

D-4 サンゴ礁生態系の維持機構の解明とその保全に関する研究

(3) サンゴ礁変質のモニタリング手法の開発に関する研究

③ カラー空中写真の画像解析によるサンゴ礁の生態系総合モニタリング調査手法の開発

研究代表者 海中公園センター 藤原秀一

環境庁自然保護局計画課

(委託先) 財団法人海中公園センター

東京大学海洋研究所	清水健司	海中公園センター	宇野 佐
カールツアイズビジョン	須貝一則	海中公園センター	土屋徳之助
東京商船大学	大島正毅	海中公園センター	ライジソカ-茂代

平成7-8年度合計予算額 18,498千円
(平成8年度予算額 9,243千円)

[要旨] サンゴ礁池底の性状把握の道具として、カラー空中写真が用いられているが、その画像判読の基準は確立されていない。そこで、サンゴ礁の主要な生物群集であるサンゴ群集について、その画像の色彩を数値化、類型化し、サンゴ群集の被度との関係を解析することにより判読の基準を求めた。

沖縄県八重山諸島小浜島周辺の石西礁湖及び石垣島カラ岳東岸のカラー空中写真(1994、1995年沖縄県撮影、1:10,000)上の複数のサンゴ群集の画像を抽出し、デジタルカースキャニングカメラ(解像度700万画素)で読み取り、画像ごとのRGBスペクトル各チャンネルの濃度値(256階調)を測定して、各チャンネルの濃度値の類似度から画像群を類型化した。三つの類型化画像群の中から計8画像を選定し、現地で1m2×15の調査区を画像の面積に応じて3-10区設け、調査区内の造礁サンゴ類、植物類の被度調査を行った。

調査の結果、RとGの濃度値が共に低く、B濃度値が相対的に高いタイプの調査区の平均サンゴ被度は各々9、9、11%、Rの濃度値が低く、GとBの濃度値が相対的に高いタイプの調査区のサンゴ被度は各々65、51、48%、R、G、Bの濃度値がいずれも高いタイプの調査区のサンゴ被度は59、40%であったことから、RGB濃度値の関係によりサンゴ被度判定の可能性が示唆された。

[キーワード] サンゴ礁、サンゴ被度、空中写真、画像解析、スペクトル

はじめに

わが国のサンゴ礁の大半を占める距礁の典型的地形では、大きく礁池と礁縁(外側礁原及び礁斜面とする)に分けられるが(図1)、面積的には礁池が大部分を占める。礁池は浅く、礁縁に比べ閉鎖的な海域であるため陸域の環境破壊の影響を蓄積しやすい環境条件下にある。そのため、近年赤土流入堆積などにより礁池の生物群集は大きな攪乱をこうむっており、その保全

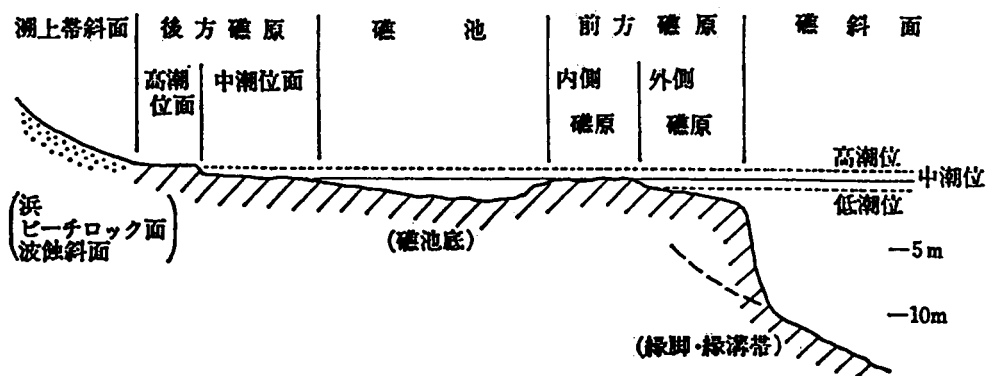


図1 距礁の地形構成概念¹⁾

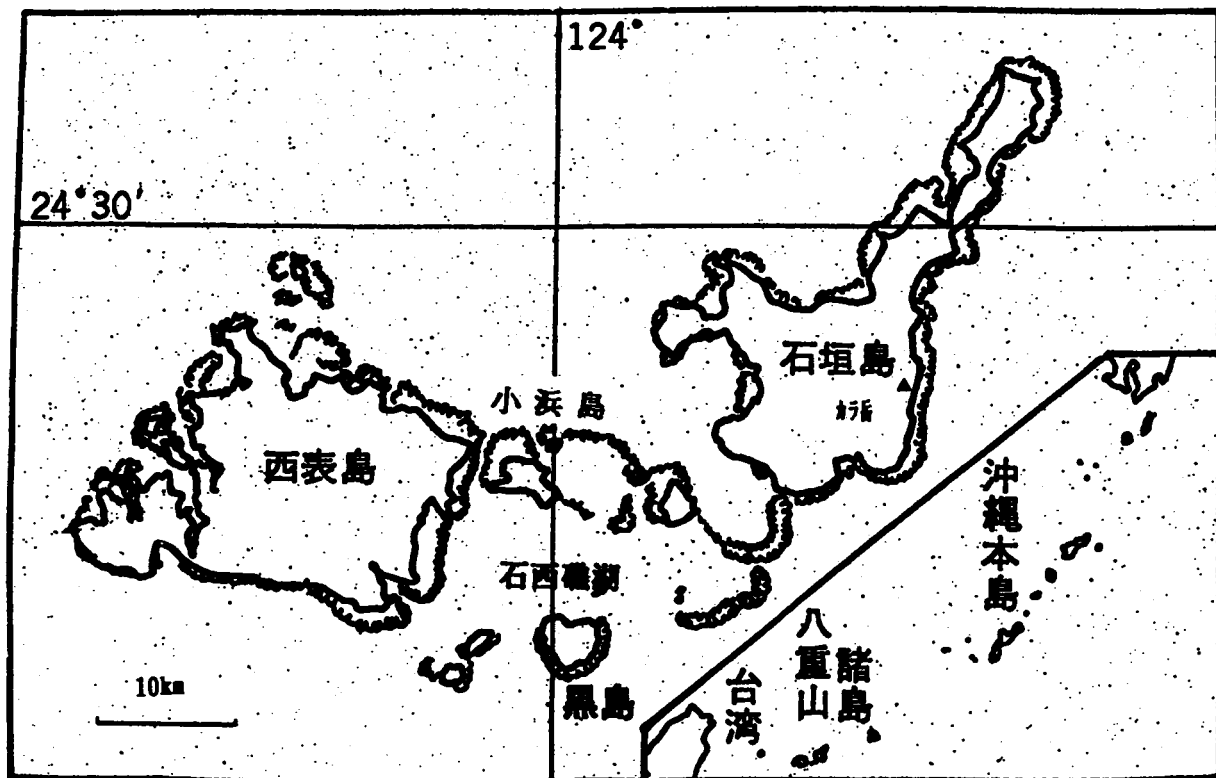


図2 研究フィールド (八重山諸島)

が緊急の課題となっている。

保全対策を進めるためにはサンゴ礁池の生物群集の正確な分布状況の把握が必要であるが、サンゴ礁池ではその手段としてカラー空中写真の画像判読による方法が用いられている。サンゴ礁池は浅く、透明度が高いため、礁池底の性状はカラー空中写真により容易に面的に把握することができる。しかし、カラー空中写真画像から生物群集の分布状況を判読するには熟練を要し、また数量的な判読基準も無いため、客観性に欠ける点があることは否めない。特に、礁池の主要な生物群集であるサンゴ群集については生サンゴ割合の情報を得ることが重要であるが、その判読は容易でない。

そこで、本研究は礁池サンゴ群集のカラー空中写真画像の色彩を数値化解析し、現地でサンゴ群集の被度調査結果と比較対照し、画像判読の基準を求めることを目的とした。

1. 方法

研究フィールド：わが国最大規模のサンゴ礁域であり、様々な状態のサンゴ群集が存在する沖縄県八重山諸島小浜島周辺の石西礁湖及び石垣島カラ岳東岸の礁池を対象とした（図2）。小浜島周辺は石西礁湖でも比較的被度の高い枝状サンゴ群集が広く分布する海域として知られ、カラ岳東岸も同様に被度の高い枝状サンゴ群集の分布域として知られている。

画像解析：研究フィールドを撮影したカラー空中写真（1994、1995年沖縄県撮影、1:10,000）をデジタルスキャニングカメラ（ProgRes3012, Kontron Elektronik 社製、解像度700万画素、Rheinmetall Jenoptik Optical Metrology 社製無歪み測定用レンズLameter 25mm使用）でマクロスタンド（ハロゲンランプ300w 2灯落射照明）から読み込み、ファイリングシステムに入力した（図3）。カメラのカラーバランスはKODAK社製カラーテーブルを用いて調整を行った。入力した空中写真を表1に示す。

表1 スキャニングカメラで入力したカラー空中写真

場所	写真番号	場所	写真番号
石垣島浦崎	95ISHIGAKIC2-18	石垣島川平	94ISHIGAKIC7-5
石垣島明石	95ISHIGAKIC3-9	石垣島ゴウ場沖	95ISHIGAKIC13-15
石垣島岩崎	95ISHIGAKIC3-15	石西礁湖嘉弥真島	95ISHIGAKIC15-7 ^本
石垣島安良	95ISHIGAKIC3-17	石西礁湖嘉弥真島	95ISHIGAKIC15-8 ^本
石垣島トムル崎	95ISHIGAKIC4-6	石西礁湖小浜島	95ISHIGAKIC16B-2
石垣島岩崎	95ISHIGAKIC4-13	石西礁湖小浜島	95ISHIGAKIC16B-3
石垣島川平石崎	94ISHIGAKIC7-3	黒島礁池	95IRIOMOTEC17-21
石垣島川平石崎	94ISHIGAKIC7-4	黒島礁池	95IRIOMOTEC18-12

