

琉球列島石垣島白保サンゴ礁でみられる マイクロアトールの特徴

—米原サンゴ礁との比較をもとに—

長谷川 均¹⁾、長谷川明雄²⁾

1) 本学文学部助教授 2) 教育開発出版株式会社 (1992年3月卒業生)

1 本研究の位置づけ

サンゴ礁を構成する生物の分布や小・微地形は、短時間に急激な変化を見せる。このなかには気象や海象に対応する変化もあるが(長谷川、1990)、近年の琉球列島石垣島のように、陸域の土地利用変化、大規模な土地改変事業など人為的な変化に呼応する海域の変化も顕在化している(山内ほか 1995、長谷川、1998)。

本土復帰以降の25年間で、沖縄県には多くの資金が投入され「土地改良事業」など大規模な土木工事が続いた。石垣島では、1975年以降、沖縄県で最大規模の土地改良事業が実施され、その結果人間の自然に対する働きかけは自然の再生可能なレベルを逸脱し従来の生態系を破壊した。現在「赤土流出」として知られている、農地からの土壌流出とサンゴ礁浅海域の環境破壊はその例である。これらは、過剰な土地改変によって自然環境が人間生活に対してマイナスにしかも不可逆的に作用するようになってしまった例といえよう。

このような現状に対して、実態とかけ離れた保全対策や施策が採られ、結局多額の投資をしながら現状は少しも改善されず、顕著な成果が得られていないのが現状である。筆者

は1989年以来、石垣島白保サンゴ礁や、石垣島周辺海域のサンゴ礁調査をとおして、サンゴ礁内における環境悪化が進行しているのを目の当たりにしてきた。浅海域で顕在化している生サンゴ分布域の減少、海草・海藻域の急速な拡大(長谷川、1998)が陸域からの過剰な栄養塩類の供給に伴うことを、土砂流入と連関させて証明したいと考えている。このためには、サンゴ礁で見られるこれらの変化を正確に記録することが重要である。

また、筆者は現世のサンゴ礁の環境変化とサンゴ礁地域の環境保全をテーマに研究を進めている。その際、サンゴ礁で起こるさまざまな変化を記録し、サンゴ礁で見られる経時変化を正確に抽出する方法として、サンゴ礁を構成する生物や地形などの種類、位置、範囲、性質などをもとにデータベースを構築し、GIS(地理情報システム)を使って解析することを試みている。

GISを使ってサンゴ礁の変化を解析するにあたり、カラー空中写真を使って地形、生・死サンゴや砂床、海草、海藻類の分布とその変化を基礎データとして作成した。また、サンゴ礁で見られる現象、構成物などの資料を収集する過程で、白保サンゴ礁で見られる多数のマイクロアトールうち主要なものを記録した。その理由は、琉球列島の他のサンゴ礁

には見られない出現頻度と分布密度を持つ、マイクロアトールの存在も白保サンゴ礁の特徴の一つと考えたからである。マイクロアトールは、基本的には円筒形をなすが(図1)、形状は変化に富み、また一部のは前方礁原に近接し前方礁原と接合するように発達するものもあるため、高密度で分布するマイクロアトールが成長するのに伴って、礁原の水平的な拡がりが増すきっかけになりうる。

しかし、本論ではサンゴ礁地形の形成や形態の変化に関与する考察、白保サンゴ礁の地形形成にはたすマイクロアトールの意義や、なぜこれほど多くのマイクロアトールが存在するのかに関する議論については言及しない。その理由は、現段階では十分な年代資料やボーリング資料が乏しいからである。ただ、マイクロアトールの形状や分布に関する研究は、日本では報告例が無いので、データベース化の一環としてまとめている資料の一部をこのようなかたちでまとめることも意義があると考えた。また、本論では従来諸外国でおこなわれた2、3の研究例をもとに、マイクロアトールの性質などに関してこれらの例を紹介しながら、石垣島の例との比較を試みる

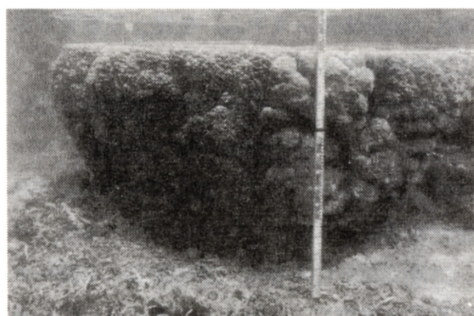


図1 白保サンゴ礁でみられる代表的なマイクロアトール
高さ1.5mあまりのこのマイクロアトールは、図14のタイプ3に相当するものである。

ことにする。さらに、観察期間中におけるマイクロアトールの崩壊や白化現象などに関しても、サンゴ礁で見られる短時間の変化の一例として記載することにした。

II マイクロアトールの定義

マイクロアトールに関する従来の研究や定義は、Scoffin and Stoddart (1978) に詳しい。これによれば、マイクロアトールは1842年にダーウィンがはじめて記載して以来、多くの研究者によって観察・記録されている。当初、マイクロアトールはcoral headまたはcoral blockなどと呼称されたという。これ以降のマイクロアトールに関する研究を、前述の論文にしたがってまとめると次のようになる。

micro-atol という用語は、Krempf (1927; 筆者未見) によって初めて、簡潔な定義がなされないまま用いられた。マイクロアトールという呼称は、浅い海域に生育する塊状サンゴが成長してくると、その頂部が低潮位面より上には成長できないが、側面は成長を続けるため小型の環礁(アトール)を連想させるサンゴ群集が形成されることに由来している。この用語は、その後広く適用され様々な定義がなされた。例えば「死んだ低い表面を囲んだ高いヘリ」を持つ「サンゴ群集」あるいは、「大量のサンゴの群集が、浅い場所でまるく周辺に成長し、死んだ表面(時として溶蝕で凹んでいる)をもち、干潮位に露出しているもの」などである。いっぽう、1950年代以降は、「一般に死んだか、あるいは砂で満たされた中心を持つ、高く成長したヘリと低まりからなる多くのサンゴから構成された

パッチリーフ」などにこの用語を適用したものもある。

Scoffin and Stoddart (1978) はマイクロアトールという用語を再検討した。そして、マイクロアトールを、「単一のサンゴ群落で、普通は塊状で円形の平面形をもち、上部の表面が平坦で死んだサンゴ、側面の周囲が生きたサンゴからできているもの」とした。また、「化石マイクロアトールは同じ形態をもち、生きたポリプは無く、内部構造からも周囲の保存されたサンゴなどからも、側面のポリプは中央部が死んだ後も生きていたことがわかる」とし、さらに「マイクロアトールは、それらの上部表面に近接していた海面（海面のたかさ）を示唆し、内部構造（成長線などから推定できる）は水平方向への成長が卓越していたことが明かである」としている（図2）。この論文で Scoffin らは、グレートバリアリー

フの6つの海域で、マイクロアトールをつくるサンゴの種類を調べ、23属43種のサンゴがマイクロアトールを形成していたと報告している。

なお本論では、次のようなサンゴ群落をマイクロアトールとして計測した。

- ・円筒状の外形をもつ単一のサンゴ群落で、側面は生きたサンゴからなる。
- ・頂部（上部）の比較的平坦な部分は、サンゴが死んでいるか、一般に死んだサンゴの占める面積が大きい。

これらの点において、調査地域に数多く分布する塊状（ドーム状）サンゴ群落とは区別する。

また、生きたマイクロアトールはすべて、成長している海域の最低潮位にそれらの頂部がくると思われる。なお、サンゴの頂部が最終的にどのような過程で死ぬのか、たとえば、露出による乾燥か、紫外線か、降雨による淡水、または急激な温度変化によるのかあるいはこれらが複合するのか など正確なことはわからないし、おそらく特定できないものであろう。

調査地域の大部分のマイクロアトールは、コブハマサンゴ (*Porites Lutea*) からなるが、石垣島白保で採取した68個のこのサンゴの骨格写真（薄片の軟X線写真）の年縞から測定した成長速度は年間10.28mmである（斎藤、1994）。したがって、例えば高さ2m程度のマイクロアトールは、少なくとも200年程度は生きているものと推定される。なお、調査地域でコブハマサンゴ以外でマイクロアトールをつくるものは、ユビエダハマサンゴ (*Porites cylindrica*)、アオサンゴ (*Heliopora coerulea*)、アザミサンゴ (*Galaxea*

