

サンゴ礁と共生する港湾整備への取り組み サンゴ礁と共生した港湾の整備・利用を目指します

内閣府沖縄総合事務局

1 概況

島嶼県である沖縄は、県内で消費されるほとんどの物資を船舶で輸送しており、港湾は県内の離島の生活を支えるなど、経済社会活動の生命線として欠くことのできない重要な役割を担っています。そのため、自立経済確立の促進や離島生活の安心・安全・安定を確保するための港湾整備についての要望は、依然として高い状況にあります。

内閣府沖縄総合事務局においては、本土復帰以来、これらの要望に応えるべく約 30 年間にわたり港湾整備を実施してきていますが、同時に、サンゴ礁に囲まれた亜熱帯の海洋環境にも配慮した取り組みを行ってきています。



図1 消波ブロックに着生したサンゴ(那覇港、1994年)

特に、1980年代末以降には、防波堤、岸壁、護岸等へのサンゴの自然着底が確認されたことを受け(図1)、石垣港を含めた主要港湾においてサンゴ礁と

共生する港湾整備の実現に向けた技術の開発を積極的に推進してきました。その成果については、「サンゴ礁と共生する港湾整備マニュアル案(平成11年6月)」や「海の自然再生ハンドブック第4巻サンゴ礁編(平成15年11月)」として取りまとめています。また、これまでに行ってきたサンゴ礁群集の健康診断調査と技術開発に関連する調査の内容等を踏まえ、今後実施する調査の具体的な指針となる「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き(案)(平成17年3月)」を作成し、石垣港においても運用を開始しています。

2 サンゴ礁と共生する港湾整備のための具体的方法

1) 基本的な考え方

サンゴ礁と共生する港湾整備においては、港湾のサンゴ礁生態系を保全・再生・利用していくことを基本的な考え方とします¹⁾(図2)。

港湾整備によって影響を受ける可能性のあるサンゴ礁群集に対しては、影響の回避あるいは低減を図ります。また、海洋性レクリエーションや自然環境学習の場としての観点から、サンゴ礁の保全・再生にあたっては利用の側面も重視します。

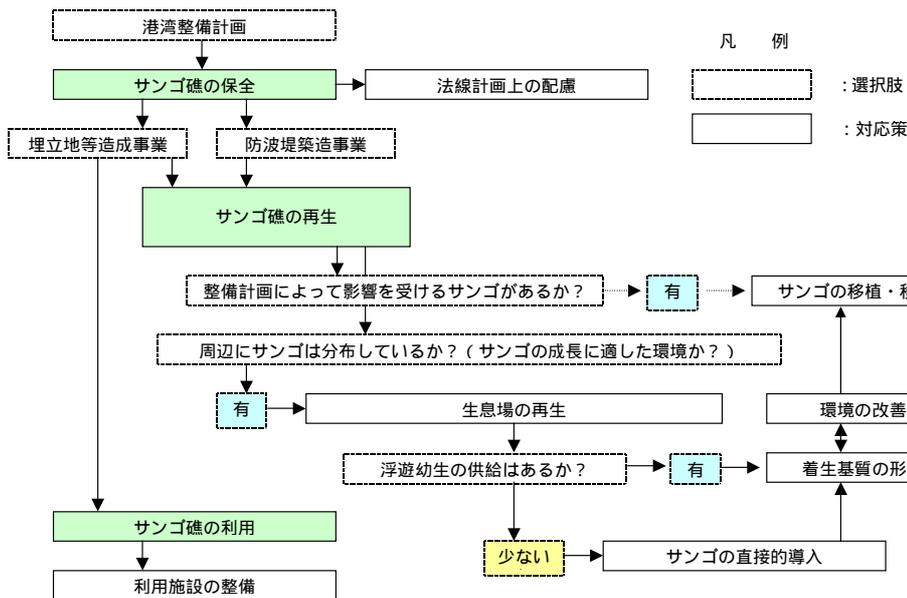


図2 サンゴ礁と共生する港湾整備の基本的な考え方

2) サンゴ礁の保全・再生・利用技術

港湾におけるサンゴ礁の保全・再生・利用技術²⁾は、表1に示すように有性生殖過程による増殖を期待した「サンゴの着生基質の形成技術」と、無性生殖過程による増殖を期待した「サンゴの直接的導入技術」及びサンゴ群集の成長に適した環境条件を形成するための「環境の改善技術」に分類されています。対象とする場所が有するサンゴの成長に関する環境条件や浮遊幼生の自然供給の有無などを考慮して適用する技術を選定し、具体的な行動計画を検討します。

