

F-5 サンゴ礁生物多様性保全地域の選定に関する研究

(1) 保全すべきサンゴ礁生物多様性の探索

独立行政法人水産総合研究センター

西海区水産研究所石垣支所生態系保全研究室

澁野拓郎・高田宜武

東京大学大学院農学国際専攻

佐野光彦

東京海洋大学海洋生物資源学科

大葉英雄

島根大学汽水域研究センター

堀之内正博

(財) 自然環境研究センター

木村 匡・下池和幸

<研究協力者>

独立行政法人国際農林水産業研究センター水産部

藤岡義三

独立行政法人水産総合研究センター

西海区水産研究所石垣支所生態系保全研究室

阿部 寧・橋本和正

琉球大学大学院理工学研究科

中村洋平

平成 15～17 年度合計予算額 42,579 千円

(うち、平成 17 年度予算額 11,183 千円)

〔要旨〕石垣島周辺の、岸近くに裾礁が発達した宮良湾、石西礁湖中心部のシモビシ、外洋に面した堡礁外縁部のカタグラーの計 223 地点で、サンゴ礁生物群集（サンゴ・魚・海藻（草））を対象に潜水調査を行った。サンゴでは、被度は底質が岩礁で水深の浅い所ほど高かった。出現種数と多様度指数（H'）は水深が深い所で高かった。分布パターンは宮良湾とカタグラーで明瞭な帯状分布を示したが、シモビシでは不明瞭であった。魚類では、宮良湾では様々な地形的環境に対応して狭い範囲に多様な種類が生息していた。シモビシでは宮良湾の礁池内とほぼ同じ種組成がみられた。カタグラーでは出現種数が最も多かったが、礁湖内は水深が深く、宮良湾礁池内の種組成とは大きく異なった。海藻（草）類では、分布には「着生基質の種類と安定度」、「波当たりの強さ」、「干出（+水深）」が大きく影響していることがわかった。安定した着生基質が少ないサンゴ礁では、枝状サンゴの枝間が海藻の優れた着生基質となっていた。枝状サンゴ群集域はサンゴ礁生物群集の関連性からみると保全すべき重要なサンゴ礁生態系の一つであるといえる。置換不能度の解析で優先的保全地点を抽出したところ、生物群によって地点の分布が異なった。生物群集の組成を調べると 223 地点は 12 の群集に類別され、これら群集の指標種を抽出した。群集の分布は環境傾度（岩盤被度、砂被度、SPSS、水深）によってある程度は説明できた。群集要素を保全単位にして置換不能度を得点化することで、保全地域のデザインの優劣を比較できた。

サンゴ域とともに海草藻場を保全することで魚類の多様性を高く維持できることがわかった。その場合、保全対象となる海草藻場には必ずしもサンゴ域が隣接する必要はなく、また、外洋の影響が強い場所、陸域の影響が強い場所のどちらかで代償可能である。石西礁湖内で海草藻場魚類の多様性を高く維持するためには、西表島東岸・小浜島西岸・小浜島東岸・竹富島西岸、あるいは西表島東岸・小浜島西岸・小浜島東岸・竹富島西岸・竹富島東岸の組み合わせが適していた。

[キーワード] サンゴ礁保全地域、造礁サンゴ、海藻、魚類、海草藻場

1. はじめに

東南アジアをはじめ、世界的な規模でサンゴ礁の減少・衰退が進んでおり、サンゴ礁の保全は国際的にも重要な緊急課題となっている。我が国では「自然公園法」の枠のもと、特に優れた海中景観を持つ海域を「海中公園地区」に指定し保全施策を実施してきた。しかし、2003年4月施行の新「自然公園法」では自然公園を生物多様性保全の重要地域として位置づけ、「海中公園地区」に関して生物多様性保全の観点から場所の見直しが図られようとしている。

サンゴ礁における保全地域の選定に当たっては、そこに生息する生物群集相互の関係を理解しながら、サンゴ礁生態系の特徴である高い生物多様性を維持しうるサンゴ礁生物群集の構成要素と生息環境要因との関連に基づいて決定する必要がある。

2. 研究目的

本課題では、世界的にも貴重なサンゴ礁が広がる沖縄県八重山諸島において、サンゴ・魚類・海藻（草）類のサンゴ礁生物群集構造とサンゴ礁の海域特性との関係を把握するために、河川等から陸起源物質の供給を強く受ける石垣島周辺部のサンゴ礁、外洋水の影響が強い石西礁湖外縁部および中間的なサンゴ礁として石西礁湖の中心部に定点を設け、潜水調査を行い、それぞれの生物群集について分布特性（着生、基質、種組成、生息密度、被度）を明らかにするとともに、生物群集のそれぞれのサンゴ礁環境の利用のし方について比較研究を行う。これらの結果から、サンゴ礁の各構成要素の機能を明らかにすることに加え、サブテーマ2のサンゴ礁の物理化学的環境要因に関する課題の結果と合わせて解析することにより、サンゴ礁生態系の特徴である高い生物多様性を維持しうる生物群集構造と生息環境要因について明らかにし、サンゴ礁生物多様性保全地域選定のための具体的な施策への提言を行うことを目的とする。

また、サンゴ礁の内側の浅所には大規模な海草藻場がしばしば発達している。このような海草藻場は、サンゴ域（造礁サンゴが繁茂している場所）にすむ魚類の一部の採餌場などとして利用されていることが知られており、また、サンゴ域にはみられない魚類が海草藻場には生息している可能性があることも指摘されている（Nakamura & Sano¹⁾, Dorenbosch ら²⁾）。もしそうなら、海草藻場をサンゴ域とともに保全することは、サンゴ礁生物多様性の維持に大きく貢献するものと考えられる。そこで、まず、サンゴ礁の魚類が海草藻場をどのように利用しているのかを調べ、さらに、海草藻場とサンゴ域の位置関係（隣接するかしないか）や、外洋または陸域の影響を受けることにより、生息する魚類群集の構造にどのような違いがあるのかを明らかにすることによって、どのような海草藻場を保全すべきか、明らかにする。それらの結果をもとに、実際、石西礁湖のどの場所にある海草藻場を保全すべきなのか解明する。

3. 調査方法

調査地として、河川等から陸起源物質の供給を強く受けるサンゴ礁として石垣島宮良湾、外洋水の影響が強いサンゴ礁として石西礁湖のカタグラー、中間的なサンゴ礁として石西礁湖の竹富島と小浜島の間にあるシモビシを選んだ（図1）。石垣島の南部の宮良湾では、海岸近くに発達し

た裾礁がみられる。磯辺川、宮良川の2本の河川が流れ込んでおり、激しい降雨時にはこれらの河川から大量の赤土が湾内にもたらされる。また、近くには大浜、磯辺、宮良の3集落があり、未処理の生活排水が流されている。八重山諸島の石垣島と西表島の間に広がる東西20km南北15kmに及ぶ海域は石西礁湖と呼ばれるわが国最大規模の堡礁である。この海域はサンゴをはじめとする海中生物及び景観の保護と利用を図るため1972年に西表国立公園区域に指定された。この中のシモビシは、竹富島と小浜島の間に位置する東西約2km、南北約1kmのサンゴ礁で、西表国立公園内でも特に景観のすぐれたところとして1977年に海中公園地区に指定された。カタグラーは堡礁の南東部の縁に当たり礁原部をはさみ南側は直接外洋に接しており、北側には礁湖が広がっている。

2002年9月に石垣島宮良湾で、2003年9月にシモビシで、2004年9月にカタグラーで生物群集と海洋環境に関して合同調査を実施した。各調査海域で、緯度・経度それぞれ0.1分間隔で格子点（宮良湾92調査地点、シモビシ63調査地点、カタグラー69地点）を設定し、各調査点に10mのラインを引き、両側各2mずつ（4m×10m）の範囲に出現する造礁サンゴ、魚類、海藻（草）類の種類、被度、個体数を記録した。造礁サンゴ類の被度は、4m×10mのベルト・トランセクト全体で測定したが、海藻類は10mライン上に出現した海藻の被度を測定した。各調査地点での調査時間は約45分間とした。また、10mのラインに沿って0.5m間隔で基質を調査するとともに、ライン周辺部で堆積物（SPSS解析用）を採集した。海洋環境調査のために満潮時に同じ調査点で採水を行った。

石西礁湖周辺の3地域223地点（宮良湾91地点、シモビシの63地点、カタグラー69地点）で得られたサンゴ類242種、魚類290種、海藻（草）類194種の在不在データを利用し、地点間のJaccard類似度を計算し、Ward法によるクラスター解析による群集の分類を行った。得られた類似度指数をもとに、Legendre & Anderson³⁾の方法でRedundancy Analysis (db-RDA)を行い、環境傾度を解析した。また、分類された群集の指標種をDufrene & Legendre⁴⁾の方法(IndVal)で抽出した。さらに、同じデータ（全726種）を用いてTsuji & Tsubaki⁵⁾の方法で3生物群集それぞれについて置換不能度を計算した。

海草藻場の魚類に関しては以下の4項目について調査を行った。

- (1) サンゴ礁の魚類の種多様性を高めるために、海草藻場を保全する必要があるか？
- (2) 海草藻場を保全する場合、近隣にサンゴ域が存在したほうがよいか？
- (3) 外洋の影響を強く受ける海草藻場と、陸域の影響を強く受ける海草藻場のどちらを保全したほうがよいか？
- (4) 石西礁湖の海草藻場を保全する場合、実際、どの場所の海草藻場を保全すればよいか？

項目(1)と(2)の調査は2005年7月と8月に、石垣島の北部と西部、および西表島の西部の3地域で行った（図2Aのサイト1から3）。それぞれの地域において、図2に示す4タイプのサンゴ礁を選出した。次に、各タイプのサンゴ礁内に設定した各観察区（図2BのAGからDC）に、1m×20mのトランセクトを7本ずつ設置し、各トランセクト内に出現した各魚種の個体数と成長段階（成魚と稚魚）を目視観察で記録した。生存サンゴ域と海草藻場が隣接しているか、していないかによって、双方の魚類群集の構造がどの程度異なるのかを明らかにするために、以下の2つの解析を行った。まず、優占種43種の観察個体数をもとに、トランセクトの組み合わせごとに類似度（Bray-Curtis index）を求め、多次元尺度構成法（Kruskal法）を行った。次に、優占

種 43 種について、生息場所に出現するパターンをもとに、下記のグループ分けを行った（表 5 参照）。①成魚と稚魚ともに生存サンゴ域で観察された魚種（サンゴ域専住魚グループ）、②成魚と稚魚ともに生存サンゴ域あるいは死滅サンゴ域で観察された魚種（准サンゴ域専住魚グループ）、③成魚と稚魚ともに海草藻場で観察された魚種（海草藻場専住魚グループ）、④稚魚は海草藻場で、成魚は海草藻場やサンゴ域で観察された魚種（准海草藻場専住魚グループ）、⑤稚魚は海草藻場で、成魚は生存サンゴ域あるいは死滅サンゴ域で観察された魚種（稚魚の成育場グループ）、⑥上記のいずれのグループにも属さない魚種（その他のグループ）。そして、それぞれのグループ（以下、これらのグループを生息場グループと呼ぶ）ごとに成魚と稚魚の出現パターンを 4 タイプのサンゴ礁間（タイプ A から D）で比較した。

項目（3）の調査は、2003 年 10 月と 2004 年 5 月に、外洋の影響が強い竹富島の東岸と西岸の 2 地点、および陸域の影響が強い石垣島宮良湾と名蔵湾の 2 地点で行った（図 3）。各海草藻場に 2 m×20m のトランセクトを 10 本ずつ設置し、各トランセクト内に出現した各魚種の個体数を目視計数した。一元配置分散分析により、トランセクトあたりの平均種数と個体数を、外洋の影響が強い海草藻場（竹富島東岸と西岸）と陸域の影響が強い海草藻場（宮良湾と名蔵湾）との間で比較した。また、魚類群集の構造が上記の 4 地点間でどの程度異なるかを明らかにするために、各地点で記録された各魚種の個体数に基づき類似度を求め、クラスター分析と多次元尺度構成法を行った。

項目（4）の調査では、まず、2004 年 7 月に、西表島東岸、黒島北岸、小浜島の西岸と東岸、および竹富島の西岸と東岸の計 6 地点に存在する海草藻場に（以下、これらの藻場をそれぞれ西表東、黒島北、小浜西、小浜東、竹富西、竹富東と呼ぶ）（図 3）、1 m×20m のトランセクトをそれぞれ 5 本ずつ設定し、各トランセクト内に出現した各魚種の個体数を目視計数し、各海草藻場の魚類群集構造を明らかにした。

次に、各海草藻場の種組成をもとに、これら 6 地点の海草藻場をさまざまに組み合わせることによって表現される種数を求め、各組み合わせにおいて表現できなかった種があった場合には、その種が海草藻場にのみ出現する魚かどうかを調べた。さらに、各組み合わせにおける多様度指数（Shannon-Wiener index: H' ）も算出し、海草藻場の魚類を実質的にすべて網羅して、かつ多様性も高く維持するには、最低限どこどこの海草藻場を保全すればよいのか、検討した。

4. 結果・考察

1) サンゴ礁生物群集の分布と生息環境

i) 造礁サンゴ

宮良湾、シモビシ、カタグラー 3 調査海域の環境として、水深、底質、シルトの堆積量（SPSS）を図 4 に示す。宮良湾は磯辺川と宮良川の 2 本の河川から続く深い礁水路により東部、中央部、西部に大きく 3 分割されている。西側の礁池は水深 2-3m で枝状サンゴ群集が発達しているが、東側の礁池は水深 1-2m と浅く、特に沖側には造礁サンゴ類が殆ど生育しない平坦な岩盤帯が広がっている。湾の中央部を岸から沖に向かうに従い、底質は岸近くの干潟を含む砂泥域、海草藻場がみられる砂地・サンゴ礫域、枝状サンゴ群集域から岩礁域へと順次変わる。SPSS は沿岸から礁水路にかけて非常に高い。シモビシの底質は、北側が水深 3-5m の砂地・サンゴ礫域で、大型の枝状サンゴ群集がパッチ状に分布している。中央部は水深 1m ほどのサンゴ礫域で、枝状サンゴ群集が

密に分布しているが、一部は干潮時に干出する。南側には礁斜面が形成され斜面の下で水深は10-15mになる。底質はサンゴ礫・死サンゴ岩盤で枝状サンゴ・テーブル状サンゴの被度が高い。SPSSは北西部から中央部に続く水路部と東端の水路部に沿ってやや高い程度で概ね低い。カタグラーは北側の礁湖内は水深7-9mの主に死サンゴ片が堆積した砂地で所々にパッチ状に高さ2-3mのサンゴ丘(coral knoll)がみられる。よく発達した礁原部は幅200-300mで、調査区域の北東部に造礁サンゴ類が殆ど生育しない平坦な岩盤帯(barren zone)が広がっている。礁縁部から沖に約200m離れると水深は20m程になる。SPSSは概ね低い。

各調査海域で出現した造礁サンゴの種数は、宮良湾で15科38属156種、シモビシで14科44属198種、カタグラーで15科54属232種、全体では15科54属297種であった。これらのうち不明種を除いた出現種リストを表1に示す。Veron⁶⁾などの最近の情報を整理すると、八重山群島海域には402種の造礁サンゴが分布すると考えられており(環境省・日本サンゴ礁学会⁷⁾)、その74%が今回の調査で確認されたことになる。環境の異なる3海域を調査海域に選定したことで、多様な環境に生息するサンゴを網羅することができたものと考えられる。

各調査海域における造礁サンゴの出現状況を図5に示す。3海域を通じて、渚近くや干出する地点などサンゴの生育に適さない場所を除き、サンゴ被度は底質に占める岩礁の割合が高くて水深の浅い場所ほど高い傾向にあった。一方、出現種数は水深が深い場所で多い傾向にあった。3海域のうちカタグラーの出現種数が最も多かったが、それは他の2海域では見られない環境である外洋に面した礁斜面の深場や比較的深い礁湖内で多くの種が出現したことによる。多様性指数(H')も水深が深いほど高い傾向があり、宮良湾では0~4.1、シモビシでは0~4.5、カタグラーでは0~5.6の範囲にあった。カタグラーの高い多様性指数は礁斜面に集中していた。

出現した全種についてサンゴ被度の分布図を作成し分布パターンを比較した。これらのうち特徴的な分布が見られた代表例を図6に示す。トゲホソエダミドリイシ *Acropora secale*、タマユビミドリイシ *A. anthocercis*、ホソダイノウサンゴ *Symphyllia recta*などは、カタグラーの礁斜面に帯状に多く分布し、宮良湾の礁斜面では僅かに分布したが、シモビシではほとんど出現しなかった。ヘラジカハナヤサイサンゴ *Pocillopora eoudouxii*、クシハダミドリイシ *A. hyacinthus*、コモンキクメイシ *Goniastrea retiformis*などは、礁縁から礁斜面にかけて多く分布した。コユビミドリイシ *A. digitifera*、サンカクミドリイシ *A. monticulosa*、リュウキュウノウサンゴ *Platygyra ryukyuensis*などは、宮良湾とカタグラーでは波が碎ける礁縁部に帯状に多く分布したが、シモビシでは南東部に分布が集中した。チヂミウスコモンサンゴ *Montipora aequituberculata*、オトメミドリイシ *A. pulchra*、ヒメマツミドリイシ *A. aspera*などは、宮良湾とカタグラーでは砕けた波が弱まる礁嶺・礁原内側に帯状に多く分布したが、シモビシでは礁池内に広く分布した。エダコモンサンゴ *Montipora digitata*、スギノキミドリイシ *Acropora formosa*、ハイマツミドリイシ *A. millepora*などは、各海域の礁池内の砂地・サンゴ礫域に広く分布した。このように、宮良湾とカタグラーでは明瞭な帯状分布のパターンがみられたが、シモビシでは不明瞭であった。これは、宮良湾には裾礁の地形が、カタグラーでは堡礁の地形がそれぞれ見られ、礁嶺・礁原を挟んで環境傾度が高いのに対して、シモビシは南東側がやや外海的な環境であるが、全体的には潮通しの良い内湾的な環境であるためと考えられる。

サンゴ群集の変遷に直接関係する死サンゴ被度と稚サンゴ密度を図7に示す。死サンゴ被度は、宮良湾では東側礁原の沖側と西側礁原の岸側の地点で高く、シモビシでは調査範囲の北西部で高

い傾向にあり、カタグラーでは北側でやや高かった。死亡の原因として、宮良湾はシルトの堆積や人的影響が、シモビシではテルピオス海綿による被覆が考えられた。保全の際にはこれらの対策が必要である。直径1 cm以下の稚サンゴ密度(群体数/m²)は、宮良湾の西側礁縁で最も多く、最高値は44であった。シモビシでは調査範囲の南東部で高く北西部でやや高い傾向にあり、最高値は7であった。カタグラーでは外洋に面する礁縁部と石西礁湖入り口に当たる西側の調査地点で高く、最高値は15であった。全般的に外洋に面する岩礁で幼群体数が多い傾向にあり、このような場所は新規加入によるサンゴ群集の回復が期待されるため重要である。

サンゴ群集からみた保全候補地として、カタグラーの礁斜面など種多様性の高い場所がまず挙げられる。サンゴ被度が高い場所は幼生の供給源として、またダイビングでの利用価値も高いため重要な保全候補地となる。このような場所は、宮良湾では西側礁原、シモビシでは南北に走る水路に沿った地点、カタグラーでは礁嶺の内側と礁斜面が挙げられる。宮良湾西側礁池、シモビシの北西部、カタグラーの礁嶺内側などでは、底質が礫で占められているにも関わらず、枝状ミドリイシ類を中心とした高被度群集が見られた。このようなサンゴ群集はサンゴの種多様性が低いため見落とされるかもしれないが、藻類の基質や、魚類の住処や餌を提供するため、生物相全体の多様性が上がることが期待される。また、宮良湾のように人的影響を含めた環境傾度が非常に高い場所はサンゴの生育に適さない場所も多く含まれるため保全候補地に選ばれにくい、他の生物群にとっては重要かもしれない。従って、保全候補地の選定にはサンゴ以外の生物相も含めた判断が必要である。

ii) 魚類

宮良湾、シモビシ、カタグラーに出現した魚類の個体数、種数、それらをもとにした多様度指数(H')について比較した(図8、9、10)。宮良湾では合計174種、4479個体の魚類が観察された。出現数の多い種は、多い順からルリスズメダイ517個体、オジロスズメダイ335個体、ネッタイスズメダイ249個体であった(表2)。出現種数の最も多かった調査地点は、西部の礁池内の枝状サンゴ群落広がっていた地点で最大39種を記録した。出現個体数の最も多い調査地点は西側の礁水路脇の枝状サンゴの間に海藻が繁茂している地点で253個体出現した。多様度指数(H')をみると、西部の礁池内の死サンゴ岩盤上に枝状サンゴ群落のみられた地点や、東部沖の礁嶺部の起伏の富んだ死サンゴ岩盤上に所々コリンボース状のミドリイシ群体がみられる地点が高かった。次いで、礁縁、礁斜面上部及び西側の礁水路周辺部、東部の礁池内で高い値を示した。

シモビシでは合計204種、13028個体の魚類が観察された。出現数の多い種は、多い順からネッタイスズメダイ2291個体、ルリスズメダイ1058個体、ミスジリュウキュウスズメダイ699個体、アツクチスズメダイ682個体であった。シモビシでは出現種数、個体数とも北東部の砂地を除き全体的に多かった。多様度指数(H')をみても2点を除き全体に高い値を示した。

カタグラーでは合計222種、6153個体の魚類が観察された。出現数の多い種は、多い順からネッタイスズメダイ454個体、デバスズメダイ444個体、ミスジリュウキュウスズメダイ385個体であった。出現種数の最も多かった調査地点は、礁原部北側の大型の枝状サンゴ群落広がっていた所で最大44種を記録した。出現個体数の最も多い調査地点は、礁湖内の水深6mの砂地に死サンゴ岩盤上を覆った大型の枝状サンゴ群落やコモンシコロサンゴの大型群体がパッチ状に点在した所で253個体出現した。多様度指数(H')は礁斜面上部、水深7-9mの礁湖内で死サンゴ岩盤上を覆った枝状サンゴ群体がパッチ状に点在していた所で高かった。

佐野⁸⁾、Sano⁹⁾、Shibuno ら¹⁰⁾に基づき、3地域で観察された魚類を生息場所、食性でグループ分けし、分布を比較した。

サンゴを隠れ家として利用したりサンゴポリブを餌とする、しっかりした立体構造を持った生きたサンゴとのつながりが非常に強いネッタイスズメダイ、ミスジリュウキュウスズメダイ、インドカエルウオ、アツクチスズメダイ、ミスジチョウチョウウオ、テングカワハギは、宮良湾では西側の礁水路を中心とした礁池内及び東側の礁水路からの駆け上がり部分の枝状・コリンボース状のサンゴ域に生息していた（図 11）。シモビシではほぼ全域にわたって生きたサンゴの被度が高く、北東部の砂地を除いた枝状サンゴ群集があるところには広く生息していた。カタグラーでは、これらの魚類は礁原北側の浅い生きたテーブル状・枝状サンゴ群集域に多く分布したが、ミスジリュウキュウスズメダイは礁湖内のやや深目の砂地・サンゴ礫域にパッチ状に分布する生きたテーブル状・枝状サンゴ群集域でみられた。

