

サンゴの人工構造物への着生状況ー3

吉見昌宏* ・与那覇健次** ・片岡真二***
山本秀一**** ・高橋由浩**** ・田村圭一****

1. はじめに

那覇港では外海に面した防波堤周辺にサンゴの着生が確認され、港湾構造物が単に防災上の効果ばかりでなく、周辺の生物生産の再生に寄与している可能性が示唆された。このため、防波堤におけるサンゴの着生過程および増殖の可能性について調査し、その結果は森田ら(1992)、岩上ら(1995)、Iwakami et al. (1995) によって報告されている。しかし、サンゴの着生過程および増殖過程については初期の過程を把握するにとどまっている。

また、サンゴ礁が有する多種多様な機能を考慮すると、港湾とサンゴ礁との共生手法に関する総合的な検討は非常に重要な課題である。

本報は、以上の状況をふまえ、引き続き実施したサンゴの人工構造物への着生過程、増殖手法に関する追跡調査結果を報告するとともに、これらの結果をもとに検討した「サンゴの着生に配慮した構造物の計画手法」について紹介するものである。

2. 調査内容

(1) サンゴ着生過程

図-1に示す新港第一防波堤のサンゴの着生過程に関する調査区(1986年施工区域)では、1990年から1997年までの8年間にわたり同一地点のサンゴ着生状況の経年的変化を観察している。調査対象水深は、D.L.-1, -3, -5, -7, -9, -12mの6水深帯とした。調査方法は、調査初年度(1990年度)に設定した50cm×50cmのコドラートを対象とした潜水目視観察とした。調査項目はサンゴの被度、種類数、群体数、最大径とし、水深ごとに3点ずつの調査を実施した。サンゴの同定は目視観察で可能な範囲とし、造礁サンゴを対象として行った。

(2) サンゴ増殖手法

a) サンゴの増殖と基質形状に関する調査

図-1に示すサンゴの増殖と基質形状に関する調査区では、人工構造物の基質形状とサンゴの着生との関係を見るための現地実験を実施している。実験条件は、図-2に示すように、第一実験区(1990年施工)は異形ブロック表面に四角形および三角形の凸部を設けたものであり、第二実験区(1991年施工)は三角形および台形の凹

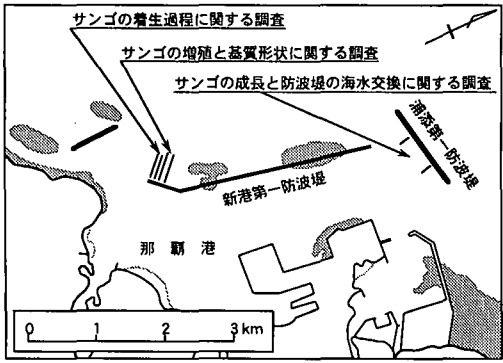


図-1 調査地点位置図

	加工区形状	設置水深 (D.L.)
第一次実験 1989年設置 1990年施工	角材区 1cm 1cm	上層: -3m
	筋区 1cm	下層: -9m
	平滑区	
第二次実験 1991年設置 および施工	三角溝 (大) 22mm 42mm 7mm 14mm	上層: -3m
	三角溝 (小) 19mm 18mm 3mm 8mm 38mm 12mm	中層: -5.5m
	台形溝 (大) 台形溝 (小) 無加工	下層: -9m

図-2 サンゴ着生実験条件

* 正会員 沖縄総合事務局那覇港湾空港工事事務所建設専門官
** 沖縄総合事務局那覇港湾空港工事事務所係長
*** 正会員 港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所部長
**** 株式会社エコー 環境・計画部

部を設けたものである。各実験区におけるサンゴの群体数の推移を潜水目視観察により調査した。

b) サンゴの育成と防波堤の海水交換に関する調査

図-1に示す浦添第一防波堤のサンゴの成長と防波堤の海水交換に関する調査区では、海水交換効果がサンゴの育成に及ぼす影響について調査を行った。調査地点は図-3に示す2区間を対象とした。区間①は通水部が54

mと広い区間で、通水部から9m, 27m, 45m地点で調査を行った。区間②は通水部が0.2mと狭い区間で、通水部から0.5m, 4.5m, 9.0mの地点で調査を行った。

調査対象水深はD.L.-1, -3, -5mとし、コドラート内(縦50cm×横100cm)のサンゴの被度、最大高について潜水観察による調査を行った。なお、最大高は、壁面からの垂直方向の最大値を測定した。

