

礁池内生物群集の環境傾度分析

仲宗根一哉・大城 哲¹⁾・金城孝一・玉城不二美・渡口 輝・大城洋平・井上 豪・天願博紀

Gradient Analysis of Communities in Moat

Kazuya NAKASONE, Tetsu OSHIRO¹⁾, Koichi KINJO, Fujimi TAMAKI,
Akira TOGUCHI, Yohei OSHIRO, Go INOUE, Hiroki TENGAN

要旨: 沖縄島および石垣島の計 8 海域の礁池内におけるサンゴ類, 海藻草類, 魚類, 底生動物の生息調査と環境調査の既存データを用いて環境傾度分析を行い, 群集組成変化と群集組成に重要な影響を与えていると考えられる環境傾度との関係を考察した. db-RDA による解析では, 礁池内生物群集組成の変化に対して大きな影響を与えている環境傾度に底質基盤と SPSS および水深が認められた. また, 在・不在データに基づく Cluster 解析と主座標分析による座標付けから礁池内生物群集は 4 群集に類別でき, 類別した群集の中から底質中懸濁物質含量が高い地点群では, 指標種としての有効性の指標となる IndVal 値が高い生物種にダンダラスズメダイ, ニワトリガキ, リュウキュウアマモなどが選定され. また, 底質環境が比較的良好と考えられる地点群では, IndVal 値の高い種に枝状コモンサンゴ属や散房花状ミドリイシ属等のサンゴ類が出現するなど, 物理環境に対応して生物群集組成に明瞭な差が見られた.

Key words: 礁池 Moat, 土壌流出 Soil run-off, 環境傾度分析 Gradient analysis, 生物指標 Bioindicator

I はじめに

沖縄県では, 1995 年に沖縄県赤土等流出防止条例を施行し, 開発現場からの赤土等の流出量は削減されたが, 規制の対象とならない既存農地からの流出が顕在化している¹⁾. 今後, 赤土等の流出防止対策を総合的, 効果的および計画的に実施するには, 健全なサンゴ礁海域環境の指標と保全目標の設定が必要となる. 保全目標を設定するには, サンゴ礁海域環境の変化に伴う生物分布の関係を把握しなければならない. しかし, サンゴ礁沿岸域は生物の多様性が高い一方, 種類ごとにも低密度・パッチ状に分布しており, 物理環境と生物分布の関係を詳細に把握することを困難にさせている. そのため, 高田ら²⁾は, 生物各種の分布ではなく, 生物群集組成の変化と環境変化との対応関係を環境傾度分析^{3,4)}と呼ばれる多変量解析の手法を用いて把握することを試みており, 注目すべき環境要素の選択が可能であることを報告している. そこで本研究では, 内閣府委託事業「赤土に係る環境保全目標設定基礎調査^{5,6)}」で得られた沖縄島および石垣島の 8 海域における礁池内のサンゴ類, 海藻草類, 魚類, 底生動物の生物データおよび物理環境データを用いて環境傾度分析を行い, 群集組成の特徴と物理環境との関連性について検討した. また, 類別した群集から Dufrene & Legendre⁷⁾の方法で指標値(IndVal 値)を算出し, 指標種の選定を行った.

II 方法

1. 解析対象海域

海域および地点を表 1 に示す. なお, 赤土等に係る環境保全目標設定基礎調査では, 前方礁原の発達していない海域も調査対象に含まれている. また, 調査地点に礁斜面や航路・水路が含まれている海域もあり, これらの海域や地点は解析の対象から除いた. また, 1 回目の調査は 2007 年 6 月 22 日-7 月 4 日, 2 回目の調査は 2008 年 8 月 7 日-9 月 21 日に実施されており, これらの調査データをまとめて解析を行った

2. 解析方法

8 海域 45 地点で得られたサンゴ類 110 種, 海藻草類 144 種, 魚類 333 種, 底生動物 206 種全ての生物データを地点と種の 2 元表にし, これに在・不在を表すバイナリーデータ(1, 0)を入力して 1 枚のデータシートを作成

