%以上で推移していた。しかし，トゲサンゴ，ユビエダハマサンゴ，スギノキミドリイシは高水温の影響による白化のため衰退した。
- ・コエダミドリイシは白化に対する耐性が高い種であることがわかった。
- ・ハナガサミドリイシは移植直後から衰退し早期に死滅したため移植によるストレスに弱いと考えられる。
- ・枝状ミドリイシは移植1年後では成長量が少なく，移植5年後あたりから急激に成長する傾向にあることがわかった。

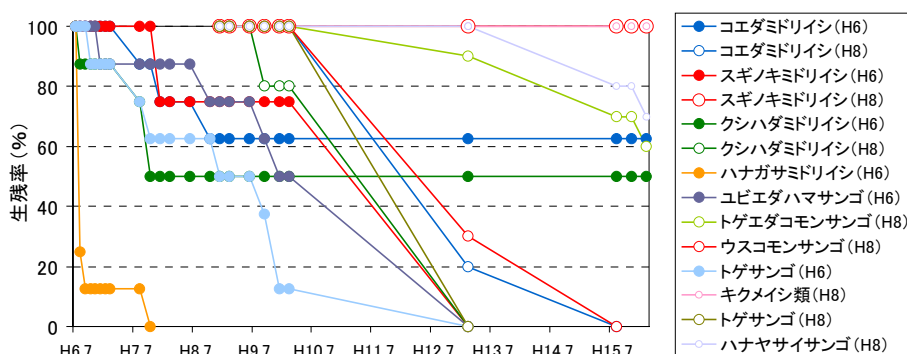


図 移植サンゴの生残率の経年変化

表 移植サンゴの種類別適性判定表

種名	成長性 <sup>1)</sup>	生存性 <sup>2)</sup>	高温耐性 <sup>3)</sup>	生存性内訳			鑑賞性 <sup>4)</sup>	魚類集効果 <sup>4)</sup>	総合評価 <sup>5)</sup>
				破損耐性 <sup>4)</sup>	食害耐性 <sup>4)</sup>	浮泥耐性 <sup>4)</sup>			
コエダミドリイシ	A	AA	A	B	C	B	A	A	A
スギノキミドリイシ	A	A	A	B	C	B	A	A	A
トゲサンゴ	B	B	C	B	B	B	B	B	C
ユビエダハマサンゴ	C	B	C	B	B	B	B	B	C
ハナガサミドリイシ	C	C	C	B	C	C	A	B	C
クシハダミドリイシ	A	A	C	B	C	C	A	B	B
ウスチャククメイシ	B	A	A	A	A	A	B	C	A
キクメイシ類	B	A	A	A	A	A	B	C	A
トゲエダコモンサンゴ	C	A	A	B	C	B	B	B	B
ウスコモンサンゴ	C	B	C	C	C	C	A	B	C
ハナヤサイサンゴ	C	A	A	B	B	B	A	B	A

\*複数の移植枝がある場合は平均値を採用した。

1) 成長性<成長量近似式指数×10<sup>2</sup>> A: 2.0以上、B: 1.0以上、C: 1.0未満

2) 生存性<生残期間> AA: 96ヶ月以上、A: 48ヶ月以上、B: 12ヶ月以上、C: 12ヶ月未満

3) 高温耐性<白化現象に対する耐性> A: 有り、C: 弱

4) 破損耐性・食害耐性・浮泥耐性・鑑賞性・魚類集効果<可能性> A: 80%以上、B: 50%以上、C: 50%未満

5) 総合評価<各項目AA: 2、A: 1、B: 0、C: -1で計算>A: 1以上(可能性80%以上)、B: 0(可能性50%以上)、C: -1以下(可能性50%未満)