(3) サンゴの着生に配慮した構造物の計画手法

那覇港におけるサンゴの着生状況と環境条件との関係、サンゴの生態に関する一般的な知見、沿岸域生態系の保全・創造・利用事例をもとに、サンゴの着生に配慮した構造物の計画手法を整理した。

3. 調査結果および考察

(1) サンゴ着生過程

サンゴの着生過程に関する調査区におけるサンゴ群落の被度、種類数、群体数、最大径の水深別経年変化を図-4に示す。また、サンゴの種類を属別にみた場合の被度の水深別経年変化を図-5に示す。

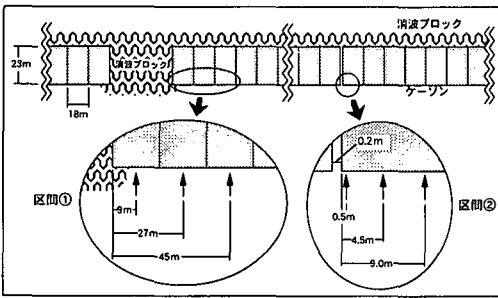


図-3 サンゴの成長と海水交換に関する調査地点

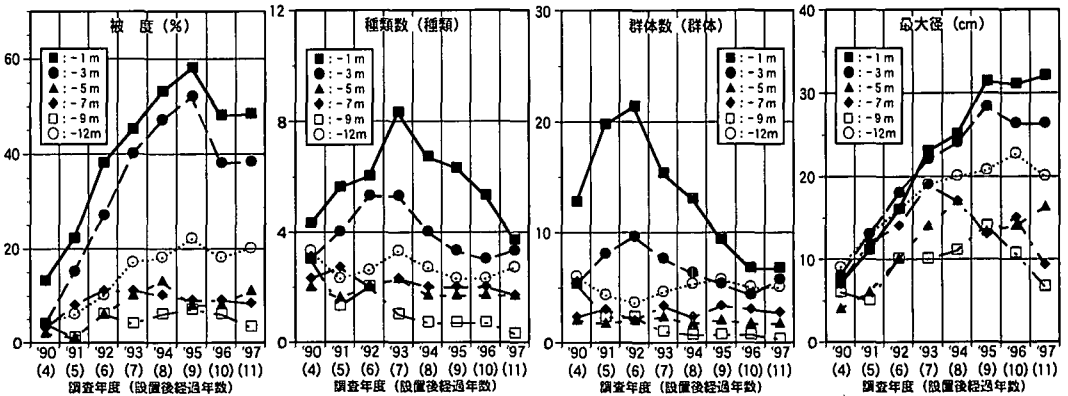


図-4 成長状況の水深別経年変化

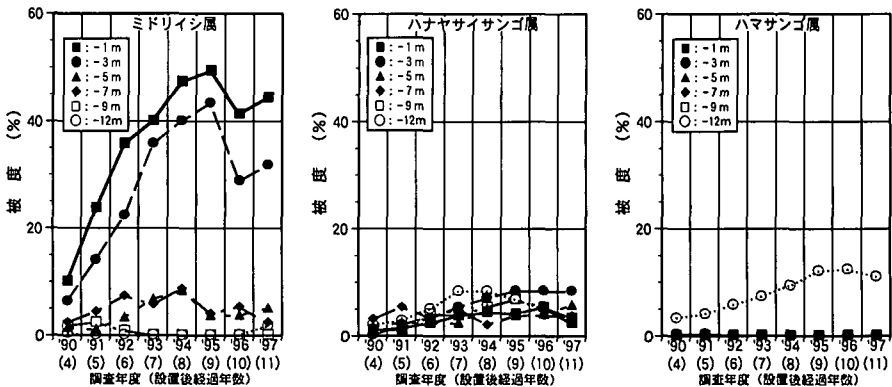


図-5 属別被度の水深別経年変化

水深別経年変化をみると、被度、種類数、群体数、最大径ともに D. L.-3 m 以浅において値が大きい。被度・最大径は施工後 9 年目まで増加し、被度は年間 10% ずつ増加し、最大径は 30 cm 程度まで成長している。種類数・群体数は設置後 6 年目前後をピークとして減少しており、初期に着生したサンゴが成長するに従い、群体間に競争がおり、弱い種類や群体が淘汰されているものと考えられる。また、施工後 9 年目以降は被度の増加は認められず、最大径の増大や群体数の顕著な増減が認められないことから、成育した群体の破損・流出・死亡と新たな群体の加入・成長とがバランスしているものと考えられる。

