

F-5 サンゴ礁における生物多様性構造の解明とその保全に関する研究

(2) 環境変化がサンゴ礁生物多様性に与える影響に関する研究

① サンゴ礁域における水質環境変化が生物多様性に与える影響に関する研究

研究代表者 海中公園センター・鏗浦海中公園研究所 内田絃臣

海中公園センター	藤原秀一・五十嵐誠・木村 匡
鏗浦海中公園研究所	御前 洋・森 美枝
八重山海中公園研究所	野村恵一・近藤鉄也
南知多ビーチランド	黒柳賢治
黒潮生物研究財団	岩瀬文人

平成9～11年度合計予算 24,724 千円
(平成11年度合計予算 7,846 千円)

[要旨] サンゴ礁海域のサンゴ群集の周辺に普遍的に分布する砂底の砂層中に生息する生物に注目し、それらに隣接して生活するサンゴ群集の健全さを保障する海水環境の変化に敏感に反応する生物を砂中生物群集の中から探索し、かつ、サンゴ群集にとっての海水環境の変化がどのようなモニタリングにより、的確に捉えることができるかの可能性を追求することを目的に行われた。

その結果、サンゴ礁海域のサンゴ群集に接して分布する、一見非常にきれいに見える白いサンゴ砂からなる砂底表層部に、多種の生物の生息が確認された。それらの砂層を一定量採取し、攪拌法によって海水層中に浮き出る生物を、海水と共にミューラーガーゼ GG54 (目合 0.328mm) で濾し、ガーゼ上に残った生物を同定・解析した結果、次のことが判明した。

1) そのような砂底の砂中から上記の方法で採取された生物は全て動物であった。2) 採取された動物の大部分は 1mm メッシュを抜ける大きさのもの、すなわち meiobenthos であった。3) どの採集地点からもかなりの個体数が得られた動物群は、線虫類 Nematoda, 多毛類 Polychaeta, 橈脚類 Copepoda の3類であった。4) 上記3類の内、種レベルでの正確な同定、詳細なマニュアルによるモニタリングの広く一般への拡張、という2点を考慮すると、指標動物群として、多毛類のみがその可能性があるとの結論に達した。

八重山での砂底の多毛類の調査から、次のことが判明した。1) 八重山海域から 36 科 128 属 220 種以上の多毛類が出現した。またそのうちの多くの種が未記載種と思われた。2) 約 8 kg の採取砂より、18～70 種、80～450 個体の多毛類を抽出した。3) 各調査地点での多毛類優占種がほとんど全く重ならないこと、また、優占種でない種でも、広く全調査地点に出現する種がある一方、各調査地点特有の出現種があること。

以上の結果から、海水環境の微妙な相違に対する meiobenthic な多毛類の選好性が十分に照明されたと考える。この性質を利用して、サンゴ群集近傍の砂中の小型多毛類を調べることによって、サンゴ群集をとりまく海水環境の変化を的確に把握する可能性の大きいことが示唆された。

[キーワード] サンゴ群集、健全度、水質、砂中動物群集、モニタリング手法

1. 序

サンゴ礁生態系は、種多様性の面および高い生産性のゆえに、地球の生態系に重要な位置を占めている¹⁾。しかし、近年全地球的にサンゴ礁生態系への人為的影響が波及し^{2, 3)}、サンゴ群集の保全が緊急の課題となっている。

造礁サンゴ群集は主として南北緯 30° の間の大陸の東側に豊富に分布する傾向があり、南北に長く伸びるわが国においては、サンゴ群集は八重山における典型的サンゴ礁海域から、本州南部へと、その規模を減少させながら存在する。また、八重山のサンゴ群集はさらに南のフィリピン、インドシナ半島、インドネシア等の東南アジアのサンゴ礁へと続き、さらにはニューカレドニア、オーストラリア東岸（グレートバリアーリーフ）へと連なって、太平洋西端部に南北に連なる大サンゴ礁アークを形成している。わが国のサンゴ群集は東南アジアからグレートバリアーリーフへと連なる大アークの北端を形成し、沖縄～八重山のサンゴ群集は、それらの一部とみなせ、特に八重山の造礁サンゴ相は世界屈指の種多様性を示す⁴⁾。一方、それ以北の群集は、北限域のサンゴ群集として、生態上あるいは分類学上、学術的に重要な位置を占める⁵⁾。

これらわが国のサンゴ群集も、1970年代におけるオニヒトデの食害⁶⁾などにより近年疲弊していて、その存続が危ぶまれている⁷⁾。

一般にサンゴ群集は安定しているように見えるが、実際にはそれぞれのサンゴ群体はダイナミックに変化していて、その総体としてのサンゴ群集は一見安定不変のような印象を与えているだけである⁸⁾。

サンゴ群集の疲弊・死滅には、オニヒトデやサンゴ食性巻貝による食害や^{4, 9)}、穿孔性の海綿類（テルピオスなど）による被害¹⁰⁾があるが、オニヒトデや巻貝も疲弊したサンゴ群集を選択的に襲うという意見もある。また、サンゴ群集の疲弊は1997年におこった異常高温による白化現象や、沖縄本島での赤土の流出といった海水環境の変化によって影響されるものも決して無視できない。そこで、サンゴ群集をとりまく海水環境の変化をいち早く察知し、それに対処する方策の検討を行うのが、サンゴ群集保全のためには重要である。

一般に、イシサンゴ類のような固着性の生物は、環境の変化に対して、移動しての逃避が不可能であり、環境の不適合化に伴い、ストレスを蓄積させながら生存を続ける。

この様なイシサンゴ群集をとりまく海水環境の変化にいち早く反応して、環境変化を知らせてくれる指標生物として、サンゴ群集に隣接して普遍的に分布する砂地の砂中の生物に注目した。これらの生物はイシサンゴ類自体のように固着生活をしていないので、海水環境の変化に対して、逃避行動が可能であること。また、砂中の生物相は、イシサンゴ群集それ自体に直接生活する生物よりは、種多様性が低いものと予想されること。さらに、砂中に生活する生物の多くは間隙性動物 (interstitial fauna) と呼ばれる生物群が主なもので、一般に体が小さく、ライフスパンが短く、それだけすばやく環境の変化に対応することが予想されること。最後に、将来的に広く多くの人々にモニターしてもらう時に、砂の採取は非常に容易に行えると思われること。以上の理由から、サンゴ群集近傍の砂底に生息する生物（必然的に小型の動物となることが予想された）を対象に選ぶことにした。