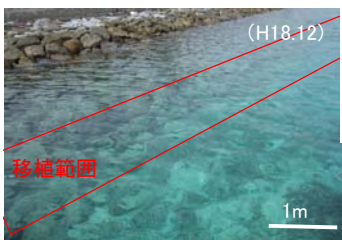

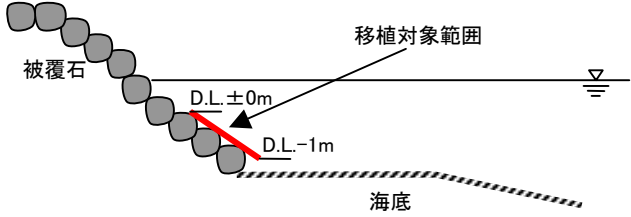
**今後の課題**

- ・今後も定期的にモニタリング調査を行って知見を蓄積し，より定量的な整理を行うなど，汎用化に向けた取り組みを行うことが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>																																																			
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>																																																			
<p><b>目的</b></p>	<p>防波堤の整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることと，親水空間を創出することを目的としている。</p>																																																			
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>石垣港 移植元：防波堤（外）整備予定地 移植先：沖南防波堤（南端部）</p>																																																			
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H13 年度 ・モニタリング調査期間：H13～19 年度</p>																																																			
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●移植対象サンゴの採取および防波堤周辺に設置した移植基盤への固定を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移植元の選定理由：防波堤（外）整備の影響を受けると考えられるため。</li> <li>・移植先の選定理由：親水空間の創出のため。</li> <li>・移植サンゴの選定理由：過去の知見から移植後の活着や成長の早い枝状および卓状のミドリイシ属，環境の変化に強く移植元に高被度に分布している塊状ハマサンゴ属やキクメイシ科，他生物の蝸集効果が高いと考えられるショウガサンゴなどを中心に選定した。</li> <li>・採取方法：タガネとハンマーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>・運搬方法：船上の容器に収容し速やかに運搬。</li> <li>・固定方法：移植用のコンクリート基盤を作成し，基盤に設けた穴に水中ボンドで固定。塊状群体はアンカーボルトにより固定。ハナガササンゴ類は基盤には固定せず，海底に直接設置した。</li> <li>・その他：基盤の上面および側面にはサンゴの新規加入を促進させるための 10mm の溝加工を施した。</li> </ul> <p style="text-align: center;">表 移植サンゴの概要</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">種類</th> <th rowspan="2">種類数</th> <th colspan="2">サンゴ枝を移植</th> <th colspan="2">群体ごと移植</th> </tr> <tr> <th>移植枝数</th> <th>基盤</th> <th>群体数</th> <th>基盤</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ミドリイシ属(枝状)</td> <td>複数種</td> <td>5枝/基</td> <td>8基</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ショウガサンゴ</td> <td>1種類</td> <td>5枝/基</td> <td>4基</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属(塊状)</td> <td>1種類</td> <td>5枝/基</td> <td>4基</td> <td>1群体/基</td> <td>4基</td> </tr> <tr> <td>キクメイシ科</td> <td rowspan="4">複数種</td> <td rowspan="4">5枝/基</td> <td rowspan="4">12基</td> <td rowspan="4">-</td> <td rowspan="4">-</td> </tr> <tr> <td>ミドリイシ属(卓状)</td> </tr> <tr> <td>ハマサンゴ属(枝状)</td> </tr> <tr> <td>アナサンゴ属</td> </tr> <tr> <td>トゲキクメイシ属</td> <td rowspan="2">1種類</td> <td rowspan="2">-</td> <td rowspan="2">-</td> <td rowspan="2">4群体</td> <td rowspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>ハナガササンゴ属</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td></td> <td></td> <td>28基</td> <td>-</td> <td>4基</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="391 1624 949 1881"> <p style="text-align: center;">図 移植先詳細位置図(模式図)</p> </div> <div data-bbox="981 1288 1452 1881"> <p style="text-align: center;">図 移植基盤</p> </div> </div>		種類	種類数	サンゴ枝を移植		群体ごと移植		移植枝数	基盤	群体数	基盤	ミドリイシ属(枝状)	複数種	5枝/基	8基	-	-	ショウガサンゴ	1種類	5枝/基	4基	-	-	ハマサンゴ属(塊状)	1種類	5枝/基	4基	1群体/基	4基	キクメイシ科	複数種	5枝/基	12基	-	-	ミドリイシ属(卓状)	ハマサンゴ属(枝状)	アナサンゴ属	トゲキクメイシ属	1種類	-	-	4群体	-	ハナガササンゴ属	計			28基	-	4基
種類	種類数	サンゴ枝を移植			群体ごと移植																																															
		移植枝数	基盤	群体数	基盤																																															
ミドリイシ属(枝状)	複数種	5枝/基	8基	-	-																																															
ショウガサンゴ	1種類	5枝/基	4基	-	-																																															
ハマサンゴ属(塊状)	1種類	5枝/基	4基	1群体/基	4基																																															
キクメイシ科	複数種	5枝/基	12基	-	-																																															
ミドリイシ属(卓状)																																																				
ハマサンゴ属(枝状)																																																				
アナサンゴ属																																																				
トゲキクメイシ属	1種類	-	-	4群体	-																																															
ハナガササンゴ属																																																				
計			28基	-	4基																																															
<p><b>事業規模</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総群体数：1 年間で 144 片（サンゴ枝＝5 片×28 基、群体＝1 群体×4 基）</li> <li>・移植面積：移植基盤：32 基（縦 1.3m×横 1.3m×高さ 0.3m）</li> </ul>																																																			



<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察</li> <li>・頻度：3回/年（H13, 15年度），2回/年（H16年度），1回/年（H18, 19年度）</li> <li>・主な調査項目：水中写真，生存・死滅状況，成長量，活性状況，破損状況，食害状況，海藻類の繁茂状況，浮泥の堆積状況，移植サンゴ周辺状況</li> </ul> <p>※平成18年度以降は手引きに基づいて調査が行われている。</p>
<p><b>成果の概略</b></p>	<p>●観賞性が高く，成長も早いと考えられるミドリイシ属は，サンゴ食生物による捕食，釣り糸や台風等による物理的破損が目立った。効果的に親水空間を創造するためには，これらの要因によるサンゴへの影響を軽減させるかあるいは取り除く方法を講じる必要性が高いと考えられた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本移植は移植された144片のサンゴに対し，H18年まで生残が確認されたのは48片で生残率33%であった。生残率が高い種類はアナサンゴ類とキクメイシ類の100%，次いで塊状ハマサンゴの96%であった。反対に生残率が最も低いのは卓状および枝状ミドリイシで10%以下であった。</li> <li>・移植先は魚類が比較的多い沖防波堤の近傍であり，移植サンゴは魚類による捕食を受けやすいと考えられる。特に，小型のハマサンゴやユビエダハマサンゴは，捕食により成長が困難となっている可能性がある。</li> <li>・移植先では，H18年まで生残していた群体62群体のうち，破損した群体は20群体と多かった。破損の原因としては，台風による波浪，投げ釣りなどによる物理的衝撃があげられ，移植サンゴの根元からの脱落などもみられた。特に，枝状サンゴでは破損による消失が多くみられ，逆に塊状サンゴでは破損した跡は確認されていない。</li> </ul> <p>図 移植サンゴの生残率の経年変化</p> <p>図 魚類の食害跡(ユビエダハマサンゴ)      図 移植サンゴに絡まる釣り糸の状況</p>
<p><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本移植先では，魚類による移植サンゴへの捕食圧が高いため，移植する群体サイズを大きくすることや防護策を検討することが望ましい。</li> <li>・数カ所で基盤の砂への埋没に伴う移植サンゴの死滅が確認されている。このことから，基盤の改良や設置位置の見直しを検討することが望ましい。</li> </ul>

