

# 「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き」 を用いたサンゴ礁と共生する 港湾整備への取り組み

PROMOTION OF ECO-FRIENDLY PORT CONSTRUCTION AROUND  
CORAL REEFS USING “THE GUIDELINE OF INVESTIGATION METHODS  
OF CORAL REEFS AT THE PORTS IN OKINAWA”

前幸地紀和<sup>1</sup>・仰木芽久美<sup>1</sup>・池田義紀<sup>2</sup>・小島栄<sup>2</sup>・山本秀一<sup>3</sup>・岩村俊平<sup>4</sup>

Norikazu MAEKOUCHI, Megumi OOGI, Yoshinori IKEDA, Sakae KOJIMA,  
Hidekazu YAMAMOTO and Shunpei IWAMURA

<sup>1</sup>沖縄総合事務局開発建設部 (〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち2-1-1)

<sup>2</sup>財団法人港湾空間高度化環境研究センター (〒108-0022 東京都港区海岸3-26-1)

<sup>3</sup>正会員 博(生物資源工学) 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

<sup>4</sup>正会員 修(工学) 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

The Okinawa General Bureau of Cabinet Office has been performed various environmental investigations to realize coexistence of coral reef and port construction. It should be necessary to utilize the data provided by the investigation effectively. However, there was not a unified guideline by the past investigation. There was the case that an investigation item or precisions were different on each investigation. There was also the grasp of the general comparison and evaluation of the investigated data. Therefore we planed to make unified guideline of investigation methods of coral reef at the port of Okinawa. “The guideline of investigation methods of coral reef at the ports in Okinawa” was published in March 2007.

**Key Words:** Guideline, investigation method, coral reef, eco-friendly port construction

## 1. はじめに

沖縄総合事務局開発建設部では、1972年の日本復帰直後から環境に配慮した港湾整備を行ってきた。近年では、持続可能な発展を目指した環境と共生する港湾-エコポート- (1994)<sup>1)</sup> や港湾法の一部改正 (2000) 等の施策に基づいて「サンゴ礁と共生する港湾整備」を推進してきている<sup>2), 3)</sup>。港湾行政のグリーン化 (2005)<sup>4)</sup> では、港湾環境の開発・利用と環境の保全・再生・創出を車の両輪としてとらえ、環境配慮の標準化を図っていくことが示されており、今後とも地域の環境特性を十分に考慮した効率的な施策を展開していく必要がある。

自然環境の保全・再生・創出技術には不確実性が伴うことから、「順応的管理手法」では、設定された目標に基づくモニタリング調査と事業管理

手法へのフィードバックの継続が重要視されており<sup>5)</sup>、長期的にみると、単一の事業に留まらず同種事業で得られたデータが活用できる仕組みを構築・運用し、総合的な技術開発とシステム化を行うことが望まれる。日本の海辺における先進的な取り組みとして、例えば三大湾他では、多様な主体が環境データ等をアップロード可能なホームページが整備されている (例えば、東京湾)<sup>6)</sup>。しかし、それらのデータは必ずしも同一の調査方法で得られたものではないため、データを活用する際には制限が生じる場合もあると考えられる。

これらのことに鑑みると、沖縄の港湾整備において効果的にサンゴ群集の保全・再生技術を適用するためには、統一的な調査指針に基づいたデータを蓄積していき、サンゴ礁群集の分布状況と環境条件の関係をできる限り客観的に評価する必要がある。さらに、各技術の地域への適用性や有用



