

薩南諸島・馬毛島における高緯度サンゴ礁の掘削調査

Drilling Research of a high-latitude coral reef in Mage Island, Satsunan Islands, Japan

菅 浩伸 (Hironobu KAN)^{*1}, 中島洋典 (Yosuke NAKASHIMA)^{*2}, 大橋倫也 (Tomoya OHASHI)^{*1},
濱中 望 (Nozomu HAMANAKA)^{*3}, 岡本健裕 (Takehiro OKAMOTO)^{*1},
中井達郎 (Tatsuo NAKAI)^{*4}, 堀 信行 (Nobuyuki HORI)^{*5}

Four drilling cores are observed from a high-latitude coral reef at the northwestern Mage Island (N30°45'40"). The thickness of the Holocene reef is around 2.5m in the reef edge and 4m in the back reef. The Holocene thickness is relatively thin comparing to the modern reefs in the middle or the southern Ryukyu Islands. The reef structure shows a distinct zonal litho-facies arranging from the sea to the land: *in situ* encrusting coral facies, *in situ* tabular *Acropora* facies, reworked coral rubble facies. This zonal structure conforms to the ecological coral-zonation corresponding to the wave-energy gradient.

Keywords: Holocene, Coral Reef, Sedimentary Structure, Drilling, Southwestern Japan.

I. はじめに

近年、北緯 33 度 48 分の壱岐にてサンゴ礁が発見された (Yamano *et al.* 2001)。壱岐のサンゴ礁は主にキクメイシ (*Favia* sp.) によって内湾に形成されている礁であり、琉球列島で見られるミドリイシ類を主として強固な礁構造を形成するサンゴ礁とタイプが異なる。琉球列島で見られるサンゴ礁は、北限域で浅礁湖を欠く平坦で幅狭な礁原となる (堀 1980)。島をとりまくようにサンゴ礁の形成がみられるのは、吐噏列島小宝島 (29°13'N) が北限である (木庭ほか 1979)。更新統琉球石灰岩の北限も同島である (木庭 1980)。これ以北のトカラ列島および種子島・屋久島地域 (薩南諸島) では、島の海岸線のうちごく一部で縁脚縁溝系を伴ったサンゴ礁がみられる (中井 1984, 1990)。また、分布域も内湾に偏ってくる (Nakai 1992)。このような局所的に点在するサンゴ礁も北緯

30~31 度付近で消滅し、以北はミドリイシを主としたサンゴ群集が部分的にみられる海岸域となる。ここでは、群集下部に礁石灰岩など堆積層の形成はみられない。そして、北緯 33 度 48 分の壱岐で全く異なったタイプのサンゴ礁があらわれる。壱岐のサンゴ礁をどのように位置づけるかは、まだ議論が残る。

これまで、琉球列島では掘削調査や水路の露頭を用いた現成サンゴ礁の堆積構造の調査が行われてきた (小西ほか 1983, Takahashi *et al.* 1988, Kan *et al.* 1995, 1997, 佐々木ほか 1998, Kan and Kawana 2005 など)。しかし、琉球列島北部 (薩南諸島) において、海岸線のごく一部に小規模に発達する北限域サンゴ礁の堆積構造と形成過程を明らかにするための研究および試料はない。本研究では種子島北西に位置する馬毛島北西岸 (図 1) で行った現成サンゴ礁の掘削調査を基に、礁の堆積構造を明らかにする。

*1 岡山大学教育学部, 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

*2 有明工業高等専門学校, 〒836-8585 大牟田市東萩尾町 150

*3 岡山大学大学院自然科学研究科, 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

*4 国士舘大学文学部, 〒154-0017 世田谷区世田谷 4-28-1

*5 首都大学東京都市環境学部, 〒192-0364 八王子市南大沢 1-1

*1 Faculty of Education, Okayama Univ., 3-1-1 Tsushima Naka, Okayama 700-8530, Japan.

*2 Ariake National College of Technology, 150 Higashi Hagio-cho, Omuta 836-8585, Japan.

*3 Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama Univ., 3-1-1 Tsushima Naka, Okayama 700-8530, Japan.

*4 Dept. Geogr., Kokushikan Univ., 4-28-1 Setagaya, Setagaya-ku 154-0017, Japan.

*5 Dept. Geogr., Tokyo Metropolitan Univ., 1-1 Minami Osawa, Hachioji 192-0364, Japan.

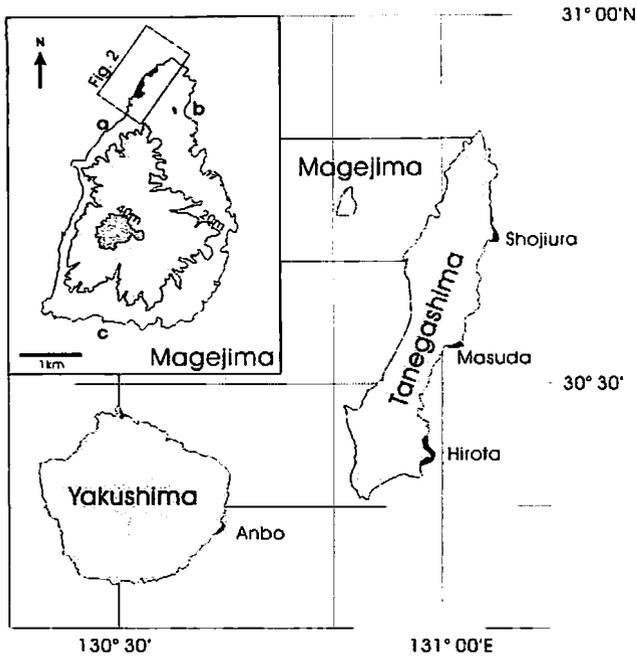


図1 種子島・屋久島地域のサンゴ礁分布と馬毛島の調査地域

海岸の黒ぬりで示した地域に現成サンゴ礁が分布する (中井 1984; 1990)。

II. 馬毛島の現成サンゴ礁

周囲約 12km の馬毛島では、島の周囲にミドリイン (*Acropora* sp.) を主とする造礁サンゴ群集がみられる (写真 1a~c)。ただし、現生サンゴ群集直下には基盤の第三紀層が露出しており、礁堆積層は形成されていない。

