

456.8
00

南・北大東島の離水サンゴ礁からみた 第四紀地殻変動の特性

(課題番号：62302062)

昭和62・63・平成元年度科学研究費補助金（総合研究A）

研究成果報告書

平成2年3月

2317362

横浜国立大学

研究代表者 太田陽子

(横浜国立大学教育学部地理学教室)

Characteristics of Quaternary Tectonic Movement Estimated from
Uplifted Coral Reefs of Daito Islands, the Ryukyus, Japan.
Report for Grant-in-Aid for Scientific Research (Co-operative
Research A). March 1990

Project leader: Yoko Ota

Yokohama National University, Yokohama, Japan



1. 南大東島（手前）と北大東島（左上）の全景（共同航空（株）による）。

2. 北大東島海水浴場（N-1）における原地性サンゴ（地点N-1-C）。



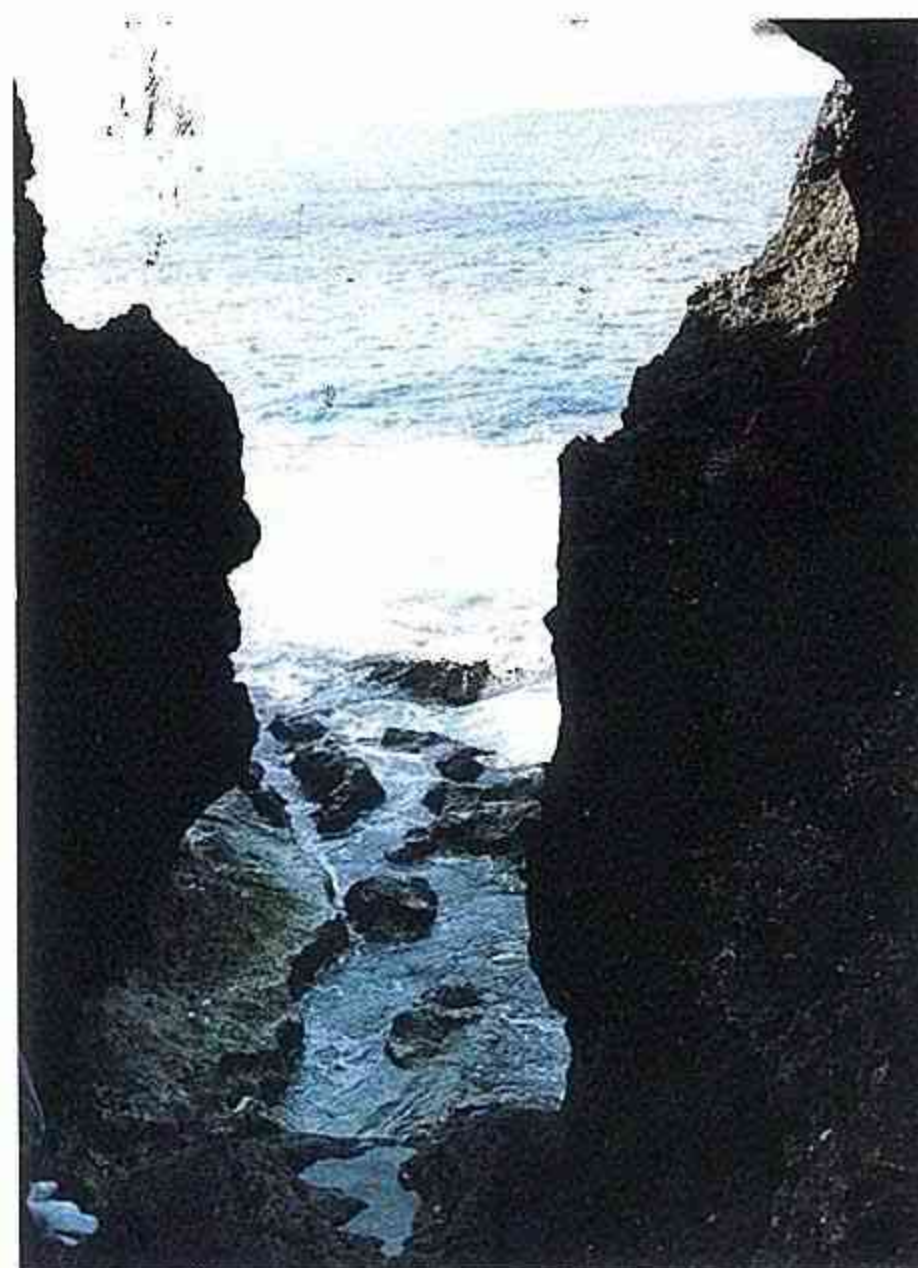
4. 北大東島西港付近のサーフベンチとポットホール。



3. 北大東島での半沢教授らによるボーリング記念碑。



5. 北大東島西港北（N-2）の大きなフィッシャーとその壁面のノッチ。



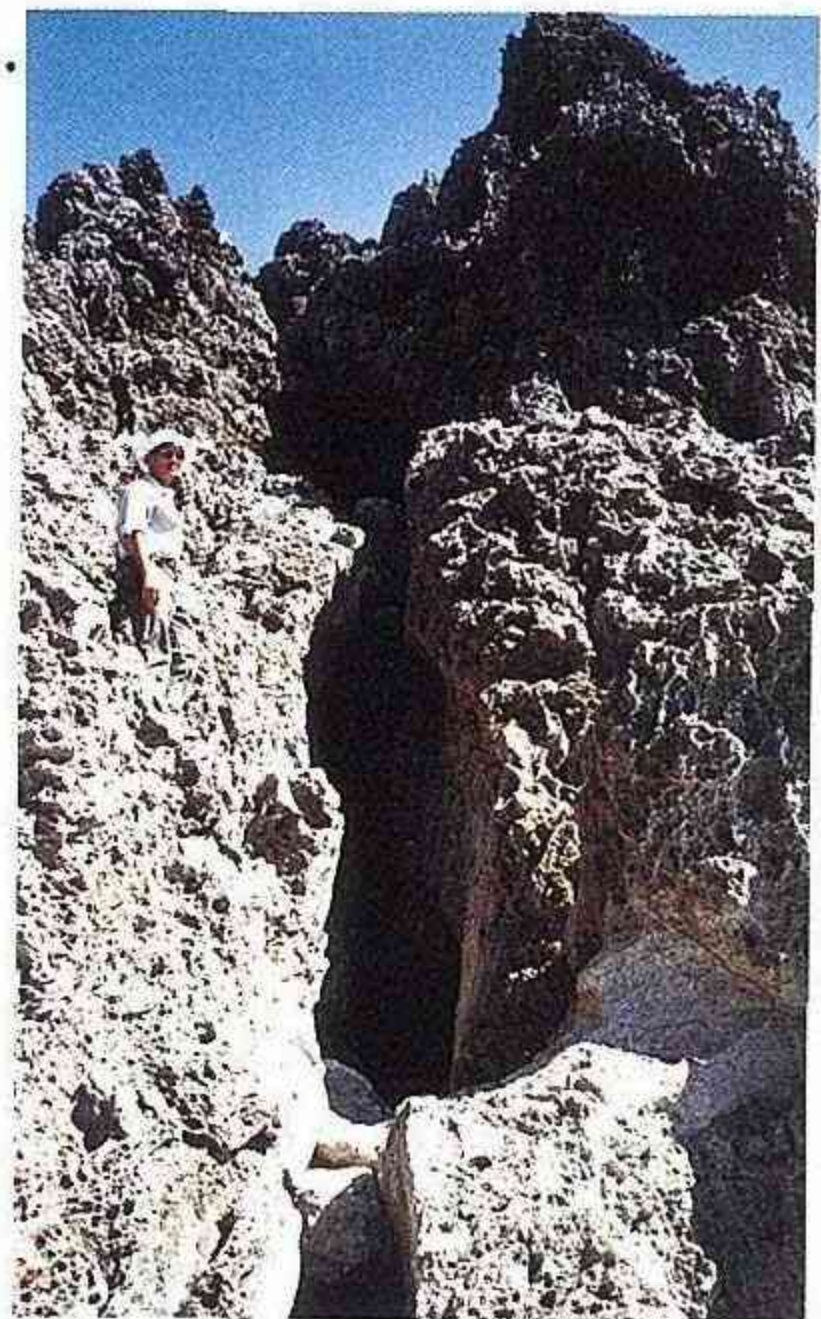
6. 南大東島海軍棒 (S-1) 付近の地形. やや平坦な部分に最終間氷期 (isotope stage 5e) の現地性サンゴが付着している.



7. 南大東島山羊鼻 (S-3) 付近の地形. ここでもやや平坦な部分に stage 5eにあたる現地性サンゴが付着している.

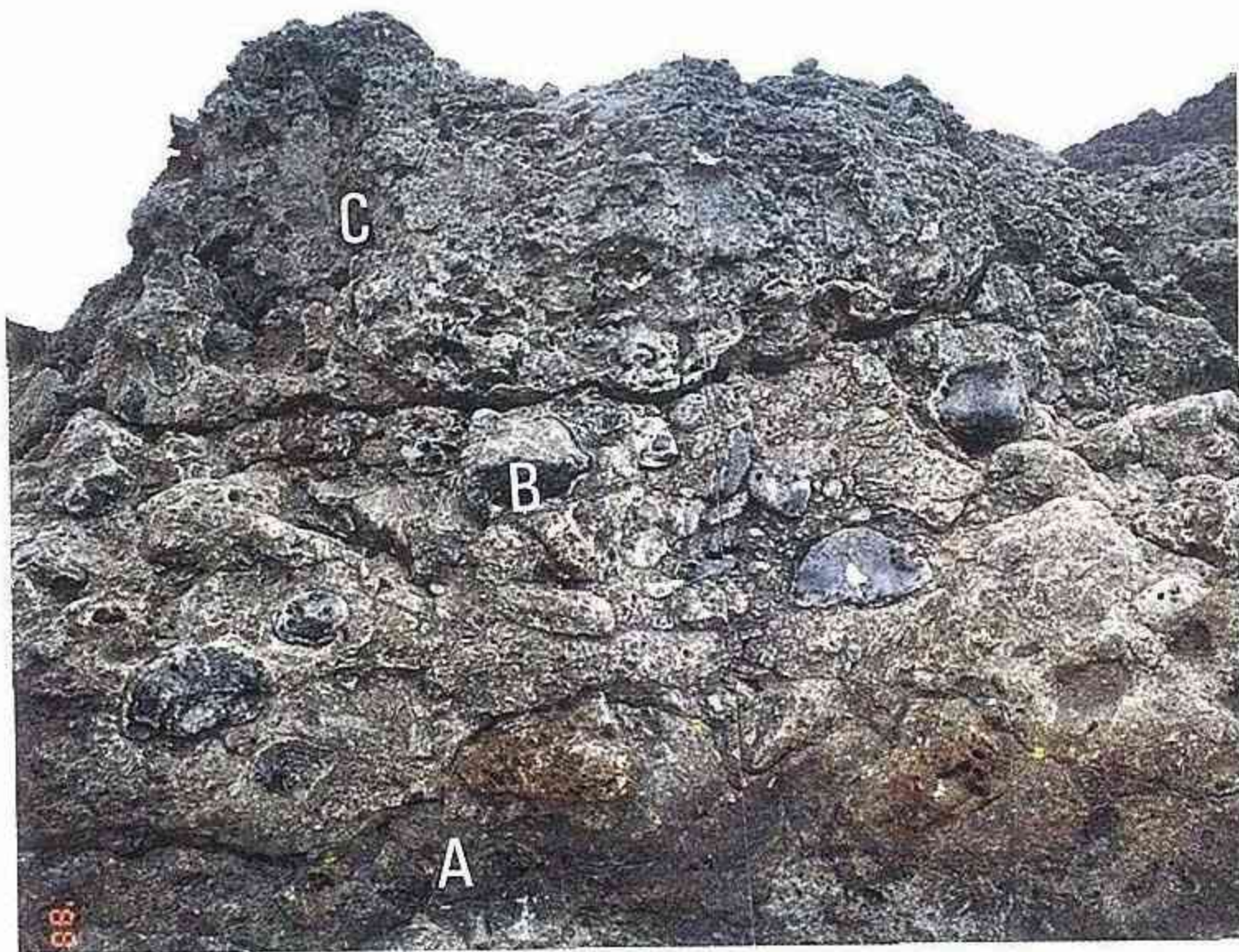


8. (右) 南大東島部長釣場 (S-2) の大きなフィッシャー. 写真下部に現地性サンゴ (S-2-A) がある.



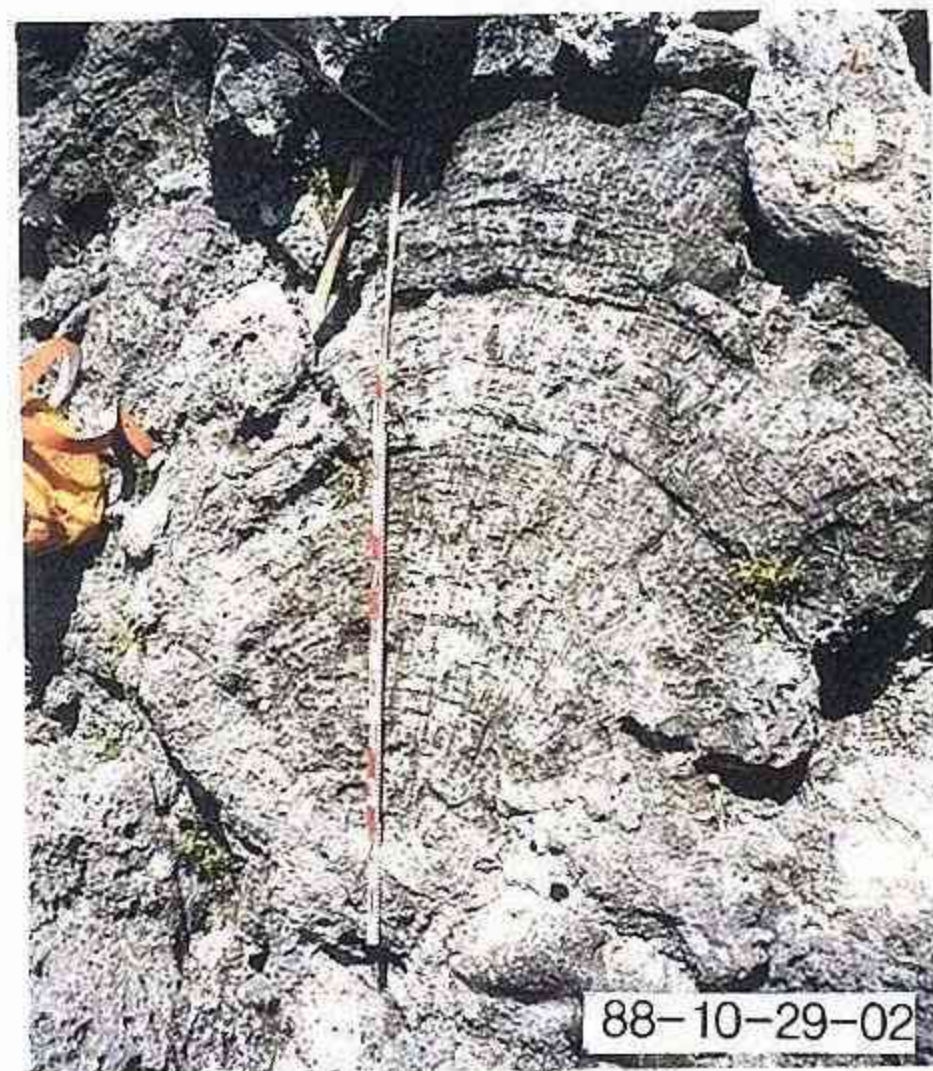
9. (下) S-2 付近の現成のサーフベンチ.



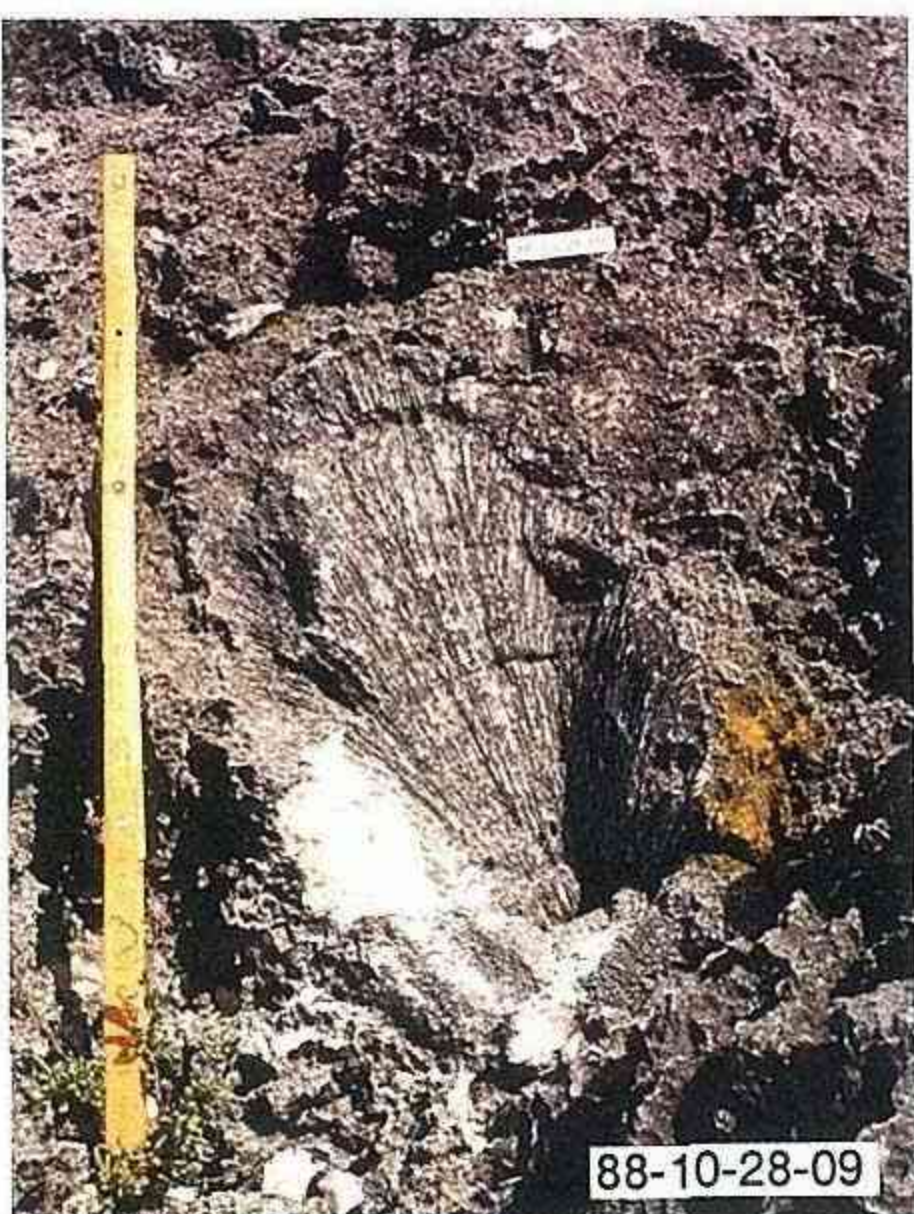


10. 南大東島海軍棒 (S-1) 東端
付近の露頭。
A: 礫質石灰岩 (サンゴおよび
大東苦灰岩を礫として含む),
B: 礫質石灰岩 (サンゴ礫を主と
する),
C: 現地性サンゴが主要構成物の
石灰岩.