外洋からの波が直接当たる礁縁部の死サンゴ岩盤上に縄張りを形成する藻食性のフチドリズズメダイは、宮良湾の礁縁部から礁斜面上部に沿って分布していた（図 12）。シモビシでは宮良湾に比べて生息数は少なく南東部の斜面でしかみられなかった。カタグラーでも宮良湾と同様に礁縁部から礁斜面上部に分布していた。生きたサンゴとの関わりは少なく、サンゴ礁の広い範囲を移動しながら岩盤上の糸状藻類を摂餌するサザナミハギは、宮良湾、カタグラーでは礁嶺・礁原内側、礁縁部、礁斜面上部に分布していた。しかし、シモビシでは宮良湾、カタグラーに比べて出現数は少なく、南東部の斜面で主にみられただけであった。

生きたサンゴとのつながりは弱く、雑食性で広く移動することなく波当たりの弱い礁池内の死サンゴ岩盤上やサンゴ礫域でみられるルリスズメダイ、オジロスズメダイ、ミナミイソスズメダイは、宮良湾、シモビシではほぼ全域にわたって多数生息していた（図 13）。この3種の中で特にルリスズメダイの生息数が多かった。しかし、カタグラーではルリスズメダイは礁原北側の枝状サンゴ群集域や礁湖内のやや深目の砂地・サンゴ礫域にパッチ状に分布する生きたテーブル状・枝状サンゴ群集域に少数が分布していたに過ぎない。オジロスズメダイはわずか2個体みられただけであった。

礁池岸よりの死サンゴ岩盤の上面、大型の枝状ミドリイシ類の根本に縄張りを形成する藻食性のズズメダイ類のクロソラスズメダイ、大型のハナナガスズメダイとズズメダイモドキは、宮良湾では礁池内のコリンボース状・枝状のサンゴ域に生息していたがハナナガスズメダイを除き生息数は少なかった（図 14）。シモビシでは、クロソラスズメダイは全域にわたってみられたが生息数は少なかった。大型のハナナガスズメダイとズズメダイモドキはシモビシの北西部の大型枝状ミドリイシ群集域に多く生息していた。一方、カタグラーでは、クロソラスズメダイは礁湖内のやや深目の砂地・サンゴ礫域のパッチ状に分布する生きたテーブル状・枝状サンゴ群集域に分布していたが、大型の藻食性ズズメダイ類のハナナガスズメダイ、ズズメダイモドキはほとんどみられなかった。

肉食性で礁池内のサンゴ域、サンゴ礫域、砂地で移動しながら餌を探すハラスジベラ、ミツボシキュウセンは、宮良湾では礁池内のサンゴ域、サンゴ礫域に、シモビシでは分布の中心に違いはあるものの全域に生息していた（図 15）。カタグラーでは礁湖内のやや深目の砂地・サンゴ礫域に分布していた。サンゴ礁の礁池内のサンゴ礫が点在する砂地にある巣穴でテッポウエビと共生するヒメシノビハゼは、宮良湾では岸近くのサンゴ礫域に、シモビシでは北東部の砂地・サン

ゴ礫域に、カタグラーでは礁湖内のやや深目の砂地・サンゴ礫域に分布していた。

次に、水産有用魚種の分布を比較してみると、肉食性の魚類では、ハタ類は宮良湾の西部の枝状サンゴ群集域と、カタグラーの礁斜面に比較的多かった（図 16）。ヒメジ類はシモビシのサンゴ礫、砂地に多く、フエダイ・フエフキダイ類は着生場所である海草藻場がある宮良湾が多かった。藻食性魚類では、アイゴ類はシモビシ西部から中央部にかけての枝状サンゴ群集域に多かった。ブダイ類成魚はシモビシ全域とカタグラー礁原部に多数出現したが、全長 4cm 以下の幼魚は成魚の分布とは異なり、宮良湾、シモビシ、カタグラーの浅い枝状サンゴ群集域に多かった。これら藻食性魚類は、枝状サンゴの根本の死んだ部分に繁茂している藻類を餌としていた。ブダイ類成魚と幼魚の分布の違いは外洋の影響の少ない礁池内の枝状サンゴ群集域が幼魚の加入場所となっているからかもしれない。

以上の魚類の分布から 3 地域の特徴をみると、出現種数は 3 地域の中でカタグラーが最大であったが、シモビシではほぼ全域にわたってネッタイスズメダイを中心に多くのスズメダイ魚類が分布し合計個体数は他の地域の 2 倍以上にもなった。多様度指数 (H') は 3 地域とも枝状サンゴ群落がみられる場所で高かった。裾礁が発達した宮良湾では、岸から 1km 程の間に波当たりの強い礁縁部、礁嶺部から、礁池内の枝状サンゴ群集域、砂地、海草藻場まで様々な環境を備えており、それらに対応して様々な魚類が生息しているといえる。我が国最大の堡礁である石西礁湖のほぼ中心に位置するシモビシは、南側が外洋側に広く開けており、礁斜面、礁嶺部、礁嶺内側の砂地といったサンゴ礁池形がみられたにもかかわらず、宮良湾の礁池内に生息していた生きたサンゴとのつながりが強いスズメダイ類が全体にわたって優占していたことから、外洋の影響は少なく、シモビシ全体が礁池内の環境的特徴を備えているものと考えられる。一方、堡礁の外縁部に位置し外洋からの波の影響を絶えず受けているカタグラーは、礁斜面、礁縁部、礁原部、礁原部北側には枝状サンゴ群集域が発達し、さらに礁湖には所々にテーブル状・枝状のサンゴパッチがみられる砂地・サンゴ礫域が広がっていた。ここには、宮良湾と同様に様々な環境が備わっており 3 地域の中で最も出現種数の多い場所であった。しかし、礁湖は水深が深く、ミスジリュウキュウスズメダイを除き宮良湾の礁池内の浅所に生息するような魚類はほとんど出現しなかった。

サンゴ礁魚類の保全のためにはフエダイ・フエフキダイ類幼魚の着生場所である海草藻場を保全するとともに、多くの魚類の隠れ家、餌場を供給する枝状サンゴ群集域の保全が欠かせない。

iii) 海藻・海草

各調査海域に出現した海藻種数は、宮良湾で 161 種（緑藻 51 種、褐藻 19 種、紅藻 79 種、藍藻 6 種、海草 6 種）、シモビシで 115 種（緑藻 34 種、褐藻 19 種、紅藻 55 種、藍藻 7 種）、カタグラーで 106 種（緑藻 32 種、褐藻 21 種、紅藻 45 種、藍藻 7 種、海草 1 種）であった。3 調査海域全体では、195 種（緑藻 59 種、褐藻 26 種、紅藻 94 種、藍藻 9 種、海草 7 種）の海藻を確認した（表 3）。出現海藻種数は宮良湾で最も多かったが、調査地点数当たりの種数で比較すると、3 調査海域間には差が認められなかった（図 17）。しかし、3 調査海域の中で 1 海域のみに出現した藻類（海域限定種）の種数は、宮良湾で 56 種、シモビシ 11 種、カタグラーで 11 種であり、調査地点当たりの種数で見ると宮良湾が他海域に比べて 3 倍ほど多かった（図 18）。これは宮良湾における海藻の種多様性が高いことを示しており、宮良湾が他海域に比べ、河川、干潟、礁池、礁嶺、礁斜面、礁水路などの環境要素・地形（サンゴ礁生態系のサブユニット）を多く含有しているこ

とに起因していると思われる。

3 調査海域における調査地点毎の出現海藻種数と海藻被度を図 19、図 20 に示す。宮良湾では、出現海藻種数、被度はともに湾奥部の干潟と東西の礁水路で低かったが、海藻は広く分布していた。シモビシでは、海藻の種数・被度ともに北東部の砂礫底で低かったが、海藻はやはり全域に広く分布していた。カタグラーでは、海藻の種数は内側礁原のサンゴ礫・転石帯で低く、被度は北側の砂礫底で低かったが、海藻はやはり全域に広く分布していた。このように、サンゴ礁には一次生産者である海藻類が広く生育していることが分かった。

3 調査海域の海藻植生の特徴を、水域特性や地形などの環境要因と関連づけてまとめると次のようになる。陸域の影響が強い宮良湾では塩分、水温、栄養塩、河川由来の堆積物などの環境要因が陸から沖に向かって大きく変化し、この環境傾度並びに地形に対応して海藻が生育・分布していた（図 21）。一般に、海藻類は被砂泥に強いが、シルト堆積量（SPSS：宮良湾では主に赤土）に対する耐性は種によって異なっていた（図 22）。SPSS 値が 300 g/l を越すような干潟や礁水路の海底に生育していた海藻は非常に少なかった。宮良湾の干潟には海草藻場が、干潟から礁池にかけてはイワツタ類 *Caulerpa*、サボテングサ類 *Halimeda*（ヒロハサボテングサ *H. macroloba*、フササボテングサ *H. simulans*）、ハウチワ類 *Avrainvillea*、ハゴロモ類 *Udotea* などの緑藻類が、干潟や礁池の砂上に散在する小石やサンゴ礫上にはヒトエグサ類 *Monostroma*、アオノリ類 *Enteromorpha*、マガタマモ *Boergesenia forbesii*、カサノリ類 *Dasycladales*、アミジグサ類 *Dictyota*、ウミウチワ類 *Padina*、ハイオウギ *Lobophora variegata*、無節石灰藻類 *Melobesioideae*、イワノカワ類 *Peyssonnelia*、カタオゴノリ *Gracilaria edulis*、カイメンソウ *Ceratodictyon spongiosum*、ウブゲグサ *Spyridia filamentosa* などの小型海藻が生育・分布していた。宮良湾の東部と中央部の礁池の大潮干潮時に干出する岩盤帯では、ウミウチワ類、ホンダワラ類 *Sargassum*、マクリ *Digenea simplex* などの海藻が生育していた。東部の礁池では、所々に比較的大きなガラモ場（褐藻、ホンダワラ類の藻場）が形成されていた。このガラモ場の構成種は、ヤバネモク *Hormophysa cuneiformis*、ラッパモク *Turbinaria ornata*、タマキレバモク *Sargassum polyporum*、フタエモク *S. cristaefolium*、ホンダワラ属の一種の *S. echinocarpum*（和名なし）であった。これに対して、西部の礁池内に散在する枝状サンゴ群集の枝間には多くの海藻が繁茂していた。ここでの海藻種組成は、下述のシモビシの場合と似ていたが、宮良湾西部礁池の枝状サンゴ枝間には、比較的营养塩濃度が高いサンゴ礁でよく出現するサボテングサ *Halimeda opuntia* や藍藻の *Lyngbya* spp. が繁茂しており、この海域が陸域からの影響があることが推察された。

礁嶺には、アオモグサ類 *Boodlea*、キッコウグサ類 *Dictyosphaeria*、ウミウチワ類、無節石灰藻類、モサヅキ類 *Jania*、ソゾ類 *Laurencia* および *Chondrophyucus* などの潮間帯性あるいは浅所性海藻が生育していた。この潮間帯海藻植生は、カタグラーの礁原でも観察された。礁縁部から礁斜面にかけては、造礁サンゴが優占していたが、海藻も無節石灰藻類やイワノカワ類を中心に、比較的多くの小型海藻が生育していた。礁縁部～礁斜面上部には、外海性種のカタハノハネモ *Bryopsis harveyana*、スズカケツタ *Caulerpa nummularia*、サボテングサ属の一種の *Halimeda hederacea*（和名なし）、イソガワラ類 *Ralfsiales*、アナアキイシモ *Hydrolithon onkodes*、フォズリーイシモ *Neogoniolithon fosliei*、その他の無節石灰藻類、イワノカワ類、テングサモドキ *Gelidiopsis repens* などが生育していた。これらの外海性種の分布は、カタグラーの礁縁部周辺でも観察されたが、シモビシでは南東部の狭い範囲でのみ見られただけであった。

シモビシは、枝状サンゴ群集が優占している海域であったが、海藻の被度も高かった(図 23)。これは、枝状サンゴ骨格片からなるサンゴ礫上に、小型匍匐性海藻(ハイオウギ、コブイシモ *Hydrolithon reinboldii*、他の無節石灰藻、イワノカワ類など)が生育していたことと、枝状サンゴの枝間に海藻類が繁茂していたことによる。また、シモビシでは、岩盤上や死んだサンゴの表面に、アミジグサ属の一種の *Dictyota friabilis*(和名なし)や藍藻のオオヒゲソウ *Gardnerula corymbosa* が繁茂していた。枝状サンゴ枝間には、アミモヨウ類 *Microdictyon*、アオモグサ類、キッコウグサ類、バロニア類 *Valonia* と *Ventricaria*、イワヅタ類、サボテングサ類、ヒメヤハズ *Dictyopteris repens*、アミジグサ類、ウミウチワ類、ハイオウギ、ジガミグサ *Stypopodium zonale*、ソデガラミ *Actinotrichia fragilis*、モルッカイシモ *Lithophyllum pygmaeum*、ヒラタイシモ *L. bamleri*、他の無節石灰藻類、カニノテ類 *Amphiroa*、イワノカワ類、コケイバラ *Hypnea pannosa*、テングサモドキ類 *Gelidiopsis*、ニセイバラ *Coelothrix irregularis*、イギス類 *Ceramium*、ヒメカラゴロモ *Vanvoorstia spectabilis*、ソゾ類の一種の *Chondrophycus tranoi*(和名なし)、キクヒオドシ *Melanamansia glomerata*、タバクダモ *Symploca hydroides* などの多くの小型海藻が繁茂していた。

陸域の影響が少ないカタグラーは、東西によく発達した幅 200-300m の礁原を挟んで、①礁湖、②礁原、③礁斜面の 3 海域に区分され、その地形に沿った環境傾度に対応して、生物の成育帯も分割された(図 24)。礁原部北側の浅所では、シモビシと同様な高密度の枝状サンゴ群集が広がり、そこに生育していた海藻はシモビシと似ていた。

礁原部の造礁サンゴ類が見られない岩盤帯では海藻の出現種数はカタグラーで最も低かったが、東半分の礁原上では海藻の被度が最も高かった。ここには、アオモグサ類、シオミドロ類 *Ectocarpales*、ハイオウギ、ヒメハモク *S. myriocystum*、ハイコナハダ *Yamadaella caenomyce*、シマテングサ *Gelidiella acerosa*、コブイシモ *Hydrolithon reinboldii*、他の無節石灰藻類、モツレテングサモドキ *Gelidiopsis intricata* などの潮間帯性あるいは潮下帯浅所性海藻が生育していた。外側礁原～礁縁部並びに礁斜面の水深 10m 前後の縁脚部では、カタハノハネモ、スズカケヅタ、*Halimeda hederacea*、イソガワラ類、アナアキイシモなどの外海性種や、キッコウグサ類、マユハキモ *Chlorodesmis fastigiata*、コバノサボテングサ *Halimeda micronesica*、コサボテングサ *H. velasquezii*、*Dictyota friabilis*、ハイオウギ、ハイテングザ *Gelidium pusillum*、無節石灰藻類、イワノカワ類、ケヒメモサヅキ *Jania capillacea*、テングサモドキ属の一種 *Gelidiopsis* sp. などの小型海藻が生育していた。なお、礁斜面では、深所性のエツキシマオウギ *Zonaria stipitata* の生育が僅かに見られた。

このように、河川による陸域からの影響の大きい宮良湾や、大型の堡礁によって外海と内海が区切られたカタグラーでは、海域の環境傾度が大きく、それに対応した海藻植生が認められた。環境要因と関連づけて、海藻の分布様式を見てみると、環境要因の中でも、「波当たりの強さ」(外海性、内湾性)、「着生基質の種類・安定度」(砂礫底、岩盤、枝状サンゴ枝間)、「干出(+水深)」などが、海藻の生育・分布に大きな影響を与えていることが分かった。特に、砂泥底からなる干潟が広がる宮良湾では、海藻の在不在データを用いた多変量解析結果から、「砂・泥-岩」、「SPSS-水深」の 2 系列の強い環境傾度が存在することが明らかとなった(図 25)。この結果は、「着生基質の種類・安定度」が海藻分布に大きな影響を与えていることを強く支持している。なお、基質の安定度と海藻の分布との関係については、同様な報告例がある(今野¹¹⁾、Littler & Littler¹²⁾)。

サンゴ礁では、生育場の争いや光の奪い合いと言った点で、海藻はサンゴと競合関係にあると言われているが、サンゴ礁域全体の生態系を考えた場合、一次生産者としての海藻は、サンゴ礁生態系において重要な生物群の一員である (Odum & Odum¹³⁾、野沢¹⁴⁾、大葉¹⁵⁾)。枝状ミドリイシ類は、ある程度成長すると、枝の上部 10-15cm を残してその下部のポリプと共肉部が死に、そこに海藻や小動物が着生し生育するようになる。一般に、サンゴ礁の礁湖や礁池では、サンゴや他の無脊椎動物、有孔虫などの骨格由来の砂礫からなる砂礫底が広がっており、固着性底生生物にとっては着生基質が非常に少ない所なので、この枝状サンゴの中～下部は、重要な着生基質となっている (Morton & Challis¹⁶⁾、Bergquist ら¹⁷⁾、大葉^{15), 18)})。サンゴ礁域では、藻食性魚類が非常に多いとともに、それらは貴重な蛋白資源として利用されている。しかし、海藻が激減すれば、それを餌としている藻食性魚類も減ってしまうであろう。逆に、乱獲によって藻食性魚類が減少すれば、海藻がサンゴ群集を覆い尽くしてしまうことも考えられる。すなわち、健全な枝状サンゴ群集域では、サンゴ、海藻、魚が互いに競合関係、並びに共存関係を繰り広げながら、種多様性の高い生態系をバランスよく保っていることが推察される (図 26)。近年、世界中のサンゴ礁において、造礁サンゴが斃死し、その後に海藻が繁茂し、なかなかサンゴ礁が元の状態に戻らないことが報告されている。海藻の繁茂の原因については、サンゴ礁の富栄養化、乱獲による藻食魚類の減少に伴う食害圧の減少、その他の人為的要因が考えられているが、まだ明確なことは分かっていない。琉球列島の枝状サンゴ群集域でも、サンゴ群集崩壊後、死サンゴ片上を被うようにして小型匍匐性海藻が繁茂し、海藻の現存量が増大している所もあるが、逆に海藻の種多様性は減少している。また、死サンゴ片上に繁茂している小型匍匐性海藻の多くは、生態遷移の初期によく出現・繁茂する種からなり、これらの海藻が繁茂し続けていると言うことは、何らかの要因によって生態遷移が初期の段階で留まっているか、あるいは初期遷移を繰り返していることが考えられる (藤岡・大葉¹⁹⁾)。

上述のように、礁池・礁湖内に群集する枝状サンゴの枝間は、海藻の着生場として有効利用されているとともに、海藻の種多様性が高く、枝状サンゴ群集域は海藻の種場としても重要な所とみなせる。こうしたサンゴ、海藻、魚の関係をみると、枝状サンゴ群集域はサンゴ礁生態系の中でも非常に重要な小生態系と見なせ、保全すべき重要海域の一つに組み入れる価値があると考えられた。

iv) サンゴ礁生物群集構造と環境傾度

サンゴ・海藻・魚あわせて全 726 種による群集組成の解析では、3 地域の 223 地点は大きく 12 の群集に類別された。3 つの地域にはそれぞれ特徴的な群集があり、群集の組み合わせも地域間で異なっていた。類別された群集を地図上に図示すると (図 27)、宮良湾とカタグラーでは帯状分布が見られたが、シモビシでは帯状分布は明瞭ではなかった。

次に、群集組成による地点の配置が、環境変数によってどの程度説明できるかを調べた。db-RDA による 207 地点 4 環境変数の解析では (図 28)、12 の群集は各々ほぼまとまって配置され、環境変数によって群集組成がある程度は説明できた。第 1 軸には水深が強い環境傾度として認められ、SPSS が弱く相関していた。第 2 軸は正方向に砂被度、負方向に岩盤被度が強く相関していた。しかし、環境変数間の相関や重要性は、昨年度までの宮良湾やシモビシでの環境傾度分析の結果とは細部で異なった。これは、対象とする地域の面積的な広がりや傾度の強さによって、強調される環境傾度が異なることを示している。

この12の群集について指標種を抽出した(表4)。IndValの解析では指標としての能力を数値化できるため、指標種を用いた群集の判別分析が可能となった。したがって、指標値の高い種に調査努力を集中し、群集の変遷をモニタリングするという使い方が可能である。

図29に置換不能度の解析結果を示す。3地域に出現するサンゴ類242種、海藻海草類194種、魚類290種のうち、サンゴ類の33種、海藻海草類の35種、魚類の50種が1地点しか出現しない希少種であり、これらを含む地点は必ず全種表現組み合わせに含まれる。近似による全種表現組み合わせの最小地点数は、サンゴ類で38地点、海藻類で43地点、魚類で59地点となった。置換不能度で抽出された地点は、サンゴ類ではカタグラーに多く、海藻類では宮良湾に多い。魚類では3地域にほぼまんべんなく分布した。これらの地点は、サンゴ類の高被度地点の分布とは異なっており、従来のサンゴ被度を重視する保全施策では多くの種が保全の網から抜け落ちる恐れがあり、特に海藻類でその傾向が顕著になると予測できた。

置換不能度の値をその地点の保全すべき優先度を示す得点だと見なすと、3地域223地点の任意の組み合わせによってデザインされた保全地域の優劣を数値化して比較することができる。これは、保全地域に含まれない地点の置換不能度を合計すれば、そのデザインのマイナス得点となる。同様に、保全地域内に含まれない群集要素の数も保全地域の優劣を示す目安となる。3つのケースについて計算例を示した(図30)。既に海中公園地区に指定されているシモビシに、カタグラー南部を追加した場合は置換不能度の減点分が79.1点となるが、宮良湾東部を追加した場合は藻場群集などシモビシとは類似性の低い群集を取り込むことができる。

このように、石西礁湖周辺部3地域での集中的な調査によって、群集組成の特徴と物理環境との関連性を明らかにすることができた。石西礁湖周辺の3地域(宮良湾・シモビシ・カタグラー)では、サンゴ礁は連続して発達しているが、群集要素のみならず群集分布の空間構造とそれに対応する環境傾度が異なることが明らかとなった。サンゴ礁保全地域の生物多様性のモニタリングを行う上では、おのおのの対象地域の、面積・環境傾度の強さ・底質や濁度環境のレベル等に応じて適切な方法を提案する必要があると考えられる。また、保全地域の選定においては、置換不能度をもとにした数値化による比較が可能である。さらに群集を保全要素と考えると、異なる環境条件のもとに成立する群集をもれなく保全対象に取り込むことが可能である。

最後に、国立環境研究所の辻宣行氏には最新の方法で置換不能度の計算をして頂きました、感謝いたします。

2) 海草藻場魚類について

項目(1)(2)の調査で合計252種の魚類が確認された。各サンゴ礁タイプで観察された総種数は、タイプAではサイトあたり平均117.0種、タイプBでは106.7種、タイプCでは37.0種、タイプDでは32.0種で、生存サンゴ域と海草藻場が共に存在するサンゴ礁(タイプA)で最も多いことが判明した。これは、チビブダイなど、サンゴ域にはみられない魚種が海草藻場に多く生息しているためと考えられた。また、海草藻場は、サンゴ域にすむ魚類の一部によって、採餌場や成育場として利用されていることも明らかとなった(表5)。したがって、サンゴ域とともに、海草藻場を保全することによって、サンゴ礁生物多様性を高く維持することができると考えられた。

各観察区におけるトランセクトあたりの平均種数および個体数を、サンゴ礁タイプAとBの生存サンゴ域間(ACとBC)、およびタイプAとCの海草藻場間(AGとCG)で比較すると、どちらの

生息場所もサンゴ礁タイプの違いによる明瞭な差は認められなかった（図 31）。

多次元尺度構成法によって魚類群集を分類したところ、海草藻場と生存サンゴ域の魚類群集はそれぞれひとつのまとまりあるグループとして分けられた（図 32）。また、海草藻場の魚類は、生存サンゴ域の隣接の有無に関わらず、その群集構造に大きな違いはなかった（AG と CG）。同様に、海草藻場の隣接の有無に関わらず、生存サンゴ域の魚類群集構造は似ていた（AC と BC）。