表 1. 解析対象海域と礁池内の地点

海域	1回目調査地点		2回目調査地点		
	2007年6月22日-7月4日	地点数	2008年8月6日-9月1日	地点数	
沖縄島	屋嘉田海域	Y2,Y3,Y4,Y5	4	Y2,Y3,Y4,Y5,Y6	5
	宜野座福地川河口海域	G2,G4	2	G2,G4,G6,G7,G8	5
	古島川河口海域	F1,F3,F4	3	F1,F3,F4,F6,F7	5
	天仁屋川河口海域	T3,T4	2	T6,T7,T8,T9	4
	大度海域	D2,D3,D4	3	D4,D5,D6,D7,D8	5
石垣島	川平湾	K1,K3,K5	3	K1,K3,K5,K6,K7	5
	白保海域	S1,S2,S3,S4,S5	5	S1,S4,S5,S6,S7	5
	大浦川河口海域	U1,U2,U3	3	U1,U2,U3,U5,U6	5
計	8海域		25		39
			45地点(延べ64地点)		

1) 株式会社沖縄環境分析センター

した。環境変数には調査地点における底質中懸濁物質含量⁸⁾(SPSS), 年間最大 SPSS, 濁度, 水平透明度⁹⁾, 潮位表基準面からの水深, 岩盤被度を与えた。また, 物理環境ではないが, 岩盤帯ではナガウニ属(*Echinometra* sp.)が多く, グレージングの影響を考慮して, ナガウニ属の生息密度を環境変数に加えた。なお, SPSS および濁度は対数正規分布するため, 常用対数変換後の値を用い, 水平透明度はポアソン分布するため, その平方根を用いた。岩盤被度は調査時の底質基盤の記載から, 砂を 1, 砂礫を 2, 砂・岩盤を 3, 砂礫・岩盤を 4, 岩盤・砂を 5, 岩盤・砂礫を 6 とする 6 階級に分け, ナガウニ属の生息密度は, 単位面積(5m×5m)あたりの出現個体数から, 全く出現しない場合を 0, 1-5 個体を 1, 6-20 個体を 2, 21-100 個体を 3, 100 個体を超える場合を 4 とする 5 階級に分けた。

生物群集の類別には在・不在データから Jaccard 類似度指数を算出し, Ward 法による Cluster 解析を行った。環境傾度分析では, 環境変数を外的基準(独立変数)として, 外的基準のない序列化法を間接傾度分析, 外的基準のある序列化法を直接傾度分析と区分する⁴⁾。ここでは, Jaccard 類似度指数を適用して主座標分析(Principal coordinates analysis: PCoA)で間接傾度分析を行い, Cluster 解析の結果と比較した。また, 直接傾度分析には Jaccard 類似度指数を用いて, Legendre & Anderson¹⁰⁾の方法で Distance-based redundancy analysis(db-RDA)を行い, 座標付けにおける軸のスケールには Correlation biplot 法を用いた。これらの分析では統計環境 R2.9.0¹¹⁾のパッケージ群を使用した。また, 類別した群集を代表する指標種の選定には Dufrene & Legendre⁷⁾の方法(IndVal 法)に従い, Windows 用プログラム IndVal2.0¹²⁾を使用した。

III 結果および考察

1. 生物群集の分類

Cluster 解析の結果から得られた Dendrogram(図 1)および Jaccard 類似度指数に基づく PCoA による座標付け(図 2)から, 各地点の生物群集を 4 群に類別した(表 2)。いずれの群も複数海域の地点から構成される。I 群(屋嘉田海域, 宜野座福地川河口海域)の地点は干潟連成の海域環境で, 梅雨後に泥が堆積する。II 群(古島川河口海域, 天仁屋川河口海域)の海域環境は砂礫もしくは岩盤底で, 泥の堆積の影響は少ないが, 天仁屋川河口海域ではサンゴ被度が低く, ナガウニ属によるサンゴ幼生の定着阻害の影響が考えられる。III 群(大度海域, 白保海域, 川平湾外)は水平透明度が高く, 25-50%の非常に高い生サンゴ被度を示す。IV 群(川平湾内, 白保海域, 大浦川河口海域)

は, 底質基盤が砂礫~砂泥質で, 年間を通じて SPSS の堆積傾向が最も強かった(図 3, 図 4)。

図 5 には地点毎のサンゴ類, 海藻草類, 魚類, 底生動物類の種類数を示した。サンゴ類および魚類数ではIV群が他群に対して少なかったが, 海藻草類および底生動物の種類数に群間の差は見られなかった。

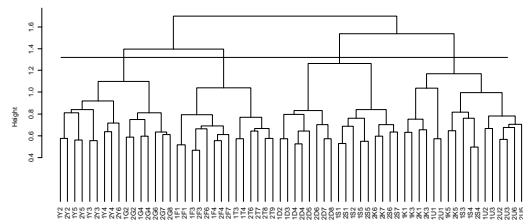


図 1. 礁池内生物群集の在・不在データセットの Jaccard 類似度指数に基づく Cluster 解析による Dendrogram(Ward 法)