11. 南大東島海軍棒, S-1-W付近の皮殻状石灰藻.



13. 南大東島海軍棒, S-1-Iの現地性サンゴ.



14. 南大東島海軍棒 (S-1) におけるサンゴ礫.



総合研究(A) 南・北大東島のサンゴ礁段丘からみた第四紀地殻変動の特性

目次

I. まえがきおよび研究の概要	1
1. まえがき	1
2. 研究の概要	2
3. 英文要旨 (Abstract)	4
II. 地域の概略	6
1. 大東諸島周辺の海底地形	6
2. 南・北大東島の地形概略	7
III. 琉球列島のサンゴ礁段丘の年代に関する従来の研究と本研究の目的	10
IV. 調査・研究方法	16
1. 全般	16
2. 年代測定	17
V. 北大東島の調査結果	24
1. 調査地域の地形・地質とサンゴの産出状態	24
2. 試料の記載	33
3. N-1, EF断面の記載と解釈	40
4. 230-Th/234-U年代	45
5. ESR年代と230-Th/234-U年代との比較	47
6. まとめと問題点	49
VI. 南大東島の調査結果	50
1. 調査地域の地形・地質とサンゴの産出状態	50
2. 試料の記載	59
3. 230-Th/234-U年代	69
4. 非破壊方法 (226-Ra/238-U γ 測定) による年代	71
5. まとめと問題点	73
VII. 地殻変動に関する考察	74
VIII. 結果の要約と今後の問題	77
付録 1. 講演要旨	80
付録 2. 沖大東島の地形	87
付録 3. 琉球列島年代資料	90

I. まえがきおよび研究の概要

1. まえがき

南・北大東島はフィリピン海プレート上に位置し、琉球海溝より西側に位置する他の琉球列島の島々とは異なった地殻変動域に属している。また、上記両島は世界でも稀な隆起環礁として知られ、第四紀に上下変動の向きが逆転したと推定される。本研究は、これら両島を主研究対象とし、離水サンゴ礁からなる段丘の精査を行い、礁石灰岩の年代測定および高度測定に基づいて、第四紀の地殻変動速度を求め、あわせて他の島々との比較により、地殻変動の地域的特色を明らかにしようとするものである。

本研究は3年間にわたる総合研究として行われたが、年代測定の一部はまだ続行中である。したがって、結果の詳細な考察と議論は予定中の投稿論文で行い、本報告書では今までに得られた資料と成果を記載し、あわせてすでに発表した講演要旨を再録する。各項目は分担して執筆したが、以下の内容はいうまでもなく共同研究として得られたものである。執筆名を記入していない。主な分担は、両島の地形調査結果の整理と全体の調査総括、関連地域の調査（太田）、両島および関連地域の化石サンゴの $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法による年代測定（太田）、同じくESR法による年代測定（木庭）、南大東島の地形観察と同島の化石サンゴの非破壊法（ $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$, γ 線測定）による年代測定および沖大東島の調査（河名）である。成果の考察は別記の研究協力者を含む全員で行った。

本研究の実施に当たり、宮内崇裕、池田すみ子、田村誠、岩田秀樹、山口勝の諸氏には地形調査、年代測定に多くの協力を得たので、研究協力者としてとくに別記した。そのほか、東北大学理学部の井龍康文氏には石灰藻の同定を、琉球大学の青木大繁氏には同大学放射性同位元素等取扱施設の機器による非破壊法による年代測定をお願いした。ESR測定は大阪大学池谷元何研究室において、エックス線回折は関西大学青山千彰研究室で行った。ウラン、トリウム定量に際しては京都大学原子炉実験所の高田実弥氏、蛍光エックス線分析は関西大学の安藤進氏に、 γ 線の照射は大阪大学産業研究所の池田稔治氏のお世話になった。北大東島村役場からは測量用具の一部を貸していただいた。報告書にいられた図の製図は横浜国立大学の藤森孝俊、楠静子、小田切聡子、三宅順子さんによる。以上の方々および諸機関に厚くお礼を申し上げます。

1990年3月10日

研究代表者 太田陽子

2. 研究の概要

課題番号：62302062

研究課題：南・北大東島の離水サンゴ礁からみた第四紀地殻変動の特性

研究組織：

研究代表者	研究者番号	氏名	所属・官職
	281780017714	太田陽子	横浜国立大学教育学部教授
研究分担者	401170019488	大村明雄	金沢大学理学部助教授
	391530011563	米倉伸之	東京大学理学部助教授
	430660044955	河名俊男	琉球大学教育学部助教授
	490340141949	木庭元晴	関西大学文学部助教授
研究協力者		宮内崇裕	千葉大学理学部助手
		池田すみ子	大阪大学大学院
		田村 誠	関西大学大学院
		岩田秀樹	金沢大学大学院
		山口 勝	横浜国立大学大学院

研究費：	1987年度	3,900,000	円
	1988年度	3,500,000	円
	1989年度	3,600,000	円
	計	11,000,000	円

研究発表：

(1)学会誌等

Koba, M., Tamura, M., Ikeya, M., Miki, T., Kaigama, H., Nakashima, H., and Kan, H. (1987) : Quaternary shorelines and crustal movements in Minamidaito Jima, northwestern Pacific. In Qin and Zhao eds. Late Quaternary Sea Level Changes. 188-198.

太田陽子・米倉伸之 (1988) : 日本における段丘・低地研究の現状と問題点 - 日本第四紀地図の作成を通して - . 第四紀研究, 26, 211-216.

大村明雄 (1988) : 中部琉球喜界島の地史 - 琉球石灰岩産サンゴ化石のウラン系列年代のまとめとして - . 地質学論集, 29, 253-268.

大村明雄 (1988) : ウラン系列年代測定法. 地質学論集, 29, 107-127.

Kawana, T. and Pirazzori, P. A. (1990) : Re-examination on the Holocene emerged shorelines in Irabu and Shimoji Islands, the South Ryukyus, Japan. 第四紀研究, 28, 419-426.

太田陽子・大村明雄・木庭元晴 : 北大東島の隆起サンゴ礁の地形と放射年代. 第四紀研究 (投稿準備中)

大村明雄・岩田秀樹・太田陽子・木庭元晴・河名俊男；南大東島の隆起サンゴ礁の地形と放射年代. 第四紀研究（投稿準備中）

木庭元晴・池田すみ子・田村誠；南・北大東島の隆起サンゴ礁のESR年代. 第四紀研究（投稿準備中）

Ota, Y. and Omura, A.: Comparison of uplift rate of coral reef terraces on the Ryukyus and its implication. Quaternary Research(in prep.)

Ota, Y., Omura, A. Koba, M., Kawana, T. and Miyauchi, T.: Characteristics of Quaternary tectonic movement of Minami and Kita-Daito Islands as deduced from radiometric ages of coral reef terraces. Tectonophysics(in prep.)

(2)口頭発表

太田陽子・大村明雄・木庭元晴・河名俊男・宮内崇裕；南・北大東島の第四紀地殻変動の特性——予察的考察——. 1989年度日本第四紀学会講演要旨集, 19, 28-29, 1989年8月18日

大村明雄・太田陽子・木庭元晴・岩田秀樹；沖縄県北大東島産更新世サンゴ化石の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代. 1989年度日本第四紀学会講演要旨集, 19, 30-31, 1989年8月18日

岩田秀樹・大村明雄・太田陽子・木庭元晴・河名俊男；沖縄県南大東島産更新世サンゴ化石の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代. 1989年度日本第四紀学会講演要旨集, 19, 32-33, 1989年8月18日

大村明雄・岩田秀樹・太田陽子・木庭元晴・河名俊男；南北大東島産サンゴ化石のウラン系列年代. 日本古生物学会1990年大会講演要旨, 1990年2月3日

Ota, Y., Omura, A., Koba, M., Kawana, T. and Miyauchi, T.: Late Quaternary uplift rate of Daito Islands estimated from radiometric age of coral limestone. 1990, International Workshop on Quaternary Sea-level Change, 1990年3月18日

Omura, A. and Ota, Y. Comparison of uplift rate of Kikai Island and Hateruma Island based on radiometric age of coral reef terraces. 1990, International Workshop on Quaternary Sea-level Change 1990年3月18日

Koba, M. Age of the Ryukyu Limestone. 1990, International Workshop on Quaternary Sea-level Change, 1990年3月18日

(3)出版物

河名俊男；琉球列島の地形. 新里図書出版, 127p, 1988年

3. 英文要旨 (Abstract)

Characteristics of Quaternary tectonic movement estimated from uplifted coral reefs of Daito Islands, the Ryukyus, Japan

Project leader, Yoko Ota

Daito Islands, raised atolls consisted of three islands. Kita (North) Daito, Minami(South) Daito and Oki Daito, are located on the Philippine Sea Plate, off east of the Ryukyu Trench. We have studied raised coral reefs surrounding these islands in order to know nature and rate of Quaternary vertical movements, with special reference to a comparison of those on other islands of the Ryukyus, located on the Eurasian Plate being subducted by the Philippine Sea Plate.

On Kita and Minami Daito, raised landforms such as emerged noches or benches were examined and autochthonous corals were carefully observed and sampled. Some of allochthonous corals were also examined and sampled. The height of landforms and sampling sites were measured by EDM based on the height of trig point nearby. Four locations(N1-N4) were studied on Kita Daito and three locations(S1-S3) from Minami Daito. In total 58 autochthonous corals(14 from Kita Daito and 44 from Minami Daito) and 32 allochthonous corals (25 from Kita Daito and 7 from Minami Daito) were dated by $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ methods. Some corals were also dated by ESR method and $^{220}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ method.

The upper limit of occurrence of autochthonous corals is 8.1 m on Kita Daito and 11m on Minami Daito. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ages ranges from 113 ± 6 to 133 ± 6 ka on Kita Daito and 116 ± 6 to 151 ± 9 ka on Minami Daito. Most of allochthonous corals, however, concentrate in age of c. 120-125 ka on both islands and are considered to represent the high sea level of the last interglacial maximum, corresponding to the isotope stage 5e. Occurrence of calcareous algae at c. 10m above sea level, associated with autochthonous corals indicates that these corals were grown in very shallow water depth close to the sea level. Former sea level heights judged by the presence of raised landforms are also c.10m on Kita Daito and 12.7m on Minami Daito. Therefore, an

average uplift rate of these islands is estimated to be less than 0.05 m/ka. This is significantly lower than the uplift rate of Kikai Island (c. 1.5m/ka) and even Hateruma Island (0.3m/ka), both of which are located close to the Ryukyu Trench and on the Eurasian Plate itself. This indicates the difference of vertical movement on the Eurasian Plate and Philippine Sea Plate. Occurrence of some allochthonous corals, dated at c. 100 to 80 ka suggests that corals younger than isotope stage 5e probably exist, but below the present sea level, because of the small uplift rate of these islands.

Daito Islands are famous raised atolls, surrounded by a series of raised fringing reefs. Above-mentioned dated corals are taken from the lowest raised coral reefs. Such a characteristic of coral reefs suggests that at first a significant relative submergence should occurred for the formation of atolls, then, considerable emergence should follow for the emergence of atoll and formation of a series of step-like raised fringing reefs. It is certain, therefore, that these islands have experienced significant changes in sense of vertical movement during the Quaternary, although it is difficult to estimate the sequence of uplift rate because the corals older than the last interglacial are too much recrystallized for dating.

The change from subsidence to uplift may be the result of upwarping of the western part of the Philippine Sea Plate just prior to the subsidening under the Eurasian Plate due to the northward movement of Philippine Sea Plate. Very small uplift rate deduced from the age and height of the corals correlated with isotope stage 5e may suggest that these islands have started to subduct beneath the Eurasian Plate.

II. 地域の概略

1. 大東諸島周辺の海底地形

フィリピン海北西部には、九州-パラオ海嶺、奄美海台、大東海嶺、沖大東海嶺といった地形の高まりの列が存在する(図1)。大東海嶺は水深2000-3000mで西に向かって高くなる。大東海嶺の長さは約600kmで西北西-東南東にのび、琉球海溝においてユーラシアプレートに沈み込んでいる。南・北大東島は、このフィリピン海プレート上の大東海嶺西部に位置する隆起環礁(青木, 1934)であり、沖縄島から東へ約340kmの距離にある。

大東海嶺からは、安山岩や角閃石片岩など(時代未詳)や始新世中期(約45 Ma)の大型有孔虫(生息水深は海面すれすれの浅海)がドレッジされた。これらは、この海嶺が九州-パラオ海嶺と同時代(白亜紀中期-始新世末期)に島弧の一部として活動し、その後活動を停止して約2000m沈降し(Shiki et al., 1975; Konda et al., 1977)、平坦部は堆積物におおわれて現在にいたっていることを示している。北大東島で1934および1936年に行われたボーリング調査でも、中新世初期以来沈降を続けてきたことを示すサンゴ質石灰岩が採取されている(Hanzawa, 1939)。

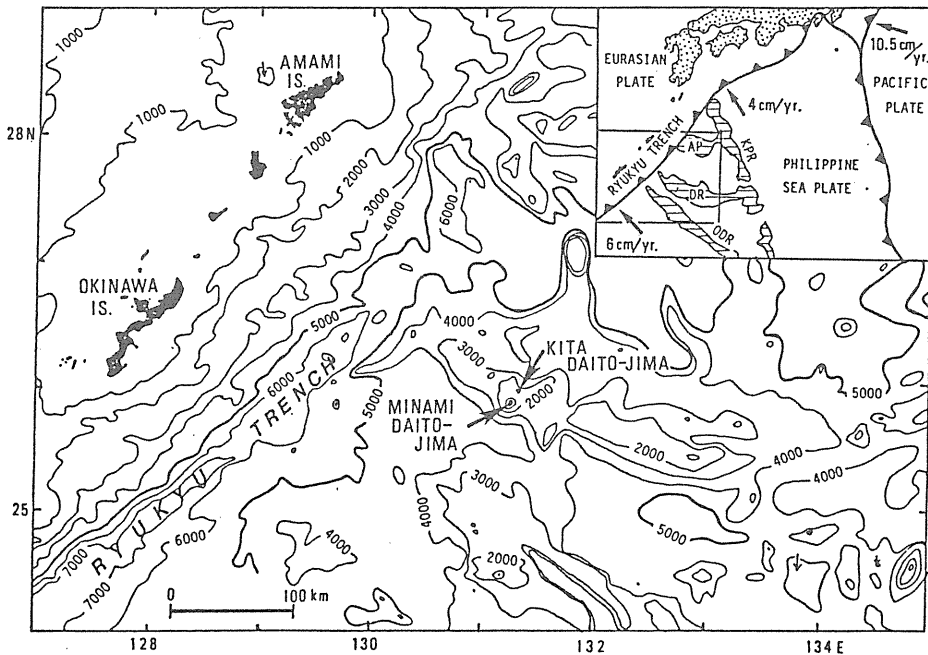


図1 大東諸島周辺の海底地形(地質調査所, 1983より作成)
 等深線の間隔は1000m。挿図はプレート配置図で、矢印と数字はプレート間の
 相対運動の方向と速度を示す。KPR:九州-パラオ海嶺 AP:奄美海台
 DR:大東海嶺 ODR:沖大東海嶺

両島は現在隆起環礁をなしているから、ある時期に沈降から隆起に転じたことは確かである。その時期はまだくわしく分かっていないが、北大東島では約1200kaと推定されている（池田ほか，1988）。このような隆起は、フィリピン海プレートの北西進に伴って南・北大東島が琉球海溝に近づき、周辺隆起帯（marginal swell）の上に来たことから起こったと説明されている（Konishi et al., 1978; 小林・佐藤，1979）。

2. 南・北大東島の地形概略

北大東島（図2，3）は東西4.14km，南北2.83km，面積12.71km²の島で、周辺が環状に高く、中央部が盆地状の低地となっている。周辺の環状の高地は「幕上（ハグウエ）」と呼ばれ、同心円状に配列した平坦面とリッジよりなっている。幕上の幅は最も広い北東部で約1.9km，最も狭い南西部で約0.5kmである。幕上の平坦面の標高はおおむね30～40mであるが、外縁（海岸付近）では階段状に低下した幅の狭い平坦面が見られる。池田（1988）は5段の段丘を識別している。幕上の内縁および階段状の平坦面の外縁にはリッジが形成されている。リッジのうちでは、幕上の内縁のものが最も高くまた幅も広く（「幕（ハグ）」と呼ばれている）、北西部（黄金山）では標高74.0mに達する。これらのリッジをFlint et. al.（1953）は、溶蝕によって残されたlimestone wallであるとしている。