「サンゴの着生基質の形成技術」は、サンゴの幼生が供給される場所に整備された構造物がサンゴの着生基質として効果的に機能することを期待する技術です。那覇港では、試験的取り組みにより基質表面に数 cm の凹凸加工を施すことによってサンゴ幼生の着生・成長が効果的に促進されることを確認し、消波ブロックの表面を凹凸加工した「エコブロック」事業を展開しています(図3 a))。また、平良港では消波ブロックに大型の凹凸を施した消波ブロックを一部で採用しています(図3 b))。

「サンゴの直接的導入技術」については、那覇港、平良港、石垣港において1980年代からサンゴの移植技術の開発に取り組んでいます。近年では、石垣港において1994年から自然石等の移植基盤を用いたサンゴの移植実験を継続しています。平良港では1998年からサンゴ群集の移築実験(図4) また2004年から親水防波堤に鑑賞ステージを設けてサンゴ群集を移植する試みを行っています。

「環境の改善技術」は、上記のような人工構造物上のサンゴの着生・成長に影響を及ぼす環境条件を把握して、サンゴにとって好適な環境条件を形成しようとする技術です。那覇港のサンゴの成長に影響を及ぼす環境因子を解析した結果、主なものは光条件と流動条

件であることが分かりました³⁾。つまり、サンゴの成長に適した環境条件を形成するためには、適度な光量と流量を確保する必要があります。これを裏付ける現象として、那覇港では、防波堤港内側のケーソンの隙間（目地）の周辺で良好なサンゴの成育状況が確認されています（図5）。平良港では、このような事例を参考として海水交換を促進するために通水部を有する防波堤を整備した結果、通水部に魚類が集まるといった効果が確認されています（図6）。

表1 港湾におけるサンゴ礁の保全・再生・利用技術

手 法 内 容				
保 全	法線計画上の配慮		埋立てや防波堤建設計画予定地にサンゴ礁が存在する場合に法線計画上の配慮を行い、保全を図る。	
再 生	着 生 基 質 の 形 成	基質投入	安定基質の投入 海底が礫、砂地でサンゴが成育できない場所に、安定した基質（石材、ブロック等）を投入する。	
		浅場造成	深場への基質投入による浅場造成	水深が深く、サンゴが成育できない場合に、石材やブロック等で浅場を造成する。
			消波工法面の緩傾斜化	防波堤沖側の消波ブロックの法面勾配を緩傾斜にして浅場面積を増す。
			消波工の小段設置	防波堤沖側の消波ブロックの法面に小段を設けて浅場面積を増す。
			マウンドのかさ上げ	防波堤岸側のマウンドをかさ上げて浅場面積を増す。
			護岸の緩傾斜化	船舶が接岸しない護岸は、直立護岸としないで、緩傾斜とするか、または前面に浅場を造成する。
	表 面 加 工	ブロックの凹凸加工	消波ブロック等の構造物の表面に凹凸加工を施し、サンゴ等の着生促進を図る。	
		ケーソン直立壁の凹凸加工	防波堤の岸側の直立壁に突起や棚を設けて、サンゴ等の着生場所を確保する。	
		基質表面の化学的処理	消波ブロック等の構造物にサンゴ等の着生促進物質を、塗布、添付する（研究開発段階）。	
	環 境 の 改 善	物理環境の多様化	ケーソンの凹凸配置	ケーソンを凹凸に配置し、法線を複雑化することで積極的なサンゴ礁の再生を行う。
			海水交換の促進	ケーソンの隙間配列
		有孔ケーソン		孔開きケーソン等を用いることで、港内の海水交換を促進する。
	サンゴの直接的導入	幼生放流		サンゴの幼生を採取、育成、放流することにより、大量・確実な着生を図る。
幼サンゴの移植		サンゴの幼体が着生した人工基質を構造物やサンゴの少ない天然礁に移植し、増殖を図る。		
サンゴ片の移植		サンゴの破片を水中ボンド等で構造物やサンゴの少ない天然礁に移植し、増殖を図る。		
サンゴ群集の移築		サンゴ礁が埋立てや防波堤建設により消滅する場合に、サンゴ群集を移築する。		
利 用	親水防波堤		防波堤を遊歩道として開放し、港や海の景観を楽しむ場所を提供する。	
	海中展望塔		海中から直接サンゴ等を観察できる施設を建設する。（海中展望塔、海中トンネル）	
	沖合海水浴場		防波堤の岸側や沖合の天然礁を利用して海水浴やダイビング等を行う。	
	自然観察施設		海の生物や野鳥等を観察する区域を設定し、観察施設（ネイチャーセンター）、生態系展示施設（水族館）、観察指導員（レンジャー）等を置く。	