北西岸には島の周囲で唯一明瞭なサンゴ礁地形が認められる。湾入部に位置する岬港 (N30°45'40", E130°51'05") 付近の礁原幅が最も広い。ここでは礁縁から汀線まで 260m の平坦な浅礁湖 (礁池) をもたない地形が広がる。このうち陸側 25m は基盤岩の侵食プラットフォームである。礁原高度は礁縁部の縁脚上部のみ潮高基準面 (tidal datum) 付近であり、礁原面はそれより高く、最も高い部分では平均海面に達する。このため礁原のうち現生サンゴが生育しているのは礁縁部のみであり、全体としてわずかに離水したサンゴ礁である。礁縁部より 50m ほど陸側ではラピエ状の侵食地形を呈する (写真 2a, b)。礁縁部には縁脚・縁溝が発達し、縁脚の海側は 4~5m の急崖をもって下位の緩やかな斜面へと続く (写真 2c)。海側の水深 5m 以深の緩斜面には基盤岩である第三紀層の熊毛層群砂岩・泥岩が露出しており、ところどころに卓状ミドリインを主とした大規模なサンゴ

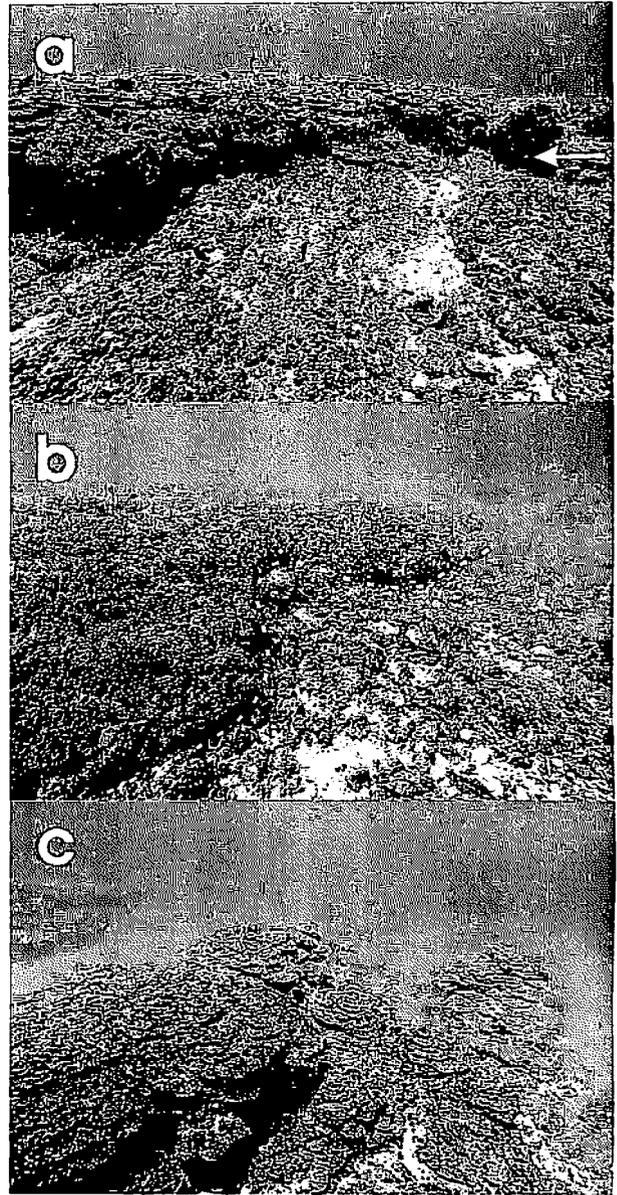


写真1 馬毛島周辺の造礁サンゴ群集

a~c は図1の a~c 地点に対応。a: 矢印より下に第三紀層。b: 破線より右は第三紀層が露出。

群集が発達している。ただし群集下部に礁堆積層は形成されていない (写真 2d)。

III. 掘削地点と掘削方法

馬毛島北西岸の岬港付近のサンゴ礁にて汀線に直行する側線を設け、礁縁部から礁原陸側端部付近にかけて 4 本の掘削を行った (図 2)。掘削には㈱ジオアクト製 水陸両用油圧式掘削機 (Geoact Oil-fluid Drilling - KAN Type) を用いた。本掘削機は水中で