「幕下（ハグシタ）」と呼ばれる内陸の盆地状の低地はかつてのラグーンで、標高は約5～15m，周辺の幕上との間は比高30～40mの急崖となっている。ラグーンは完全には埋積されておらず、現在もいくつかの湖沼や湿地が散在している。この旧ラグーン内の製糖工場の付近で、隆起環礁を確認するためのボーリングが1934，1936年に行われた（口絵3）。深度431mまで掘削されたが基盤には達しせず、層厚400m以上におよぶ礁性石灰岩の存在が明らかとなった（杉山，1934，1936）。

島の周囲は顕著な海食崖によって囲まれているが、一部に小規模な平坦面がみられる。

南大東島（口絵1，図18）は北大東島の南西約8kmに位置し、東西5.78km，南北6.54km，面積30.74km²の短楕円形の島である。本島は、北大東島と同様に周辺が環状に高く（幕上）、中央部が盆地状の低地（幕下）となっている。幕上の幅は北部から東部にかけては約1.0～1.2km，南部から西部にかけては約0.6～0.7kmとやや狭いが、その差は北大東島より小さい。幕上の平坦面は標高30～35m程度の西部を除き、標高45m～55m，一部では60mにも達し、全体に北大東島より高い。幕上の外縁付近には、北大東島と同様に階段状に低下した平坦面（サンゴ礁段丘）が形成されている。またリッジもよく発達しているが、数列あるリッジのうちでは、幕上中央部のものが最も高く、その一部（南部）は標高75.2mに達する。

幕下の大半はかつてのラグーンで、標高は約3m，「大池」「瓢箪池」をはじめ多数の湖沼が散在している。幕下の東～南部は湖沼が発達する面よりやや

高く（標高約10～20m）、多くのドリーネが見られる。

両島ともその陸上部の岩石のほとんどは初期更新世以前に形成された大東苦灰岩よりなる（青木，1934）。したがって、ドリーネや鍾乳洞などカルスト地形が見られ、とくに幕上ではドリーネの発達が目立つ。更新世後期の堆積物は海岸のフィッシャーやノッチを埋める形で残存しているに過ぎない。また、幕下を中心に石灰岩の風化した粘土が再堆積した褐色粘土層や湖沼に堆積した泥炭層が分布している。

文献

青木 廉二郎（1934）：南大東島の地質学的ならびに地形学的研究。地質雑，41，341-343。

地質調査所（1983）：日本周辺海底地質図（1:3,000,000）

Flint, D.E., Corwin, G., Dings, M.G., Fuller, W.P., MacNeil, F.S. and Saplis, R.A. (1953) : Limestone walls of Okinawa. Geol. Soc. Amer. Bull., 64, 1247-1260.

Hanzawa, S. (1939) : Studies on the foraminifera fauna found in the bore cores from the deep well in Kita-Daito-zima (North Borodino Island). Proc. Imp. Acad. Japan, 14, 384-390.

池田すみ子（1988）：北大東島の離水サンゴ礁地形。東北大学卒業論文，p.46. (MS)。

池田すみ子，菅 浩伸，木庭元晴，貝柄 徹，田村 誠，池谷元伺，三木俊克（1988）：フィリッピン海残存弧，北大東島の最終間氷期以降の旧海水準と地殻変動，第2回ESR応用計測研究発表会講演要旨集，9-12。

小林和男・佐藤任弘（1979）：海洋大陸境界部の構造と発達（I）－活動縁辺域（島弧－海溝系と縁海）－。p. 175-252. 岩波講座 地球科学 11, 岩波書店。

Konda, I., Matsuoka, K., Nishimura, A. and Ohno, T. (1977): Nummulites *boninensis* HANZAWA from the Amami Plateau in the northern margin of the Philippine Sea. Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, N.S., 106, 61-70.

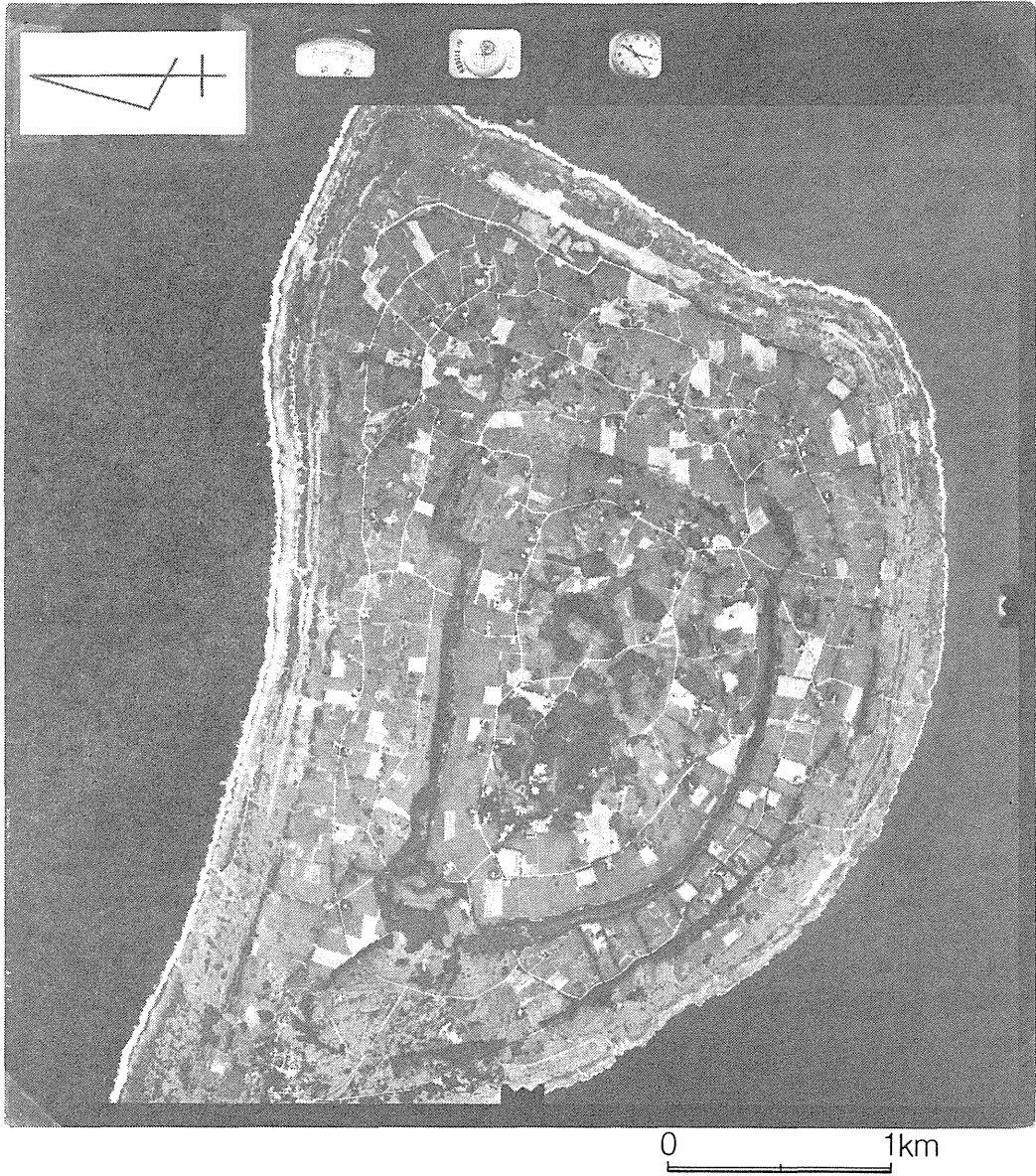
Konishi, K., Komura, K. and Motoya, Y. (1978): An early Wisconsin reef on the Daito Ridge, North Philippine Sea—Isotopic evidence—. Proc. Japan Acad. 54, ser. B, 516-521.

Shiki, T., Aoki, H., and Misawa, Y. (1975): Geological results of recent studies of the Philippine Sea. Mar. Sci., 7, 454-460.

杉山敏郎（1934）：北大東島試錐に就いて。東北大地質古生物研邦報，25，1-44。

杉山敏郎（1936）：第2回北大東島試錐に就いて。東北大地質古生物研邦報，25，1-34。

図2 北大東島の空中写真



Ⅲ．琉球列島のサンゴ礁段丘の年代に関する従来の研究と本研究の目的

琉球層群の地形層序学的研究および形成時期

サンゴ礁段丘に関する詳細な研究史はここでは省略し、おもにサンゴ礁段丘を構成する”琉球石灰岩”の年代論について簡単に述べる。

琉球層群の主要な岩層である琉球石灰岩は、最初に Yabe and Hanzawa (1930) によって、隆起サンゴ礁と区別される意味で使用された。その後、Hanzawa (1935) はその時代を鮮新世後期または更新世前期と推定した。戦後、沖縄では米軍による地質調査が進められ、沖縄島の琉球石灰岩は、鮮新世の那覇累層 (Naha Formation)、更新世の読谷石灰岩 (Yontan Limestone)、牧港石灰岩 (Machinato Limestone) に区分され (Flint et al., 1959)、MacNeil (1960) はそれらを一括して琉球層群 (Ryukyu Group) と名付けた。

一方、第四紀海水準変動と段丘地形との関係に着目した中川 (1967; 1969 a, b) は、上記の琉球層群を段丘堆積物とみなし、奄美諸島の徳之島を模式地にして、琉球層群中の糸木名段丘層を本土の九戸段丘層に、亀津段丘層を下末吉段丘層に各々対比した。また町田 (1969) は薩南諸島に分布する海岸段丘の対比を試み、北部の種子島・屋久島・奄美大島の段丘砂礫層を、南部諸島のサンゴ石灰岩を主とする堆積物と同時累層とした。Nishimura et al. (1973) は沖縄島の本部半島の地形面を5面に区分し、そのうちのⅡ面およびⅢ面形成時期を Mindel— Riss 間氷期および Riss— Würm 間氷期に各々対比した。太田・掘 (1980) は、主に地形学的特徴から琉球列島全域の下末吉面の対比を試みた。また木庭 (1980) は地形および層序学的特徴から琉球列島全域の段丘地形を区分し、それぞれの地形面を更新世中期または後期に対比した。

以上の地形学的研究に対して、改めて琉球石灰岩の岩相そのものの再検討がなされた。それらの研究によると琉球石灰岩は大きく2区分され、そのうち下部層は「大部分が碎屑性の石灰岩類であり、サンゴ礁本体からなる礁性石灰岩の発達は極めて貧弱である」(木崎・高安, 1976, p. 54) とされた。これに対して上部層は、段丘形成に関与した石灰岩で薄層として局部的に分布すると考えられた (沖縄第四紀調査団, 1976; 沖村・高安, 1976)。以上から琉球石灰岩は本体型の石灰岩とその後の段丘石灰岩に大きく区分された (高安, 1976 a, b; 木崎・高安, 1976; 沖村・高安, 1976)。琉球列島全域にまたがる層序学的な総括は、Furukawa (1979), 木崎 (1985), Nakamori (1986) 等によってなされた。

以上述べた琉球層群の地形および層序学的研究は、放射性同位元素 (Uシリーズ) 法、

ESR 法による石灰岩の年代測定、およびナンノ化石による年代値の推定等により琉球層群の形成時期が明確にされ、第四紀氷河性海面変動との関連も考慮にいれた議論が進められた。

琉球層群は全体として第四紀氷河性海面変動の影響を強く受け、各々の間氷期に堆積した地層の総称として把握される。したがって、琉球層群の各地層はEmiliani(1978)の酸素同位体ステージ番号に各々対比されるであろう。琉球層群の下部層は現在の段階では、約60万年前(ステージ番号の15)までさかのぼる。最下部層はナンノ化石によると120万年前に相当する。以上から琉球層群を堆積させた海進開始時期は、更新世前期にまでさかのぼる可能性がある。

すでに得られている琉球列島の更新世サンゴ礁段丘の年代資料の主なものを付録Ⅲの表1にのせた。また、完新世を含む年代値を表2としてのせた。なお、表2は、Inventory of Quaternary Shoreline (Yoshikawa ed., 1987)からの引用である。

南・北大東島の研究小史

1934年および1936年に行なわれた北大東島でのボーリング調査は、以下の結果をもたらした。①-431mまで掘り進んだが、基盤までは達していない。②このボーリング深度は当時の世界最深記録である。③ボーリングコアは造礁サンゴ、二枚貝、石灰藻、軟体動物、有孔虫等からなり、すべて礁起源の石灰岩(大東石灰岩)である(杉山, 1934, 1936)。最下部層の堆積時期は、漸新世あるいは中新世と推定される(Ladd et al., 1969)。

南北大東島は大東海嶺上に位置する。大東海嶺で実施されたボーリングコア中の古地磁気測定によると、大東海嶺は約5200万年前に現在より約1000km南の赤道付近に位置し、徐々に沈降しつつ環礁を形成しながら北上したと考えられている(Klein et al., 1978)。南北大東島をのせるフィリピン海プレートは琉球海溝にもぐり込む直前で、海溝周縁隆起帯を形成している。約100万年前に南北大東島はその隆起帯に位置し、その結果それまでの環礁から隆起環礁に転じたと推察された(Konishi et al., 1978; 小西, 1980)。

武永(1966)は南大東島のハグ上(隆起前の環礁に相当する地域の現地用語)から現海岸にかけての地域に発達する平坦面を、高位から低位にかけて、万坐毛面(40m)、北海岸面(30)、墓場面(23m)、砂穴面(15m)、上陸所面(12-5m)およびDaly面(3m)に区分した。このうちDaly面は、完新世海進極大期の海水準によって形成された平坦面と考えられた。

小西(1980)は、南大東島の炭酸塩岩類を地形層序上、5単位(前半2期は環礁、後半3期は裾礁)に区分した。このうち最新の裾礁の時期の堆積物(最高海拔高度11m)から、非破壊方式 Ra-226/U-238 法による年代測定値—最終間氷期の年代値—を得た。

Koba et al.(1986)は南大東島の原地性サンゴ化石(海拔7-12m)の ESR年代測定を行ない、小西(1980)と同様に最終間氷期の年代値を得た。さらに、大東石灰岩の年代は 133 万年前以前であること、および、完新世の離水サンゴ礁は認められないこと等が指摘された。

池田(1988)、池田ほか(1988)では北大東島のフィッシャー、ノッチを埋める異地性のサンゴの ESR年代から最終間氷期の旧海水準を確認し、隆起速度を約0.1m/1000年と見積った。しかし、原地性のサンゴの年代はまだ得られていない。

本研究の目的

以上のような研究によって、南・北大東島が世界でも稀な隆起環礁であること、最終間氷期最盛期のサンゴ礁の高度が約10m以下で、隆起量がきわめて小さいらしいことなど、本地域の特性が論じられた。しかし、これらの研究では、サンゴ石灰岩の産状と離水地形との関係、旧汀線の認定などは必ずしも明らかであったとはいいがたく、また年代資料の量も限られていた。さらに、地殻変動の推移を知る資料も得られていない。

そこで、本研究では南・北大東島の地殻変動の量と速度を求め、第四紀地殻変動の特性を明らかにすることを目的とし、そのために、サンゴ礁段丘に残された離水地形およびサンゴ化石の産状の精査と両者の関係の吟味、年代測定試料の採集と異なる方法によるそれらの年代測定を行なう。また、両島の特性を検討し、フィリピン海プレートとユーラシアプレートの相互作用による最近の地殻変動の地域的差異を明らかにするために、両島と異なる変動域に属する喜界島、与那国島などでも同様な調査を行なう。本研究においては、専門を異にする研究者の共同調査・討論を通じて、総合研究の効果的な実施をはかりたい。

文献

- Emiliani, C. (1978): The cause of the Ice Ages. Earth and Planetary Science Letters, 37, 349-352.
- Flint, D.E., Saplis, R.A. and Corwin, G. (1959): Military geology of Okinawa -jima, Ryukyu retto (5). Geol. Surv. Branch, Intell. Div. Office Eng. Hq. U.S. Army Forces, Far East, Personnel of U.S.G.S., 88p.
- Furukawa, H. (1979): Quaternary geologic history of the Ryukyu Islands. Bull. Sci. and Eng. Div., Univ. Ryukyus, Math. and Nat. Sci., 27, 99-161.
- Hanzawa, S. (1935): Topography and geology of the Riukiu Islands. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 2nd Ser., 17, 1-59.
- 池田すみ子・池谷元伺 (1989): 沖永良部島の琉球層群のESR年代. 地理予, No.36, 192-193.
- 河名俊男 (1989): 沖大東島 (ラサ島) の地形. 沖縄地理学会会報, No.14, 5.
- 木崎甲子郎・高安克巳 (1976): 琉球列島の成立. 海洋科学, 8, 50-56.
- 木崎甲子郎・古川博恭・平良初男・大出 茂 (1984): 琉球石灰岩の年代測定. 琉球大学理学部紀要, 37, 29-41.
- 木崎甲子郎編著 (1985): 『琉球弧の地質誌』 沖縄タイムス社, 278p.
- Klein, G.V., Kobayashi, K., Chamley, H., Certis, D.M., Dick, H., Echols, D.J., Mizuno, A., Nisterenko, G.V., Okada, H., Sloan, J.R., Waples, D.W. and White, S.M. (1978): Philippine Sea drilled (on Leg 58). Geotimes, 23, 23-25.
- 木庭元晴 (1980): 琉球層群と海岸段丘. 第四紀研究, 18, 189-208.
- Koba, M., Ikeya, M., Miki, T. and Nakata, T. (1985): ESR ages of the Pleistocene coral reef limestones in the Ryukyu Islands, Japan. ESR Dating and Dosimetry, 93-104.
- Koba, M., Tamura, M., Ikeya, M., Kaigara, T., Nakashima, H. and Kan, H. (1986): Quaternary shorelines and crustal movements on Minamidaito-jima, northwestern Pacific. Proc. Intern. Symp. on sea-level changes. China Ocean Press, 188-198.
- 木庭元晴・貝柄 徹・池谷元伺・三木俊克・Pirazzoli, P.A.・中島洋典・管 浩伸・田村 誠 (1987): 琉球弧西端、与那国島の海岸段丘とその年代. 月刊地球, 9, 168-176.
- Konishi, K., Omura, A. and Nakamichi, O. (1974): Radiometric coral ages and sea level records from the late Quaternary reef complexes of the Ryukyu Islands. Proc.