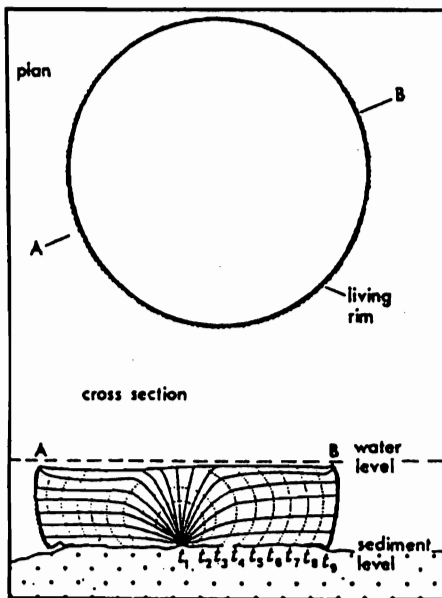


図2 マイクロアトールの平面形と成長過程を示す断面図 (Scoffin and Stoddart, 1978 による)

fascicularis)、シコロサンゴ類 (*Pavona sp.*)、キクメイシ類 (*Favia sp.*) などであった。

III 石垣島における マイクロアトールの分布

石垣島を取り囲むサンゴ礁は、島の東と西側で発達のしかたが大きく異なっている。東側は琉球列島でも有数の、連続性の良い裾礁が40kmほど直線的に続くのに対し、西側は出入りに富み、かつ礁嶺の発達が断続的な裾礁が形成されている(図3)。このような差違は、波浪の強弱や海底地形に規定されるものと考えられる。明瞭な礁嶺がみられる東向きおよび北向きの海岸は、波あたりの強い海岸にあたる。マイクロアトールの多くは、礁嶺がよく発達し、平常時は穏やかで波浪条件の比較的安定した礁池に分布している。分布密度が特に高い地域は、西側の米原と東側の白保サンゴ礁である。しかし、米原と白保を

比較すると、後述するように礁池の幅や、また特に水深に差違があり、それがマイクロアトールの形状・サイズに反映している。

なお、現地での観察、拡大空中写真の判読から、マイクロアトール同士が連結し、それがさらにワタンジ(海岸から礁嶺に続く高まり)や前方礁原に連続するように分布する場合もある。Scoffin and Stoddart (1978)によれば、マイクロアトールが連結してフラットレイアウトをつくる場合もあるという。したがって、調査地域でもマイクロアトールの連結、融合、そしてそこに堆積物がトラップされ、さらに生サンゴの着床などが続けば、それがきっかけとなり、礁原状の高まりやワタンジが成長する可能性も考えられる。これらは、今後サンゴ礁やワタンジの形成年代、形成、成長に要する時間など時空間的な事項を調査し資料を集積した後に検討したい。

IV 調査方法

石垣島周辺のカラー空中写真を1:5,000程度の縮尺に拡大し、マイクロアトールの集中する地域を特定した。その結果、石垣島西側にあり、北側にサンゴ礁を発達させる米原サンゴ礁(キャンプ場沖)と東岸の白保サンゴ礁第2ポール付近に、特にマイクロアトールが密集する海域があることがわかった。なお、第2ポールとは、かつてこのサンゴ礁に新空港建設が計画された際、沖縄県によって設置されたコンクリート台座付の4本の中空鋼鉄柱のひとつで南から2番目のものをいう。

拡大カラー空中写真の解像度は、サンゴ礁の浅海域で1~2m程度と思われる。この程度の解像度では、マイクロアトールとドーム

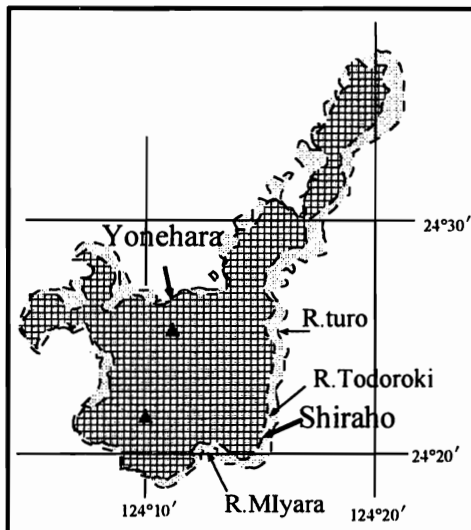
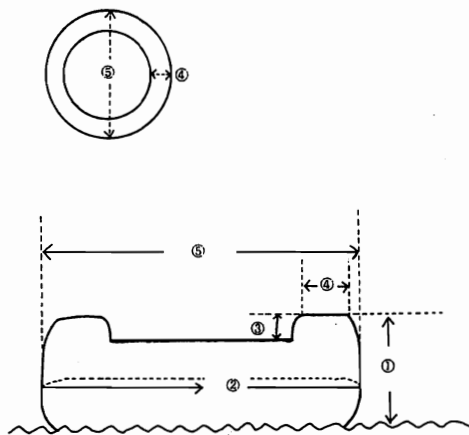


図3 調査地域位置図

状の塊状ハマサンゴの区別がつかないことがある。したがって、空中写真からマイクロアトールの正確な分布図を作成することはできない。そこで、写真上で分布位置の概略をプロットした後、現地で基準点となるマイクロアトールを設定した。その後、このマイクロアトールから巻き尺と水中コンパスを使って距離と方位を測定しさらに、マイクロアトールの各部位を、一つのマイクロアトールに対して22項目にわたり測定した(図4)。ただし、個々の分布位置や形状が異なるので、22測定項目の全てを測定できるわけではない。また、この測定項目の中には、形状比較のためにはほとんど意味の無い側定項目もある。しかし、筆者は今後長期間にわたってマイクロアトールを含むサンゴ礁の変化を定期的に観察する予定であり、可能な限り細部の測定を試みた。

一地点で計測が終わりしだい、近隣のマイクロアトールまで巻き尺を伸ばし、同様の測



凡例
①全高 ②周囲 ③淵高 ④淵幅 ⑤長径

図4 マイクロアトールの計測部位と名称

定をおこなうことを繰り返した。なお、誤って同じマイクロアトールを選択しないよう、発泡スチロールの番号札を付けた。この番号札は調査後脱落するように設置し、後日海岸線に流れ着いたものを回収した。

以上の作業を繰り返し、白保海域で特に密集して分布する87個、米原海域で52個のマイクロアトールを計測した。ただし、調査期間中に波浪で調査票を流失したりするトラブルに見舞われ、最終的に図上に位置をプロットできないマイクロアトールが6個、白保サンゴ礁に存在することになった。

なお、海中での作業終了後、拡大空中写真上で位置の同定を試みたところ、現地では確認できなかった未計測のマイクロアトールが少なからず存在することがわかった。しかし、海中での位置の同定に時間を要することから(140個の測定で既に約一ヶ月を費やした)、これ以上の計測は断念した。全長12kmの白保海域で、直径1m以上の比較的大きなマイクロアトールを数え上げると、おそらくこの数倍以上が存在すると予想される。海岸近くの浅海域に分布するこれより小型のものは、おそらく無数といつていいほどの数である。

また、前述のように東海岸で大型マイクロアトールが特に密集して分布するのは第2ポール周辺である。しかし、東海岸では白保に限らず、外洋につながる礁嶺の切れ目(チャンネル)の中には、高さの大きいマイクロアトールや塊状ハマサンゴが分布する。ただ、これらは他のマイクロアトールから離れており、前述した方法では位置の特定が困難なことが多く、現地での位置測定は断念した。このような経緯から、本稿で紹介するマイクロアトールは、白保と米原海域で特に密集して分

布する約 140 個のものとなった。

各マイクロアトールの緯度・経度は現在までのところ未測定である。その理由は、高精度の GPS 装置を所有していないからである。ただし、これについても今後は DGPS (Differential Global Positioning System) を使うことにより、正確な位置の特定が期待できる。なお、白保サンゴ礁のランドマークとなっている 4 本のポールは、下記のとおりである。これらの測定は、1991 年にトランシットを用いた交会法で測定し、1:5,000 国土基本図上にプロットした位置を図上で測定した。

	北緯	東経
第 I ポール:	24° 21' 32"	124° 15' 16"
第 II ポール:	24° 21' 55"	124° 15' 17"
第 III ポール:	24° 22' 30"	124° 15' 19"
	1997 年、横転	
第 IV ポール:	24° 23' 05"	124° 15' 20"

V 白保サンゴ礁の特徴と マイクロアトールの分布、形状

1) 白保サンゴ礁の特徴

白保サンゴ礁は、石垣島東南岸の宮良湾から東岸の通路川河口まで南北 12km、最大幅約 1 km にも及ぶ裾礁である。このうち、見事なサンゴ礁生態系が観察できるのは、白保集落からカラ岳東側までのおよそ 7 km の範囲である。ここでは、少なくとも 600 年以上生き続けている、大規模なアオサンゴ (*Heliopora coerulea*) 群落や、200 ~ 500 年程度とみられる巨大なハマサンゴ (*Prites Lutea*) の塊状群落やマイクロアトールが多数分布する。

白保サンゴ礁で見られる造礁サンゴは 30 属 70 種以上とみられるが、海藻・海草や魚類など多様な生物も観察できる。また、浜辺から外洋に面した礁嶺までの間に、礁池—礁原—礁嶺という地形の帯状構造が形成されている (WWFJ, 1986, IUCN, 1988, 目崎ほか 1991, 日本自然保護協会 1991, WWFJ, 1995, 長谷川 1996)。

図 5 は、白保サンゴ礁で見られる典型的な地形を模式的に描いたものである。マイクロアトールは、この図の礁池を中心とした範囲に分布することが多い。ところで、白保サンゴ礁は、他の裾礁タイプのサンゴ礁に比べ次の点が特徴的である。

- A: 幅の広い裾礁タイプのサンゴ礁が、きわめて連続性の良い礁嶺を伴って発達している
- B: 海岸線から礁嶺に向かう、地形と生物の明瞭な帯状構造がみられる
- C: 海岸と礁嶺を結ぶ露岩地 (ワタンジとよばれる高まり) が複数あり、発達がきわめて良い