各サンゴ礁タイプにおける魚類の出現パターンを、生息場グループ別にみたところ、生存サンゴ域には、タイプ A と B とともにサンゴ域専住魚と准サンゴ域専住魚が多く生息していることが明らかになった（図 33）。また、稚魚の成育場グループは、タイプ A のみならずタイプ B の生存サンゴ域にも出現していることがわかった。一方、海草藻場には、タイプ A と C とともに海草藻場専住魚と准海草藻場専住魚が多く生息していることが判明した（図 34）。また、稚魚の成育場グループは、タイプ A と C のどちらの海草藻場にも生息していることが明らかになった。

次に、海草藻場とサンゴ域の両方に出現する生息場グループ（准藻場専住魚、稚魚の成育場グループ、その他）の各種の成魚と稚魚の個体数密度を観察区間で比較した（表 5）。その結果、稚魚の成育場として海草藻場を利用しているイソフエフキやオオスジヒメジの個体数は、生存サンゴ域に隣接していない海草藻場（CG）よりも隣接している海草藻場に（AG）若干多いものの、前者の藻場にも多数生息していることが確認された。また、海草藻場を採餌場の一部として利用しているとみられるオジサンの個体数は、海草藻場だけでなく、海草のない場所（例えば BG）などにも多いことが明らかになった。

これらの結果から、海草藻場や生存サンゴ域は双方が隣接していてもしていなくても、魚類の生息場所として同じような機能を果たしていることが示唆された。したがって、海草藻場選定の際には、生存サンゴ域の隣接の有無は考慮に入れなくてもあまり問題はないと思われた。

項目（3）の調査において、2003 年 10 月にトランセクト内で観察した魚類の総種数は、竹富島西岸、東岸（外洋の影響が強い海草藻場）、宮良湾、名蔵湾（陸域の影響が強い海草藻場）でそれぞれ 36、28、35、31 種であった。また、2004 年 5 月においては、それぞれ 32、26、31、29 種であった。トランセクトあたりの平均種数と個体数では、外洋と内湾の藻場間で明瞭な差は認められなかった（図 35）。

これらの海草藻場間の類似度をもとにクラスター解析を行ったところ、外洋と内湾の藻場を分けることはできず、また、多次元尺度構成法でも両者を区別することはできなかった（図 36）。

このように、魚類群集の構造には、外洋と内湾の海草藻場間で明瞭な差はなかったことから、海草藻場を保全する場合、外洋と内湾のどちらか一方の藻場を保全すればよいことが判明した。

項目（4）において、調査を行った各海草藻場におけるトランセクトあたりの種数や個体数には有意差があった（図 37）。すなわち、黒島北以外の海草藻場の間では種数や個体数に違いはみられなかったが、黒島北の海草藻場では他と比べて有意に少なくなっていた。同様の傾向は総種数にもみられ、また、多様度指数についても黒島北で顕著に低くなっていた（図 37）。

これらの海草藻場を様々に組み合わせてみたところ、（西表東・黒島北・小浜東・竹富西）、（西表東・小浜西・小浜東・竹富西）など、6 つの組み合わせで、海草藻場特有の種をすべて網羅することができた（表 6）。これらの組み合わせでは、ベラ科のカザリキュウセンを表現できない場合があるが、この種はサンゴ域に稚魚から成魚まで様々な個体が多数出現するため、海草藻場保全の際には考慮に入れなくてもほとんど問題はないと思われる。さらに、多様度指数の値にあま

り違いがなかったことから、海草藻場保全に際して、これらの組み合わせのいずれを選んでも、実質的に海草藻場魚類をすべて網羅し、かつ生物多様性を高く維持することは基本的に可能であると考えられた。

さらに、海草藻場の数が同数の組み合わせの間で個体数を比べたところ、統計的には有意でないものの、いずれも黒島北を含まない組み合わせで多くなっていた（図 38）。つまり、この場所を含めない組み合わせのほうが、相対的により多くの海草藻場魚類を保全できるということになる。したがって、何らかの制約によって海草藻場をすべて保全することができない場合には、改善の策として（西表東・小浜西・小浜東・竹富西）あるいは（西表東・小浜西・小浜東・竹富西・竹富東）の組み合わせで海草藻場を保全すれば、効率的に生物多様性を高く維持することができることが明らかになった。

5. 本研究によって得られた成果

石垣島周辺の宮良湾、シモビシ、カタグラーの計 223 地点で、サンゴ礁生物群集（サンゴ・海藻（草）類・魚類）を対象に潜水調査を行った結果、それぞれのサンゴ礁生物群集の分布は、サンゴ礁地形、着生基質である底質環境や水質環境により大きく異なっていた。海藻（草）、魚類が着生場所、餌場、隠れ家として利用する枝状サンゴ群集域は、保全すべき重要なサンゴ礁生態系の一つであることが明らかとなった。

これら群集の類別化と指標種の抽出により、群集の分布は環境傾度（岩盤被度、砂被度、SPSS、水深）によって説明できた。保全地域の選定において、群集を保全要素と見なすことで群集の組み合わせによって保全地域をデザインできるようになり、置換不能度解析と組み合わせることによりデザインの優劣を数値上で比較できるようになった。

サンゴ域とともに海草藻場を保全することで魚類の多様性を高く維持できることがわかった。自然再生事業の対象となっている石西礁湖内で海草藻場魚類の多様性を高く維持するために最適な海草藻場の組み合わせを明らかにした。

6. 引用文献

- 1) Nakamura, Y. and Sano, M. 2004. Overlaps in habitat use of fishes between a seagrass bed and adjacent coral and sand areas at Amitori Bay, Iriomote Island, Japan: importance of the seagrass bed as juvenile habitat. *Fish. Sci.* 70: 788-803.
- 2) Dorenbosch, M., Grol, M. G. G., Christianen, M. J. A., Nagelkerken, I. and van der Velde, G. 2005. Indo-Pacific seagrass beds and mangroves contribute to fish density and diversity on adjacent coral reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 302: 63-76.
- 3) Legendre, P. and Anderson, M. J. 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69: 1-24.
- 4) Dufrene, M. and Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- 5) Tsuji, N. and Tsubaki, Y. 2004. Three new algorithms to calculate the irreplaceability index for presence/absence data. *Biological Conservation* 119: 487-494.

- 6) Veron, J. E. N. 2000. Corals of the world, Vol 3. Aus. Inst. Mar. Sci. Townsville.
- 7) 環境省・日本サンゴ礁学会 2004. 「日本のサンゴ礁」. 環境省.
- 8) 佐野光彦 1995. サンゴ礁魚類の多種共存にかかわる造礁サンゴの役割. pp.81-118. 西平守孝・酒井一彦・佐野光彦・土屋誠・向井宏著、サンゴ礁 生物がつくったく生物の楽園＞ 平凡社.
- 9) Sano, M. 2000. Stability of reef fish assemblages: responses to coral recovery after catastrophic predation by *Acanthaster planci*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 198: 121-130.
- 10) Shibuno, T., Hashimoto, K., Abe, O. and Takada, Y. 1999. Short-term changes in the structure of a fish community following coral bleaching at Ishigaki Island, Japan. Galaxea, JCRS, 1:51-58.
- 11) 今野敏徳 1977. 海藻群落構造の測定. pp.16-34. 日本水産学会(編)「海の生態学と測定」. 恒星社厚生閣.
- 12) Littler, M. M. and Littler, D. S. 1984. Relationship between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 74: 13-34.
- 13) Odum, H. T. and Odum, E. P. 1955. Trophic structure and productivity of a windward coral community on Eniwetok Atoll. Ecol. Monogr., 25: 291-320.
- 14) 野沢治 1973. サンゴ礁の生物生産. 海洋科学, 5(2): 39-44.
- 15) 大葉英雄 2005. サンゴ礁の植物たちーサンゴ礁の異変と海藻の繁茂ー Lagoon (国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター ニュースレター), 5: 2-5.
- 16) Morton, J. E. and Challis, D. A. 1969. The biomorphology of Solomon Islands shores with a discussion of zoning patterns and ecological terminology. Phil. Trans. Roy Soc., B225: 459-516.
- 17) Bergquist, P. R., Morton, J. E. and Tizard, C. A. 1971. Some Demospongiae from the Solomon Islands with descriptive notes on the major sponge habitats. Micronesica, 7(1-2): 99-121.
- 18) 大葉英雄 2003. 第7編海藻・海草の調査, 第3章植生調査, 第2節生育の場や基質の違いによる植生の調査法, 2-7. サンゴ礁域. pp.903-907. 竹内均(監修), 地球環境調査事典, 第3巻沿岸域. フジ・テクノシステム.
- 19) 藤岡義三・大葉英雄 2003. 造礁サンゴ群集の健全度指標に基づく生態系の管理手法の開発. pp.9-31. 環境省地球環境研究総合推進費終了研究成果報告書, サンゴ礁生態系の攪乱と回復促進に関する研究. 平成12年度～平成14年度.

7. 国際共同研究等の状況

- (1) 「熱帯性海藻の現存量の年変化」パラオ国際サンゴ礁センター、パラオ共和国、共同研究
- (2) 「海藻図鑑” Common Marine Plants of Palau Islands” の作製」パラオ国際サンゴ礁センター、パラオ共和国、共同研究
- (3) 「琉球列島とパラオにおけるサンゴ礁生物群集構造の比較」パラオ国際サンゴ礁センター、パラオ共和国、共同研究

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- ① H. Ohba, Y. Fujioka, K. Tottori, and T. Shibuno : Coral Reefs, 24, 3, 406 (2005)
“A sea snake wearing green velvet.”
- ② 堀之内正博、中村洋平、佐野光彦、澁野拓郎 : Laguna (汽水域研究)、12, 63—67 (2005)
「沖縄県石西礁湖における海草藻場保全地域の選定に関する研究: どの海草藻場を保全すれば魚類の種多様性が維持できるか」
- ③ 鳥取海峰、長尾正之、森本直子、井上麻夕里、岩瀬晃啓、渋谷拓郎、藤岡義三、大葉英雄、菅 浩伸、鈴木 淳 : Galaxea, JCRS, 6, 1-19 (2004)
「琉球列島の石垣島周辺のサンゴ礁における底質と海水濁度の関係」
- ④ Y. Nakamura, M. Horinouchi, T. Shibuno, H. Kawasaki and M. Sano : Proc. Tenth Int. Coral Reef Symp. 446-452 (2006)
“A comparison of seagrass-fish assemblage structures in open oceanic and coastal bay areas in the Ryukyu Islands, Japan.”
- ⑤ H. Ohba, T. Shibuno, Y. Takada, A. Suzuki, M. Nagao, K. Tottori, N. Morimoto and Y. Fujioka : Proc. Tenth Int. Coral Reef Symp. 319-326 (2006)
“Subtropical marine vegetation under the influence of rivers at Miyara Cove in Ishigaki-jima Island, Ryukyus (southern Japan).”
- ⑥ Y. Fujioka, H. Ohba, T. Shibuno, Y. Takada, K. Hashimoto, A. Suzuki and K. Tottori : Proc. Tenth Int. Coral Reef Symp. 306-309 (2006)
“Self-sustaining resilience of hermatypic coral communities following disturbance at the reef flat of Urasoko Bay, Ishigaki Island, southern Japan.”

<その他誌上発表(査読なし)>

- ① 環境省地球環境研究総合推進費平成15年度研究成果—中間成果報告集—(IV/全6分冊)・自然資源の劣化(熱帯林の減少、生物多様性の減少、砂漠化等), 235-242 (2005)
「F-5 サンゴ礁生物多様性保全地域の選定に関する研究(澁野拓郎)」
- ② 環境省地球環境研究総合推進費平成15年度研究成果—中間成果報告集—(IV/全6分冊)・自然資源の劣化(熱帯林の減少、生物多様性の減少、砂漠化等), 243-261 (2005)
「F-5 サンゴ礁生物多様性保全地域の選定に関する研究(1) 保全すべきサンゴ礁生物多様性の探索(澁野拓郎、佐野光彦、大葉英雄、堀之内正博、木村匡)」
- ③ Research and Information Office, Global Environment Bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan Summary Report of Research Results under the GERP in FY2003, 307-313 (2005)
“Study on the selection of biodiversity conservation area of the coral reef (Abstract of the Annual Report) (T. Shibuno)”
- ④ 大葉英雄 : Lagoon (国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター・ニュースレター), 5, 2-5 (2005)
「サンゴ礁の植物たち —サンゴ礁の異変と海藻の繁茂—」

- ⑤ 矢野和成編：南の島の自然誌・沖縄と小笠原の海洋生物研究のフィールドから、東海大学出版会、97-109 (2005)
「サンゴ礁の魚とサンゴの白化(執筆担当：澁野拓郎)」
 - ⑥ 高田宜武：海洋と生物, 27, 362-370 (2005)
「サンゴ礁ベントス群集への多変量解析手法の適用」
 - ⑦ 環境省地球環境研究総合推進費平成 16 年度研究成果－中間成果報告集－(Ⅲ/全 7 分冊)・自然資源の劣化(熱帯林の減少、生物多様性の減少、砂漠化等), 207-212 (2006)
「F-5 サンゴ礁生物保全地域の選定に関する研究(澁野拓郎)」
 - ⑧ 環境省地球環境研究総合推進費平成 16 年度研究成果－中間成果報告集－(Ⅲ/全 7 分冊)・自然資源の劣化(熱帯林の減少、生物多様性の減少、砂漠化等), 213-234 (2006)
「F-5 サンゴ礁生物多様性保全地域の選定に関する研究(1)保全すべきサンゴ礁生物多様性の探索(澁野拓郎、大葉英雄、佐野光彦、堀之内正博、木村 匡)」
 - ⑨ Research and Information Office, Global Environment Bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan Summary Report of Research Results under the GERP in FY2004, 307-313 (2006)
“Study on the selection of biodiversity conservation area of the coral reef (Abstract of the Annual Report)(T. Shibuno)”
- (2) 口頭発表(学会)
- ① 大葉英雄、澁野拓郎、高田宜武、藤岡義三：日本サンゴ礁学会第 6 回大会 (2003)
「石垣島東沿岸礁池における海藻類の分布特性と生物指標」
 - ② Y. Fujioka, H. Ohba, T. Shibuno, Y. Takada, K. Hashimoto, A. Suzuki and K. Tottori: Tenth Int. Coral Reef Symp., Naha. Japan, 2004
“Self-sustaining resilience of hermatypic coral communities following disturbance at the reef flat of Urasoko Bay, Ishigaki Island, southern Japan.”
 - ③ H. Ohba, T. Shibuno, Y. Takada, A. Suzuki, M. Nagao, K. Tottori, N. Morimoto and Y. Fujioka: Tenth Int. Coral Reef Symp., Naha. Japan, 2004
“Subtropical marine vegetation under the influence of rivers at Miyara Bay in Ishigaki-jima Island, Ryukyus (southern Japan).”
 - ④ T. Shibuno, Y. Takada, Y. Fujioka, H. Ohba, K. Hashimoto, and O. Abe: Tenth Int. Coral Reef Symp., Naha. Japan, 2004
“The distribution of pomacentrid fishes, hermatypic corals and marine plants in the moat of Ishigaki Island, Japan and the detection of indicator species for the evaluation of coral reef ecosystem.”
 - ⑤ Y. Nakamura, M. Horinouchi, T. Shibuno, H. Kawasaki and M. Sano: Tenth Int. Coral Reef Symp., Naha. Japan, 2004
“A comparison of seagrass-fish assemblage structures in open oceanic and coastal bay areas in the Ryukyu Islands, Japan.”
 - ⑥ 澁野拓郎、大葉英雄、高田宜武、藤岡義三、下池和幸、木村匡、鈴木淳、長尾正之、鳥取海峰、岩瀬晃啓、阿部寧、橋本和正：第 51 回日本生態学会大会 (2004)

「石垣島宮良湾と石西礁湖内シモビシにおけるサンゴ礁生物群集組成（サンゴ・海藻・魚）比較」

- ⑦ 高田宜武、野拓郎、藤岡義三、大葉英雄、鈴木淳、長尾正之、鳥取海峰、阿部寧、橋本和正：第 51 回日本生態学会大会（2004）

「サンゴ礁池内の濁度環境と生物群集（サンゴ・海藻・魚）の関係：石垣島宮良湾の場合」

- ⑧ 大葉英雄、木村匡、下池和幸、鈴木淳、長尾正之、鳥取海峰、岩瀬晃啓、森本直子、澁野拓郎、高田宜武：日本サンゴ礁学会第 8 回大会（2005）

「石西礁湖「シモビシ」海中公園のサンゴ礁と海藻」

- ⑨ 高田宜武、辻宣行、澁野拓郎、藤岡義三、大葉英雄、木村匡、下池和幸、阿部寧、橋本和正：日本生態学会第 53 回大会（2006）

「置換不能度をもちいたサンゴ礁保全候補地の生物群（サンゴ・海藻・魚）による相違」

- ⑩ 澁野拓郎、高田宜武、藤岡義三、大葉英雄、下池和幸、木村匡、鈴木淳、長尾正之、阿部寧、橋本和正：第 53 回日本生態学会（2006）

「石垣島宮良湾、石西礁湖内シモビシ、カタグラーの魚類群集構造の比較」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催(主催もの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- ① 朝日新聞（2005 年 9 月 5 日、全国版、夕刊、「ぐるりんノリ巻きへビ」

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

本研究の成果は、環境省国際サンゴ礁研究モニタリングセンターにおいて、八重山諸島でも問題となっているオニヒトデの駆除海域や環境省が進めている「石西礁湖再生事業」におけるサンゴ礁生物多様性保全地域を選定するに当たって考慮しなければならない要因に関しての科学的資料として利用されている。

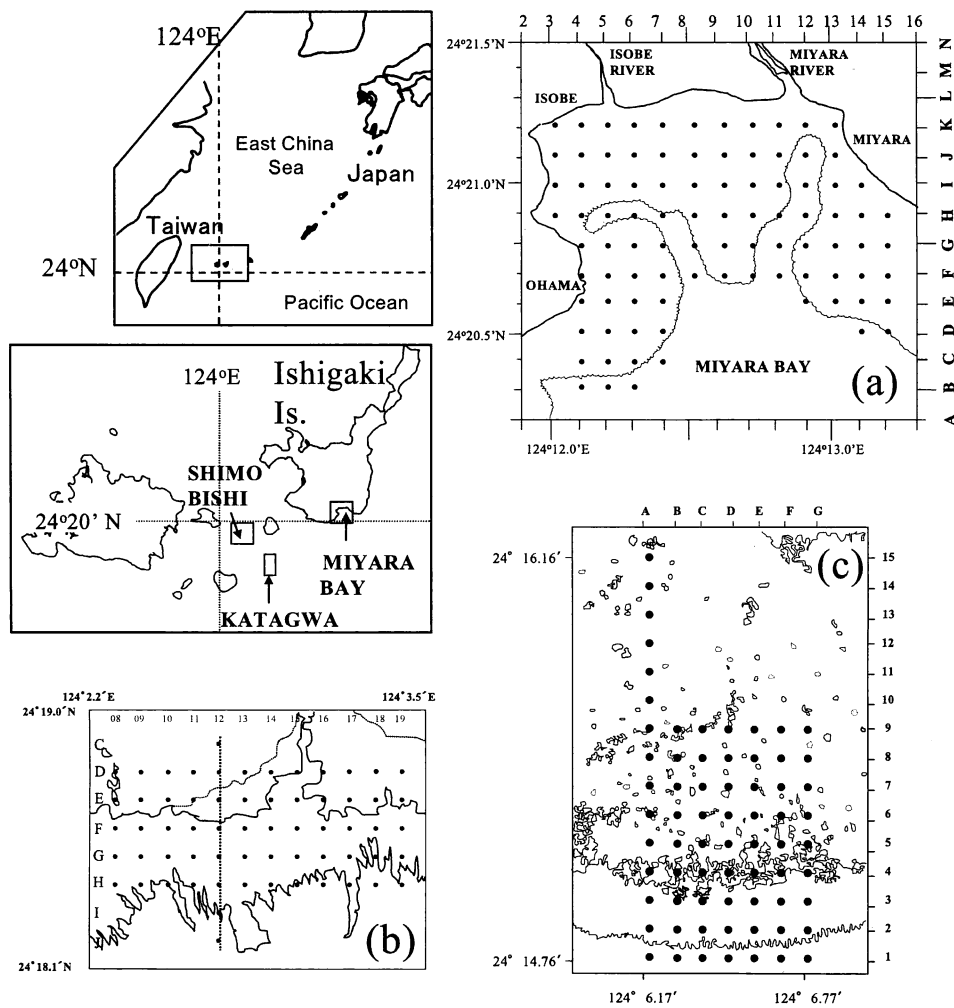


図 1. 調査地点 (a)宮良湾, (b)シモビシ, (c)カタグラー

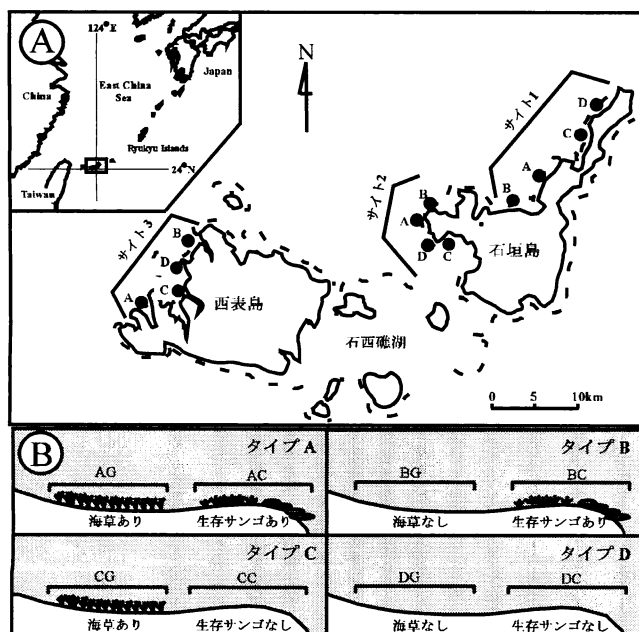


図 2. 調査を行った 3 地域と各地域中のサンゴ礁の位置(A)およびサンゴ礁タイプの模式図(B)。図 2 A において、各調査地域中 (サイト 1~3) の黒丸は調査を行ったサンゴ礁の位置を、それらの横の A~D はそのサンゴ礁のタイプ (図 2 B を参照) をそれぞれ示し、また、破線は礁縁を表す。図 2 B 中の AG~DC は、各サンゴ礁タイプにおいて設定した観察区を示す。

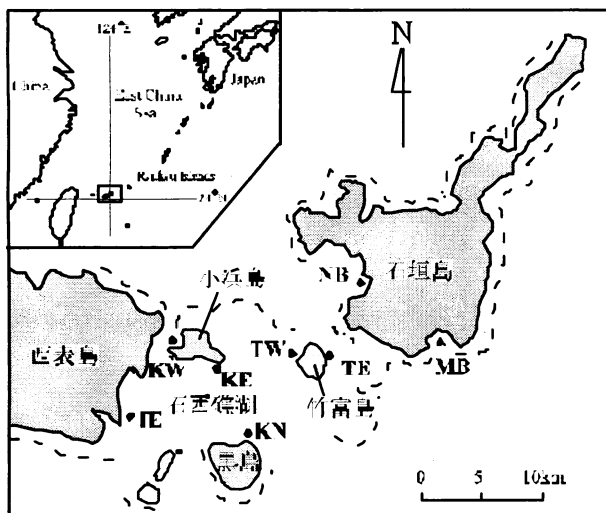


図3. 調査を行った海草藻場の位置 (●)。破線は礁縁を示す。MB、石垣島宮良湾；NB、石垣島名蔵湾；TE、竹富島東岸；TW、竹富島西岸；KE、小浜島東岸；KW、小浜島西岸；KN、黒島北岸；IE、西表島東岸。