薩南諸島・馬毛島における高緯度サンゴ礁の掘削調査

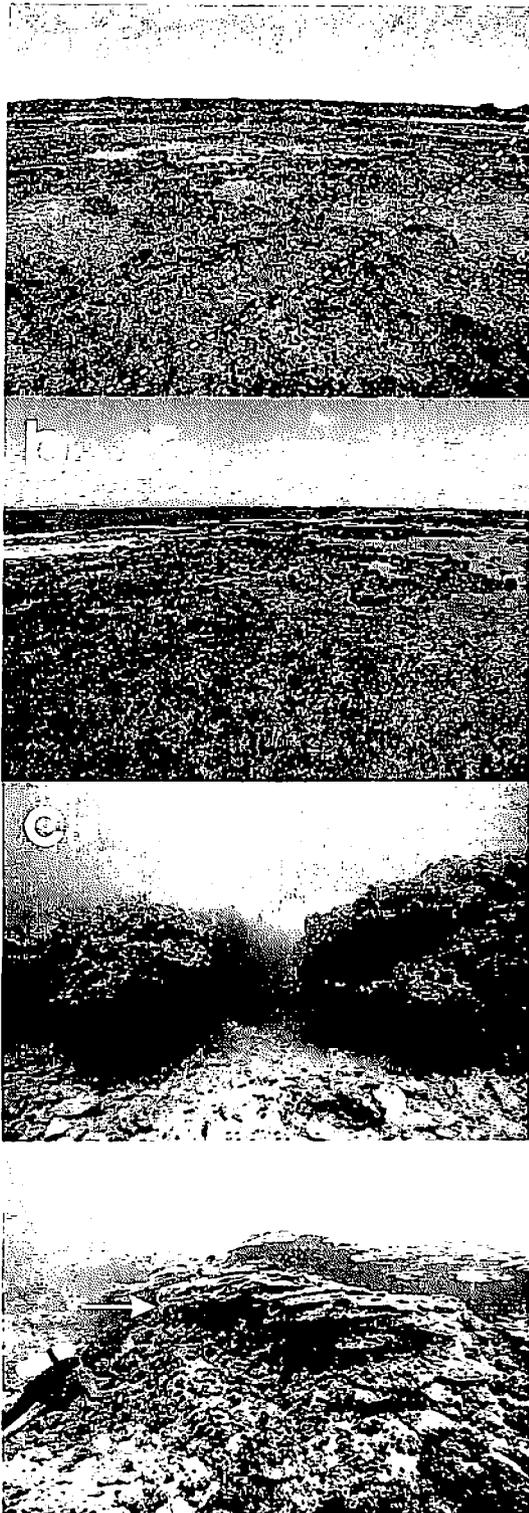


写真2 馬毛島北西岸・岬港付近のサンゴ礁地形

a: 礁原陸側部 (低潮時に Core Hole 2 より)。破線は掘削基線。b: 礁原海側部 (低潮時に Core Hole 2 より)。c: 礁縁部の縁脚・縁溝。d: 沖側の水深 5m 付近。矢印より下位は第三紀層であり、造礁サンゴ群集は堆積層を形成していない。

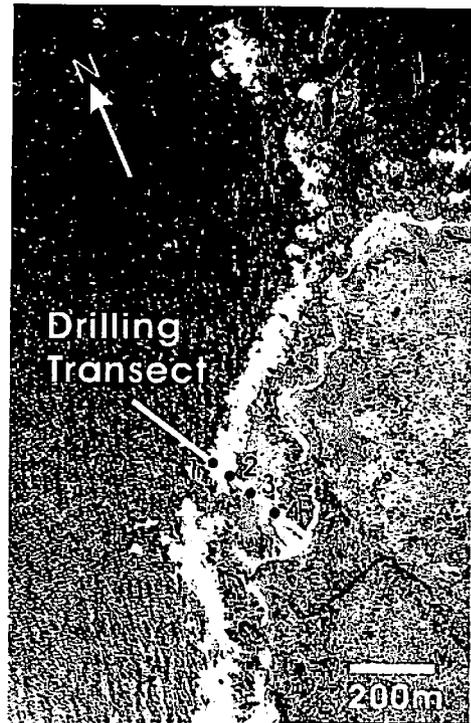


図2 馬毛島北西岸における掘削調査基線

ダイバーが操作できる簡易掘削機として開発した (菅ほか 1998)。今回使用した機材は平成 15 年度に岡山大学に導入した 2 号機である。馬毛島での掘削地点は全て潮間帯に位置するため、足場を組み、その上に掘削用マストを設置した。油圧ユニット・水ポンプは高潮時には小型船舶上に、低潮時には足場上に設置して駆動させた。掘削の模式図を図 3 に、掘削時の状況を写真 3 に示す。掘削はダブルコアチューブによる送水掘りを主とし、一部の砂泥層で無水掘削を行った。礁性石灰岩・第三紀層泥岩の掘削にはタングステンチップを埋め込んだメタルビットを使用し、第三紀層砂岩の掘削時のみダイヤモンドビットを使用した。