なおここでいう白保サンゴ礁とは、宮良川河口を南限とし、通路川河口を北限とする範囲である。また、B に関しては、地形的には砂丘、砂浜、後方礁原、礁池、前方礁原、礁

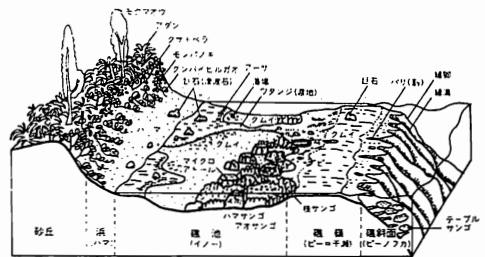


図 5 白保サンゴ礁の模式図 (渡久地原図)

嶺と帯状に分布し、また、礁池から礁嶺にかけての海草・海藻の分布が、地形と対応するかたちで海草帯、混成帯、ホンダワラ帯、サンゴモ帯などに分かれて海岸線と平行に分布している。このような帯状分布は、琉球列島のサンゴ礁でほぼ共通した特徴となっているが、白保では分化がより明瞭である。Cに関しては、本報告で取り上げた轟川河口以南だけでも四つの明瞭なワタンジが存在し、これにより特に低潮時には礁池内の潮流や低質の動きに影響が生じると思われる。

マイクロアトールが分布する礁池の水深は、満潮時の礁池で2～3 m程度、場所によっては最大で5 m程度である。

2) マイクロアトールの分布とその特徴

拡大カラー空中写真を判読すると、白保サンゴ礁のマイクロアトール密集地帯は、幅の広いワタンジ（マシマワタンジという地名が付けられている）で南北に分断された礁池内に分布している（図6）。北側のマイクロアトール群は礁池内の生サンゴ（主に枝状のミドリイシ、エダコモンサンゴ、ユビエダハマサンゴなど）が作る高まりに沿うようなかたちで分布する（図7）。これらの高まりやワタンジは、東西方向に伸長して形成されているように見え、マイクロアトール群もこれらの高まりと調和的に分布しているように見える。

また、一部のマイクロアトールは、これらの高まりに融合したり、ゆるやかに移り代わる場合もある。いっぽう、南側のマイクロアトール群は生サンゴの高まりの中に形成された陸側に開口する礁池内に分布する（図8）。そして、縁辺に位置するものは北側のマイクロ

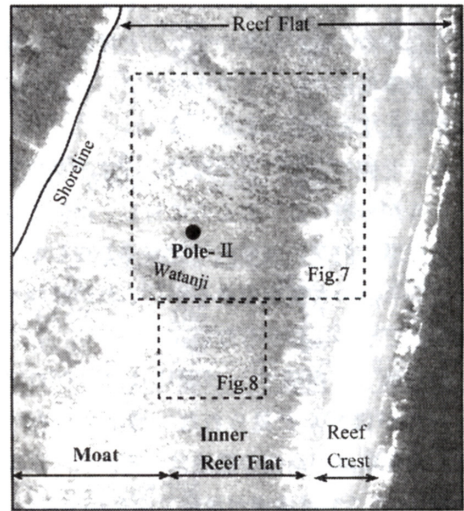


図6 第二ポール周辺のマイクロアトールの分布と地形
スケールは、図7及び8を参照。この図で示された範囲のサンゴ礁の幅は、約800 mである。

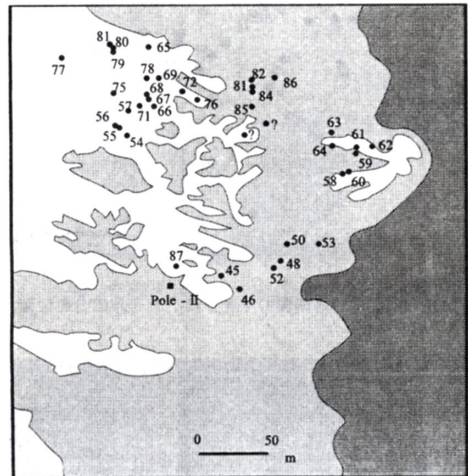


図7 第二ポール北側のマイクロアトールの分布位置
図の右側部分は礁嶺に相当する。マイクロアトールの多くは、内側礁原と礁池に分布している。

アトールと同様に、周囲の生サンゴの高まりに連続するものもある。このように、ワタンジの南北に分かれて分布するマイクロアトール群は、全体としてみれば、それぞれ生サン

ゴの高まりに隣接していることも多い。このような場合、他の種類のサンゴと接触する際は、攻撃反応によってマイクロアトールの形状が変化する場合がある（図9）。

また、北側では浜に近い海域からマイクロアトールが分布しはじめるのに対し、南側では前方礁原の内側の礁池内に数多く分布しているという違いも観察できるが、これが意味を持つかどうかはわからない。

いっぽう、白保サンゴ礁にはマイクロアトールがほとんど見られない礁池も存在する。白保集落の南側の礁池は、幅が広く水深も深い。ここでは地形が単純で変化が少ない。



図8 第二ポール南側のマイクロアトールの分布位置

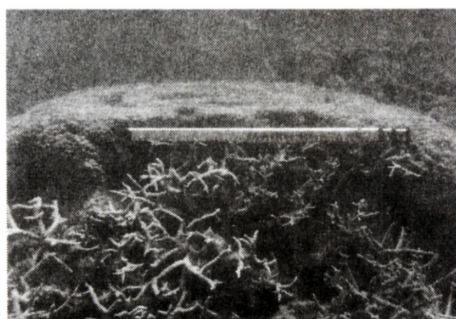


図9 攻撃反応によって形状が変化したマイクロアトール Photo
エダミドリイシ類の攻撃により変形したハマサンゴのマイクロアトール

さらに、礁嶺側の生サンゴのつくる高まりと陸までの距離が長く、礁池の中にパッチ状の高まりも存在しない。このような場所では、マイクロアトールや大型の塊状ハマサンゴ類はほとんど観察できない。

3) マイクロアトールの計測結果

図4で示した22測定項目のうち、マイクロアトールの形状を代表すると思われる3項目（比高、長径、周囲長）についてその統計値をまとめた（表1、2、3）。

白保サンゴ礁第二ポール周辺で計測したマイクロアトールは、87個であった。表1は、この87個の測定値をまとめたものである。各々の平均値と中央値をみると、比高は185cm程度、長径は320cm、周囲長は1050cm程度というマイクロアトールがこの地域を代表するサイズであることがわかる。また、最大値はそれぞれ295cm（No.87）、640cm（No.34）、1868cm（No.72）であった。なお、分布位置と地形を比較すると、比高の大きいものは礁池に単独で存在するものが多く、長径、周囲長の大きなものは、ワタンジや前方礁原に接するものが多いことがわかる（図省略）。

ところで、白保サンゴ礁第2ポール周辺は、前述のように中央部分に大きなワタンジが横たわり、これにより地形的には北と南側の2グループに分けられる。そこで、表2、3でこれらのグループ毎に測定値を比較した。表1～3を比較すると、北側のグループは比高が大きく長径が小さい、いっぽう南のグループは比高が小さく長径が大きいという傾向がみられる。図13はこれを図示したものである。なお、これらのうち、検定で有意差がみられるのは長径値である。また、周囲長の標

表1 白保サンゴ礁第2ポール周辺のマイクロアトールの測定値

	N	Average	Median	S.D.	Range	Min.	Max.
Height	87	185.77	184.00	51.10	265	30	295
Diameter	87	321.61	310.00	112.80	557	83	640
Girth	87	1056.38	1040.00	266.14	1448	420	1868

Height：東・西・南・北で測定した「比高」の最大値 Diameter：直径 Girth：周囲長
 N：測定個数 Average：平均値 Median：中央値 S.D.：標準偏差 Range：範囲
 Min.：最小値 Max：最大値

表2 第2ポール南側のマイクロアトールの測定値

	N	Average	Median	S.D.	Range	Min.	Max.
Height	40	178.28	176	48.40	195	73	268
Diameter	40	367.78	345	93.03	405	235	640
Girth	40	1098.45	1054	257.31	1046	680	1726

凡例は表1に同じ

表3 第2ポール北側のマイクロアトールの測定値

	N	Average	Median	S.D.	Range	Min.	Max.
Height	47	192.55	188	52.92	265	30	295
Diameter	47	282.32	244	114.10	467	83	550
Girth	47	1020.57	1020	271.00	1448	420	1868

凡例は表1に同じ

準偏差が他の測定項目に比べて大きい理由は、マイクロアトールが融合、連結したものや周辺の高まりと連結したものが、このため周囲長が大きくなる影響があらわれるためである。

また、マイクロアトールの分布位置に測定値を記入し、北側、南側ごとに分布位置と測定値の間に何らかの関連が見られるかどうか検討した(図省略)。水深値に応じて(例えば地形的に礁池底か礁原上かなど)、マイクロアトールの高・低に違いがみられることは読みとれる。また、前述のように礁池の縁辺部や高まりに接するマイクロアトールでは、周囲長が大きくなる傾向が読みとれる。しかし、分布位置に応じてマイクロアトールの測定値が一定の傾向で変化するようなことはなかった。したがって、この地域では礁池底などに