図中の下段アルファベット小文字と数字は調査地点を表し, 樹を横切る直線は距離 1.3-1.4 の間で切断する場合を示す。

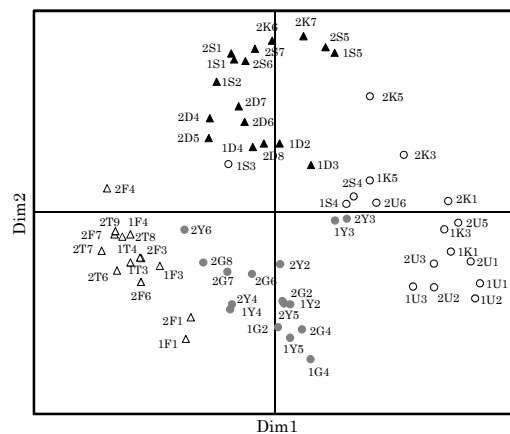


図 2. 礁池内生物群集データセットの Jaccard 類似度指数に基づく PCoA による座標付け

図中のアルファベット小文字と数字は調査地点を表し, マークは図 1 の切断線に基づいた 4 分類群に対応する。

表 2. Jaccard 類似度指数に基づく Cluster 解析による Dendrogram および PCoA による座標付けから決定した礁池内生物群集の類別

分類群	I 群	II 群	III 群	IV 群
調査回				
1回目	Y2, Y3, Y4, Y5, G2, G4	F1, F3, F4, T3, T4	D2, D3, D4, S1, S2, S5	K1, K3, K5, S3, S4, U1, U2, U3
2回目	Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, G2, G4, G6, G7, G8	F1, F3, F4, F6, F7, T6, T7, T8, T9	D4, D5, D6, D7, D8, S1, S5, S6, S7, K6, K7	K1, K3, K5, S4, U1, U2, U3, U5, U6

2. 環境傾度分析

環境傾度分析は、ある環境傾度に沿って適当な間隔で生物群集のサンプルを取った場合、群集がその環境傾度に対してどのような空間的パターンを示すか分析する方法で³⁾、因果関係を解明するための仮説が効率よく構築できる点で有効とされる⁴⁾。また、その生息環境の生物群集を代表すると考えられる生物種の増減に注目することで、ある地点の環境がどの環境傾度に沿って変化したのかが理解できる⁴⁾。図 6 に db-RDA による礁池内生物群集の序列化の結果を示した。なお、解析に用いた環境

変数の一覧は付表に示した。PCoA および db-RDA ともに、類別した各群は二軸座標空間にほぼまとまって配置され、採用した環境変数で生物群集組成変化の説明がある程度可能である。db-RDA では、第 1 軸の正方向に岩盤被度とナガウニ属の生息密度、負方向に SPSS および SPSSmax が強い環境傾度として認められ、水平透明度と濁度は第 1 軸に対して弱い相関を示した。第 2 軸は負方向に水深が強い環境傾度として認められた。地点配置から判断すると、I 群はほかの群に比べてまとまりが悪く、SPSS の影響が少なく、水深と砂礫-岩盤に沿った分布を示す。II 群は砂礫-岩盤帯で透明度の比較的良好な環境に位置しているが、ナガウニ属の影響を受けているものと考えられる。III 群は底質の影響よりも浅い水深の影響を受けている。IV 群は懸濁物質の堆積が顕著な砂泥質