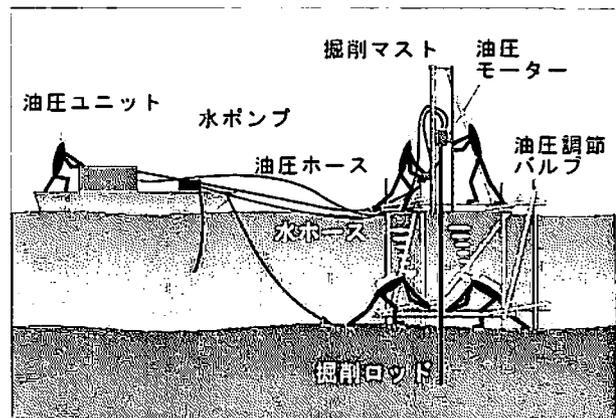


図3 掘削模式図

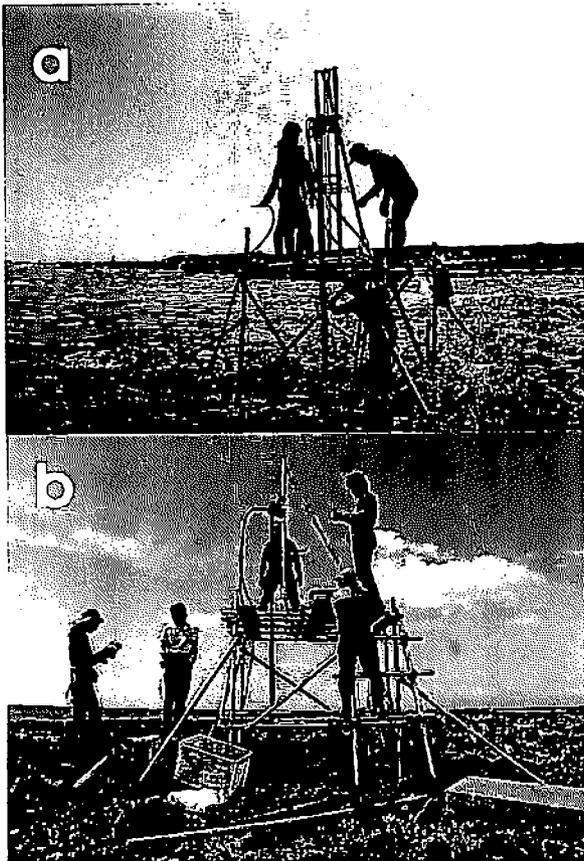


写真3 掘削状況

a : 礁縁部 Core Hole 1 の掘削。常に強い波浪を受ける礁縁部であるが、3週間の掘削期間中で1日だけ静穏な海況に恵まれた。b : Core Hole 2 の掘削。高潮時には掘削マスト付近で砕波するが、低潮時には干出する。

IV. 掘削コアの記載

(1) 各コアの掘削状況とコアの特徴

Core Hole 1 : 礁縁部に位置し、孔口高度は平均海面下 0.93m、掘削深度は 2.97m である。掘削深度 0~0.85m, 0.85~1.89m, 1.89~2.97m の3回の掘削を行い、掘削深度 2.25m (平均海面下 3.4~3.5m) で基盤の熊毛層群泥岩に到達した。得られたコアの上部約 1.5m が原地性皮殻状サンゴと固結礁性堆積物より成り、以深は原地性の卓状ミドリイシを主とする。基盤直上は層状石灰藻が覆っており、その上に原地性サンゴが載る(PLATE 1)。

Core Hole 2 : 礁縁部の Core Hole 1 より 55m 陸側に位置し、孔口高度は平均海面下 4cm、掘削深度は 3.0m である。0~0.91m, 0.91~0.965m, 0.965~1.19m, 1.19~1.36m, 1.36~2.08m, 2.08~2.28m, 2.28~3.00m の7回の掘削で基盤の熊毛層群泥岩に到達

した。完新統と基盤の境界は掘削深度 2.36~2.42m の間に斜めに入る。コアは全般に卓状・塊状ミドリイシを主とした原地性サンゴより成る部分が多い。基盤直上は層状石灰藻が覆っており、その上に原地性サンゴが載る(PLATE 2)。

Core Hole 3 : Core Hole 2 より 45m 陸側の礁原中央部に位置し、孔口高度は平均海面下 83cm、掘削深度は 3.95m である。礫質の堆積層であったためコア採取とケーシング挿入を繰り返しながら掘進した。掘進は、0~1.00m, 1.00~1.83m, 1.83~1.88m, 1.88~3.00m, 3.00~3.93m, 3.93~3.95m の6回、ケーシングは径 86mm を最上部の 100cm に、径 76mm を2回に分けて 265cm まで挿入した。3.93m (平均海面下 4.76m) で硬岩(熊毛層群砂岩)に達したため、ダイヤモンドビットに交換し掘進したが、ビットがくい込んだ砂岩を引きちぎることができず、コアバレルの引き上げ・回収に2日を要した。コアは最上部と最下部それぞれ 10cm 程度のみ原地性サンゴより構成され、その間はサンゴ礫および礁性砂より成る(PLATE 3)。

Core Hole 4 : Core Hole 3 より 80m 陸側、礁原部のうち完新世礁性堆積物より構成される最陸端(侵食プラットフォーム海側端部)より 65m 海側に位置する。孔口高度は平均海面下 13cm、掘削深度は 3.3m である。砂礫質の堆積層がみられたためコア採取とケーシング挿入を繰り返しながら掘進した。掘進は 0~1.00m, 1.00~2.05m, 2.05~3.00m, 3.00~3.30m の4回行った。ただし、2.05以深はコアの回収が難しく、無水掘削によって堆積物の一部を採取した。ケーシングは径 86mm を最上部の 100cm に、径 76mm を2回に分けて 275cm まで挿入した。掘削深 3.30m で硬岩に達した。ここでは基盤直上に砂岩の角礫が載り、その上位に黒灰色砂泥が載る。この黒灰色砂泥には岩石片・サンゴ片が含まれる。黒灰色砂泥の上位 40cm と掘削孔最上部の 50cm に原地性卓状ミドリイシ群体がみられ、その間の 80cm 分がサンゴ礫および礁性砂より成る。採取されたサンゴ礫は黒灰色を呈し、黒灰色砂泥中に堆積した礫とみられる(PLATE 3)。

4本の掘削での総掘進は 13.2m、総回収率は 64.3% であった。回収率は礁縁部の Core Hole 1 で 90.2%、Core Hole 2 で 82.3% に達するが、陸側の Core Hole 3 と 4 ではそれぞれ 43.2%、50.0% であった(表1)。

(2) 岩相区分

コアにて観察できる完新世堆積物は以下の層相・堆積層に区分できる。

1) 原地性皮殻状サンゴ相 (*in situ* encrusting coral facies) : 層状に産出する原地性皮殻状サンゴ・石灰藻とともに、強固に固結した礁性堆積物より成る。