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>																																																																																																									
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移植技術</p>																																																																																																									
<p><b>目的</b></p>	<p>泊地等の整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることと，親水空間を創出することを目的としている。</p>																																																																																																									
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>石垣港 移植元：岸壁(-9m)，防波堤(南)，泊地(-9m) 移植先：人工島北護岸</p>																																																																																																									
<p><b>時期</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工時期：H18 年度</li> <li>・モニタリング調査期間：H18～19 年度</li> </ul>																																																																																																									
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●移植対象サンゴの採取および護岸マウンド部への固定を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移植元の選定理由：岸壁の改修，防波堤の撤去，泊地の整備に伴いサンゴが工事の影響を受けると考えられるため。</li> <li>・移植先の選定理由：親水空間の創出のため。</li> <li>・移植サンゴの選定理由：移植元での事前調査により，移植後に高い生残率が期待できる種，移植先に多く分布している種など移植元のサンゴ相（構成種）を考慮して対象種を選定した。</li> <li>・採取方法：タガネとハンマーを使用してスクーバ潜水で採取。</li> <li>・運搬方法：フロート付きのカゴに採集したサンゴを水中で収容し，海中運搬。</li> <li>・固定方法：基盤表面をクリーニングし，水中ボンド・コンクリート釘を用いて固定。</li> </ul> <p style="text-align: center;">表 移植したサンゴの群体数</p> <table border="1" data-bbox="435 1193 919 1682"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>種類</th> <th>和名</th> <th>群体数</th> <th>小計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>アナサンゴモドキ属</td><td>ホソエダアナサンゴモドキ</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>ハナヤサイサンゴ</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td rowspan="3">ハナヤサイサンゴ属</td><td>イボハダハナヤサイサンゴ</td><td>5</td><td rowspan="3">19</td></tr> <tr><td>4</td><td>チリメンハナヤサイサンゴ</td><td>11</td></tr> <tr><td>5</td><td>ヘラジカハナヤサイサンゴ</td><td>1</td></tr> <tr><td>6</td><td>トゲサンゴ属</td><td>トゲサンゴ</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>7</td><td rowspan="2">ミドリシ属(枝状)</td><td>スキノキミドリシ</td><td>4</td><td rowspan="2">5</td></tr> <tr><td>8</td><td>サボテンミドリシ</td><td>1</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td>ハナバチミドリシ</td><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td rowspan="2">ミドリシ属(卓状)</td><td><i>Acropora microclados</i></td><td>2</td><td rowspan="2">26</td></tr> <tr><td>11</td><td>クシハダミドリシ</td><td>10</td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td>ツツユビミドリシ</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td>オヤユビミドリシ</td><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td rowspan="3">ミドリシ属(散房花状)</td><td>コユビミドリシ</td><td>5</td><td rowspan="3">57</td></tr> <tr><td>15</td><td>ハイマツミドリシ</td><td>10</td></tr> <tr><td>16</td><td>ハナガサミドリシ</td><td>24</td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td>ヤッコミドリシ</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td>ハナガタサンゴ属の一種</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td rowspan="3">その他</td><td>スボミクメイシ</td><td>1</td><td rowspan="3">5</td></tr> <tr><td>20</td><td>リザードクメイシ</td><td>1</td></tr> <tr><td>21</td><td>ヒラカメノコクメイシ</td><td>1</td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td>ナガレハナサンゴ</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">合 計</td><td></td><td>115</td></tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="411 1697 754 1935">  <p>図 移植先の外観</p> </div> <div data-bbox="970 1249 1428 1653">  <p>図 移植サンゴの運搬状況(カゴ)</p> </div> <div data-bbox="794 1720 1428 1935">  <p>図 移植サンゴの移植位置(護岸のマウンド法面)</p> </div> </div>		No.	種類	和名	群体数	小計	1	アナサンゴモドキ属	ホソエダアナサンゴモドキ	1	1	2		ハナヤサイサンゴ	2		3	ハナヤサイサンゴ属	イボハダハナヤサイサンゴ	5	19	4	チリメンハナヤサイサンゴ	11	5	ヘラジカハナヤサイサンゴ	1	6	トゲサンゴ属	トゲサンゴ	2	2	7	ミドリシ属(枝状)	スキノキミドリシ	4	5	8	サボテンミドリシ	1	9		ハナバチミドリシ	14		10	ミドリシ属(卓状)	<i>Acropora microclados</i>	2	26	11	クシハダミドリシ	10	12		ツツユビミドリシ	5		13		オヤユビミドリシ	9		14	ミドリシ属(散房花状)	コユビミドリシ	5	57	15	ハイマツミドリシ	10	16	ハナガサミドリシ	24	17		ヤッコミドリシ	4		18		ハナガタサンゴ属の一種	1		19	その他	スボミクメイシ	1	5	20	リザードクメイシ	1	21	ヒラカメノコクメイシ	1	22		ナガレハナサンゴ	1		合 計				115
No.	種類	和名	群体数	小計																																																																																																						
1	アナサンゴモドキ属	ホソエダアナサンゴモドキ	1	1																																																																																																						
2		ハナヤサイサンゴ	2																																																																																																							
3	ハナヤサイサンゴ属	イボハダハナヤサイサンゴ	5	19																																																																																																						
4		チリメンハナヤサイサンゴ	11																																																																																																							
5		ヘラジカハナヤサイサンゴ	1																																																																																																							
6	トゲサンゴ属	トゲサンゴ	2	2																																																																																																						
7	ミドリシ属(枝状)	スキノキミドリシ	4	5																																																																																																						
8		サボテンミドリシ	1																																																																																																							
9		ハナバチミドリシ	14																																																																																																							
10	ミドリシ属(卓状)	<i>Acropora microclados</i>	2	26																																																																																																						
11		クシハダミドリシ	10																																																																																																							
12		ツツユビミドリシ	5																																																																																																							
13		オヤユビミドリシ	9																																																																																																							
14	ミドリシ属(散房花状)	コユビミドリシ	5	57																																																																																																						
15		ハイマツミドリシ	10																																																																																																							
16		ハナガサミドリシ	24																																																																																																							
17		ヤッコミドリシ	4																																																																																																							
18		ハナガタサンゴ属の一種	1																																																																																																							
19	その他	スボミクメイシ	1	5																																																																																																						
20		リザードクメイシ	1																																																																																																							
21		ヒラカメノコクメイシ	1																																																																																																							
22		ナガレハナサンゴ	1																																																																																																							
合 計				115																																																																																																						
<p><b>事業規模</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総群体数：1年間で115群体（移植サイズ30cm～60cm）</li> <li>・移植範囲：240m</li> </ul>																																																																																																									