D. L.-5 m 以深においては、被度・最大径は設置後 7 年目以降安定しており、被度は 5～20% 程度、最大径は 10～20 cm 程度である。種類数・群体数も同様の傾向である。しかし、周囲の天然礁においては、D. L.-5 m 以深でも高被度の分布がみられるため、今後増加する可能性があり、継続して調査を実施する必要があると考えられる。

属別にみると、ミドリイシ属は D. L.-3 m 以浅において急速に被度が増加しており、深い水深帯では成育速度が遅い。ハマサンゴ属は D. L.-12 m の深い水深帯において緩やかに成長しており、浅い水深帯ではほとんど着生していない。ハナヤサイサンゴ属は水深による被度の差が小さく、被度の増加は緩やかである。以上の結果から、那覇港防波堤前面に新たな基質を投入すると、D. L.-3 m 以浅においてはミドリイシ属のサンゴが急速に成長し、D. L.-5 m 以深においては、ミドリイシ属、ハナヤサイサンゴ属、ハマサンゴ属のサンゴが緩やかに成長することが示唆される。

(2) サンゴ増殖手法

a) サンゴの増殖と基質形状

第一実験区における加工区別サンゴ着生状況（1 加工区当たりの平均群体数）の経年変化を図-6 に示す。サンゴの群体数は、角材区>筋区>平滑区の順であり、粗度が大きいほど多い傾向を示し、着生基質表面に粗度を設けることによるサンゴの着生促進効果が認められる。この効果は基質表面の凹凸によって生じる乱れや滞留域が、サンゴの初期着生を促進させるとともに、凹凸によってできる隙間がウニ・魚類等の生物による捕食から幼体を保護していることによって生じていると考えられる。

第二実験区における加工タイプ別サンゴ着生状況を図-7 に示す。施工後 6 年目におけるサンゴの 3.6 m²あたりの群体数は、三角(大)：41 群体>無加工区：36 群体>台形(大)：33 群体>台形(小)：26 群体>三角(小)：22 群体となっている。無加工区における群体数が 2 番目も多く、着生基質表面の加工によるサンゴの着生促進効果

は明確でない。しかし、加工タイプ別で比較すると、三角(大)や台形(大)の様に溝が深いタイプでやや多く、溝の浅いタイプで少ない傾向が認められる。

b) サンゴの成育と防波堤の海水交換

図-8 に通水部からの距離とサンゴの被度・最大高を示す。通水規模が大きな区間①の被度の平均値は、距離 9 m で 33.3%、距離 27 m で 21.7%、距離 45 m で 30.0% であり、通水規模が小さな区間②では、距離 0.5 m で 43.3%、距離 4.5 m で 36.7%、距離 9 m で 20.0% となっており、区間①では通水部からの距離とサンゴの被度との関係は明確でない。最大高についてみると、区間①では、距離 9 m で 15.7 cm、距離 27 m で 18.7 cm、距離 45 m で 6.7 cm であり、区間②では、距離 0.5 m で 14.3 cm、距離 4.5 m で 14.3 cm、距離 9 m で 6 cm となっており、どちらの区間も通水部付近において着生しているサンゴの高さが大きい傾向がみられる。これは、写真-1 に示すように通水部周辺においては散房花状や樹枝状の立体的な群体形のサンゴの比率が高く、通水部から離れるにしたがってこれらのサンゴの比率が低くなり、代わり

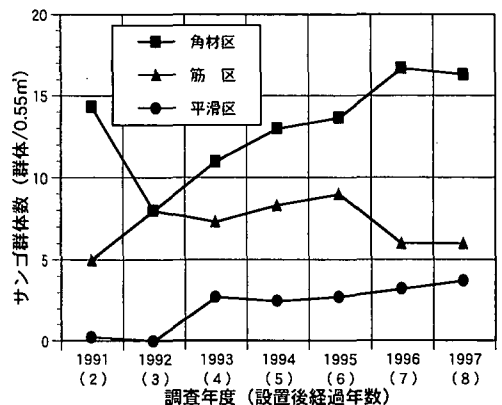


図-6 第一実験区：加工区別サンゴ着生状況

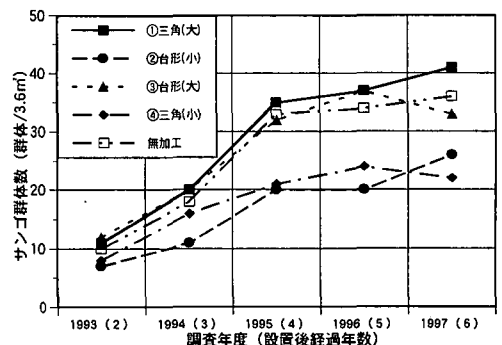


図-7 第二実験区：加工区別サンゴ着生状況

に被覆状や塊状のサンゴの比率が高くなるためである。立体的なサンゴは平面的なサンゴと比較して現存量が多く、景観に優れ、空隙が多いため魚類や他の生物の生息場として高い機能を有していると考えられる。