サンゴ礁海域の広い範囲を限られた人員でモニターすることは不可能である。そこで最近では、全世界のボランティアが同一のマニュアルをつかってのリーフチェックが毎年行われていて、サンゴ礁保全に寄与している。さらにアメリカの Crosby 等¹¹⁾ はチョウチョウウオの種構成がサ

ンゴ群集の健全度によって異なることに注目し、チョウチョウウオ類の種レベルでの観察のデータを、広く一般の人々から集め、それによってサンゴ群集の健全度を知り、チョウチョウウオ類をバイオインディケーター（生物指標）として、サンゴ礁の保全に役立てようと試みている。

サンゴ群集に直接接触あるいは穿孔して生活する多様な生物に関して、それらの内の特定のグループや種をサンゴ群集の健全度の生物指標とする具体的な試みはなされていない。さらに、サンゴ群集近傍の砂中生物をサンゴ群集の状態と関係づけた試みも初めてのものである。

2. 研究目的

本研究では、サンゴ礁浅海域のサンゴ群集に隣接して普遍的に存在するサンゴ砂からなる砂底の砂層中に棲息する小型生物の種構成（定量的要素を含む）のサンゴ群集の健全度に対する指標としての利用の可能性を検討し、かつ広い範囲の多くの人々が砂底小型生物の調査を容易に実行でき、それでサンゴ群集の健全度を的確にチェックできる手法の開発を目指す。

3. サンプルング手法の確立

サンゴ礁海域は一般には極めて貧栄養であり、特にサンゴ砂層中の生物量もそれほど大きいとは期待できない。そこで、採取する砂の量が解析に十分な量の生物を含んでいるように、砂量と、取り上げる生物のサイズ（＝濾すメッシュの目合の大きさ）との組み合わせを考える必要がある。

本研究では、1) 一般に最も広く使用されている目視可能な大きさの生物を砂中から選別する方法と、2) より小さな生物までを実体顕微鏡視野下で選別する方法の2法を取った。

3-（1） 方法

上記1)の方法では当然多量の生物サンプルが期待できないので、採取砂量を20～30 kgとし、2)では、採取砂量を7～8 kgとした。1)では採取された砂が海水中で、2 mm と1 mm メッシュのフルイを通され、2 mm メッシュ、1 mm メッシュ上、および1 mm を通った砂中に含まれる生物が肉眼で選別された。2)では採取された砂の適量ずつが海水と共に攪拌され、その海水がプランクトンネット布地であるミュラーガーゼ GG54（目合 0.328mm）によって濾され、浮き上がった生物がミュラーガーゼ上に回収されるようにした。なお同一の適量の砂は続けて3回の海水の攪拌－濾過作業を受けた。

試料として選別または回収された生物は同定・個体数のカウントがなされた。

試料の採取は八重山諸島黒島の周辺で行われた。

3-（2） 結果・考察

結果を表1に示す。結果は明らかで、大量の砂を採取して、肉眼で生物を分別する方法では、非常に少ない個体数の生物を認めたに過ぎず、さらに採取砂量を増やすことは作業上困難である。一方、1回の採取砂量が10kg未満で、約0.3mmメッシュ上に残ったものの中から、実体顕微鏡で選別した生物試料は、環境条件を解析・考察するに足る個体数を含んでいることが明らかとなった。この程度の砂の採取は海中作業としてもいたって容易で、砂中の生物の抽出も攪拌法で容易に行えうることが判明した。

厳密ではないまでも、ある程度定量的に扱うためには、砂の採取法を定めなければならない。今回用いた砂採取法は、砂底に素手で一本の溝を掘り、その溝の底に角バケツの一边をあてがい、一気に横方向に砂をすくい取り、その場で直ちにバケツに蓋をする方法である。

表 1. 大量採取—目視選別と少量採取—顕微鏡選別との比較
 (Sts. A ~ C は大量採取法、Sts. 3 ~ 6 は少量採取法。
 St. C と St. 6 とは同一地域の非常に近い地点)

St.	A	B	C	6	5	4	3
水深 (m)	3	6	17.5	8	6	5	6
採取砂量 (kg)	17	33	28	13	13	11	11
(Sts. 3 ~ 6 は各 5 ~ 7 kg 採取 2 回の合計)							
出現生物 (種数—個体数)							
軟体類	0-0	2-9	3-3				
環形類	14-15	14-18	24-37	98-894	28-255	93-852	67-433
甲殻類	2-3	3-3	2-3				
全体				200-2330	62-545	140-1500	130-1940

この砂採取法が正しくその場の生物相を反映しているかを検証するために、同一地点で採取したコアサンプルとの、含まれる生物の比較をした。比較は後に述べる理由により、多毛類のみを対象とした。結果を表 2 に示す。

結果は、バケツによるすくい取り法によって、ほぼ正しくその地点の生物 (少なくとも多毛類) を採取できたことを示している。

これらの結果を元に決定された、砂中生物を採取するサンプリング法は以下の通りである。1) サンゴ群集近傍の砂底に手で一本の溝を掘り、一辺約 20cm のふた付き角形ポリバケツの上縁一辺をその溝にあてがい、溝の土手部分をすくい取るように砂層にバケツをつっこむ方法で、砂をほぼ一杯 (約 8 kg) 採取し、直ちにふたを閉める。2) 陸上または船上にあげられた砂入りバケツは、その中から適量 (約 1 kg) が粒度分析用に除かれ、残った砂は適量ずつ数度に分けて、大きなバケツに入れられ、海水と共に攪拌され、生物が沈下しない内に、ミューラーガーゼ GG54 で濾される。同一の砂は 3 回同様に海水と共に攪拌され、生物が抽出される。3) ガーゼ上に残ったものは少量の海水と共に、冷蔵庫または氷水で冷やされた後、同様にして冷やされたホルマリン原液が注入され、全体として約 10 % 海水ホルマリン溶液となるように固定される。4) 10 % ホルマリン溶液中に保存されたサンプルは、実体顕微鏡下でその中の生物が全て選別され、同定され、個体数がカウントされる。