<p><b>モニタリング調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>・調査方法：全移植サンゴを対象に目視観察</li><li>・頻度：移植直後，移植1・9・12カ月後</li><li>・主な調査項目：水中写真，生存・死滅状況，成長量（短径，長径，高さ），活性状況，破損状況，食害状況（サンゴ捕食生物の有無，食痕），浮泥の堆積状況，特記事項（台風被害，赤土流入等）</li></ul> <p>※手引きに基づいて調査が行われている。</p>																																								
<p><b>成果の概略</b></p>	<p>●移植半年後で鑑賞性の高いミドリイシ属（卓状）やハナヤサイサンゴ属の成長が確認できた。しかしながら，これらの種類は生残率が低く，親水空間の創造のためには，生残率を高めるための工夫が必要と考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・群体形別の生残率は，ハナヤサイサンゴ属が最も高く，次いでアナサンゴモドキ属，キクメイシ属となっている。生残率が低いのはミドリイシ属（枝状）やミドリイシ属（卓状）などであり，環境の変化に弱いことが示唆された。</li><li>・移植先で確認されたサンゴ捕食生物はヒメシロレイシガイダマシとシロレイシガイダマシであり，群体の被度に対して最大で10%程度の食痕が確認された。</li><li>・破損していない23群体を対象として計算した成長量は，ミドリイシ属（卓状）が230cm<sup>2</sup>/年と最も大きく，次いでハナヤサイサンゴ属が190cm<sup>2</sup>/年であった。</li><li>・浮泥が堆積していたのは，生残した55群体中8群体であり，堆積量も少なかった。</li></ul> <div data-bbox="399 851 941 1153"><table border="1"><caption>図 生残・死亡等の割合(移植1年後)</caption><thead><tr><th>グループ</th><th>生残 (%)</th><th>消失 (%)</th><th>死滅 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Po</td><td>65</td><td>30</td><td>5</td></tr><tr><td>brAc</td><td>15</td><td>0</td><td>85</td></tr><tr><td>coAc</td><td>45</td><td>5</td><td>50</td></tr><tr><td>taAc</td><td>20</td><td>0</td><td>80</td></tr><tr><td>Mi</td><td>100</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>other</td><td>100</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table></div> <div data-bbox="957 851 1436 1153"><table border="1"><caption>図 成長量: 投影面積の増加量(移植1年後)</caption><thead><tr><th>グループ</th><th>成長量 (cm<sup>2</sup>)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Po</td><td>190</td></tr><tr><td>brAc</td><td>90</td></tr><tr><td>coAc</td><td>95</td></tr><tr><td>taAc</td><td>230</td></tr><tr><td>Mi</td><td>125</td></tr></tbody></table></div> <div data-bbox="478 1187 893 1456"><p>(H18.12)</p></div> <div data-bbox="925 1187 1340 1456"><p>(H18.12)</p></div> <div data-bbox="766 1456 1069 1489"><p>図 移植先の外観(移植直後)</p></div> <div data-bbox="478 1500 893 1792"><p>(H19.1)</p></div> <div data-bbox="925 1500 1340 1792"><p>(H19.10)</p></div> <div data-bbox="558 1792 845 1825"><p>移植1カ月後(長径46cm)</p></div> <div data-bbox="973 1792 1260 1825"><p>移植10カ月後(長径48cm)</p></div> <div data-bbox="702 1825 1133 1859"><p>図 移植サンゴの成長の状況(ミドリイシ属)</p></div>	グループ	生残 (%)	消失 (%)	死滅 (%)	Po	65	30	5	brAc	15	0	85	coAc	45	5	50	taAc	20	0	80	Mi	100	0	0	other	100	0	0	グループ	成長量 (cm <sup>2</sup> )	Po	190	brAc	90	coAc	95	taAc	230	Mi	125
グループ	生残 (%)	消失 (%)	死滅 (%)																																						
Po	65	30	5																																						
brAc	15	0	85																																						
coAc	45	5	50																																						
taAc	20	0	80																																						
Mi	100	0	0																																						
other	100	0	0																																						
グループ	成長量 (cm <sup>2</sup> )																																								
Po	190																																								
brAc	90																																								
coAc	95																																								
taAc	230																																								
Mi	125																																								
<p><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>・移植先は，親水空間の創造の場所として好位置と考えられるものの，移植サンゴは，高水温，捕食生物の影響，浮泥の堆積などの影響を受けていることがわかった。今後は継続的なモニタリングを行い，得られた知見を踏まえて適切な維持管理方法を検討することが望ましい。</li></ul>																																								

