

インドネシアバリ島サヌール、ヌサドゥア 両海岸における環境モニタリング

貝 柄 徹 木 庭 元 晴

要 旨

インドネシアで最も観光化が進んだバリ島南部のリゾート海岸（クタ、サヌール、ヌサドゥア）において、1970年代から海浜侵食が著しくなった。海岸に面した欧米資本の高級ホテルをはじめ様々なクラスのホテルがビーチの砂を確保するため養浜堤を設置したりしたが、侵食は止まらなかった。インドネシア政府建設省により海岸保全プロジェクトが生まれ、環境、サンゴ礁地形学の立場から参加する機会を得た。本稿では1992年と1997年に実施したモニタリング調査から海岸侵食の要因を探った。

キーワード：サンゴ礁、環境、モニタリング、バリ、インドネシア

I はじめに

バリ島は、約17000の島からなるインドネシアのなかでも最も観光化がすすんだ集客力の高い島と言える。バリ島南部にはクタ Kuta、サヌール Sanur、ヌサドゥア Nusa Dua といったこの国有数のリゾート地（図1）があり、日本をはじめ欧米からの観光客も多い。これらの地域では、長期滞在者用の低廉な宿泊施設からリゾートライフを楽しむインドネシア資本をはじめ欧米資本の高級ホテルまで様々なクラスのもの林立している。なかでも高級ホテル前の海岸はプライベートビーチの様を呈しているところも少なくない。サヌールおよびヌサドゥアのビーチは *Baculogypsina sphaerulata* を中心とする 有孔虫起源の、いわゆる星砂で、オレンジ色に輝いて美しいこともリゾート地としての条件を満たしている。

1970年代よりこれらの海岸で海浜侵食が著しくなり海岸に面したホテルではビーチの砂を確保するために汀線に直交する形で養浜堤を張り出したりするようになった。

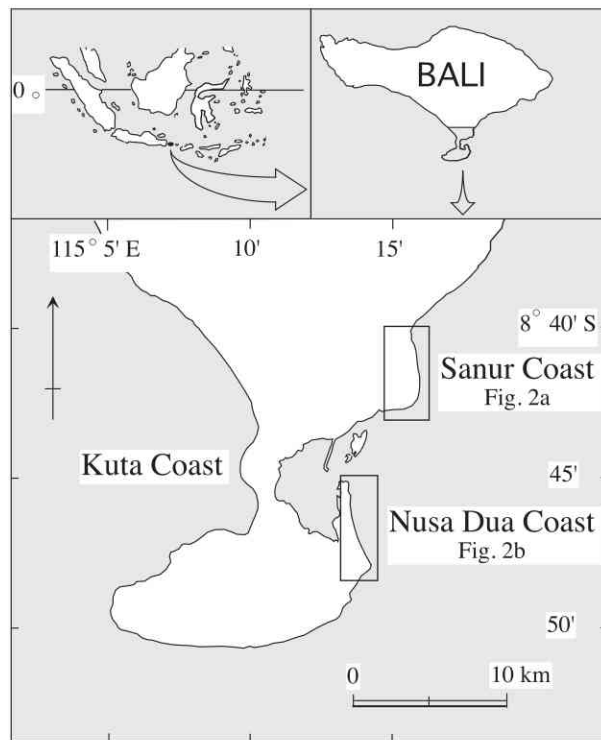


図1 地域概観図

Fig. 1 Index map

しかしながら侵食は止まらず、結局、インドネシア政府建設省によって海岸保全プロジェクト Bali Beach Conservation Project が組まれた。既存の養浜堤・離岸堤の除去や新たな海岸構造物の建設に際し、生態学的手法を用いて礁池の環境変化をとらえる必要があった。筆者らは環境、サンゴ礁地形学の立場からこのプロジェクトに参加する機会を得て、1992年8月1日～9月3日と1997年8月3日～9月22日に調査を実施した。調査は多岐にわたり、現成サンゴの生息状況 (Koba and Kaigara, 1993; Koba, 1994)、サンゴ礁原の生物群集 (Koba, 1993)、空中写真判読による海浜砂の分布 (木庭, 1995)、海岸砂の粒度分析、礁原の浅層掘削による海砂の堆積構造 (Koba *et al.*, 2000) などであった。本稿では1992年と1997年に実施したモニタリング調査、特に1997年のものについて報告する。

サンゴは一般に清澄度の高い海域で成育するが、ある程度までであれば、わずかの汚濁にも耐えうる。ゆえにサンゴの分布状況は、その海域の汚濁度や海水の循環度を知る手だてとなる。一方、1970年代から礁池内でかなりの海草・海藻の増加が見られるようになった。各ホテルが建設した養浜堤の影響で海域の富栄養化が進んだものと考えられる。よってモニタリングを実施する際、生物相の中でも主にサンゴと海草・

海藻について詳細に観察した。

Ⅱ コドラート法によるモニタリング

1. モニタリング地域の選定

モニタリングはその地域環境の経年変化をみるのに有効な手段であるが、調査範囲と面積が限られるという問題も生じる。そこで1992年、1997年ともに理論的かつ計量的に分布形状を把握するコドラート法 Quadrat method を用いた。モニタリング調査はサヌールとヌサドゥア（図1、2 a、2 b）で、白黒の空中写真による判読と現地踏査からそれぞれの海域で標準的な模式地になる場所を選定した。

サヌールの Tr-S3（測線長553 m）（図3）は、バリハイアットホテル Bali Hyatt Hotel の北300 m の地点（レガワビーチホテル Legawa Beach Hotel 南側）に設けた。この地域はバリ島南部で最もサンゴの被度が高いが、1970年代から海草も増加してきている。

ヌサドゥアの Tr-N5（測線長400 m）（図4）は、陸繋島のヌサケシル Nusa Kecil とヌサインダーホテル Nusa Indah Hotel の間に設けた。通常、新鮮な海水は波によってリーフエッジを越えて礁池内に入ってくる。そしてホテルなどからの雑排水を含む礁池内の海水は、サンゴ礁の切れ目であるリーフギャップから排出される。このリーフギャップと陸繋島との間は、海水の循環システムを考える上で重要である。既存の海岸構造物が、この海域の循環システムを遮っている。

測線は、汀線とリーフエッジが直交するように設定し、汀線（最高高潮位）から海

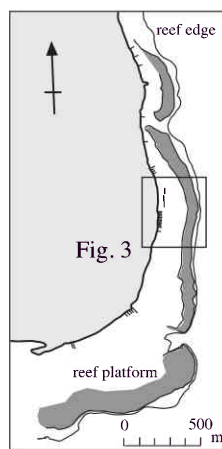


図2 a サヌール海岸

Fig. 2a Sanur Coast, showing the rectangle of Fig. 3.

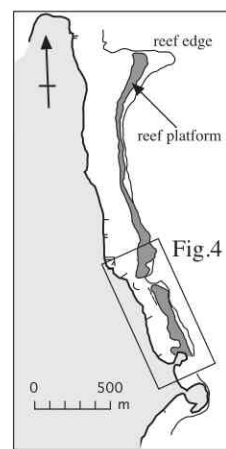


図2 b ヌサドゥア海岸

Fig. 2b Nusa Dua Coast, showing the rectangle of Fig. 4.

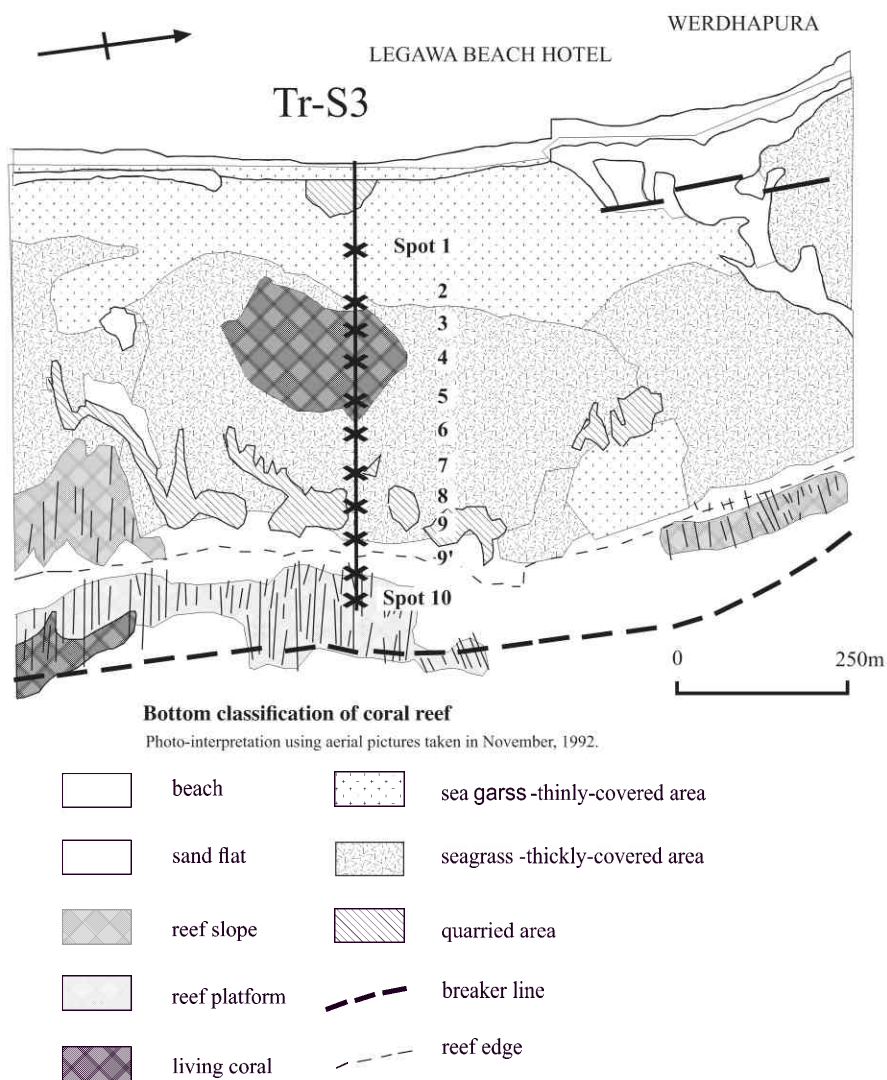


図3 サヌール海岸 Tr-S3 モニタリング位置および底質分類図

Fig. 3 Bottom classification of coral reef and the localities of spots for monitoring at Tr-S3, Sanur Coast.