入力した空中写真の中から区分できるサンゴ群集を含むサンゴ礁池の生物群集の様々な画像を領域として抽出し、画像解析装置（Kontron Elektronik社製インテリジェント画像解析

装置 K S 400) を用いて抽出画像全体の R G B スペクトル各チャンネルの平均濃度値(2 5 6 階調)を測定した(図 3)。表 2 に濃度値を測定した抽出画像を示す。

抽出した画像をサンゴ群集と海草群落に分別した後、サンゴ群集の各抽出画像群の R G B 濃度値の類似度を求め、画像を類型化した。

サンゴ群集被度調査：サンゴ群集の被度と類型化画像の関係を解析するため、類型化画像群の中から類似度指数、面積、到達の容易さ、位置確認の容易さなどから各 2-3 画像を選定し、現地で群集の被度調査を行った。被度調査は選定画像の面積に応じて 1 ha に 1 区をめぐりして 3-10 区設けた調査区内で行った。調査区の位置は任意に設定し、空中写真を見ながら船で到達し、到達後 G P S で位置の測定を行った。1 調査区的面積は藤原ら⁴⁾の枝状サンゴ群集の種数面積曲線を参考にして、15 m²としロープラインに沿って 1 m × 1 m のコドラートを順次 15 回繰り返し置くことにより得た。調査区ではスキューバ潜水あるいは素潜りでコドラート内の基質類型⁵⁾、水深、出現したサンゴ類及び植物の被度を目視観察により測定し、写真の撮影を行った。

なお、サンゴ類の同定には西平・Veron⁶⁾、内田・福田⁷⁾を参考にした。

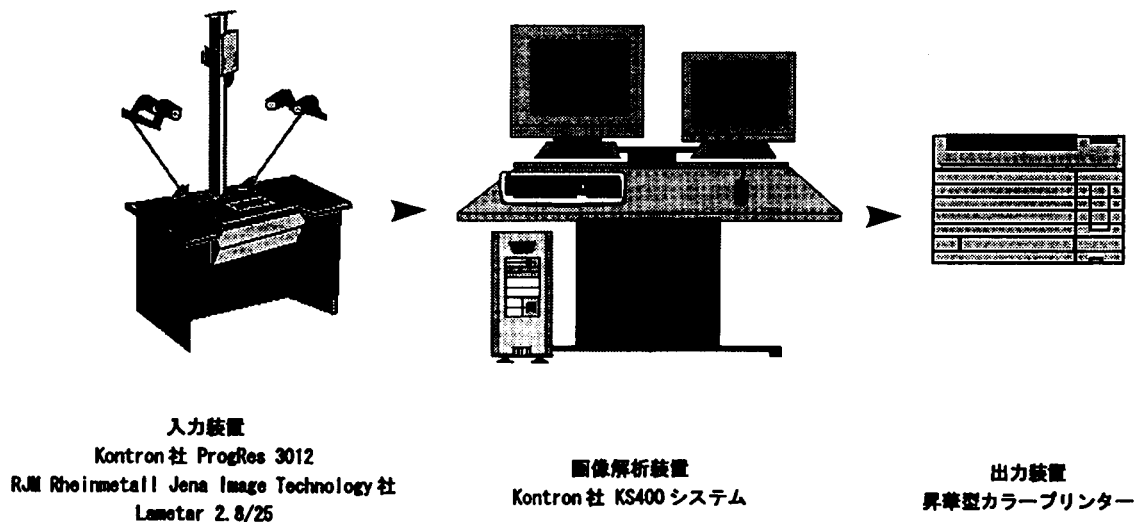


図 3 画像解析のシステム構成

表2 抽出画像一覧

画像 No	地形的位置	地形	底質タイプ	群集型 (予測)
16b31	礁湖	大マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
16b32	礁湖	大マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
1315a2	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
1315a3	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
1315a4	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
3151	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
1315b2	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
317a4	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
317b1	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
465	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
39a2	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
466	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
39b4	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
4135	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
4134	礁池	マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
753	礁池	マウンド	サンゴ礫	枝状Acro
158h1	礁池	小マウンド	サンゴ礫堆積	枝状Acro
39a3	礁池	平坦	サンゴ礫堆積	枝状Acro
157h2	礁池	平坦	サンゴ礫堆積	枝状Acro
16b2a1	礁池	平坦	サンゴ礫堆積	枝状Acro
16b2b1	礁池	平坦	サンゴ礫堆積	枝状Acro
39a1	礁池	平坦	サンゴ礫	枝状Monti
317a5	礁池	平坦	サンゴ礫	枝状Monti
317b2	礁池	底	サンゴ礫	枝状Acro
742	礁池	底	サンゴ礫	枝状Acro
16b2d1	礁池	底	サンゴ礫	枝状Monti, Ac
754	礁池	底	サンゴ礫	枝状Monti
467	礁池	底	サンゴ礫	枝状Acro
157h1	礁池	底	サンゴ礫堆積	枝状Acro
i18121	礁池	底	砂	枝状Acro
i18122	礁池	底	砂	枝状Acro
i18123	礁池	底	砂	枝状Acro
16b2b2	水路側	底	サンゴ礫堆積	枝状Acro
741	礁池	平坦	岩礁	海藻
39c1	礁池	平坦	砂	海草
39c2	礁池	平坦	砂	海草
1315b1	礁池	平坦	砂	海草
731	礁池	底	砂	海草
39a4	礁池	底	砂	海草

マウント* : 山脈状盛り、Acro: *Acropora* Monti: *Montipora*

2. 結果

画像類型化：測定したRGB濃度値についてGeodesmic metricによって類似度指数を求め、UPGMA（非加重群平均法）によりデンドログラムを作成した。そのうち0.15を越える類似度指数で分別し、3群に類型化した（図4）。類型化した濃度値をRとG、BとG、RとB各座標上で示したものが図5である。A群はR濃度値が極端に低くほぼ0で、G濃度値も30以下と低く、B濃度値のみ48-84と高い。B群はR濃度値は10以下と低く、A群と顕著な差はないが、G濃度値は39-80とA群よりも高い。B濃度値は69-107とA群よりもやや高い。C群はR濃度値はA、B群に比べて顕著に高く22-61で、G濃度値も77-91と高い傾向を示す。B濃度値は97-101でA、B群よりもやや高い傾向を示した。

3群の座標上における類型化はRとGの座標において明かであった。その他の座標ではB群のG濃度値の範囲が広いためと3群のB濃度値に顕著な差がないため明らかな区分はできない。