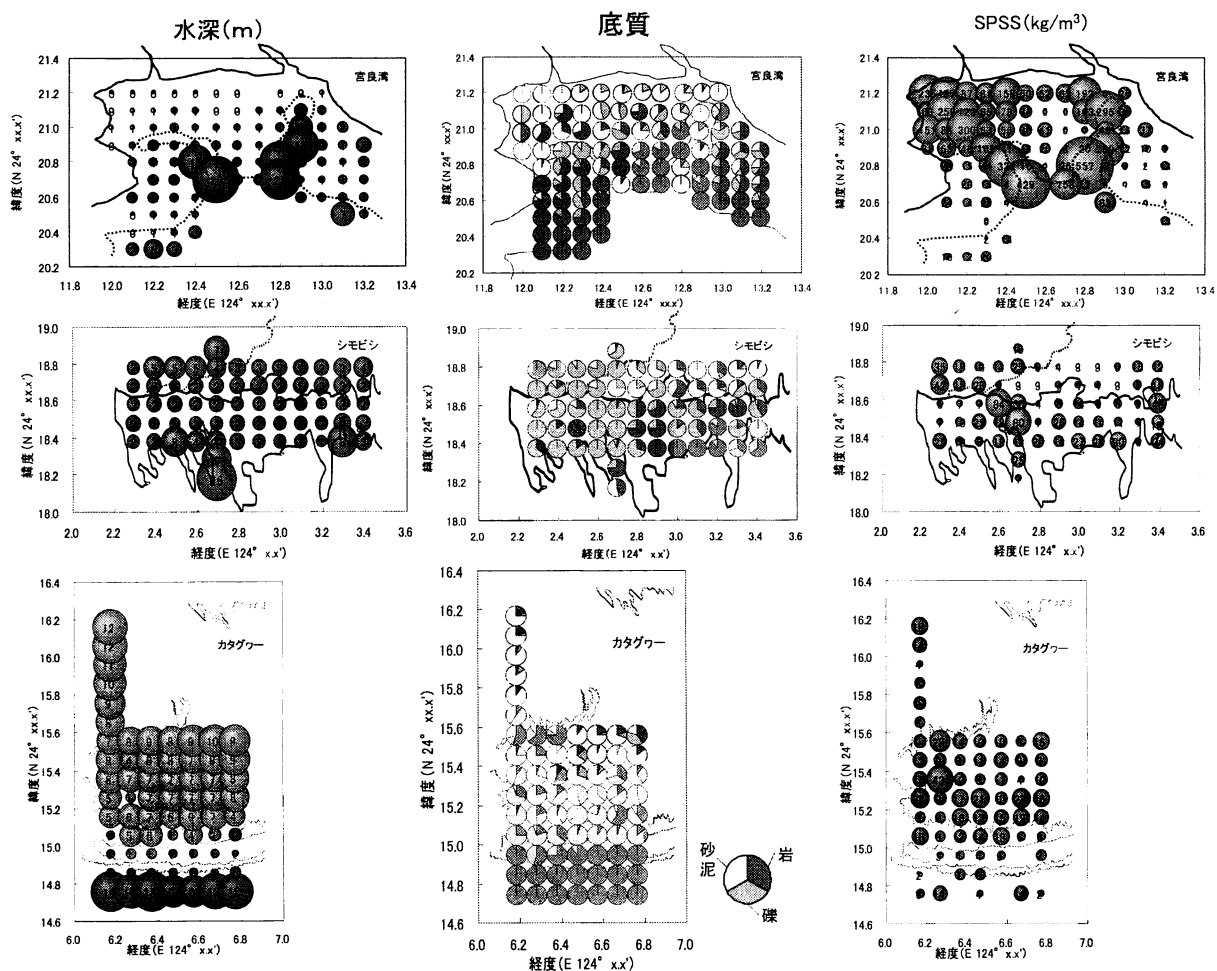


図4. 各調査海域の環境

表 1. 各調査海域における造礁サンゴの出現種と出現地点数（不明種を除く）

種 名				宮良湾 シモビシ カガクワ			宮良湾 シモビシ カガクワ			宮良湾 シモビシ カガクワ		
ムカサソコ科												
Stylocmeniella guentheri ムカサソコ				1	5	16						
ハナヤシサンゴ科												
Pocillopora damicornis ハナヤシサンゴ				30	38	14						
Pocillopora verrucosa 偽ハナヤシサンゴ				10	12	33						
Pocillopora meandrina 折れハナヤシサンゴ				3	4	22						
Pocillopora eoudouxi ベジハナヤシサンゴ				5	6	5						
Seriatopora hystrix ハナヤシサンゴ				5	27	18						
Seriatopora caliandrum カリヤシサンゴ												
Stylophora pistillata ショウホウサンゴ				3	27	17						
ミドリサンゴ科												
Montipora monasteriata コイダモサンゴ				1	15							
Montipora tuberculosa トビイロモサンゴ				6	1	13						
Montipora hoffmeisteri					1							
Montipora millepora ミナダモサンゴ				1	3							
Montipora peitiformis 偽イロモサンゴ				2	17	3						
Montipora turgescens カハモサンゴ				2	9	23						
Montipora vietnamensis				1	7	2						
Montipora undata 偽イロモサンゴ				1	3	3						
Montipora danae テンペイダモサンゴ				3	12							
Montipora verrucosa 偽モサンゴ				1								
Montipora incrassata					1							
Montipora foveolata シナダモサンゴ				6	13							
Montipora venosa コシロモサンゴ				7	20							
Montipora caliculata コダモサンゴ				5	8							
Montipora angulata 角形モサンゴ				2								
Montipora samensis					12	6						
Montipora altaepta					6	5						
Montipora digitata 指モサンゴ				37	23	8						
Montipora gaimardi コブモサンゴ				2	1							
Montipora hispid 指モサンゴ				12	16	9						
Montipora informis ノコモサンゴ				12	19	18						
Montipora efflorescens シロモサンゴ				11	10							
Montipora grisea グリヤモサンゴ				1	11	7						
Montipora hirsuta					2							
Montipora stellata 指ダモサンゴ				18	10	8						
Montipora malampaya				30	12							
Montipora cactus 棘ダモサンゴ				13	6	15						
Montipora foliosa ノコモサンゴ				2								
Montipora aequituberculata 折ミナモサンゴ				19	27	14						
Anacropora spinosa 指ダモ				2								
Anacropora puertogaleriae 折ダモ				1								
Anacropora reticulata 折ミダモ				4	4	20						
Acropora pelifera コサダモ				4	4	7						
Acropora bruggemani 折ミダモ				11	25	21						
Acropora humilis 折ミダモ				21	12	17						
Acropora gemmifera 折ミダモ				12	1	8						
Acropora monticulosa 折サダモ				1	2							
Acropora samoensis 折サダモ				31	30	18						
Acropora digitifera コビダモ				3	3	8						
Acropora verweyi				3	2	6						
Acropora robusta 折サダモ				17	34	16						
Acropora danei 折ミダモ				3								
Acropora nobilis 折ミダモ				6	12							
Acropora listeri リスターミダモ				39	56	45						
Acropora grandis				2								
Acropora formosa 折ミナモ				3								
Acropora abrolhosensis				3								
Acropora hoeksema				26	18	33						
Acropora donei				1	18	8						
Acropora acuminata ノミダモ				1	2							
Acropora perilis				4	16							
Acropora exulsiata				3	15							
Acropora akejimensis 折ミダモ				28	44	38						
Acropora microphthalma コサダモ				16	30	12						
Acropora horrida 折ミダモ				14	39	39						
Acropora vaughani 折ミダモ				18	40	36						
Acropora selago 折サダモ				8	34	32						
Acropora yongei 折ミダモ				25	20							
Acropora cytherea ノミダモ				2	12							
Acropora microclados				26	32	22						
Acropora paniculata 折ミダモ				3	1	8						
Acropora hyacinthus 折ミダモ												
Acropora anthocerois 折ミダモ												
Acropora latistella 折ミダモ												
Acropora subulata												
Acropora nana 折ミダモ												
Acropora aculeus ノミダモ												
Acropora cerealis 折ミダモ												
Acropora nasuta ノミダモ												
Acropora valida												
Acropora secale 折ミダモ				5	2	7						
Acropora divaricata ヨサダモ				2	4	6						
Acropora echinata 折ミダモ				7	13	2						
Acropora subglabra 折ミダモ				5	14	17						
Acropora insignis				9								
Acropora carduus 折ミダモ				19	21	9						
Acropora elseyi 折ミダモ				1	4	4						
Acropora longicyathus 折ミダモ				1	9							
Acropora loripes 折ミダモ				1	9							
Acropora granulosa 折ミダモ				1	2	1						
Acropora florida 折ミダモ				2	1							
Acropora wallacea カハミダモ				4	7	38						
Acropora lovelli				3								
Astropora myriophthalma 折ミダモ				2	6							
Astropora gracilis 折ミダモ												
Astropora ocellata 折ミダモ												
ハマサンゴ科												
Porites (massive) spp. 塊状ハマサンゴ				51	25	33						
Porites murrayensis 塊状ハマサンゴ				3								
Porites cylindrica エビハマサンゴ				19	14	5						
Porites nigrescens 折ミダモ				8	5							
Porites attenuata ノミダモ				1								
Porites lichen ノミダモ				5	3	7						
Porites annae ノミダモ				9	15	7						
Porites vaughani ノミダモ				8	2	1						
Porites negrosensis? ノミダモ				8	2	1						
Porites horizontalata ノミダモ				5	4							
Porites rus ノミダモ				5	1	2						
Goniopora djiboutiensis 折ミダモ				2								
Goniopora lobata 折ミダモ				1	1	3						
Goniopora tenuidens 折ミダモ				4	1	2						
Alveopora allingi 折ミダモ				1								
Alveopora spongiosa アラモサンゴ						1						
ヤシサンゴ科												
Psammocora contigua ヤシサンゴ				5	2	5						
Psammocora superficialis ノミダモ				2	2							
Psammocora haimena ヤシサンゴ				1								
Psammocora profundocella ヤシサンゴ				5	5							
Psammocora vaughani ノミダモ				1								
Coscinaraea nobile ヤシサンゴ				1	2							
Coscinaraea columna ヤシサンゴ				2								
Pavona decussata シロサンゴ				6								
Pavona explanulata ヒロサンゴ				4								
Pavona frondifera コロサンゴ				6	1	2						
Pavona clavus シロサンゴ				3								
Pavona varians シロサンゴ				10	3	25						
Pavona venosa シロサンゴ				18	9	13						
Leptoseris mycetoseroides ノミダモ				3	1							
Gardineroseris planulata ヒロサンゴ				1	2							
Coeloseris mayeri シロサンゴ				7	2	4						
Pachyseris rugosa ノミダモ				2	3	10						
Pachyseris speciosa ノミダモ				2	6							
クワヒサンゴ科												
Heliopora actiniformis ノミダモ				1								
Fungia repanda 折ミダモ				11	7							
Fungia conoima ヒロサンゴ				3	15							
Fungia scutaria 折ミダモ				1	3	4						
Fungia pneumotensis ノミダモ				1	1							
Fungia granulosa 折ミダモ				1	8							
Fungia valida ノミダモ				2	8							
Cenactis echinata 折ミダモ				2	5							
Cenactis crassa 折ミダモ				1								
Herpolitha limax ノミダモ				1								
Polyphyllia talpina ノミダモ				1								
Halometra pileus 折ミダモ				1								
Sandalolitha robusta ノミダモ				1								
Lithophyllon lobata ノミダモ				1								
ヒコガライシ科												
Galaxea fascicularis 折ミダモ				15	11	35						
Galaxea horrescens 折ミダモ				6	5							
ウミハラ科												
Echinophyllia aspera 折ミダモ				4	2	8						
Echinophyllia orpheensis ノミダモ				10	19							
Echinophyllia echinata 折ミダモ				3	2							
Echinophyllia nishihirai 折ミダモ				1	1							
Oxyopora lacera 折ミダモ				4	2	1						
Mycedium elephantotus ノミダモ				1	5							
Pectinia lactuca ノミダモ				1								
Pectinia paeonia ノミダモ				1								
Pectinia alciicornis ノミダモ				1	3							
オレケサンゴ科												
Acanthastrea echinata ノミダモ				6	2							
Acanthastrea hamprichii ノミダモ				1								
Acanthastrea ishigakiensis ノミダモ				3								
Lobophyllia hamprichii ノミダモ				2	6	13						
Lobophyllia corymbosa ノミダモ				1	7	8						
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia corymbosa ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												
Lobophyllia robusta ノミダモ												

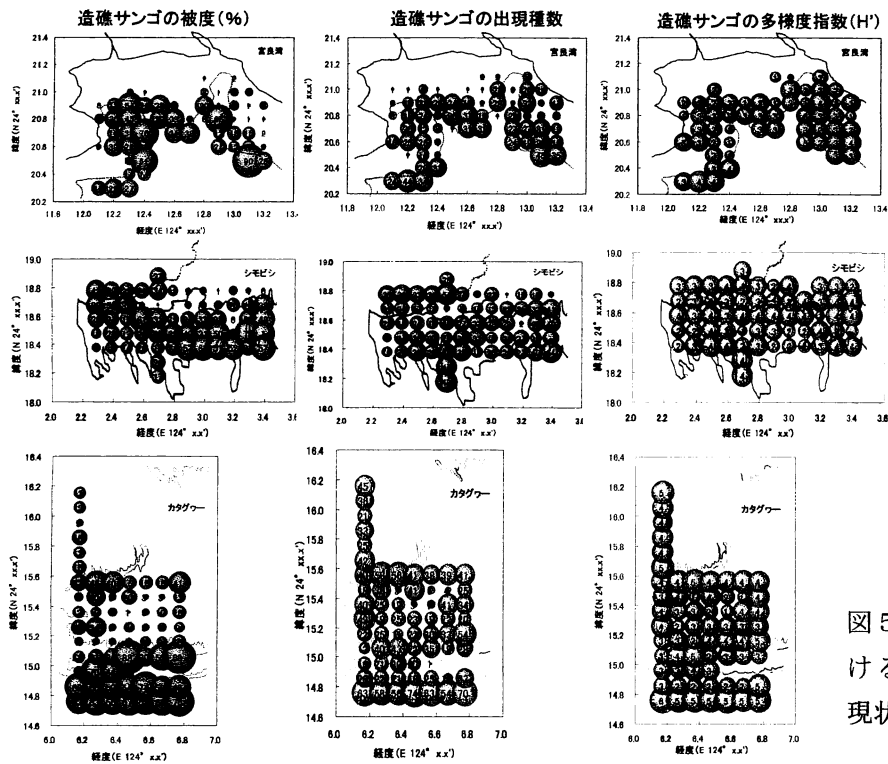


図5. 各調査海域における造礁サンゴの出現状況

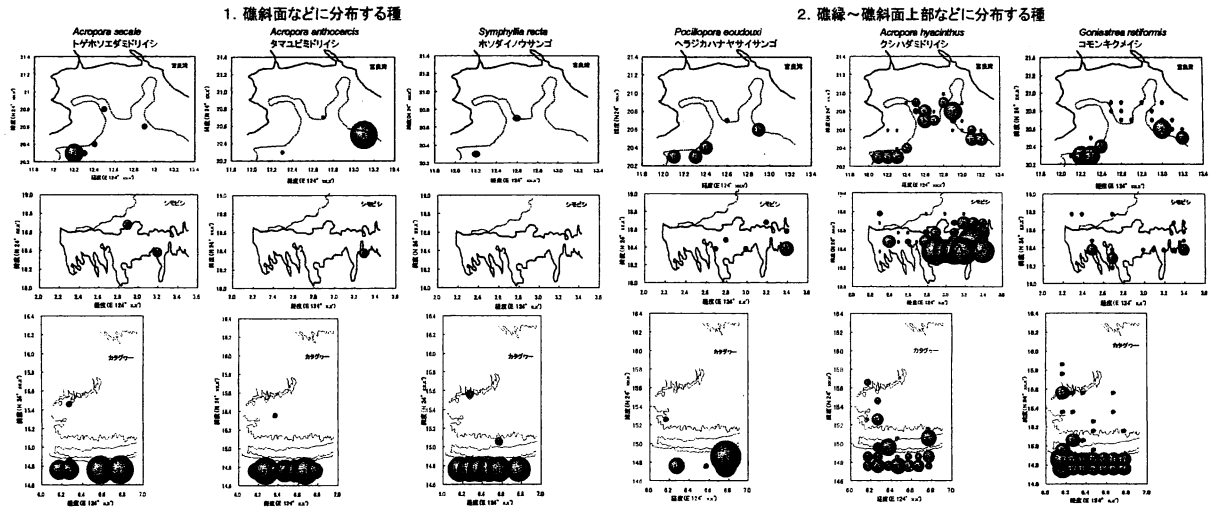
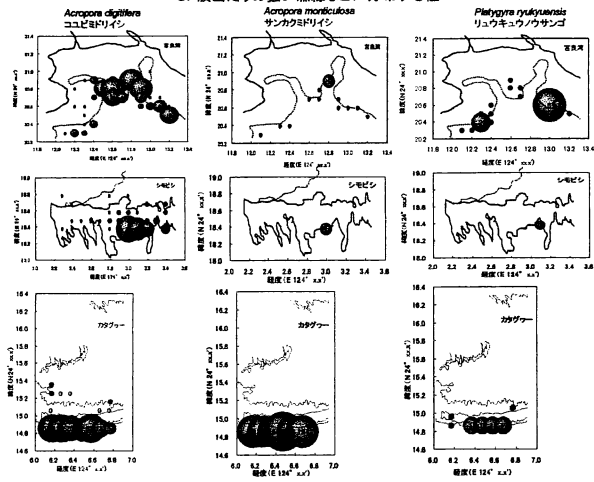


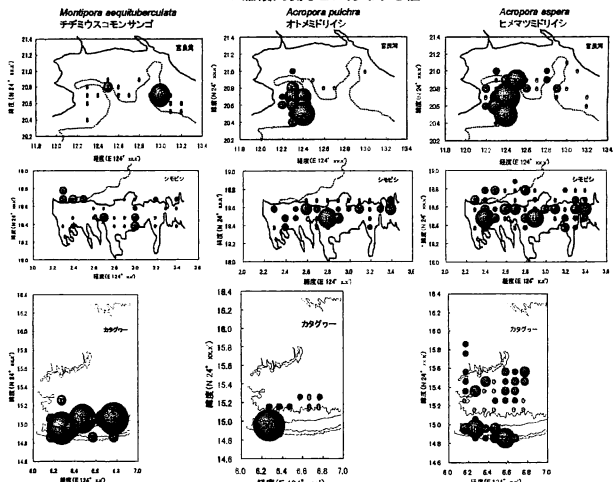
図6. 造礁サンゴの分布パターンの類別

図中の円サイズと数値は各サンゴの被度(%)を示す

3. 波当たりの強い礁縁などに分布する種



4. 礁嶺内側などに分布する種



5. 礁池内に広く分布する種

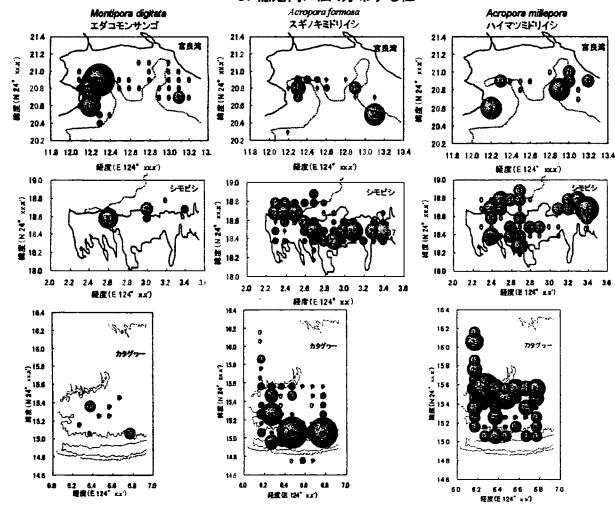


図6. (続き)