側に50 m 間隔でコドラートを置くモニタリングスポットを決定した。汀線からの距離は、ビーチに設置したオートレベルによるスタジア法で測定する一方、巻き尺による確認も行った。各スポットの水平位置は、測線を挟んだ2地点のビーチ上に設置したトランシットから交差法による水平角の測定により決定した。

本来ならば50 m 間隔で設定した各スポットに、経年的な環境変化を見るためのモニタリングサイトであることを示し、半恒久的な目印等を設置する必要がある。しかしながら礁池内には観光客や漁師などが出入りするため、設置は断念した。1992年に

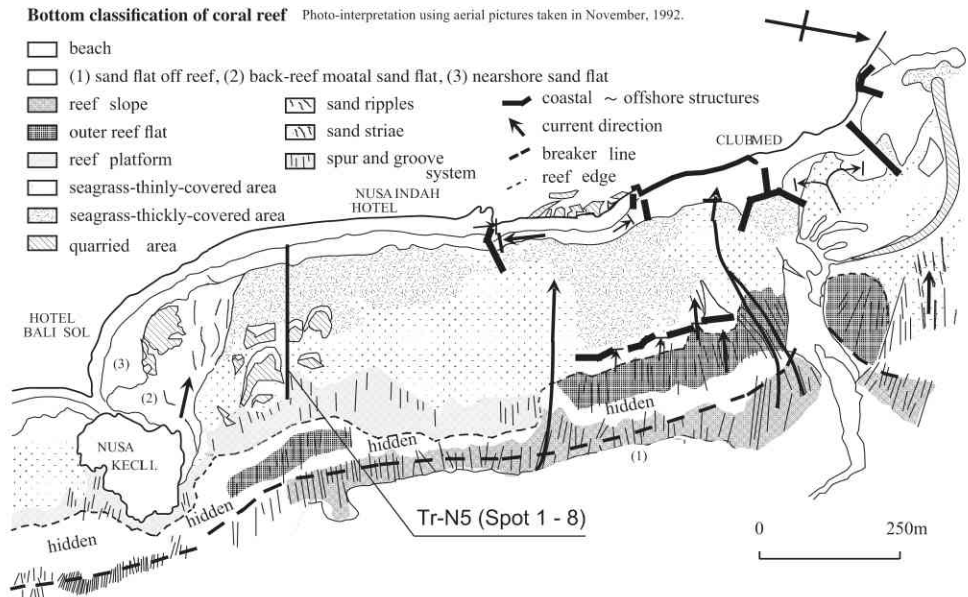


図4 ヌサドゥア Tr-N5 モニタリング位置および底質分類図

Fig. 4 Bottom classification of coral reef and the localities of spots for monitoring at Tr-N5, Nusa Dua Coast.

モニタリングを実施した際、海岸に沿って走る道路や海岸に面したホテルの遊歩道などには大縮尺地図作成用のコントロールポイントが十分にあった。いわゆる日本の三角点や水準点に当たるものと考え、このコントロールポイントからモニタリングサイトがわかるようにトランシットで測定し、水平位置を決定した。しかしながら1997年に再度訪れると、道路の改良、ホテルの廃業や改築によって新たなコントロールポイントが設けられており、1992年に使用した上記のコントロールポイントはことごとく見つからなかった。そのため1992年と1997年に実施したモニタリングでのスポットの完全な一致は困難であったが、測線位置に大きな齟齬はない。インフラ整備中の国ではこの点で注意が必要である。

2. コドラートを使用した底質記載

1992年と1997年では使用したコドラートフレームは異なる。1992年は、円状に結んだ4 m のプラスチック製ロープで1 m 四方の四角形 (1 m²) をつくった。ロープには50 cm 毎にマークをしておき、1 m² を4 分割 (つまり50 cm 四方のセルが4 個) して底質分布の調査を実施した。各ポイントを中心に4 箇所ずつ (測線をはさんで南北および浜側・海側) コドラートによる計測をおこなった。底質は生きている造礁サンゴ living coral、死んでしまった造礁サンゴ dead coral、サンゴ礫 coral rubble、海

草 seagrass、裸地 barren sand flat、礁岩 reef rock の計6つに分類した。

これに対し、1997年はより詳細にみるため、アルミ建材で1m四方の四角形をつくり、縦横とも10cmごとにテグス糸を張った。海水による腐食を避けるためと、サンゴ・海草などに極力ダメージを与えないようにするためである。こうして1m²を100分割(10cm四方のセルが100個)した上で、このテグス糸にスプレーで着色し、さらに縦糸と横糸の交点をビニールひもで結線し、海中でも見やすくした。各ポイントを中心に2箇所ずつ(測線をはさんで南北)コドラートによる計測をおこなった。明らかに底質が異なるようなポイントでは3箇所実施した。

コドラートの外枠の縦にR1~R10、横にC1~C10と記しておき、R1・C1からR10・C10まで100個のセルに卓越する底質と生物相を記載した(付図1・2)。海水の汚濁や潮流に敏感な反応を示すサンゴや海草・海藻について可能なかぎり種別の同定・記載をおこなった。底質は1 付着動物 sessile animals、2 海草・海藻 seagrass, algae、3 裸岩域 barren の3つのカテゴリーに分け、それぞれ1を生きている造礁サンゴ



写真1 モニタリング調査(ヌサドゥア海岸 Tr-N5, Spot 3 (150m point) 付近)

Photo 1 Survey for the monitoring at Tr-N5, Spot 3, Nusa Dua Coast.



写真2 ヒメマツミドリイシの群落(サヌール海岸 Tr-S3, Spot 4 (200m point) 3rd quadrat)

Photo 2 Colony of *Acropora aspera* at Tr-S3, Spot 4, Sanur Coast.



写真3 ウミシヨウブとミドリイシ(サヌール海岸 Tr-S3, Spot 7 (350m point) 1st quadrat)

Photo 3 *Enhalus acoroides* and *Acropora* at Tr-S3, Spot 7, Sanur Coast.



写真4 ミドリイシとカーペット状海藻(サヌール海岸 Tr-S3, Spot 10 (553m point) 1st quadrat)

Photo 4 *Acropora* and carpet-like algae at Tr-S3, spot 10, Sanur Coast.

living coral、死んでしまった造礁サンゴ dead coral、海綿 sponge、イソギンチャク sea anemones に、2 を長茎海草 longer seagrass、短茎海草 shorter seagrass、カーペット状海藻 carpet-like algae に、3 を砂礫 sand or rubble、礁岩 reef rock と計 9 つに小分類した。被度については、10 cm 四方のセルの内、目視によって 100%、50%、30%に分けた（写真 1～4）。

サヌールの Tr-S3 については、Spot 1 の 50 m ポイントから順に 50 m ごとに Spot 8 の 400 m ポイントまでと Spot 9' (430 m)、Spot 9' (500 m)、Spot 10 (553 m) の 11 スポット 24 コドラートを実施した。底質分布に変化のある箇所を選定したため、Spot 9 から必ずしも 50 m 間隔になっていない。ヌサドゥアの Tr-N5 については、Spot 1 の 50 m ポイントから Spot 8 の 400 m ポイントまでの 8 スポット 17 コドラートを実施した。なお、サヌール (Tr-S3) の Spot 9' (500 m point) と Spot 10 (553 m point) およびヌサドゥア (Tr-N5) の Spot 8 (400 m point) では、サンゴの分布に関してはコドラート内の 10 cm 四方の各セル単位ではなく、実際の状態をスケッチした。全コドラートの写真も撮影した。

Ⅲ モニタリング結果

1. サヌール海岸の Tr-S3

この地区の礁池は約 400 m の幅があり、礁池底はウミシヨウブ *Enhalus acoroides* のような長茎海草が繁茂した生物起源の不安定な砂地から構成されている。また 1982 年撮影の空中写真には養浜堤や離岸堤など海岸構造物は全く写っていない。

コドラート法によるモニタリング結果（付図 1・2）を表 1 に示す。各スポット毎の平均と標準偏差も求めた。長茎海草・短茎海草、カーペット状海藻、生きている造礁サンゴ、死んでしまった造礁サンゴ、海綿、イソギンチャク、砂礫、礁岩の順に並べ図化した（図 5）。

モニタリング以外の調査で、サヌール 4 本、ヌサドゥア 7 本の断面測量を実施したが、すべての断面の中で、この Tr-S3 が最も多くのサンゴを観察できた（図 5 の living coral）。中でも枝状のヒメマツミドリイシ *Acropora aspera* がこの礁池内でもっとも卓越していた。Spot 2 (100 m) から Spot 8 (400 m)（付図 1）でその群落を観察できるが、礁の前縁にかけて卓越種は変化する。礁池の陸地側ではヒメマツミドリイシが卓越しているが、前縁にかけてはその他の枝状ミドリイシ *Acropora*、コモンサンゴ *Montipora*、ハナヤサイサンゴ *Pocillopora*、枝状あるいは塊状のハマサンゴ *Porites*、葉状のシコロサンゴ *Pavona* が観察できる。リーフトップでは、コユビミドリイシ *Acropora digitata*、ツツユビミドリイシ *Acropora humilis*、クダサン

表1 Tr-S3 モニタリングの海草・海藻、付着動物、裸岩域の被度 (%)

Table 1 Coverage (%) of Seagrass, algae, Sessile animals, and Barren substrates at Tr-S3 for monitoring.