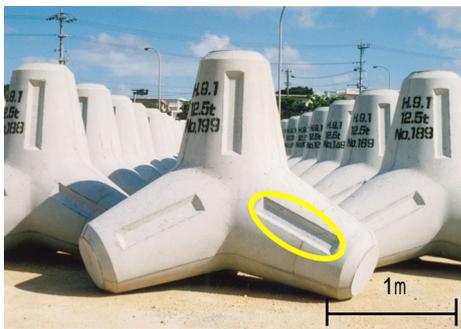
1999年（設置直後）



2006年（7年後）

コドラートの大きさ：0.5m×0.5m

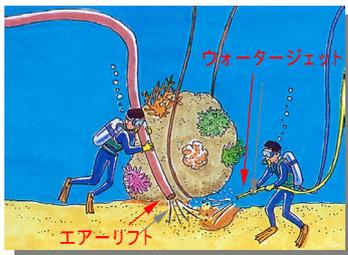
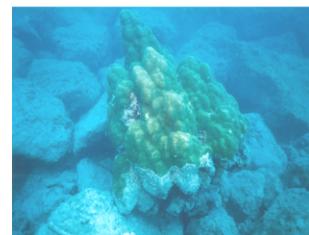
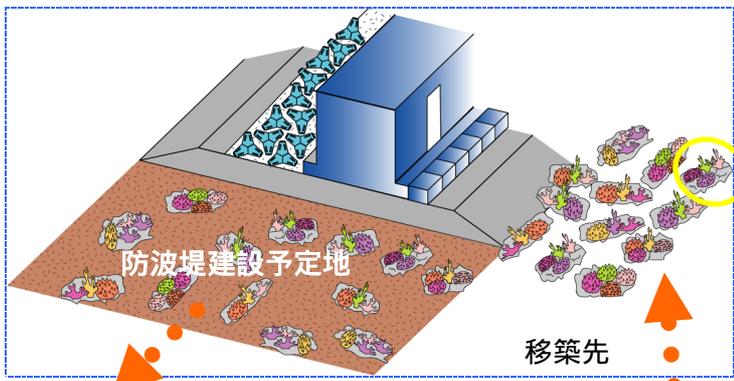
a) 那覇港での事例