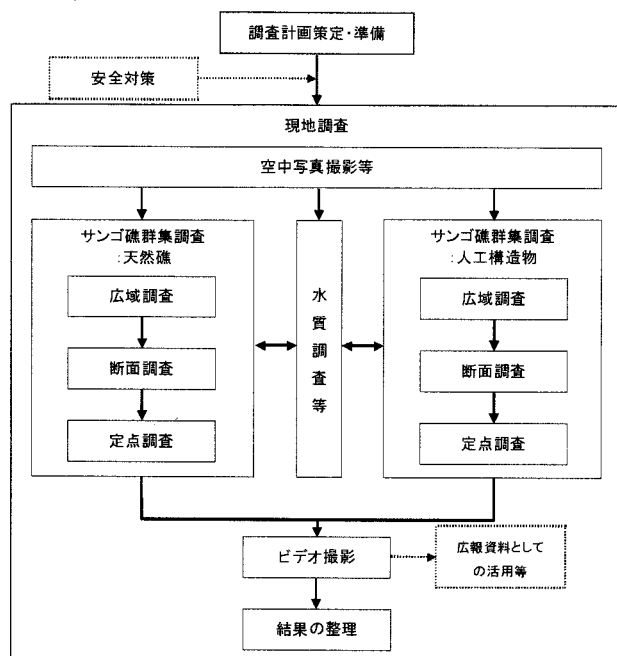


図-2 サンゴ礁群集の健康診断調査フロー

## (2) サンゴ群集の保全・再生技術開発調査

サンゴ群集の保全・再生技術開発調査は、防波堤建設、埋立て等に伴って消滅するサンゴ群集の保全あるいは代償措置としてサンゴ群集を保全・再生するための技術を開発、推進することを目的としたものである。

これまでに、沖縄の港湾で行われてきた主なサンゴ群集の保全・再生技術としては「サンゴ群集の直接的導入技術」、「サンゴ群集の着生基質の形成技術」、「環境の改善技術」があり、本手引きでは各技術の開発に関する基本的な調査方法等について示している。

表-1に各技術に関する具体的な事例をあげ、目標および評価軸の考え方を示す。このうち本稿では、適用頻度の高いa)、b)について解説する。

表-1 目標と評価軸の考え方

| 技術区分              | おもな事例                                            | 目標                                               | 評価軸                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| a)サンゴ群集の直接的導入技術   | ・サンゴ群集(サンゴ片、サンゴ群集)の移植(平良港、石垣港)<br>・サンゴ群集の移築(平良港) | サンゴの無性生殖を活用した増殖技術である移植、移築によりサンゴ生息場の移動・拡大を図る      | 移植・移築後のサンゴの成育状況(被度、群体数等)                   |
| b)サンゴ群集の着生基質の形成技術 | 異形ブロックの凹凸加工(那覇港;エコブロック)                          | サンゴの有性生殖による増殖過程を活用した基質表面の凹凸加工を施すことによりサンゴの着生促進を図る | サンゴの着生促進(被度、群体数)等                          |
| 環境の改善技術           | 通水型防波堤(平良港)                                      | 防波堤に通水部を形成することで、海水流動を促進し、サンゴ幼生の着生や着生後の成長促進を図る    | 防波堤港内側における流動環境、サンゴの成育状況(被度、群体数等)、魚介類の増集状況等 |

### a) サンゴ群集の直接的導入技術

港湾では、港湾整備のため消滅するサンゴの避難的措置としてサンゴ群集の直接的導入技術を適用することが望ましい。サンゴ群集の直接的導入

技術としては、人力により施工可能なサンゴ片や小型のサンゴ群集を対象とした「サンゴ群集の移植」、機械工法により施工する直径1~2m以上のサンゴ群集を対象とした「サンゴ群集の移築」の実績がある。

サンゴ群集の移植に関する技術開発調査については、1985~1990年に那覇港、1992~1994年に平良港、1993~1996年に石垣港で行われ<sup>13)</sup>、実験的な試みによる知見が蓄積されている。

現在では、平良港ではサンゴの保全・創造を目的とした具体的な試みとして2004年から防波堤の延伸のため消滅するサンゴを対象に数年計画で親水防波堤マウンド法面の被覆石へのサンゴ群集の移植を開始している。また、石垣港でも2001年から親水空間の創造を目的として防波堤の延伸計画地に成育するサンゴ群集を採取し、沖防波堤のマウンド部周辺の砂地に移植用のコンクリートブロック(1.3m(W)×1.3m(D)×0.3m(H))を用いて港内側、港外側とも延長約50mにわたる大規模な移植事業を開始している<sup>14)</sup>。サンゴ群集の移築に関する技術開発調査については、1989年から平良港において防波堤の延伸のため消滅するサンゴのうち、人力で移動困難な大きさのサンゴ群集を含む生物群集を対象として行われている<sup>15)</sup>。