この様にして得られた試料の中には砂粒や植物の破片などと共に、色々なグループの動物が見られたが、生きた海産植物は皆無であった。出現した動物は多岐にわたり、刺胞動物門イソギンチャク類、扁形動物門渦虫類、紐形動物門、線形動物門、軟体動物門腹足類・二枚貝類・掘足類、環形動物門多毛類・貧毛類、節足動物門甲殻綱貝形類・橈脚類・アミ類・クーマ類・等脚類・端脚類・十脚類、昆虫類、星口動物門、棘皮動物門クモヒトデ類・ナマコ類、脊索動物門ナメクジウオ類が出現した。

しかし、ほとんどの動物群で、出現する種数・個体数共に少なく、どの試料中にも含まれ、か

表 2. バケツによるすくい取り法の検証

	すくい取り法			粹取り法		
	No. 1		No. 2	No. 1		No. 2
採取砂量 (kg)	7.45		8.75	5.85		7.70
粒度組成 (mm)	0.2	0.5	1	2	4	
(%)	26	70	3	+	+	+
多毛類種 (種名の前の番号は表 3 で付けられた種番号)						
7. <i>Glycera lancadivae</i>	-		1			
73. <i>Streptosyllis</i> sp. schr.	13		14		11	★
109. <i>Euthalenessa digitata</i>	1		-		-	
131. <i>Lumbrineris</i> sp. (juvenile)	-		-		1	
134. <i>Ophryotrocha</i> sp. (damaged)	1		-		-	
146. <i>Scoloplos</i> sp. ryuk.	-		1		3	★
161. <i>Prionospio</i> sp. nr. orie.	-		1		-	
<i>Prionospio</i> sp. (damaged)	-		-		1 (= ? 145)	-
165. (<i>Rhynchospio</i>) sp. palm.	2		-		1	1
166. <i>Scolecipis</i> sp. fush.	1		-		-	2
168. <i>Spio filicornis</i> sensu Okuda	3		3		3	1 ★
170. <i>Acesta eximia</i>	4		3		1	-
188. <i>Armandia intermedia</i>	-		-		-	1
191. <i>Armandia</i> sp. medu.	-		-		-	1
<i>Armandia</i> spp. (damaged)	1		1		-	-
<i>Armandia</i> sp. (juvenile)	-		1		-	-
201. Gen. <i>Aberr.</i> , sp. yaey.	4		1		3	1 ★
243. <i>Chone filicaudata</i>	-		1		-	-
種数 : 個体数	9:30		10:28	8:18		8:21

つ高い種多様性を示す動物群は、線形動物門、多毛類、橈脚類の 3 類であった。ちなみに、他の動物の一例を挙げると、甲殻綱のクーマ類では出現種は (多分) 3 種であったが、雌雄の成体のそろった 1 種のみが同定可能であった。この種はコブアサセクーマ *Cyclaspis strumosa* Hale で、広く各調査地点から出現し、調査地点間での著しい分布の片寄り認められなかった。

優占動物群 3 類の内、線形動物は全動物界で最も種多様性に富む動物群とみなされていて、海産の自由生活をする線虫類は分類学的研究が始まって間がなく、種レベルの同定には非常な困難

がある¹²⁾。一方、橈脚類は、その付属肢とくに口器の形態が種レベルの分類に重要であり、それら付属肢を顕微鏡下ではずすという非常に高度なテクニックが必要な上に、さらに、上記クーマ類の例のように、小型甲殻類の多くの仲間では、成体でなければ同定できないのが一般的で、かつ、雌雄がそろってなければならぬ場合も多い。橈脚類では砂の間隙に適応して多岐な種分化を遂げたソコムジンコ類 *Harpacticoida* などがあるが、上記のような理由から、例え生物指標として有望な種が抽出されたとしても、同定に高度なテクニックが必要なために、一般に種レベルの同定は困難である。

残る多毛類は、出現する種の大部分が小型で、ほとんど解剖する必要がなく、外部形態の観察のために、個体全体をマウントして光学顕微鏡で観察でき、特別なテクニックが必要ないという点と、ほとんど全ての種で、幼生以外なら、幼体・亜成体でも成体と同じように同定が可能である点で、他の2類に比べて有利である。しかも、表1に示すように、多毛類は砂層によく適応し、高い種多様性と大きな個体数が期待でき、本研究の目指す生物指標の探索に適した動物群であると結論された。さらに、充分詳細な検索表を付けることによって、光学顕微鏡下で、通常生物を扱う人々にも、種レベルまでの同定が可能だと思われる。

4. 結果と考察

以上の結論から、八重山諸島黒島周辺を調査海域として、サンゴ群集の状態の異なる6地点で、サンゴ群集に隣接する砂底と、サンゴ群集の影響のない砂底という意味から海岸にごく近い地点から採取した生物試料の内、多毛類のみを種レベルで同定し、個体数をカウントした(表3)。

各調査地点とも2度あるいは3度の試料採取を行ったのであるが、調査地点間で種組成に大きな違いがある。表4は各試料ごとに最も個体数の多い上位の種から順に並べたものである。同一調査地点内での各試料の組成は非常によく一致し、かつ、異なる調査地点間での組成にほとんど共通性のないことが明瞭に示されている。

これらの種構成の調査地点間の相違のうち、St. 2は他の地点と著しく異なった環境で、径2 mm以上の小型の砂利が70%を占める浅海底である。その他の地点は典型的なサンゴ砂の海底で、目視では目立った相違は認められない。これらの地点での多毛類の種構成の違いの原因はいろいろと考えることができる。しかし、一般的にあって、高い可能性のある原因としては、砂底粒度組成の違いと、海水環境の違いの2つであり、似かよった粒度組成の地点間でも、非常に異なった種組成がみられる(St. 4とSt. 6)ことから、海水環境の微妙な相違が多毛類の分布の種組成の相違の原因となっている可能性が高いと思われる。