加工部の大きさ：縦 0.9m×横 0.2m

b) 平良港での事例

図3 エコブロック



移築



図4 サンゴ群集の移築

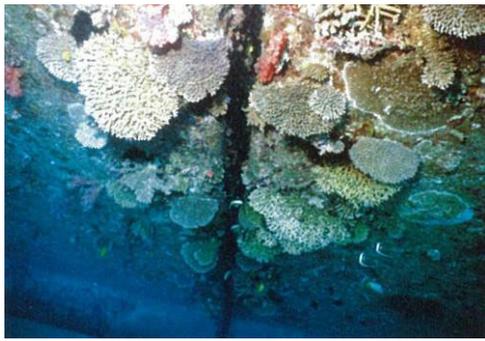


図5 ケーソンの隙間周辺に高被度で成育するサンゴ（那覇港）

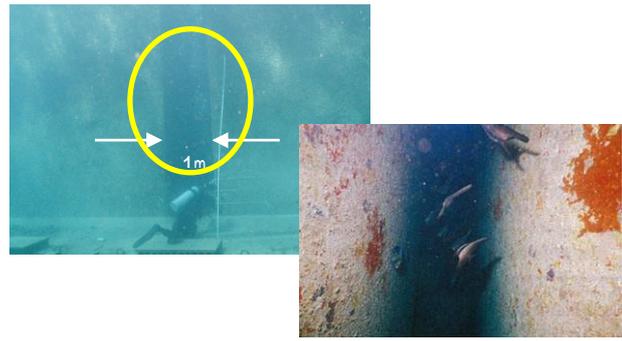


図6 防波堤の通水部に蛸集するツバメウオ（平良港）

3 石垣港における取り組み

1) 取り組みの概要

石西礁湖の東端に位置する石垣港は、石垣市・竹富町・与那国町からなる八重山圏域の生活や経済活動に必要な物資のほぼすべてが利用する重要な港湾であり、また、竹富町の各島への高速旅客船等が多数就航し、台湾からの大型クルーズ船も寄港するなど、まさに地域の生活や観光の足としての機能を担っています。

そのため、内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所及び石垣市港湾課では、石垣港を安全・安心かつ安定的に利用するために必要な防波堤や、大型化している船舶に対応できる岸壁の整備や、船舶が安全に航行できるよう航路・泊地の浚渫等を行ってきました。

その際に発生する浚渫土砂を処分・活用するため新港地区において埋立地等の整備を行ってきましたが、整備箇所に確認されたサンゴ群体については、避難措置の試みとして1994年度、1996年度、2001年度に移植実験を行いました。

1994年度には新港地区の埋立予定地内及び防波堤(南)の周辺に生息するものを対象としサザンゲートブリッジ下付近に移植しました。2001年度には防波堤(沖西)の西側に生息するものを対象とし防波堤(沖南)の南東端に移植しました(図7)。



図7 新港地区周辺の移植先

また、2006 年度には防波堤(南)の撤去工事等が予定されており、過去の検討成果等を踏まえつつ、防波堤に生息するサンゴ群体を新港地区埋立地の北護岸周辺へ移植する計画を予定しています(図7、図8)。移植先は、サンゴの生息に重要な条件である適度な流れがあり、過去の移植実験では1998年に発生した高水温の影響も小さく良好な成果が得られています。このことから、本検討においても移植したサンゴが良好に生息することが期待されます。

さらに、移植先の立地は市街地から近いことなどの利点により、啓蒙啓発の拠点として有効に活用できるものと考えられます。



a) 消波ブロック

b) マウンド被覆石

図8 防波堤(南)に成育するサンゴ(2006年9月)

2) サンゴ移植調査の成果

自然石及びコンクリートの基盤を用いてサンゴ移植試験を行った成果の一例を、以下に示します。

1994年7月、サザンゲートブリッジ下に移植したサンゴ(自然石基盤)

スギノキミドリイシが順調に成長し、移植後109ヶ月には基盤の大きさ(約2m)まで達しています(図9)。



移植直後(平成6年9月)

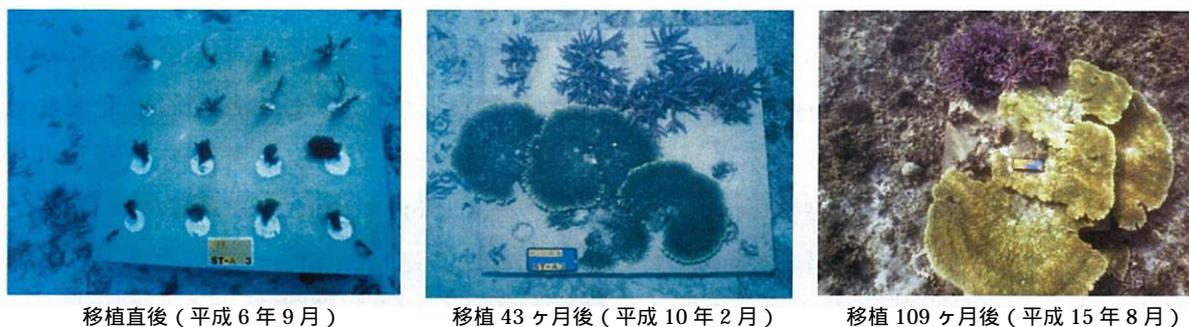
移植43ヶ月後(平成10年2月)

移植109ヶ月後(平成15年8月)

(上部: コエダミドリイシ、下部: スギノキミドリイシ)