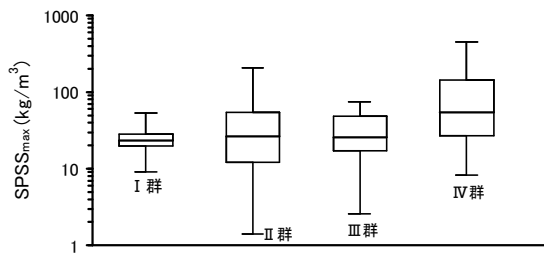


図 3. 類別した生物群集の SPSSmax 箱ひげ図

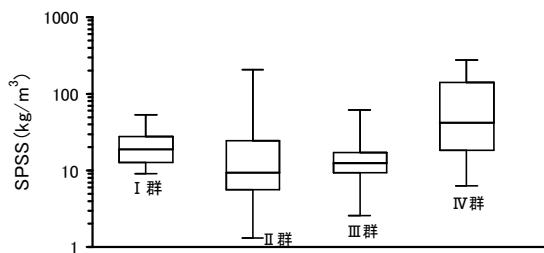


図 4. 類別した生物群集の SPSS 箱ひげ図

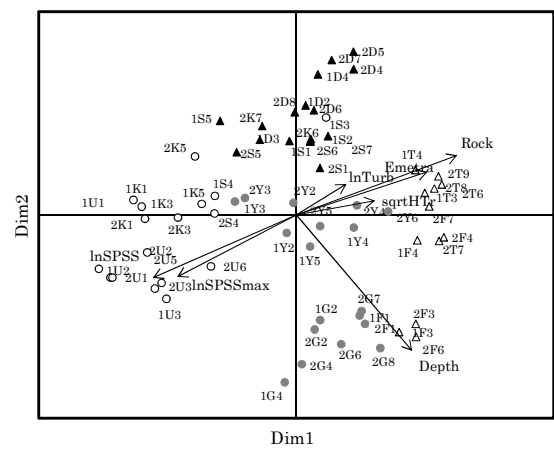


図 6. 礁池内生物群集データセットの Jaccard 類似度指数に基づく db-RDA による座標付け

● : I 群, △ : II 群, ▲ : III 群, ○ : IV 群

図中の矢印は環境変数を示す。lnSPSSmax : 底質中懸濁物質含量の年間最高値の常用対数値, lnSPSS : 底質中懸濁物質含量の常用対数値, lnTurb : 濁度の常用対数, Depth : 水深, sqrtHTr : 水平透明度の平方根, Rock : 岩盤被度, Emetra : ナガウニ生息密度
アルファベット小文字と数字は調査地点を表す。

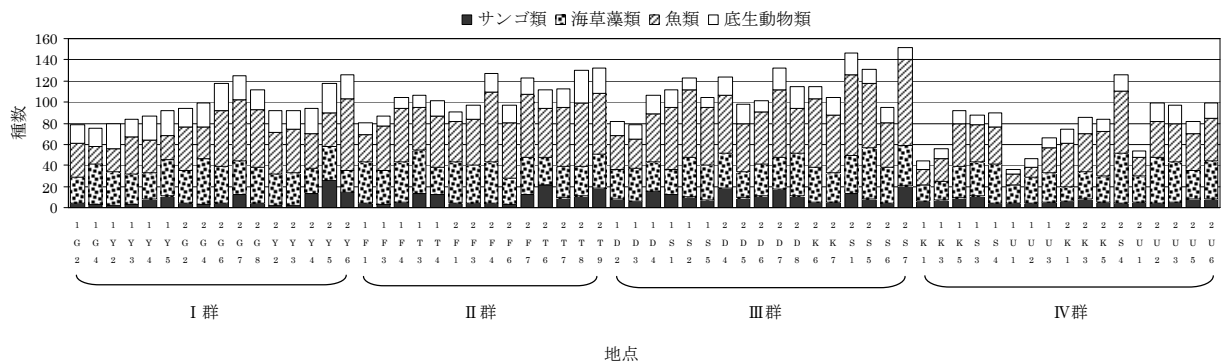


図 5. 4 類別した生物群集のサンゴ類、海藻草類および底生動物類の種数の分布

図中の下段項目は調査回と地点を表し、最下段は分類群を表す。

の底質環境の影響を強く受けている。

3. 指標種の選定

類別した各群の指標種を IndVal 法を用いて選定した。

IndVal 値の算出方法は、在・不在データに対応した定性的方法を用いた。すなわち、地点群 j における種 i の IndVal 値を IndValij とすると、

$$\text{IndValij}(\%) = \text{Aij} \times \text{Bij} \times 100$$

ここで、Aij は地点群 j 内の種 i の出現地点数を種 i の総出現地点数で除した値で、地点群 j の中で種 i の出現

がどの程度突出して多いかを表し、Bij は地点群 j 内の種 i の出現地点数を地点群 j の地点数で除した値で、地点群 j の中で種 i はどの程度おしなべて出現するかを表す。

なお、ここで言う指標種とは、各地点の群集の特徴をよく代表する標徴種(characteristic species)であって、類別された一つの群集で最も多く見られ、その群集が属する地点群の優占種のことである。