Tr-S3		Seagrass, algae			Sessile animals				Barren	
Spot No.	Quadrat no.	longer seagrass	shorter seagrass	carpet-like algae	living coral	dead coral	sponge	sea anemones	sand or rubble	reef rock
Spot 1 (50m point)	1st	43.0	0.0	8.0	1.0	0.0	0.0	0.0	48.0	0.0
	2nd	55.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	0.0
	Average	49.0	0.0	5.5	0.5	0.0	0.0	0.0	45.0	0.0
	SD	8.5	0.0	3.5	0.7	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0
Spot 2 (100m point)	1st	1.0	0.0	18.0	69.0	1.0	2.0	0.0	9.0	0.0
	2nd	1.0	0.0	47.0	45.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0
	Average	1.0	0.0	32.5	57.0	0.5	1.0	0.0	8.0	0.0
	SD	0.0	0.0	20.5	17.0	0.7	1.4	0.0	1.4	0.0
Spot 3 (150m point)	1st	0.0	0.0	42.0	54.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0
	2nd	6.0	0.0	42.0	45.5	1.0	0.0	0.0	5.5	0.0
	Average	3.0	0.0	42.0	49.8	0.5	0.0	0.0	4.8	0.0
	SD	4.2	0.0	0.0	6.0	0.7	0.0	0.0	1.1	0.0
Spot 4 (200m point)	1st	0.3	3.3	3.3	4.2	0.0	0.0	0.0	88.9	0.0
	2nd	71.5	4.5	13.0	7.0	0.0	1.0	0.0	3.0	0.0
	3rd	0.0	0.0	35.0	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Average	23.9	2.6	17.1	25.4	0.0	0.3	0.0	30.6	0.0
	SD	41.2	2.3	16.2	34.3	0.0	0.6	0.0	50.5	0.0
Spot 5 (250m point)	1st	31.0	0.0	0.0	14.0	0.0	6.0	24.0	25.0	0.0
	2nd	4.0	10.0	2.0	49.0	0.0	5.0	27.0	3.0	0.0
	Average	17.5	5.0	1.0	31.5	0.0	5.5	25.5	14.0	0.0
	SD	19.1	7.1	1.4	24.7	0.0	0.7	2.1	15.6	0.0
Spot 6 (300m point)	1st	5.0	0.0	1.0	80.5	1.0	0.0	12.5	0.0	0.0
	2nd	3.0	0.0	1.0	83.0	2.0	0.0	0.0	11.0	0.0
	3rd	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	17.0	0.0
	Average	22.7	0.0	0.7	54.5	1.0	0.0	11.8	9.3	0.0
	SD	32.3	0.0	0.6	47.2	1.0	0.0	11.5	8.6	0.0
Spot 7 (350m point)	1st	20.5	6.0	2.0	53.5	0.0	2.5	8.0	7.5	0.0
	2nd	42.0	1.0	1.5	30.0	0.0	4.0	12.0	9.5	0.0
	Average	31.3	3.5	1.8	41.8	0.0	3.3	10.0	8.5	0.0
	SD	15.2	3.5	0.4	16.6	0.0	1.1	2.8	1.4	0.0
Spot 8 (400m point)	1st	23.5	0.5	2.0	57.0	0.0	1.0	11.0	5.0	0.0
	2nd	9.3	0.0	1.3	86.4	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
	Average	16.4	0.3	1.7	71.7	0.0	2.0	5.5	2.5	0.0
	SD	10.0	0.4	0.5	20.8	0.0	1.4	7.8	3.5	0.0
Spot 9 (430m point)	1st	69.8	1.0	4.5	0.0	0.0	0.7	0.0	24.0	0.0
	2nd	21.8	6.5	2.3	0.0	0.0	0.5	0.0	68.9	0.0
	Average	45.8	3.8	3.4	0.0	0.0	0.6	0.0	46.5	0.0
	SD	33.9	3.9	1.6	0.0	0.0	0.1	0.0	31.7	0.0
Spot 9' (500m point)	1st	0.0	30.7	42.0	1.8	0.0	2.3	1.0	20.2	2.0
	2nd	0.0	5.8	79.1	0.8	0.0	0.0	0.5	12.8	1.0
	Average	0.0	18.3	60.6	1.3	0.0	1.2	0.8	16.5	1.5
	SD	0.0	17.6	26.2	0.7	0.0	1.6	0.4	5.2	0.7
Spot 10 (553m point)	1st	0.0	6.5	59.5	28.3	0.0	0.8	0.0	4.9	0.0
	2nd	0.0	0.5	71.0	10.8	0.0	9.9	2.5	5.3	0.0
	Average	0.0	3.5	65.3	19.6	0.0	5.4	1.3	5.1	0.0
	SD	0.0	4.2	8.1	12.4	0.0	6.4	1.8	0.3	0.0

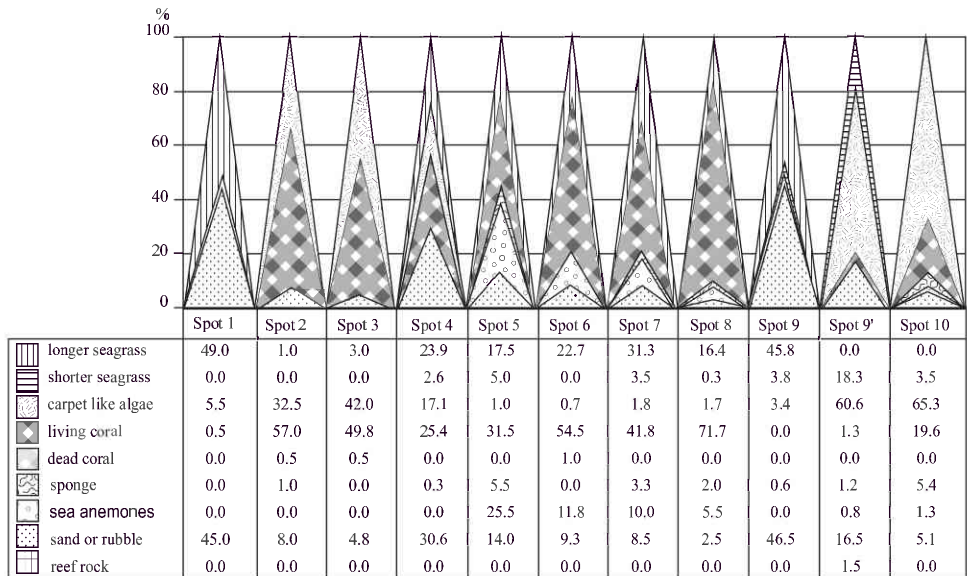


図5 サヌール海岸 Tr-S3の底質被度 (%)

Fig. 5 Average coverage (%) at Tr-S3, Sanur Coast.

ゴ *Tubipora musica*、トゲサンゴ *Seriatopora hystrix*、ハナヤサイサンゴ *Pocillopora damicornis* などが分布していた。

またミドリイシを主とする高さ10 cm 未満の枝状サンゴが、礁池の海側サンドフラット上に大量分布していた。1992年の調査では観察できなかったので少なくともサンゴ成長度は少し増している。しかしながら海草・海藻、特にウミショウブ *Enhalus acoroides*、リュウキュウアマモ *Cymodocea serrulata*、ベニアマモ *Cymodocea rotundata* などの長茎海草については Spot 2 (100 m)、Spot 3 (150 m)、Spot 9' (500 m)、Spot 10 (553 m) の各地点を除いて依然として繁茂している。

2. ヌサドゥア海岸の Tr-N5

欧米資本でこの地区の代表的なリゾートホテルであるクラブメッド Club Med の前に波の力を抑えるべく建設したU字型の構造物やその南側の海岸に造った巨大な防波堤、さらに海側に4つの離岸堤がある。これらの人工構造物は1982年の空中写真には写っていない。離岸堤の背後、陸側の海域は新鮮な海水の流入が妨げられた結果、長茎海草の大群生地となっている (図4)。サヌールに比べてサンゴが少なく、海草・海藻の繁茂が著しいのは、礁池内の海水の循環が悪いためと思われる。またこの地ではクラブメッドとホテルバリソル Hotel Bali Sol 前で海浜侵食の問題が起きている。

コドラート法によるモニタリング (付図2) の結果を表2に、サヌールの Tr-S3

表2 Tr-N5 モニタリングの海藻・海藻、付着動物、裸岩域の被度 (%)

Table 2 Coverage (%) of Sessile animals, Seagrass, algae, and Barren substrates at Tr-N5 for monitoring.