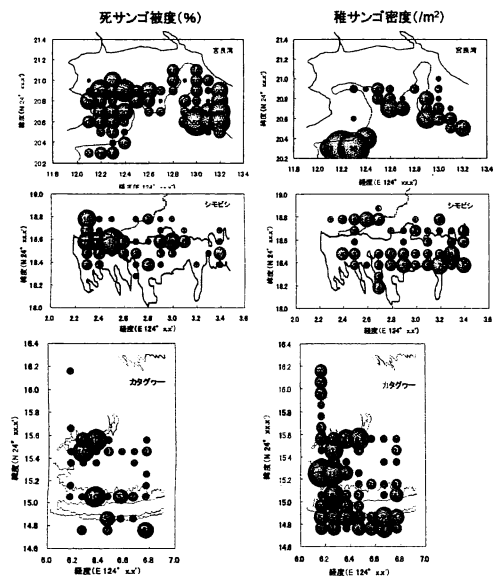


図7. 各調査海域における死サンゴ被度と稚サンゴ密度の分布

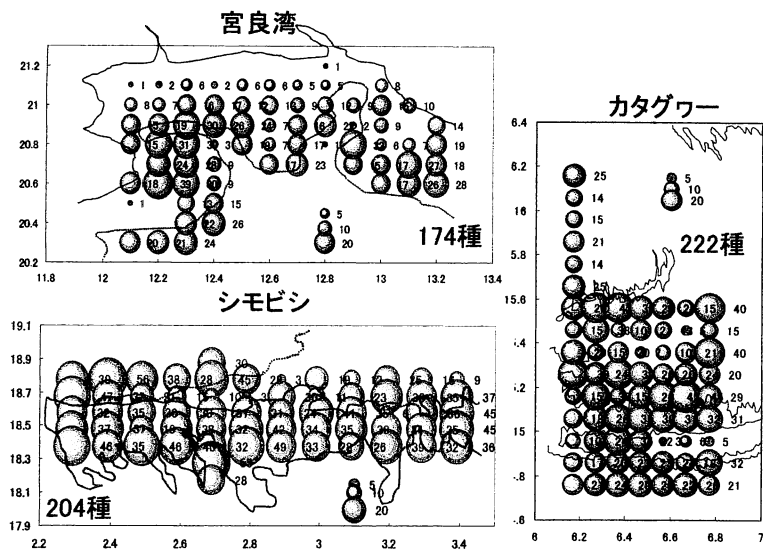


図 8. 宮良湾・シモビシ・カタグラーの魚類出現種数

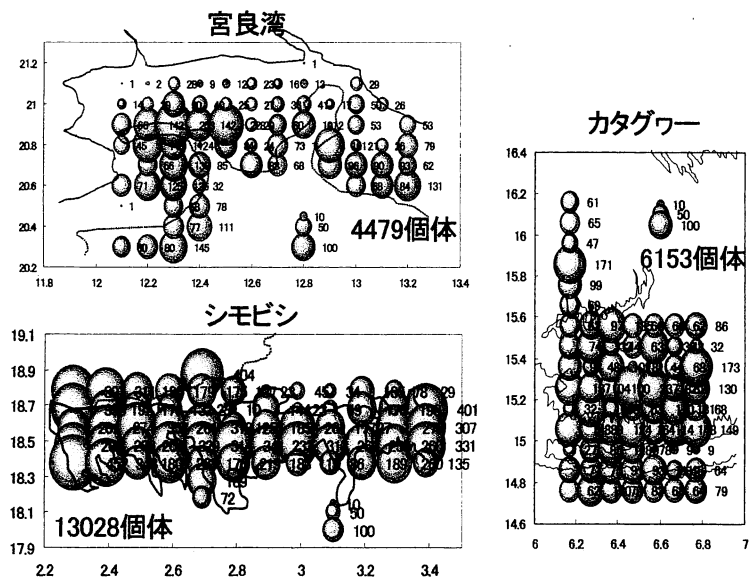


図 9. 宮良湾・シモビシ・カタグラーの魚類出現個体数

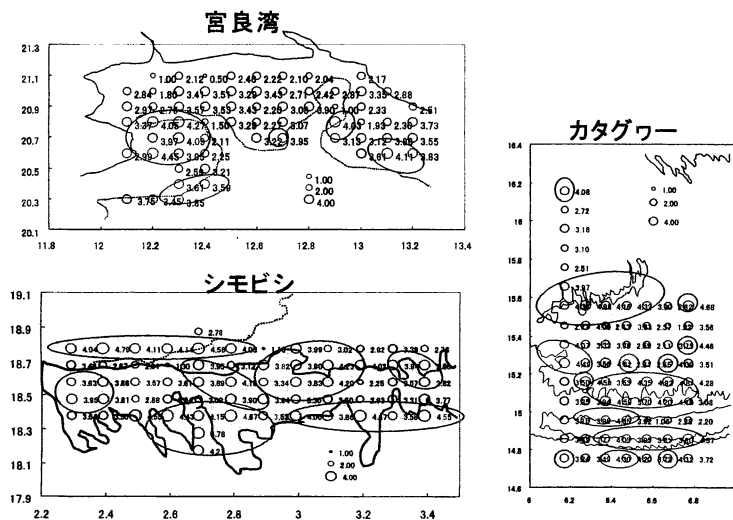


図 10. 宮良湾・シモビシ・カタグラーの魚類の多様度指数 (H') ○ : $H' \geq 3.80$

表2. 宮良湾、シモビシ、カタグラーに出現した魚類上位50%を構成する種

宮良湾174種			シモビシ 204種			カタグラー 222種		
種名	種名	個体数	種名	種名	個体数	種名	種名	個体数
1 ルリスズダイ	<i>Chrysiptera cyanea</i>	517	1 ネカイヌダイ	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	2291	1 ネカイヌダイ	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	454
2 オシロイヌズダイ	<i>Pomacentrus chrysurus</i>	335	2 ルリスズダイ	<i>Chrysiptera cyanea</i>	1058	2 テバヌズダイ	<i>Chronis viridis</i>	444
3 ネカイヌズダイ	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	249	3 ミシジリュウキュウスズメダイ	<i>Dasyllus aruanus</i>	689	3 ミシジリュウキュウスズメダイ	<i>Dasyllus aruanus</i>	385
4 ミシジリュウキュウスズメダイ	<i>Dasyllus aruanus</i>	178	4 アサギヌズダイ	<i>Cheiloprion labialis</i>	682	4 ミシジリュウキュウスズメダイ	<i>Pomacentrus amboinensis</i>	279
5 ササナシギ	<i>Oenochanus striatus</i>	171	5 ハダマダイ	<i>Scarus sordidus</i>	469	5 ハダマダイ	<i>Scarus spp.</i>	190
6 ミミイヌズダイ	<i>Pomacentrus aekus</i>	164	6 ミミイヌズダイ	<i>Pomacentrus aekus</i>	481	6 ヲカズメダイ	<i>Amphiglyphidodon curacao</i>	177
7 ハダマダイ	<i>Scarus spp.</i>	163	7 ヲカズメダイ	<i>Amphiglyphidodon curacao</i>	468	7 ハダマダイ	<i>Scarus sordidus</i>	162
8 アボリスズダイ	<i>Segestes fasciatus</i>	131	8 オシロイヌズダイ	<i>Pomacentrus chrysurus</i>	392	8 ササナシギ	<i>Oenochanus striatus</i>	148
9 ミモセリスズダイ	<i>Chrysiptera laucopoma</i>	110	9 その他	Others	6458	9 キタノハギ	<i>Apogon niger</i>	148
10 ヲカズメダイ	<i>Pomacentrus amboinensis</i>	107			13028	10 シロカズメダイ	<i>Chronis margaritifer</i>	132
11 ガニヂ	<i>Acanthurus nigrofasciatus</i>	106				11 ヲカズメ	<i>Cheilodactylus quinquefasciatus</i>	130
12 レモリスズダイ	<i>Chrysiptera rex</i>	92				12 ガニヂ	<i>Acanthurus nigrofasciatus</i>	120
13 その他	Others	2156				13 ハダマダイ	<i>Pomacentrus lepidogaster</i>	101
		4479				14 ヒナハダ	<i>Oenogobius feroculus</i>	99
						15 アカハダ	<i>Bryaninops natans</i>	99
						16 ミミイヌズダイ	<i>Pomacentrus aekus</i>	95
						17 その他	Others	2890
								6153

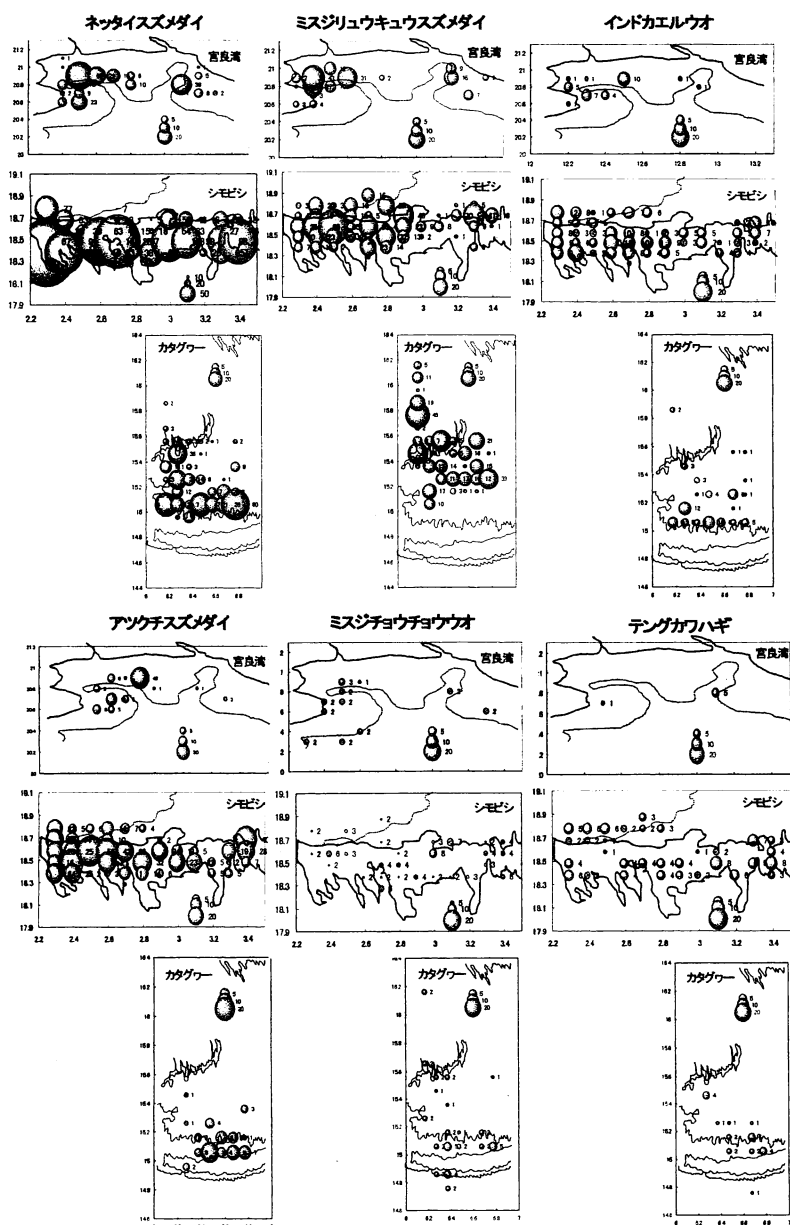


図11. サンゴを隠れ家や餌として利用するサンゴの立体構造の複雑さが保たれている所に分布する魚類の分布

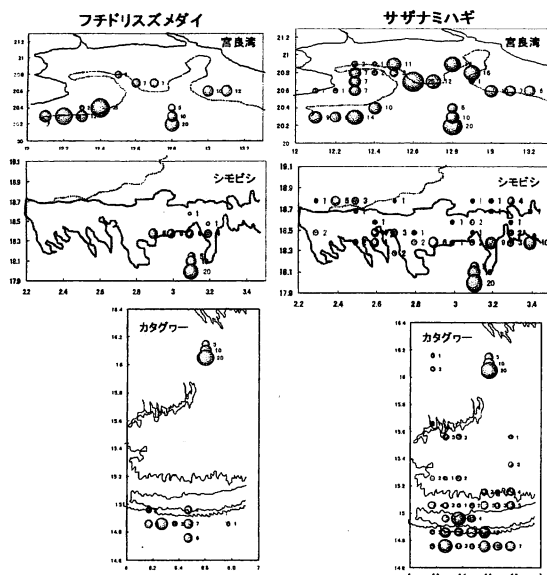


図 12. 礁斜面上部から礁縁部岩盤上の糸状藻類を摂餌する魚類の分布

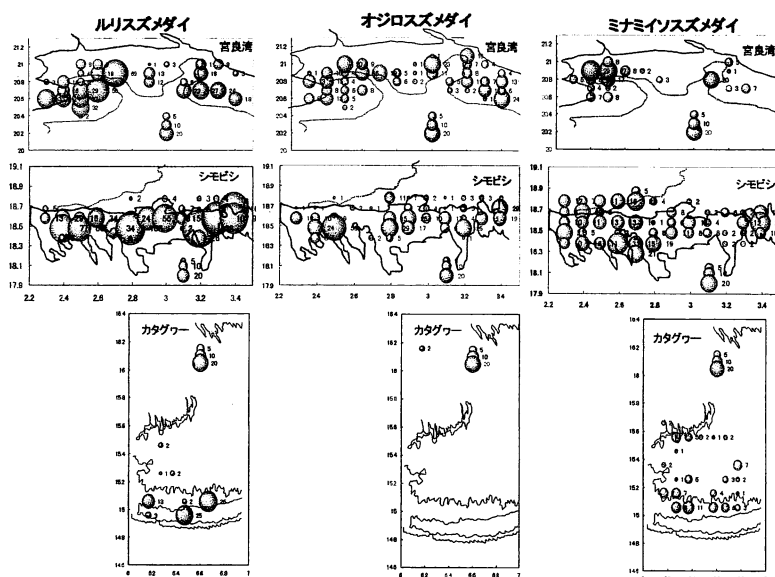


図 13. 水深の浅い死サンゴ岩盤上で微小藻類やプランクトンを餌とする生きたサンゴとのつながりが低い魚類の分布

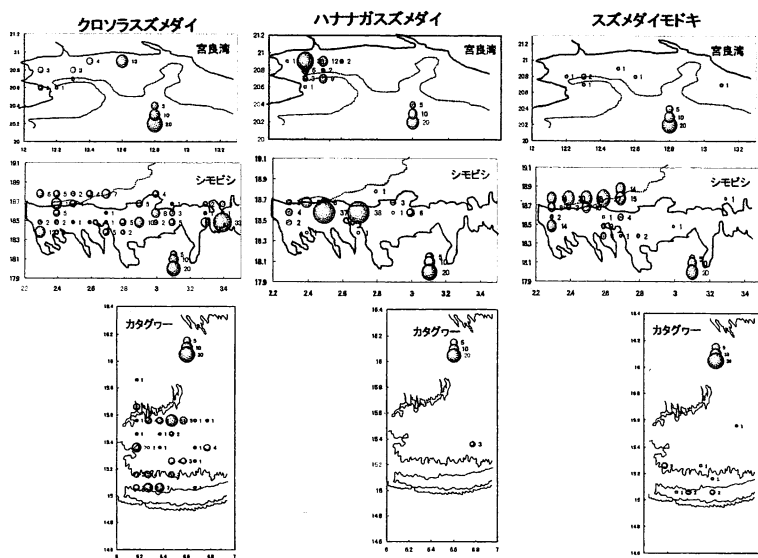


図 14. 死サンゴ岩盤上や大型枝状サンゴの根本に縄張りを形成し畑を作る藻食性スズメダイ類の分布

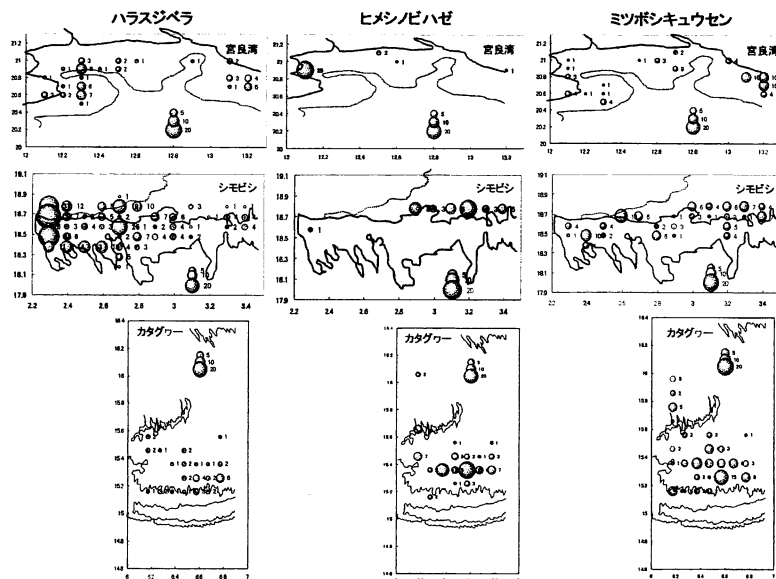


図 15. サ
ンゴパッチ、
砂礫域に分
布するベラ
類と、砂礫域
に巣穴を作
りエビと共
生するハゼ
の分布

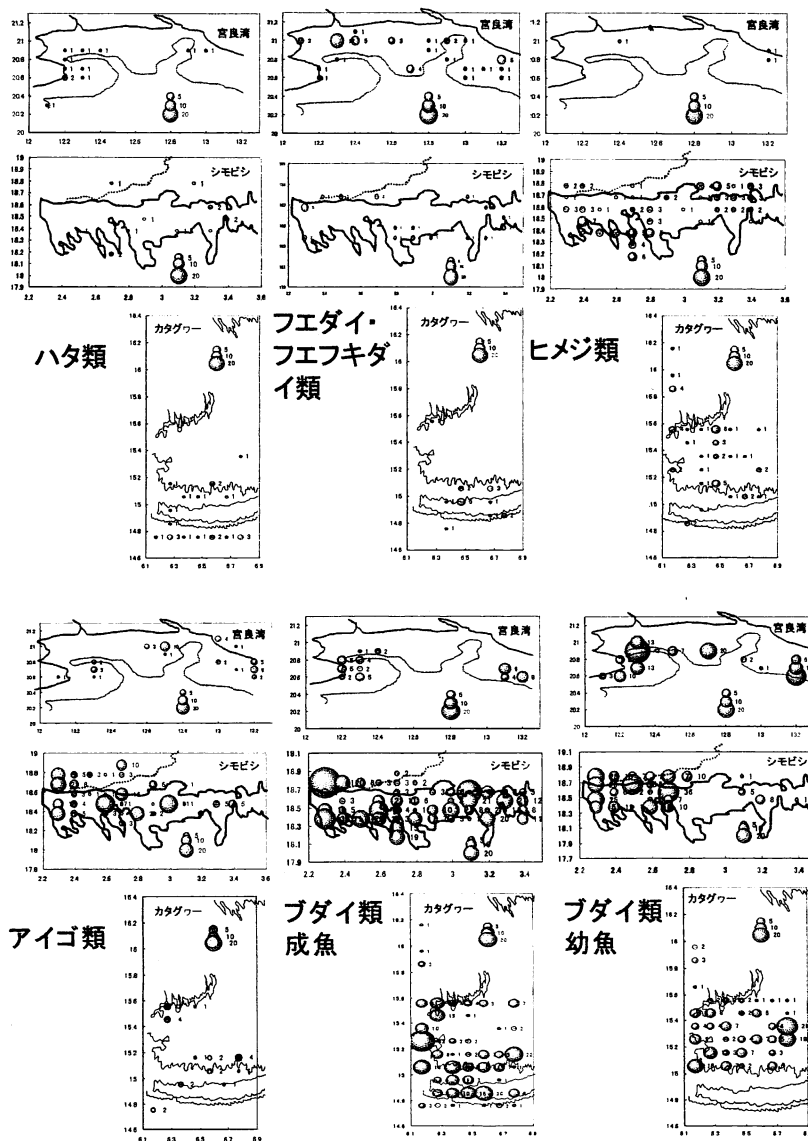
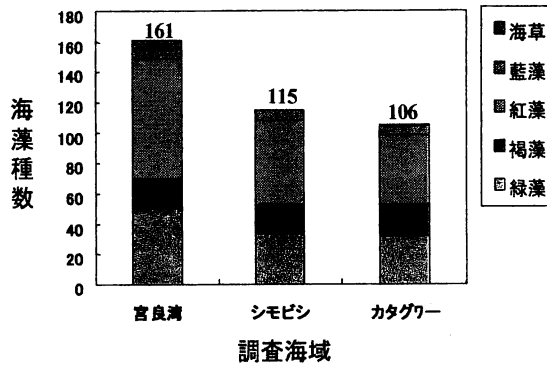
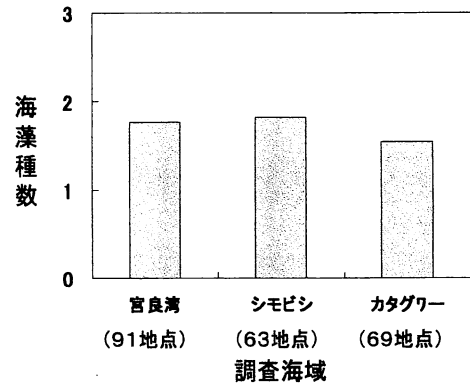


図 16.
水産有
用魚種
の分布

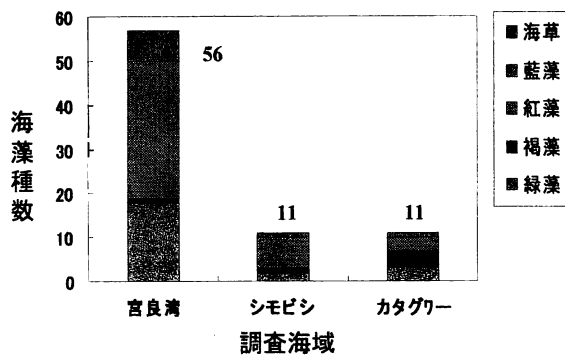


(3調査海域における分類群別出現海藻の種数)

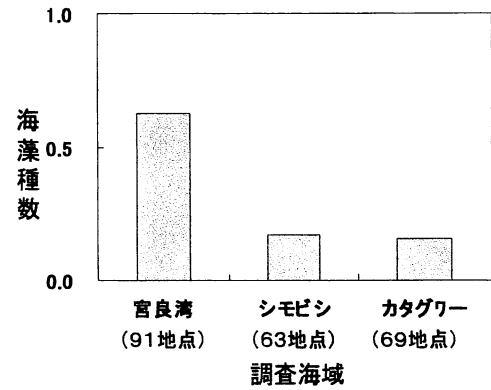


(調査地点当たりの出現海藻種数)

図 1 7. 3 調査海域における出現海藻の種類と調査地点当たりの種数.



(3調査海域における海域限定種の種数)



(調査地点当たりの海域限定種の種数)

図 1 8. 各調査海域における海域限定種と調査地点当たりの種数.

表 3. 3 調査海域に出現した海藻

(種 名)	(宮良湾)	(シモビシ)	(カタグリ)	(種 名)	(宮良湾)	(シモビシ)	(カタグリ)
CHLOROPHYTA (緑藻)				<i>Padina ausutralis</i>	+	+	+
<i>Enteromorpha compressa</i>	+			<i>Padina japonica</i>	+	+	+
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	+		+	<i>Padina minor</i>	+	+	+
<i>Enteromorpha</i> sp.	+			<i>Padina ryukyuana</i>	+	+	+
<i>Ulva conglobata</i> (?)	+			<i>Hormophysa cuneiformis</i>	+	+	
<i>Ulva ohnoi</i>	+			<i>Turbinaria ornata</i>	+	+	+
<i>Percursaria</i> (?) sp.		+		<i>Turbinaria</i> sp.			+
<i>Rhizoclonium grande</i>	+			<i>Sargassum crassifolium</i> (?)		+	
<i>Cladophora vagabunda</i>	+			<i>Sargassum cristaeifolium</i>	+	+	
<i>Cladophora</i> sp.	+			<i>Sargassum echinocarpum</i>	+	+	
<i>Willella japonica</i> (?)			+	<i>Sargassum myriocystum</i>	+		+
<i>Anadyomene wrightii</i>	+	+	+	<i>Sargassum polycystum</i>	+		
<i>Microdictyon okamurai</i>			+	<i>Sargassum polyporum</i>	+	+	+
<i>Microdictyon umbilicatum</i>	+	+	+	<i>Sargassum swartzii</i> (?)			+
<i>Boodlea coacta</i>	+	+	+	RHODOPHYTA (紅藻)			
<i>Boodlea composita</i>	+	+	+	<i>Yamadaella caenomyce</i>	+		+
<i>Struvea</i> sp.		+	+	<i>Actinotrichia fragilis</i>	+	+	+
<i>Cladophoropsis sundanensis</i>	+			<i>Galaxaura fasciculata</i>	+	+	+
<i>Cladophoropsis herpestica</i>	+			<i>Galaxaura filamentosa</i> (?)			+
<i>Boergesenia forbesii</i>	+			<i>Galaxaura obtusata</i> (?)	+		
<i>Ventricaria ventricosa</i>	+	+	+	<i>Galaxaura rugosa</i>	+	+	
<i>Valonia aegagropila</i>	+	+	+	<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	+		
<i>Valonia fastigiata</i>	+			<i>Gelidium pusillum</i>	+	+	+
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	+		+	<i>Pterocladia</i> sp.	+	+	+
<i>Dictyosphaeria versluysii</i>	+	+	+	<i>Gelidiella acerosa</i>	+	+	+
<i>Bornetella sphaerica</i>	+	+	+	<i>Hydrolithon onkodes</i>	+	+	+
<i>Bornetella nitida</i>	+			<i>Hydrolithon reinboldii</i>	+	+	+
<i>Neomeris annulata</i>	+	+	+	<i>Lithophyllum bamleri</i>	+	+	+
<i>Acetabularia dentata</i>	+			<i>Lithophyllum kotschyannum</i>	+	+	+
<i>Acetabularia</i> sp.	+			<i>Lithophyllum pygmaeum</i>	+	+	+
<i>Parvocaulis polyphysoides</i>	+		+	<i>Lithophyllum okamurai</i>	+		
<i>Parvocaulis parvula</i>	+	+		<i>Mastophora pacifica</i>	+	+	+
<i>Bryopsis harveyana</i>	+	+	+	<i>Mastophora rosea</i>	+		
<i>Caulerpa cupressoides</i>	+	+		<i>Mesophyllum erubescens</i>	+	+	+
<i>Caulerpa filicoides</i>	+	+		<i>Neogoniolithon frutescens</i>	+		
<i>Caulerpa lentillifera</i>	+			<i>Neogoniolithon fosliei</i>		+	+
<i>Caulerpa nummularia</i>	+	+	+	<i>Neogoniolithon trichotomum</i>	+	+	+
<i>Caulerpa parvifolia</i>	+			<i>Neogoniolithon variabile</i>		+	+
<i>Caulerpa peltata</i>	+	+	+	<i>Sporolithon ptychoides</i> (?)	+		+
<i>Caulerpa racemosa ecad clavifera</i>	+	+	+	<i>Melobesia</i> (無節石灰藻類)	+	+	+
<i>Caulerpa serrulata</i>	+	+	+	<i>Amphiroa foliacea</i>	+	+	+
<i>Caulerpa sertularioides</i>	+	+		<i>Amphiroa fragilissima</i>	+	+	+
<i>Caulerpa taxifolia</i>		+		<i>Amphiroa rigida</i> (?)	+		
<i>Chlorodesmis fastigiata</i>	+	+	+	<i>Amphiroa zonata</i>		+	
<i>Tydemania expeditionis</i>	+	+	+	<i>Cheilosporum spectabile</i>	+		
<i>Rhipidosiphon javensis</i>	+	+	+	<i>Jania capillacea</i>	+	+	+
<i>Avrainvillea amadelpha</i>			+	<i>Jania</i> sp.	+		
<i>Avrainvillea erecta</i>	+			<i>Rhodopeltis borealis</i>	+		
<i>Rhipilia</i> (?) sp.	+			<i>Peyssonnelia caulifera</i>	+		
<i>Rhipiliopsis echinocaulos</i>	+	+		<i>Peyssonnelia obscura</i>	+		+
<i>Halimeda discoidea</i>	+	+		<i>Peyssonnelia</i> spp.	+	+	+
<i>Halimeda fragilis</i> (?)		+	+	<i>Portieria hornemannii</i>	+	+	
<i>Halimeda hederacea</i>	+	+	+	<i>Halymenia</i> (?) sp.	+	+	
<i>Halimeda macroloba</i>	+	+	+	<i>Predaea</i> (?) sp.		+	
<i>Halimeda micronesica</i>		+	+	<i>Catenella caespitosa</i>	+		
<i>Halimeda opuntia</i>	+	+	+	<i>Cryptonemia</i> sp.		+	
<i>Halimeda simulans</i>	+	+		<i>Kappaphycus striatum</i> (?)	+		
<i>Halimeda velasquezii</i>	+	+	+	<i>Plocamium telfairiae</i>	+		
<i>Codium arabicum</i>	+			<i>Hypnea charoides</i>	+	+	+
<i>Codium geppiorum</i>	+	+	+	<i>Hypnea pannosa</i>	+	+	+
PHAEOPHYTA (褐藻)				<i>Hypnea</i> sp.		+	+
<i>Hinckisia</i> (?) sp.	+		+	<i>Hydropuntia edulis</i>	+		
<i>Ralfsia</i> sp.	+	+	+	<i>Hydropuntia eucheumatoides</i>	+		
<i>Sphacelaria</i> sp.	+	+	+	<i>Gracilaria salicornia</i>	+		
<i>Dictyota apiculata</i> (?)		+	+	<i>Gracilaria</i> (?) sp.	+		
<i>Dictyota bartayresiana</i>	+	+	+	<i>Chondracanthus intermedius</i> (?)	+		
<i>Dictyota divaricata</i> (?)			+	<i>Sarcodia ceylanica</i> (?)	+		
<i>Dictyota friabilis</i>	+	+	+	<i>Tylotus lichenoides</i>	+		
<i>Dictyota</i> sp. (with stripe)		+	+	<i>Asterionela peltata</i> (?)			+
<i>Dictyopteris repens</i>	+	+	+	<i>Champia</i> sp. (slender)	+	+	
<i>Lobophora variegata</i>	+	+	+	<i>Botryocladia leptopoda</i>	+		
<i>Styopodium zonale</i>	+	+	+	<i>Botryocladia skottsbergii</i>	+		
<i>Zonaria stipitata</i>			+	<i>Ceratodictyon spongiosum</i>	+		