そこで、上記各調査地点間の種組成の変化の推移を見るために、St. 5とSt. 6との間に、さらに2箇所の調査地点を設け、これらの地点で水質環境の傾斜の存在をうかがわせる多毛類の種組成が得られるかどうかを調査した。なおSt. 5は黒島港北沖にある非常に潮通しのよいパッチリーフで、St. 6は黒島南西から続くリーフの島西部での切れ端部分で、複雑なパッチリーフをなし、地形的にはSt. 5よりはわずかに潮通しの点で劣るものと思われる。結果(表4の下2行)は海水環境の傾斜を示唆している。すなわち、港前はSt. 5とSt. 6の間にあり、St. 5に近い位置にあり、その種組成はSt. 5とは異なっているものの、よく似ている。一方、西の浜沖北詰はSt. 6により近いが、その種組成はどれとも異なるが、Sts. 4 & 6にやや似る。

また、サンゴ群集の存在がその周辺の砂底の生物の種組成にどの程度の影響を与えているかを

表3. 黒島周辺の調査地点より出現した多毛類全種と4地点での出現状況
(Sts. 5-6 とその間の2地点の結果のみを示し、Sts. 1-4 は省く)

Station Sample No.	5(港沖)		港前 パッチ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)		
	1	2			1	2	
Fam. PHYLLODOCIDAE サシバゴカイ科							
1				1			
2				2	7	10	
3							★
4							
5						1	
Fam. LACYDONIIDAE							
6						2	4
Fam. GLYCERIDAE チロリ科							
7		6	1	11	2	6	☆○
8							
Fam. GONIADIDAE キョウスチロリ科							
9							○
Fam. HESIONIDAE オトヒメゴカイ科							
10							
11						4	3 ★
12							
13							
14				1			
15							
16					14	1	10
17							
18		1	1	34	5	4	○
19				2			
20				3	3		
Fam. PILARGIIDAE カギゴカイ科							
21							
Fam. SYLLIDAE シリス科							
22		2					1
23							
24							
25							
26							
27		1				1	
28							★
29							2 ○
30							
31							
32		1				4	7
33						1	
34							
35			2			11	17
36		1					
37							
38							
39							★

Station Sample No.	5(港沖)		港前 ハッパ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)		
	1	2			1	2	
40 Sphaerosyllis sp. caec.					34	49	○
41 Sphaerosyllis sp. dimo.				1		1	★
42 Sphaerosyllis erinaceus					3	2	
43 Sphaerosyllis sp. fuzu.							
44 Sphaerosyllis sp. nr. fuzu.							
45 Sphaerosyllis aff. glandulata					2	6	◎
46 Sphaerosyllis sp. long.						2	
47 Sphaerosyllis aff. magnidentata				2	5		◎
48 Sphaerosyllis semiverrucosa						1(?)	★
49 Sphaerosyllis sp. nr. semiverrucosa							
50 Sphaerosyllis sublaevis				1			
51 Sphaerosyllis xarifae					7	4	★
52 Gen. Sphaerosy., sp. ryuk.				2			
53 Gen. Xenobra., sp. japo.							
54 Dioplosyllis sp. ryuk.					1	4	
55 Eurysyllis tuberculata					6	5	
56 Odontosyllis maculata						3	
57 Odontosyllis aff. sp. sabi.							
58 Odontosyllis sp. (much damaged)							
59 Opistodonta sp. clav.						1	
60 Opistodonta morena							○
61 Opistodonta sp. paci.							★
62 Pionosyllis aff. magnifica (= P. fusigera(?))						1	
63 Pionosyllis sp. hasw.							★
64 Pionosyllis sp. kuro.							
65 Pionosyllis sp. minu.			11				
66 Pionosyllis sp. yaey.			2	6	17	12	○
Pionosyllis sp. (much damaged)							
67(Pionosyllis) sp. fush.				1	2		
68(Pionosyllis) sp. longian.							
69(Pionosyllis) sp. longici.				24	58	51	◎
70(Pionosyllis) sp. nomu.							★
71 Plakosyllis brevipes					16	36	○
72 Streptosyllis sp. japo.	1	1	1	2			★
73 Streptosyllis sp. schr.	51	116	4				◎
74 Syllides sp. yaey.				1	1	2	★
75 Langerhansia sp. brev.				1		1	
76 Langerhansia sp. cane.							
77 Langerhansia cornuta sensu Imajima						2	
78 Langerhansia cornuta near sensu Imajima							
79 Langerhansia sp. dioc.							
80 Langerhansia ferrugina							★
81 Langerhansia japonica							★
82 Langerhansia sp. kku.							
83 Langerhansia sp. kuro.					1		
84 Langerhansia sp. mina. (?)							
85 Langerhansia aff. nepiotica No.2.							
86 Langerhansia rosea							
87 (Langerhansia) sp. anoc.				2			

Station Sample No.	5(港沖)		港前 ハッパ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)		
	1	2			1	2	
88	Opisthosyllis australis						
89	Opisthosyllis sp. minu.						
90	Opisthosyllis viridis (?) (much damaged)						
91	Typosyllis aff. alternata						
92	Typosyllis armillaris						
93	Typosyllis aff. hyalina						
94	Typosyllis regulata						
95	Typosyllis aff. variegata						
96	Typosyllis sp. ア						
97	Typosyllis sp. イ						
98	Typosyllis sp. ウ						
99	Typosyllis sp. エ(?= Ty. aff. variegata)						
100	Typosyllis sp. オ						
101	Typosyllis sp. カ						
102	Typosyllis sp. キ						
	Typosyllis sp. (much damaged)						
103	(Typosyllis) sp. fuzu.						
Fam. NEREIDIDAE ゴカイ科							
104	Quadricirra bansei						
105	Ceratonecis japonica						
106	Neanthes caudata						
107	Platynereis dumerilii						
Fam. POLYNOIDAE ウロコムシ科							
108	Subadyte sp. irum.						
Fam. SIGALIONIDAE ノラリウロコムシ科							
109	Euthalenessa digitata						
110	Fimbriosthenelais sp. dend.						
111	Fimbriosthenelais sp. mini.						
112	Pholoe sp. mini.						
113	Sigalion sp. minu.						
114	Sigalion aff. squamatus						
Fam. CHRYSOPETALIDAE タンザクゴカイ科							
115	Paleanotus aff. bellis						
Fam. PISIONIDAE スナゴカイ科							
116	Pisione sp. fush.						
117	Pisionella sp. ryuk.						
Fam. AMPHINOMIDAE ウミケムシ科							
118	Pareurythoe sp. arti.						
118	Pareurythoe chilensis sensu Horst						
120	Pseudeurythoe sp. mini.						
121	Pseudeurythoe oculifera						
122	Pseudeurythoe sp. olig.						
Fam. ONUPHIIDAE ナナテイスメ科							
123	Kinbergonuphis sp. yaey.						
124	Onuphis sp. bifu.						
	ONUPHIIDAE sp. (juvenile)						