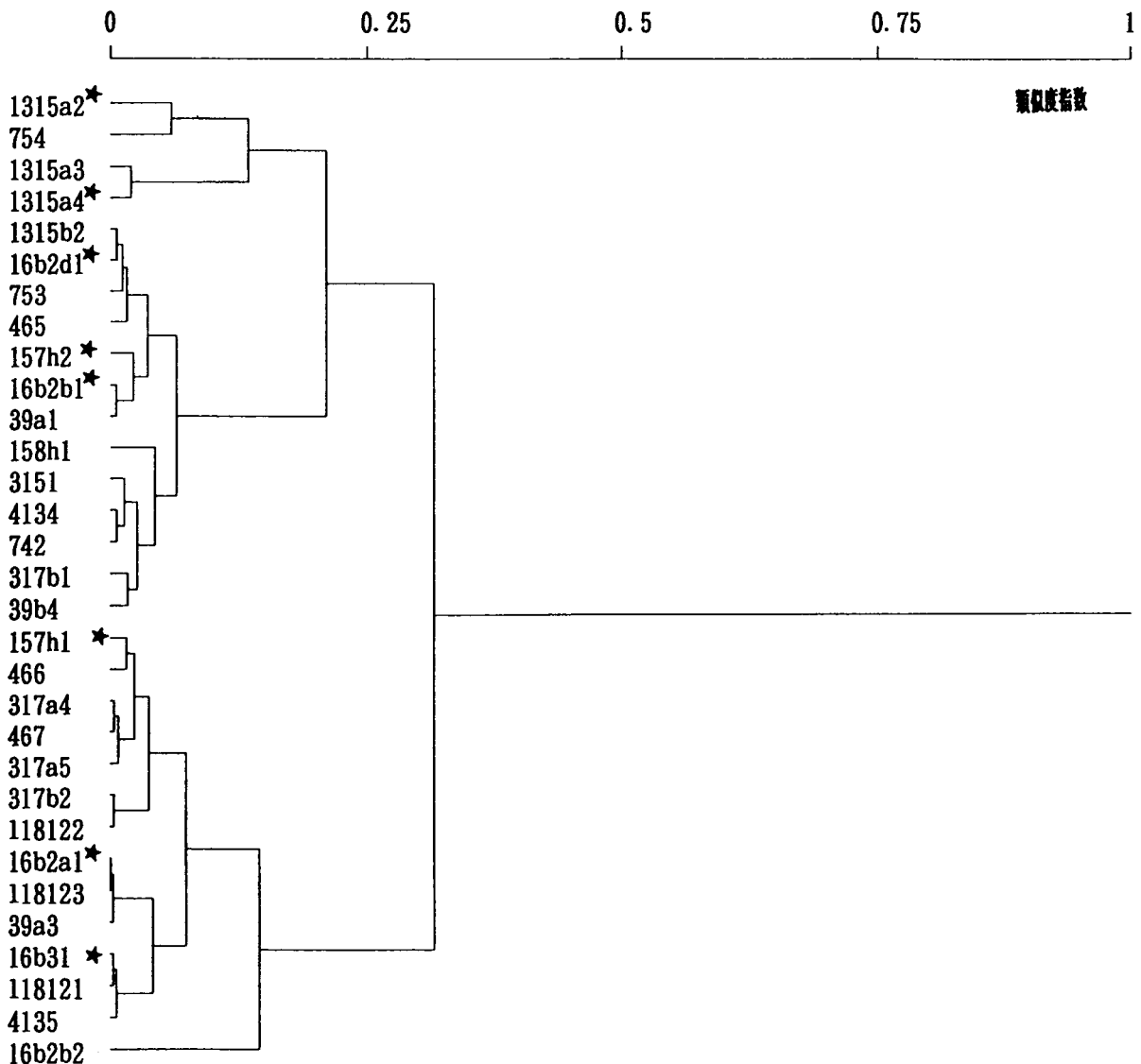


図4 濃度値によるサンゴ群集画像の類似度のデンドログラム
（＊印は調査対象画像）

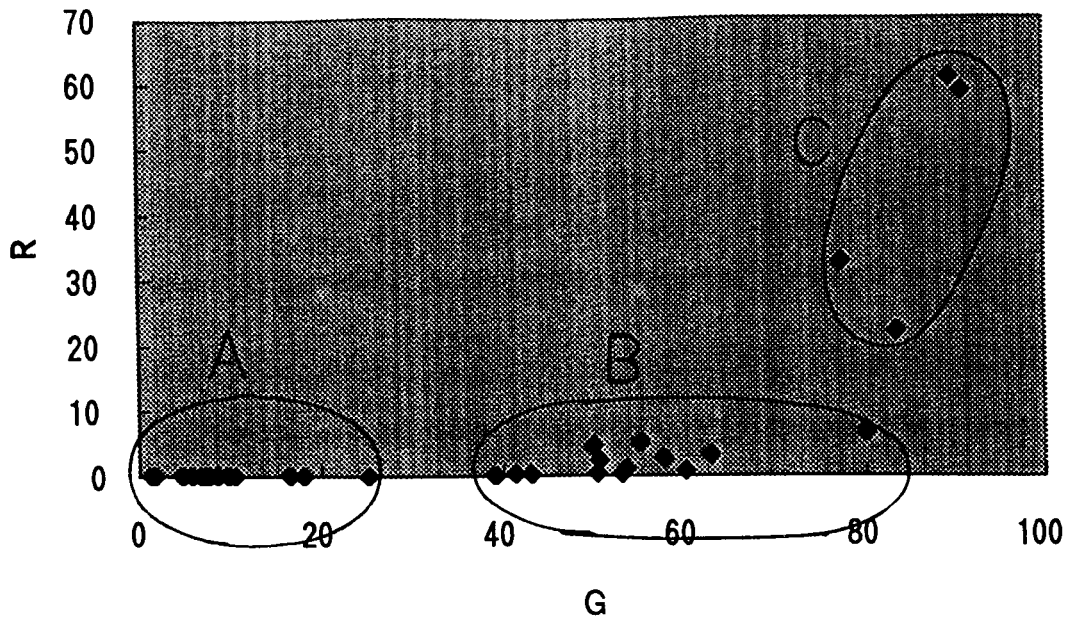


図5-1 抽出画像の濃度値類型化 (R, G)

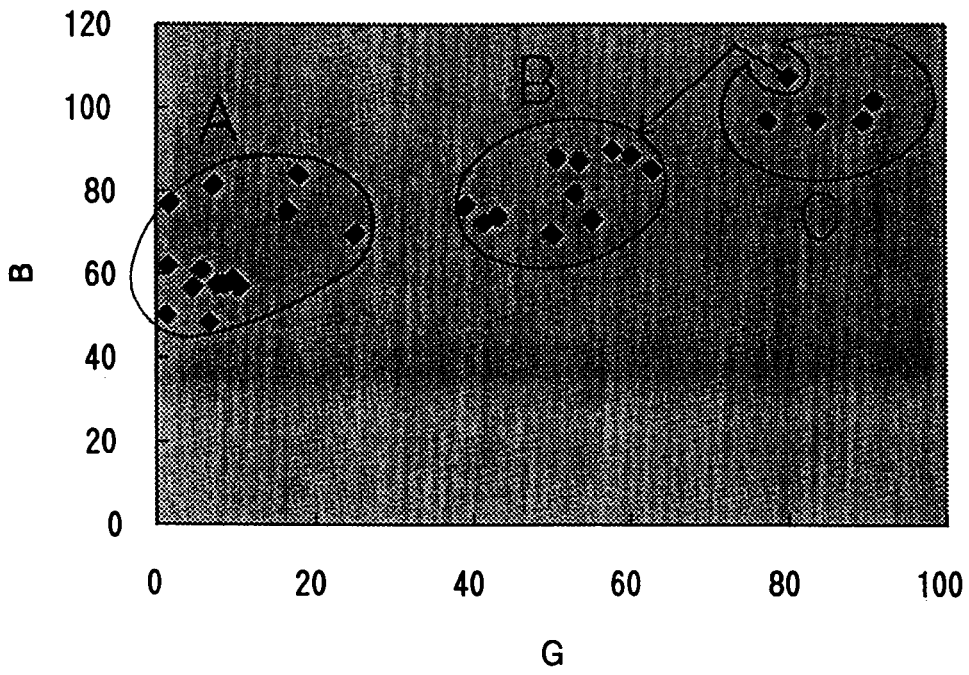


図5-2 抽出画像の濃度値類型化 (B, G)

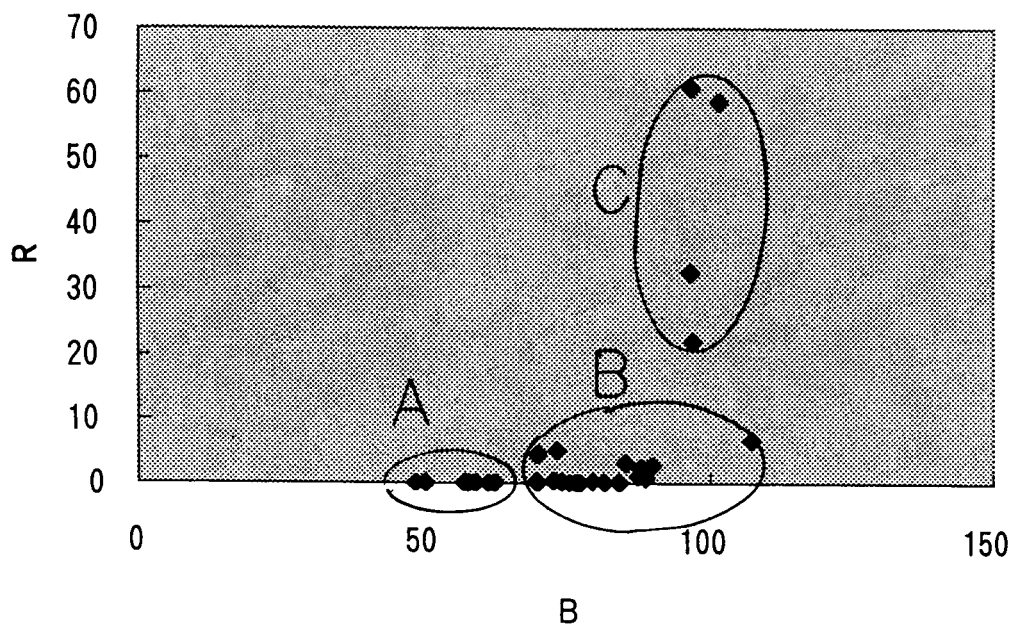


図5-3 抽出画像の濃度値類型化 (R, B)

表3 選定画像の平均濃度値 (M ± s d)

画像 No.	面積 (ha)	R	G	B	画像類型
1 5 7 h 1	5.05	0 ± 0	10.2 ± 14.1	56.7 ± 8.9	A
1 6 b 3 1	9.04	0 ± 0	2.5 ± 6.7	63.9 ± 4.1	A
1 6 b 2 a 1	2.11	0 ± 0.2	1.6 ± 3.6	62.0 ± 2.3	A
1 5 7 h 2	16.51	0.3 ± 1.5	50.2 ± 11.7	69.2 ± 4.1	B
1 6 b 2 b 1	3.8	0.2 ± 1.5	53.2 ± 12.9	79.3 ± 7.5	B
1 6 b 2 d 1	3.85	6.7 ± 10.8	80.5 ± 13.3	107.7 ± 9.2	B
1 3 1 5 a 2	2.23	32.9 ± 14.4	77.6 ± 7.0	96.8 ± 4.4	C
1 3 1 5 a 4	3.6	60.0 ± 12.1	89.1 ± 7.7	96.3 ± 4.8	C

サンゴ群集被度調査：調査の対象として選定した画像を表3に示す。A、B類型各3画像、C類型2画像の計8画像を選定した（図4）。各画像に設定した調査区の位置を図6に示し、調査区の被度調査結果を表4及び以下に示す。

・157h1（画像類型A）

嘉弥真島の西側、嘉弥真水路に面した礁池。面積は約5haで、5調査区を設定した、基質は枝状サンゴ礫堆積非固結型が主で、水深範囲は1.1-4.3m、平均2.7mである。造礁サンゴ被度は低く、平均9%で*Acropora formosa*、*Millepora*類を主とする群集である。基質はウスユキウチワ、アミジグサ類等に覆われており平均植被率は64%と高い。

・16b31（画像類型A）

嘉弥真島の南東、小浜島航路付近に位置する。面積は約9haで5調査区を設定した。基質は枝状サンゴ礫堆積非固結型が主で、水深範囲は1.2-2.3m、平均1.8mである。造礁サンゴ被度は低く、平均9%で*Acropora nobilis*が比較的多い。植被率は平均49%と高くハイオオギが被度、頻度で優先する。無節サンゴモを含む裸面割合も平均42%と高い。

・16b2a1（画像類型A）

小浜島の北側、嘉弥真水路に面した礁池の調査区である。面積は約2haで、3調査区を設定した。基質は枝状サンゴ礫平面非固結分散型を主とし、水深範囲は0-0.3m、平均0.1mである。造礁サンゴ被度は低く平均11%で、*Acropora formosa*を主とする群集である。植被率は平均50%と高く、アミジグサ類が被度、頻度で優先する。無節サンゴモを含む割合も39%と高い。