2nd Intern. Coral Reef Symp., 2, 595-613.

小西健二 (1980): 隆起サンゴ礁からみた最終間氷期以降のアジア・フィリピン海プレート境界付近の地史一同位体記録を中心に一. 第四紀研究, 18, 241-250.

Ladd, H. S., Tracey, J. I. Jr. and Gross, M. G. (1969): Deep drilling on Midway Atoll. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 680-A, 1-22.

町田 洋 (1969): 薩南諸島の地形—海岸段丘を中心にして—。平山輝男編: 『薩南諸島の総合的研究』 明治書院, 20-52.

MacNeil, F. S. (1960): The Tertiary and Quaternary Gastropoda of Okinawa. Prof. Paper, U. S. Geol. Surv., 339, 1-148.

中川久夫 (1967): 奄美群島徳之島・沖永良部島・与論島・喜界島の地質 (1)。東北大理地質古生物研邦報, 68, 1-39.

中川久夫 (1969 a): 奄美群島徳之島・沖永良部島・与論島・喜界島の地質 (2)。東北大理地質古生物研邦報, 68, 1-17.

中川久夫 (1969 b): 琉球列島における第四紀海水準変化. 第四紀総合研究会編: 日本の第四紀系 専報第15号』 地学団体研究会, 429-435.

Nakamori, T. (1986): Community structures of Recent and Pleistocene hermatypic corals in the Ryukyu Islands, Japan. Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser., 56, 71-133.

Nishimura, K., Nakata, T. and Chida, N. (1973): Geomorphology of Motobu Peninsula and islands off, west central coast of Okinawa. Tohoku Univ., Sci. Rep., 7th ser., 23, 135-151.

沖村雄二・高安克巳 (1976): 石灰岩地帯の第四紀地質学. 土と基礎, 24, 65-72.

沖縄第四紀調査団 (1976): 沖縄および宮古群島の第四系—特に琉球石灰岩の層序について—。地球科学, 30, 145-162.

Omura, A. (1982): Uranium-series age of the "Kametsu Formation", Riukiu Limestone on the Tokuno-shima, Ryukyu Islands. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., No. 126, 327-333.

大村明雄 (1983 a): 琉球列島波照間島産化石サンゴの放射年代に関する新知見. 第四紀研究, 22, 19-22.

Omura, A. (1983 b): Uranium-series ages of some solitary corals from the Riukiu Limestone on the Kikai-jima, Ryukyu Islands. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., No. 130, 117-122.

- Omura, A. (1984): Uranium-series ages of the Riukiu Limestone on Hateruma Island, southwestern Ryukyus. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S., No.135, 415-426.
- Omura, A., Tsuji, Y., Ohmura, K. and Sakuramoto, Y. (1985): New data on Uranium-series ages of hermatypic corals from the Pleistocene limestone on Kikai, Ryukyu Islands. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S., No.139, 196-205.
- 太田陽子・掘 信行 (1980) : 琉球列島の第四紀後期の地殻変動に関する一考察。第四紀研究, 18, 221-240.
- 佐渡耕一郎・小西健二・亀尾浩司・結城智也・辻 善弘 (1989) : 琉球石灰岩の層序学的検討—沖縄県伊良部島の例—。日本地質学会第96学術大会講演要旨, 243.
- 杉山敏郎 (1934) : 北大東島試錐に就いて。東北大理地質古生物研邦報, 11, 1-44.
- 杉山敏郎 (1936) : 第2回北大東島試錐について。東北大理地質古生物研邦報, 25, 1-34.
- 鈴木 淳・大村明雄 (1989) : 八重山列島与那国島の琉球層群の Th-230/U-234年代。サンゴ礁研究会第1回研究集会講演要旨。
- 高安克巳 (1976 a) : 沖縄県本部半島北部の第四紀石灰岩。地質雑, 82, 153-162.
- 高安克巳 (1976 b) : 沖縄本島における第四系層序の再検討。琉球列島の地質学研究, 1, 79-96.
- 武永健一郎 (1966) : 沖縄南大東島のShore Feature。地理科学, 5, 1-22.
- Yabe, H. and Hanzawa, H. (1930): Tertiary foraminiferous rocks of Taiwan (Formosa). Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 2nd ser. 14, 1-46.
- 池田すみ子 (1988) : 北大東島の離水サンゴ礁地形。東北大学卒業論文, p. 46. (MS) .
- 池田すみ子, 菅 浩伸, 木庭元晴, 貝柄 徹, 田村 誠, 池谷元伺, 三木俊克 (1988) : フィリッピン海残存弧, 北大東島の最終間氷期以降の旧海水準と地殻変動, 第2回ESR応用計測研究発表会講演要旨集, 9-12.
- Konishi, K., Komura, K. and Motoya, Y. (1978); An early Wisconsin reef on the Daito Ridge, North Philippine Sea—Isotopic evidence—. Proc. Japan Acad. 54, ser. B, 516-521.

IV. 調査・研究方法

1. 全般

南・北大東島において大縮尺の空中写真判読に基づいて海岸地形の吟味を行い、離水サンゴ礁からなると思われる平坦面や、露頭の期待できそうな場所を選び出した。ついで野外調査によって、離水地形（ノッチ、ベンチなど）の精査、原地性、異地性サンゴの分布、産出状態の精査、試料の採取を行い、これらの場所の高度測定を実施した。高度の測定は光波距離計を用いておもに付近の三角点を基準点として行った。

調査地点は、北大東島でN1-N4の4ヶ所、南大東島のS1-S4の3ヶ所、計7ヶ所である。採取試料の数は北大東島で、原地性サンゴ14、異地性サンゴ25、南大東島でそれぞれ44.7となる。沖大東島は米軍の射撃場で立ち入り禁止であるため、たまたま機会をえて観察できたことを簡単に記す。なお、大東島との比較のために、条件を異にする喜界島、沖永良部島、与那国島で同様な調査を行った。地形、サンゴの産出状態は、大縮尺の平面図、断面図として整理した。サンゴは種の同定の後、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法、ESR法による年代測定を行った（一部は現在も続行中）。また、南大東島の10試料については非破壊法($^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$, γ 線測定)による年代測定を行った。以上のようにして得られた年代・高度資料に基づいて地殻変動速度を求め、その意義を考察した。

2. 年代測定

230Th/234U年代測定法概略

サンゴ化石から $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代値を求めるには、(1) 野外における試料の選定と採集、(2) 分析のための試料準備、(3) 化学処理、(4) α スペクトル法によるウランおよびトリウム同位体の放射能強度や放射能比測定、(5) それらの結果に基づいた年代値の計算といった手順を経なければならない。ここでは、本研究において行った手順を順を追って略述する。

1) 年代測定用試料の選定と採集

野外における試料採集時には、各サンゴ化石ごとに属レベルの同定を行うとともに、① サンゴ群体の成長方位 ② 群体全体の形態(とくに外形) ③ 底質との接触関係に加え ④ 含有石灰岩体の岩相の観察を行いながら産状を判断し、原地性・異地性の区別を行った。その際、試料の保存状態を知るため ① 試料を太陽光にあてルーペを用いながら観察し、本来アラレ石から成る骨格の一部が方解石に変化していないか、膠結作用の結果としてのセメント物質(例えば sparry calcite など)が空隙に晶出していないかを注意深く検討し、続成作用を被っていない試料のみを採集した。なお、採集の際、できるだけサンゴ群体の限られた部分を採取しないよう、まず群体全体の任意の部分から少量(数 cm の大きさ)つつ分析試料として取り出し、その後保存試料としておおよそ 500 g 以上のサンゴ塊を採取した。なお、個々の採集試料について、野外番号および採集地点番号を付し、写真撮影を行って記録として残した。研究室に持ち帰った後、すべての試料に関するデータベースを作成した。

2) 年代測定のための分析準備

分析用試料のおおよそ 100 g を直径 1 cm 以下の小片に粉砕したが、その作業で出た粉体を用い、粉末X線分析法によって二次の方解石の有無を検討し 5 重量% 以上の二次的な方解石が検出された試料は年代測定対象外として除いた。

鉱物組成上、続成変質が認められなかった試料については、超音波洗浄器で高純度・蒸留水を用い約 5 分間洗浄、この操作を数回(普通は 5 回)繰り返して付着物質を完全に除去した後、50 °C 以下の低温乾燥器中で 1 昼夜乾燥した。

3) サンゴ試料の化学処理

本研究では、これまで用いてきた試料処理方法の改良を行い、その簡便化に成功した。この新しい方法は、① 使用する試薬類の種類を減らし、必要経費の節約が可能になること、② 処理過程が単純化され、これまで1試料の処理に5日間を要したのを4日間に短縮できること。しかも、③ ウランおよびトリウム同位体の化学収率を従来通り維持できる画期的なものといえる。以下に、この新しい試料処理法を略述する。

上記のように準備した試料を粉末化によって均質化した後、稀塩酸を用いて溶解する。その後、トレーサーとして既知量の ^{232}U と ^{228}Th および担体としての Fe^{+++} を 10~20 mg 添加する。この試料液を煮沸し、溶液中から CO_2 ガスを除去する。その後、 NH_4OH を加えて鉄の水酸化物とともにウランおよびトリウム同位体を共沈させる。沈澱物を遠心分離操作で集め、一度蒸留水で洗浄した後、全体が 8 M の塩酸溶液になるよう濃塩酸で溶解する。この溶液を、あらかじめ準備しておいた陰イオン交換樹脂 (Dowex 1×8) を詰めたカラムに通す。その際、ウラン同位体は鉄とともに吸着するが、トリウム同位体は吸着することはない。その後、樹脂に吸着している鉄を 8 M $\text{NH}_4\text{NO}_3/0.1 \text{ N HNO}_3$ 溶液で完全に抽出した後、0.1 M HNO_3 でウラン同位体を抽出する。

トリウム同位体を含む塩酸溶液については、一旦蒸発乾固した後、残渣を 7 M HNO_3 で溶解し、あらかじめ NO_3^- 形に変えておいた上記のイオン交換カラムに通す。これによってトリウム同位体を一旦樹脂に吸着させる。そして、樹脂を十分洗浄した後、8 M HCl でトリウム同位体を抽出する。これらの過程を通し、試料中のウランおよびトリウム同位体の分離・精製を終える。精製したウランとトリウム同位体を、それぞれ別々に電着法あるいは TTA (テノイル三フッ化アセトン) を用いた有機溶媒法で、ステンレス製の円板上に測定線源としてできるだけ薄く塗布する。

年代測定に必要な試料の重量は、そのウラン含有量や後で述べる測定機器類の検出効率などによって決まるが、サンゴの場合おおよそ 2~4 ppm のウランを含むため、本研究の場合、2 g あれば数%の統計誤差を伴った年代値が得られる。

4) α スペクトル法による同位体測定

ウランおよびトリウム同位体量や各同位体比を、上記のようにして準備した測定線源を用いた α スペクトル法によって測定するが、そのために、シリコン表面障壁型粒子検出器 (SSB detector) を備えた測定システムを用いる。それによって得られる α スペクトルが

ら、 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} \cdot ^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比は、個々のピークの面積比から求めることができ、試料処理の初期に加えた ^{232}U と ^{228}Th 量が既知であることから、ウラン量・トリウム量・ $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 比は、簡単な比例式によって計算することができる。

測定に際しては、計算される年代値の統計誤差（ウラン系列年代測定法では、一般に 1σ が用いられている）が数%になる計数値を得るまで測定を続行する。サンゴ試料では、普通 4~7 日間の連続測定が必要である。

5) 年代値の計算法

ウラン・トリウム同位体組成からの年代値の計算には、下記に示した Uranium-Series Intercomparison Project (USIP) で申し合わされた、今では国際基準となっている式と関係核種の半減期および壊変定数を用いた。

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代値計算のための計算式

$$\left(^{230}\text{Th}/^{234}\text{U} \right) = \left[1 / \left(^{234}\text{U}/^{238}\text{U} \right) \right] \left(1 - e^{-\lambda_0 t} \right) + \left[1 - \left\{ 1 / \left(^{234}\text{U}/^{238}\text{U} \right) \right\} \right] \left\{ \lambda_0 / (\lambda_0 - \lambda_4) \right\} \left\{ 1 - e^{-(\lambda_0 - \lambda_4)t} \right\}$$

ウラン系列年代測定の計算などに用いられる関係核種の半減期と壊変定数

核種	半減期	壊変定数
^{238}U	$4.468 \times 10^9 \text{ y}$	$1.551 \times 10^{-10} \text{ y}^{-1}$
^{234}U	$2.48 \times 10^5 \text{ y}$	$2.79 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$
^{232}U	$7.2 \times 10^1 \text{ y}$	$9.6 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$
^{230}Th	$7.52 \times 10^4 \text{ y}$	$9.22 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$
^{228}Th	1.923 y	$3.623 \times 10^{-1} \text{ y}^{-1}$
^{231}Pa	$3.43 \times 10^4 \text{ y}$	$2.01 \times 10^{-5} \text{ y}^{-1}$
^{224}Ra	3.64 d	$1.90 \times 10^{-1} \text{ d}^{-1}$

E S R年代測定

電子スピン共鳴 (E S R) 年代測定法は、ウラン系列年代測定法、とくに $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法と比べて年代精度が低い。 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法は Barbados III, II, I の各ステージ、すなわち 10 万年前を少なくとも 1 万年オーダーで区分することができるが、E S R法はそこまでの精度を持たない。

E S R法の最大の特徴は測定できる年代期間が広いことで、数万年前から百数十万年前に及ぶ。 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法は最も古くて 35 万年前までで、面倒な化学処理が不可欠であるのに対し、E S R法は非破壊法に属し、前処理も比較的容易である。 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代は、 ^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th の濃度に直接依存するため、数パーセントの試料の変質が真の放射年代から大きくずれる可能性が高い。これに対し E S R法は基本的には物理的な格子欠陥を数えるため、試料の変質に対し、年代のずれは比較的小さいと言えよう。以下に測定手順に沿って、測定値の信頼性の点で重要と思われる部分を示す。

1) 年代試料の評価

本研究の年代試料はすべて造礁サンゴ骨格で、これは当初アラゴナイトからなる。サンゴの死後、アラゴナイトは時間の経過と共にこの同質異像のより安定なカルサイトに変質する。しかしながらこの南北大東島の更新世後期サンゴ骨格には試料のクリーニングの後でもドロマイトを数パーセント含むものもある。南北大東島がほとんどサンゴ礁起源のドロストーンから成っていることと関連があろう。ドロマイトのクリーニングは染色をしてもむつかしい。一部の試料はエックス線回折法によって、鉱物組成を確かめている。今後すべての試料について実施する必要がある。

2) 年代測定試料の重量

一連のクリーニング処理、篩別処理の後、500~250 μm の粒径のものを 400mg ずつ 10 袋作成した。

3) γ 線照射

総被曝量を求めるために、上記の 9 袋 (試料) について Co-60 を線源にして γ 線照射を実施した。二次電子平衡をとるために、実験には密度 1.19 g/cm^3 、厚さ 3 mm のアクリル板 (住友化学工業メタクリル樹脂板) を使用した。詳細は木庭ほか (1990) に示す。照射率は 1 krad/hr である。

4) E S Rスペクトルの測定

化石サンゴ骨格には大村ほか (1981)、木庭・中田 (1981)、Ikeya & Ohmura (1983) などが示したように、 $g=2.000$ 付近に A、B、C (C/2)、D という 4 つのスペクトルがあり、年代値を求める上で有効なものは γ 線照射

の精度、総被曝量を求める際の飽和曲線の成長速度、ピークのE S R強度、その再現性などからCピークと言える (Ikeya & Ohmura, 1983; 木庭ほか、1990)。

測定電力は1または10 mW、微分幅は1 gauss、反応速度は最大 (rapid)、掃引時間は8分とした。増幅強度は最大照射試料のピークがチャートに一杯に入るように設定した。同一の化石試料は同一の測定条件で測定した。どうしても増幅強度を統一できない場合は、マンガンマーカ―を使用して補正した。

5) 総被曝量の決定

T D (総被曝量) を求める際の曲線の選定と、曲線回帰誤差については現在まで議論されることが無かった。しかしながら、この段階での恣意的操作は致命的で、試料によっては2倍近い年代差が生じる。従来の研究で使用されてきた曲線は、直線、飽和曲線、二次曲線であるが、それを使用するに当たっての根拠や誤差は論文中には全く示されていなかった。このような状況の中で、T D計算 (シミュレーション処理) のMS-BASICプログラムを木庭 (印刷中) は作成した。

少なくとも炭酸塩鉱物、おそらくすべてのE S R年代試料について、 γ 線照射量-E S R信号強度の関係は飽和曲線で回帰することができる。現成サンプルに人工的に γ 線を照射していくと、E S R強度の増加速度は指数関数的に低下していく。すなわち飽和曲線に回帰できる。二次曲線に回帰する立場もあるが、統計学的にみて適合率は飽和曲線と比べると明らかに低くなっている。飽和に関連して接線処理を施している。

6) ^{238}U の定量

^{238}U は放射化分析法によって求めた。 ^{239}U のピークのうち、最も信頼できるエネルギー値は277.5 keVであり、熱中性子照射の後の冷却時間は8日間が適当である (田村ほか、1988)。Th-232も測定したが、トレースされても0.02以下でトリウム系列による欠陥形成は考える必要がない。