薩南諸島・馬毛島における高緯度サンゴ礁の掘削調査

表1 掘削深度とコアの回収率

Core No.	Penetration Depth (cm)	Recovery (cm)	Recovery Ratio (%)	Recovery Ratio (%)
1	0-85	71	83.5	90.2
	85-189	104	100	
	189-297	93	86.1	
2	0-96.5	69	71.5	82.3
	96.5-119	18	80.0	
	119-136	16	94.1	
	136-208	55	76.3	
	208-228	14	70.0	
	228-300	72	100	
	300-395	25.5	26.8	
3	0-100	43	43.0	43.2
	100-183	45	54.2	
	183-188	5	100	
	188-300	52	46.4	
	300-395	25.5	26.8	
4	0-100	53	53.0	50.0
	100-205	67	63.8	
	205-275	17	24.3	
	275-300	12	48.0	
	300-330	16	53.3	
Total	1322	850.5		64.3

固結堆積物中には基盤の泥岩礫を含む。棒状コアとして採取され、回収率も高い。特に礁縁部の Core 1 上部にみられる。

2) 原地性卓状ミドリイシ相 (*in situ tabular Acropora facies*): 主に原地性の卓状あるいは板状ミドリイシ(*Acropora sp.*)より成る。棒状コアとして採取されることが多い。Core 1 下部, Core 2, Core 4 の最上部および基底砂礫相直上にみられる。

3) サンゴ礫相 (*reworked coral rubble facies*): サンゴ礫を主とする堆積相。Core 3 全般, Core 4 中層でみられる。皮殻状サンゴや厚い層状石灰藻の礫が多く、礁縁部の原地性サンゴより成る礁構造が破壊され、礫として背後に堆積したものであることを示唆している。

4) 黒灰色砂泥層: 未固結の砂泥。最陸方の Core 4 で完新世サンゴ礁構造の基底をなす。コアとしての回収は難しい。Core 4 では上位(掘削深 26cm 以深)の原地性サンゴやサンゴ礫も黒灰色に染まっていることから、湾入部陸側で黒灰色砂泥が堆積していたことが推定される。

5) 砂岩角礫層: 未固結の角礫(径 1~4cm)。熊毛層群砂岩起源。Core 4 最下部で完新世サンゴ礁構

造の基底をなす。

以上の層相区分を基にすると、各コアは以下のように区分できる。

Core 1 :	0~1.51m	原地性皮殻状サンゴ相
	1.51~2.25m	原地性卓状ミドリイシ相
	2.25m~	第三紀熊毛層群泥岩
Core 2 :	0~2.42m	原地性卓状ミドリイシ相
	2.42m~	第三紀熊毛層群泥岩
Core 3 :	0~0.12m	原地性皮殻状サンゴ相
	0.12~3.86m	サンゴ礫相
	3.86~3.93m	原地性皮殻状サンゴ相
	3.93m~	第三紀熊毛層群砂岩
Core 4 :	0~0.50m	原地性卓状ミドリイシ相
	0.50~1.71m	サンゴ礫相
	1.71~2.05m	原地性卓状ミドリイシ相
	2.05~2.75m	黒灰色砂泥
	2.75~3.30m	砂岩角礫

V. 完新世サンゴ礁の堆積構造

掘削によって明らかになった完新世サンゴ礁の堆積構造を図 4 に示す。礁縁部より外洋側では、現生サンゴ群直下は基盤岩であり、サンゴ群集が成立しているのみで堆積層はみられない。Riegl and Piller (1999, 2000)は、今後礁堆積層を形成する可能性があるサンゴ群集が面的に広がる状態を *coral carpet* と称したが、馬毛島の外洋側でみられるサンゴ群集はこの状態に近いものとみられることも可能であろう。

礁縁部より陸側の礁原部はサンゴ礁としての堆積層を有する。ここでの完新統の層厚は最大で 3.93m (CH-3)であり、海側の CH-1, 2 では基盤高度がやや高いため層厚が 2.5m 程度となる。礁縁部の Core Hole 1 から得られた基盤深度は礁縁部の急崖基部あるいは縁溝底より浅い。Core Hole 1 周辺の礁縁部における縁溝壁面では礁石灰岩と基盤岩(第三紀熊毛層群)との境界が観察できるが、その高度は平均海面下 2.5~3.6m に位置する。この高度は Core Hole 1 の掘削によって得られた基盤高度と調和的であり、馬毛島北西岸のサンゴ礁礁縁部にみられる急崖・縁溝は、縁脚での礁成長だけでなく、礁前縁・縁溝での基盤岩の侵食もあわせて形成されたことを示している。同様な礁縁部の構造は種子島南東部でも報告されている(中井 1984)。

最も陸側 Core Hole 4 の完新統下部には黒灰色砂泥の堆積がみられる。基盤高度の分布から、掘削断面付近では礁形成前に Core Hole 3 付近を最深部とする皿状の地形が広がっていたことが推定できる。特に湾奥部に位置する Core Hole 4 付近では陸源砂泥が堆積する内湾的環境であったと考えられる。