なお、日本サンゴ礁学会は「造礁サンゴの移植に関してのガイドライン」<sup>16)</sup>として、サンゴの移植実施に関する6つの留意点を取りまとめており、以下に2例を示す。

- ①移植技術の向上を図り、採捕前後の調査と移植後の管理を行うこと。
- ②移植用サンゴの採捕にあたっては親群体(ドナー)への影響を極力抑えること

港湾では防波堤等の整備事業によって失われるサンゴの避難的措置として移植、移築を実施している場合が多く、特に①に努めることが重要である。一方、荒廃したサンゴ群集を修復するためにサンゴを採捕する場合などには、②への配慮も必要と考えられる。

移植技術の向上のためには、実施例に関する継続的なモニタリング結果を総合的に解析してマニュアル化を図ることが望ましい。しかしながら、移植技術は「生物」そのものを扱う技術であることと、技術の適用後には必要に応じて維持管理を行うことも重要であり、技術的な自由度が高い。したがって、実用的なマニュアルを作成することは容易でないと考えている。しかしながら、一定の指針が無いままであると技術開発の方向性が定まらないため、本手引きでは過去の知見を踏まえて基本的な内容を示した。

図-3にサンゴ群集の移植・移築技術開発調査のフローを示す。手引きでは各調査項目について解説した。

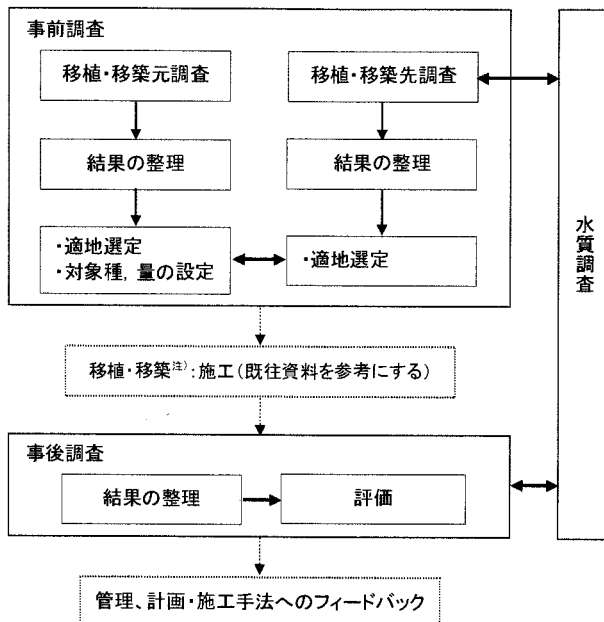


図-3 サンゴ群集の移植・移築技術開発調査のフロー

#### b) サンゴ群集の着生基質の形成技術

サンゴ群集の着生基質の形成技術に関する技術開発調査は、サンゴの有性生殖による増殖過程に着目して、消波ブロックや根固ブロックに凹凸加工を施すことでサンゴの着生促進を図ることを目標として行っている。

那覇港では、1989年から実験的に凹凸加工を施した消波ブロックにおけるサンゴの着生状況の調査を行っており、知見が蓄積されている<sup>11), 17)</sup>。これを受けて、那覇港ではエコブロックと称して消波ブロックに種々形状の溝加工を施したものについて1999年から事業展開している<sup>18)</sup>。平良港では溝加工ブロック、また凹凸加工根固ブロックと称して1998年から根固ブロックに建築用のブロックを付加したものについて技術開発を行っている<sup>15)</sup>。

サンゴ群集の着生基質の形成技術の向上のためには、実施例に関する継続的なモニタリング結果を総合的に解析してそれらの技術のマニュアル化を図ることが望ましく、そのために統一的なモニタリング調査の手引きを作成した。