単独で存在するマイクロアトールに限れば、水深以外に大きさを規定する要因は見あたらないといえる。

VI 米原サンゴ礁の特徴と マイクロアトールの分布、形状

1) 米原サンゴ礁の特徴

米原サンゴ礁を、白保など東側のサンゴ礁と比較すると幅が狭く水深が浅いという特徴がある。サンゴ礁の幅は、海岸線から礁縁までがおおよそ300mであり、これは白保サンゴ礁の第2ポール付近の1/3程度にすぎない。また、礁池の水深は満潮時でも1~2m程度でこれも白保サンゴ礁の2~3m以上に比べ小さい。底質は、礁岩が露出する部分や、粗粒なサンゴ礫が堆積する部分の面積が広

く、砂質堆積物が大部分を占める白保と対照的である。また、白保に比べ生サンゴの被覆率も小さい。

2) マイクロアトールの分布とその特徴

分布図(図10)をみると、マイクロアトールの分布が少ないゾーンが存在することがわかる。また、マイクロアトールの分布位置を比高からみると(図省略)、全体として汀線側に分布するものより、沖側に分布するものが背が高い傾向が強い。これは前方礁原に相当する深い部分にマイクロアトールが多いからである。

なお、米原では、一般的なコブハマサンゴ(*Prites Lutea*)のマイクロアトールのほか、シコロサンゴ(*Pavona sp.*)やキクメイシ(*Favia sp.*)のマイクロアトールも観察され

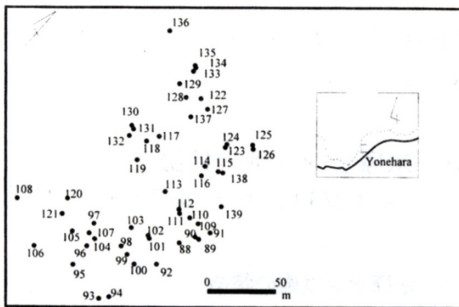


図10 米原サンゴ礁のマイクロアトールの分布図

る。

3) マイクロアトールの計測結果

米原サンゴ礁で計測したマイクロアトールは52個である。この結果をまとめると表4のようになる。白保サンゴ礁のマイクロアトールの平均的な値は、比高、長径、周囲長がそれぞれ185cm、320cm、1050cm程度というものであった。いっぽう米原サンゴ礁ではそれぞれの値が、60cm、230cm、750cm程度である。これらの数値は、白保サンゴ礁のマイクロアトールと比較して明らかに大きな違いがある。特に比高は、白保の30%程度であり極めて小さい。ただ、長径や周囲長はその割合で小さくなるわけではなく、70%程度の値を示している。マイクロアトールの上方への成長(高さ)は、水深に制約され海面に達した段階で止まるが、側方への成長はその後も続くのでこのような値をとることになると思われる。

VII 白保、米原サンゴ礁のマイクロアトールの比較

1) 計測値からみた比較

V、VI章の説明と一部重複するが、ここでは白保と米原サンゴ礁のマイクロアトールを比較してみたい。

表4 米原サンゴ礁におけるマイクロアトールの測定値

	N	Average	Median	S.D.	Range	Min.	Max.
Height	47	192.55	188	52.92	265	30	295
Diameter	47	282.32	244	114.10	467	83	550
Girth	47	1020.57	1020	27100	1448	420	1868

Height: 東・西・南・北で測定した「比高」の最大値 Diameter: 直径 Girth: 周囲長
 N: 測定個数 Average: 平均値 Median: 中央値 S.D.: 標準偏差 Range: 範囲
 Min.: 最小値 Max: 最大値

図 11、12 は、両地域のマイクロアトールの高さと同径に関して頻度分布を比較したものである。高さをみると、両地域は分布範囲、尖度で大きな違いが見られる。米原のマイクロアトールは高さが低く、揃っている。いっぽう白保では一般に高さは大きい、そのばらつきもまた大きいことがわかる。しかし、長径の頻度分布をみると、両地域の違いは、高さほど顕著ではない。これは、前述のように、上方への成長は海面に達した段階で止まるが、側方への成長はその後も続くためと思われる。

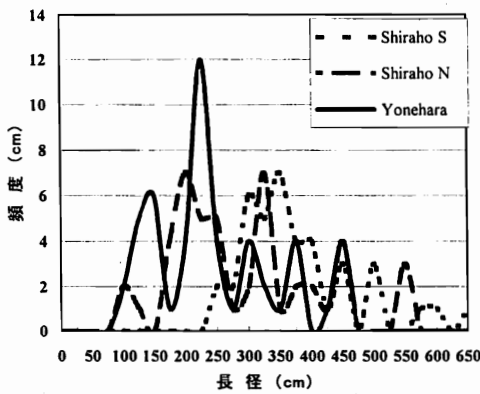


図 11 マイクロアトールの長径頻度分布

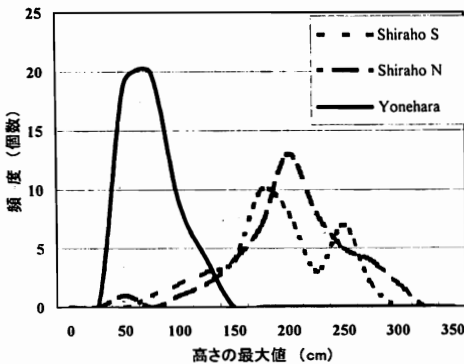


図 12 マイクロアトールの高さ頻度分布図

図 13 は、長径と高さの測定値をもとにした散布図である。これまで述べてきた理由で、図上では米原と白保のグループに明らかに 2 分されることがわかる。2 グループは高さの違いで分けられる。

2) 計測値の比較では表れない違い

両地域のマイクロアトールの外形を、現地でのスケッチや写真から比較すると、その形状に 3 タイプあることがわかる (図 14)。タイプ 1 は、下部が太く上部が細いタイプ、タイプ 2 は円筒状、タイプ 3 は、下部が細いタ

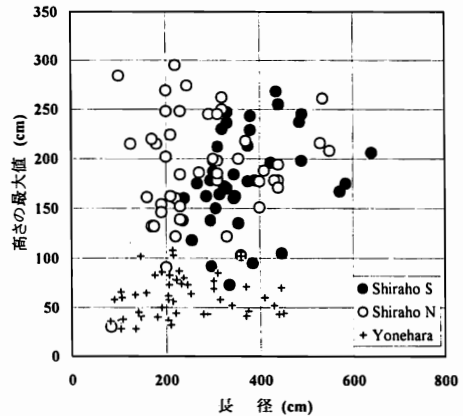


図 13 長径と高さによるグループ分け

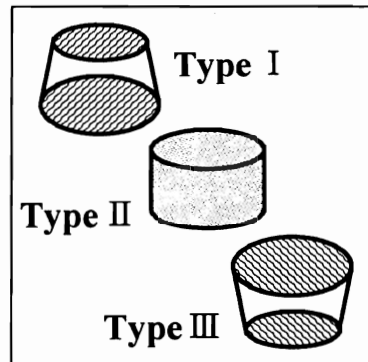


図 14 マイクロアトールの形状

イプである。いくつかの例外はあるものの、両地域のマイクロアトールはおおむねこの3タイプに分類できる。このうち、米原はほとんどがタイプ2の円筒状のものである。前述のように、マイクロアトールの高さは水深に制約される。そのため、水深の浅い米原では上方まで成長するのに要する時間が短い。その結果、側方への成長が早く始まり、円筒状の外形を形成するようになると思われる。また、高さそのものが極めて小さいため、下部あるいは上部が不均一に太くなるような成長を示さない（あるいはそのような成長しても目立たない）と思われる。白保でも水深の浅い前方礁原内側帯や、後方礁原の海岸線付近にはタイプ2が多い。

いっぽうタイプ1と3は水深の大きい礁池に分布し、ほとんどが白保サンゴ礁で見られるタイプである。ただし、タイプ1と3の形状の違いを生じさせる原因はわからない。

計測結果ではふれなかったが、上面の縁(rim)の発達にも海域による違いが見られる。すなわち、米原のマイクロアトールでは縁が1列でその高さも1~2cm程度であるが、白保では縁が2列以上あるものがあり、また高さも大きい。潮位差や波浪の強弱などが影響するのかもしれないが、詳細は不明である。

また、白保サンゴ礁に比べ米原サンゴ礁のマイクロアトールは、形が整っていないものが多い。すなわち、マイクロアトールの側面を見渡すと、何れかの部分が崩落しているものが多い。白保にもこのようなものは見られるが、この理由を図15で説明したい。

マイクロアトールの基部は、一般に砂（白保に多い）やレキあるいは礁岩（米原に多い）

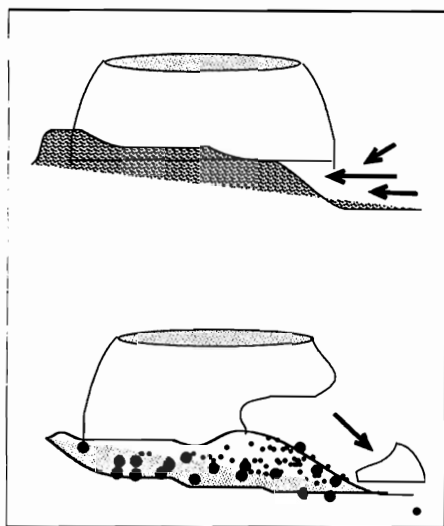


図15 マイクロアトールの崩壊過程

である。マイクロアトールが側方への成長をおこなっている途中で、基部の堆積物が洗掘されこの部分に空隙が生じることがある。その後マイクロアトールがさらに側方への成長を続けると、自重に耐えられず側面の一部分が崩落することがあると思われる。Done and Potts (1992)によれば、直径2mのハマサンゴは約2トン、4mのものは16トンの重量を持つという。