各群の IndVal 値の高い順に上位 20 種までを表 3 に示した。SPSS の影響が強い IV 群では、IndVal 値の高い種

表 3. 分類した 4 群の上位 20 までの IndVal 値

学名	和名	IndVal (%)	学名	和名	IndVal (%)
I 群			III 群		
B <i>Tripneustes gratilla</i>	シラヒゲウニ	44.6	A <i>Hypnea pannosa</i>	コケイバラ	79.3
A <i>Ceratodictyon spongiosum</i>	カイメンソウ	40.0	F <i>Hemigymnus melapterus</i>	タレクチペラ	60.5
B <i>Linckia multifora</i>	ゴマフヒトデ	40.0	A <i>Boergesenia forbesii</i>	マガタマモ	58.5
F <i>Amblyeleotris steinitzi</i>	ヒメダテハゼ	39.8	A <i>Acanthurus triostegus</i>	シマハギ	50.8
A <i>Laurencia</i> sp.	ソノ属	38.0	C <i>Montipora</i> spp.	コモンサンゴ属(枝状)	47.5
A <i>Dictyota linearis</i>	イトアミジ	37.5	F <i>Thalassoma hardwickii</i>	セナスジペラ	47.2
A <i>Digenea simplex</i>	マグリ	35.2	A <i>Polysiphonia</i> sp.	イトグサ属	47.1
F <i>Stethojulis strigiventer</i>	ハラスジペラ	35.2	C <i>Acropora</i> spp.	ミドリシ属(散房花状)	45.3
B <i>Tridacna crocea</i>	ヒメジャコ	32.0	F <i>Chromis viridis</i>	デバスズメダイ	43.3
F <i>Pomacentrus nagasakiensis</i>	ナガサキスズメダイ	31.6	F <i>Chaetodon trifasciatus</i>	ミスジチョウチョウウオ	42.4
B Botryllidae	イタボヤ科	31.6	F <i>Valenciennesia longipinnis</i>	サザナミハゼ	41.9
F <i>Rhinecanthus aculeatus</i>	ムラサメモンガラ	31.1	B <i>Bohadschia argus</i>	ジャノメナマコ	41.4
A <i>Galaxaura rugosa</i>	ナガガラガラ	30.8	B <i>Holothuria atra</i>	クロナマコ	38.9
B <i>Echinometra</i> sp.	ナガウニ属	30.8	F <i>Scarus sordidus</i>	ハゲブダイ	38.5
B <i>Linckia laevigata</i>	アオヒトデ	29.8	F <i>Salaria fasciatus</i>	ヤエヤマギンボ	38.5
A <i>Lobophora variegata</i>	ハイオオギ	28.7	F <i>Scolopsis cancellatus</i>	ヨコシマタマガシラ	38.2
A <i>Neomeris annulata</i>	フデノホ	28.6	F <i>Amblygobius hectori</i>	キンセンハゼ	37.7
B <i>Calcinus latens</i>	ツマジロサンゴヤドカリ	27.8	A <i>Turbinaria conoides</i>	カサモク	36.8
B <i>Echinothrix calamaris</i>	トックリガンガゼモドキ	27.8	F <i>Pomacentrus amboinensis</i>	ニセネッタイスズメダイ	36.8
A <i>Peyssonnelia</i> sp.	イワノカワ属	27.6	F <i>Gomphosus varius</i>	クギペラ	34.6
II 群			IV 群		
A <i>Cymopolia vanbosseae</i>	ウスガサネ	79.1	F <i>Dischistodus prosopotaenia</i>	ダンドラスズメダイ	69.7
F <i>Amblyeleotris wheeleri</i>	クビアカハゼ	68.6	B <i>Malvufundus regula</i>	ニワトリガキ	53.5
F <i>Thalassoma lutescens</i>	ヤマブキペラ	66.7	A <i>Cymodocea serrulata</i>	リュウキュウアマモ	49.0
A <i>Bornetella nitida</i>	ナガミズタマ	60.5	F <i>Amblygobius phalaena</i>	サラサハゼ	45.6
F <i>Paraperis Cephalopunctata</i>	ワスケトラギス	57.1	A <i>Halodule uninervis</i>	ウミジグサ	43.3
F <i>Sufflamen chrysopteris</i>	ツマジロモンガラ	57.1	F <i>Asterropteryx semipunctata</i>	ホシハゼ	42.0
F <i>Macropharyngodon meleagris</i>	ノドグロペラ	52.6	A <i>Halophila ovalis</i>	ウミヒルモ	39.2
F <i>Halichoeres hortulanus</i>	トカラペラ	48.2	A <i>Halimeda simulans</i>	フササボテングサ	37.5
F <i>Chrysiptera rex</i>	レモンスズメダイ	43.1	A <i>Halimeda opuntia</i>	サボテングサ	35.4
F <i>Halichoeres margaritaceus</i>	アカニジペラ	42.9	A <i>Syringodium isoetifolium</i>	ボウバアマモ	35.3
F <i>Stethojulis bandanensis</i>	アカオビペラ	41.6	B DEMOSPONGIAE	普通海綿綱	34.9
A <i>Dictyota friabilis</i>	ハイアマミジグサ	41.2	F <i>Cryptocentrus caeruleomaculatus</i>	タカノハハゼ	34.2
A <i>Turbinaria ornata</i>	ラッパモク	41.2	A <i>Caulerpa lentilifera</i>	クビレズタ	34.0
F <i>Acanthurus nigrofuscus</i>	ナガニザ	41.2	F <i>Choerodon anchorago</i>	クサビペラ	30.3
B <i>Spirobranchus giganteus</i>	イバラカンザシ	41.1	F <i>Apogon ishigakiensis</i>	ミヤコイシモチ	29.4
F <i>Pomacentrus bankanensis</i>	メガネスズメダイ	39.3	B <i>Septifer bilocularis</i>	クジャクガイ	29.4
A <i>Halimeda discoidea</i>	ウチワサボテングサ	38.1	A <i>Halimeda macroloba</i>	ヒロハサボテングサ	28.8
F <i>Chaetodon argentatus</i>	カガミチョウチョウウオ	36.2	F <i>Lutjanus gibbus</i>	ヒメフエダイ	28.0
A <i>Caulerpa microphysa</i>	コツブセンナリズタ	35.7	A <i>Caulerpa serrulata</i> var. <i>boryana</i> f. <i>occidentalis</i>	サイハイズタ	26.5
F <i>Halichoeres melanochir</i>	ムナテンペラ	35.7	A <i>Acetabularia ryukyuensis</i>	カサリ	26.5