・157h2（画像類型B）

嘉弥真島の西側に位置する礁池の調査区である。面積約17haで、10調査区を設定した。基質は枝状サンゴ礫堆積固結型が主で、水深範囲は0-1.1m、平均0.3mである。造礁サンゴ被度は高く平均65%で、*Montipora digitata*などの枝状*Montipora*が被度、頻度で高く、それに*Montipora aequituberculata*、*Acropora formosa*、*Porites cyrindrica*が混じる。植被率は平均22%と低く、アミジグサ類が被度、頻度で優先する。

・16b2b1（画像類型B）

小浜島の東側に位置する礁池の調査区である。面積約3.8haで、5調査区を設定した。基質は枝状サンゴ礫堆積非固結型と浮きサンゴを主とする。水深範囲は0.6-3mで、平均1.4mである。造礁サンゴ被度は高く平均51%で、*Acropora formosa*を主（平均被度31%）とする群集である。植被率は平均30%で、糸状紅藻とハイオオギが被度、頻度で優先する。

・16b2d1（画像類型B）

嘉弥真島の南側礁池の調査区である。面積約4haで3調査区を設定した。基質は枝状サンゴ礫平面非固結分散型を主とする。水深範囲は0.8-1m、平均0.9mである。造礁サンゴ被度は高く平均48%で、*Montipora cactus*が被度、頻度で優先し、それに*Acropora pulchra*、枝状*Montipora*が続く。植被率は平均31%で、糸状紅藻が被度、頻度で優先する。

・1315a2（画像類型C）

石垣島東岸カラ岳東方に位置する礁池の調査区である。面積約2haで、3調査区を設定した。基質は枝状サンゴ礫堆積固結型である。水深範囲は0mである。造礁サンゴ被度は平均59%と高く、*Montipora digitata*などの枝状*Montipora*が被度、頻度で優先する。平均植被率は16%と低くアミジグサ類が出現する。

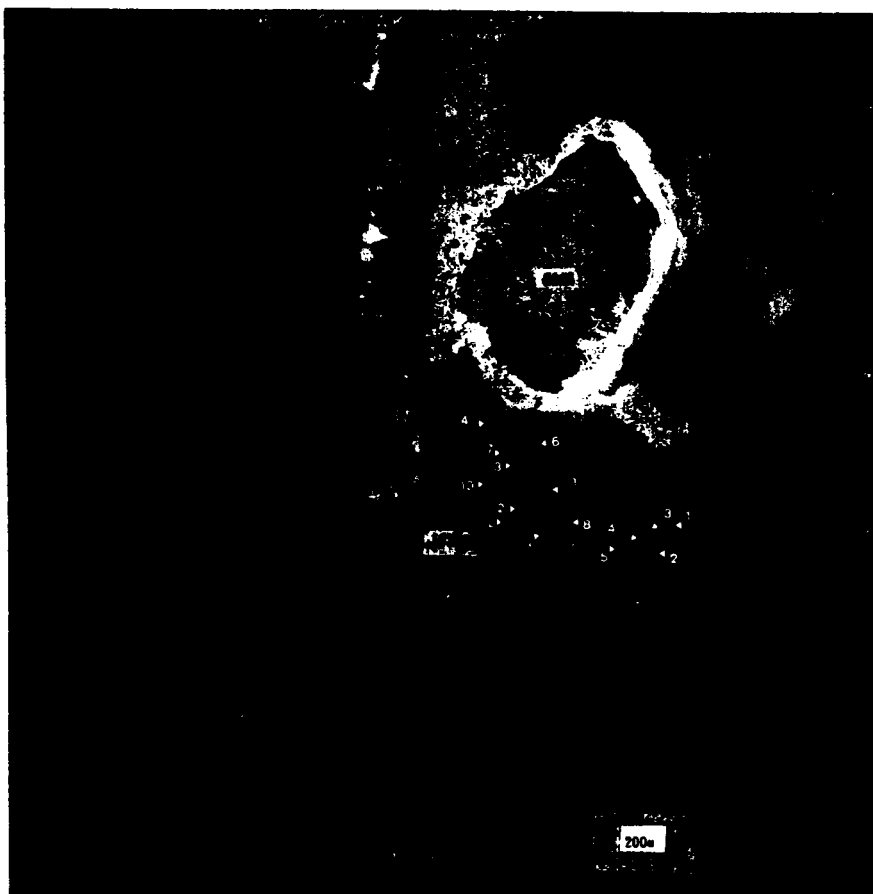


図6 選定画像の領域と調査区位置（その1）

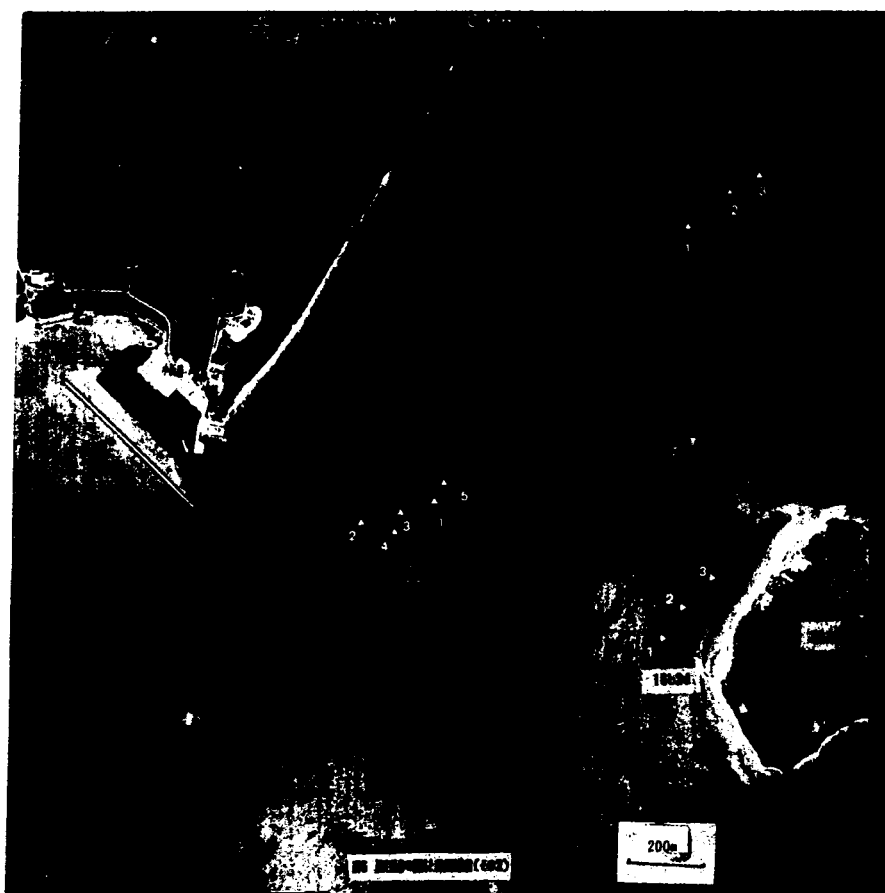


図6 選定画像の領域と調査区位置（その2）

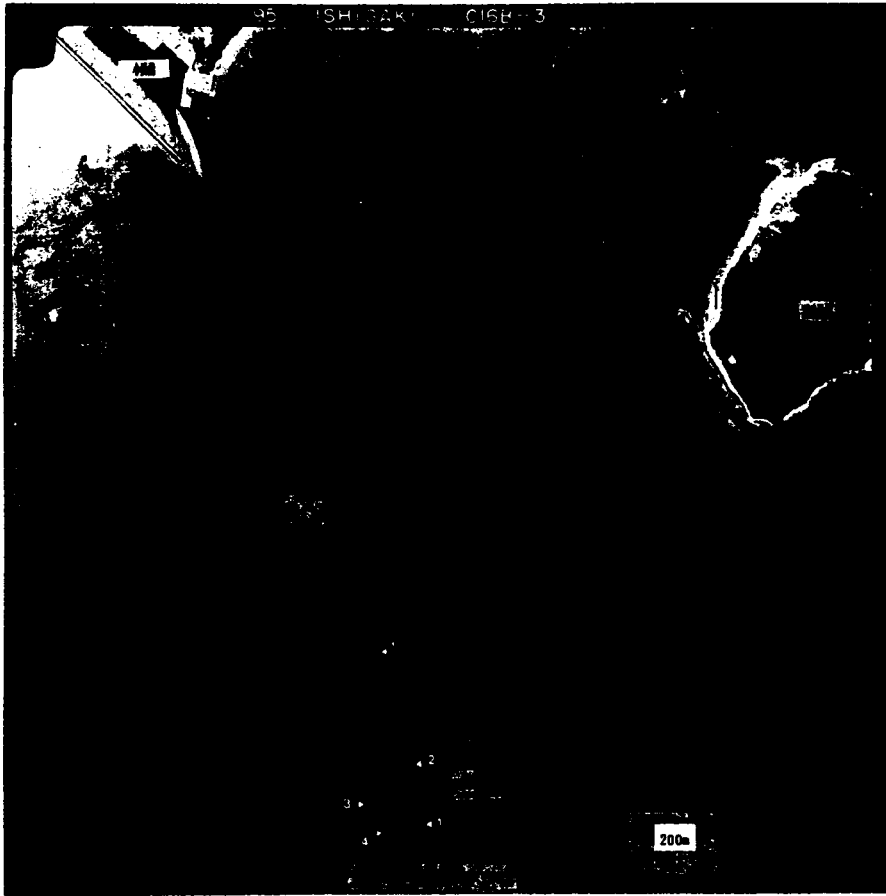


図6 選定画像の領域と調査区位置 (その3)