Station Sample No.	5(港沖)		港前 ハッチ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)		
	1	2			1	2	
Fam. EUNICIDAE イソメ科							
125	Eunice sp. fuzu.						
126	Eunice marovoi					4	
127	Eunice sp. (juvenile)				5		
128	Nematonereis unicornis						
129	Palola siciliensis (?) (damaged)						☆
	EUNICIDAE sp. (juvenile)(?= juvenile of Nematonereis unicornis)						
Fam. LUMBRINERIDAE ギボシイソメ科							
130	Lumbrineris shiinoi						
131	Lumbrineris sp. (juvenile)	1					
Fam. DORVILLEIDAE コイソメ科							
132	Dorvillea sp. mini.			3			
133	Dorvillea pseudorubrovittata						★
134	Ophryotrocha sp. (damaged)						
135	Pettiboneia sp. yaey.			5	1		★
136	Protodorvillea aff. egena						○
137	Protodorvillea gracilis			4	4	3	★
138	Protodorvillea mandapamae			4	9	5	○
139	Schistomeringos sp. long.						
140	Schistomeringos mossambica						★
	DORVILLEIDAE sp. (juvenile)						
Fam. ORBINIIDAE ホコサキゴカイ科							
141	Proscoloplos sp. long.						★
142	(Protoariciella) sp. bran.				81	74	◎
143	Scoloplos (Leodamus) sp. brev.				2		
144	Scoloplos (Leodamus) gracilis						
145	Scoloplos (Scoloplos) novae-hollandiae					1	
146	Scoloplos (Scoloplos) sp. ryuk.	7	10	4		3	○
	ORBINIIDAE sp. (juvenile)						
Fam. SPIONIDAE スピオ科							
147	Aonides mayagaezensis subsp. japo.						
148	Aonides oxycephala oligobranchia (?)						★
149	Aonides sp. yaey.				1	1(?)	
150	(Aonides) notosetosa						○
151	Laonice (?) sp. (damaged)						
152	Microspio mecznikowianus (?)					3	
	Microspio sp. (juvenile)						
153	Prionospio (Minuspio) sp. anoc.			1	2		
154	Prionospio (Minuspio) sp. brev.				1		
155	Prionospio (Minuspio) cirribranchiata(?)	1					
156	Prionospio (Minuspio) sp. fush.				12	4	○
157	Prionospio (Minuspio) japonica				1		
158	Prionospio (Minuspio) sp. yaey.						
	Prionospio (Minuspio) sp. (juvenile)						
	Prionospio (Minuspio) (?) sp. (damaged)						
159	Prionospio (Prionospio) ehlersi				1		
160	Prionospio (Prionospio) sp. hexa.				1	2	
161	Prionospio (Prionospio) sp. nr. orie.	3	7			3	○
	Prionospio (Prionospio) sp. (juvenile)						

Station Sample No.	5(港沖)		港前 ハッチ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)		
	1	2			1	2	
Prionospio (??) sp. (juvenile?)				1			
162 Pseudopolydora aff. kempi (= Ps. sp.)				2	1		
163 Rhynchospio aff. sp. anoc. (damaged)				1		1	
164 Rhynchospio glutaea				3			
165(Rhynchospio) sp. palm.	2	6	6	16	7	11	○
166 Scolelepis (Nerinides) sp. fush.							
167 Scolelepis (Nerinides) sp. yaey.			2				
Scolelepis spp. (damaged or juvenile)							
168 Spio filicornis sensu Okuda (= S. sp. anoc.)				1		1	
Spio (?) sp. (damaged)						1	
SPIONIDAE sp. (much damaged)						1	
SPIONIDAE sp. (larva)	1						
Fam. POECILOCHAETIDAE							
169 Poccilochaetus aff. sp. yaey.				2			
Fam. PARAONIDAE							
170 Acesta eximia	1	5		35	5	4	◎
171 Aricidea sp. foli.		1					
172 Paraonella cedroensis						1(?)	
173 Paraonella sp. japo.							
174 Paraonella sp. yaey.				8	8	5	
PARAONIDAE sp. (juvenile)							1
Fam. CIRRATULIDAE ミズヒキゴカイ科							
175 Caulleriella alata							○
176 Caulleriella bioculata							
177 Caulleriella sp. bisp.							
178 Cirratulus cirratus (?)							
179 Cirratulus filiformis (?)							★
180 Cirriformia aff. capensis							
181 Cirriformia filigera							★
182 Cirriformia aff. tentaculata							○
183 Tharyx marioni							
184 Tharyx sp. 1							
Fam. CTENODRILIDAE クシイトゴカイ科							
185(Raphidrilus) sp. secu.							
Fam. ACROCIRRIDAE クマノアシツキ科							
186 Macrochaeta sp. minu.							○
Fam. OPHELIIDAE オフェリアゴカイ科							
187 Armandia sp. foli.	1	2	1	7		1	★
188 Armandia intermedia							
189 Armandia lanceolata						1	
190 Armandia longicaudata							
191 Armandia sp. medu.					2		
192 Armandia sp. misa. (= A. weissenbornii)		1	1				☆
193 Armandia shimodaensis							
194 Armandia sp. yaey.							
Armandia spp. (damaged)							
195 Ophelina filobranchiata	1					5(?)	
196 Ophelina sp. yaey.		1					
Ophelina sp. (juvenile)	1						