完新世サンゴ礁の堆積構造では礁縁部から陸側に

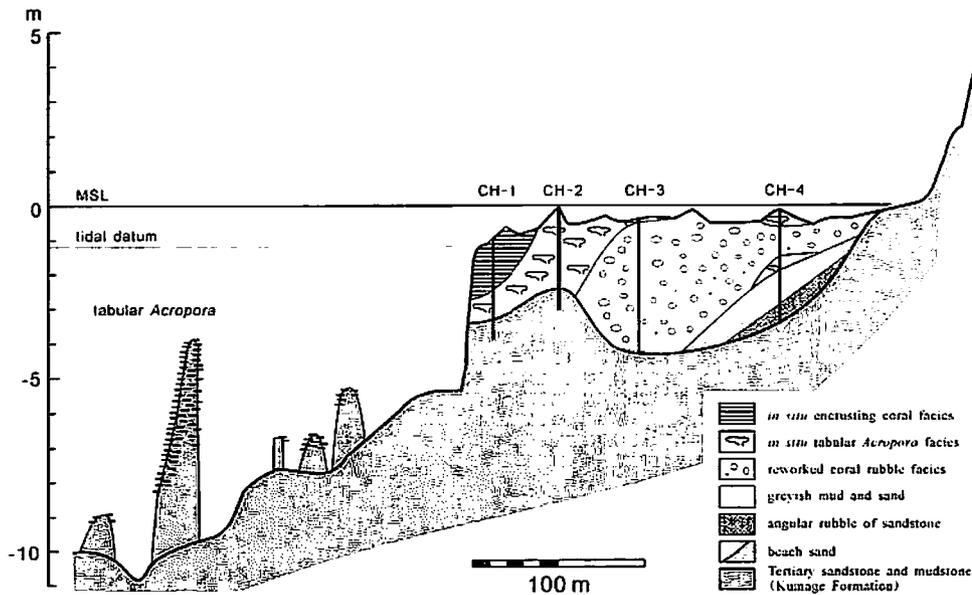


図4 掘削断面の堆積構造

かけての波浪営力勾配に対応した、帯状の堆積構造が認められる。この帯状構造は営力勾配に対応した現生サンゴ群集の帯状配列 (Done 1983 など) と調和的である。礁縁上部では波浪強度の強い地域で生息する皮殻状サンゴ・石灰藻の累重とその間の強固に固結した礁性堆積物が特徴的である。その陸側に卓状・板状のミドリイシよりなる堆積構造がみられ、ここまでが礁主体相を形成している。

礁前縁部に発達する礁主体相の背後にはサンゴ礫・礁性砂が堆積する。ここで礫を構成している生物遺骸には、礁縁部で特徴的にみられる石灰藻・皮殻状サンゴが多く含まれる。このためこれらの礫は礁縁部付近から波浪によって剥離・運搬されたものと考えられる。礁縁部が形成された後の、礁背後 (back-reef) での礁性砂礫の堆積は、礁原の陸側への拡大に重要な役割を果たす (Kan and Hori 1993, 菅 2001)。

なお、最も陸側 Core Hole 4 にも卓状ミドリイシ相がみられる。礁形成初期に礁前縁部における消波構造が十分形成されていない完新世高エネルギーウィンドウと呼ばれる状態 (Hopley 1984, 菅 2002) で成長・堆積したと思われる。

ボーリングコアより 12 試料の放射性炭素年代値を得た。礁主体相の形成は約 6,500 cal yBP 以降の 2,000 年間に形成されている。形成開始時期は完新世最暖期にあたり、鹿児島湾まで黒潮暖水舌が恒常的に流入していたと推定される時期 (大木 2002) と同調する。年代値の詳細と礁形成過程の議論は別稿にて行う予定である。

VI. おわりに

本研究で馬毛島北西岸の北限域サンゴ礁にて掘削調査を行った結果、全完新統の構造を得ることができた。完新統の層厚は 2~4m 程度であり、琉球列島中南部の現成礁と比して薄い。また、堆積層は礁原部のみでみられる。礁の堆積構造は海側で礁主体相、陸側で礁性砂礫によって構成されている。礁主体相は海側から原地性皮殻状サンゴ相、原地性卓状ミドリイシ相が配列し、波浪強度に応じた帯状構造が認められた。

謝辞：株式会社ジオアクトの安達 寛氏には、ボーリング機の開発・作成から現地での掘削まで本研究の根幹を支えるご助力をいただいた。現地調査では種子島の平原月人氏、林 哲郎氏の手厚い協力を得た。また、西之表市役所の関係部署の方々にも協力いただいた。調査には岡山大学大学院生の鳥取海峰氏、吉水剛志氏の協力を得た。記して感謝いたします。本研究は平成 15~18 年度科学研究費 (基盤 B) 課題番号 15300303 (研究代表者：菅 浩伸) の成果の一部である。

VII. 引用文献

- Done, T.J. (1983) Coral Zonation: its nature and significance. In: Barnes, D.J. (ed.) *Perspectives on coral reefs*, Australian Institute of Marine Science, 107-147.
- Hopley, D. (1984) The Holocene 'high energy window' on the