### 4. 調査事例と手引き作成上の配慮点

#### (1) サンゴ礁群集の健康診断調査

サンゴ礁群集の健康診断調査は、広域調査、断面調査、定点調査から構成される。人工構造物周辺における広域調査は、那覇港では1994年と2003年に実施されており、それらをもとに図-4のような検討がなされている<sup>19)</sup>。構造物の施工履歴に合わせた統一的な調査を行うことにより時系列的な変化を定量的に比較することができる。1998年には世界規模で発生した高水温に伴うサンゴ群集の白化と衰退が

確認されており、その前後の被度を把握したこのデータからは人工構造物上のサンゴの成長過程に関するさまざまな示唆を得ることができる。このような経緯に基づき、本手引きには例えば図-4と同等のアウトプットが作成できるような調査計画を提案した。本手引き(案)に基づいた広域調査は、2004年に平良港、2006年に那覇港、石垣港で実施している。本手引きでは5年に1回程度広域調査を行うことを示しており、今後も統一的手法で継続してデータを蓄積することでサンゴ礁群集の長期的な変化を解析することが可能である。

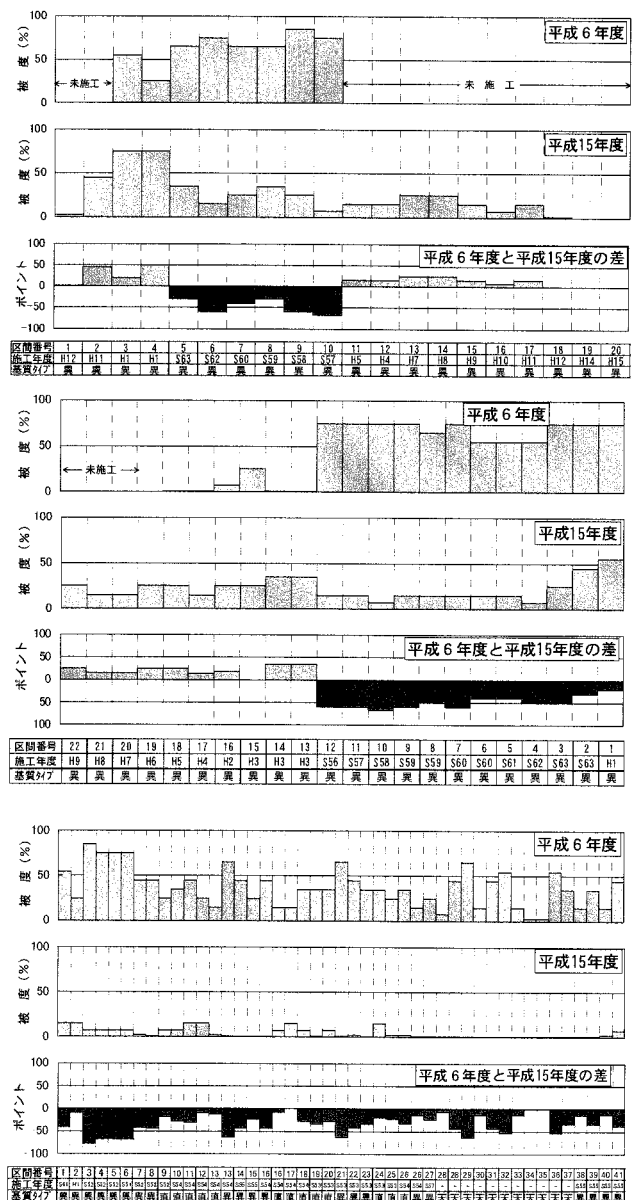


図-4 那覇港の人工構造物外側の広域調査結果  
(上から那覇防波堤、浦添第一防波堤、新港第一防波堤における区間ごとのサンゴ群集の被度)

定点調査については、那覇港では1990年から2007年まで継続的に統一的な調査を実施している<sup>19)</sup>

(図-5)．その結果、人工構造物上でのサンゴの長期間にわたる着生過程が把握でき、基盤設置後8年程度で被度が概ね一定になることが分かった。しかし、1998年には世界規模の高水温によるサンゴ群集の白化で衰退しており、この調査地点でもその影響を強く受けた。このような事例を参考にして定点調査に関する調査手法（水深別、基盤の傾度別等）を設定した。調査頻度は、主に白化現象の影響が発現する夏季から秋季の間に年1回の調査を継続して実施することとした。