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑨経済的で効果的な移植移築技術（採取技術，輸送技術，固定技術）の開発</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>サンゴ移築技術</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>泊地の整備に伴って影響を受けるサンゴを避難させることを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>石垣港                  移築元：新港地区泊地（-9m）北側                  移築先：新港地区泊地（-9m）南端</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>・施工時期：H19 年度                  ・モニタリング調査期間：H19 年度</p>	
<p><b>技術の概要                  (形状・寸法)</b></p>	<p>●移築対象サンゴの採取および砂質底上に作成した石材の台座への設置を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移築元の選定理由：岸壁の改修，防波堤の撤去，泊地の整備に伴う工事の影響を受けるため。</li> <li>・移築先の選定理由：概ね同様の環境であった移築元近傍に移植することで，運搬によるストレスが軽減され，移築後の生残性も高まると期待されたため。</li> <li>・移築サンゴの選定理由：移築対象になったフカアナハマサンゴが現在のサイズまで成長するには 100 年以上を要していると推測され，他の場所で同様の規模までサンゴ再生させると想定した場合，再生に要する時間的な価値が高いと判断した。</li> <li>・採取方法：ワイヤーソー（ワイヤー状の鋸）による切り出し。</li> <li>・運搬方法：移築するハマサンゴを台船のクレーンで吊り上げ海中運搬。</li> <li>・固定方法：移築先に床掘を行って石材により台座を作り，その上に移築サンゴを設置した。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="411 1182 879 1518"> <p>(H18.12) 約 5m</p> </div> <div data-bbox="890 1182 1430 1518"> <p>移築サンゴの比重を 2.5，半径 2.5m の球体と仮定して水中重量 96.2tと重量を算定し，150t吊の非航旋回起重機船を使用した。</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="485 1518 810 1550"> <p>図 移築サンゴの外観(移築前)</p> </div> <div data-bbox="1015 1518 1299 1550"> <p>図 移築サンゴの運搬方法</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>a) 正面図      b) 平面図</p> <p>図 移築サンゴの設置方法</p> </div>	
<p><b>事業規模</b></p>	<p>・総群体数：1 群体（大型のフカアナハマサンゴ：直径約 5m，厳密には部分死などにより複数群体に別れている）</p>	