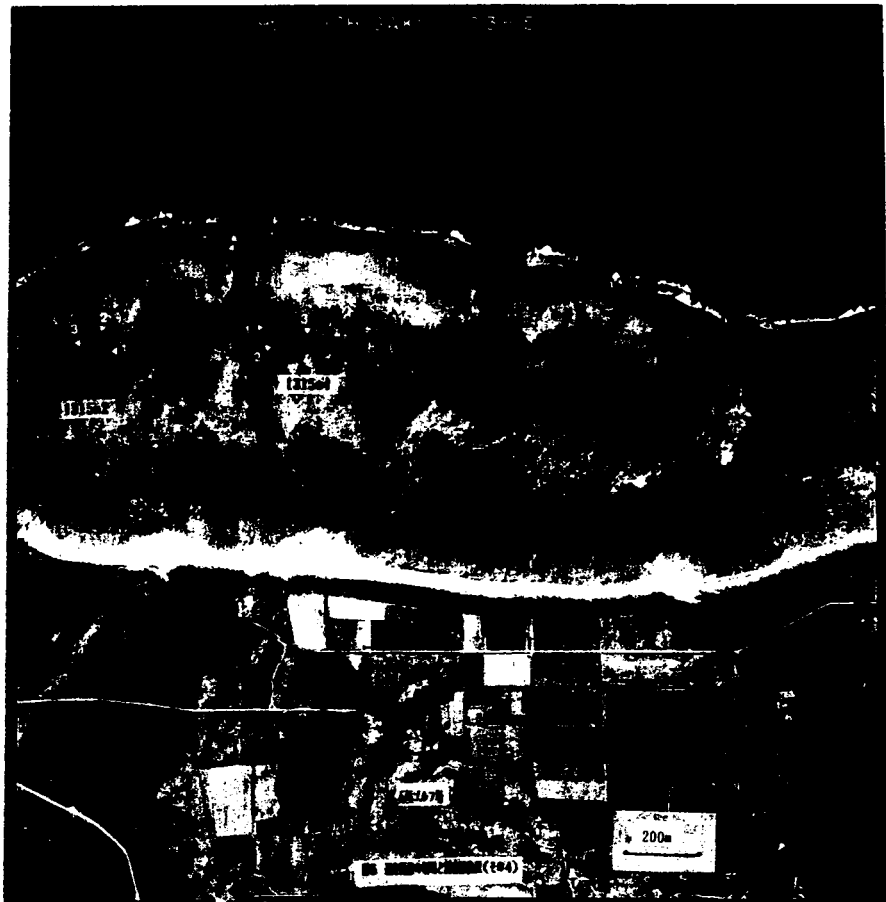


図6 選定画像の領域と調査区位置 (その4)

・1315a4 (画像類型C)

1315a2に近接する。面積約4haで3調査区を設定した。基質、水深は1315a2と同様である。平均造礁サンゴ被度は40%で、*Montipora digitata*が被度、頻度で優占する。平均植被率は38%でアミジグサ類が被度、頻度で優占する。

各画像の造礁サンゴ被度は、画像類型のA群は各々9、9、11%で低く、B群は各々48、51、65%、C群は各々40、59%と高い傾向を示した。A群では植被率が高く、ウスユキウチワ、アミジグサ類、ハイオオギなどの褐藻類が被度、頻度で優占していた。B、C群ではサンゴ群集被度が高く、*Montipora digitata*などの枝状*Montipora*、*Acropora formosa*などの枝状*Acropora*が被度、頻度で優占していた。

画像間の被度を比較すると、A群はB、C群に比べ低い結果が得られた。多重比較の結果、画像類型のA群とB、C群の間に有意差が認められた ($p < 0.05$, Tukey test) (図7)。

空中写真の歪み補正：空中写真ではフィルム面と地上とが完全な平行状態でない時に撮影されたものも多い。その場合、写真には歪みが生じるので、写真情報を地形図に重ね合わせることができない。そこで、歪み補正を行わなければならない。

空中写真には、四隅に指標が写されていいる。この指標から写真中心を原点とする写真座標系に変換するには、画素番号とライン番号を画像上から読みとり、アフェイン変換で求める。

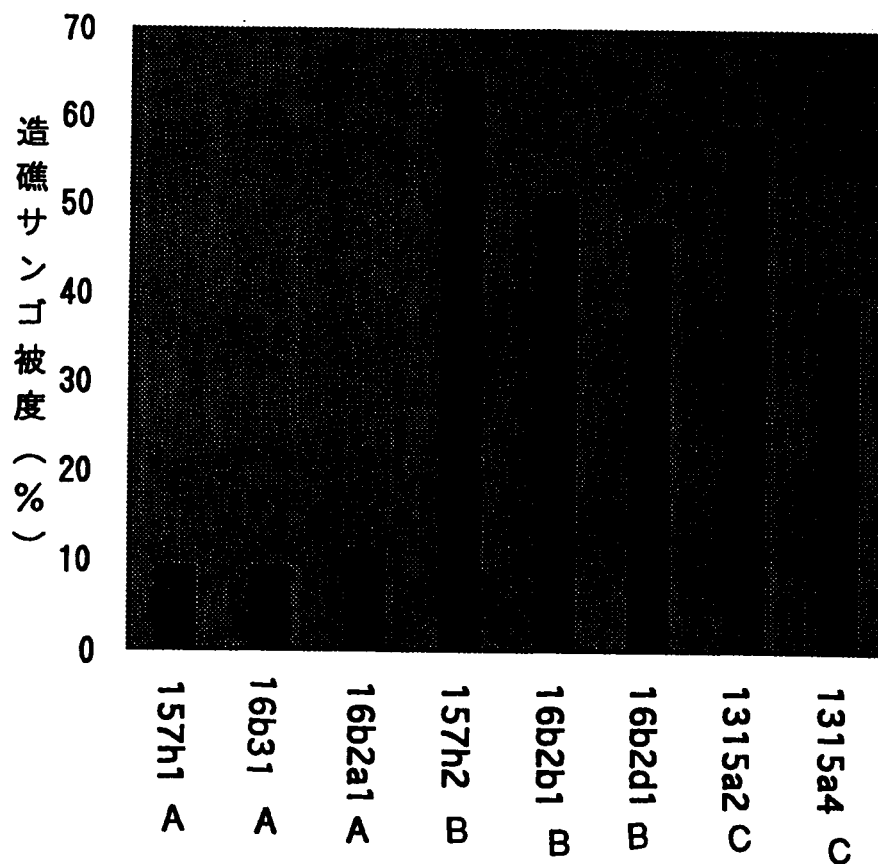


図7 選定画像の造礁サンゴ被度と類型

表4 調査区被度調査結果(その1)

調査 No.	157h1					
調査区	A					
場所	瀬谷真島西礁池					
区	1	2	3	4	5(4)	Ave.±S.D.
緯度(N)	24°21' 23.2"	24°21' 25.5"	24°21' 27.0"	24°21' 29.9"	24°21' 29.4"	
経度(E)	123°39' 35.4"	123°39' 33.9"	123°39' 35.4"	123°39' 34.2"	123°39' 31.4"	
調査年月日	1996.10.8	1996.10.8	1996.10.9	1996.10.9	1996.10.10	
基質類型 1)	C	C	B	C, D	C	
水深 (m) 2)	1.1	3.3	2.1	2.8	4.3	2.7±1.2
造礁サンゴ被度(X)	2	9	6	15	12	9±5
その他の無脊椎動物被度(X)						
被度率(X)	59	67	88	42	64	64±17
標本割合(X) 3)	39	24	6	42	24	27±14
<i>Stylocoenelia</i> sp.						
<i>Pocillopora damicornis</i>	+	+			+	+
<i>Seriatopora hystrix</i>	+	+	+		+	+
<i>Stylophora pistillata</i>						
<i>Montipora mollis</i>						
<i>M. turgescens</i>						
<i>M. verrucosa</i>				+		+
<i>M. digitata</i>						
<i>M. gaimardi</i>						
<i>M. hispida</i>						
<i>M. informis</i>					+	+
<i>M. efflorescens</i>						
<i>M. cactus</i>						
<i>M. foliosa</i>						
<i>M. aequituberculata</i>						
<i>M. sp.</i>					+	+
branching <i>Montipora</i>						
<i>Anacropora matthaei</i>						
<i>Acropora palifera</i>						
<i>A. brueggemanni</i>				+		+
<i>A. humilis</i>						
<i>A. nobilis</i>						
<i>A. grandis</i>						
<i>A. formosa</i>	+	6	+	+	+	1
<i>A. acuminata</i>						
<i>A. microphthalma</i>						
<i>A. aspera</i>						
<i>A. pulchra</i>						
<i>A. millepora</i>				+		+
<i>A. tenuis</i>					+	+
<i>A. nana</i>	+				+	+
<i>A. cerealis</i>						
<i>A. nasuta</i>		+	+	+	+	+
<i>A. subglabra</i>		+		+	+	+
<i>A. carduus</i>		+		+	+	+
<i>A. elseyi</i>	+		+	+	+	+
<i>A. sp.</i>	+		+	+	+	+
<i>Astreopora myriophthalma</i>				+	+	+
<i>A. gracilis</i>						
<i>Porites lutea</i>						
<i>P. cylindrica</i>			+		+	+
<i>P. lichen</i>					+	+
<i>P. horizontalata</i>				+		+
<i>Goniopora</i> sp.						
<i>Pavona cactus</i>						
<i>P. danae</i>						
<i>P. frondifera</i>						
<i>P. varians</i>						
<i>Cordiaerosera planulata</i>				+	+	+
<i>Coscinasteria mayeri</i>						
<i>Pachyseris speciosa</i>				+	+	+
<i>Cycloseris costulata</i>			+		+	+
<i>Fungia fungites</i>						
<i>Ctenactis echinata</i>			+			+
<i>Galaxea fascicularis</i>						
<i>Echinophyllia orpheensis</i>						
<i>E. echinata</i>						
<i>Ocyropsa lacera</i>						
<i>Lobophyllia hemprichii</i>						
<i>L. corymbosa</i>						
<i>Symphylia recta</i>						
<i>Hydnophora exesa</i>						
<i>Merulina ampliata</i>		+			+	+
<i>Favia helianthoides</i>						
<i>Favia pallida</i>						
<i>F. sp.</i>						
<i>Barabattoia amicornem</i>						
<i>Favites halicora</i>						
<i>F. flexuosa</i>						
<i>Goniastrea retiformis</i>						
<i>G. pectinata</i>				+	+	+
<i>Platygyra daedalea</i>						
<i>P. lamellina</i>					+	+
<i>P. sinensis</i>						
<i>P. pini</i>						
<i>P. varweyi</i>						
<i>Montastrea magnistellata</i>				+		+
<i>Cyphastrea serillita</i>						
<i>Cyphastrea japonica</i>						
<i>C. microphthalma</i>		+				+
<i>Echinopora lamellosa</i>				+	+	+
<i>E. gemmifera</i>						
<i>E. mamilliformis</i>				+		+
<i>Turbinaria mesenterina</i>				+		+
<i>T. stellata</i>						
<i>Millepora tenella</i>		+	+	+	7	1
<i>M. exesa</i>	+					
<i>M. intricata</i>				7		1
<i>M. murrayi</i>						
Soft corals		+		+	+	+
<i>Thalassia hemprichii</i>						
<i>Valonia ventriosum</i>						
<i>Cladophoropsis vaucheriaeformis</i>						
<i>Tydamnia expeditionis</i>						
<i>Halimeda</i> spp.						
<i>Dicyota</i> spp.	17	15	17	+	23	14
<i>Lobophora variegata</i>	6	+	5	6	+	3
<i>Dicyotaceae</i> gen. sp.	16	+	21			7
<i>Fudina minor</i>	19	47	22	34	32	31
<i>Turbinaria orbata</i>	+					
<i>Sargassum</i> spp.						
<i>Actinotrichia fragilis</i>						
<i>Galaxaura subfruticulosa</i>						
<i>Ceratodictyon spongiosum</i>						
<i>Digenea simplex</i>						
<i>Acanthopora spicifera</i>						
<i>Amanita glomerata</i>	+		23			5
<i>Fibrous red algae</i>	+					