このような高い機能を有する散房花状や樹枝状の立体的なサンゴの増殖手法として海水交換の促進が有効であることが示唆される。

(3) サンゴの着生に配慮した構造物の計画手法

サンゴ礁は、漁場機能、生物の共生機能、環境浄化機能、景観機能、防災機能、二酸化炭素の循環機能等の様々な機能を持つことが知られており(土屋, 1996)、港湾とサンゴ礁との共生は非常に重要な課題である。そこで、サンゴの人工構造物への着生過程や増殖手法に関する追跡調査結果、サンゴの生態に関する一般的な知見、沿岸域生態系の保全・創造・利用事例をもとに図-9に示すフローの「サンゴの着生に配慮した構造物の計画手法」を整理した。

対象港湾の選定では、サンゴ礁の分布域である琉球列

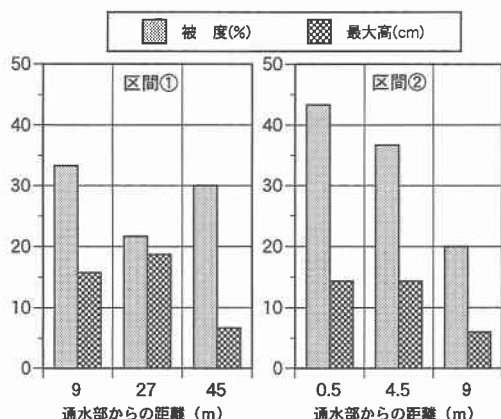


図-8 サンゴの育成状況と通水部からの距離

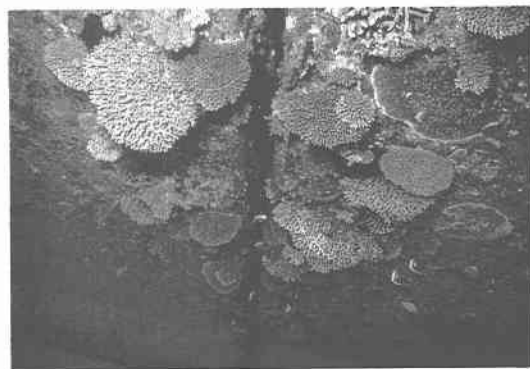


写真-1 通水部におけるサンゴ育成状況

島以南に位置する港湾を対象とすることとした。基本方針については、現存するサンゴ礁は可能な限り保全すること、サンゴの生息環境を維持改善するとともに着生基質の追加によりサンゴの成育面積を拡大すること、サンゴ礁を利用した親水空間の整備についても検討すること等の方針を設定することとした。

対象海域周辺の現況把握・評価では、将来の対象地周辺の計画・利用状況等の社会環境調査とサンゴ分布調査・環境条件(波浪、流況、地形、水質、底質)調査を行い、計画適地選定を行うための評価基準を検討することとした。評価基準は、那覇港における環境条件とサンゴの分布との関係を参考とした(岩上ら, 1995)。一例として、図-10に那覇港の異形ブロック上におけるサンゴの被度と波浪条件との関係を再整理したものを示す。波浪条件は、設計沖波(50年確率波)を波浪変形して求めた堤体前面波高($H_{1/3}$)を用いて整理している。この結果をみると、人工構造物上でサンゴの被度が高いのは、設計波高で7~11mの範囲である。このような検討により、サンゴの保全・創造に関する適地を外力条件により予め評価することが可能であると考えられる。