表 3. (続き)

(種 名)	(宮良湾)	(シモビシ)	(カタグリ)	(種 名)	(宮良湾)	(シモビシ)	(カタグリ)
<i>Chamaeobotrys boergesenii</i>	+	+		<i>Laurencia brongniartii</i>	+	+	
<i>Coelarthrum</i> (?) sp.	+			<i>Laurencia flexilis</i>	+		
<i>Coelothrix irregularis</i>	+	+	+	<i>Laurencia</i> sp. (small, creeping)	+	+	
<i>Gelidiopsis intricata</i>	+	+	+	<i>Melanamansia glomerata</i>	+		+
<i>Gelidiopsis repens</i>	+		+	<i>Polysiphonia</i> sp.	+	+	+
<i>Gelidiopsis variabilis</i> (?)	+	+	+	<i>Tolypocladia glomerulata</i>	+	+	+
<i>Gelidiopsis</i> (?) sp. (small, slender)	+	+	+	<i>Leveillea jungermannioides</i>	+	+	
<i>Centroceras clavulatum</i>	+			red filamentous algae (糸状紅藻)	+	+	
<i>Ceramium flaccidum</i> (?)	+			CYANOPHYTA (藍藻)			
<i>Ceramium</i> sp. (1-3mm)		+	+	<i>Hydrocoleum</i> sp.	+	+	+
<i>Spyridia filamentosa</i>	+	+	+	<i>Lyngbya confervoides</i>		+	
<i>Dasya</i> (?) sp.		+	+	<i>Lyngbya majuscula</i>	+		+
<i>Wrangelia tanegana</i>	+	+		<i>Lyngbya sordida</i>	+	+	+
<i>Wrangelia</i> (?) sp.	+	+	+	<i>Phormidium</i> sp.		+	+
<i>Martensia fragilis</i>	+			<i>Symploca hydroides</i>	+	+	+
<i>Vanvoorstia spectabilis</i>		+		<i>Gardnerula corymbosa</i>		+	+
<i>Haloplegma duperreyi</i>		+		<i>Rivularia</i> sp.	+		
<i>Zellera tawallina</i>		+		cyanophytes (藍藻類)	+	+	+
<i>Acanthophora muscoides</i> (?)	+	+		SPERMATOPHYTA (海産種子植物)			
<i>Acanthophora spicifera</i>	+	+	+	<i>Cymodocea rotundata</i>	+		
<i>Acrocystis nana</i>	+			<i>Cymodocea serrulata</i>	+		
<i>Chondria dasyphylla</i> (?)			+	<i>Halodule pinifolia</i>	+		
<i>Chondria</i> (?) sp.	+	+	+	<i>Halodule uninervis</i>	+		
<i>Digenea simplex</i>	+	+		<i>Halophila decipiens</i>			+
<i>Herposiphonia</i> sp.	+			<i>Halophila ovalis</i>	+		
<i>Chondrophycus carolinensis</i>	+			<i>Thalassia hemprichii</i>	+		
<i>Chondrophycus parvipapillata</i>	+	+	+				
<i>Chondrophycus tranoi</i>	+	+	+				

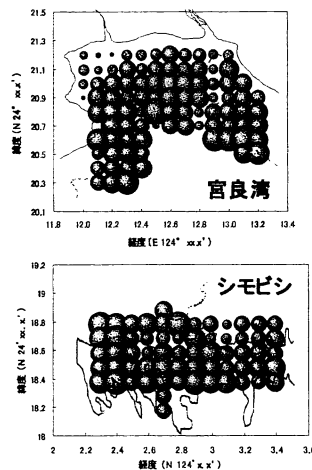


図 1 9. 3 調査海域における出海藻種数.

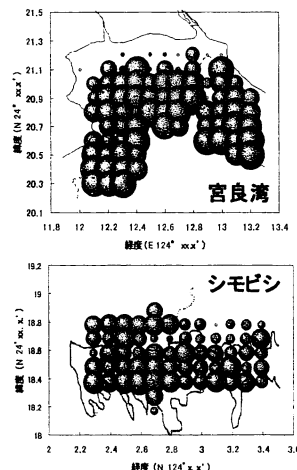
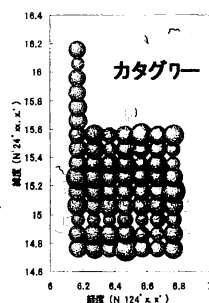


図 2 0. 3 調査海域における海藻被度.

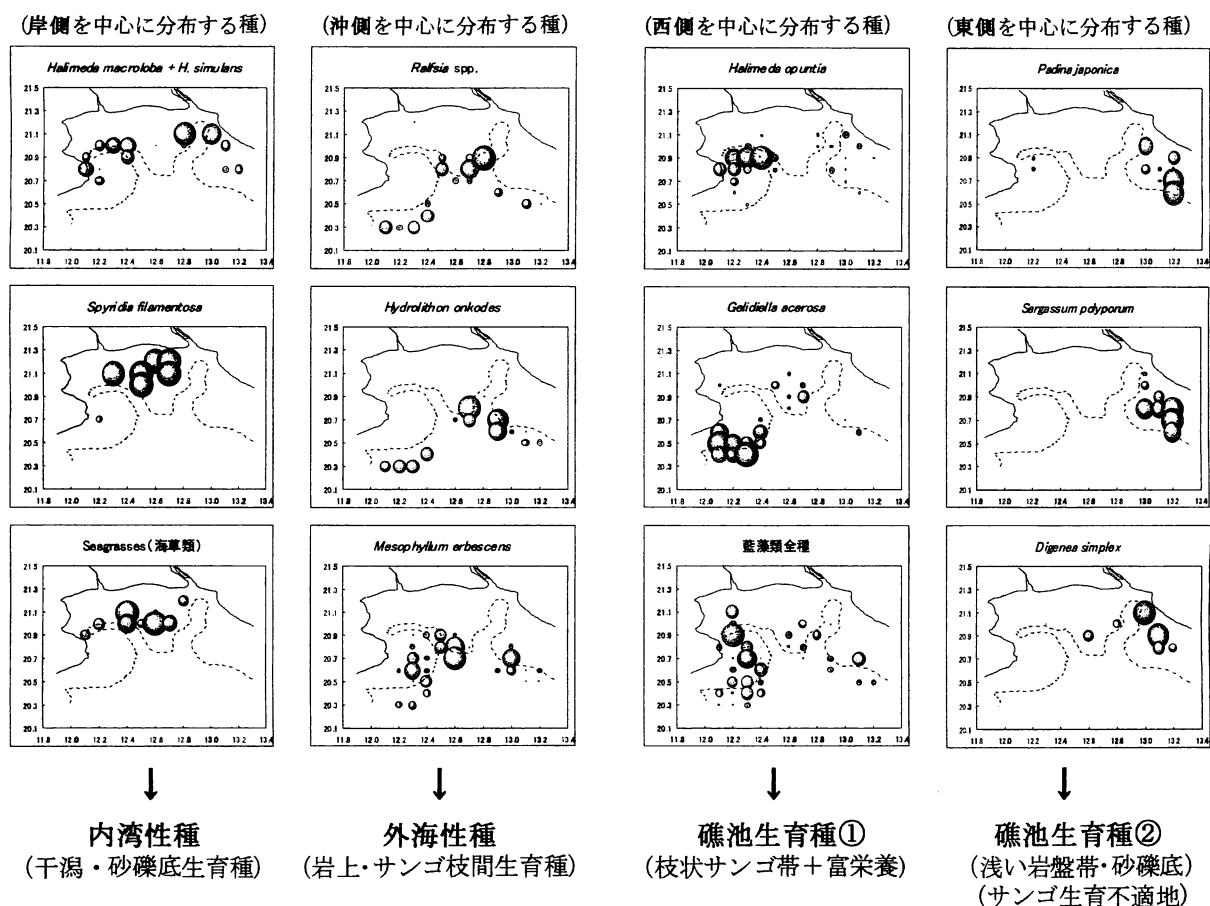


図 2 1. 宮良湾における海藻分布様式 (図中の円は海藻の被度を示す)。

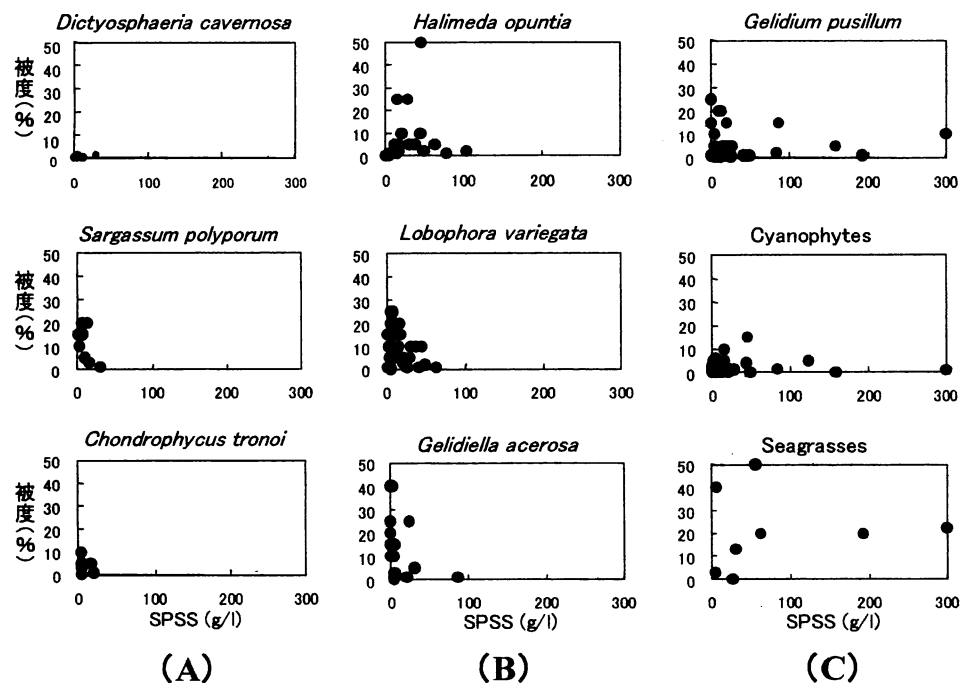
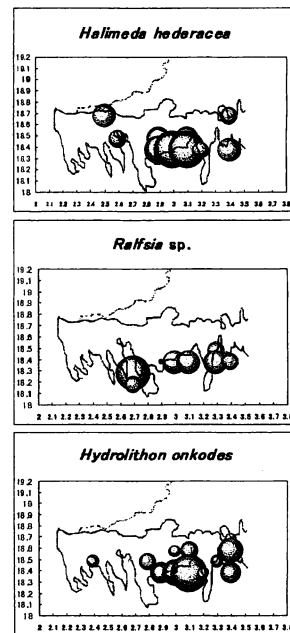
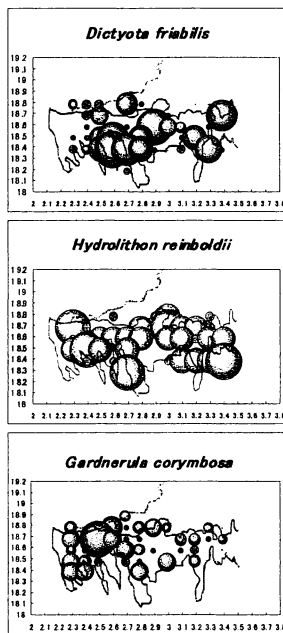
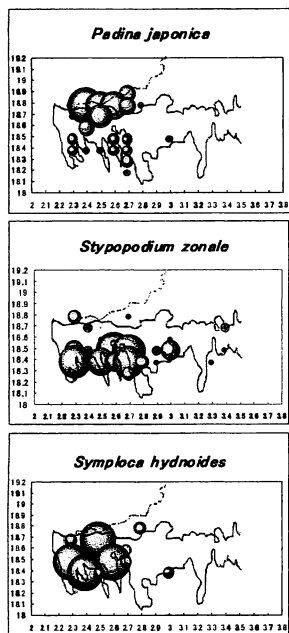


図 2 2. 宮良湾における SPSS 値と海藻被度の関係。

(西側～中央部を中心に分布する種)

(全体に広く分布する種)

(中央部～南東側を中心に分布する種)



↓
内湾性種①
(枝状サンゴ間生育種)

↓
内湾性種②
(生態遷移初期入植種)

↓
外海性種
(岩上・枝状サンゴ枝間生育種)

図 2 3. シモビシにおける海藻分布様式 (図中の円は海藻の被度を示す)。

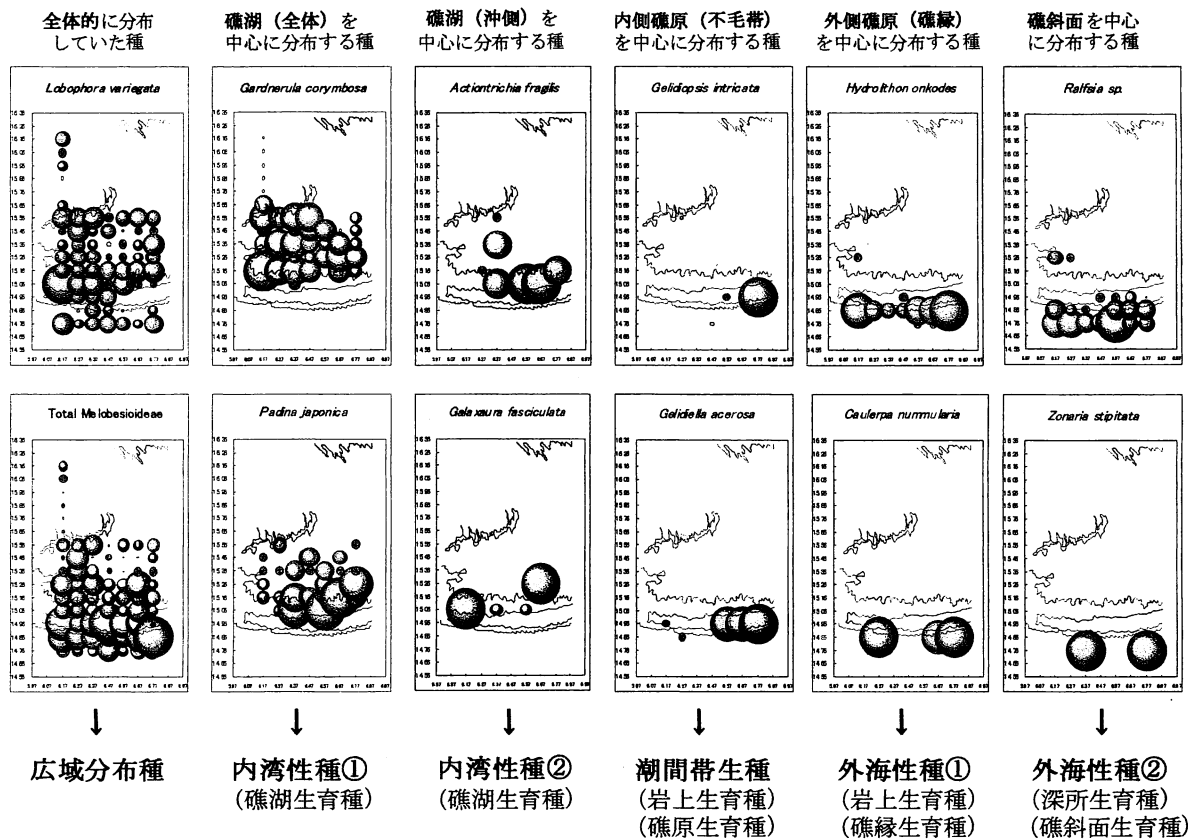


図 2 4. カタグリーにおける海藻分布様式 (図中の円は海藻の被度を示す)。

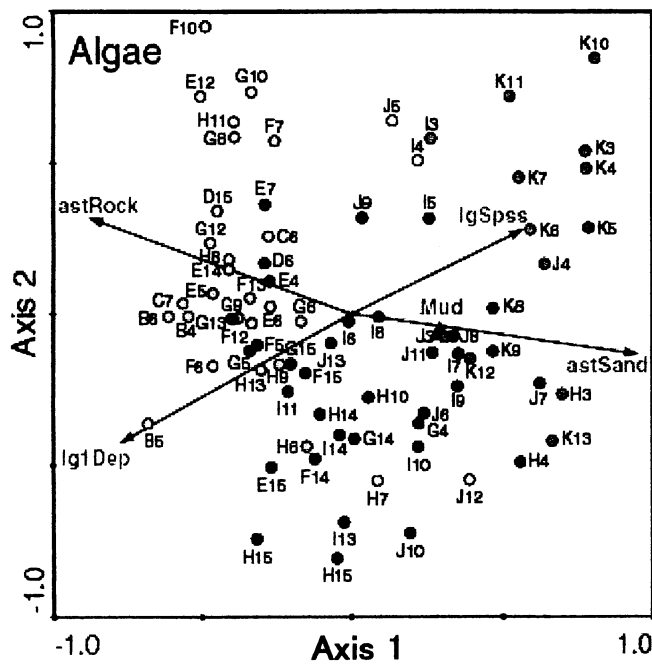


図 2 5 . 宮良湾における海藻群集と環境傾度との関係 (在不在データによる多変量解析結果).
 図中の番号が付いた丸印は調査地点を示す。また、矢印は環境要因 (Mud: 泥、astSand: 砂、astRock: 岩、lgSpss: 堆積物中県濁物質量、lg1Dep: 水深) を示す。

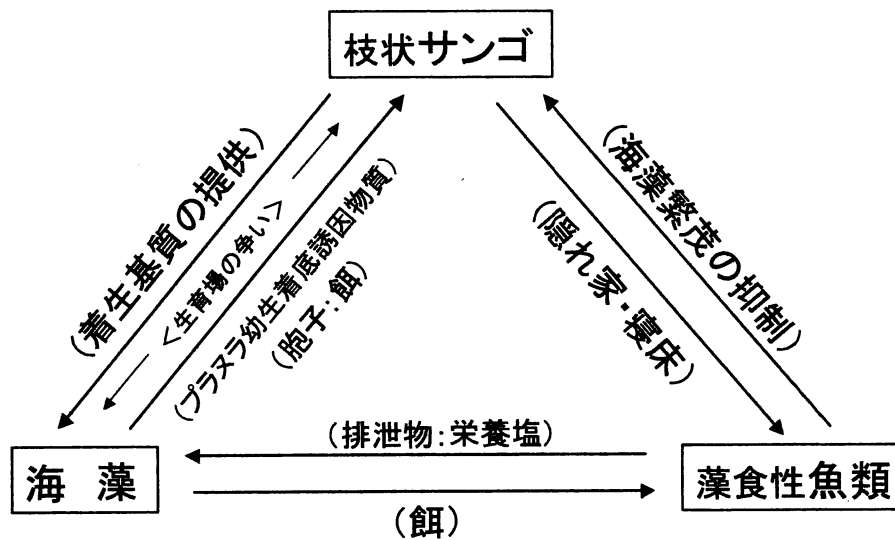


図 2 6 . 枝状サンゴ群集帯におけるサンゴ、海藻、魚の関係。

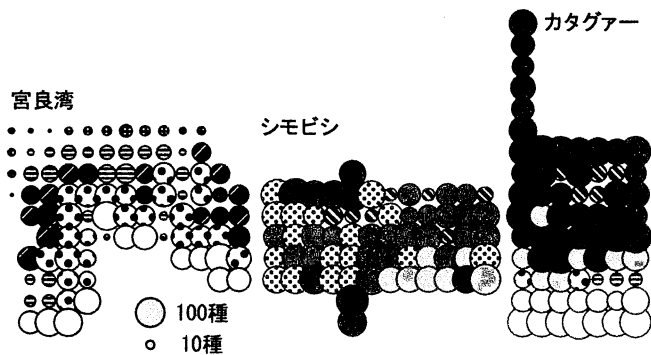


図27 宮良湾・シモビシ・カタグアーの223地点の12群集の分布。同じ生物群集を同じ色の円で示す。円の大きさは各地点の出現種数(サンゴ類・海藻海藻類・魚類の合計)。