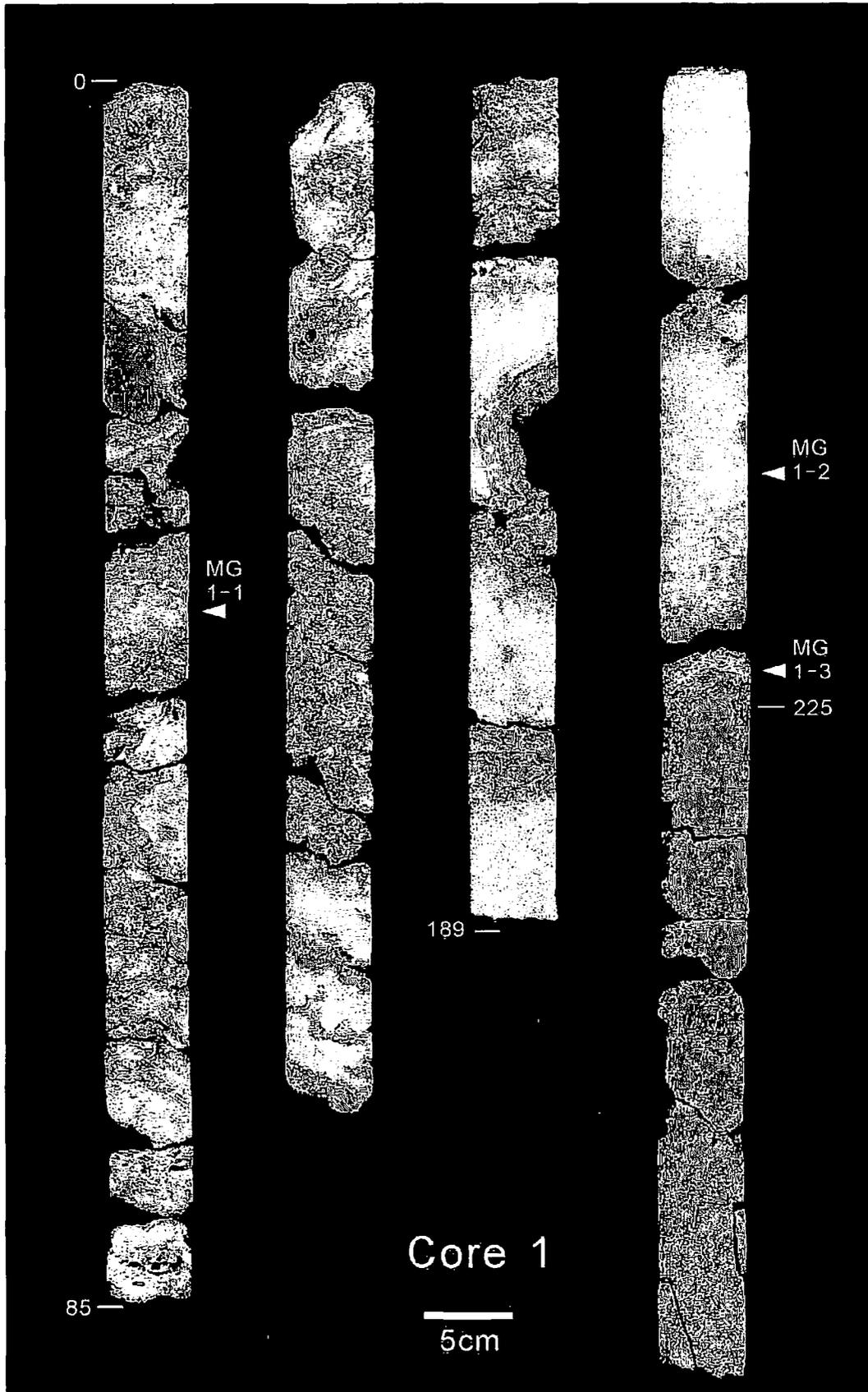
薩南諸島・馬毛島における高緯度サンゴ礁の掘削調査

- Central Great Barrier Reef. In Thom, B.G. (ed.) *Coastal geomorphology in Australia*, Academic Press, 135-150.
- 堀 信行 (1980) 日本のサンゴ礁. 科学, 50, 149-160.
- Kan, H. and Hori, N. (1993) Topographic formation on the well-developed fringing reef-flat, Minna Island, the central Ryukyus. *Transactions Japanese Geomorphological Union*, 14, 1-16.
- Kan, H., Hori, N., Nakashima, Y. and Ichikawa, K. (1995) Narrow reef flat formation in a high-latitude fringing reef. *Coral Reefs*, 14, 123-130.
- Kan, H., Hori, N., Kawana, T., Kaigara, T. and Ichikawa, K. (1997) The evolution of a Holocene fringing reef and island: reefal environmental sequence and sea level change in Tonaki Island, the central Ryukyus. *Atoll Research Bulletin*, No.443, 1-20.
- 菅 浩伸, 安達 寛, 中島洋典, 内藤玄一 (1998) サンゴ礁の水中ボーリング技術の開発とその科学的必要性. 地質ニュース, No.527, p.43-47.
- 菅 浩伸 (2001) 南西諸島を縁どるサンゴ礁海岸. 米倉伸之ほか編『日本の地形1 総説』7-5章(3), 東京大学出版会, 255-258.
- 菅 浩伸 (2002) サンゴ礁の形成過程と沿岸の環境変化—海面上昇と完新世高エネルギーウィンドウの再来—. 日本海水学会誌, Vol. 56, p.123-127.
- Kan, H. and Kawana, T. (2005) 'Catch-up' of a high-latitude barrier reef by back-reef growth during the post-glacial sea-level rise, Southern Ryukyus, Japan. *Proc. 10th International Coral Reef Symposium*, in press.
- 木庭元晴, 中田 高, 渡辺佐知子 (1979) 琉球列島, 宝島・小宝島の第四紀後期離水サンゴ礁と完新世後期の海水準. 地球科学, 33, 173-191.
- 木庭元晴 (1980) 琉球層群と海岸段丘. 第四紀研究, 18, 189-208.
- 小西健二, 辻 喜弘, 後藤十志朗, 田中武男, 二口克人 (1983) サンゴ礁の多孔浅層掘削—喜界島における完新統の例—. 海洋科学, 15, 154-164.
- 中井達郎 (1984) 種子島の現成サンゴ礁地形. 日本地理学会予稿集, No.26, 96-97.
- 中井達郎 (1990) 北限のサンゴ礁—サンゴ礁とは—. 「暑い自然—サンゴ礁の環境史—」, 古今書院, 57-65.
- Nakai, T. (1992) The geomorphological characteristics of northern-most coral reefs in the northwest Pacific. *Abst., 7th Int. Coral Reef Symp.*, 75.
- 大木公彦 (2002) 鹿児島湾と琉球列島北部海域における後氷期の環境変遷. 第四紀研究, 41, 237-251.
- Riegl, B. and Piller, W. (1999) Coral frameworks revisited—reefs and coral carpets in the northern Red Sea. *Coral Reefs*, 18, 241-253.
- Riegl, B. and Piller, W. (2000) Reefs and coral carpets in the northern Red Sea as models for organism-environment feedback in coral communities and its reflection in growth fabrics. In: Insalaco, E. et al. (eds.) *Carbonate platform system: components and interactions*. Geol. Soc. London Spec. Pub., 178, 71-88.
- 佐々木圭一, 大村昭雄, 太田陽子, 村瀬 隆, 吾妻 崇, 小林真弓, 伊倉久美子 (1998) 南西諸島喜界島の志戸桶北海岸における完新世海退性サンゴ礁段丘の形成過程. 第四紀研究, 37, 349-360.
- Takahashi, T., Koba, M. and Kan, H. (1988) Relationship between reef growth and sea level on the northwest coast of Kume Island, The Ryukyus: data from drill holes on the Holocene coral reef. *Proc. 6th International Coral Reef Symposium*, 3, 491-496.
- Yamano, H. Hori, K., Yamauchi, M., Yamagawa, O., Ohmura, A. (2001) Highest-latitude coral reef at Iki Island, Japan. *Coral Reefs*, 20, 9-12.