7) E S R年代の決定

総被曝量からE S R年代を決定する方法は、基本的にはウラン系列の年代測定法と熱ルミネッセンス法の成果に基づいている。ウラン系列の非平衡モデルで線量評価を試みたのはWintle (1978)である。E S R法ではIkeya & Ohmura (1983)は $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法で用いられている ^{234}U から ^{230}Th への壊変の非平衡を採用し、サンプル化石特有の無限体系モデルを示した。その後筆者はIkeya & Ohmura (1983)を参考に、ウラン系列の各壊変過程間の平衡を仮定しないモデルに基づく繰り返し計算のMS-BASICプログラムを作成した。各壊変過程内での放出エネルギー値は平衡を仮定したNambi & Aitken (1986)

を使用している。このプログラムの概略は木庭（印刷中）に示している。

本報告で使用したプログラムのパラメータを次に示す。 ^{230}Th および ^{226}Ra の初期取り込み量は ^{238}U に対してそれぞれ0.015、0.027の比率を採用している。 $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比は未変質試料の場合ほぼゼロと考えられるが（Radtke et al.、1988；大村、1988）、大村（1988）の琉球列島の現成サンゴの測定結果の平均値を採用した。 $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ 比についてはKomura et al.（1978）が従来の現成サンゴの測定結果から0.015を採用したが、その後小村（1982）は0.027を採用し、Ikeya & Ohmura（1983）も使用しているため、一応これをここでは使用している。ただし完新世サンゴ以外、これらの初期取り込み比は重要ではない。初期の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比についてもいくつかの測定値があるが、Thurber（1962）の値1.14を用いた。というのはこの値が、従来の年代測定で最も多く使用されているからである。

E S R年代測定法で、アルファ線の欠陥生成効率とラドンの消失率の問題は最も重要で、この値如何で年代は最終間氷期の試料で数万年は動く。ラドンおよび他のいくつかの核種の移動は γ 線分光法の測定値からある程度推定することが可能で、著者の今後の課題である。 ^{235}U 系列のラドン（ ^{219}Rn ）の消失は考慮していない。なぜならこの半減期は3.96 sと短く、消失が考えにくいからである（Nambi & Aitken、1986）。アルファ線の欠陥生成効率の測定は多くの労力を必要とするためになんらかの推定法を開発する必要がある。今回の年代値の計算では次のようにした。アルファ線の欠陥生成効率は、Ikeya & Ohmura（1983）によって $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代などとの一致・対応から0.15が提唱されたが、Koba et al.（1986）がバルバドス島の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代との比較から求めたように0.055~0.0715（平均0.06）である。Radtke et al.（1988）は ^{241}Am を使ってバルバドス島の化石サンゴ5個の値 0.06 ± 0.01 を得た。そのため0.06をここでは採用している。

この研究プロジェクトで採取した試料は多く、未だ測定を終了していない。南大東島の試料の多くは未だ仮年代である。近いうちにまとめて報告する予定である。年代試料の多くが $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法でもすでに求められているかまたは求められる予定であり、このプロジェクトはE S R法の改善には絶好の機会である。

参考文献

- 大村明雄（1988）：ウラン系列年代測定法、地質学論集、No. 29, pp.107-127.
- 大村一夫・辻喜弘・池谷元伺・末広理絵子（1981）：化石の総被曝量と放射年

- 代との相関について —電子スピン共鳴による年代測定の可能性の検討—
月刊地球, Vol. 3, No. 8, pp. 484-490.
- 木庭元晴 (1990印刷中) : ESR年代測定のための総被曝量の計算と、年代計算のプログラムの作成. 末尾至行編『千里ヶ丘の地理』, 大明堂.
- 木庭元晴・中田 高 (1981) : 琉球石灰岩のESR年代測定に関する予備的研究.
月刊地球, Vol. 3, No. 8, pp. 491-498.
- 木庭元晴・貝柄 徹・田村 誠・池田稔治 (1990印刷中) : サング骨格のESRスペクトルと総被曝量. 月刊地球, Vol. 12, No. 2.
- 小村和久 (1982) : 非破壊 γ 法による年代測定. 考古学と科学, Vol. 14, pp.1-24.
- Ikeya, M. and Ohmura, K. (1983) : Comparison of ESR ages of corals at marine terraces with ^{14}C and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ages. Earth. Planet. Sci. Letters, Vol. 65, pp. 34-38.
- Koba, M., Tamura, M., Ikeya, M., Miki, T., Kaigara, T., Nakashima, H. and Kan, H. (1986) : Quaternary shorelines and crustal movements on Minamidaito-jima, Northwestern Pacific. In: Qin, Y. and Zhao, S. eds.: Late Quaternary Sea-Level Changes, pp. 188-198.
- Komura, K., Sakanoue, M. and Konishi, K. (1978) : Non-destructive $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ dating of corals by γ -spectrometry. Proc. Japan Acad., Vol. 54, No. B, pp. 505-509.
- Nambi, K.S.V. and Aitken, M.J. (1986) : Annual dose conversion factors for TL and ESR dating. Archaeometry, Vol. 28, pp.202-205.
- Radtke, U. (1988) : Electron spin resonance dating of the Pleistocene coral reef tracts of Barbados. Quaternary Research, Vol. 29, pp. 197-215.
- Thurber, D.L. (1966) : Anomalous $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ in nature. Jour. Geophys. Res., Vol. 67, p. 4518-4520.
- Wintle, A.G. (1978) : A thermoluminescence dating study of some Quaternary calcite. Can. J. Earth. Sci., Vol. 1, pp.1977-

非破壊方法 [$^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ γ 線測定] による年代測定値

100%またはほとんど100%に近いアラレ石から構成されているサング化石試料を各々自動乳鉢で粉碎し、琉球大学放射線同位元素島取扱施設の γ 線スペクトロメトリー (7800 スーパーインテリジェント MCA) で測定する。測定方法は非破壊方法の $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ γ 線測定で、各試料の測定時間は各々2日間である。

V. 北大東島の調査結果

1. 調査地域の地形・地質とサンゴの産出状態

北大東島ではN-1からN-4の4ヶ所で調査をおこなった(図3)。以下にそれぞれの地形・地質, およびサンゴの産出状態を記す。

NE1: ここは島の東部の海水浴場付近で, 大東苦灰岩からなる急斜面下に幅約10~20mのやや平坦な地形がある。とくに, 海水浴場に至る道路の北側では明瞭で, 原地性サンゴがおもに内陸側にパッチ状に分布する。そのほか, 礫として残る異地性のサンゴもある。N-1の平面図を図4に, サンゴ試料の分布の見取り図を図5に示す。原地性のサンゴは英字の大文字で, 異地性のサンゴは英字の小文字で示し, それに調査場所の番号をつけて各試料の固有の番号とした(たとえばN-1-B, N-1-c)。以下の図・表ではすべてこれを試料番号として使用して

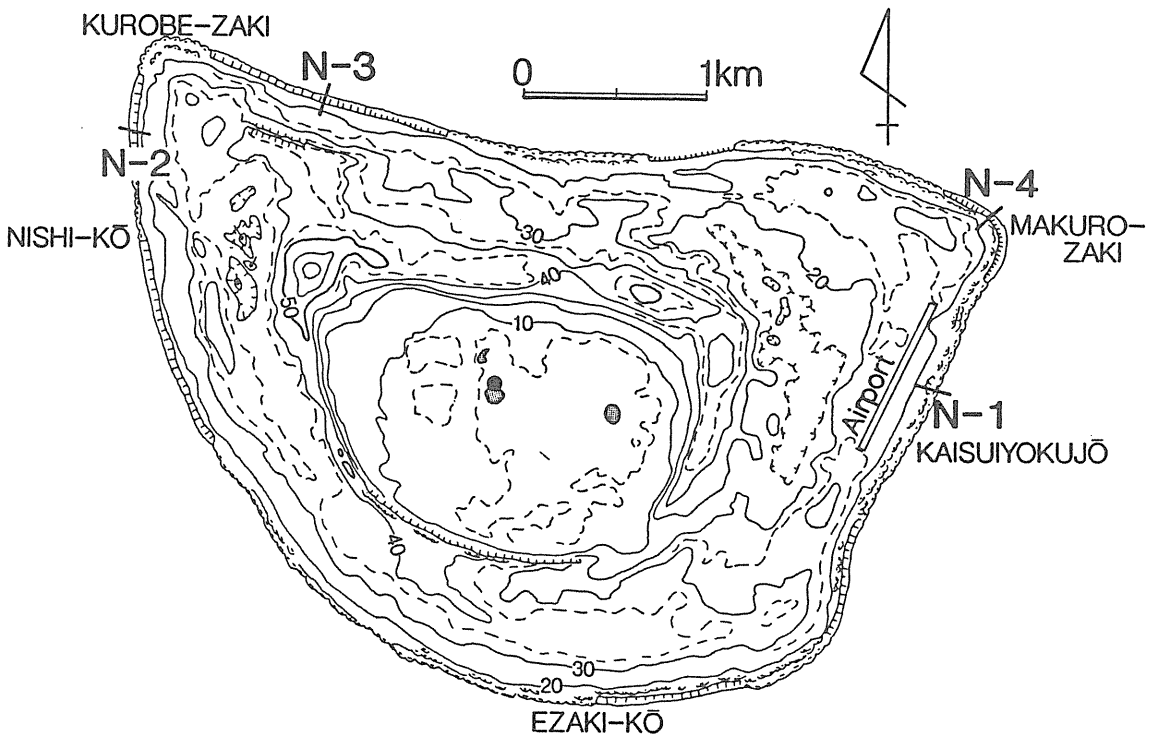


図3. 北大東島の地形概略と調査地点. 黒丸は1934および1936年のボーリング地点

- 急斜面
- 崖
- 平坦面
- A 原地性サンゴ試料採取地点
- △ b 異地性サンゴ試料採取地点
- 230-Th/234-U年代
- 5.6 高度
- N ノッチ

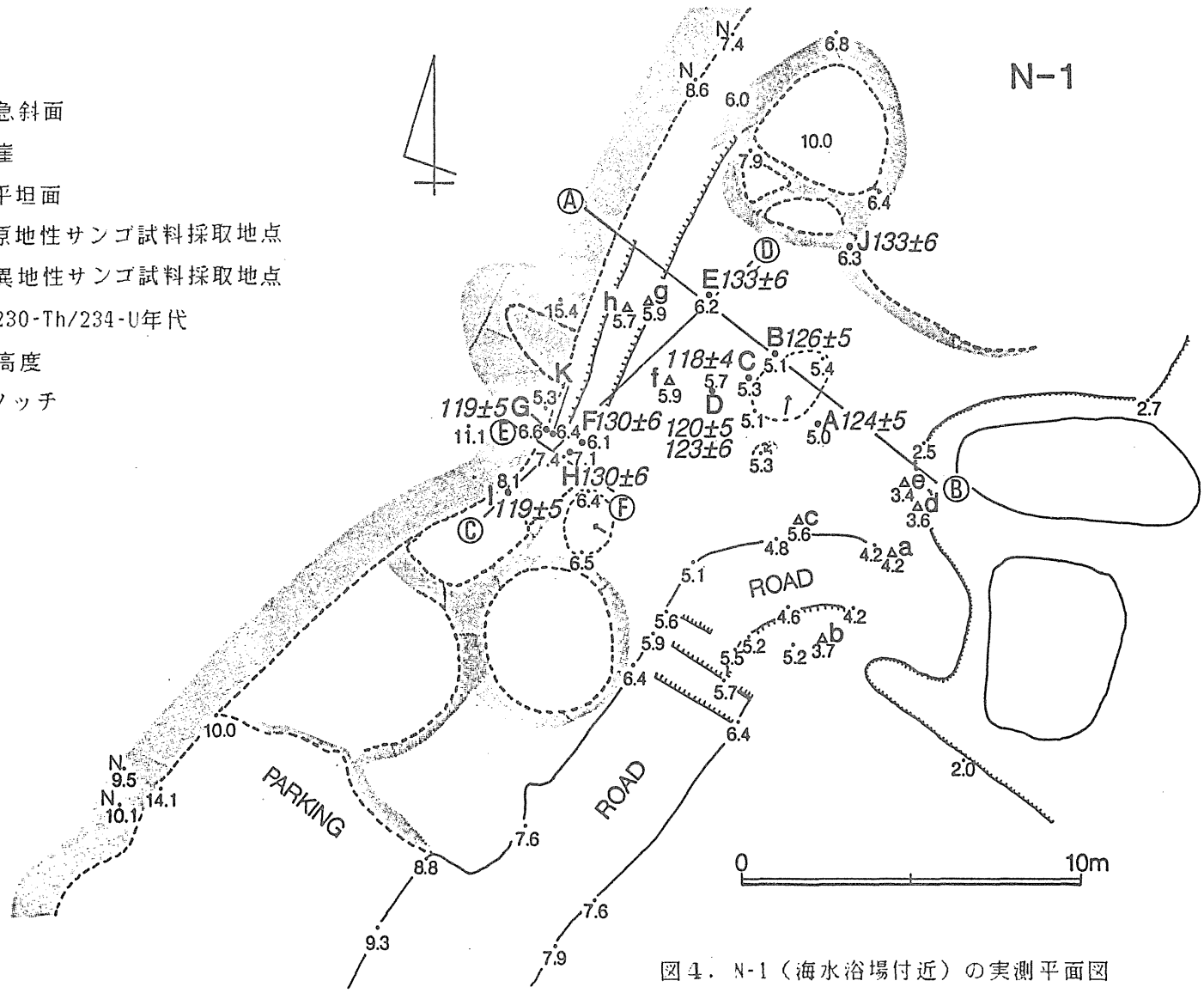


図4. N-1 (海水浴場付近) の実測平面図

N-1

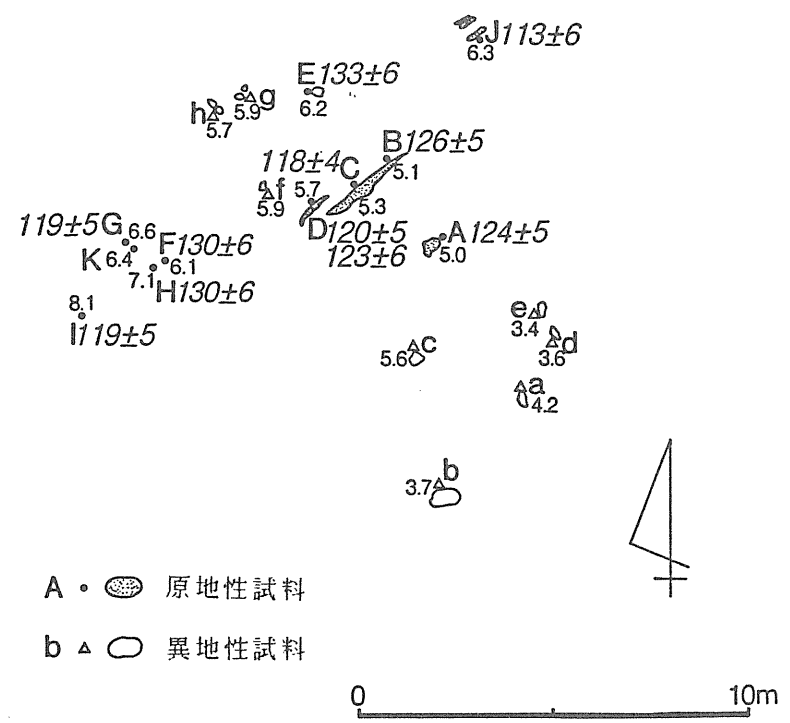


図5. N-1地域の年代測定試料採取地点と $^{230}\text{-Th}/^{234}\text{-U}$ 年代 (図4参照)

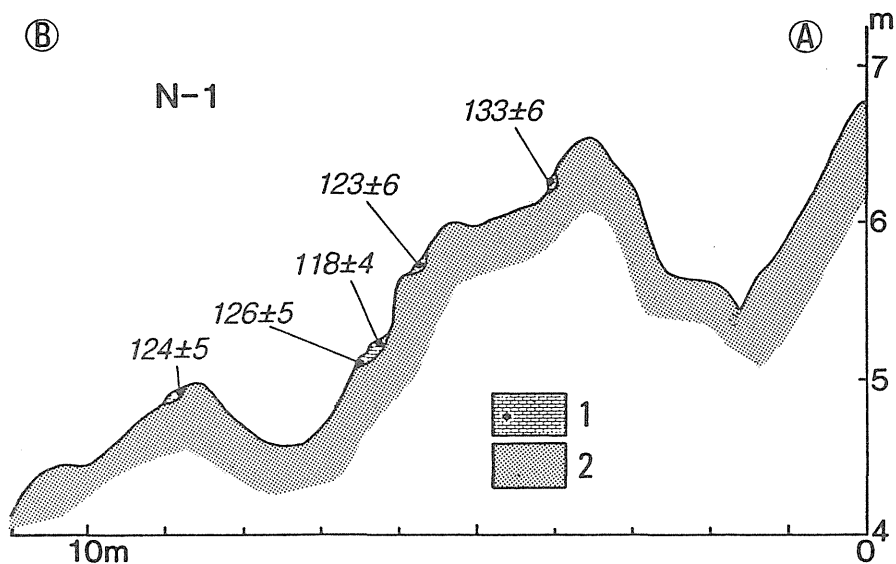


図6. N-1, AB断面図

位置は図4参照. 1. 更新世サンゴ石灰岩(原地性サンゴを含む)と
試料採取地点および $^{230}\text{-Th}/^{234}\text{-U}$ 年代, 2. 大東苦灰岩