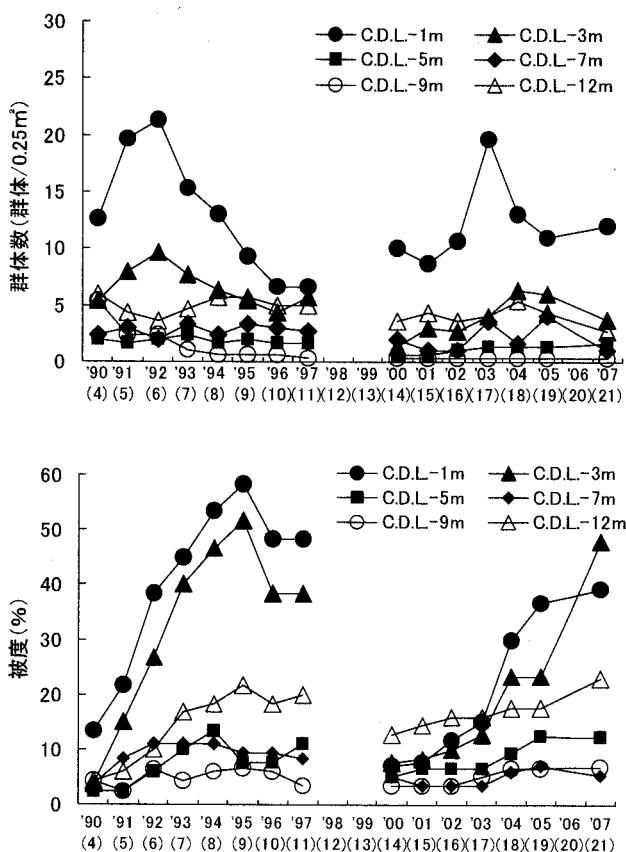


図-5 人工構造物における定点調査結果  
(上は群体数、下は被度)

## (2) サンゴ群集の保全・再生技術開発調査

サンゴ群集の保全・再生技術開発調査は、これまでに実施した技術開発調査成果をもとに、順応的管理に基づく技術開発のための調査計画を示した。那覇港では1999年からコンクリートブロック表面の凹凸加工によるサンゴ群集着生促進技術であるエコブロック（図-6）に関する統一的・継続的な調査を実施している<sup>18)</sup>。図-7にサンゴの群体数、被度の経年変化を示す。群体数は、基盤設置後数年は幼サンゴの加入により増加しているが、被度の増加に伴って群体数は減少している。このような現象は移植のモニタリング結果にもみられたため、初期の過程では群体数、それ以降は被度で評価するなどサンゴの成長過程に応じた評価の留意点を整理した（表-2）。

表-2 移植技術の評価における留意点

| 評価項目 | 留意点                                                                                                     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 群体数  | 移植・移築サンゴの群体数の増減を確認し、技術の適用性を評価する。短期的に群体数が減少する場合は、移植環境の不適や固定不良が想定される。長期的に群体数が減少する場合は、被度の増加に伴う競合による場合がある。  |
| 被度   | 移植・移築サンゴの被度の増減を確認し、サンゴの成長の状況から技術の適用性を評価する。単位面積当たりの群体数は被度が増加する過程で移植当初より減少するため、長期モニタリングでは被度を指標とすることが望ましい。 |
| 成長状況 | サンゴは立体的に成長するため、移植・移築後の成長量を評価するためには被度だけでは不十分な場合がある。群体の長径、最大高さを計測し、技術の適用性の評価に加えることが望ましい。                  |
| その他  | 移植・移築先に元々生育していたサンゴまたはモニタリングの過程で新規加入したものについては、移植・移築サンゴと分離して評価する。                                         |