米原のマイクロアトールは、基部周辺が砂ではなくサンゴレキや礁岩であることが多い（付図の写真カタログ参照）。これは、異種類のサンゴとの攻撃反応により、成長できずノッチ状の凹みが形成されたり、あるいは礁岩の上に堆積していた砂が洗われて礁岩が露出している場合などが考えられる。このような場合も、側面下部に空隙が形成され、この部分がきっかけとなり崩落が起こることがあると思われる。

VIII 白保サンゴ礁でみられた マイクロアトールの変化

1990年の予備調査から1998年夏季までの間に、白保のマイクロアトールにいくつかの顕著な変化が見られた。その一つは、1991年に見られた第2ポール北側マイクロアトールの崩壊である。また1996年には同じ海域でマイクロアトールの白化が単独で発生し、1998年夏季には「サンゴ礁の白化」とでもいふべき大規模な白化現象がおり、白保サンゴ礁と米原サンゴ礁のマイクロアトールはほとんどすべてがこの影響を被った。

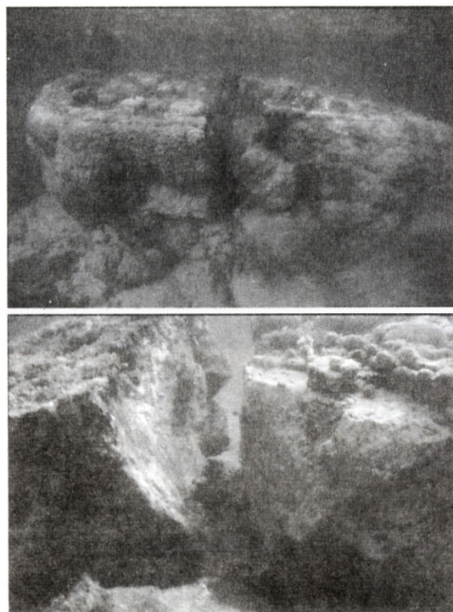


図16 1990年におきたマイクロアトールの崩壊
第二ポール付近で観察されたこのマイクロアトールの崩壊は、台風直後に観察され、台風の暴浪が原因と思われる。

1) 1991年に起こったマイクロアトールの崩壊

図16写真は、1991年9月に起こった白保サンゴ礁、第2ポール付近のマイクロアトールの崩壊である(No.69のマイクロアトールと思われる)。写真で明らかのように縦方向に3個に分割した。この現象は、台風通過直後に観察され台風によって生じたことは間違いない。97年夏現在、このマイクロアトールをつくるハマサンゴは生き続けている。しかし、太陽光の当たらなくなった部分では、崩壊後すぐにサンゴが死にはじめ、糸状藻類に覆われてしまった。

このマイクロアトールは暴浪で転倒することなく、ほぼ中央部分から複数に分割する形で崩壊した。マイクロアトールの断面を観察しても、顕著な生物侵食の痕跡が観察できなかったことから、台風通過前あるいは通過時にマイクロアトール下部の砂がえぐられ、自重に耐えられない状態にあったものが、暴浪による衝撃、強烈な波圧がきっかけで崩壊したと考えるのが妥当であろう。

2) 1996年および1998年の白化現象

図17(市川清士氏撮影)は、1996年夏季

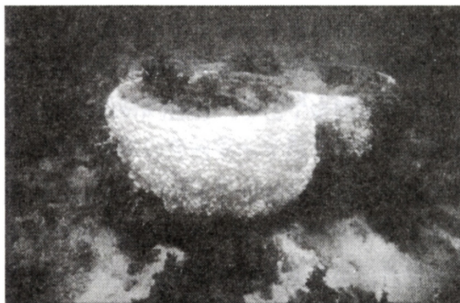


図17 白化したマイクロアトール
(1996年；市川清士氏撮影)

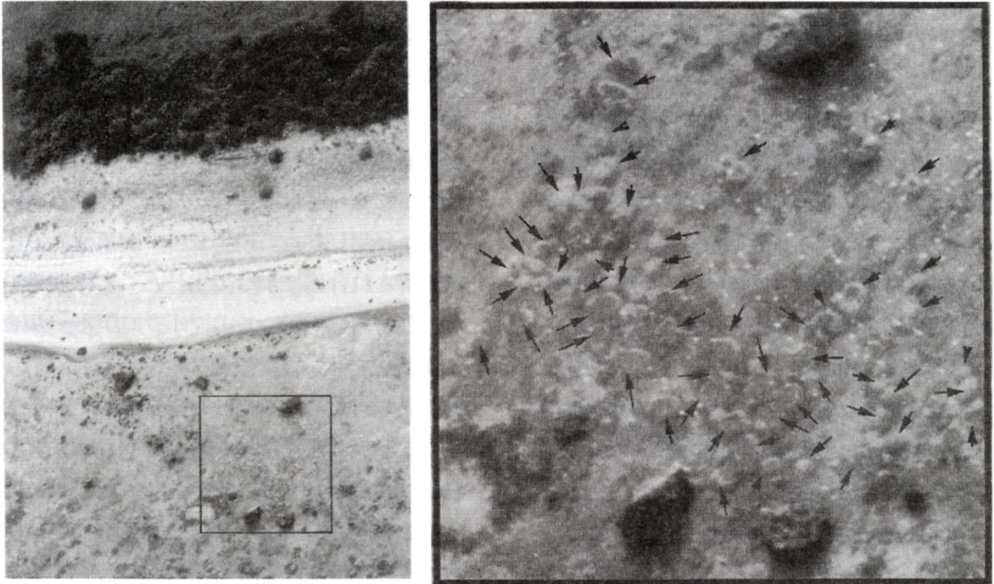


図 18 白化マイクロアトール (1998 年 8 月 28 日、カイトフォト。©WWWFJ)
約 150 m 上空のカイトに吊して撮影した空中写真。左側が海岸線部分の全景で、黒枠内を拡大したものが右の写真になる。枠の一边は約 20 m。矢印の先端に白化した小マイクロアトール群が分布する。

に観察されたマイクロアトールの白化である。この時はこのマイクロアトールにだけこのような現象が見られた。また、その後このマイクロアトールは死ぬことなく褐虫藻が戻った。サンゴから褐虫藻が抜け出す (サンゴが吐き出すといった方が正確かも知れない) 原因は様々である。サンゴの生息に適する海水温度は 25 ~ 28℃ 程度といわれるが、海水温がこれ以上でも以下でも白化は発生する。降雨後に陸域から淡水や濁水が大量に流れ込んで同様である。1996 年の白化は、特定のハマサンゴのマイクロアトールで発生したもので、原因は特定できない。なお、白化したこのマイクロアトールが 1991 年に測定したどれに当たるのか不明である。それは、1991 年頃以降白保サンゴ礁の透明度、透視度が悪化の一途をたどっており、筆者が主に調

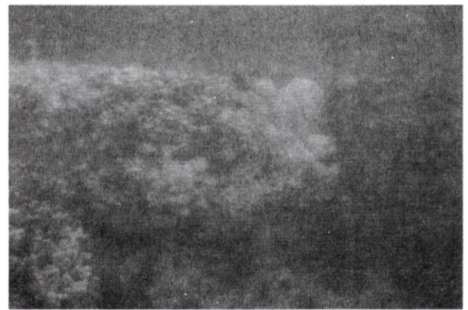


図 19 1998 年におきた大規模な白化現象
1998 年夏季の高海水温に伴う白化では、多くのマイクロアトールが白化した。しかし、その大部分は 11 月頃までに回復したと思われる。

査を実施している夏季の透視度が 10 メートル以下であることが珍しくなく、海中でマイクロアトールを特定することが困難になりつつあるからである。

図 18 および 19 は、1998 年夏季に発生し

た大規模な白化現象の際に撮影したものである。この白化は琉球列島全体で観察され、マスコミで報道されるなど大きな社会問題にもなった。なお、石垣島で観察した白化に関する報告は近日中に公表される見込みなので(長谷川ほか、1999年)、本稿では簡単な説明にとどめる。

図18は、白保サンゴ礁第2ポールの陸側で、約150m上空からカイトに吊したカメラで撮影した空中写真を拡大したものである。枠は約50m×50mの範囲で、白くドーナツ状に見えるものが、直径1m程度の白化したマイクロアトールである。これらのマイクロアトール群は、分布図(図6、7、8)では記録されていないごく小さな群体である。また、図19は第2ポール周辺で撮影されたもので、一方は白化が進行しているが、接し合うもう一方は白化が生じていない例である。白化をもたらすさまざまな原因に対して、抵抗力のある褐虫藻を住まわすサンゴは白化が遅く、そうでないものとの間に差が生じているのかもしれない。