図9 自然石基盤への移植状況

1994年7月、サザンゲートブリッジ下に移植したサンゴ(コンクリート基盤)
クシハダミドリイシは順調に成長し、移植後109ヶ月には基盤(1.3m×1.3m、0.3m高、
設置水深0.5~1.5m)以上の大きさ(約2m)まで達しています(図10)



(上部:ハナガサミドリイシ、下部:クシハダミドリイシ)

図10 自然石基盤への移植状況

移植サンゴの生残率の変化

生残率を〔生存枝数/移植枝数〕とすると、殆どの種で60%以上の生残率で推移したが、トゲサンゴは1995年夏季(13ヶ月経過)の高水温にさらされ、ユビエダハマサンゴ、スギノキミドリイシは1998年夏季(49ヶ月経過)の高水温による白化により衰退したと考えられます。そのため、移植に際しては、浅所を避け、日陰で流れの速い場所を選定する必要があります。

また、高水温に対する耐性の高い種はコエダミドリイシであることが明らかとなったため、この種を移植することにより、白化による死滅をある程度回避することが可能となります。なお、ハナガサミドリイシは移植ストレスにより移植直後の生残率が13%となっており、移植時に慎重な取扱いを要します。

サンゴの種類別移植適性

サンゴを移植することによって、次のような機能が期待できます。

1. 魚類等他の動物へのすみかの提供を通じて生物多様性を高める。
2. 景観の回復を通じてダイビング等自然に親しむ場として活用する。
3. 幼生の供給源として機能することにより海域のサンゴ礁再生に貢献する。

また、移植調査の結果からサンゴ移植の条件及び移植に適するサンゴについては次の通りです。

サンゴの移植種としての適性を判断する要素は、成長性が高く、高温にも耐え、鑑賞性も高いことです。コエダミドリイシ、スギノキミドリイシはこの3つの条件を備えており移植種としての適性が高いと考えられます。塊状のククメイシ類は成長性が低いものの、高温に耐えるため移植種として適性があり、ハナヤサイサンゴは鑑賞性が高い点から適性

があると言えます。表2に本検討で得られたサンゴの移植適正に関するまとめを示します。

表2 サンゴの移植適正

対象種	成長性 ¹⁾	生存性 ²⁾	高温耐性 ³⁾	生存性の内訳			鑑賞性 ⁴⁾	魚類集効果 ⁴⁾	総合評価 ⁴⁾
				破損耐性 ⁴⁾	食害耐性 ⁴⁾	浮泥耐性 ⁴⁾			
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

- 1)成長性 < 成長量近似式指数 × 10² > A: 2.0以上(最も成長が早い)、B: 1.0以上、C: 1.0未満
 2)生存性 < 生存期間 > AA: 96ヶ月以上、A48ヶ月以上、B12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: 弱い
 4)破損耐性・食害耐性・浮泥耐性・観賞性・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 < AA: 2点、A: 1点、

2001年 防波堤(沖南)に移植したサンゴ(コンクリート基盤)

～ で得られた成果を踏まえ、防波堤(沖西)の西側に生息するサンゴ群集を対象に、防波堤(沖南)の南東端の港内側および港内側の水深約 10m の場所へ移植基盤(1.3m(W) × 1.3m(D) × 0.3m(H))を用いて移植を行いました(図11、図12)。