Tr-N5		Seagrass, algae			Sessile animals				Barren	
Spot no.	Quadrat no.	longer seagrass	shorter seagrass	carpet-like algae	living coral	dead coral	sponge	sea anemones	sand or rubble	reef rock
Spot 1 (50m point)	1st	4.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	96.3	0.0
	2nd	65.5	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	0.0
	Average	34.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	65.1	0.0
	SD	43.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.2	0.0
Spot 2 (100m point)	1st	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2nd	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Average	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spot 3 (150m point)	1st	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2nd	93.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0
	Average	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0
	SD	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0
Spot 4 (200m point)	1st	97.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0
	2nd	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
	Average	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0
	SD	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0
Spot 5 (250m point)	1st	25.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	0.0
	2nd	19.0	21.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	0.0
	Average	22.0	18.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.0	0.0
	SD	4.2	4.2	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	0.0
Spot 6 (300m point)	1st	0.0	45.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0
	2nd	0.0	26.5	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.0
	Average	0.0	35.8	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.5
	SD	0.0	13.1	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
Spot 7 (350m point)	1st	0.0	61.0	18.5	0.0	0.0	1.0	5.5	0.0	14.0
	2nd	0.0	26.5	30.0	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	35.0
	Average	0.0	43.8	24.3	0.0	0.0	0.5	7.0	0.0	24.5
	SD	0.0	24.4	8.1	0.0	0.0	0.7	2.1	0.0	14.8
Spot 8 (400m point)	1st	0.0	1.0	48.0	29.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2nd	0.0	0.5	70.8	14.5	1.0	13.2	0.0	0.0	0.0
	3rd	35.8	5.8	13.7	0.0	28.8	1.7	3.7	10.7	0.0
	Average	11.9	2.4	44.2	14.5	17.3	5.0	1.2	3.6	0.0
	SD	20.7	2.9	28.7	14.5	14.5	7.2	2.1	6.2	0.0

同様、図化したものを図6に示す。生きている造礁サンゴは、リーフトップである Spot 8 (400 m) にしか分布しない。ここでは、コユビミドリイシ、ヒメノウサンゴ *Platygyra pini*、クダサンゴなどが観察できる程度で、サヌールの Tr-S4 と比較しても種類に乏しい。死滅したサンゴも多い。一方、Spot 2 (100 m)、Spot 3 (150 m)、Spot 4 (200 m) では、ウミシヨウブ、リュウキュウアマモ、ベニアマモ、ボウバアマモ *Syringodium isoetifolium*、ウミジグサ *Halodule uninervis*、マツバウミジグサ

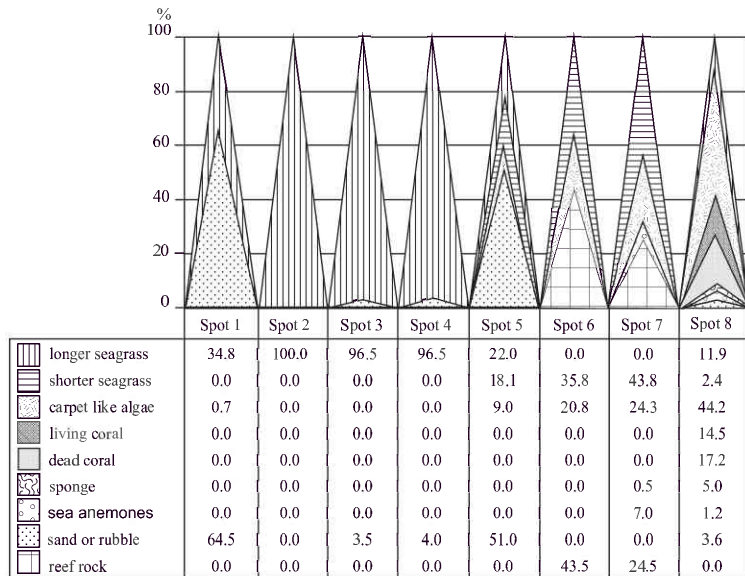


図6 ヌサドゥア海岸 Tr-N5の底質被度 (%)

Fig. 6 Average coverage (%) at Tr-N5, Nusa Dua Coast.

Halodule pinifolia などの長茎海草の大群生地となっている。

3. 1992年と1997年の比較

前述したように1992年と1997年に実施したモニタリング調査は、コドラートの種類、底質の分類方法、コドラートを置いたスポットの位置など、全く同一ではない。しかしながら測線に大きな齟齬のないことから、生きている造礁サンゴと海草・海藻の被度について比較を試みた(図7、8)。縦棒グラフで、各地点の左側が1992年、右側が1997年の被度を示している。図7 サヌールの500 m、550 m (厳密には553 m) 両地点の1992年のデータはない。

サヌールの Tr-S3 (図7) については、ほとんどの地点で生きている造礁サンゴの被度が増している。海草・海藻の分布は、1992年には250 m から400 m 地点に大量繁茂していたが、1997年には全地点に広がっている。ヌサドゥアの Tr-N5 (図8) も同様といえる。1992年には全く見られなかった生きている造礁サンゴが1997年には400 m 地点に分布している。しかしながら海草・海藻も全域に繁茂している。特に100 m から200 m 付近ではほぼ100%の被度で、大群生地のままである。モニタリング以外の測線でも同様の印象を得た。

「バリでは1992年、直径17-24 cm のサンゴが73%の被度であったが、近年2-3 cm のサンゴで被度は15%以下に下がった。オニヒトデの爆発的な増加の影響とする報告

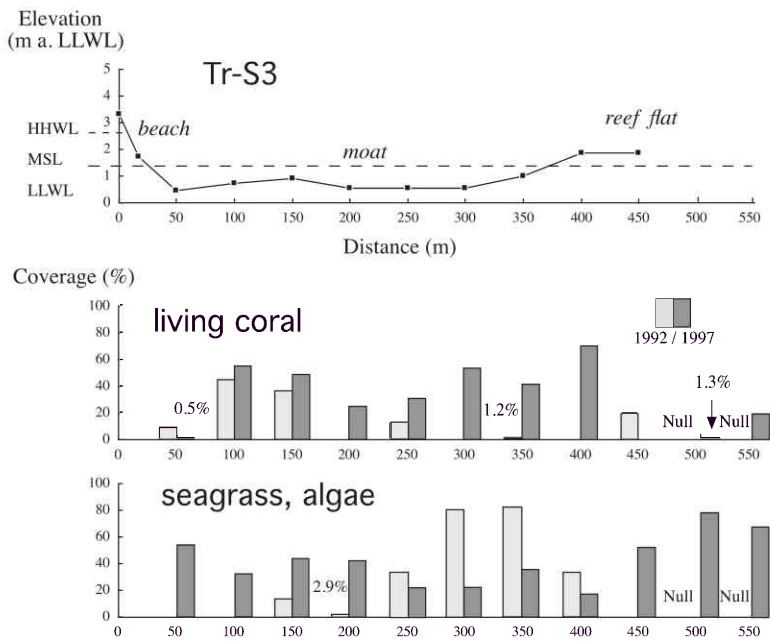


図7 サヌール海岸 Tr-S3 の断面と1992年/1997年の底質被度 (%)

Fig. 7 Cross profile of reef flat and bottom classifications 1992 / 1997 at Tr-S3, Sanur Coast.

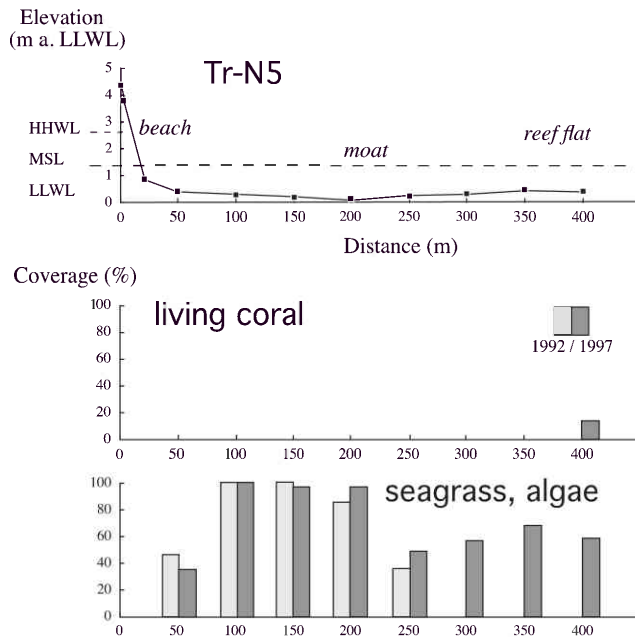


図8 ヌサドゥア海岸 Tr-N5 の断面と1992年/1997年の底質被度 (%)

Fig. 8 Cross profile of reef flat and bottom classifications 1992/1997 at Tr-N5, Nusa Dua Coast.

があるが、心配するほどの量ではない。」との報告（Chou, 2000）もあるが、バリ島南部の調査地域ではこのような豊かなサンゴの被度を有する箇所は見あたらなかった。オニヒトデについても同様である。モニタリング地域に関して、1992年と1997年との造礁サンゴの成長度を高める要因は、海水温の影響も考えられるが、現状では見あたらなない。

IV おわりに

サンゴ礁は第二次世界大戦後期以来、衰えてきたことが Verstappen (1953) の記述でも認められ、海草・海藻が1970年代から礁池内で徐々に増加してきた。バリ島の急激な観光化がその重要な契機になっていると考えられている。空路によりバリ島を訪れた外国人観光客の推移を Statistical Year Book of Bali からグラフに示した（図9）。観光客は1980年代から急激に増加し始め、2001年現在135万人に達している。Whitten ほか（1997）によれば、この1980年代にはバリへの海外からの観光客数は年間13%の増加率を示した。これは世界平均値の4.6%の伸びと比べると大きい数値と言える。地域別で見てもオーストラリアと日本からが最も多く、日本からは常に20－25%を占める（2001年は29.6万人）。その他、ヨーロッパやアジアの構成比も伸びて

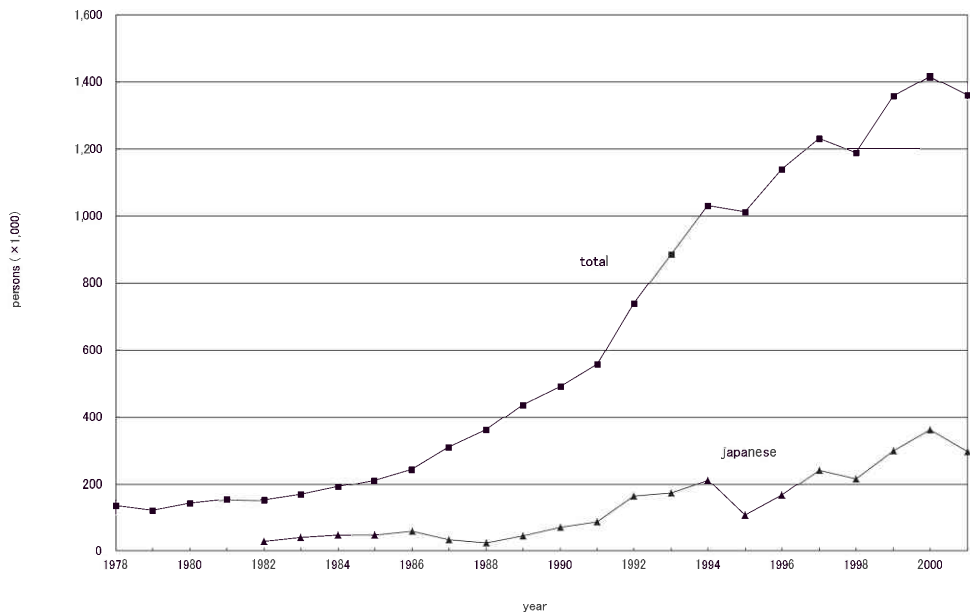


図9 空路によりバリを訪れた外国人観光客数（Statistical Year Book of Bali より作成）

Fig. 9 Number of foreign tourists arriving by air in Bali.