1998年の夏季に、琉球列島で起こったサンゴ礁の白化ともいえるような大規模なサンゴ白化の原因について、多くの研究者の見解は、高い海水温の持続に原因があるというものである(第一回日本サンゴ礁学会1998年、緊急討論「サンゴ白化問題」資料の、中野、茅根、長谷川ほかの「概要」参照)。98年の夏、琉球列島では晴天が続き、台風がまったく接近せず、海水の攪乱が起こらなかつたことから、水深数メートルにあるサンゴ礁の浅海域では、海水の温度が急激に上昇していった。これによって多くのサンゴが白化したと考えられる。しかし、石垣島では白化の前兆は既

に梅雨期にあったと思われる。石垣島で起こった98年夏季の白化は、例年の二倍近い降水に伴う梅雨期の表土の流出と、その後の高い海水温の影響が複合したのが原因と思われる。

石垣島では、本稿の冒頭でも述べたように、二十年以上に渡り土地改良事業や大規模な土地改変が続き、その結果、水田や原野が失われて広大な「優良農地」が生まれた。しかし、平坦な農地からは、降雨のたびに亜熱帯特有の赤い表土が海へ流出する現象が、日常的にみられるようになり、大量の化学肥料が表土とともにサンゴ礁に流れ込み、生態系の変化も起こっていると思われる。今回の白化現象ではミドリイシ類をはじめとするエダ状サンゴ類は死に、既に藻類で覆われている。しかし、98年11月初旬の観察では(WWF Japan 小林孝氏私信による)、夏季に白化していたハマサンゴのマイクロアトールの大部分には、すでに褐虫藻が戻り死を免れたと思われる。

また、すでに死滅したエダ状サンゴ類も、サンゴ礁環境がこれ以上悪化しなければ徐々に復活し、サンゴの景観は98年春の段階に戻ると予想される。

IX まとめ

従来、グレートバリアリーフなどで記載されたマイクロアトールは、おもに外洋に面し、海岸線から離れた海域に分布するサンゴ礁で観察されたものであった(Scoffin and Stoddart,1978, Done and Potts,1992)。本稿では、これらとは異なる、裾礁内の礁池に分布するマイクロアトールの特徴を記した。マイクロアトールの形状、特に高さは礁池の水

深に強く規定され、二カ所の水深の異なるサンゴ礁における観察で確認された。また、マイクロアトールの形状や計測値に関してはⅧ章で詳述したとおりである。

本稿では、白保サンゴ礁に経年変化を調べる過程で収集したデータをもとにしたため、サンゴ礁地形の発達にしめるマイクロアトールの役割などに関して考察することはしなかった。しかし、マイクロアトールの存在が、サンゴ礁内の局所的な流れに影響をあたえ、ひいてはサンゴ群落の分布やサンゴ礁の微地形、地形変化に影響を及ぼす場合もあることが推察された。このような観点でサンゴ礁内の地形変化を追跡するなら、マイクロアトールを含めた、かなり広範な変化を調べることに意義があるように思われる。Done and Potts (1992) は、数十メートル四方の範囲でマイクロアトールやサンゴ群落の変化を追跡しているが、サンゴ礁内の微地形変化を追跡し、比較的短時間の台風などによるサンゴ礁地形の発達、変化を考察するなら、このような手法をとるのも一つの方法といえる。

琉球列島は、毎年確実に台風が接近し通過する。外洋に面した海域に比べ、地形変化が少ないと思われる礁池内でも、堆積物の移動、波浪によるサンゴ群落の変化は生じている。流れを阻害し変化させる存在であるマイクロアトールを、今後は礁池内の地形変化に影響を与える存在として捉え、観察を続ける予定である。

謝辞

調査に際し、目崎茂和三重大学教授、当時駒澤大学大学院生であった市川清士さん（現本学非常勤講師）のほか、齋藤 出さん（現

東北大学・院）をはじめとする多くの学生の協力を得た。また、ここ数年間は、石垣島白保在住の小林孝（財世界自然保護基金日本委員会）さん、小林都さんに現地調査で協力していただくとともに、多くの情報をいただいた。記して感謝いたします。

なお、長年サンゴ礁保護に尽くされ、私たちに定点観察の重要性をお教えくださった故吉嶺全二氏に深く感謝するとともに、ご冥福をお祈りいたします。

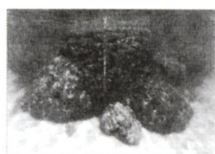
参考文献

- IUCN (1988) : 『Shiraho Coral Reef』, 231P.
- Krempf, A. (1927), Mem. Trav. Serv. Oceanogr. Peche Indochine, 2, 1-33.
- Done, T. J. I and Potts, D. C. (1992). Influences of habitat and natural disturbances on contributions of massive Porites corals to reef communities. Marine Biology 114, 479-493.
- Scoffin, T. P. and Stoddart, D. R. (1978). The nature and significance of microatolls. Phi. Trans. R. Soc. Lond. B. 284, 99-122.
- 齋藤 出 (1994) : イシサンゴ骨格の密度模様と環境変動—琉球列島を中心にして—、平成5年度 三重大学大学院人文社会科学研究科修士論文、1-44.
- 世界自然保護基金日本委員会 (1986) : 『白保サンゴ礁海域の学術調査報告書』、第一次白保の海学術調査班、世界野生生物基金日本委員会 (現 WWFJ)、53P.
- 世界自然保護基金日本委員会 (1995) : 『白保のサンゴ礁』、48P.

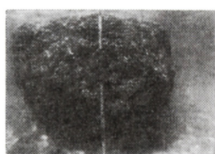
- 日本自然保護協会 (1991) : 『新石垣空港建設がサンゴ礁生態系に与える影響』、119P.
- 長谷川 均 (1990) : 琉球列島久米島でみられるサンゴ洲島の海岸線変化、地理学評論、63、676-692.
- 長谷川 均 (1993) : 空中写真と衛星画像によるサンゴ礁の経時変化の抽出、日本地理学会予稿集 43、132-133.
- 長谷川 均 (1996) : 『第四紀露頭集』、日本第四紀学会、「白保の現世のサンゴ礁」、321P.
- 長谷川 均 (1998) : サンゴ礁環境衛星地図の作成 (1)、日本地理学会発表要旨集 53、400-401.
- 長谷川 均、市川清士、小林都、小林孝、星野眞、目崎茂和 (1999) : 石垣島における1998年のサンゴ礁の広範な白化 (仮)、日本サンゴ礁学会誌、1。掲載予定.
- 山内秀夫、長谷川均、前門晃、目崎茂和、藤本潔 (1995) : 「サンゴ礁干潟の環境変化と保全 (II)」, プロ・ナトゥーラ・ファンド第4期助成研究成果報告書、79-93頁。(財)日本自然保護協会。
- 目崎茂和編 (1991) : 『石垣島のサンゴ礁環境』、WWFJ (世界自然保護基金日本委員会)、214P.

付録1 白保、米原サンゴ礁における主要なマイクロアトールの画像リスト

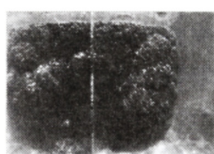
S：白保南海域 N：白保北海域 Y：米原海域 番号は付録2のリストに示したものと同一。