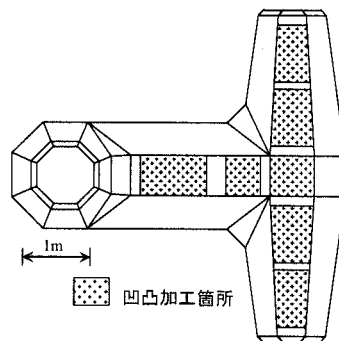


図-6 那覇港に導入されたエコブロック (40t)

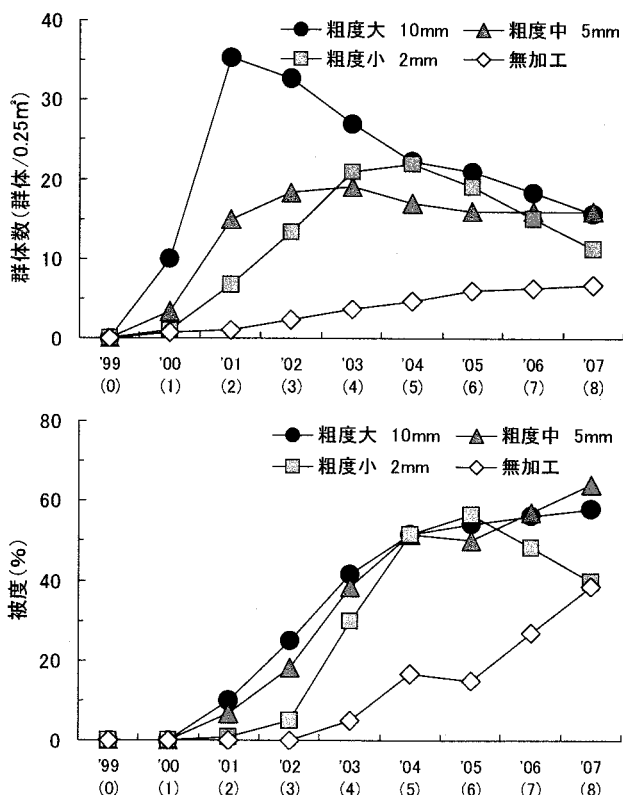


図-7 エコブロック調査結果

(上図：群体数、下図：被度；粗度は凹凸の大きさ)

## 5. 評価基準設定の考え方

本手引きでは、重要な要素の一つである評価基準についての具体的な設定方法を整理するには至らなかった。評価基準は、表-1に基づき可能な限り定

量的であることが望ましく、今後次のような観点から検討を行う必要がある。

サンゴ群集の着生基質の形成技術は主にサンゴやその他の生物が自然に加入することを期待したものであり、対照区となる従来型の構造物や部材に比べてサンゴの加入量やその後の成長が向上することが基本的な成功判定基準の目安になると考えられる。あるいは、技術が適用された港湾における蓄積されたデータ（健康診断、技術開発調査結果）に基づき、例えば図-5にも示したように、何年間でどの程度の被度になるかを目安に基準を設定することができる。

しかしながら、サンゴ群集の移植・移築技術については、過去の事例に対照区概念はみあたらない。そのため、移植が成功したかどうかを判定するには至っておらず、種類別の歩留まりを相対的に比較して移植適性種を抽出するなどの評価に留まっている。このことから、今後は対照区概念を調査に盛り込んで、客観的な評価を行っていくことが重要と考えている。このようなデータを蓄積することで、歩留まりに関する基準を見いだせると考えられる。

## 6. おわりに

手引きが完成し、統一的・継続的な調査によるサンゴ礁と共生する港湾整備への取り組みが可能になった。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設ける必要がある。評価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管理手法の改善を進めることで、サンゴ礁と共生する港湾整備を順応的に推進することが可能になる。一方で、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活用するとともに、フィードバックできる仕組みを構築することも重要と考えている。このような取り組みに先駆けて、まずは下記のホームページで本手引きをダウンロードできるようにして、外部からの意見を随時受け付けている。

●<http://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/index.html>, 2008年3月現在, 「みなとそら」→「トピックス」