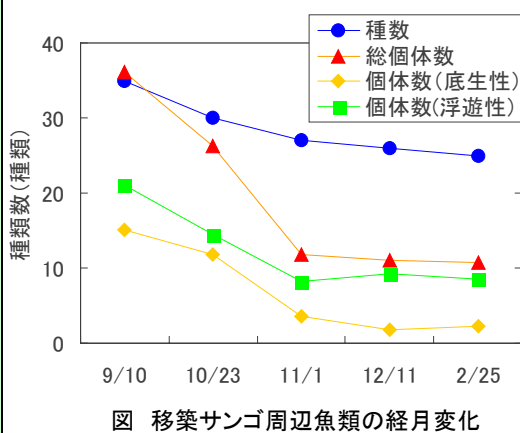
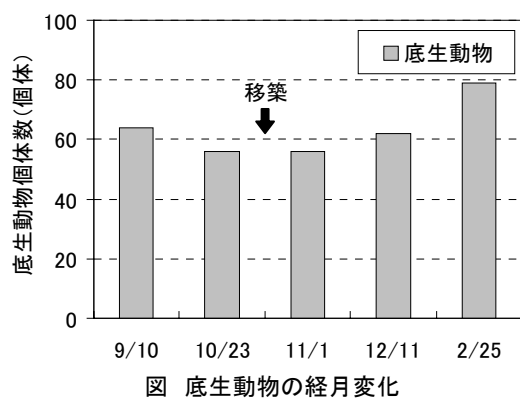
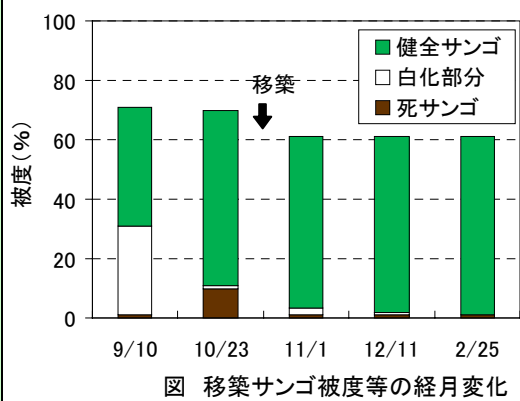
**モニタリング調査内容**

- ・調査方法：移築サンゴ全体を対象に目視観察，部分的にコドラート法（1m×1m）
- ・頻度：3回/年（秋季から冬季）
- ・主な調査項目：サンゴ類・海藻草類の種類別被度，大型底生動物の種類別個体数，基準地点を中心に上方45°の八方位と真上からの水中写真，観察枠の写真およびマッピング図，損傷個所の写真，魚類の種類別個体数

※手引きに基づいて調査が行われている。

**成果の概略**

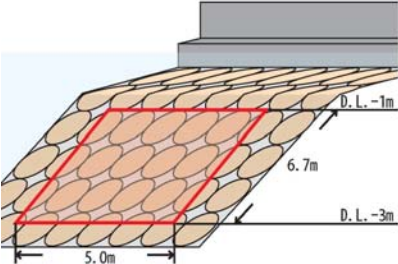



- 移築3ヵ月後では，移築によるストレスが原因とみられる生サンゴ部分の衰退は確認されなかった。また，運搬に用いたワイヤーによる損傷部を覆うほどの成長がみられ，良好な状態であることがわかった。
- ・H19年の初夏に起こった高水温により，移築ハマサンゴにも白化がみられたものの，同年の秋季にはほとんどが回復した。
- ・ワイヤーによる損傷部のうち，すれ傷の多くはサンゴの成長により被覆され，欠損部分には海藻類が被覆した。
- ・大型底生動物は，移築直後に減少しているもののその後は回復傾向にあり，移築1ヵ月後には移築前以上の個体数が確認された。優占種はオオタカノハガイであった。
- ・移築による岩塊の分散や岩塊下部の切断で生息場が失われ，魚類の個体数は減少したと考えられる。しかしながら，テンジクダイ科やスズメダイ科等の遊泳性の種が多く確認された。

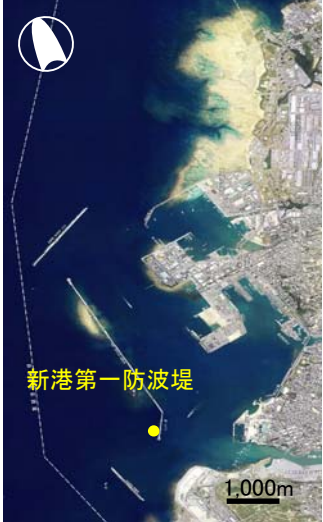
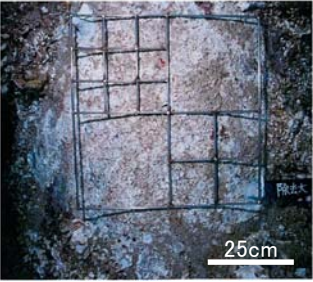
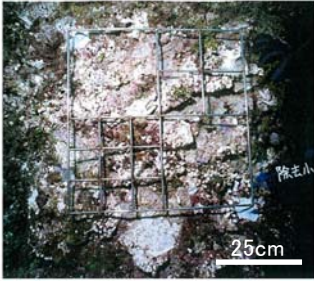
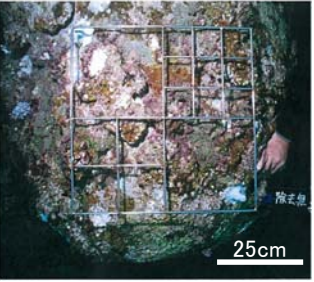
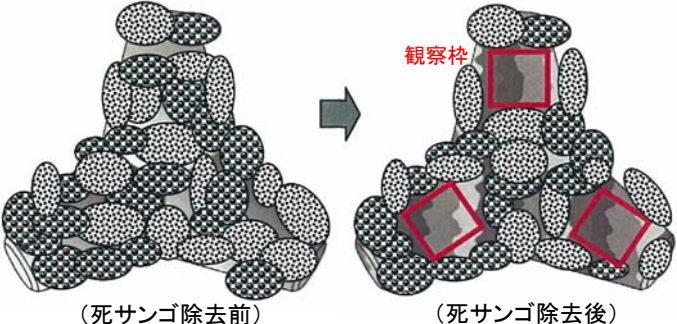