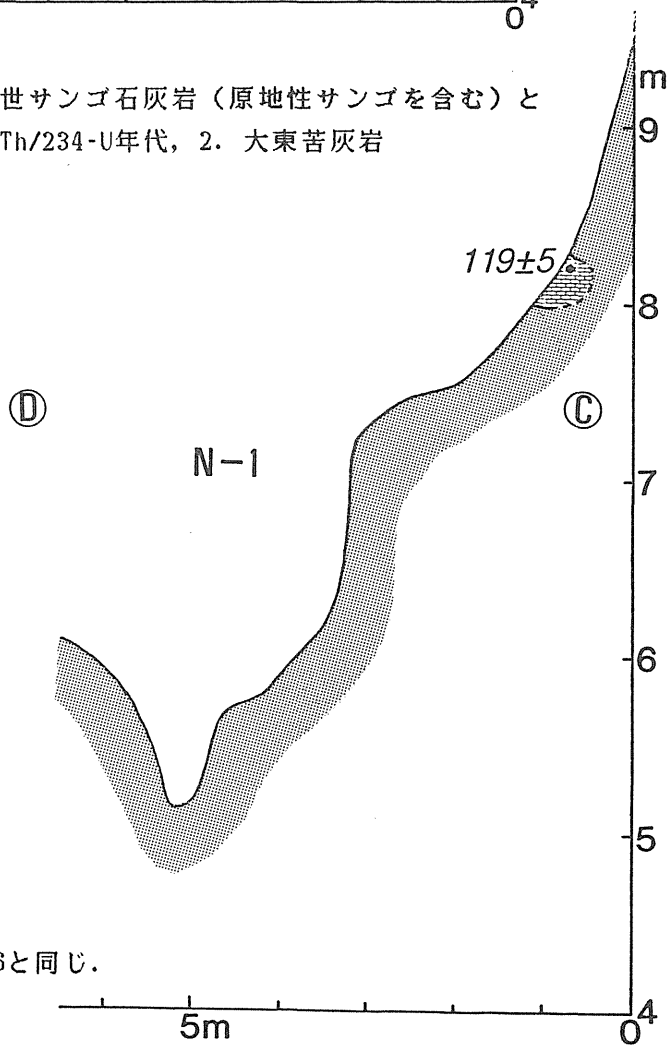


図7. N-1, CD断面図

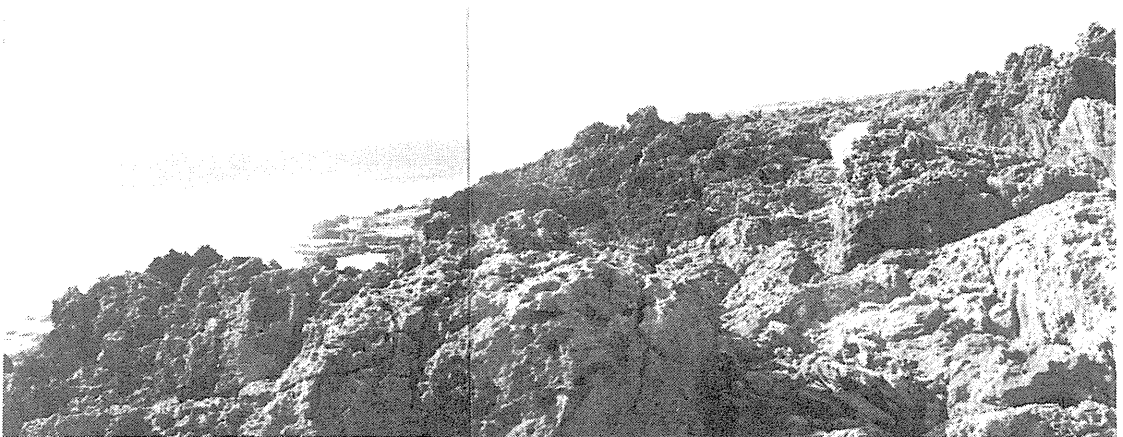
位置は図4参照. 凡例は図6と同じ.

いる。ただし、断面図では煩雑さを防ぐために、年代のみを記入して試料番号を省略していることが多い。図5には、海水浴場付近で確認されたすべての原地性サンゴを記入してあるので、その分布がいかにか点在的であるかが分かる。同様なことは、図6のA-B断面、図7のC-D断面でも読み取れる。なおE-F断面ではとくに重要な情報が得られたので、3（図16、17）で別に取り扱う。

N-1では、原地性サンゴ産出の上限高度は8.1mである。高度ほぼ8~10mが平坦な地形の内縁に当り、その付近にノッチもみられる。2に示すように原地性のサンゴの種構成は比較的単調であるが、これと共存する石灰藻はきわめて浅い水深を示す種である（東北大学、井龍康文氏の御教示による）。これらから判断すると、原地性サンゴが成長していた時の旧汀線高度はほぼ10mと推定される。



付1. S-1の内縁付近のノッチ



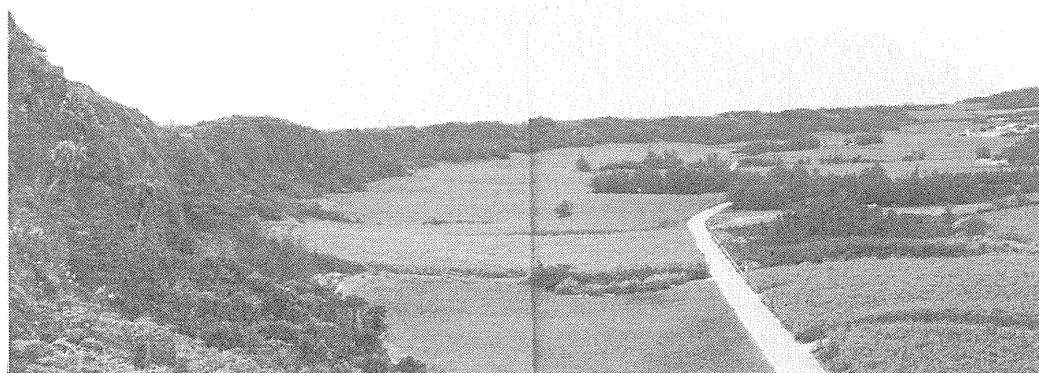
付2. S-1の全景

N-2: 島の北西部，西港の北には，大東苦灰岩をきるほぼ東西方向の深い切込み（フィッシャー）があり（口絵5），池田(1988),池田ほか(1988)によってその中のノッチを埋める異地性サンゴのESR年代が求められた．本研究でこのフィッシャーの再調査を行った．フィッシャーの南北両壁面にはノッチ状のへこみがあり，それを埋めて異地性サンゴを含む堆積物が見られる．このフィッシャーの底の縦断面を図8に示す．なお，この図には壁面のノッチの高度を投影してある．ノッチは高位からH1, H2, M, Lに区分し，点線で対比を示した．図9, 10はフィッシャーを横切る断面である．ノッチの高度は最高で約10mである．この壁面には原地性サンゴは全く認められないので，異地性サンゴを年代測定のために採集した．

N-2には認められないが，西港付近には現成のポットホールを伴うサーフベンチがあり（口絵4），離水地形の判定の手がかりとなる，

N-3, N-4: N-3は島の北西端，N-4は北東端に位置する．これらの2ヶ所からフィッシャーを埋める異地性サンゴが採集された．しかし，いずれも金沢大学の卒業生，小原秀樹氏により提供されたもので，今回の研究では産出状態の調査をすることができなかった．

付3. 北大東島の
サンゴ礁段丘群
(すべて最終間氷期
より古い)



付4. 北大東島の旧ラグーンとそれをとりまく環状の高まり

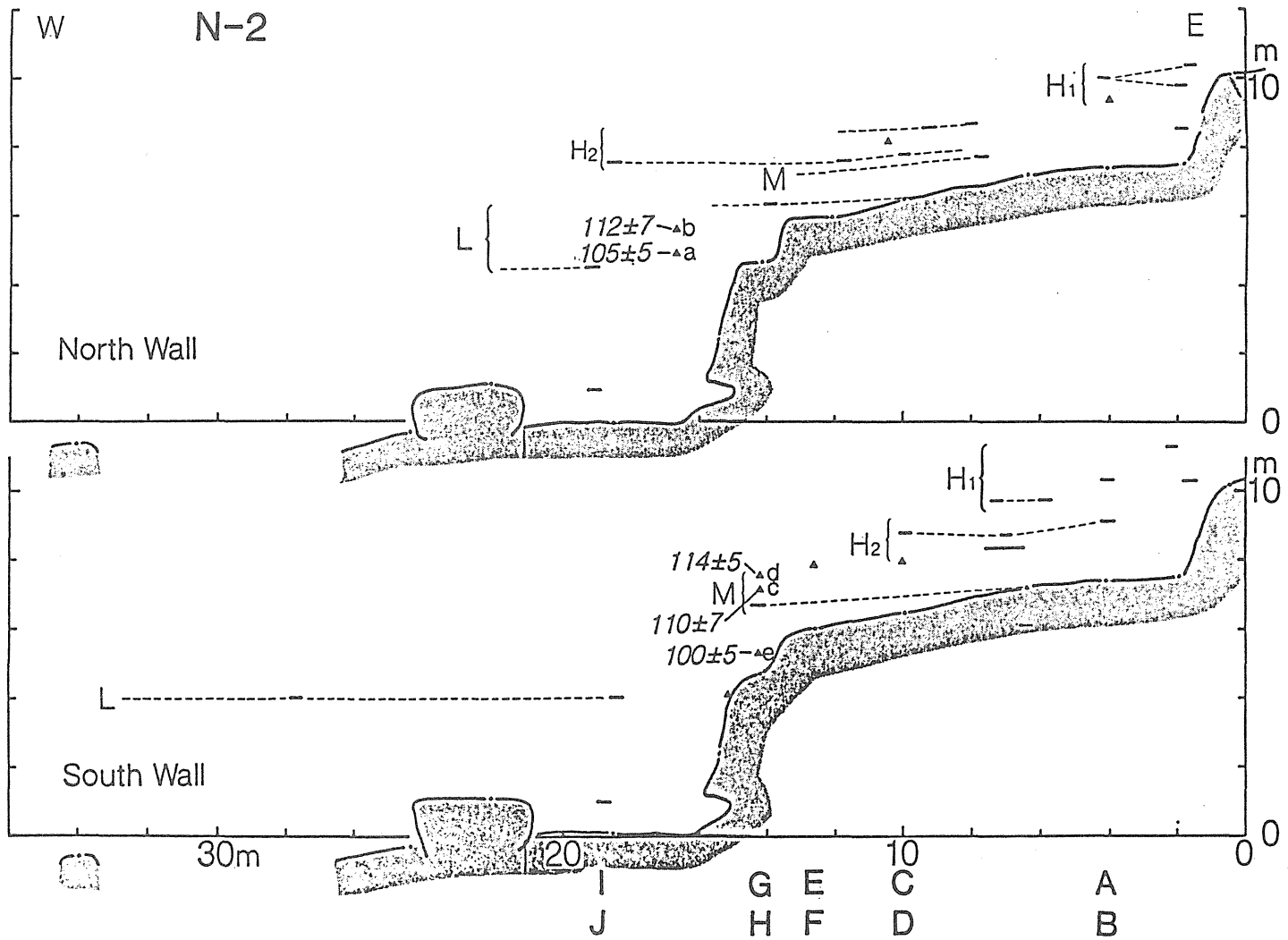


図8. N-2 (西港付近)におけるフィッシャーの実測縦断面図
H1, H2, M, L は高度によるノッチの分類, 数字は異地性サンゴの年代
(単位はka). 細かいアミは大東苦灰岩.

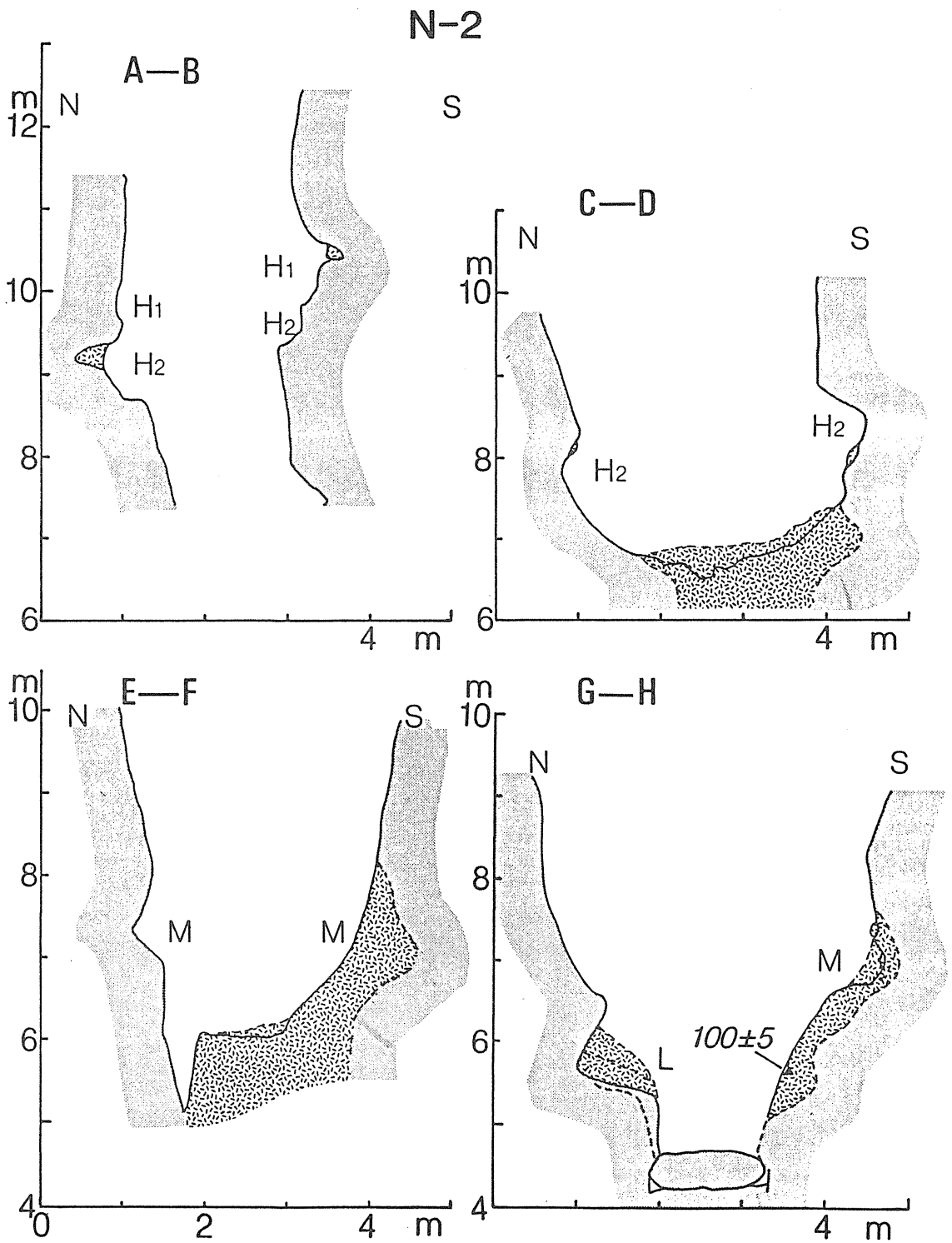


図9. N-2のフィッシャーの実測横断面図(1)