PLATE 1~3 馬毛島北西岸のサンゴ礁より採取したボーリング・コア

棒状コア部分の半割写真。掘削深度の単位は cm。
◁ 印は年代測定試料採取位置。

PLATE 1



薩南諸島・馬毛島における高緯度サンゴ礁の掘削調査

PLATE 2

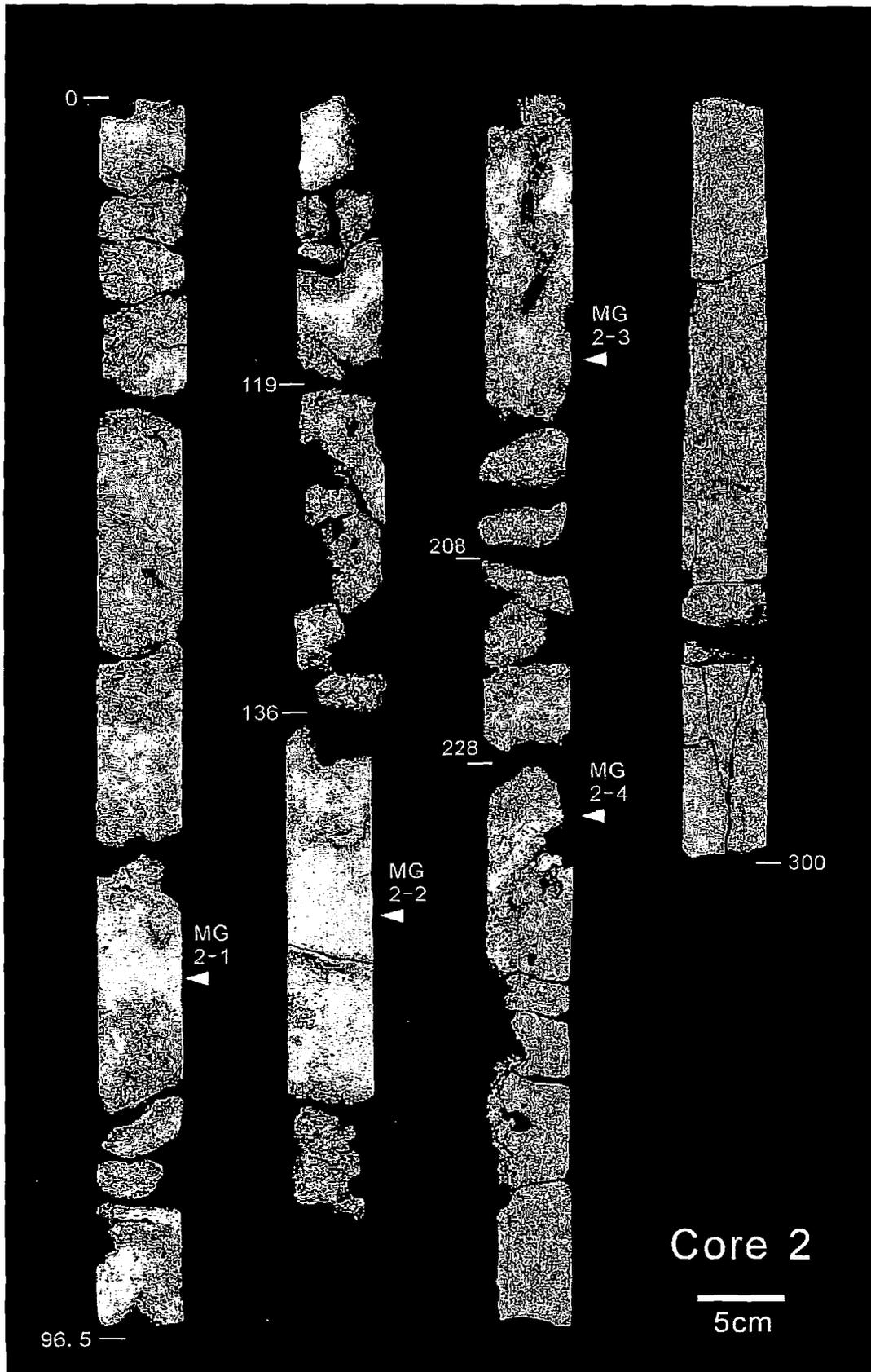


PLATE 3