A : 海藻草類, B : 底生動物類, C : サンゴ類, F : 魚類

に、ダンダラスズメダイ(*Dischistodus prosopotaenia*), ニワトリガキ(*Malvufundus regula*), リュウキュウアマモ(*Cymodocea serrulata*)などのほか、海藻草類が多く、次いで魚類が続く、サンゴ類は見られない。水質環境が比較的良いと考えられるⅢ群では、魚類が主に選定されているが、枝状コモンサンゴ属(*Montipora* spp.)や散房花状ミドリイシ属(*Acropora* spp.)なども上位にランク付けされている。Ⅱ群は SPSS の影響が最も少なく、砂礫-岩盤帯であることから、潜在的に高サンゴ被度帯となる可能性があるが、IndVal 解析では、主として魚類と海藻草類が上位にランク付けされている。前述したようにⅡ群の天仁屋川河口域では、ナガウニ属によるサンゴ幼生の定着阻害が推察され、底質環境以外にこうした生態系のバランスの崩れが生物群集組成に大きな影響を及ぼしていると考えられる。また、SPSS の影響が少なく、底質基盤には岩盤が分布し、水深が比較的深いⅠ群では、シラヒゲウニ(*Tripneustes gratilla*)等の底生動物類とカイメンソウ(*Ceratodictyon spongiosum*)等の海藻草類が上位にランク付けされており興味深い。

IV まとめ

サンゴ礁海域環境と群集組成を対応づける手法として環境傾度分析が有効である。また指標としての能力を数値化する IndVal 法は指標種分析として有効であり、IndVal 値の高い種に注目して群集組成の変化を観測することで、赤土等によるサンゴ礁生態系への影響をモニタリングすることが可能であると考えられる。しかし、環境傾度分析の適用については、重要と考えられる環境変数を適切に選択することや生物群集の生態的特性に対する深い理解と洞察力が不可欠なことから、生物および生息環境調査の蓄積と生態学の知識が要求される。今後、サンゴ礁生態系の健全さを評価するための堅牢な指標を選定するには、詳細なフィールド調査を広い範囲で進めていく必要がある。

<謝辞>

本論文の執筆にあたり、環境傾度分析および IndVal 解析について御教示頂いた日本海区水産研究所の高田宜武博士、西日本水産研究所石垣支所の澁野拓郎博士に深謝します。また、解析に必要な資料を快く御提供頂いた沖縄県環境保全課職員および株式会社沖縄環境分析センター職員の皆様に感謝の意を表します。