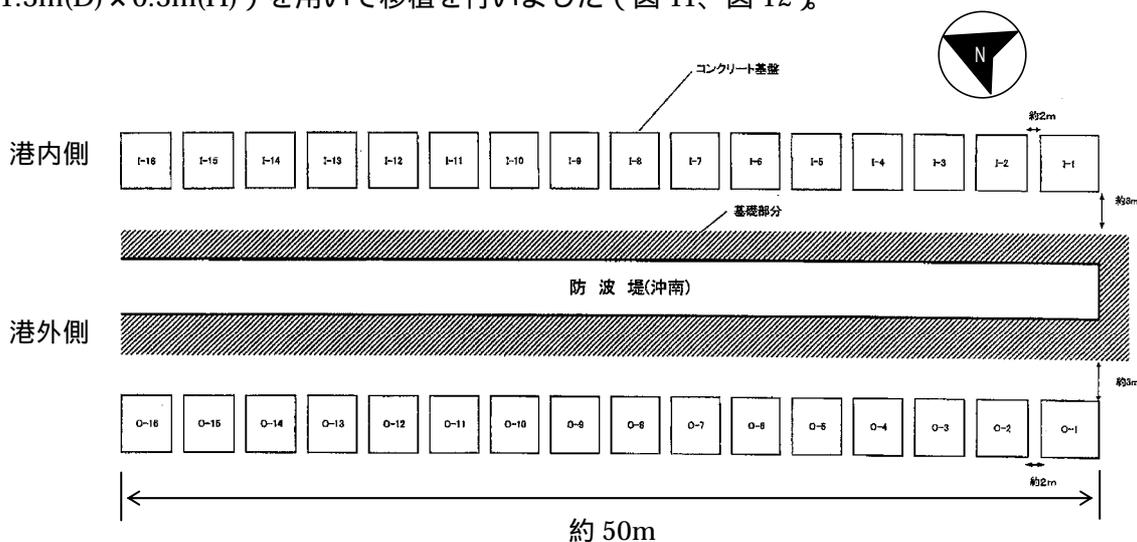


図11 移植基盤の配置状況(防波堤(沖南))

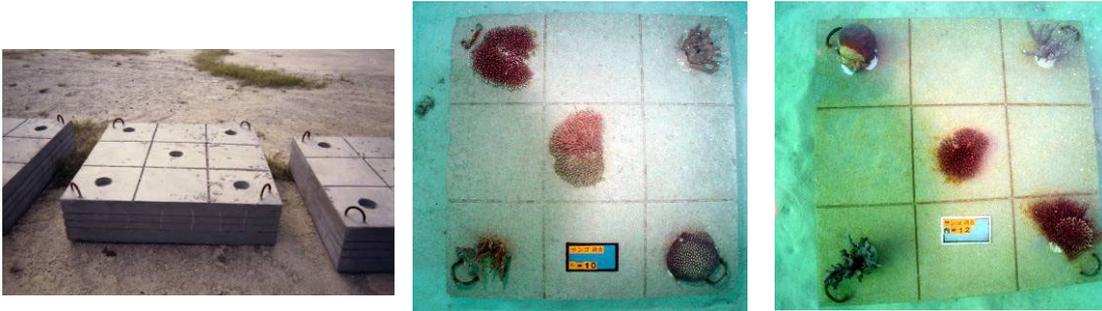


図 12 移植基盤及びサンゴ群体の移植状況

3) 今後の方向性

サンゴ礁が発達している石西礁湖の東端に位置する石垣港では、海域環境やサンゴ礁の保全が大きな課題の一つです。一方、狭隘な離島ターミナル地区の再開発や大型クルーズ船に対応したターミナル整備等、地元の強い要望に応えるための港湾整備が必要とされています。このため、事業の実施にあたっては、環境に配慮し、浚渫工事等において汚濁防止膜の布設等による濁り拡散の防止に留意します。また、今後予定される整備箇所にサンゴ群集が生息する場合は、これまでの移植実験の成果を踏まえた移植や新たな知見を活用する他、港湾内の環境保全に資することができるよう可能な範囲で自然の再生・創造を検討していくこととします。

なお、表 1 で示したように、サンゴ礁と共生する港湾整備に関する技術としては未検討のものも含め様々な方法が考えられますが、石垣港での適用性を十分に考慮して実施していく必要があります。そのため、今後は港内の天然礁及び人工構造物に着生したサンゴの健康診断調査を定期的を実施し、石垣港におけるサンゴの成育特性や環境条件に関するデータを蓄積していくとともに、このデータに基づいて積極的に技術開発を進め、サンゴ礁と共生する港湾の整備・利用の実現を目指していきます。

【参考文献】

- 1) 花城盛三，長嶺朝仁，田邊俊郎，山本秀一，岩村俊平（2004）：沖縄の港湾整備における環境保全の考え方，日本サンゴ礁学会第7回大会講演要旨集，p.71．
- 2) 海の自然再生ワーキンググループ(2003)：海の自然再生ハンドブック第4巻，103p．
- 3) 山本秀一，高橋由浩，住田公資，林輝幸，杉浦則夫，前川孝昭（2002）：人工構造物におけるサンゴ群集成長過程の解析，海岸工学論文集，第49巻，pp.1186-1190．