Station Sample No.	5(港沖)		港前 ハッチ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)		
	1	2			1	2	
197 Polyophthalmus pictus	2	4		5	26	21	○
198 Pseudophelia anomala (?)			3	6		1	
Pseudophelia sp. (juvenile)							
199 Traviaisia sp. (young)		1			1		
OPHELIIDAE sp. (damaged)							
Fam. SCALIBREGMIDAE トノサマゴカイ科							
200 Hyboscolex sp. yaey.							
Fam. CAPITELLIDAE イトゴカイ科							
201 Gen. Aberromast., sp. yaey.	1	3	1	1	1		★
202 Capitomastus minimus				11	6	8	◎
203 Capitomastus sp. paci.	2	4					
204 Gen. Heteromast., sp. japo.				1			
205 Leiochrus sp. mina. (?)							
206 Gen. Kanomast., sp. kaen.							
207 Gen. Neoheteromast., sp. ryuk.				1	8	1	★
208 Gen. Nishinohamast., sp. enig.				1			
209 Notomastus (Clistomastus) torquatus (?)							
210 Notomastus (Notomastus) sp. cren.							
211 Notomastus (Notomastus) polyodon					1		
Notomastus sp. (damaged)							
212 Gen. Okina., sp. kuro.							★
213 Palaleiocapitella mossambica	1						
214 Parheteromastides sp. vari.			2				★
215 Parheteromastides sp. yaey.							
Parheteromastides (?) sp. (juvenile)							
216 Scyphoproctus sp. (juvenile)							
217 Gen. Yaeyamast., sp. abbe.							
Fam. MALDANIDAE タケフシゴカイ科							
218 Axiothella sp. caes.							
219 Axiothella obockensis sensu mihi							
220 Axiothella (n. ?) sp.							★
221 Micromaldane sp.						1	(★)
222 Praxillella sp. (damaged)							
NICHOMACHINAE sp.				1			
MALDANIDAE sp. (juvenile)							
Fam. FLABELLIGERIDAE ハボウキゴカイ科							
223 Diplocirrus aff. capensis					3	22	
224 Diplocirrus sp. yaey.				2			
225 Flabelligera (?) sp. (juvenile)					1		
Fam. OWENIIDAE チマキゴカイ科							
226 Myriochele eurystoma							★
227 Myriochele sp. ryuk.							
228 Gen. Pseudomyriochele, sp. minu.				1			
Fam. AMPHARETIDAE カザリゴカイ科							
229 Gen. Pacificopl., sp. coll.						3	
230 Gen. Ryukyupl., sp. minu.					1		
Fam. TRICHOBRANCHIDAE タマグシフサゴカイ科							
231 Gen. Filibranch., sp. paci.				3	1	2	
TRICHOBRANCHIDAE sp. (juvenile & damaged) 1							

Station Sample No.	5(港沖)		港前 ハッチ	西浜沖 北詰	6(西ノ浜沖)			
	1	2			1	2		
Fam. TEREBELLIDAE フサゴカイ科								
232	Bathya (?) sp. (juvenile & damaged)							
233	(Lanassa) capensis (?)							
234	Laphania (?) sp.							
235	Leaena (?) sp. (damaged)							
236	Nicholea cf. longibranchia							
	Nicholea (?) sp. (juvenile)					2		
237	(Pista) unibranchia							
238	Terebella sp. (juvenile)							
	TEREBELLINAE sp. (juvenile & damaged)							
239	Hauchiella sp.							
240	Polycirrus decipiens							
241	Polycirrus sp. kuro.							
242	Polycirrus sp. paur.							
	Polycirrus sp. (juvenile)					1	1	○
	POLYCIRRINAE sp. (damaged)							
	POLYCIRRINAE sp. (damaged)							
Fam. SABELLIDAE ケヤリムシ科								
243	Chone filicaudata							
244	Chone aff. rosea							
	1							
245	Desdemona sp. (damaged)							
246	Euchone sp. sepa.							
				1	6		★	
247	Fabricia sp. japo.							
				1	3	2	★	
248	Fabriciola australiensis							
249	Oriopsis sp. (juvenile)							
	FABRICIINAE sp. (juvenile)						1	
250	Amphiglena mediterranea sensu Day							
Fam. PROTODRILIDAE アシナシムカシゴカイ科								
251	Protodrilus sp. (damaged, juvenile)							
Fam. SACCOIRRIDAE ムカシゴカイ科								
252	Saccocirrus cirratus							
							★	
253	Saccocirrus aff. krusadensis							
						2		
36 fam. 128 gen.								

- ◎ : いずれかの調査地点の最優占種
○ : いずれかの調査地点の優占種
★ : 少数ながら調査地点に特異的に出現する種
☆ : 大型種 (出現がランダムの可能性大)

表 4. 試料別多毛類優占種

rank	1	2	3	4	5	6
St. Sample No.	Species Number in Table 3 (No. of individuals)					
港潮下帯						
1 1	47 (71)	150 (31)	186 (24)	29 (17)	45 (10) ¹⁾	242 (6)
1 2	47 (219)	150 (37)	45 (32) ¹⁾	186 (19)	29 (18)	136 (7)
1 3	47 (178)	150 (44)	45 (34) ¹⁾	29 (25)	136 (13)	35 (10)
西ノ浜潮下帯						
2 1	45 (28) ¹⁾	117 (6)	9 (4)			
2 2	45 (38) ¹⁾	9 (3)	= 117 (3)			
2 3	45 (23) ¹⁾	117 (6)	9 (4)	= 123 (4)		
キャン						
3 1	170 (23) ^{a)}	89 (15)	99 (11)	95 (9)	= 120 (9) ²⁾	91 (8)
3 2	95 (28)	= 112 (28)	170 (26) ^{a)}	89 (25)	99 (24)	60 (18)
フズマリ						
4 1	202 (119)	7 (27) ⁴⁾	69 (15) ³⁾	16 (14) ^{c)}	175 (13)	120 (11) ²⁾
4 2	202 (184)	69 (28) ³⁾	7 (25) ⁴⁾	16 (22) ^{c)}	138 (21)	= 175 (21)
港沖						
5 1	73 (51) ^{b)}	146 (7) ^{c)}	161 (3)	165 (2) ^{d)}		
5 2	73 (116) ^{b)}	146 (10) ^{c)}	161 (7)	7 (6) ^{d)}	= 165 (6) ^{d)}	
西ノ浜沖						
6 1	142 (81)	69 (58) ³⁾	40 (34)	197 (26)	66 (17)	156 (12)
6 2	142 (74)	69 (51) ³⁾	40 (49)	71 (36)	223 (22)	197 (21)
港前						
	65 (11)	165 (6) ^{d)}	73 (4) ^{b)}	= 146 (4) ^{c)}	198 (3)	
西ノ浜沖北詰						
	170 (35) ^{a)}	18 (34)	69 (24) ³⁾	165 (16) ^{d)}	16 (14) ^{c)}	