V 参考文献

- 1) 仲宗根一哉・比嘉榮三郎・満本裕彰・大見謝辰男 (1998)沖縄県における赤土等年間流出量(第 2 報)ー赤土等流出防止条例施行後の年間流出量の推算ー.沖縄県衛生環境研究所報, 32 : 67-71.
- 2) 高田宜武・澁野拓郎・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(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.日本生態学会第 51 回大会要旨集, 184.
- 3) 小林四郎(1995)生物群集の多変量解析, 蒼樹書房, 東京.
- 4) 高田宜武(2005)サンゴ礁ベントス群集への多変量解析手法の適用.海洋と生物, 27 : 362-370.
- 5) 沖縄県環境保全課(2007)平成 19 年度赤土等に係る環境保全目標設定基礎調査報告書.
- 6) 沖縄県環境保全課(2008)平成 20 年度赤土等に係る環境保全目標設定基礎調査報告書.
- 7) Dufrene,M.and Legendre,P.(1977)Species assemblages and indicator species : The need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67, 345-366.
- 8) 大見謝辰男・大山峰吉・池間修宏・八重山保健所衛生課・沖縄県水産業改良普及所・石垣市水産課・伊平屋村漁業共同組合・伊是名漁業共同組合・久米島漁業共同組合・恩納村漁業共同組合(1993)沖縄県内各地の海域における赤土汚染の現状(第 2 報).第 23 回沖縄県衛生監視員研究発表抄録, 沖縄県環境保健部, 50-60.
- 9) 大見謝辰男・満本裕彰(2001)サンゴ礁における濁度・水平透明度・SPSS 測定値の関係について.沖縄県衛生環境研究所報, 35 : 103-110.
- 10) Legendre,P. and Anderson,M.J.(1999)Distance-based redundancy analysis : Testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. Ecological Monographs 69, 1-24.
- 11) <http://cran.r-project.org/bin/windows/bace/>
- 12) <http://biodiversite.wallonie.be/outils/indval/home.html>