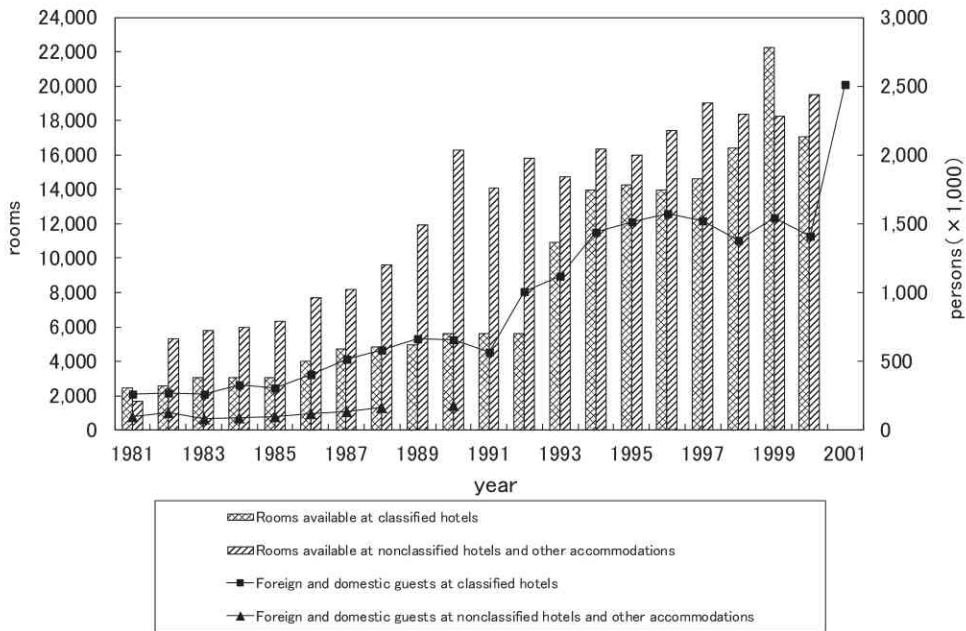


図10 格付されたホテルとそれ以外の宿泊施設における部屋数と国内外からの宿泊者数 (Statistical Year Book of Bali より作成)

Fig. 10 Number of rooms available and guests at classified and nonclassified hotels.

いる。この観光客に対応するため、ホテルの数も増していった。

政府によって1から5の星によって格付けされたホテル Classified Hotels の数は、1981年では23軒だったのが、毎年増加してゆき、2001年では126軒になった。格付けされていないホテルや長期滞在者用の低廉な宿泊施設 Nonclassified Hotels and other Accommodations は、1981年では181軒だったのが、2000年では1255軒に増えている。この増加に伴い、両者の部屋数および国内外からの観光客も年々増加している。統計データに一部欠如があるが、部屋数と国内外からの観光客数をグラフに示す (図10)。当地では、下水道のインフラ整備が完全でないため、これらの宿泊施設から排出される雑排水は相当な量となる。断面測量を実施したサヌール海岸北部のリゾートホテル沖合では、ひどい汚濁度のみならず、メタンの発生により悪臭を放っている箇所もあった。こういった急激な観光客の増加、宿泊施設の増加や大型化も礁池の富栄養化に寄与している。しかし残念ながら、観光化の進展とサンゴ礁劣化の関係を示した具体的データを見いだすことはできない。

またバリ島では、古くから家屋や道路などの建築資材として礁池内のサンゴを破壊・採取 coral mining してきた。その様子は、伝統的な絵画などにも描かれている。採取跡が空中写真から判断できるほどである (図3、4の quarried area)。いずれの

文献もこの破壊・採取がサンゴ礁劣化の主要因とするが、サヌール海岸の北西に位置するチャンディダサ Candi Dasa のような大きく礁原をくり抜いた場合を除けば、両者の因果関係を示すデータは存在しない。

海草・海藻について Whitten ほか (1997) はビーチ砂の起源である有孔虫の生息場として評価し、海草・海藻の存在がビーチの安定を進めているとしている。しかしながら、礁池の海草・海藻は木庭 (1995) などでも指摘したように、海草・海藻は有孔虫の生息場である礁原の外洋側縁辺のリーフトップからビーチまでの運搬過程中にトラップし、また、海水の循環速度を弱めて、礁池水の循環力を弱める働きをする。海草・海藻の出現は礁池水の富栄養化に基づくものであり、歓迎する植生ではない。

また *Baculogypsina sphaerulata* のような有孔虫砂や生物起源の砂の運搬経路は、海岸構造物によって変化する。礁池内での砂の運搬経路は、リーフトップから海岸への直進するものと沿岸流で海岸に沿ってくるものの二つに大別できる。皮肉にも海浜侵食を防止するために建設され始めた人工的な海岸構造物が、礁池内の海水の循環機能を止めてしまい、環境悪化の一助ともなってしまった。

このように急激な観光化や採取によるサンゴの劣化、またそれに伴う礁池の富栄養化と海草・海藻の増加、有孔虫砂の礁池内での途中トラップ、海岸構造物による海水の循環低下、などの要因が複雑に絡み合って現況を呈している。インドネシア有数のリゾート地であるバリ島南部のこの海岸では、恒常的かつ長期的なモニタリングを続けてゆく必要がある。

〔付 記〕

本稿は、

Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works, Government of the Republic of Indonesia, 1992: *Coral Survey, Environmental Study Report, Urgent Bali Beach Conservation Project* および

Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works, Government of the Republic of Indonesia, 1998: *Corals, Seaweed / Seagrass and Biogeography of Reef Flat, Marine Ecological Survey (1), Field Survey Report Volume IV, Bali Beach Conservation Project Final Report*

に報告したものを修正加筆した。

海草・海藻の同定については、1992年に大阪府立水産試験場の鍋島靖信先生、海洋生物環境研究所の馬場将輔先生にお願いした。記して感謝する。

なお本論文は、2003年に『ジオグラフィカ センリガオカ』に投稿したが、出版社の廃業により出版されないことになり本誌に再投稿した。

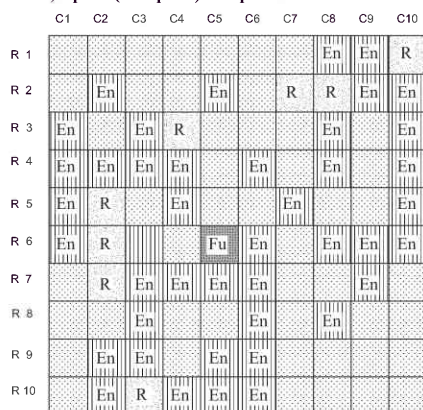
<文 献>

- 木庭元晴 (1995): インドネシアバリ島南部、現成サンゴ礁海岸の海岸人工構造物の設置と採砂行為による砂分布の改変の空中写真判読法による研究, エコテクノロジー研究報告書, 関西大学工業技術研究所, pp. 64-80.
- Chou, L. M. (2000): Southeast Asian Reefs-Status Update: Cambodia, Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand and Vietnam, In: C. Wilkinson, *Status of Coral Reefs of the World: 2000*, Australian Institute of Marine Science, pp. 117-129.
- Koba, M. and Kaigara, T. (1993): Living Hermatypic Corals on the Reef Flats in Sanur, Nusa Dua, and Kuta of Bali Island, Indonesia, *Essays and Studies by Members of the Faculty of Letters (Bungaku Ronshu)*, Kansai University, 43(1), pp. 103-140.
- Koba, M. (1993): The Present Conditions of Corals on the Reef Flats in Sanur, Nusa Dua, and Kuta of Bali Island, Indonesia, In: M. Inoue (Editor), *Ecotechnology Reports*, Industrial Institute of Kansai University, pp. 103-150.
- Koba, M. (1994): Lists of Living Hermatypic Corals on the Reef Flats in Sanur, Nusa Dua, and Kuta of Bali Island, Indonesia, In: M. Inoue (Editor), *Ecotechnology Reports*, Industrial Institute of Kansai University, pp. 64-73.
- Koba, M., Kaigara, T. and Yoshida, K. (2000): Origin and Transpotation of Bioclastics on the Reef Flats of Southern Bali Inland, Indonesia, *9th International coral reef symposium, Indonesia*, p. 314.
- Statistical Office of Bali Province: *Statistical Year Book of Bali* (1984-1992, 1996, 2001).
- Verstappen, H. Th. (1954): The Influence of Climatic Changes on the Formation of Coral Islands. *American Journal of Science*, 252, pp. 428-435.
- Whitten, T., Soeriaatmadja, R. E., and Afiff, S. A. (1997): *The Ecology of Java and Bali, The Ecology of Indonesia series Volume II*, Periplus Editions (HK) Ltd.