- 1) A; 枝状サンゴ礁塊固結型
B; 枝状サンゴ礁塊半固結型
C; 枝状サンゴ礁塊非固結型
D; 枝状サンゴ礁平面非固結分散型
- 2) 石垣における基準面からの数値
- 3) 区分不可能なため無節サンゴモモ含まれている。
- 4) コドラート数 14

表4 (つ02)

調査 No. 調査類型	16631						16621			
	A 小笠原島						A 喜多良次島			
	場所						場所			
	1						1			
St.	1'	2	3	4	Ave.±S.D.	1	2	3	Ave.±S.D.	
緯度(N)	24°20' 46.9"	24°20' 54.0"	24°20' 52.5"	24°20' 44.1"	24°20' 46.8"	24°21' 16.0"	24°21' 19.2"	24°21' 23.4"		
経度(E)	124°00' 44.7"	124°01' 01.0"	124°00' 57.0"	124°01' 00.6"	124°01' 03.6"	123°59' 18.3"	123°59' 15.0"	123°59' 12.4"		
調査年月日	1996.12.18		1996.12.19		1996.12.21	1996.12.20		1996.12.20		
調査類型 1)	C, D	C	C	C, D	C	A	D	B, D		
水深 (m) 2)	1.2	1.7	1.3	2.3	2.3	0	0.1	0.3	0.1±0.2	
造礁サンゴ被度(X)	7	12	12	2	12	2	19	12	11±9	
その他の無脊椎動物被度(X)				1						
植被率(X)	64	47	35	51	49	56	40	33	50±9	
裸岩割合(X) 3)	29	42	53	46	39	42	41	34	39±4	
<i>Sylocoemella</i> sp.						+	+		+	
<i>Pocillopora damicornis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Seriastrea hystrix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Stylophora pistillata</i>	+	+			+	+	+	+	+	
<i>Montipora mollis</i>							+	+	+	
<i>M. turgescens</i>	+		+			+				
<i>M. verrucosa</i>										
<i>M. digitata</i>										
<i>M. gaimardi</i>										
<i>M. hiipida</i>								+	+	
<i>M. informis</i>										
<i>M. efflorescens</i>						+	+		+	
<i>M. cactus</i>							+	+	+	
<i>M. fofoosa</i>										
<i>M. sequituberculata</i>						+			+	
<i>M. sp.</i>		+				+			+	
bmaching <i>Montipora</i>							+	+	+	
<i>Anacropora mattheii</i>							+		+	
<i>Acropora pakjara</i>								+	+	
<i>A. bruggemanni</i>		+				+		+	+	
<i>A. humilis</i>								+	+	
<i>A. nobilis</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	
<i>A. granit</i>								+	+	
<i>A. formosa</i>	+	+				+	12	5	6	
<i>A. acuminata</i>										
<i>A. microphthalma</i>										
<i>A. aspera</i>						+		+	+	
<i>A. pulchra</i>							+		+	
<i>A. millepora</i>	+	+		+	+	+	+		+	
<i>A. tenuis</i>	+							+	+	
<i>A. nana</i>		+								
<i>A. cerealis</i>			+							
<i>A. nuxia</i>	+	+	+							
<i>A. subglabra</i>	+			+	+					
<i>A. cordata</i>	+	+	+	+	+					
<i>A. chrysi</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	
<i>A. sp.</i>			+	+	+	+	+	+	+	
<i>Astreopora myriophthalma</i>	+	+								
<i>A. gracilis</i>			+	+	+					
<i>Porites lutea</i>								+	+	
<i>P. cylindrica</i>	+	+	+			+			+	
<i>P. lichen</i>										
<i>P. horizontalata</i>										
<i>Goniopora</i> sp.	+					+			+	
<i>Pivona cactus</i>										
<i>P. dani</i>										
<i>P. frondifera</i>		+								
<i>P. varians</i>	+	+		+	+				+	
<i>Gardinerocris planulata</i>										
<i>Coelocoris mayori</i>										
<i>Halysma speciosa</i>		+							+	
<i>Cyathocoris costata</i>										
<i>Rungia fungites</i>	+						+		+	
<i>Ctenactis echinata</i>										
<i>Gelaxia fascicularis</i>	+	+		+	+			+	+	
<i>Echinophyllia orpheensis</i>	+	+	+	+	+					
<i>E. echinata</i>		+	+							
<i>Ocyropsis lacera</i>										
<i>Lobophyllia hemprichii</i>			+		+					
<i>L. corymbosa</i>	+	+	+	+	+					
<i>Symphylia recta</i>		+								
<i>Hydnophora ezzei</i>										
<i>Merulina amplata</i>		+			+				+	
<i>Merulina helianthoides</i>				+	+					
<i>Merulina pallida</i>	+	+	+	+	+		+		+	
<i>K. sp.</i>	+	+	+	+	+					
<i>Barbattoia amicornis</i>		+	+	+	+					
<i>Merites halicora</i>		+	+	+	+					
<i>F. flexuosa</i>				+	+					
<i>Goniastrea retiformis</i>										
<i>G. pectinata</i>	+	+	+	+	+				+	
<i>Platygyra daedalea</i>										
<i>P. imellina</i>							+		+	
<i>P. sinensis</i>				+	+					
<i>P. pini</i>										
<i>P. verweyi</i>										
<i>Montastrea magnistellata</i>										
<i>Cyphastrea sericea</i>			+		+					
<i>Cyphastrea japonica</i>								+	+	
<i>C. microphthalma</i>			+		+					
<i>Echinopora imellina</i>										
<i>E. gemmata</i>	+	+	+	+	+					
<i>E. mammiformis</i>										
<i>Turbinaeria mesenterina</i>										
<i>T. stellata</i>	+									
<i>Milipora tenella</i>						+		+	+	
<i>M. cuneata</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	
<i>M. intricata</i>										
<i>M. murrayi</i>										
Soft coral		+		+	+					
<i>Thalassia hemprichii</i>										
<i>Valonia ventricosa</i>										
<i>Cladophoropsis vaucheriaeformis</i>										
<i>Tydemania expeditionis</i>	+		+							
<i>Halimeda</i> spp.										
<i>Dicyotia</i> spp.	20	5		7	+	16	13	13	4	
<i>Lobophora variegata</i>	25	35	30	41	44	+		23	17	
<i>Dicyotaceae</i> gen. sp.						21	11		11	
<i>Pudina minor</i>		+	+			+				
<i>Turbinaeria orbata</i>	15			+	+	+	+	10	3	
<i>Sargassum</i> spp.		7	+			12	15	5	10	
<i>Actinotrichia fragilis</i>	6									
<i>Gelaxura subfruticulosus</i>										
<i>Ceratodictyon spongiosum</i>										
<i>Digenes simplex</i>										
<i>Acanthophora spicifera</i>										
<i>Amanesia glomerata</i>										
Fibrous red algae										

表4 (403)