¹⁾ ~ ⁴⁾、^{a)} ~ ^{c)} は別地点における同一種の出現を示す。

¹⁾ ~ ⁴⁾ は最初に行った 6 地点間の優占種の内、同一種がわずかに 4 種であることを示す。

^{a)} ~ ^{c)} は St. 5 と St. 6 との間に 2 調査地点を設けて (下方 2 行)、St. 5 から St. 6 への種組成の移行の様子を調査したが、この 2 地点を加えるときに、新たに共通種となった種である。

見るために、黒島の港沖パッチリーフ (St. 5) の南端と西端からそれぞれ南と西にラインを引き、各 10m ごとに 5 地点を設け、その地点の多毛類の組成を調査した。表 5 はその結果を表 3 と同様に、出現種の内、出現個体数の多い順に並べたものである。

表 5. 試料別多毛類優占種

rank		1	2	3	4	5	6
		Species Number in Table 3 (No. of individuals)					
港沖 西ライン							
藻 (g)							
0m	5.0	170 (16)	187 (12)	146 (10)	73 (9)	202 (8)	
10m	0.5	73 (94)	171 (10)	130 (7) =	146 (7) =	165 (7) =	201 (7)
20m	0.23	73 (103)	62 (16)	161 (6) =	165 (6)	170 (5)	
30m	0.54	73 (66)	146 (11) =	161 (11) =	165 (11)	87 (6)	★
40m	0.39	73 (52)	62 (12) =	231 (12)	146 (11)	72 (10)	
港沖 南ライン							
0m	0.05	73 (53)	12 (28)	170 (19)	165 (11)		
10m	0.22	73 (107)	12 (9)	165 (5)	170 (4)		
20m	0.07	73 (132)	170 (10)	191 (7)	146 (6)	165 (4)	☆
30m	0.20	73 (144)	170 (14)	146 (4) =	211 (4) =	243 (4)	☆
40m	+	73 (145)	170 (12)	211 (7)	191 (6)	201 (3)	

結果は、西ライン 0m 地点のみが他とは異質であるが、その他はよく似ている。特に、西ライン 30m 地点 (★) は、表 3 の St. 5 の組成とそっくりであり、南ラインの 20m・30m 地点 (☆) も表 4 の St. 5 の組成によく似ている。これらの試料の中に細かな藻類の切れ端が混じっていた。表 5 の藻は各試料中のその藻の破片の質重量 (g) を示している。西ライン 0m 地点のみが他とは異質である原因はこの藻の存在の可能性がある。ちなみに、これらの試料を採取したときの海水環境と、砂底の砂の粒度分布を表 6 に示す。砂中の多毛類の種組成に影響を及ぼす環境要因として、藻類の破片の存在の可能性が考えられる。この地点 (西ライン 0m 地点) の砂の採取料は 9.4 kg であり、その全量に含まれる藻片はわずか 5 g、全体の 0.05 % である。藻類の存在が多毛類の種構成に影響を与えているのか、あるいは藻類の存在による海水環境の変化がそうさせているのかは不明であるが、この様なわずかな環境の違いによって、砂中の多毛類の種構成が大きく変化する可能性が示唆される。

この様に見てくると、砂底に分布する小型多毛類は海水環境の変化に伴って、種構成を変えている可能性がうかがわれる。この様な海水環境は計測機器による不連続な数度の測定によって捉えられるものではなく、連続計測にもかかわらずに性質のものである (海中公園センター, 未発表)。しかし、この様な微妙な海水環境の変化も、そこに生息する生物にとっては重大な意味を持つのであろう。間隙性の多くの多毛類が地点によってその分布を大きく変えていることが示された。これは多毛類各種の環境選好性に起因しているものと思われる。

そのような観点から、表 2 の多毛類一覧の内、各地点で優占する種や、個体数は少ないながら、

表 6. 黒島港沖西・南ラインの海水環境と底砂の粒度組成

	水深 (m)	採取砂量 (kg)	表面水温	水底水温	塩分濃度	砂粒度		藻量 (g)
						a < 500 μ m	b < 1mm < c < 2mm < d	
港沖 西ライン (1998/04/18)								
0m	5.4	9.4	26.6	26.6	35.9	95-3-1-1	5.0	
10m	5.8	9.5	26.6	26.6	35.7	96-2-1-+	0.50	
20m	6.3	8.9	26.6	26.6	35.5	95-3-1-1	0.23	
30m	6.6	8.9	26.6	26.6	35.5	92-5-2-1	0.54	
40m	7.1	9.1	26.6	26.6	35.6	95-3-1-1	0.39	
港沖 南ライン (1998/04/19)								
0m	4.0	9.2	26.4	26.6	35.8	94-4-1-1	0.05	
10m	4.2	9.1	26.6	26.5	35.8	91-7-2-1	0.22	
20m	4.5	9.0	26.5	26.5	35.4	95-3-1-1	0.07	
30m	4.7	9.7	26.5	26.5	35.4	96-3-1-+	0.20	
40m	4.8	8.8	26.5	26.5	35.4	97-2-+-+	+	

粒度組成は 95-3-1-1 で、500 μ m 以下が 95 %、500 μ m ~ 1mm が 3 %、1mm ~ 2mm が 1 %、2mm 以上が 1 %であることを示す。