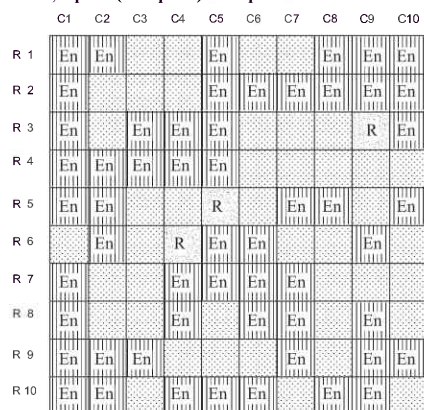
付図1 サヌール海岸 Tr-S3 コドラートの底質分布図

Appendix fig. 1 Distributional maps of quadrat at Tr-S3, Sanur Coast.

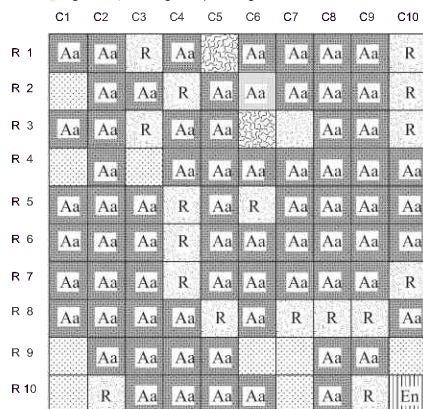
Tr-S3, Spot 1 (50m point) 1st quadrat



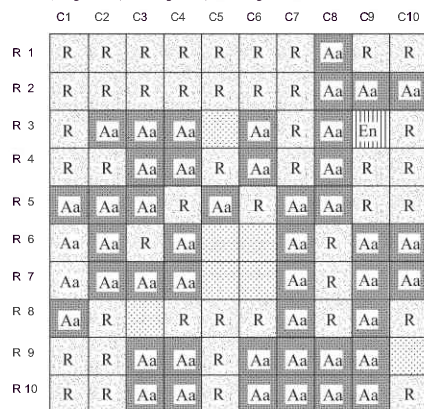
Tr-S3, Spot 1 (50m point) 2nd quadrat



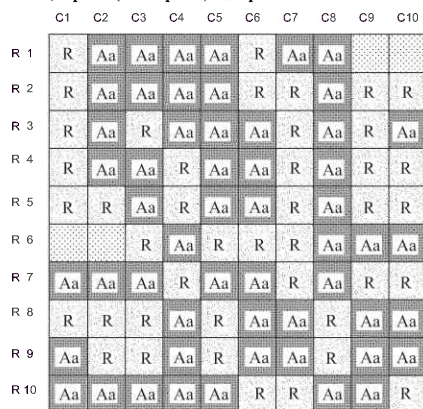
Tr-S3, Spot 2 (100m point) 1st quadrat



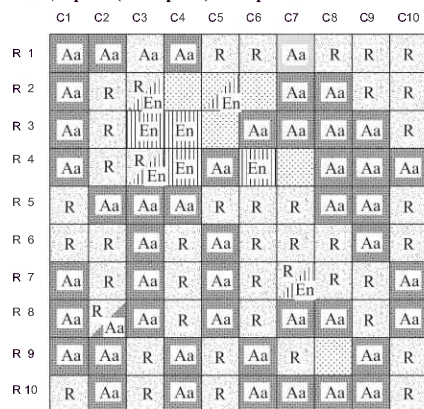
Tr-S3, Spot 2 (100m point) 2nd quadrat



Tr-S3, Spot 3 (150m point) 1st quadrat



Tr-S3, Spot 3 (150m point) 2nd quadrat



Tr-S3, Spot 4 (200m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1								Pa		
R 2		Aa					R	Pa	Ca	
R 3						Pa	R			
R 4		Aa				Mv	Mv			
R 5										
R 6						H1				
R 7									Pa	
R 8					R	R				
R 9	Pa		Fu	Fu						R
R 10										

Tr-S3, Spot 4 (200m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	En	En	Pd	Pd	R	En			En	En
R 2	En	R	En	En	En	R	En	En	En	En
R 3	R	En	En	Aa	Pa	En	En	Aa	R	En
R 4	R	H1	R	En	En	En	En	R	En	R
R 5	En	En	En	En	En	En	En	En	En	En
R 6	En	Aa	R	H1	En	R	R	En	En	En
R 7	Aa	En	En	En	En			En	En	En
R 8	En	En	En	En	En	En	En	En	En	En
R 9	Aa	R	En	En	En	En	En	En	En	En
R 10	En	En	En	En	En	En	En	En	En	En

Tr-S3, Spot 4 (200m point) 3rd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	Aa	Aa	R	R	R	R	Aa	R	Aa	Aa
R 2	Aa	R	R	R	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 3	R	R	Aa	Aa	Aa	R	Aa	Aa	Aa	R
R 4	R	Aa	Aa	R	Aa	R	Aa	R	R	Aa
R 5	Aa	Aa	R	R	Aa	R	Aa	Aa	Aa	R
R 6	R	R	Aa	R	Aa	R	Aa	Aa	R	Aa
R 7	R	Aa	Aa	Aa	Aa	R	R	Aa	Aa	Aa
R 8	R	Aa	Aa	R	Aa	Aa	Aa	Aa	R	R
R 9	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 10	Aa	Aa	R	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	R

Tr-S3, Spot 5 (250m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	En	En	En			En				
R 2	En	En		En				Po		
R 3		En	En	En		En	En	En	En	
R 4		En							Aa	
R 5		En		Aa	En	En	Aa	Aa		
R 6	En			En	En		Aa	Aa		Aa
R 7	En		En	En	Aa				En	
R 8	En		Aa		Aa			Aa		
R 9			En	Aa			Aa	En		
R 10							En	En		

Tr-S3, Spot 5 (250m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1		Pa	Pa				Fu		Pa	
R 2			Pd					Aa		Aa
R 3	Aa	Pa			Aa	Aa	Aa			Aa
R 4	Aa	Aa	Pa		Aa	Aa				
R 5	Aa	Aa		Pa	Aa	Aa				
R 6	Aa		Aa		Aa		Pa	R		
R 7		Pa	Aa		Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 8	Pa	Pa			Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 9	Ca	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	En
R 10	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	En	En	En	

Tr-S3, Spot 6 (300m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1		Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	En		Aa
R 2		Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	R	
R 3	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
R 4	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 5	Aa	Aa	En	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 6	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
R 7	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa			Aa
R 8		Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa		Aa
R 9	Aa	Aa	Aa	Aa	En	Aa	En	Aa	Aa	En
R 10		Aa	Aa	Aa	En	En	En	En	Aa	Aa

インドネシアバリ島サヌール、ヌサドゥア両海岸における環境モニタリング

Tr-S3, Spot 6 (300m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	Md		Mv		Pv	Pv	Pv	En	Pv	
R 2	Md	Md	Mv	Aa	Aa	En	Pn	Pv	Pv	Pv
R 3	Ap	Md	Mv	Aa	Aa	Pv		Pn	Ca	Aa
R 4	Md	Md	Md	Md	Aa	Pd	Mv	Pd	Md	Md
R 5	Pd	Aa	Aa	Aa	Po	Pd		Pv	Pd	Md
R 6	En	Aa	Aa	Md	Po	Pd	Aa	Aa	Aa	Aa
R 7	Md	Aa	Aa	Aa	Pd	Pd	Po	Md	Aa	Md
R 8	Md	Aa	Md	Md	Po	Po	Aa	Pd	Po	Pv
R 9		Po	Po			Aa	Aa	Aa	Aa	Md
R 10		Pd	Md	Po			Md	Aa	Aa	Md

Tr-S3, Spot 6 (300m point) 3rd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1					En	En	En	En	En	En
R 2	En	En	En							En
R 3	En	En							En	En
R 4									En	En
R 5	En	En							En	En
R 6		En	En	En		En	En	En	En	En
R 7	En	En							En	En
R 8		En	En	En	En	En	En	En	En	En
R 9		En	En			En	En	En	En	En
R 10	En	En		En	En	En	En	En	En	En

Tr-S3, Spot 7 (350m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	En	En		R	Al	Al	En	Aa	Aa	En
R 2	En	En		Al	Al	Al	Al	Al	Al	En
R 3	En	En		Tu	Al	Al		Al	Al	
R 4	Al	Al	H1					Al	Al	H1
R 5	En	En	En		En	En	En	Ca	En	
R 6	H1	Aa	Aa	Pd	Aa	En	En	Al	Al	En
R 7	En	H1	Aa	Aa	Aa	En	En	Al	Al	En
R 8	En	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	En	Ca	Al	Al
R 9	Aa	Aa	Aa	Aa	En	En	Al	En	Al	Al
R 10	Aa	Aa	Aa	Aa		Al	Al	Al	Al	Al

Tr-S3, Spot 7 (350m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	En	En	En	Pc	Pc	Pc	Pc	Pc	En	En
R 2	En	En	En		Pc	Pc	En		En	En
R 3	En	En	En	En	En	En	En	En	En	En
R 4	R	En	En			En	En	En	En	En
R 5	En	En	En	En	En	En	En	Pv	En	En
R 6	Pv	Aa	Pv	Pv	Pv	Pv	Pv	En	En	En
R 7	En	Pa	Pv	Pv	Pv	Pv	Pv	En	En	En
R 8	En	Pv		P1	P1	P1	P1	P1	En	En
R 9	En	Ha	En	P1	P1	P1	P1	P1	En	En
R 10	En	En	En	P1	En	P1	P1	P1	En	En