位置は図8参照。細かいアミは大東苦灰岩、粗いアミは異地性サンゴを含む更新世石灰岩。他の凡例は図8と同じ。

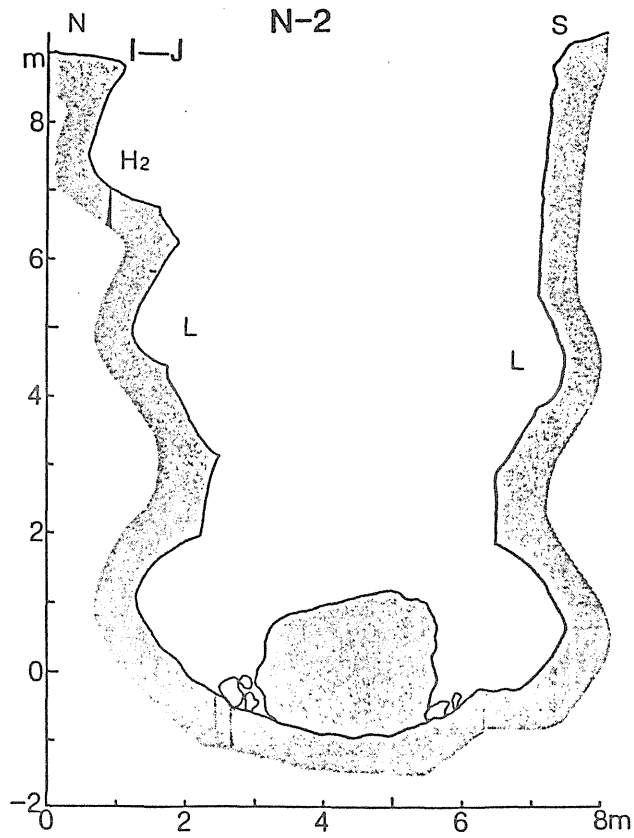


図10. N-2のフィッシャーの実測横断面図(2)
位置は図9参照



付5. N-2のフィッシャーとその壁面のノッチ

2. 試料の記載

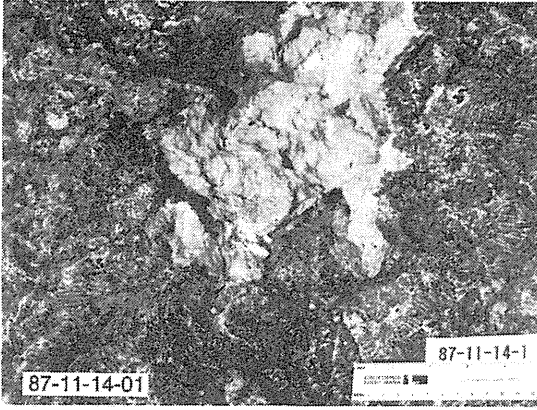
年代測定用試料の詳細を表1に、それぞれの産状を図11-15 に示す。

表1. 北大東島における年代測定試料一覧

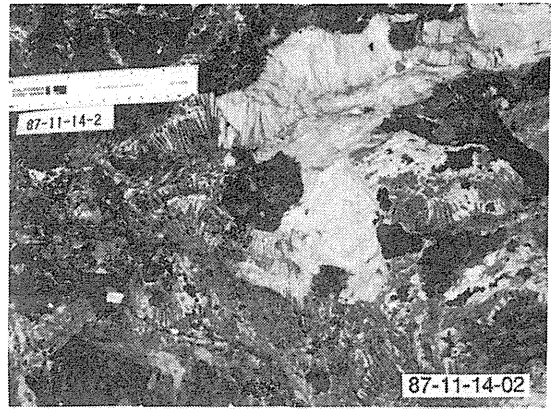
試 野外番号	料 実験室番号	地点番号	高 度 (m)	属 名
87-11-14-01	A0329	N-1-A	5.0	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-02	A0330	N-1-B	5.1	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-03	A0331	N-1-C	5.3	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-04	A0327・HI-14	N-1-D	5.7	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-05	A0324・HI-18	N-1-E	6.2	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-06	A0323	N-1-F	6.1	<u>Favia</u>
87-11-14-07	A0321	N-1-G	6.6	<u>Montipora</u>
87-11-14-08	A0320	N-1-H	7.1	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-09	A0322	N-1-I	8.1	<u>Cyphastrea</u>
87-11-14-10	A0325	N-1-J	6.3	<u>Goniastrea</u>
87-11-14-10-A	A0326	N-1-J	6.3	<u>Acropora</u>
87-11-14-10-B	A0328	N-1-J	6.3	<u>Cyphastrea</u>
87-11-15-01		N-1-a	4.2	<u>Porites</u>
87-11-15-02		N-1-b	3.7	<u>Porites</u>
87-11-15-03		N-1-c	5.6	<u>Porites</u>
87-11-15-04		N-1-d	3.6	<u>Goniopora</u>
87-11-15-05		N-1-e	3.4	<u>Porites</u>
87-11-15-06		N-1-f	5.9	<u>Porites</u>
87-11-15-07		N-1-g	5.9	<u>Goniopora</u>
87-11-15-07-A		N-1-g	5.9	<u>Goniopora</u>
87-11-15-08		N-1-h	5.7	<u>Goniopora</u>
87-11-15-08-A		N-1-h	5.7	<u>Porites</u>
87-11-16-01		N-1-i		<u>Porites</u>
87-11-16-01-A		N-1-i		<u>Goniopora</u>
87-11-16-01-B		N-1-i		<u>Goniopora</u>
87-11-16-02		N-1-j		<u>Porites</u>
87-11-17-01	HI-13	N-2-a	5.0	<u>Porites</u>
87-11-17-02	HI-23	N-2-b	5.6	<u>Goniopora</u>
87-11-17-03	HI-22	N-2-c	7.2	<u>Goniopora</u>
87-11-17-04	HI-12	N-2-d	7.7	<u>Goniopora</u>
88-08-08-01	HI-19	N-2-e	5.7	<u>Porites</u>
88-08-09-01	HI-20	N-1-K	6.4	<u>Cyphastrea</u>
88-08-09-03	HI-21	N-4	2	<u>Cyphastrea</u>
HK121102	A0178	N-3	5	<u>Porites</u>
HK121103	A0179	N-3	6	<u>Porites</u>
HK121104	A0180	N-3	6	<u>Favia</u>
KD81080701	A0081	N-1	4	<u>Hydnophora</u>
KD81080901	A0083	N-4	5	<u>Cyphastrea</u>
KD81080905	A0093	N-1	5	<u>Cyphastrea</u>

試料サイズ (最大径;cm)	産 状	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代 (ka)	備 考
130	原地性	124 ± 5	
230	原地性	126 ± 5	
230	原地性	118 ± 4	
90	原地性	120 ± 5	
50	原地性	133 ± 6	
50	原地性	130 ± 6	
60	原地性	119 ± 5	
60	原地性	130 ± 6	
33	原地性	119 ± 5	
40	原地性	133 ± 6	
30	原地性	131 ± 6	
17	原地性	123 ± 6	
35	異地性		
90	異地性		
42	異地性		
24	異地性		
32	異地性		
24	異地性		
11	異地性		
12	異地性		
185	原地性		
13	異地性		
10	異地性		
12	異地性		
9	異地性		
11	異地性		
26	異地性	105 ± 5	
27	異地性	112 ± 7	
8	異地性	110 ± 7	
12	異地性	114 ± 5	
10	異地性	100 ± 5	
15	原地性	113 ± 6	
25	異地性	115 ± 7	
	異地性	91 ± 3	小原秀樹氏採集
	異地性	123 ± 4	小原秀樹氏採集
	異地性	89 ± 3	小原秀樹氏採集
	異地性	129 ± 7	小原秀樹氏採集
	異地性	80 ± 3	小原秀樹氏採集
	異地性	101 ± 5	小原秀樹氏採集

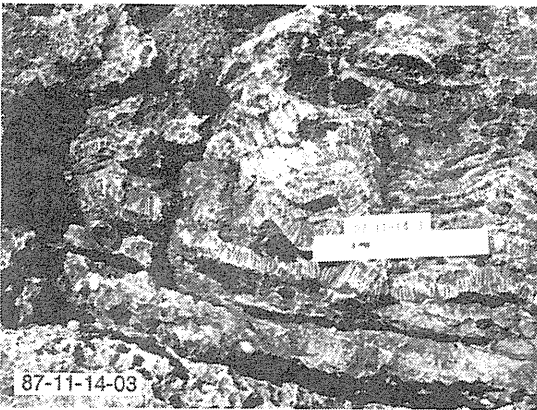
図11 北大東島での採取試料の写真(1)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



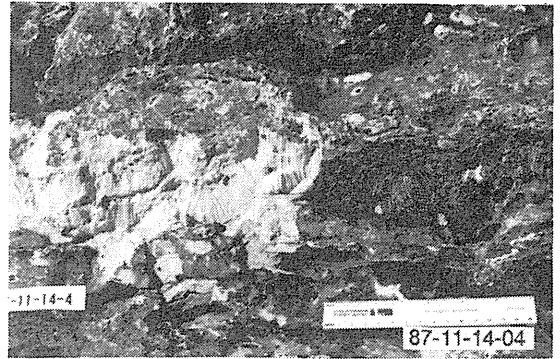
N-1-A



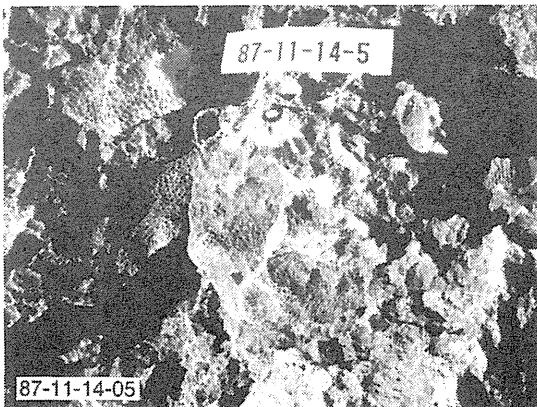
N-1-B



N-1-C



N-1-D

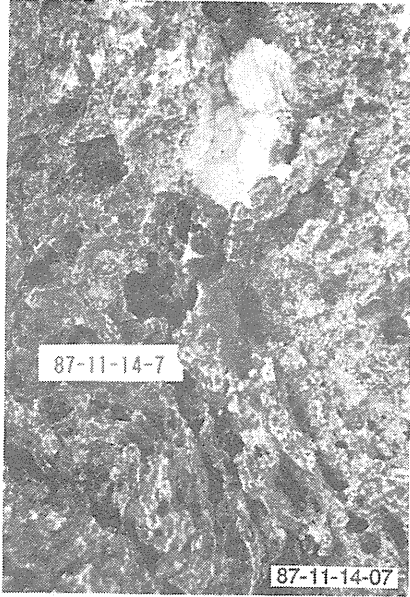


N-1-E

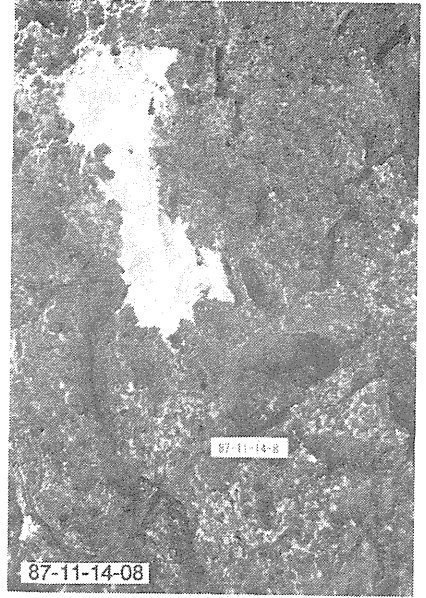


N-1-F

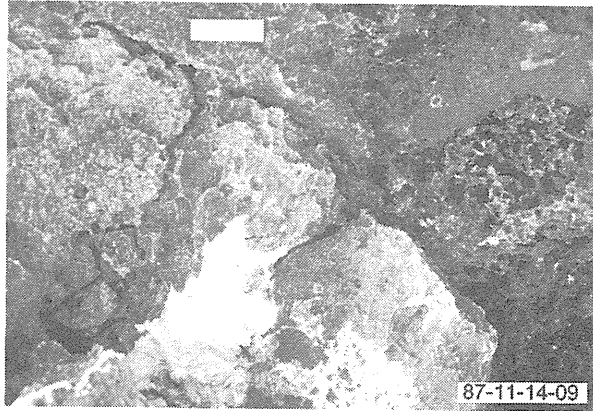
図12 北大東島での採取試料の写真(2)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



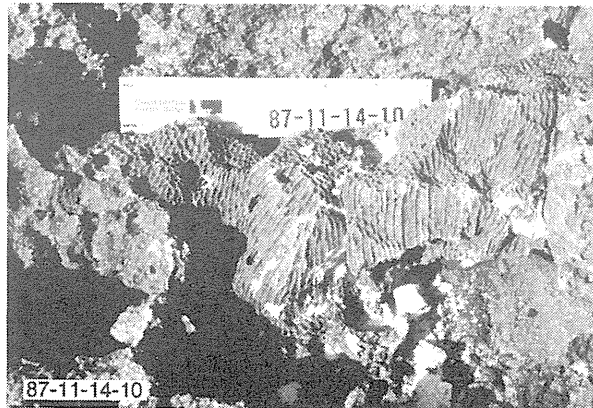
N-1-G



N-1-H

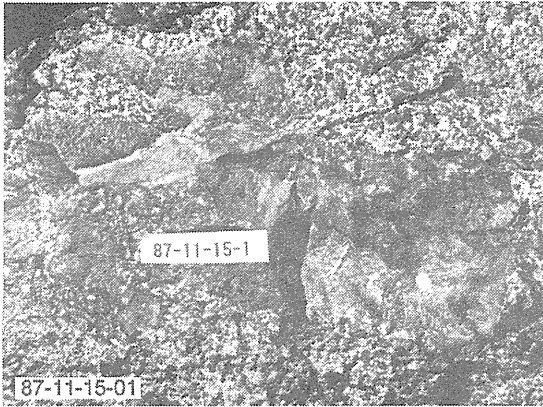


N-1-I



N-1-J
- 36 -

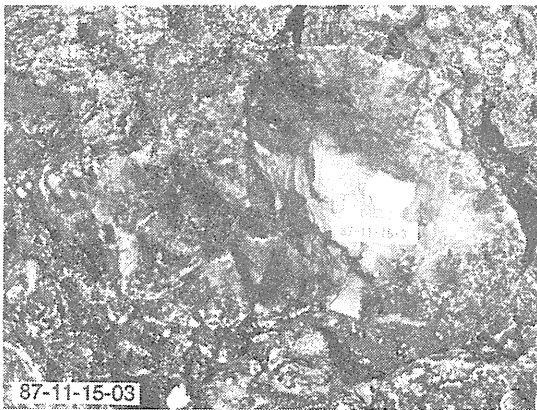
図13 北大東島での採取試料の写真(3)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



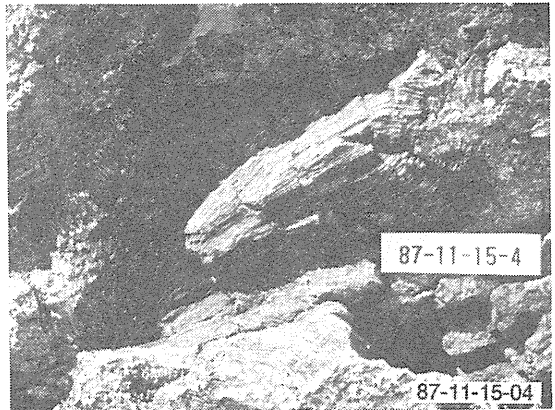
N-1-a



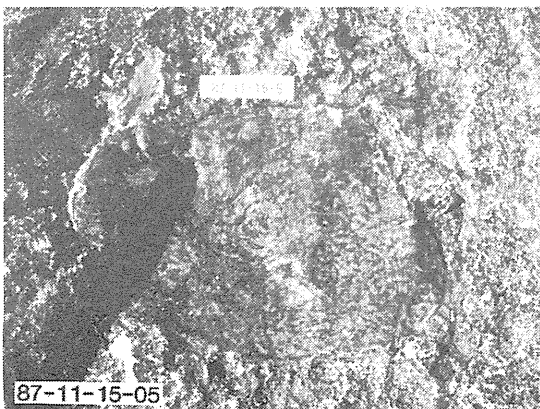
N-1-b



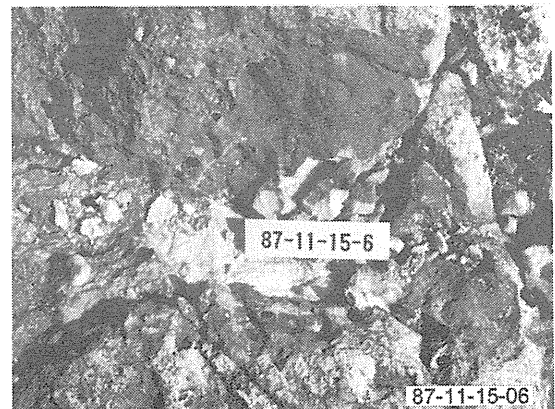
N-1-c



N-1-d



N-1-e

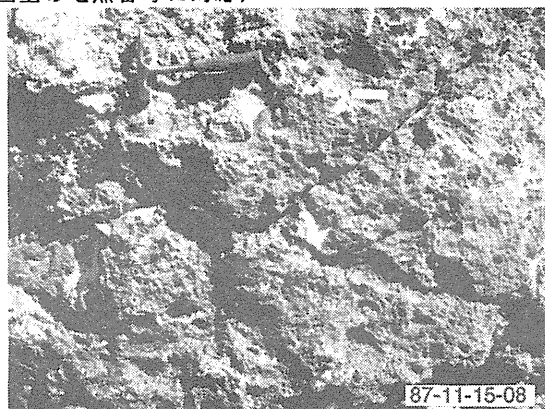


N-1-f

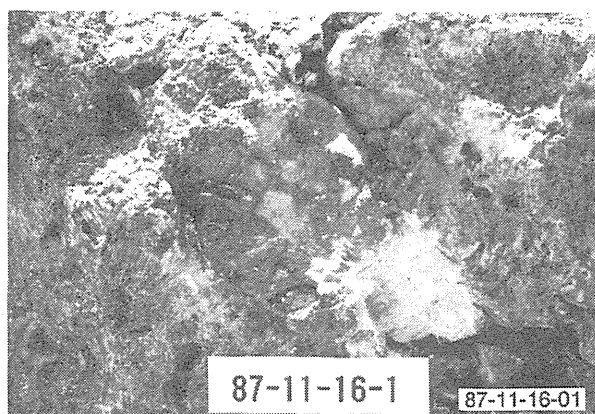
図14 北大東島での採取試料の写真(4)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



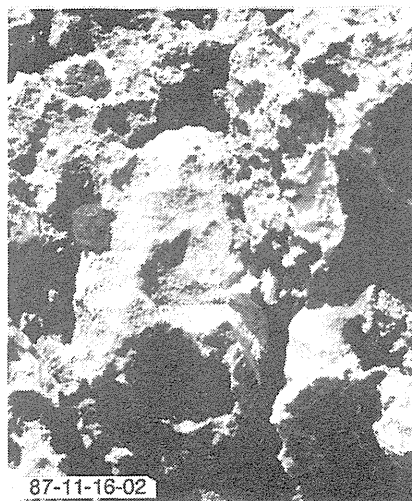
N-1-g



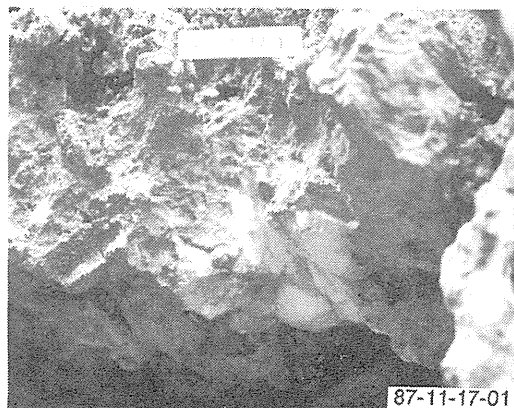
N-1-h



N-1-i

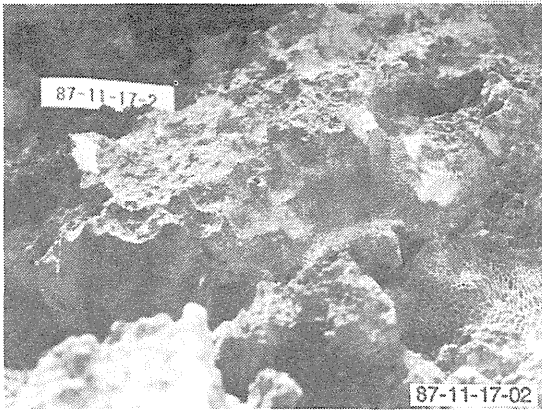


N-1-j

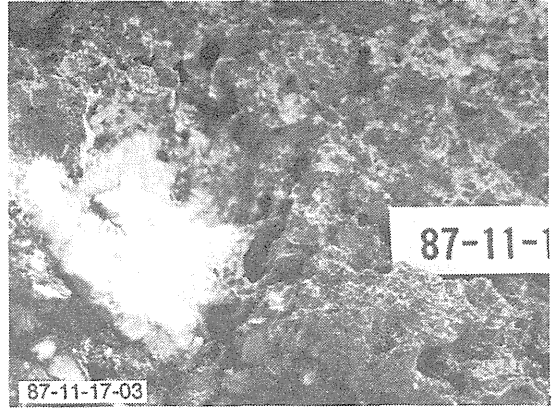


N-2-a

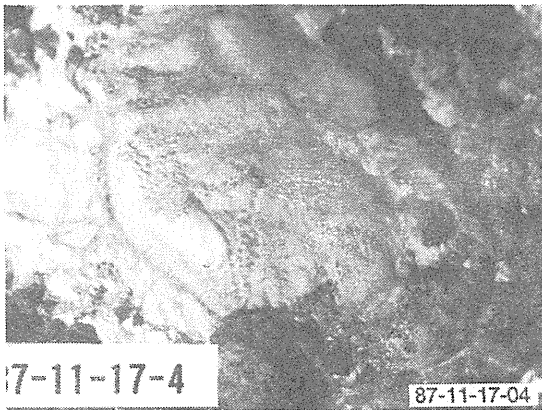
図15 北大東島での採取試料の写真(5)
 (写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