**今後の課題**

- ・移築3ヵ月後では，移築に伴う損傷部が回復しつつあることが確認された。このような大規模なサンゴ移築は少なくとも国内では事例が無く，今後も継続したモニタリング調査を行って知見を集積することが望ましい。

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>①サンゴ礁の利用技術の開発</p>	
<p><b>技術名</b></p>	<p>親水防波堤 (鑑賞ステージ)</p>	
<p><b>目的</b></p>	<p>トゥリバー地区におけるコースタルリゾート整備プロジェクトの一環として、サンゴの鑑賞ステージを設けるなど景観等に配慮し、「親水防波堤」を創出することを目的としている。</p>	
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>平良港 トゥリバー地区防波堤 (北)</p>	
<p><b>時期</b></p>	<p>親水防波堤竣工 : H9 年度 鑑賞ステージ施工 : H16~19 年度</p>	
<p><b>施設概要</b></p>	<p>●親水防波堤: マリンプロムナードの一部として、ボードウォークや自然石舗装等を施し、景観への配慮および親水性の確保を目的とした防波堤。 ・施設延長 : 340m</p>  <p>図 鑑賞ステージの位置</p>  <p>図 コースタルリゾート整備プロジェクト完成予想図</p>  <p>図 親水防波堤 (マリンプロムナード)</p>	

<p><b>施設概要</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●鑑賞ステージ：下崎防波堤(北)の整備に伴って影響を受けるサンゴを親水防波堤のマウンド部に段階的(5ヶ年計画)に移植している。(詳細については技術カルテ No.7を参照)</li> <li>・移植枠：5区画(1区画=5m×6.7m)</li> <li>・水深：D.L. -1~-3m</li> </ul>  <p>図 鑑賞ステージ(1区画枠)</p>  <p>図 水上の状況</p>  <p>図 水中の状況</p>
<p><b>利用状況</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平日でも1日5~10名程度の釣り客がみられる。また、現在ビーチゾーン(サンセットビーチ)を拠点としたシーカヤック(有料)も行われており、親水防波堤近傍の海域が利用されている。</li> <li>・鑑賞ステージにおいては、ステージを見下ろす様子がみられる。</li> <li>・今後ホテルの建設などが進むにしたがって、親水防波堤周辺への来客も増加することが期待される。</li> </ul>  <p>図 親水防波堤付近に行くシーカヤック</p>
<p><b>今後の課題</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロムナード上からは、今のところ鑑賞ステージのサンゴが見えにくい状態にある。しかしながら、サンゴの群体数や被度が増加すると、見え易くなると期待されるため、継続的な管理を行うことが重要である。管理内容としては移植サンゴを捕食する生物の除去等が想定され、NPOやボランティア団体との連携を図り、継続的に活動を行うことが考えられる。そのためにも、連携方策を検討する必要がある。</li> </ul> <p>なお、移植サンゴには釣り糸が絡まっており、サンゴの成育に影響を与えている。今後は、親水防波堤の利用方法に関するルール作りを行うことが望ましい。</p>

<p><b>技術の分類</b></p>	<p>⑬生態系を考慮した維持管理技術の開発</p>											
<p><b>技術名</b></p>	<p>基盤の裸地化によるサンゴ群集の回復促進</p>											
<p><b>目的</b></p>	<p>荒廃したサンゴ群集の再生が死サンゴの骨格により阻害されていると考えられたため、骨格の除去により再生が促進することを目的としている。</p>											
<p><b>実施箇所</b></p>	<p>那覇港 新港第一防波堤南端（港外側）</p>											
<p><b>時期</b></p>	<p>防波堤施工：S52 年度</p>											
<p><b>技術の概要 (形状・寸法)</b></p>	<p>●サンゴ捕食生物の棲みかである立体的な死サンゴの骨格を裸地化により除去する。</p> <p style="text-align: center;">表 実験区分の概要</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>概要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>除去大</td> <td>大部分の骨格を除去</td> </tr> <tr> <td>除去小</td> <td>張り出した卓状や枝状の骨格のみを除去</td> </tr> <tr> <td>除去無し</td> <td>比較対象として現状のままとする</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>除去大</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>除去小</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>除去無し</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図 除去程度状況(H16.5)</p>		区分	概要	除去大	大部分の骨格を除去	除去小	張り出した卓状や枝状の骨格のみを除去	除去無し	比較対象として現状のままとする		
区分	概要											
除去大	大部分の骨格を除去											
除去小	張り出した卓状や枝状の骨格のみを除去											
除去無し	比較対象として現状のままとする											
<p><b>事業規模</b></p>	<p>防波堤延長約 50m の範囲</p>											
<p><b>モニタリング 調査内容</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査方法：コドラート法（50cm×50cm）。</li> <li>頻度：1回/年（夏季から秋季に実施）</li> <li>主な調査項目：浮泥の堆積状況，水中写真，造礁サンゴ（総被度，優占種別被度，群体形，群体数，最大径），ソフトコーラル・海藻草類（総被度，種類別被度），大型底生動物（優占種別個体数），白化の段階，サンゴ加入度，オニヒトデ・シロレイシガイダマシ類の有無・食痕の有無，特記事項（台風被害，赤土流入等）</li> </ul> <p>※平成 17 年度以降は手引きに基づいて調査が行われている。</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>表 調査地点の地点数</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>地点数 (地点)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>除去大</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>除去小</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>除去無し</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>27</td> </tr> </tbody> </table> <p>水深は全てD.L.-1m</p> </div> <div>  <p style="text-align: center;">(死サンゴ除去前)                      (死サンゴ除去後)</p> <p style="text-align: center;">図 調査地点の設定位置イメージ</p> </div> </div>		区分	地点数 (地点)	除去大	9	除去小	9	除去無し	9	合計	27
区分	地点数 (地点)											
除去大	9											
除去小	9											
除去無し	9											
合計	27											