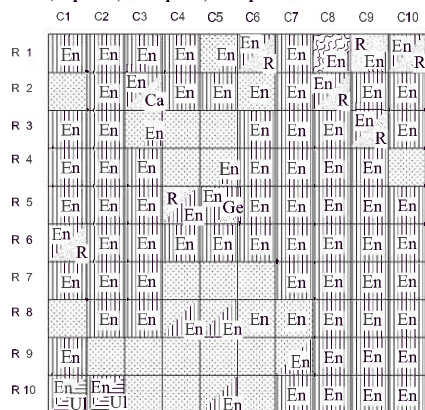
Tr-S3, Spot 8 (400m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	En	En	En	Ap	Ap	En	En	Ca	Ca	Ap
R 2	En	En	En	Ap	En	Ap	Ap	Ca	En	En
R 3	En	Ap	Ap	En	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
R 4	Ap	Ap	En	En	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
R 5	Ap	En	En	En	Ap	Ap	Ap	En	Ap	Ap
R 6	Ap	Ap	Ap	En	Ap	Ap	Ap	En	Ap	Ap
R 7	En	Ap	Ap	Ap	En	Ap	Ap	Ap	En	Ap
R 8	En	En	Pn	Pn	Pn	En	Ap	Ap	En	En
R 9	En	Ap	Pn	Pn	Pn	Ap	Ap	Ap	En	En
R 10	En	Ap	En	En	Ap	Ap	En	H1	En	En

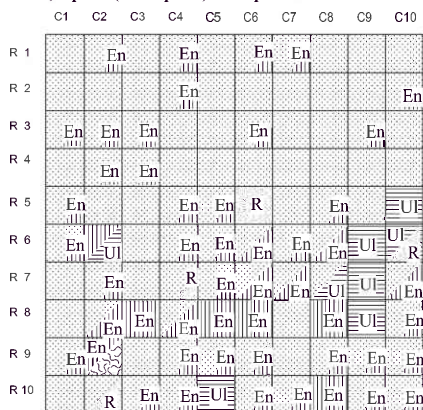
Tr-S3, Spot 8 (400m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	En	En	Ap
R 2	Ap	En	Ap	R	Ap	En	En		Ap	En
R 3	Ap	Ap	Ap						Ap	Ap
R 4	Ap	Ap	Ap	En	H1	Ap	Ap	En	Ap	Ap
R 5	Ap	Ap	Ap	Ap	En	Ap	Ap	En	Ap	En
R 6	Ap	Ap	Ap	En	En	Ap	En	Ap	Ap	Ap
R 7	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
R 8	Ap	En	Ap	Ap	En	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
R 9	Ap	En	Ap	Ap	En	Ap	Ap	Ap	En	Ap
R 10	Ap	En	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap

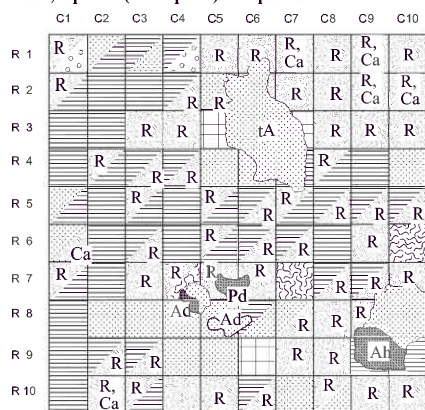
Tr-S3, Spot 9 (430m point) 1st quadrat



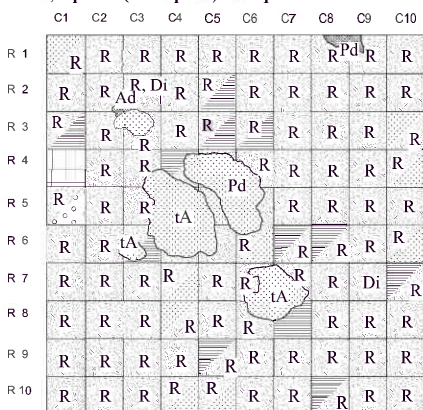
Tr-S3, Spot 9 (430m point) 2nd quadrat



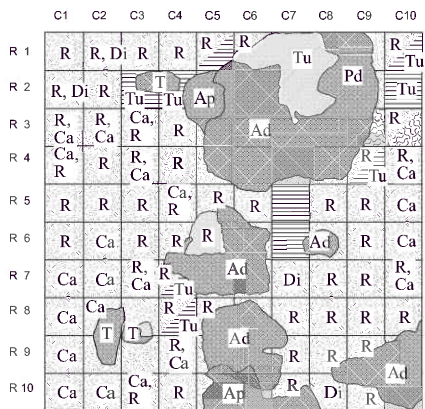
Tr-S3, Spot 9 ' (500m point) 1st quadrat



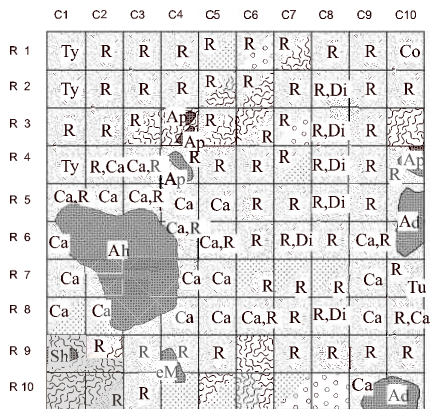
Tr-S3, Spot 9 ' (500m point) 2nd quadrat



Tr-S3, Spot 10 (553m point) 1st quadrat



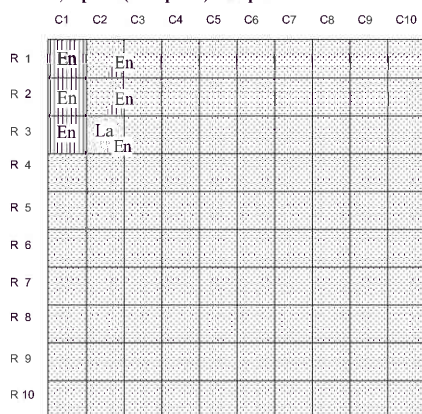
Tr-S3, Spot 10 (553m point) 2nd quadrat



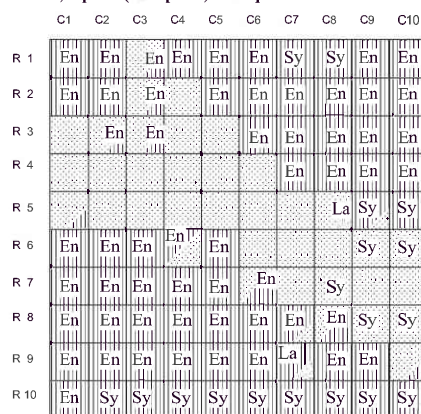
付図2 ヌサドゥア海岸 Tr-N5 コドラートの底質分布図

Appendix fig. 2 Distributional maps of quadrat at Tr-N5, Nusa Dua Coast.

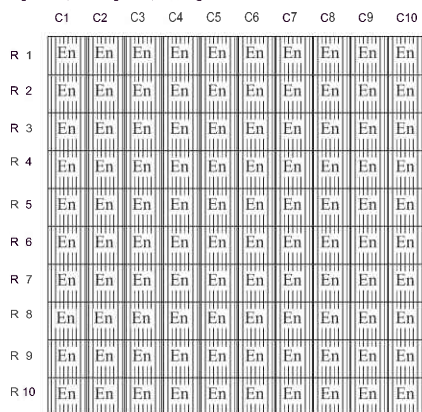
Tr-N5, Spot 1 (50m point) 1st quadrat



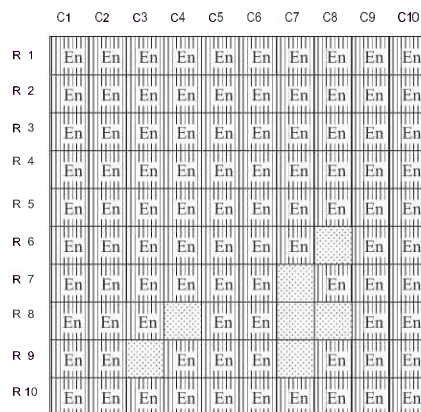
Tr-N5, Spot 1 (50m point) 2nd quadrat



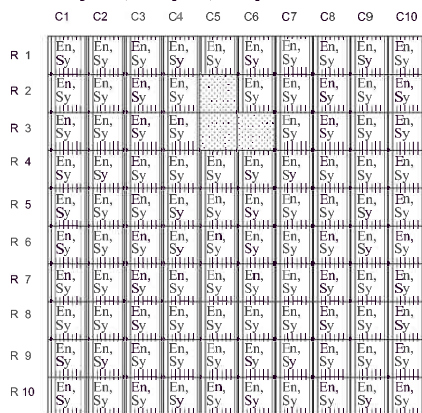
Tr-N5, Spot 2 (100m point) 1st, 2nd and Spot 3 (150m point) 1st quadrat



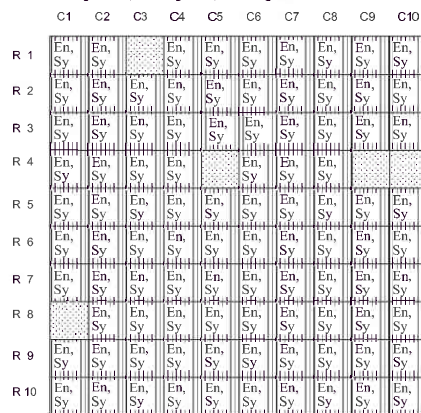
Tr-N5, Spot 3 (150m point) 2nd quadrat



Tr-N5, Spot 4 (200m point) 1st quadrat



Tr-N5, Spot 4 (200m point) 2nd quadrat



Tr-N5, Spot 5 (250m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	En	En	En							
R 2	En	En	En	En	En					
R 3	En					UI		En	En	En
R 4					UI	UI	UI		En	En
R 5					UI	UI	UI		En	En
R 6			UI							
R 7				UI	UI	UI				
R 8										En
R 9	En	UI	En			UI	UI		En	UI
R 10	En	En	En			En	En			