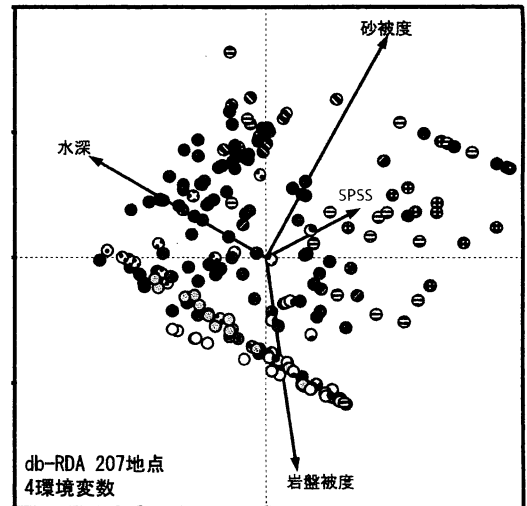


図28 環境傾度分析 (db-RDA) の結果。4環境変数(矢印)による生物群集の配置を示す。点の色は図1の12群の群集類別に対応。

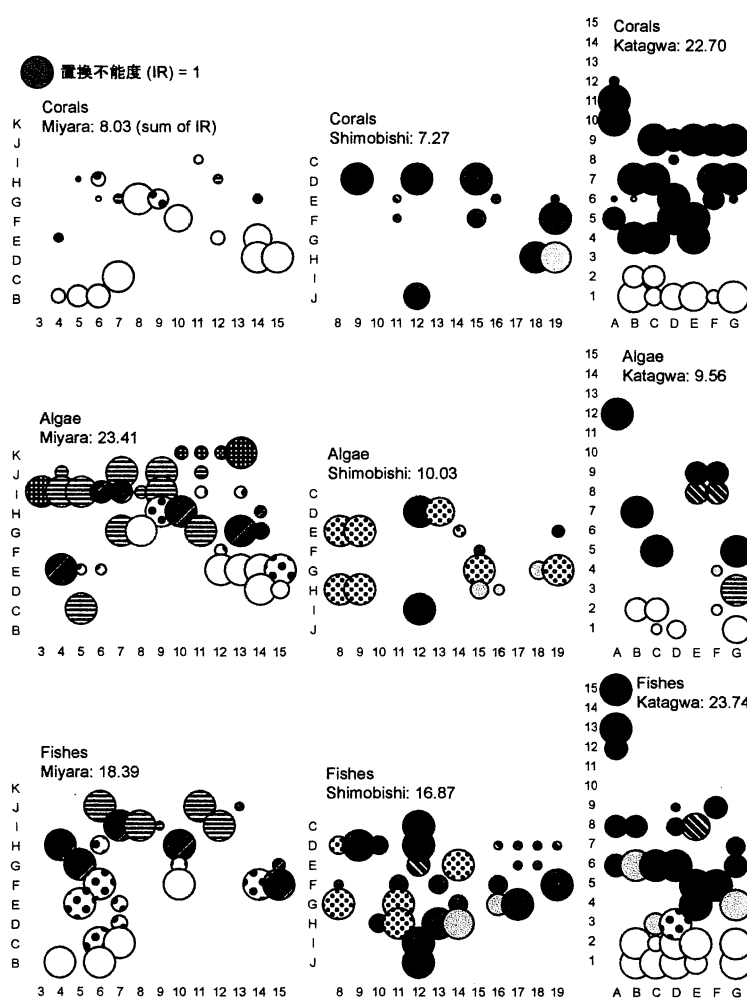


図29 宮良湾・シモビシ・カタグアーの223地点の置換不能度を、サンゴ類・海藻海藻類・魚類の分類群ごとに示す。円の大きさはその地点の置換不能度の値。円の色は図1の12群の群集類別に対応。各地点のあとの数値はその地域内の置換不能度得点の合計値。

ケース1: シモビシのみ

63地点、7群集要素

sum of excluded IR			
sum	Corals	Algae	Fishes
105.83	30.731	32.968	42.128

ケース2: シモビシと宮良湾宮良側

93地点、2群集要素

sum of excluded IR			
sum	Corals	Algae	Fishes
87.813	26.412	23.754	37.647

ケース3: シモビシとカタグアー南部分

93地点、3群集要素

sum of excluded IR			
sum	Corals	Algae	Fishes
79.105	20.703	29.524	28.878

図30 置換不能度と群集要素による任意の保全地域デザインの数値化。3つのケースを例示。保全地域に含まれなかった地点の置換不能度を合計して、減点分を計算する。同様に、保全地域に含まれなかった群集要素を示す。

表4 石西礁湖3地域(宮良湾・シモビシ・カタグァー)で類別された12群集の指標種。学名の左の記号は、C:サンゴ類、A:海藻類、F 魚類。それぞれの指標値(IndVal)の高い順に列挙。

学名	和名	指標値			
第1群集			F	<i>Centropyge tibicen</i>	アフ'ラヤッコ 10.14
C	<i>Acropora nobilis</i>	トゲ'スキ'ミドリシ 20.9	F	<i>Cheilinus fasciatus</i>	ヤシヤヘ'ラ 10.14
C	<i>Montipora aequituberculata</i>	チチ'ミウスコモンサンゴ' 14.4	F	<i>Epinephelus fasciatus</i>	アカハタ 9.78
A	<i>Chondrophycus tranoi</i>	16.23	第4群集		
A	<i>Halimeda fragilis</i> (?)	モロサボ'テンク'サ(?) 12.5	C	<i>Astreopora myriophthalma</i>	アナサンゴ' 56.27
F	<i>Scarus frontalis</i>	オニハゲ'ブ'タ'イ 16.67	C	<i>Goniastrea edwardsi</i>	ヒラカメ'ノコキクメイシ 53.48
F	<i>Pseudocheilinus evanidus</i>	ヒメニセモチ'ノウオ 12.12	C	<i>Acropora millepora</i>	ハイマツミドリシ 42.76
第2群集			C	<i>Acropora selago</i>	タチハナガ'サミドリシ 39.36
C	<i>Seriatopora hystrix</i>	トゲ'サンゴ' 30.12	C	<i>Acropora longicyathus</i>	オオツ'ツミドリシ 38.78
C	<i>Fungia repanda</i>	マルクサビ'ライシ 20.92	C	<i>Acropora parilis</i>	38.4
C	<i>Acropora donei</i>	11.09	C	<i>Acropora microphthalma</i>	コエダ'ミドリシ 37.83
A	<i>Lyngbya confervoides</i>	36.65	C	<i>Goniastrea pectinata</i>	コカメ'ノコキクメイシ 37.41
A	red filamentous algae	糸状紅藻類 31.37	C	<i>Echinophyllia orpheensis</i>	アハレキッサンゴ' 35.51
A	<i>Boodlea composita</i>	ハネア'オモグ'サ 25.08	C	<i>Acropora exquisita</i>	34.16
A	<i>Spyridia filamentosa</i>	ウフ'ケ'グ'サ 24.02	C	<i>Favia pallida</i>	ウスチャキクメイシ 34.04
A	<i>Symploca hydroides</i>	23.06	C	<i>Leptastrea purpurea</i>	34.04
A	<i>Padina ausutralis</i>	ウスハ'ウミウチワ 20.66	C	<i>Acropora subglabra</i>	ホソツ'ツミドリシ 30.74
A	<i>Amphiroa zonata</i>	ウスカワ'カニ'ノテ 18.82	C	<i>Acropora palifera</i>	ニオウミドリシ 30.4
A	<i>Acanthophora spicifera</i>	トゲ'ノリ 18.82	C	<i>Acropora grandis</i>	ルリサンゴ' 30.26
A	<i>Coelothrix irregularis</i>	ニセイハ'ラ'リ 15.14	C	<i>Acropora carduus</i>	ツツミドリシ 29.97
A	<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>clavifera</i>	12.79	C	<i>Favia fava</i>	スボ'ミクメイシ 29.33
A	<i>Caulerpa taxifolia</i>	イチイス'タ 11.76	C	<i>Montipora turgescens</i>	アハ'タ'コモンサンゴ' 27.6
A	<i>Leveillea jungermannioides</i>	ジ'ヤ'バ'ラ'リ 11.76	C	<i>Acropora formosa</i>	スキ'ノキミドリシ 26.81
A	<i>Turbinaria ornata</i>	ラッハ'モク 11.67	C	<i>Cyphastrea serailia</i>	フカトゲ'キクメイシ 25.93
A	<i>Amphiroa fragilissima</i>	ホソエダ'カニ'ノテ 11.07	C	<i>Acropora yongei</i>	ヤンク'ミドリシ 25.01
A	<i>Rhipiliopsis echinocaulos</i>	ニセイヒメ'イ'チョウ 10.46	C	<i>Stylocoeniella guentheri</i>	ムカシサンゴ' 24.76
A	<i>Tolypocladia glomerulata</i>	イトクス'グ'サ 9.8	C	<i>Cyphastrea chalcidicum</i>	コトゲ'キクメイシ 24.32
A	<i>Chondria</i> (?) sp.	ヤナギ'ノリ'属(?) 7.84	C	<i>Galaxea fascicularis</i>	アサ'ミサンゴ' 23.58
F	<i>Siganus virgatus</i>	ヒメアイ'コ' 14.71	C	<i>Montastrea magnistellata</i>	オオマル'キクメイシ 22.98
F	<i>Pomacentrus coelestis</i>	ソラス'メ'ダ'イ 8.82	C	<i>Acropora tenuis</i>	ウスエダ'ミドリシ 21.75
第3群集			C	<i>Pavona varians</i>	シワシワ'コ'サンゴ' 20.21
C	<i>Acropora pulchra</i>	オトメ'ミドリシ 27.06	C	<i>Fungia concinna</i>	ヒラタク'サビ'ライシ 19.98
C	<i>Montipora malampaya</i>	26.5	C	<i>Stylophora pistillata</i>	ショウガ'サンゴ' 19.96
C	<i>Montipora peltiformis</i>	イタイボ'コモンサンゴ' 19.76	C	<i>Lobophyllia hemprichii</i>	オオハナガ'タサンゴ' 19.86
C	<i>Millepora intricata</i>	ホソエダ'アナサンゴ'モト'キ 19.57	C	<i>Acropora cerealis</i>	ムギ'ノボ'ミドリシ 19.8
C	<i>Millepora tenella</i>	ヤツデ'アナサンゴ'モト'キ 18.12	C	<i>Galaxea horrescens</i>	エダ'アサ'ミサンゴ' 19.34
C	<i>Montipora vietnamensis</i>	17.39	C	<i>Echinopora pacificus</i>	タイヨウ'リュウ'キョウ'キッカ'キッカ'サンゴ' 18.02
C	<i>Acropora humilis</i>	ツツコ'ビ'ミドリシ 17.16	C	<i>Turbinaria irregularis</i>	ツツスリ'ハ'チサンゴ' 17.73
C	<i>Pocillopora damicornis</i>	ハナヤ'サイ'サンゴ' 15.32	C	<i>Acropora aspera</i>	ヒメマツ'ミドリシ 17.41
C	<i>Montipora informis</i>	ノリ'コモンサンゴ' 15	C	<i>Fungia valida</i>	ノコ'キ'ク'サ'ビ'ライシ 17.23
C	<i>Acropora nasuta</i>	ハナガ'サミ'ライシ 14.78	C	<i>Acropora bruggemani</i>	フトエダ'ミドリシ 15.67
C	<i>Montipora samarensis</i>	11.84	C	<i>Acropora elseyi</i>	マルツ'ツミドリシ 15.13
C	<i>Acropora cytherea</i>	ハナハ'チ'ミドリシ 10.52	C	<i>Leptastrea pruinosa</i>	トゲ'ル'リサンゴ' 15.13
C	<i>Montipora altasepta</i>	9.88	C	<i>Millepora exaesa</i>	カンボ'ク'アナサンゴ'モト'キ 14.92
C	<i>Montipora grisea</i>	グリ'セ'ア'コモンサンゴ' 8.24	C	<i>Pocillopora meandrina</i>	チリメン'ハナヤ'サイ'サンゴ' 14.38
A	<i>Neogoniolithon trichotomum</i>	キフ'リ'イシ'モ 29.35	C	<i>Acropora vauhani</i>	ホー'ント'ライシ 14.36
F	<i>Plagiotremus tapeinosoma</i>	テン'クロ'ス'シ'キン'ボ' 24.49	C	<i>Astreopora ocellata</i>	カサ'リ'アナサンゴ' 13.03
F	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	シマ'タ'レ'ク'チ'ヘ'ラ 18.14	C	<i>Acropora echinata</i>	トゲ'ツ'ツミドリシ 12.77
F	<i>Epibulus insidiator</i>	キ'チ'ヘ'ラ 17.75	C	<i>Pavona decussata</i>	シ'クロ'サンゴ' 12.77
F	<i>Atrosalarias fuscus holomelas</i>	インド'カ'エル'ウ'オ 17.45	C	<i>Montipora cactus</i>	サボ'テン'コ'モンサンゴ' 12.27
F	<i>Cheilinus chlorurus</i>	アカ'テン'モチ'ノウ'オ 16.3	C	<i>Pachyseris rugosa</i>	シワ'リュウ'モンサンゴ' 11.49
F	<i>Cheiloprion labiatus</i>	アツク'ス'メ'ダ'イ 15.05	C	<i>Cyphastrea microphthalma</i>	トゲ'キクメイシ 11.27
F	<i>Thalassoma lutescens</i>	ヤマ'フ'キ'ヘ'ラ 14.56	C	<i>Turbinaria stellulata</i>	ヒメスリ'ハ'チサンゴ' 11.2
F	<i>Centropyge ferrugata</i>	アカ'ハラ'ヤッコ 14.2	C	<i>Montastrea annuligera</i>	ルリ'マル'キクメイシ 10.94
F	<i>Thalassoma hardwickii</i>	セ'ナス'ジ'ヘ'ラ 13.04	C	<i>Symphyllia valenciennesii</i>	ハナガ'タサンゴ' 8.69
F	<i>Thalassoma lunare</i>	オトメ'ヘ'ラ 12.79	C	<i>Psammocora profundacella</i>	アミ'メ'サンゴ' 7.66
F	<i>Labrichthys unilineatus</i>	クロ'ヘ'ラ 12.52	C	<i>Ctenactis echinata</i>	トゲ'ク'サ'ビ'ライシ 7.6
F	<i>Hemigymnus melapterus</i>	タ'レ'ク'チ'ヘ'ラ 11.85	A	<i>Dictyota apiculata</i> (?)	45.85
F	<i>Gomphosus varius</i>	クギ'ヘ'ラ 11.38	A	<i>Stypopodium zonale</i>	ジ'ガ'ミ'グ'サ 45.85
F	<i>Ecsenius yaeyamaensis</i>	イシ'ガ'キ'カ'エル'ウ'オ 10.31	A	<i>Gardnerula corymbosa</i>	40.19
			A	<i>Neogoniolithon variabile</i>	39.58

A	<i>Padina japonica</i>	オキナウチワ	38.89	C	<i>Coelosera mayeri</i>	ヨロシクメイシ	17.58
A	<i>Neogoniolithon fosliei</i>	フォスリーシモ	38.4	C	<i>Pachyseris speciosa</i>	リュウモンサンゴ	16.07
A	<i>Lithophyllum pygmaeum</i>	モルッカイシモ	36.41	C	<i>Acropora acuminata</i>	ハイスギミドリイシ	14.29
A	<i>Dictyota</i> sp. (with stripe)	アミジクサ属	32.83	C	<i>Sandalolitha robusta</i>	ヘルメットイシ	14.29
A	<i>Dictyota friabilis</i>	ハイアミジクサ	30.51	C	<i>Echinopora gemmacea</i>	オオリウキウキサンゴ	14.29
A	<i>Lobophora variegata</i>	ハイオオキ	28.14	C	<i>Favia speciosa</i>	キクメイシ	13.53
A	cyanophytes	藍藻類	26.11	C	<i>Montipora venosa</i>	コモサンゴ	13.23
A	<i>Phormidium</i> sp.		25.03	C	<i>Montipora foveolata</i>	オオクボミコモサンゴ	12.03
A	Melobesioideae	無節石灰藻類	22.93	C	<i>Acropora verweyi</i>		11.43
A	<i>Neomeris annulata</i>	フデノホ	19.74	C	<i>Merulina scabricula</i>	ウスササナミサンゴ	11.43
A	<i>Halimeda hederacea</i>		18.78	C	<i>Montipora efflorescens</i>	シモコモサンゴ	10.88
A	<i>Actinotrichia fragilis</i>	ソデガタミ	18.45	C	<i>Acropora nana</i>	スゲミドリイシ	10.71
A	<i>Polysiphonia</i> sp.	イトグサ属	18.15	C	<i>Favites halicora</i>	マルカメノコキクメイシ	10.39
A	<i>Hydrocoleum</i> sp.		14.81	C	<i>Acropora subulata</i>		9.94
A	<i>Bornetella sphaerica</i>	ミスタマ	12.26	C	<i>Favites flexuosa</i>	オオカメノコキクメイシ	9.52
A	<i>Ventricaria ventricosa</i>	オオハロニア	11.6	C	<i>Turbinaria reniformis</i>	ヨコミツスリハチサンゴ	9.52
A	<i>Lyngbya sordida</i>		10.43	C	<i>Symphyllia radians</i>	ダイノウサンゴ	9.18
A	<i>Dictyopteris repens</i>	ヒメヤハス	10.14	C	<i>Montastrea curta</i>	マルキクメイシ	9.14
A	<i>Dictyota bartayresiana</i>		9.28	C	<i>Acropora aculeus</i>	ハリエダミドリイシ	8.16
F	<i>Pomacentrus vaiuli</i>	クロメカネスメダイ	18.06	C	<i>Favia lizardensis</i>	リサードキクメイシ	8.16
F	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	ヤライイシモチ	17.14	A	<i>Galaxaura filamentosa</i> (?)	フサガラガラ(?)	42.86
F	<i>Labropsis manabei</i>	マナベベラ	16.53	A	<i>Mastophora pacifica</i>	コンカイシモ	32.47
F	<i>Scarus sordidus</i>	ハゲフダイ	15.91	A	<i>Halimeda micronesica</i>	コバノサボテンクサ	30.43
F	<i>Pomacentrus amboinensis</i>	ニセネッタイスメダイ	14.03	A	<i>Zonaria stipitata</i>	エツキシマオオキ	19.05
F	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	クラカオスメダイ	13.54	A	<i>Halimeda velasquezii</i>	ヒラサボテンクサ	14.58
F	<i>Labroides dimidiatus</i>	ホンソメワケベラ	13.32	F	<i>Apogon savayensis</i>	ナミダテンシクタイ	20
F	<i>Scarus</i> spp.	フダイ類	13.04	F	<i>Parapercis cylindrica</i>	ダンダラトキス	15.15
F	<i>Chaetodon trifascialis</i>	ヤリカタギ	12.07	F	<i>Cheilinus bimaculatus</i>	タコベラ	13.33
F	<i>Cephalopholis urodeta</i>	ニジハタ	9.33	第6群集			
F	<i>Apogon properuptus</i>	キンセンイシモチ	9.26	C	<i>Acropora monticulosa</i>	サンカクミドリイシ	56.39
F	<i>Pseudocheilinus hexataenia</i>	ニセモチノウオ	9.14	C	<i>Platygyra ryukyuensis</i>	リュウキュウノウサンゴ	32.95
F	<i>Scarus schlegeli</i>	オビブダイ	8.57	C	<i>Acropora valida</i>	ホソエダミドリイシ	29.65
第5群集				C	<i>Acanthastrea echinata</i>	ヒメオオトゲキクメイシ	23.68
C	<i>Acropora austera</i>	コイボミドリイシ	77.78	C	<i>Leptoria phrygia</i>	ナガラサンゴ	23.68
C	<i>Symphyllia recta</i>	ホソダイノウサンゴ	63.64	C	<i>Goniastrea retiformis</i>	コモシキクメイシ	22.37
C	<i>Acropora anthocercis</i>	タマユビミドリイシ	58.33	C	<i>Acropora digitifera</i>	ユビミドリイシ	21.59
C	<i>Acropora florida</i>	サボテンミドリイシ	51.43	C	<i>Pocillopora verrucosa</i>	イボハダハナヤサイサンゴ	21.53
C	<i>Platygyra yaeyamaensis</i>	ヤエヤマノウサンゴ	51.43	C	<i>Acropora hyacinthus</i>	クシハダミドリイシ	21.32
C	<i>Acropora listeri</i>	リストーミドリイシ	42.86	C	<i>Acropora gemmifera</i>	オヤユビミドリイシ	20.63
C	<i>Acropora hoeksemai</i>		42.86	C	<i>Acropora robusta</i>	ヤスミドリイシ	18.42
C	<i>Acanthastrea ishigakiensis</i>	イシガキオオトゲキクメイシ	42.86	C	<i>Platygyra pini</i>	ヒメノウサンゴ	17.54
C	<i>Acropora paniculata</i>		39.68	C	<i>Favites abdita</i>	カメノコキクメイシ	16.64
C	<i>Acropora loripes</i>	マルツツハナガサミドリイシ	39.68	C	<i>Pavona clavus</i>	コモシコロサンゴ	15.79
C	<i>Acropora microclados</i>		36.73	C	<i>Porites horizontalata</i>	クボミハマサンゴ	14.62
C	<i>Platygyra daedalea</i>	ヒラノウサンゴ	34.29	C	<i>Favia matthaii</i>	アラキクメイシ	14.57
C	<i>Favia maxima</i>	ウルトラキクメイシ	28.57	C	<i>Montipora tuberculosa</i>	ヒメイボコモサンゴ	12.89
C	<i>Leptoria irregularis</i>	ミダレナガラサンゴ	28.57	C	<i>Porites lichen</i>	ベニハマサンゴ	12.63
C	<i>Acropora granulosa</i>	ツツハナガサミドリイシ	25.71	C	<i>Oxypora lacera</i>	アナキッカサンゴ	12.03
C	<i>Acropora secale</i>	トゲホソエダミドリイシ	25.51	C	<i>Heliopora coerulea</i>	アオサンゴ	12.03
C	<i>Echinophyllia aspera</i>	キッカサンゴ	25.51	C	<i>Pocillopora eoudouxii</i>	ヘラジカハナヤサイサンゴ	11.84
C	<i>Platygyra contorta</i>	ミダレノウサンゴ	25.51	C	<i>Acropora samoensis</i>	サモアミドリイシ	10.53
C	<i>Merulina ampliata</i>	ササナミサンゴ	24.14	C	<i>Hydnophora microconos</i>	リュウキュウイボサンゴ	9.36
C	<i>Montipora danae</i>	デーナイボコモサンゴ	23.81	C	<i>Echinopora lamellosa</i>	リュウキュウキッカサンゴ	9.36
C	<i>Hydnophora exesa</i>	トゲイボサンゴ	23.38	A	<i>Gelidiopsis repens</i>	テングサモドキ	48.99
C	<i>Lobophyllia corymbosa</i>	マルハナガタサンゴ	22.32	A	<i>Hydrolithon onkodes</i>	アナアキイシモ	39.66
C	<i>Platygyra verweyi</i>		22.32	A	<i>Lithophyllum kotschyannum</i>	ミナミイシモ	31.69
C	<i>Acropora divaricata</i>	ヤッコミドリイシ	21.43	A	<i>Dictyosphaeria versluysii</i>	ムクキコウグサ	31.67
C	<i>Caulastrea furcata</i>	ネジレタバネサンゴ	21.43	A	<i>Ralfsia</i> sp.	イソガワラ属	31
C	<i>Montastrea valenciennesi</i>	タカクキクメイシ	21.43	A	<i>Caulerpa nummularia</i>	スズカケスタ	30.45
C	<i>Favia stelligera</i>	ホシキクメイシ	21.01	A	<i>Martensia fragilis</i>	アヤニシキ	27.07
C	<i>Acropora danai</i>	トゲマツミドリイシ	20.78	A	<i>Bryopsis harveyana</i>	カタハハネモ	26.54
C	<i>Diploastrea heliopora</i>	ダイオウサンゴ	19.05	A	<i>Cheilosporum spectabile</i>	ハネヒメシコロ	26.32
C	<i>Platygyra sinensis</i>	シナノウサンゴ	18.92	A	<i>Gelidiopsis</i> (?) sp.	テングサモドキ属(?)	25.35