調査 No.	157h2										Ave.±S.D.
	白										
調査種類	黒島真島西端部										
場所	白										
St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.±S.D.
緯度(N)	24°21' 40.5"	24°21' 44.8"	24°21' 45.0"	24°21' 42.6"	24°21' 34.6"	24°21' 35.1"	24°21' 37.2"	24°21' 32.1"	24°21' 33.0"	24°21' 45.0"	
経度(E)	123°39' 42.0"	123°39' 41.4"	123°39' 43.4"	123°39' 30.8"	123°39' 42.0"	123°39' 44.1"	123°39' 40.8"	123°39' 40.5"	123°39' 39.0"	123°39' 43.4"	
調査年月日	1996.10.6	1996.10.7	1996.10.7	1996.10.7	1996.10.6	1996.10.8	1996.10.8	1996.10.9	1996.10.9	1996.10.7	
基質種類 1)	A	A	A	B	B	A	A, B, C	A	A	A	0.3±0.3
水深 (m) 2)	0.3	0.1	0.3	0	0.4	1.1	0.4	0.5	0	0	
造礁サンゴ被度 (%)	62	68	69	71	72	89	53	50	54	60	65±12
その他の無脊椎動物被度 (%)	2		2		2					12	2
植被率 (%)	22	19	15	20	14	8	43	35	41	6	22±13
裸面割合 (%) 3)	14	12	14	9	12	3	4	14	6	21	11±5
<i>Stylocoeniella</i> sp.											
<i>Pocillopora damicornis</i>				+							+
<i>Seriatopora hystrix</i>								+			+
<i>Stylophora pinnata</i>										+	+
<i>Montipora mollis</i>											
<i>M. turgescens</i>											
<i>M. verrucosa</i>											
<i>M. digitata</i>	43	28	16	67	54			25			23
<i>M. gaimardi</i>								5		5	1
<i>M. hispidia</i>								+		9	1
<i>M. informis</i>											
<i>M. efflorescens</i>											
<i>M. cactus</i>											
<i>M. foliosa</i>											
<i>M. aequituberculata</i>	7	23	27	+	+						11
<i>M. sp.</i>											
bmaching <i>Montipora</i>	10	18	33	+	+						7
<i>Anacropora mathaei</i>						15					2
<i>Acropora palifera</i>											
<i>A. brueggemanni</i>											
<i>A. humilis</i>									18		2
<i>A. mobilis</i>										6	1
<i>A. grandis</i>											
<i>A. formosa</i>				+	+	+		6	24	27	7
<i>A. acuminata</i>											
<i>A. microphthalma</i>											+
<i>A. aspera</i>											
<i>A. pulchra</i>											+
<i>A. millepora</i>				+							+
<i>A. tenuis</i>											
<i>A. nana</i>											
<i>A. cerealis</i>											
<i>A. nesuis</i>											
<i>A. subglabra</i>											
<i>A. carduus</i>											
<i>A. elseyi</i>	+		+			11			6		2
<i>A. sp.</i>											+
<i>Astropora myriophthalma</i>											
<i>A. gracilis</i>											
<i>Porites lutea</i>											
<i>P. cylindrica</i>	+					63					6
<i>P. lichen</i>											+
<i>P. horizontalis</i>											+
<i>Goniopora</i> sp.											
<i>Pavona cactus</i>											+
<i>P. danai</i>											+
<i>P. frondifera</i>											
<i>P. varians</i>											
<i>Gardineroseris planulata</i>											
<i>Coeloseris mayeri</i>											
<i>Pachyseris speciosa</i>											+
<i>Cycloseris costulata</i>	+										+
<i>Phlegia fungites</i>											
<i>Ctenactis echinata</i>											+
<i>Galaxea fascicularis</i>											
<i>Echinophyllia orpheensis</i>											
<i>E. echinata</i>											
<i>Ocyropsis lacera</i>											
<i>Lobophyllia hemprichii</i>											
<i>L. corymbosa</i>											
<i>Symphylia recta</i>											
<i>Hydnophora excess</i>											
<i>Merulina ampliata</i>											
<i>Favia hetianthoides</i>											
<i>Favia pallida</i>											
<i>F. sp.</i>											
<i>Barabattola amicorum</i>											
<i>Ferites halicornis</i>											
<i>F. flexuosa</i>											
<i>Goniastrea retiformis</i>											
<i>G. pectinata</i>											
<i>Platygyra daedalea</i>											
<i>P. lamellina</i>											
<i>P. sinensis</i>											
<i>P. pini</i>											
<i>P. varweyi</i>											
<i>Montastrea magnistellata</i>											
<i>Cyphastrea serilla</i>											
<i>Cyphastrea japonica</i>											
<i>C. microphthalma</i>											
<i>Echinopora lamellosa</i>											
<i>E. gemmaecea</i>											+
<i>E. mammiformis</i>											
<i>Turbinaria mesenterina</i>											
<i>T. stellulata</i>											
<i>Millepora tenella</i>											+
<i>M. exesa</i>											+
<i>M. intricata</i>											+
<i>M. murrayi</i>											
Soft corals	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12	1
<i>Thalassia hemprichii</i>											
<i>Valonia ventricosa</i>											
<i>Cladophoropsis vaucheriaformis</i>											
<i>Tydemania expeditionis</i>											
<i>Halimeda</i> spp.											
<i>Dictyota</i> spp.	13	+	+	19	11	6	31	15	18	+	11
<i>Lobophora variegata</i>	6	18	+	+	+	+	+	9		+	3
<i>Dictyota</i> cca gen. sp.											
<i>Padina minor</i>											
<i>Turbinaria orbata</i>											
<i>Sargassum</i> spp.											
<i>Actinotrichia fragilis</i>											
<i>Galaxaura subfruticosa</i>											
<i>Ceratodictyon spongiosum</i>											
<i>Digenea simplex</i>											
<i>Acanthophora spicifera</i>											
<i>Amansia glomerata</i>											
<i>Fibrous red algae</i>	+		7						7	16	3

表4 (つ04)

図版 No. 図版類型 場所	16b2d1 B 小浜港東碼頭						16b2d1 B 嘉努真島南碼頭			
	1 2 3 4 5(4)					Ave.±S.D.	1 2 3			Ave.±S.D.
	24°20' 51.3" 24°20' 42.3" 24°20' 49.8" 24°20' 47.2" 24°20' 51.9"						24°21' 18.9" 24°21' 18.1" 24°21' 23.1"			
緯度(N)	123°59' 54.0" 123°59' 55.8" 123°59' 55.2" 124°00' 03.0" 123°59' 54.0"						124°00' 04.8" 124°00' 01.8" 123°59' 57.4"			
経度(E)	1996.12.15 1996.12.16 1996.12.16 1996.12.16 1996.12.17						1996.12.17 1996.12.17 1996.12.18			
調査年月日	C,D	ウキサンゴ	C	C,ウキサンゴ	D		ウキサンゴ	D	D	
水深 (m) 2)	0.6	2	0.7	3	0.8	1.4±1.0	0.8	1	0.8	0.9±0.1
造礁サンゴ被度(K)	50	42	68	55	41	51±11	45	55	43	48±6
その他の無脊椎動物被度(K)										
被度率(K)	42	44	25	1	37	30±18	38	23	31	31±8
裸面割合(K) 3)	8	14	7	44	17	18±15	17	22	23	21±3
<i>Stylocentrella</i> sp.										
<i>Pocillopora damicornis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Seriatopora hystrix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stylophora pislilata</i>	+		+		+	+	+			+
<i>Montipora mollis</i>								18		6
<i>M. turgescens</i>										
<i>M. verrucosa</i>										
<i>M. digitata</i>									+	+
<i>M. gilmardi</i>										
<i>M. hiopida</i>									+	+
<i>M. informis</i>				+		+				
<i>M. efflorescens</i>										
<i>M. cactus</i>							23	8	22	18
<i>M. floscae</i>										
<i>M. acquituberculata</i>										
<i>M. sp.</i>	+					+				
branching <i>Montipora</i>							+	+	+	+
<i>Anacropora malthaii</i>							+	8	5	4
<i>Acropora palifera</i>										
<i>A. bruggemanni</i>	+					+				+
<i>A. humilis</i>										
<i>A. nobilis</i>	6	+	9	+	+	3	+	7	+	2
<i>A. grandis</i>										
<i>A. formosa</i>	27	29	50	15	36	31	+	+	+	+
<i>A. acuminata</i>										
<i>A. microphthalma</i>			+			+		6		2
<i>A. aspera</i>									5	2
<i>A. pulchra</i>	11	+	8		+	2	11	5	+	5
<i>A. millepora</i>	+	+				+				
<i>A. tenuis</i>										
<i>A. nana</i>										
<i>A. cerasilis</i>										
<i>A. nasuta</i>	+				+	+		+		+
<i>A. subglabra</i>										
<i>A. carduus</i>		11		23		7				
<i>A. eiseyi</i>		+	+	+	+	+	+			+
<i>A. sp.</i>					+	+				+
<i>Astropora myriophthalma</i>									+	+
<i>A. gracilis</i>										
<i>Favites latus</i>										
<i>F. cylindrica</i>				+		+	+	+	+	+
<i>F. lichen</i>										
<i>F. horizontalata</i>										
<i>Goniopora</i> sp.					+	+	+	+	+	+
<i>Favona cactus</i>										
<i>F. danai</i>										
<i>F. frondifera</i>					+	+				
<i>F. varians</i>										
<i>Gardineroseris planulata</i>										
<i>Coeloseris mayeri</i>										+
<i>Plectyseris speciosa</i>										
<i>Cycloseris costulata</i>										
<i>Pungia fungites</i>		+				+				+
<i>Ctenactis echinata</i>										+
<i>Galaxea fascicularis</i>	+				+	+				+
<i>Echinophyllia orpheensis</i>										
<i>E. echinata</i>										
<i>Ocyropsis lacera</i>										
<i>Lobophyllia hemprichii</i>										
<i>L. corymbosa</i>					+	+				
<i>Symphylia recta</i>										
<i>Hydnophora cecae</i>			+			+				
<i>Merulina ampliata</i>										
<i>Favia halkanthoides</i>										
<i>Favia pallida</i>										
<i>F. sp.</i>										
<i>Berbattoia amicorum</i>										
<i>Favites hillebrandi</i>					+	+		+		+
<i>F. flexuosa</i>										
<i>Goniastrea retiformis</i>					+	+				
<i>G. pectinata</i>							+			+
<i>Platygygia daedalea</i>										
<i>F. lamellina</i>										
<i>F. sinensis</i>	+					+				+
<i>F. pini</i>										
<i>F. varweyi</i>				+		+				
<i>Montastrea magnistellata</i>										
<i>Cyphastrea serotina</i>										
<i>Cyphastrea japonica</i>										
<i>C. microphthalma</i>									+	+
<i>Echinopora lamellosa</i>					10	2				
<i>E. gemmea</i>					+	+		+		+
<i>E. mammiformis</i>										
<i>Turbinaria mesenterina</i>						+				
<i>T. stellata</i>						+				
<i>Millepora tenella</i>	+	+	+			+			+	+
<i>M. caesia</i>	+				+	+				+
<i>M. intricata</i>										
<i>M. murrayi</i>										
Soft corals					6	1			6	+
<i>Thalassia hemprichii</i>										+
<i>Valonia ventricosa</i>										+
<i>Cnidophoropsis vaucleriformis</i>										
<i>Tydemania expeditionis</i>										+
<i>Halimeda</i> spp.	+		5			1	+			
<i>Dicyyota</i> spp.	+					3				
<i>Lobophora variegata</i>	15	20	+			9	+	+	14	5
<i>Dicyotaceae</i> gen. sp.	+									
<i>Fudina minor</i>	+	10		+	+	2	+			
<i>Turbinaria coriata</i>	+		+		+		+	+	+	
<i>Sargassum</i> spp.	+								5	2
<i>Actinotrichia fragilis</i>										
<i>Galaxaura subfruticulosa</i>										
<i>Ceramium spongiosum</i>										
<i>Digenes stipitata</i>										
<i>Acanthophora spicifera</i>										
<i>Ananias glauca</i>										
Fibrous red algae	21	15	19		10	13	32	18	7	19