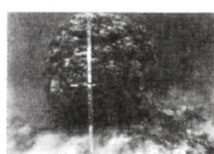
s001.jpg



s002.jpg



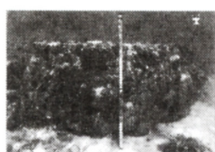
s003.jpg



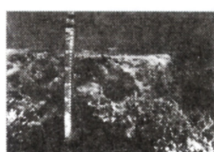
s004.jpg



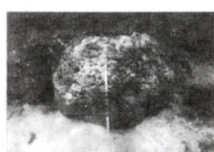
s006.jpg



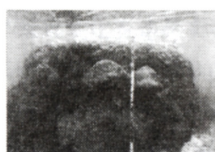
s007.jpg



s008.jpg



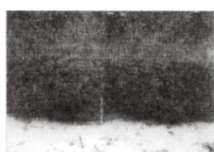
s009.jpg



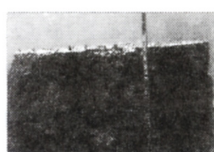
s019.jpg



s020.jpg



s021.jpg



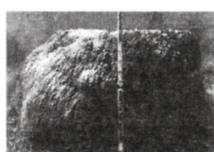
s023.jpg



s024.jpg



s025.jpg



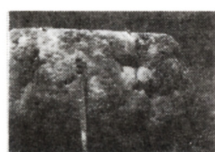
s026.jpg



s027.jpg



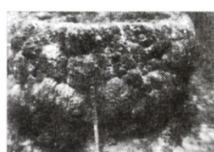
s028.jpg



s029.jpg



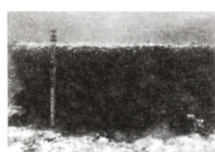
s030.jpg



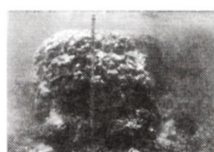
s031.jpg



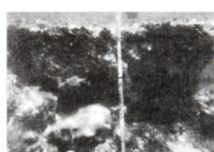
s032.jpg



s033.jpg



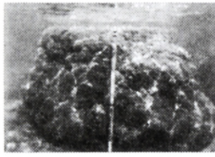
s034.jpg



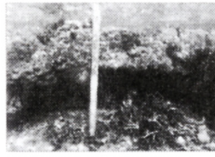
s035.jpg



s036.jpg



s037.jpg



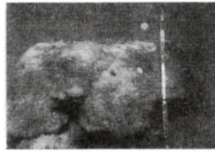
s039.jpg



s040.jpg



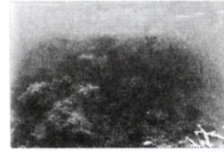
s041.jpg



s043.jpg



s044.jpg



s045.jpg



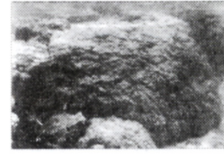
s046.jpg



s047.jpg



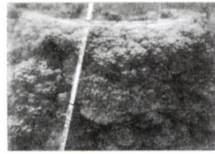
s048.jpg



s049.jpg



s050.jpg



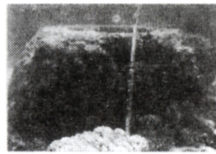
s051.jpg



s052.jpg



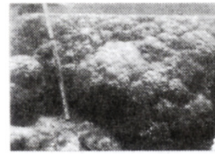
s053.jpg



s054.jpg



s055.jpg



s056.jpg



s057.jpg



s058.jpg



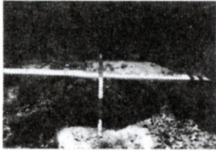
s059.jpg



s060.jpg



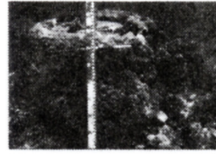
s062.jpg



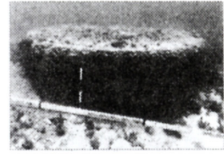
y108.JPG



y109.JPG



y110.JPG



y111.JPG



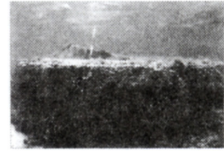
y112.jpg



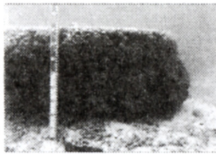
y113.JPG



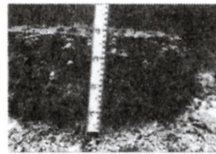
y114.JPG



y115.jpg



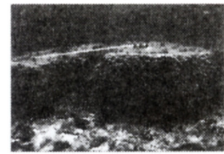
y116.JPG



y118.JPG



y119.JPG



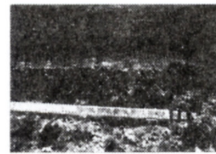
y122.JPG



y127.JPG



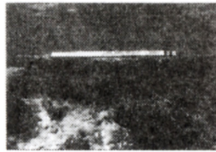
y128.JPG



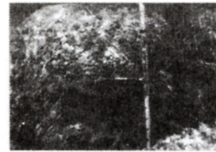
y130.JPG



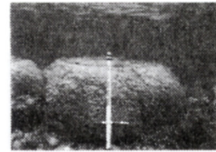
y131.JPG



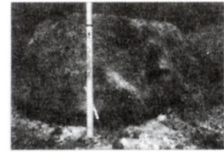
y132.JPG



y133.JPG



y134.JPG



y135.JPG



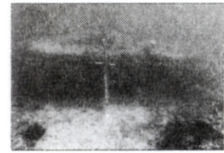
y136.JPG



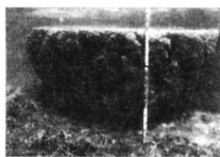
y137.JPG



y138.JPG



y139.JPG



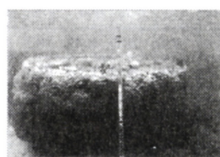
s063.jpg



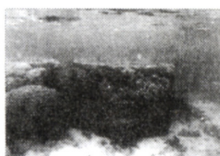
s064.jpg



s065.jpg



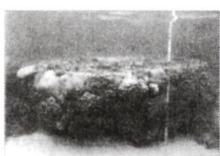
s066.jpg



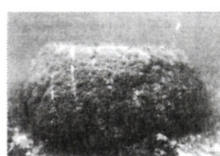
s067.jpg



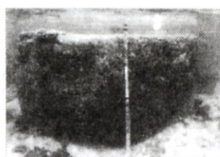
s068.jpg



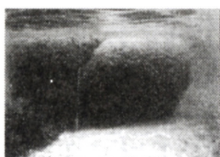
s069.jpg



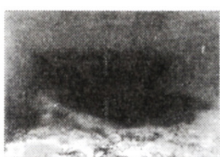
s070.jpg



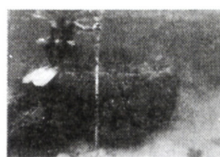
s071.jpg



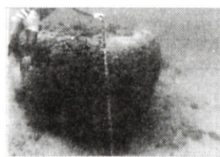
s072.jpg



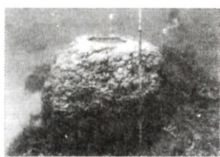
s073.jpg



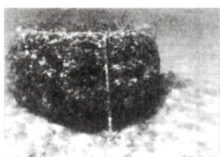
s074.jpg



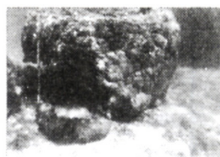
s075.jpg



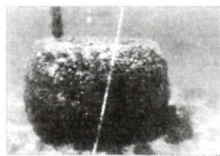
s076.jpg



s077.jpg



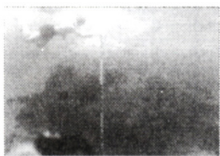
s078.jpg



s079.jpg



s081.jpg



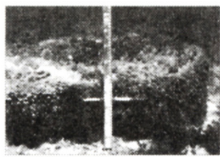
s087.jpg



y103.jpg



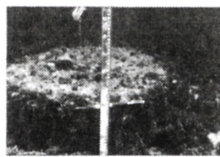
y104.JPG



y105.jpg



y106.JPG



y107.JPG

付録2 白保、米原サンゴ礁における主要なマイクロアトールのリストと計測値
(表中の略号は、P24を参照)

番号	東高	西高	南高	北高	長径	周長	ERHO	ERHI	WRHO	WRHI	SRHO	SRHI	NRHO	NRHI	ERWO	ERWI	WRWO	WRWI	SRWO	SRWI	NRWO	NRWI	番号
1	236	187	230	197	330	975	8		7		7		6		23		24		18		20		1
2	268	226	238	258	435	1452	5		10		3		4		10		20		7		10		2
3		170	108	16	330	950			7		9		9				11		13		15		3
4	255	220	210	248	440	1330	12		5		10		11		18		18		20		20		4
5	110	148	178		390	1150	6		4	6	2	10			20		11	10	11	16			5
6	162	187	212	200	310	965			23		21		10				25		28		30		6
7	150	165	177	55	375	957			7		6		10				16		15		12		7
8	160	100	108	164	315	884	8		10		6		10		20		23		15		30		8
9		197	230	178	320	1040	10		3	10	6	15	5		25		4	8	10	15	5		9
10	90	184	182	88	345	970	2	6	3	9	2	6	3	6	12	9	9	10	7	10	11	8	10
11		136	160	118	238	681	2	9	5	8	3	6	1	10	10	9	8	5	8	7	8	7	11
12	192	174	229	171	380	1210	3	9	5	8	4	10	4	8	10	9	20	6	13	11	15	10	12
13	112	143	113	150	306	970	9		10		3		7		25		5				20		13
14	107	118	102	68	255	764	3	7	3	7	3	7	4	9	5	11	6	6	7	11	6	5	14
15	138	104	122	107	235	717	4		10		2		2		11		6		6		5		15
16	220	194	184	247	330	1065	9		17		10		9		16		30		9		12		16
17	208	212	166	237	485	1529			4		8		4				13		20		11		17
18	175	203	186	245	490	1512	2	7	4	10	2	7	3	11	6	6	6	5	6	2	6	6	18
19	164	162	173	198	490	1390	4	8	3	7	2	7	6		6	4	6	3	6	5	6		19
20	213	134	173	178	375	1176	25	20	3	9	4	7	5	10	30	25	3	6	9	4	9	6	20
21	104	120	175	98	585	1726			11		5	6		19			15		6	6		10	21
22	122	156	107	175	266	890	5		1		2		1		8		10		7		10		22
23	144	137	127	160	345	1119	5		1	9	2	7	11		4		7	9	55	6	10		23
24	66	59	73	70	335	1085	3	11	11		2	10	2	8	2	7	11		7	6	5	5	24
25	77	83	54	92	296	936	4	12	6				5	10	8	9	17				6	12	25
26	150	169	154	172	325	1071	2	10	4	12	4	10	1	12	8	5	7	9	8	8	7	14	26
27	112	156	178	5	294	935					15		5								10		27
28	162	148	147	162	285	932	2	10	2	10	4	6	4	7	10	10	9	8	7	9	8	7	28
29	152	138	187	145	300	945	2	8	1	8	2	7	7		7	8	5	4	6	5	10		29
30	60	65	103	44	360	1100	6				2	8			4				4	6			30
31	162	108	145	156	348	1060	5	10	4	10	5		7	10	7	8	9	10	8		10	10	31
32	65	66	66	95	385	1195			2	9	3		2	11			6	5	6		4	8	32
33	73	97	98	105	447	1234	4	6	2		4	8	3	6	6	6	6		10	7	6		33
34	191	204	206	179	640	1715	7		2	12	5		4		15		6	6	13		11		34
35	150	150	170	196	424	1270	9				7		10		11				2		15		35
36	198	216	243	195	380	910	5	9	1	2	2	12	2	10	5	6	4	7	3	6	9	6	36
37	153	148	167		572	1460	3	7	2	8	4	9	4	10	6	6	6	3	5	5	10	5	37
38	92	198	145	183	300	680	2		4		3		2		4		11		3		10		38
39	108	74	57	135	355	1048			6		6		8				4		6		1		39
40	82	138	137	137	295	940	7		7		9		6		7		4		6		10		40
41	18	20	30	12	83	880	5		8		5		10				13		20		15		41
42	114	94	122		330	1030	10				8		8										42
43	198	197	174	248	230	860	4		4		8		5		7		12		20		30		43
44	122	108	104	118	220	862	5		6		11		6		10		25		70		20		44
45	157	224	250	196	320	1090	8		10		10		8		10		20		25		15		45
46	155	180		156	310	888	8						15		13						5		46
47	125	160	102	150	220	710	10		10		10		10		25		20		30		30		47
48			151	90	400	1170					10								15				48