成果の概略

- 裸地化 3 年後では、除去小において比較的サンゴの加入・成育に対する効果が高かった。一方、除去大の効果は除去小よりも低く、裸地化を行う際には適度な凹凸を残して実施することが重要であることが示唆された。
- ・3 年後には総被度、種類数、群体数、最大径とも、除去小で最も高かった。
- ・サンゴの種類では、最も多く加入したのはミドリイシ属、次がハナヤサイサンゴ属・キクメイシ属となっており、今後の被度が増加することが期待される。

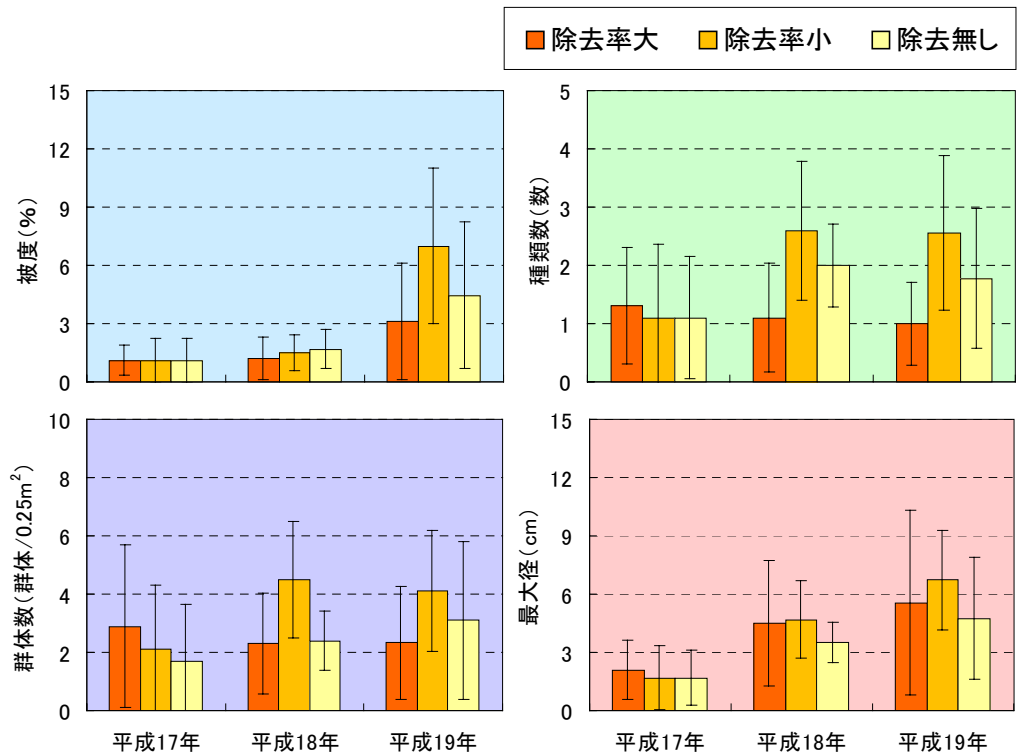
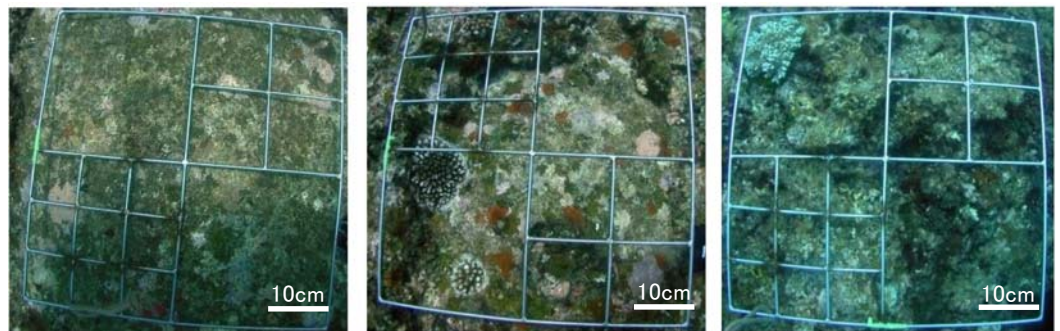


図 サンゴ成育状況の経年変化(各ケースとも n=3)



除去大

除去小

除去無し

図 除去 3 年後の各地点の状況例(H19.8)

今後の課題

- ・サンゴの再生を目的とした裸地化実験は、沖縄総合事務局で初の試みであり、技術の確立に向けて今後も継続的なモニタリング調査を行うことが望ましい。