表4 (つ05)

図録 No. 図録類型	1315a2				1315a4			
	C 石垣島G沖				C 石垣島G沖			
場所	1	2	3	Ave.±S.D.	1	2	3	Ave.±S.D.
緯度(N)	24°21' 14.1"				24°23' 57.3"			
経度(E)	124°15' 53.1"				124°15' 50.1"			
調査年月日	1996.10.11 1996.10.11 1996.10.11				1996.10.12 1996.10.12 1996.10.12			
水深 (m) 2)	A	A	A	0	A	A	A	0
造礁サンゴ被度(%)	62	56	58	59±3	34	56	31	40±14
その他の無脊椎動物被度(%)	17	25	5	16±10	1	2		
被度率(%)	22	19	37	26±10	9	17	37	21±14
被度割合(%) 3)								
<i>Stylocosterias</i> sp.								
<i>Fociliopora demicornis</i>	+			+				
<i>Seriatopora hystrix</i>								
<i>Stylophora pistillata</i>							+	+
<i>Montipora mollis</i>								
<i>M. turgescens</i>								
<i>M. verrucosa</i>								
<i>M. digitata</i>	27	44	25	32	11	25	26	21
<i>M. gainardi</i>		+	+	+	+		+	+
<i>M. hispida</i>								
<i>M. iniformis</i>								
<i>M. efflorescens</i>								
<i>M. cactus</i>								
<i>M. foliosa</i>								
<i>M. aequituberculata</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>M. sp.</i>								
branching <i>Montipora</i>	34	10	33	26	23	+		8
<i>Ancropora matthaei</i>								
<i>Acropora pakifera</i>					+			+
<i>A. brueggemanni</i>					+			+
<i>A. humilis</i>					+			+
<i>A. nobilis</i>					+			+
<i>A. grandis</i>								
<i>A. formosa</i>	+			+	+	+	+	+
<i>A. eckminata</i>								
<i>A. microphthalma</i>								
<i>A. aspera</i>						26		9
<i>A. pulchra</i>								
<i>A. millepora</i>								
<i>A. tenuis</i>								
<i>A. nana</i>								
<i>A. cervicis</i>								
<i>A. nasuta</i>								
<i>A. subglabra</i>								
<i>A. carduus</i>								
<i>A. obscuri</i>								
<i>A. sp.</i>								
<i>Astrospora myriophthalma</i>								
<i>A. gracilis</i>								
<i>Forites lutea</i>								
<i>F. cylindrica</i>					+		+	+
<i>F. lichen</i>					+			+
<i>F. horizontalata</i>								
<i>Goniopora</i> sp.								
<i>Favona cactus</i>								
<i>F. dansi</i>								
<i>F. frondifera</i>								
<i>F. varians</i>							+	+
<i>Gardineroseris planulata</i>								
<i>Coeloseris mayeri</i>								
<i>Pachyseris speciosa</i>								
<i>Cyathoseris costulata</i>								
<i>Fungia fungites</i>								
<i>Clavectis echinata</i>								
<i>Galaxoa fascicularis</i>								
<i>Echinophyllia orpheensis</i>								
<i>E. echinata</i>								
<i>Gyopora lacera</i>								
<i>Lobophyllia hemprichii</i>								
<i>L. corymbosa</i>								
<i>Symphyllia recta</i>								
<i>Hyalophora ezzae</i>								
<i>Murikina amphibia</i>							+	+
<i>Favia helianthoides</i>								
<i>Favia pallida</i>								
<i>F. sp.</i>								
<i>Barettosia amicorum</i>								
<i>Favites helicora</i>								
<i>F. flexuosa</i>								
<i>Goniastrea retiformis</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>G. pectinata</i>	+			+				
<i>Platygyra deodates</i>								
<i>P. lamellina</i>			+	+				
<i>P. sinensis</i>			+	+				
<i>P. pini</i>				+				
<i>P. verweyi</i>								
<i>Montastrea magnistellata</i>								
<i>Cyphastrea sericea</i>								
<i>Cyphastrea japonica</i>								
<i>C. microphthalma</i>	+			+				
<i>Echinopora lamellosa</i>								
<i>E. gemmacea</i>								
<i>E. mammiformis</i>								
<i>Turbinaris mesenterina</i>								
<i>T. stellulata</i>								
<i>Millepora tenella</i>								
<i>M. cuneata</i>								
<i>M. intricata</i>								
<i>M. murrayi</i>								
<i>Soft corals</i>			+	+	+	+		+
<i>Thalassia hemprichii</i>								
<i>Valoniopsis ventricosa</i>								
<i>Cladophoropsis vaucheriaeformis</i>								
<i>Tydemania expeditionis</i>								
<i>Halimeda</i> spp.								
<i>Dicyota</i> spp.								
<i>Lobophora variegata</i>	5	19	+	6	56	21	28	35
<i>Lobophora</i> gen. sp.		+		2		+	+	
<i>Padina minor</i>								
<i>Turbinaris orbata</i>	+	+	+		+	+	+	
<i>Sargassum</i> spp.	+	+	+					
<i>Acinotrichia fragilis</i>	+	+	+					
<i>Galaxaura subfruticulosa</i>	6	+	+	2		+	+	
<i>Ceratodictyon spongiosum</i>						+		
<i>Digenes simplex</i>								
<i>Acanthophora spicifera</i>								
<i>Amansia glomerata</i>								
<i>Fibrous red algae</i>								

3. 考察とまとめ

異なる時期に撮影されたカラー空中写真間には太陽照度の変化に起因する色彩の変化がしばしば見られる。このため画像の解析にあたってはその補正を行う必要がある。本研究では太陽照度の変化がチャンネル間で差異が無いとして、測定したサンゴ群集画像のRGBの各2チャンネルの濃度値を座標上にプロットし、類型化することにより画像を解析する方法を試みた。

解析の結果、対象した画像は3群に類型化された。A群はR濃度値がほぼ0、G濃度値も30以下、B濃度値のみ48-84と相対的に高い。B群はR濃度値は10以下と低く、G濃度値は39-80とやや高く、B濃度値は69-107と高い。C群はR濃度値はA、B群に比べ顕著に高く22-61、G濃度値77-91、B濃度値97-101と高い傾向を示した。

A群の造礁サンゴ被度は9-11%で、B群は48-65%、C群は40-59%で、A群はB、C群に比べ造礁サンゴ群集の被度が有意に低いことが示された。A群はサンゴ群集衰退域といってよく、基質はアミジグサ類、ハイオオギ、ウスユキウチワなどの褐藻類が卓越しておおう。B、C群はサンゴ群集（主として枝状の*Acropora*, *Montipora*）の優占域である。

以上の結果から、R、G、B濃度値のうち、B濃度値には3群間に大きな差がないため、解析に有効とはいえず、最も差が見られるG濃度値を含むRとGの座標がサンゴ群集被度の画像判読に有効であることが示唆された。

G濃度値については、長岡ら¹⁾の報告でも生サンゴの分光反射特性で変化の幅が広いことが指摘されている。造礁サンゴの分光反射特性として、緑色のスペクトルに特徴があることが、石垣島における枝状サンゴの分光反射率の測定（575nm付近にピーク）²⁾や和歌山県串本町錆浦海岸における卓越種クシハダミドリイシ *Acropora hyacinthus* の分光輝度計測（560-570nm）³⁾により報告されている。今後、G濃度値を含む濃度値座標の解析について、さらに研究を進め、造礁サンゴ被度を段階的に画像判読する手法を開発することが期待される。

なお、今回の研究では水深による濃度値の変化については検討していない。この点も今後の検討課題である。サンゴ群集は基準面（低潮線）付近から分布しているため、海中では極めて減衰の大きい赤色光と言えども、ごく浅所のサンゴ群集については情報をもたらすことが今回の研究で示された。しかし、赤色光はわずかな水深変化で輝度が大きく変化するため正確な水深に基づく補正が必要である。

また、濃度値による解析だけでなくテクスチャー解析による判読も試みる必要がある。

引用文献

- 1) 高橋達郎. 1980. サンゴ礁の微地形構成、地理25(8): 34-42.
- 2) 森美枝. 1995. 石西礁湖におけるイシサンゴ類とオニヒトデの推移、海中公園情報(107): 10-15.
- 3) 目崎茂和編. 1991. 石垣島のサンゴ礁環境、WWF J、214 pp.
- 4) 藤原秀一ら. 1995. サンゴ群集の種数-面積曲線、第42回日本生態学会講演要旨集.
- 5) 今野敏徳・藤原秀一. 1990. 西表島崎山湾自然環境保全地域における海藻植生—1989年夏季相、崎山湾自然環境保全地域調査報告書: 43-82. 環境庁自然保護局.
- 6) 西平守孝・J. E. N. Veron. 1990. 日本の造礁サンゴ類、439 pp. 海游舎.

- 7) 内田紘臣・福田照雄. 1989. 沖縄海中生物図鑑、第9、10巻「サンゴ」.
- 8) 長岡正利ら. 1992. 航空機画像等による潮間帯汚染調査技術に関する研究. 国土地理院.
- 9) 長谷川均. 1995. 分光反射測定 of サンゴ礁環境への応用、国土館大学文学部人文学会紀要 28:63-82.
- 10) 原島省ら. 1994. サンゴ礁のモニタリング(1) 水中分光輝度計測、日本海洋学会講演要旨集

[研究発表] 藤原秀一ら. 1997. カラー空中写真画像によるサンゴ被度の解析、日本生態学会講演要旨集.