各地点に特異的に出現する種は環境の生物指標となる可能性のある種であろう。

その一例として、黒島の北岸から西岸にかけてのパッチリーフに注目し、パッチリーフ型の分布をすと思われる多毛類数種の分布形態と、同じく尾部の形態の特徴から、種の判別が比較的容易にできるオフエリアゴカイ科の *Armandia* 属の、同じく黒島北岸から西岸にかけての分布の様子を、表 7 ~ 表 8 に示す。両表とも、各種が独特の分布形態を示し、多毛類が海水環境の生物指標として有効である可能性を強く示している。

この様なサンゴ群集と関連つけた間隙性多毛類の生態的調査を進めることによって、より具体的な指標種が明らかになる可能性は高い。一方、今回開発されたサンプリング法は非常に簡単のため、誰にでも試料の採取ができよう。試料は径 3 cm、長さ 7 cm ほどの管ビンに 1 本に収まり、取り扱いも非常に楽である。この試料から多毛類を選別して同定するにはある程度の知識と技術が必要である。しかし、多くの地域には学校などの、この種の作業の可能な施設と、人員がいるものと思われるし、詳細なマニュアルを用意すれば、世界のあらゆるサンゴ礁海域でのモニターが可能であると思われる。

5. 本研究よりの成果

サンゴ礁海域のサンゴ群集の保全に最も重大な影響を及ぼすであろう海水環境の変化をすばやく察知するための生物指標として、サンゴ群集周辺に普遍的に分布する砂底の砂層、特に砂粒間

表7. パッチリーフ型多毛類数種の分布形態

	5(港沖)		西ライン					南ライン					港前 パッチ	西浜沖 北詰	6(西浜沖)	
	1	2	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40			1	2
66 <i>Pionosyllis</i> sp. yaey.	-	-	-	-	1	3	2	-	-	-	-	-	2	6	17	12
69 (<i>Pionosyllis</i>) sp. longici.	-	-	1	-	1	1	1	1	-	1	-	-	-	24	58	51
73 <i>Streptosyllis</i> sp. schr.	51	116	9	94	103	66	52	53	107	132	144	145	4	-	-	-
165 (<i>Rhynchospio</i>) sp. palm.	2	6	2	7	6	11	-	11	5	4	2	-	6	16	7	11
201 Gen. <i>Aberromast.</i> , sp. yaey.	1	3	2	7	4	2	2	-	-	-	-	3	1	1	1	-

表8. *Armandia*属(オフェリアゴカイ科)諸種の分布形態

	5(港沖)		西ライン					南ライン					港前 パッチ	西浜沖 北詰	6(西浜沖)	
	1	2	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40			1	2
187 <i>Armandia</i> sp. foli.	1	2	12	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	7	-	1
188 <i>Armandia</i> intermedia	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
189 <i>Armandia</i> lanceolata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
190 <i>Armandia</i> longicaudata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
191 <i>Armandia</i> sp. medu.	-	-	-	1	-	-	-	2	3	7	2	6	-	-	2	-
192 <i>Armandia</i> sp. misa.	-	1	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
193 <i>Armandia</i> shimodaensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
194 <i>Armandia</i> sp. yaey.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Armandia 属諸種は特化した尾状突起により種レベルの判別が比較的容易である。

隙性の小型多毛類に注目し、その種構成の変化から海水環境の変化を知る方法を追求した。その結果、一見不毛に見えるサンゴ砂でできた白い砂底の砂層中には非常に種多様性に富んだ多毛類が生息し、しかも、それらは一見同様に見える砂底でも、場所によって非常に異なった種構成を示すことが明らかとなり、それらの種構成の大きな違いが海水環境の微妙な違いによっておこっている可能性が示唆された。

以上のことから、砂層間隙性の小型多毛類はサンゴ群集の健全度に直接的に関わっている、サンゴ群集をとりまく海水環境の状態の微妙な変化を知る非常に有効な生物指標になりうる可能性が示された。また、詳細なガイドブックを用意することによって、広い範囲のサンゴ群集の海水環境を多くの人がモニターすることの可能なことが示された。

6. 引用文献

- 1) Odum, H. T. & E. P. Odum. 1955. Trophic structure and productivity of a Windward Coral Reef community on Eniwetok Atoll. *Ecol. Monogr.*, 25: 291-320.
- 2) Brown, B. E. 1997. Disturbances to reefs in recent times. in Birlceland, C. (ed.) *Life and death of Coral Reefs*. pp. 354-379.
- 3) Woelke, R. von, 1995. Contemporary disturbances to coral communities of the Great Barrier Reef. *J. Coast. Res. Spec. Iss.*, 12: 233-252.
- 4) Veron, J. E. N. 1992. *Hermatypic Corals of Japan*. *Aust. Inst. Mar. Sci., Monogr. Ser.*, Vol. 9, 234 pp.
- 5) Uchida, H. 1997. Abundance and species diversity of coral communities of temperate non-reefal region in Japan. *Proc. 2nd Conference on National Parks and Protected Areas of East Asia*. : 249-258.
- 6) Yamaguchi, M. 1986. *Acanthaster planci* infestations of reefs and coral assemblages in Japan: a retrospective analysis of control efforts. *Coral Reefs*, 5: 23-30.
- 7) Veron, J. E. N. 1992. Conservation of biodiversity: a critical time for the hermatypic corals of Japan. *Coral Reefs*, 11: 13-21.
- 8) 海中公園センター. 1995. 平成6年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究. 報告書. 環境庁委託研究報告書. 87 pp.
- 9) 海中公園センター. 1991. 海中公園地区等におけるシロレイシガイダマシ類によるサンゴ群集被害実態緊急調査報告書. 55 pp.
- 10) 海中公園センター. 1986. 奄美群島における海中生態系の異変現象の緊急調査報告書. 40 pp.
- 11) Crosby, M. P. & E. S. Reese, 1996. A manual for monitoring coral reefs with indicator species. *Butterflyfishes as indicators of change on Indo-Pacific reefs*. 45 pp.
- 12) 鬼頭研二, 2000. 線虫類 Nematoda - 海産. in 山田真弓他編. *動物系統分類学追補版*. pp. 142-147. 中山書店.