番号	東高	西高	南高	北高	長径	周囲長	ERHO	ERHI	WRHO	WRHI	SRHO	SRHI	NRHO	NRHI	ERWO	ERWI	WRWO	WRWI	SRWO	SRWI	NRWO	NRWI	番号
49			184		230	820			10		10						25		25				49
50	194		120	135	440	1320	10		7						25		20						50
51	130	190	202	180	200	420			5		3		5				15		10		15		51
52	140		120	186	270	880	12		14		7		7		20		20		5		25		52
53	144	162	160	158	210	911	10		10		12		12		15	12	20	10	15	12	38		53
54	86	90	154	94	190	757	10		10		10		12		15		25		18		18		54
55	178	144	143	117	440	1361	10		7		7				28		21						55
56	81	165	200	92	355	1107	9		9		10				29		28		25				56
57	125			132	170	620			8				8				28		23		20		57
58	152	106	104	110	230	850	8		7		8				18		18		15				58
59		132	161	111	160	743	5	10	4	11	5	11	5	10	20	13	15	15	15	10	25	15	59
60		139	100	102	230	840	11		10		5	9	11		10		25		12	15	17		60
61	88		77	91	200	570	5	12	5	12	5	12	5	8	5	12	15	15	15	12	35	18	61
62	63	108	132	73	175	600	5	10	3	5	5	10	6	11	12	6	11	12	12	11	11	10	62
63	121	173	143	178	432	1285			10	45	9		45				23	25	14		45		63
64	143	215	181	116	125	865	3				3		3	8	8				3		5	5	64
65	222	228	269	241	200	1000	3	7			3	3	2	6	9	4			12	7	7	5	65
66	163	178	161	169	310	1050	10		11				13		9		13				4		66
67	172	183	185	180	310	1075	3	8	2	6	3		8	9	8	8	5	7	8		5	8	67
68	215	169	190	206	180	788	2	10	9		4	10	2	6	5	10	15		12	4	6	5	68
69	118	151	216	141	530	1448			4		5		9				14		17		16		69
70	133	102	146	104	190	840	4		4		4		4		7		7		25		6		70
71	188	103	157	139	410	1290	2	3			2		2		8		10		8		5		71
72	261	225	258	246	535	1868	3		3		6		3		8		7		9		10		72
73	171	91	126	110	440	1430					4		6						8		14		73
74	177	126	164	129	400	1302	2		7		6		8		3		10		5		9		74
75	262	200	221	241	320	1000	30				3				45				10				75
76	179	220	196	219	170	808	2	11	9		11		10		13	8	18		19		18		76
77	173	170	198	192	310	1156	4		7		6		5		15		7		10		10		77
78	252	258	256	284	100	1020	7	2	4		7		4	6	5	5	12		7		12	5	78
79	225	222	228	245	290	1160	2	6	9	14	4	12	4	8	8	6	18	6	5	6	6	5	79
80	226	200	245	198	310	1201	9		9		10		3		15		10		10		5		80
81	192	178	208	178	550	1402	8		8		6		8		12		12		10		10		81
82	252	240	274	272	244	1060	4	5	30	10	3	7	7	8	5	10	10	5	7	5	3	6	82
83	218	165	204	133	370	1200	3		10				7		8				5		4		83
84	188	158	156	200	300	1000	4	10	5	8	5	10	3	10	15	10	19	3	20	7	15	7	84
85		193	224	183	210	1110	4	7	2	5	4	11	4	3	10	9	6	10	7	6	12	10	85
86	248	221		235	200	1050	8		9		13		13		6		5		18		15		86
87	295	245	250	260	220	1270	4	11	5	9	5	11	5	8	16	9	16	10	14	6	20	8	87
88	77	76	80	60	237	1747	2		2		2				5		5		5				88
89	70	70	66	79	220	738			24				17				32				30		89
90	72	74	76	77	300	885	25		28						30		33						90
91	20	83	78	69	207	583	1		1		2		1		5		3		5		3		91
92	102	99	93	85	146	572					2		9		10				8		10		92
93	82	74	85	69	310	955	30		5		2		20		42		12		10		40		93
94	49	57	66		104	350	3		1		2		1		8		5		13		15		94
95	56	5	16	20	214	700	1				2				3				6				95
96	34	16	40	13	147	456			1		1		1				6		5		5		96
97	42	46	46	44	375	1140	2				1		2		7		5		5		8		97

番号	東高	西高	南高	北高	長径	周面長	ERHO	ERHI	WRHO	WRHI	SRHO	SRHI	NRHO	NRHI	ERWO	ERWI	WRWO	WRWI	SRWO	SRWI	NRWO	NRWI	番号
98	58	58	58	53	205	615			1		1		1				6		5		6		98
99	75	71	78	56	222	800	2		1		1		1		4		4		5		4		99
100	70	34	74	69	232	738	10		1		1		1		15		8		6		4		100
101	73	50	48	64	206	680	2		1		1		1		6		3		5		5		101
102	30	46	71	40	370	1240	1		1		1		1		7		6		6		5		102
103	52	47	43	40	340	1060	1		1		1		1		6		5		5		3		103
104	40	39	44	22	450	1470	2		1		1		4		10		3		8		5		104
105	31	21	41	38	370	1080			2		1		1				4		4		3		105
106	47	36	52	39	430	1350	1		2		1		1		7		6		6		7		106
107	32	41	37	33	146	485	1		1		1		1		4		4		6		3		107
108	23	23	24	28	135	430	1		1		1		2		6		5		4		5		108
109	57	52	55	73	245	684	1		3		6		2		4		5		9		6		109
110	52	60	56	60	106	460	1		1		2		2		5		3		4		3		110
111	64	47	48	46	252	810	1				1		1		5				5		5		111
112	55	65	62	57	158	544	2		3		2		2		5		6		6		6		112
113	40	43		35	286	865			1						1		5					1	113
114	53	62	52	58	204	705	2								5								114
115	59	51	66	69	300	925			1		1				3		3		3		4		115
116	80	44	86	82	190	565	1				1				2				7				116
117	47	33	50	44	190	540																2	117
118	36	34	36	37	104	327	1		1		1		1		4		3		2		5		118
119	22	19	43	26	440	1355	1						1		3				5		5		119
120	53	28	54	60	410	1155	2		1				1		5		1				5		120
121	37	35	31	38	108	348	1		1				1		2		5				1		121
122	47	35	40	54		455			1				1				7					3	122
123	20	40	30	26	181	564	1				1				5		6		1		3		123
124		25	33	45	141	431	11		21				16		24		35				32		124
125	54	46	58	51	90	286					1		1		3		4		5		5		125
126	51	70	38	58	445	1048																	126
127	56	37	40	63	134	410	1		1		1		2		8		6		3		4		127
128	44	11	10	10	220	700	1				2				3				7				128
129	83	37	56	55	176	525	1		1		2		2		7		8		10		6		129
130	31	31	22	37	204	595	1				1		2		5				5		10		130
131	25	30	26	32	210	600			2				2				4					6	131
132	43	12	38	34	278	836	4		5		6		6		38		23		41		34		132
133	83	90	103	92	215	778	1		2		4		2		15		25		17		20		133
134	87	84	80		227	755	1		1		1		2		7		14		11		13		134
135	78	108		88	214	735	3		1		2				8		4		10				135
136	58	28	25	52	315	1025	2		1		2		1		6		6		5		6		136
137	23	28	26	22	104	326	1		3		2		1		3		4		5		3		137
138	30	36	36	30	82	245	1		1		1		1		5				5		5		138
139	77	102	90	76	360	1120	18		20		34		7		65		130		40		79		139
番号	東高	西高	南高	北高	長径	周面長	ERHO	ERHI	WRHO	WRHI	SRHO	SRHI	NRHO	NRHI	ERWO	ERWI	WRWO	WRWI	SRWO	SRWI	NRWO	NRWI	番号

No.1～40：白保第2ポール南側 No.41～87：第2ポール北側 No.88～139：米原海域 1990年測定 東高～北高：マイクログラトールの各方位での高さ E～N：方位 R：縁 H：高さ W：幅 I：内側 O：外側