付表 解析に用いた環境変数の一覧

調査回	海域	地点	SPSSmax (kg/m3)※1	SPSS (kg/m3)	濁度※2	水平透明度 (m)※3	水深(m) ※4	底質基盤	ナガウニ属 生息密度※5
1回目	屋嘉田海域	1Y2	22.1	22.1	0.2	4.6	0.6	砂礫	++
		1Y3	31.5	31.5	0.1	7.3	0.4	砂礫	++
		1Y4	9.1	9.1	0.2	9.0	1.1	岩盤・砂	+++
		1Y5	19.3	19.3	0.2	8.9	1.1	岩盤・砂礫	C
	宜野座福地川河口海域	1G2	23.3	23.3	0.2	7.9	2.2	砂・岩盤	+
		1G4	52.8	52.8	0.2	7.0	2.7	砂礫・岩盤	+
	古島川河口海域	1F1	205.0	205.0	0.2	1.0	1.7	砂礫・岩盤	+
		1F3	24.4	22.5	0.1	5.9	3.6	砂礫・岩盤	+
		1F4	28.3	28.3	0.1	7.2	2.0	岩盤・砂礫	++
	天仁屋川河口海域	1T3	1.4	1.3	0.3	12.9	1.6	岩盤・砂礫	
		1T4	3.9	3.9	0.2	12.1	0.6	岩盤・砂礫	C
	大度海域	1D2	47.8	29.8	0.4	2.6	0.4	岩盤・砂・礫	C
		1D3	61.0	61.0	0.9	0.5	-0.2	岩盤・砂・礫	C
		1D4	18.5	18.5	0.2	6.3	0.5	岩盤・砂	C
	川平湾	1K1	56.7	54.8	0.1	11.1	0.4	砂	
		1K3	241.5	241.5	0.1	12.4	0.9	砂礫	
		1K5	18.2	14.1	0.2	10.8	0.3	礫	
	白保海域	1S1	15.1	15.1	0.2	18.4	1.2	砂・岩盤	+
		1S2	2.6	2.6	0.1	18.2	0.1	砂礫	+
		1S3	8.3	6.3	0.1	21.2	0.6	岩盤	+
		1S4	39.4	39.4	0.1	8.0	0.2	砂	+
		1S5	29.5	29.5	0.1	10.4	-0.2	砂礫	++
	大浦川河口海域	1U1	298.0	276.8	0.4	11.0	0.7	砂	
		1U2	141.0	141.0	0.1	4.9	0.4	砂	
1U3		46.2	23.3	0.1	12.8	0.9	砂		
2回目	屋嘉田海域	2Y2	26.9	26.9	0.3	6.8	0.6	砂礫	++
		2Y3	33.4	29.5	0.2	7.6	0.4	砂礫	++
		2Y4	9.9	9.9	0.4	14.1	1.1	岩盤・砂	+++
		2Y5	19.3	14.4	0.5	8.7	1.1	砂礫・岩盤	C
		2Y6	27.4	18.1	0.2	13.5	1.1	岩盤・砂礫	C
	宜野座福地川河口海域	2G2	23.3	9.7	0.1	16.2	2.2	砂礫・岩盤	++
		2G4	52.8	30.5	0.1	14.8	2.7	砂礫・岩盤	++
		2G6	19.7	13.4	0.1	11.1	1.9	砂礫・岩盤	+++
		2G7	25.6	11.3	0.1	15.3	2.0	砂礫・岩盤	+++
	古島川河口海域	2G8	22.7	13.5	0.1	22.7	3.4	砂礫・岩盤	++
		2F1	205.0	6.4	0.3	15.3	1.7	砂礫・岩盤	+
		2F3	42.3	42.3	0.3	18.4	3.6	砂礫・岩盤	+
		2F4	28.3	6.1	0.3	14.4	2.0	岩盤・砂礫	++
	天仁屋川河口海域	2F6	158.0	21.0	0.5	15.0	2.8	砂礫・岩盤	++
		2F7	16.6	5.4	0.2	21.0	1.4	砂礫・岩盤	++
		2T6	3.0	3.0	0.1	14.0	1.1	岩盤・砂	+++
		2T7	59.0	25.4	0.2	12.4	2.0	岩盤・砂礫	C
	大度海域	2T8	12.1	6.4	0.2	9.6	1.1	岩盤・砂礫	C
		2T9	12.2	12.2	0.1	9.8	1.2	岩盤・礫砂	C
		2D4	18.5	10.4	0.2	19.6	0.5	岩盤・砂	C
		2D5	11.5	11.5	0.4	17.7	0.2	岩盤・砂礫	C
	川平湾	2D6	51.9	12.5	0.2	18.0	0.5	砂礫・岩盤	+
		2D7	74.1	5.6	0.2	10.7	0.5	岩盤・砂礫	++
		2D8	54.7	12.5	0.2	17.7	0.1	岩盤・砂礫	++
2K1		54.8	41.7	0.1	4.9	0.4	砂・岩盤		
白保海域	2K3	241.5	159.3	0.1	5.1	0.9	岩盤・砂・転石	+	
	2K5	18.5	18.5	0.1	9.5	0.3	砂・岩盤		
	2K6	17.0	17.0	0.1	18.8	0.6	岩盤・砂礫	+	
	2K7	23.7	9.2	0.1	19.5	0.8	砂礫・岩盤		
大浦川河口海域	2S1	15.0	6.0	0.1	12.7	1.2	砂・岩盤	+	
	2S4	39.4	16.9	0.3	3.5	0.2	砂・岩盤	+	
	2S5	29.5	5.5	0.1	6.4	-0.2	砂礫	++	
	2S6	25.8	12.3	0.1	4.6	1.1	岩盤・砂礫		
大浦川河口海域	2S7	38.1	11.7	1.4	9.5	1.8	砂礫・岩盤	+	
	2U1	445.5	138.4	0.1	4.1	0.7	砂・岩盤		
	2U2	141.0	140.0	0.1	4.1	0.4	砂・岩盤	+	
	2U3	27.1	21.0	0.1	11.5	0.9	砂	+	
大浦川河口海域	2U5	142.8	76.6	0.2	7.8	0.9	礫・砂・転石	+	
	2U6	11.6	8.6	0.2	16.5	1.3	砂・岩盤	+	

※1 SPSSmax:底質中懸濁物質含量(SPSS)の年間最高値
 ※2 濁度・カオリン濁度
 ※3 水平透明度:セッキ版を海底に対して垂直に保ち、海面下約50cm深で、セッキ版を水平方向に見て測定した透明度
 ※4 水深:潮位表基準面からの水深
 ※5 ナガウニ属生息密度:5m×5mの面積内のナガウニ属の個体数を数え、1~5を+, 6~20を++, 21~100を+++, 100超をCとする