A	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	キッコウグサ	21.65	A	<i>Caulerpa lentillifera</i>	クビレスタ	11.11
A	<i>Hypnea pannosa</i>	コケイハラ	21.53	F	<i>Salarias fasciatus</i>	ヤエヤマキンボ	11.76
A	<i>Chondracanthus intermedius</i> (?)	カイノリ(?)	19.84	F	<i>Pomacentrus bankanensis</i>	メカネスズメダイ	11.11
A	<i>Gelidium pusillum</i>	ハイテングサ	19.79	第9群集			
A	<i>Lithophyllum bamleri</i>	ヒラタイシモ	18.73	A	<i>Chondria dasyphylla</i> (?)	ヤナキノリ?	16.67
A	<i>Jania capillacea</i>	ケヒメモサズキ	18.15	A	<i>Lyngbya majuscula</i>		11.11
A	<i>Chlorodesmis fastigiata</i>	マユハキモ	16.45	F	<i>Pervagor janthinosoma</i>	ニシキカワハギ	11.85
A	<i>Caulerpa peltata</i>	タカツキズタ	16.4	第10群集			
A	<i>Amphiroa foliacea</i>	ハイカニノテ	15.79	A	<i>Gelidiella acerosa</i>	シマテングサ	20.31
A	<i>Microdictyon okamurai</i>	タノモグサ	10.53	A	<i>Sargassum myriocystum</i>	ヒメハモク	18.85
F	<i>Balistapus undulatus</i>	クマトリ	16.34	A	<i>Thalassia hemprichii</i>	リュウキュウスカモ	17.13
第7群集				A	<i>Hydropuntia edulis</i>	カタオゴノリ?	16.4
C	<i>Montipora digitata</i>	エタコモンサンゴ	22.62	A	<i>Percursaria</i> (?) sp.	ヘルクルサリア属	16.03
C	<i>Goniastrea aspera</i>	ハリカメノコキクメイシ	18.39	A	<i>Cladophora</i> sp.	シオグサ属	15.71
C	<i>Pavona frondifera</i>	コノハシコロサンゴ	15.38	A	<i>Hinckisia</i> (?) sp.	ヒンクシア属	15.38
C	<i>Pavona venosa</i>	シコロキクメイシ	13.85	A	<i>Gracilaria salicornia</i>	フシクレノリ	15.38
C	<i>Favites chinensis</i>	シナキクメイシ	12.98	A	<i>Halophila ovalis</i>	ウミヒルモ	13.85
C	<i>Montipora stellata</i>	トゲエタコモンサンゴ	10.68	A	<i>Enteromorpha</i> sp.	旧アオリ属	12.31
C	<i>Porites cylindrica</i>	ユビエタハマサンゴ	10.12	A	<i>Cymodocea rotundata</i>	ベニアマモ	11.54
A	<i>Mesophyllum erubescens</i>	エタウチシモ	37.76	A	<i>Boodlea coacta</i>	アオモグサ	9.85
A	<i>Pterocladia</i> sp.	オハクサ属	35.6	A	<i>Wrangelia tanegana</i>	ランゲリア	7.4
A	<i>Lithophyllum okamurai</i>	ヒライボ	24.49	F	<i>Pomacentrus chrysurus</i>	オシロズメダイ	17.76
第8群集				F	<i>Lutjanus gibbus</i>	ヒメフエダイ	12.5
C	<i>Porites</i> (massive) spp.	塊状ハマサンゴ	16.51	F	<i>Chrysiptera cyanea</i>	ルリスズメダイ	12.19
A	<i>Acetabularia dentata</i>	リュウキュウカサ	42.11	F	<i>Amblygobius phalaena</i>	サラサハゼ	10.89
A	<i>Hormophysa cuneiformis</i>	ヤハネモク	35.56	F	<i>Valenciennea longipinnis</i>	ササナミハゼ	10.42
A	<i>Halimeda maculosa</i>	ヒロハサボテングサ	30.56	F	<i>Scolopsis lineata</i>	ヨコシマタマガシラ	10.21
A	<i>Sporolithon ptychoides</i> (?)		29.23	第11群集			
A	<i>Halimeda simulans</i>	フササボテングサ	19.57	A	<i>Ulva ohnoi</i>	ミナミアオサ	45.37
A	<i>Sargassum polyporum</i>	タマキレハモク	19.44	A	<i>Rhizoclonium grande</i>	オオネダシグサ	28.07
A	<i>Ceratodictyon spongiosum</i>	カイメンソウ	19.44	A	<i>Laurencia</i> sp.	ソゾ属	26.67
A	<i>Sargassum echinocarpum</i>		18.18	A	<i>Halodule pinifolia</i>	マツハウミシグサ	18.75
A	<i>Rhipidosiphon javensis</i>	ヒメイチョウ	17.78	A	<i>Cladophora vagabunda</i>	フサシオグサ	16.67
A	<i>Codium geppiorum</i>		15.43	A	<i>Centroceras clavulatum</i>	トゲイグス	12.5
A	<i>Galaxaura fasciculata</i>	ビロウトガラガラ	14.55	F	<i>Cryptocentrus caeruleomaculatus</i>	タカノハハゼ	41.03
A	<i>Galaxaura rugosa</i>	ナカガラガラ	12.5	F	<i>Cryptocentrus singapurensis</i>	オイランハゼ	34.72
A	<i>Boergesenia forbesii</i>	マカタマモ	12.37	F	<i>Cryptocentrus inexplicatus</i>	ブチハゼ	33.33
A	<i>Digenea simplex</i>	マクリ	11.57	F	<i>Istigobius ornatus</i>	カサリハゼ	15
A	<i>Caulerpa serrulata</i>		11.54	第12群集			
A	<i>Cladophoropsis sundanensis</i>	ヒメミドリゲ	11.11	A	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	ホウアオリ	25

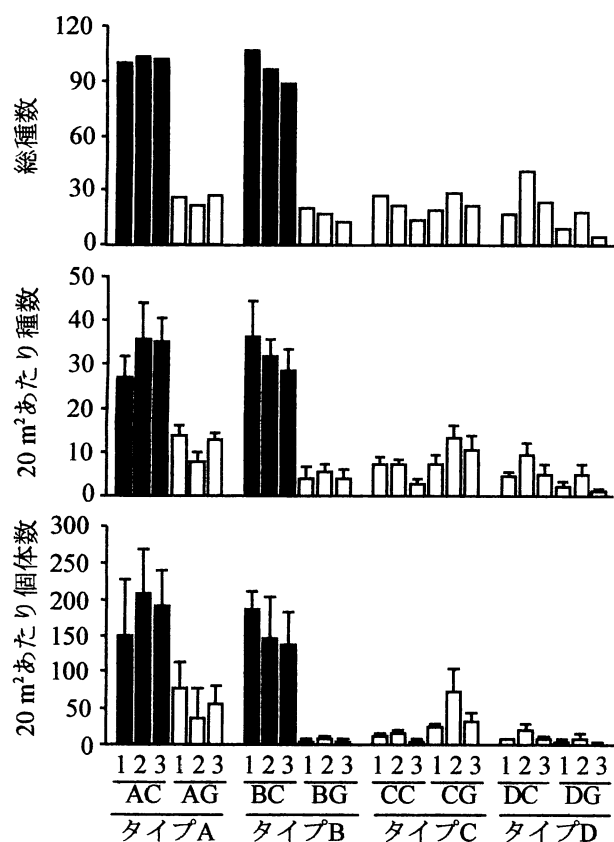


図 3.1. 各サンゴ礁タイプ (A~D) の各観察区 (AC~CG ; 図 2B を参照) に出現した魚類の総種数 (上段) と 20 m²あたりの種数 (中段) および個体数 (下段)。横軸の数字 1~3 はサイト番号を示す (図 2A を参照)。縦棒のうち、塗りつぶしたものは生存サンゴ域を、斜線を引いたものは海草藻場を示す。縦線は標準偏差。

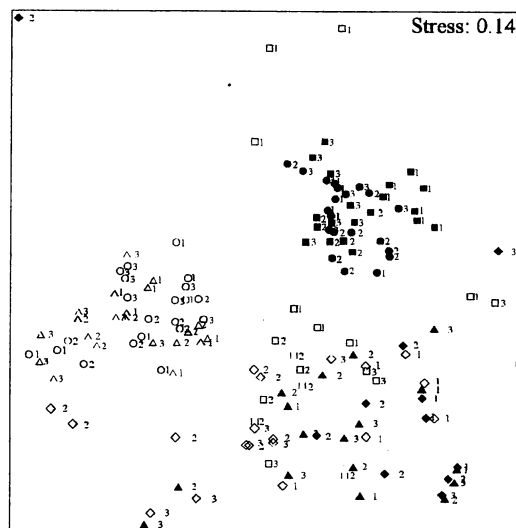


図 3.2. 多次元尺度構成法による各観察区 (AG~DG ; 図 3B 参照) のトランセクト (それぞれ n=7) で記録された魚類群集構造の類似性。○ ; AC、● ; AG、△ ; BC、▲ ; BG、□ ; CC、■ ; CG、◇ ; DC、◆ ; DG。図中の数字 1~3 はサイト番号 (図 2A 参照) を示す。

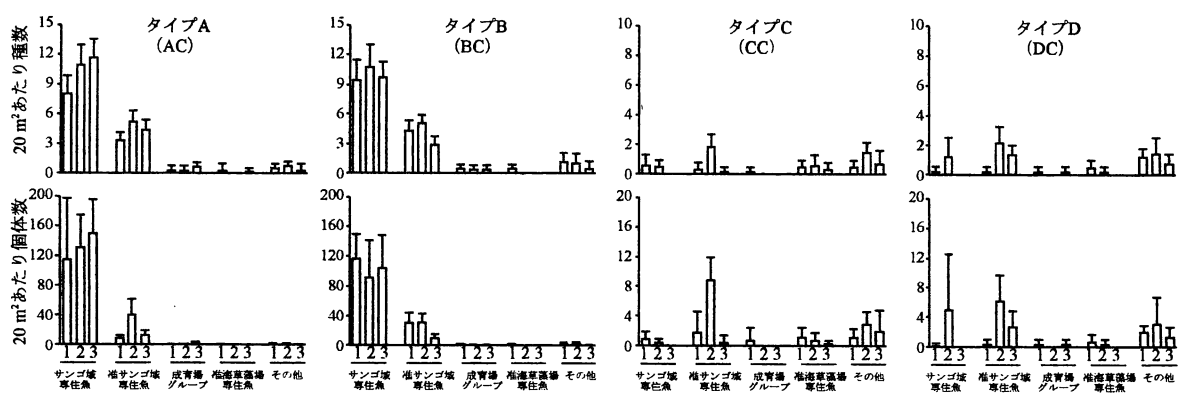


図 3.3. サンゴ礁タイプ A から D のサンゴ域 (AC、BC、CC、DC) に出現した各生息場グループ (定義は本文を参照) の 20 m²あたりの種数 (上段) および個体数 (下段)。横軸の数字 1~3 はサイト番号を示す (図 2A を参照)。縦線は標準偏差。

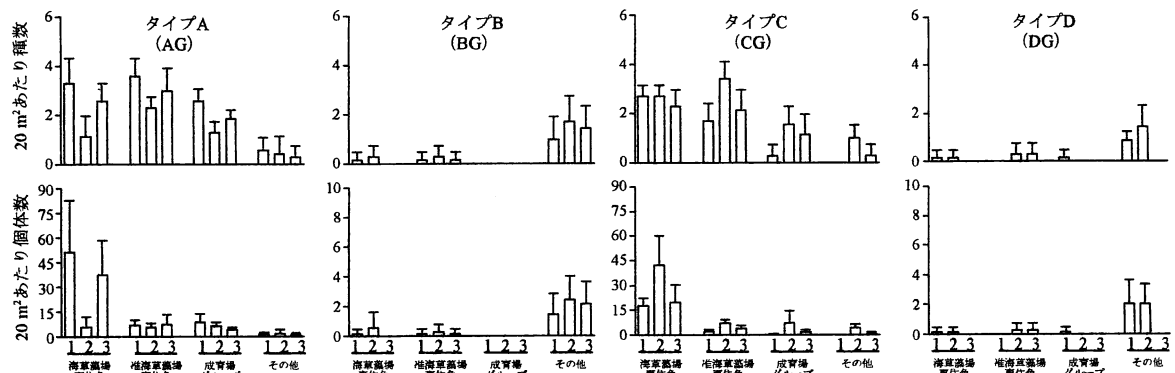


図34. サンゴ礁タイプAからDの礁原部 (AG、BG、CG、DG) に出現した各生息場グループ (定義は本文を参照) の 20 m²あたりの種数 (上段) および個体数 (下段)。横軸の数字1〜3はサイト番号を示す (図2Aを参照)。縦線は標準偏差。

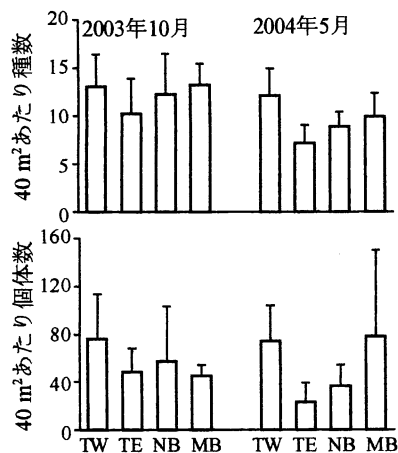


図35. 外洋の影響を受ける竹富島西岸と東岸の海草藻場 (TW、TE) および陸域の影響を受ける名蔵湾と宮良湾の海草藻場 (NB、MB) に出現した魚類の 40 m²あたりの種数 (上段) と個体数 (下段)。縦線は標準偏差。

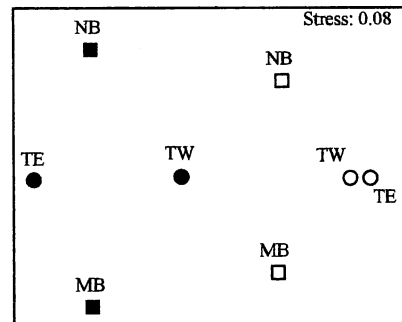


図36. 多次元尺度構成法による竹富島西岸と東岸の海草藻場 (TE、TW) および名蔵湾と宮良湾の海草藻場 (NB、MB) で2003年10月および2004年5月に記録された魚類群集構造の類似性。海草藻場のうち、外洋の影響を受ける前2者を丸で、陸域の影響を受ける後2者を四角で示した。また、白抜きは2003年10月を、塗りつぶしは2004年5月を示す。

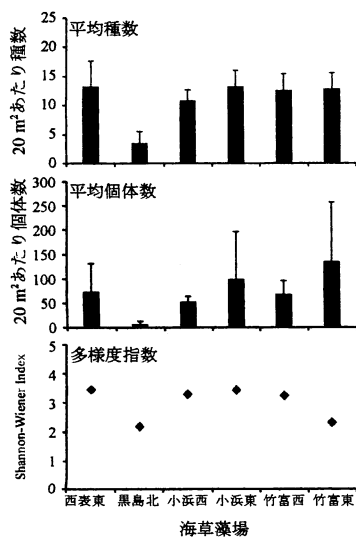
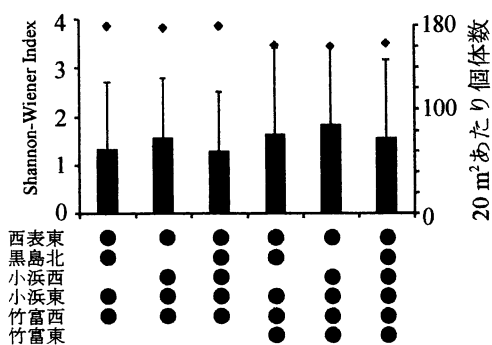


図37. 各海草藻場における 20 m²あたりの種数 (上段)、個体数 (中段) および多様度



海草藻場の組み合わせ (縦列の●で表現)

図38. 海草藻場のみに出現する種をすべて表現する海草藻場の各組み合わせにおける多様度指数 (◆) および 20 m²あたりの個体数 (縦棒)。縦線は標準偏差。

指数（下段）。縦線は標準偏差。

表 5. 各生息場グループに属する各魚種の成魚と稚魚のトランセクトあたり個体数（各観察区を3サイトまとめて算出した）。

生息場グループ/魚種	サンゴ礁タイプ							
	タイプA		タイプB		タイプC		タイプD	
	サンゴ+(AC) 稚魚/成魚	海草+(AG) 稚魚/成魚	サンゴ+(BC) 稚魚/成魚	海草-(BG) 稚魚/成魚	サンゴ-(CC) 稚魚/成魚	海草+(CG) 稚魚/成魚	サンゴ-(DC) 稚魚/成魚	海草-(DG) 稚魚/成魚
サンゴ域専住魚	93.6/38.0	0	78.1/26.0	0	0.34/0.10	0	1.15/0.58	0.05/0
合計22種								
ノコギリダイ	0.19/1.48	-	0.05/-	-	-	-	-	-
ヨコシマタマガシラ	0.95/-	-	0.57/0.38	-	-	-	0.10/-	-
アカヒメジ	1.19/0.10	-	0.9/-	-	-	-	-	-
アツクチスズメダイ	1.48/1.48	-	1.95/1.00	-	-	-	-	-
フィリピンズスズメダイ	3.95/3.33	-	3.38/4.76	-	-	-	0.14/0.29	-
オキナワスズメダイ	11.5/5.05	-	30.7/-	-	-	-	0.57/-	-
アサドスズメダイ	7.71/5.76	-	9.67/6.00	-	-	-	0.24/0.10	-
イシガキスズメダイ	0.29/0.90	-	0.52/0.76	-	-	-	-	-
シコクスズメダイ	2.24/2.62	-	2.10/1.43	-	-	-	0.10/-	-
デバスズメダイ	26.1/6.52	-	9.76/4.14	-	-	-	-/0.19	-
クラカオスズメダイ	6.43/1.05	-	1.19/1.24	-	0.10/-	-	-	-
ミナミイソスズメダイ	2.76/0.62	-	1.48/0.29	-	0.19/0.10	-	-	-
アマミスズメダイ	0.05/1.00	-	-/1.00	-	-	-	-	-
ネッタイスズメダイ	22.3/5.10	-	11.3/2.29	-	-	-	-	-
クロソラスズメダイ	0.67/0.10	-	0.71/0.14	-	0.05/-	-	-	0.05/-
クギペラ	0.43/0.29	-	0.48/0.52	-	-	-	-	-
ホンソメワケペラ	0.67/0.43	-	0.33/0.48	-	-	-	-	-
クロペラ	0.95/0.05	-	0.62/0.19	-	-	-	-	-
ゴマハギ	0.57/0.19	-	0.71/0.38	-	-	-	-	-
サザナミハギ	0.29/0.90	-	-/0.57	-	-	-	-	-
テングカワハギ	2.05/0.38	-	1.43/0.19	-	-	-	-	-
ヒフキアイゴ	0.81/0.67	-	0.24/0.24	-	-	-	-	-
准サンゴ域専住魚	12.8/7.87	0	12.5/11.1	1.39/0.15	2.19/1.48	0	1.58/1.47	0.14/0
合計7種								
ミスジチョウウチョウウオ	1.57/0.62	-	0.19/1.57	-	0.38/-	-	-	-
レモンスズメダイ	0.71/1.14	-	2.29/2.71	-	0.05/-	-	0.48/0.33	-
ルリスズメダイ	3.67/0.38	-	6.10/1.48	1.10/-	0.81/1.43	-	0.19/0.33	0.14/-
セナシジベラ	0.29/0.67	-	0.52/0.76	0.05/0.05	-	-	0.05/0.05	-
ハゲブダイ	1.48/2.67	-	0.62/1.00	-	0.19/-	-	0.05/0.05	-
スジブダイ	0.76/0.29	-	0.19/0.29	-/0.05	0.24/-	-	0.05/-	-
ナガニザ	4.29/2.10	-	2.57/3.33	0.24/0.05	0.52/0.05	-	0.76/0.71	-
海草藻場専住魚	0.29/0.05	25.9/5.53	0.19/0	0.19/0.05	0.38/0.05	19.9/6.62	0.10/0.05	0.10/0
合計4種								
チビブダイ	-	1.86/0.24	-	-	-	1.67/0.19	-	-
ハラスジベラ	0.29/0.05	6.38/2.57	0.19/-	0.19/0.05	0.38/0.05	6.71/1.52	0.10/0.05	0.10/-
ミヤコイシモチ	-	5.62/1.10	-	-	-	2.29/1.24	-	-
アイゴ	-	12.05/1.62	-	-	-	9.24/3.67	-	-
准海草藻場専住魚	0/0.19	5.06/1.67	0/0.34	0.05/0.15	0.24/0.48	3.18/1.19	0.05/0.29	0.05/0.14
合計4種								
ハマフエフキ	-	1.05/0.14	-	-	0.19/0.24	0.76/0.24	-	-
マトフエフキ	-	1.05/1.00	-/0.29	0.05/0.10	0.05/0.24	0.57/0.76	-/0.29	-/0.14
インドヒメジ	-/0.05	1.67/0.10	-	-	-	1.14/-	0.05/-	-
カマスベラ	-/0.14	1.29/0.43	-/0.05	-/0.05	-	0.71/0.19	-	0.05/-
稚魚の育成場グループ	0.1/0.87	6.48/0	0/0.48	0	0/0.24	3.04/0	0.10/0.10	0.05/0
合計3種								
ヒメフエダイ	-/0.10	0.76/-	-/0.10	-	-/0.24	1.00/-	-	-
イソフエフキ	-/0.67	4.10/-	-/0.33	-	-	1.52/-	-	-
オオスジヒメジ	0.10/0.10	1.62/-	-/0.05	-	-	0.52/-	0.10/0.10	0.05/-
その他	0.38/0.29	1.19/0.05	1.10/0.38	1.24/0.76	1.48/0.47	1.48/0.05	1.72/0.43	0.72/0.62
合計3種								
オジロスズメダイ	-	-	0.48/0.05	0.57/-	0.29/-	-	0.19/-	0.10/-
ミツボシキュウセン	-/0.05	0.05/0.05	0.10/0.19	0.24/0.71	0.05/0.14	0/0.05	0.24/0.43	0.52/0.62
オジサン	0.38/0.24	1.14/-	0.52/0.14	0.43/0.05	1.14/0.33	1.48/-	1.29/-	0.10/-

サンゴ礁タイプA～D、および観察区AC～DGについては図2を参照

各生息場グループの定義については本文を参照

太字の数字は各グループの成魚と稚魚の各観察区のトランセクトあたりの合計を示す

-: トランセクト内で観察されなかった (0個体)

表 6. 海草藻場のみに出現する種をすべて表現できる海草藻場の組み合わせと、それらの各組み合わせで表現できなかった種数。

海草藻場	海草藻場のみに出現する種をすべて表現できる 組み合わせ（縦列の●で組み合わせを表現）					
西表東	●	●	●	●	●	●
黒島北	●		●	●		●
小浜西		●	●		●	●
小浜東	●	●	●	●	●	●
竹富西	●	●	●	●	●	●
竹富東				●	●	●
表現できなかった種数	1*	1*	1*	0	0	0

*、カザリキュウセン