また、今後の施策展開においては、自然再生推進法（2003）等にも示されているように、多様な主体の連携による取り組みを行うことが望まれている。これについては、平成18年2月に石西礁湖自然再生協議会<sup>20)</sup>を発足させて、多角的な側面から石西礁湖の自然再生活動を開始したところである。

謝辞：「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き」は、「サンゴ礁と共生する港湾整備検討委員会」での検討を経て作成したものである。ここに記して関係者各位に深く感謝を申し上げる。

## 参考文献

- 1) 運輸省港湾局編：環境と共生する港湾－エコポート－、大蔵省印刷局、87p、1994。
- 2) 国土交通省港湾局監修：海の自然再生ハンドブック 第4巻 サンゴ礁編、ぎょうせい、103p、2003。
- 3) Akakura, Y., Hanashiro, S., Urabe, S., Machara, H., Ono, M., Mizoguchi, T. and Yamamoto, H. : Various contrivances for restoration of coral assemblages in harbor development projects: A report. Proc. 10th Int. Coral Reef Symp. Naha, pp.1651-1656, 2006。
- 4) 国土交通省港湾局編：港湾行政のグリーン化 今後の港湾環境施策の基本的な報告（交通施策審議会答申）、（独）国立印刷局、125p、2005。
- 5) 国土交通省港湾局監修：順応的管理による海辺の自然再生、294p、2007。
- 6) 東京湾環境情報センターHP, <http://www.tbeic.go.jp/>, 2008年3月現在。
- 7) 環境省、日本サンゴ礁学会：日本のサンゴ礁、375p、2004。
- 8) 沖縄総合事務局開発建設部：沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き、143p、2007。
- 9) 竹田哲、前川進、比嘉静秀、鈴木信也、高橋由浩、長倉敏郎、岩村俊平：港湾におけるサンゴの健康診断調査と技術開発調査手法、日本サンゴ礁学会第8回大会要旨集、p.132、2006。
- 10) (財) 港湾空間高度化センター：港湾分野の環境影響評価ガイドブック、316p、1999。
- 11) 森田晋、田淵郁男、前原弘海、進明男、児玉理彦、山本秀一：サンゴの人工構造物への着生状況、海岸工学論文集、Vol. 39, pp. 1001-1005, 1992。
- 12) 山本秀一、高橋由浩、住田公資、林輝幸、杉浦則夫、前川孝昭：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、Vol. 49, pp. 1186-1190, 2002。
- 13) 花城盛三、具志良太、高橋由浩、山本秀一、田村圭一：港湾におけるサンゴ移植技術、日本サンゴ礁学会第7回大会講演要旨集、p. 25, 2004。
- 14) 花城盛三、山本秀一：沖縄の港湾整備におけるサンゴ群集再生事業、環境技術、Vol. 34, No. 5, pp. 327-331, 2005。
- 15) 石井正樹、前幸地紀和、大村誠、山本秀一、高橋由浩、田村圭一：平良港におけるサンゴ群集に配慮した環境修復技術、海岸工学論文集、Vol. 48, pp. 1301-1305, 2001。
- 16) 日本サンゴ礁学会：造礁サンゴの移植に関するガイドライン、<http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/>, 2008年3月現在。
- 17) 岩上淳一、宮井真一郎、栗田一昭、尾崎幸男、山本秀一、高橋由浩：サンゴの人工構造物への着生状況-2、海岸工学論文集、Vol. 42, pp. 1206-1210, 1995。
- 18) 三宅光一、甲斐広文、宮里高広、國吉啓太、山本秀一、田村圭一、岩村俊平：人工構造物の表面加工によるサンゴ群集着生促進効果の評価、海岸工学論文集、Vol. 53, pp. 1106-1110, 2006。
- 19) Ooka, S., Hanashiro, S., Gushi, R., Urabe, S., Hayashi, N., Takahashi, Y. and Yamamoto H. : Growth of coral assemblages on artificial structures and surrounding natural substrates. Proc. 10<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp. Naha. pp.91-98, 2006。
- 20) 石西礁湖自然再生協議会HP <http://shizensaisei.com/>, 2008年3月現在。