Tr-N5, Spot 5 (250m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	H1			UI	UI	H1	H1		Ca	Ca
R 2				UI					R	Ca
R 3										
R 4			H1			R			R	
R 5										
R 6										
R 7										
R 8										
R 9										
R 10										

Tr-N5, Spot 6 (300m point) 1st quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	UI	UI			UI	UI	UI	UI		R
R 2		UI			UI	UI				UI
R 3		UI	UI	R	R	UI	UI			R
R 4	UI	UI	Ent		R	R	R	UI		UI
R 5	UI	UI	UI	UI	UI		R	R		
R 6	UI	UI	Ent	Ent	UI	UI	UI			
R 7	UI	UI		UI	UI	UI	UI			R
R 8		R					UI	R	R	R
R 9			UI			UI	UI		R	UI
R 10			UI	UI	UI		UI			R

Tr-N5, Spot 6 (300m point) 2nd quadrat

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	UI	UI			UI	UI			UI	
R 2	UI				UI	UI			UI	UI
R 3		UI	R	UI		R	R	R	UI	UI
R 4					R	UI	R	R	UI	UI
R 5	R	R	R	UI	UI	R	R	R		R
R 6	R	R		UI	UI	R	R	R		
R 7										
R 8										
R 9	R	R								R
R 10		R	R							

Tr-N5, Spot 7 (350m point) 1st quadrat

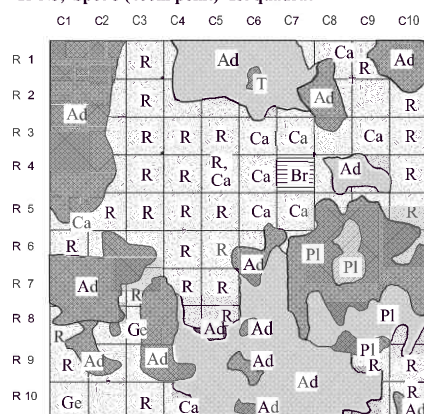
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1	Ent								UI	
R 2	Ent	R	R						Ent	
R 3			R	Ent		R	Ent	Ent		
R 4	Ent									
R 5	Ent									
R 6				Ent			R			R
R 7			R		Ent		R	R	R	
R 8		Ent	R		R	R	Ent	R	R	
R 9	R				R	UI	Ent			R
R 10		Ent				Ent				

Tr-N5, Spot 7 (350m point) 2nd quadrat

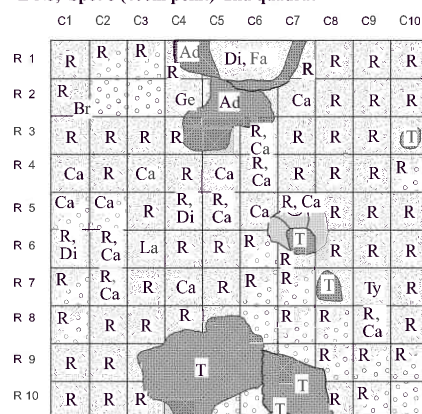
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
R 1								Ent		Ent
R 2	R	R		R				Ent	Ent	
R 3	R					R		R		
R 4	R	R						R	R	Ent
R 5	R	R				R	R	R	R	R
R 6	R								R	Ent
R 7	R								R	R
R 8	La	R			R	Ent				
R 9	R									
R 10	R	R	R		Ent		Ent	R	Ent	R

インドネシアバリ島サヌール、スサドゥア両海岸における環境モニタリング

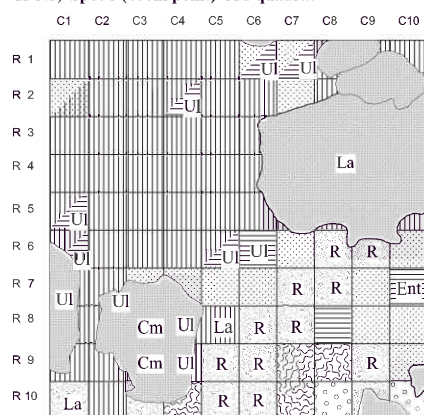
Tr-N5, Spot 8 (400m point) 1st quadrat



Tr-N5, Spot 8 (400m point) 2nd quadrat



Tr-N5, Spot 8 (400m point) 3rd quadrat



	長茎海藻 longer seagrass	サンゴ coral A1: ミドリイシ <i>Acropora</i> sp. 1	海草・海藻 seagrass, algae Br: ハネモ <i>Bryopsis</i> sp.
	短茎海藻 shorter seagrass	Aa: ヒメマツミドリイシ <i>Acropora aspera</i>	Ca: タカツキツタ <i>Caulerpa racemosa</i>
	カーペット状海藻 carpet-like algae	Ad: コユビミドリイシ <i>Acropora digitifera</i>	Cm: ワツナギソウ <i>Champia</i> sp.
	生きているサンゴ living coral	Ah: ツツユビミドリイシ <i>Acropora humilis</i>	Co: ミル <i>Codium</i> sp.
	死んでしまったサンゴ dead coral	Ap: オトメミドリイシ <i>Acropora pulchra</i>	Di: キッコウグサ <i>Dictyosphaeria</i> sp.
	海綿 sponge	eM: 皮殻状アナサンゴモドキ encrusting <i>Millepora</i>	En: ウミシヨウブ, リュウキュウアマモ, ベニアマモ <i>Enhalus aco roides</i> , <i>Cymodocea serrulata</i> and <i>Cymodocea rotundata</i>
	イソギンチャク sea anemones	Fa: キクメイシ <i>Favia</i> sp.	Ent: ウ斯巴オノリ <i>Enteromorpha</i> sp.
	砂礫 sand or rubble	Fu: マルクサビライシ <i>Fungia repanda</i>	Ge: テングサ <i>Gelidiella</i> sp.
	礁岩 reef rock	Ha: バラオクサビライシ <i>Heliofungia actiniformis</i>	H1: ヒロハサボテングサ <i>Halimeda macroloba</i>
	被覆率1/2 almost 1/2 coverage	Md: エダコモンサンゴ <i>Montipora digitata</i>	H2: ウチワサボテングサ <i>Halimeda discoidea</i>
	被覆率1/3 almost 1/3 coverage	Mv: コイボコモンサンゴ <i>Montipora verrucosa</i>	La: ソソ <i>Laurencia</i> sp.
		Pl: シコロサンゴ <i>Pavona</i> sp. 1	Mi: アミモヨウ <i>Microdictyon</i> sp.
		Pc: イボハダハナヤサイサンゴ <i>Pocillopora verrucosa</i>	Pa: ウミウチワ <i>Padina</i> sp.
		Pd: ハナヤサイサンゴ <i>Pocillopora damicornis</i>	R: トゲノリほか <i>Acanthophora spinifera</i> and <i>Baculogypsina</i> - thriving not-identified other algae
		Pf: ヒメノウサンゴ <i>Platygyra pini</i>	Sy: ボウバアマモ, ウミジグサ, マツバウミジグサ <i>Syringodium isoetifolium</i> , <i>Halodule uninervis</i> and <i>Halodule pinifolia</i>
		Pn: アミメハマサンゴ <i>Porites nig rescens</i>	Tu: ラッパモク <i>Turbinaria</i> sp.
		Po: イワハマサンゴ <i>Porites annae</i>	Ty: ナミイワタケ <i>Tylosis lichenoides</i>
		Pv: シコロサンゴの一種 <i>Pavona lata</i>	Ul: ボタンアオサ <i>Ulva conglobata</i>
		Sh: トゲサンゴ <i>Seriatopora hystrix</i>	
		T: クダサンゴ <i>Tubipora musica</i>	
		tA: 卓上ミドリイシ tabular <i>Acropora</i>	

コドラートの凡例

Index of the quadrat for monitoring

Coral Reef Monitoring in Sanur and Nusa Dua Coasts on Bali Island, Indonesia.

KAIGARA Toru^{*} and KOBAYASHI Motoharu^{**}

Abstract: Many resort hotels have been rapidly built along coasts of Sanur, Nusa Dua, and Kuta at the southern coasts of Bali Island. Their sewage has made the seawater in backreef moats eutrophic, and reef coral has decreased and seagrass has increased. Beach erosion here could have been caused by this exhausted reef providing beach sediments.

A series of coastal constructions rearrangements had been scheduled by the Indonesian Government to restore beaches here, and monitoring were supposed to be done to check the effects of the construction work to reef environments. The present paper shows the results of monitoring research by the quadrat method on only two transects at Sanur and Nusa Dua Coasts between 1992 and 1997. The quadrat used in 1992 was made of plastic ropes which were 1m by 1m with 0.5m divisions, and the quadrat used in 1997 was made of aluminum frames which were 1m by 1m with 0.1m divisions. The reef bottom was classified into three categories, namely seagrass, sessile animals, barren substrates. Seagrass was classified into three types, longer, shorter, and carpet-like, mainly based on the length of leaves. Sessile animals were living coral, dead coral, sponge, and sea anemones. Barren substrates were composed of sand, rubble and reef rock.

The coverages of seagrass increased obviously on almost all spots of two exemplified transects comparing in 1992 and 1997. Living coral seems to have been a little increasing on almost all spots of Sanur Coast and on the spot of the most seaward at Nusa Dua Coast.

Keywords: coral reef, environment, monitoring, Bali Island, Indonesia

^{*} Otemae University

^{**} Kansai University