計画の検討では、実施場所・時期の検討、手法の検討を行い、総合的な配置計画を検討するとともに整備後の維持管理について検討することとした。

実施場所の検討については、対象海域の現況把握・評

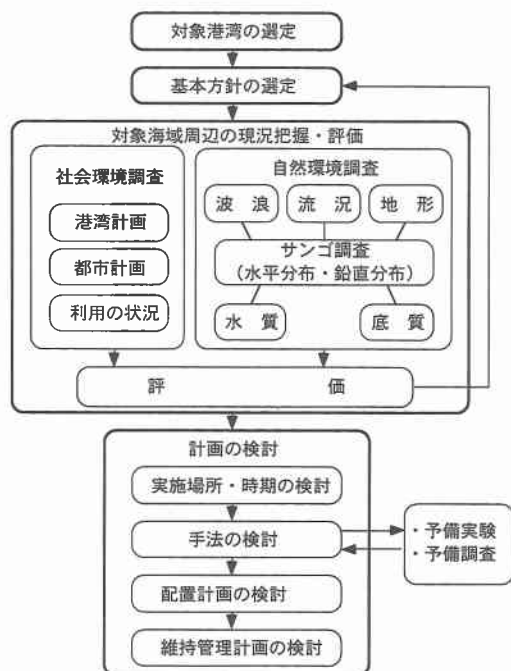


図-9 サンゴの着生に配慮した構造物の計画フロー

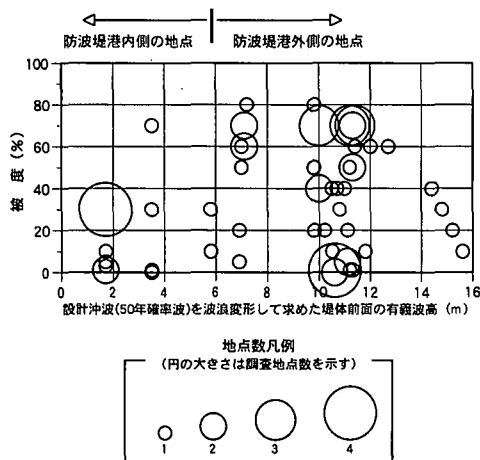


図-10 サンゴの被度と波高との関係

価の結果をもとに適地を選定することとした。那覇港の構造物周辺における適地選定の例としては、①50年確率波高が7~11mの範囲、②事業後、早期に効果が確認できると考えられる水深D.L.-5m以浅の水深帯、③濁りの多い河口部および港奥部以外の場所、④直立壁においては日当たりの良い南向きの場所、⑤サンゴ礁の面積を拡大するためには砂礫底で着生基質が存在しない場所等があげられる。

実施時期については、関連する整備計画に応じて検討し、予備実験等を行いながら段階的に計画することとした。また、着生基質の投入・整備により新たなサンゴ礁の創造を図る場合には、プラヌラ幼生の浮遊時期（沖縄では6~8月（山里, 1991））に合わせて実施することが望ましいとしている。

手法の検討・配置計画の検討では、サンゴの増殖と基質形状に関する調査や、防波堤の海水交換に関する調査より得られた結果をもとに、「ブロックの凹凸加工」、「サンゴの移植」、海水交換の促進を目的とした「通水型ケーソン」、サンゴの育成の速い浅場面積を増やす「マウンドのかき上げ」等を示した。

手法の選定と配置計画は、対象海域周辺の現況把握と評価をもとに、予備実験・予備調査の結果を反映させて行うこととした。

維持管理計画では、サンゴの育成状況と水質環境との関連、周辺の生物相、オニヒトデ等の外敵生物の生息密度等を把握するためにモニタリング調査を実施し、必要に応じて水質環境条件・外敵生物を対象に適正な管理を行うこととした。

4. おわりに

1989年度から始めた一連の調査によって、人工構造物におけるサンゴ礁生物群集の形成はかなり速やかであることが判明した。また、着生基盤の凹凸加工等を工夫したり、海水交換効果に着目することで、初期着生・初期成長を促進することも判明した。さらに、環境条件とサンゴの着生過程については、波浪や光条件との関係を整理して、サンゴの着生に適した区域を想定することが可能になった。これらを取りまとめて、亜熱帯域における沿岸域整備とサンゴ礁との共生に関する計画手法を整理することができた。

今後はこれらの手法を実施に移し、モニタリング調査を通じて改善方策を模索する計画である。

参考文献

- 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 (1995): サンゴの人工構造物への着生状況-2, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 1206-1210.
- 土屋 誠 (1996): サンゴ礁の生態系機能とその保全, 海洋と生物, Vol. 18, No. 3, pp. 183-188.
- 森田 晋・田淵郁男・前原弘海・進明男・児玉理彦・山本秀一 (1992): サンゴの人工構造物への着生状況, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 1001-1005.
- 山里 清 (1991): サンゴの生物学, 東京大学出版会, 150 p.
- Iwakami, J., I. Murayama, K. Kurita and Y. Ozaki (1995): The State of Coral Attachment and Growth at Naha Port, Okinawa, Japan., International Symposium on Coastal Ocean Space Utilization (COSU '95) Proceedings, pp. 171-180.