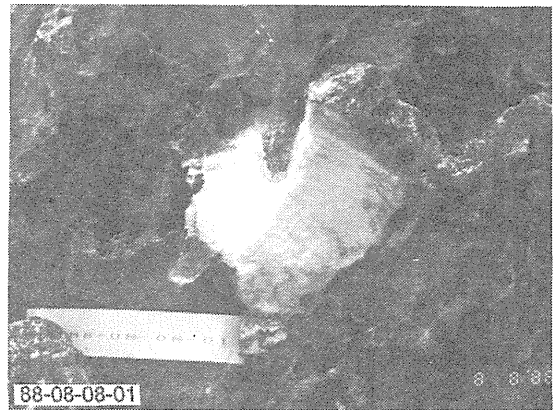
N-2-b



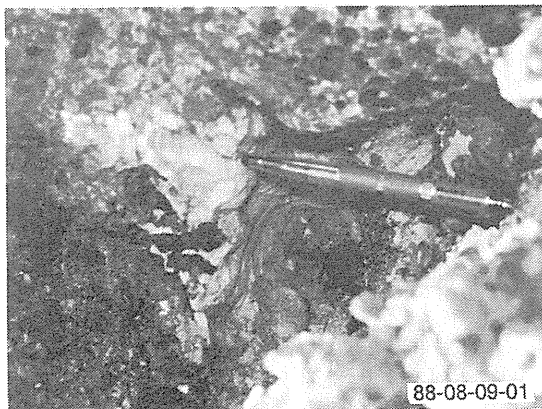
N-2-c



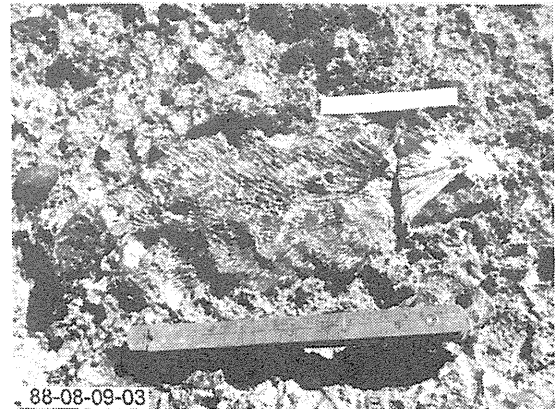
N-2-d



N-2-e



N-1-K



N-4

3. N-1, EF断面の記載と解釈

海岸線に直交する幅・高さともにわずか数メートルの垂直断面で、ESR法と $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法による計11個の年代値を得た。この断面は、岩相分布図(図16)、年代図(図17)の2枚の図に示される。この場所は図4のE-Fと示した部分の一部であり、大東苦灰岩からなる割れ目に、最終間氷期のサンゴ礁石灰岩が堆積している。説明の都合上、大東苦灰岩にD1~D6、最終間氷期関連層にL1~L4の名称を与え、さらに年代試料採取地点を記入した。

図6の右方向(陸側)の岩盤(D1およびD2)は北大東島を構成する大東苦灰岩と一体のものであり、左方向(海側、D5)および下部(D3およびD4)のものは基盤岩から離れたブロックとなっている。最終間氷期層の陸側半分では、ほとんど原地性のサンゴがかつてのノッチらしいところを皮殻状のCyphastrea, Montipora, そして皮殻状の石灰藻が覆う。もちろん侵食で丸くなったサンゴ礫などもバインディングしている。

最終間氷期層のうちで、層序的にはN-1-F'が最も古い。これは、岩相分布図のDRと示した層で、ほとんど大東苦灰岩の礫からなるが、新しいサンゴ礫も入る。このESR年代は14万年前を示す(図17; 表2-2)。これより上位の原地性サンゴのESRおよび $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代はN-1-G, -H, -Fでほぼ13万年前である。ついで、図16のRとしたサンゴ礫層が堆積するが、この礫のESR年代は平均16万年前となっている。これは、おそらく当時、ストームなどによってもたらされたものであり、最終間氷期の海進を考える上で興味深い。

この断面の背後の海拔11m付近には、石灰藻で覆われたノッチ様の水平方向の亀裂があり、この埋め残しにストーム時に堆積したと思われるサンゴ礫層があり(表2-2のN-1-1'), これは15万年前余りのESR年代を示した。先の円礫層と同時代のものとみることができる。

以上の結果から以下のような発達史が考えられる。最終間氷期の海進はこの断面位置に及び、DRの礫層、原地性礁前縁相の被覆を行なった。この時期が最終間氷期海進のカルミネーションに当たるが、その高さは海拔11m付近に及んだと推定される。この造礁規模は極めて貧弱なものであった。そして海退が始まり、当時の海底に堆積していたカルミネーション以前の古いサンゴ礫が凹地を埋めた。

図16. N-1, EF断面の岩相区分

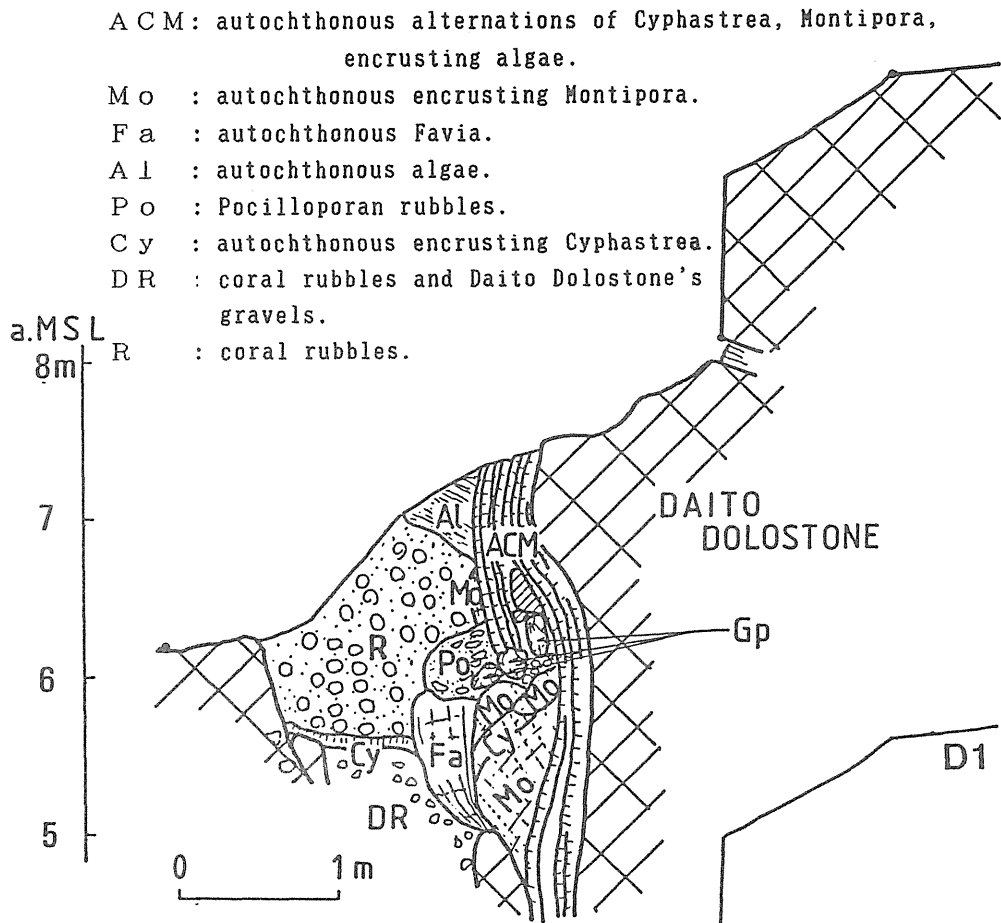


図17. N-1, EF断面の地層区分と年代

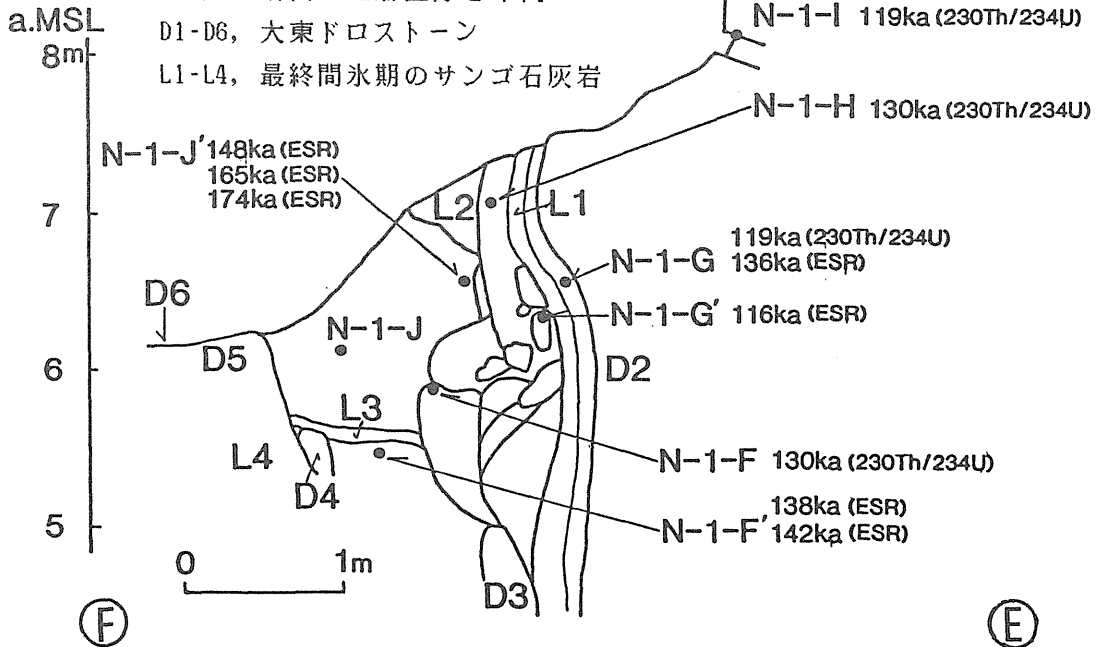


Table2-1. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ESR ages of autochthonous coral samples of Prof. E-F in Kitadaito-jim Loc. N-1.

Locality	Sample Name ESR $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Elevation [meters above MSL]	Coral genus auto. or allo.	U-238 [ppm]		TD [Gy]	ESR age [ka]	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age [ka]
				A.S.	R.A.			
N-1-A	87KD-ESR-16 (87-11-14-1 A0329)	5.0	Cyphastrea autochthonous	2.82 $\pm .04$				124 \pm 5
-B	87KD-ESR-20 (87-11-14-2 A0330)	5.1	Cyphastrea autochthonous	2.72 $\pm .04$				126 \pm 5
-C	(87-11-14-3 A0331)	5.3	Cyphastrea autochthonous	2.60 $\pm .04$				118 \pm 4
-D	87KD-ESR-24 (87-11-14-4 A0327)	5.7	Cyphastrea autochthonous	2.75 $\pm .04$				120 \pm 5
-E	871114-5 (87-11-14-5 A0324)	6.2	not identified rubble ?	2.89 $\pm .04$	2.22 $\pm .05$	88.83+11.3 -13.2	148+13 -16	133 \pm 6
-F	87KD-ESR-18 (87-11-14-6 A0323)	6.1	Favia autochthonous	2.65 $\pm .04$				130 \pm 6
-G	871114-7 (87-11-14-7 A0321)	6.6	Montipora autochthonous	3.32 $\pm .05$	3.08 $\pm .09$	109.54+4.7 -5.0	136+4 -5	119 \pm 5
-H	87KD-ESR-19 (87-11-14-8 A0320)	7.1	Cyphastrea autochthonous	2.66 $\pm .05$				130 \pm 6
-J	87KD-ESR- (87-11-14-10 A0325)	6.3	Goniastrea autochthonous	2.45 $\pm .04$				133 \pm 6
-J	87KD-ESR- (87-11-14-10A A0326)	6.3	Acropora autochthonous	3.70 $\pm .06$				131 \pm 6
-J	871114-10B (87-11-14-10B A0328)	6.3	Goniastrea autochthonous	2.91 $\pm .05$	3.00 $\pm .08$	99.54+6.2 -6.6	130+5 -7	123 \pm 6

Table 2-2. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ESR ages of allochthonous coral samples of Prof. E-F in Kitadaito-jim Loc. N-1.

Locality	Sample Name ESR $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Elevation [meters above MSL]	Coral genus auto. or allo.	U-238 [ppm]		TD [Gy]	ESR age [ka]	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age [ka]
				A.S.	R.A.			
-d	871115-4	3.6	Goniopora rubble	2.38 $\pm .05$		94.69+5.0 -5.4	148+5 -7	
-e	871115-5	3.4	Porites rubble	2.15 $\pm .05$		93.57+12.1 -14.2	157+14 -18	
-f	871115-6	5.9	Porites rubble	2.23 $\pm .05$		80.60+6.6 -7.1	138+7 -9	
-g	871115-7	5.9	Goniopora rubble	2.64 $\pm .05$		101.98+8.1 -8.9	145+7 -10	
-I	87KD-ESR-21 (87-11-14-9 A0322)	8.1	Cyphastrea allochthonous	3.52 $\pm .06$				119 \pm 5
-I'	871115-Sp.ESR2	11.1	Goniopora rubble	2.29 $\pm .05$		96.27+6.6 -7.2	154+7 -9	
-G'	871114-7'	6.5	Goniopora rubble	2.12 $\pm .05$		60.14+5.8 -5.5	116+7 -8	
-j'	871116-ESR1	ca.6.6	Porites rubble	2.45 $\pm .05$		97.21 \pm 2.3	148+1 -4	
-j'	871116-ESR2	ca.6.6	Porites rubble	2.08 $\pm .05$		103.61+7.7 -8.5	174+8 -12	
-j'	871116-ESR3	ca.6.6	Goniopora rubble	2.11 $\pm .05$		98.30+8.9 -10.0	165+11 -12	
-F'	871116-ESR5 (87-11-16-1-B)	5.6	Goniopora rubble	2.77 $\pm .06$		100.09+4.4 -4.6	138+4 -5	
-F'	871116-ESR6	5.6	Goniopora etc. rubble	2.54 $\pm .05$		95.99+4.9 -5.1	142+5 -10	

4. 230-Th/234-U年代

表3. 北大東島で得られた試料の分析値と230-Th/234-U年代

試料 実験室番号	^{238}U (ppm)	^{232}Th (ppm)	^{234}U (dpm/g)	^{230}Th (dpm/g)
HI-20	2.57 ± 0.05	< 0.02	2.11 ± 0.04	1.39 ± 0.03
A0331	2.60 ± 0.04	< 0.02	2.17 ± 0.03	1.46 ± 0.02
A0321	3.32 ± 0.05	< 0.02	2.69 ± 0.04	1.81 ± 0.03
A0322	3.52 ± 0.06	< 0.02	2.93 ± 0.05	1.98 ± 0.03
HI-18	3.10 ± 0.05	< 0.02	2.51 ± 0.04	1.70 ± 0.03
A0327	2.75 ± 0.04	< 0.02	2.28 ± 0.03	1.55 ± 0.02
HI-14	3.43 ± 0.06	< 0.02	2.82 ± 0.05	1.93 ± 0.04
A0328	2.91 ± 0.05	< 0.02	2.41 ± 0.04	1.66 ± 0.03
A0329	2.82 ± 0.04	< 0.02	2.34 ± 0.04	1.62 ± 0.03
A0330	2.72 ± 0.04	< 0.02	2.26 ± 0.03	1.58 ± 0.02
A0320	2.66 ± 0.05	< 0.02	2.18 ± 0.04	1.55 ± 0.02
A0323	2.65 ± 0.03	< 0.02	2.16 ± 0.04	1.53 ± 0.03
A0326	3.70 ± 0.06	< 0.02	3.00 ± 0.05	2.13 ± 0.04
A0325	2.45 ± 0.04	< 0.02	2.00 ± 0.03	1.44 ± 0.02
A0324	2.89 ± 0.04	< 0.02	2.41 ± 0.04	1.74 ± 0.03
HI-19*	2.33 ± 0.05	< 0.02	1.93 ± 0.04	1.17 ± 0.03
HI-13*	2.57 ± 0.05	< 0.02	2.17 ± 0.04	1.36 ± 0.03
HI-23*	2.89 ± 0.07	< 0.02	2.41 ± 0.06	1.58 ± 0.04
HI-22*	2.96 ± 0.09	< 0.02	2.50 ± 0.08	1.61 ± 0.03
HI-12*	2.58 ± 0.04	< 0.02	2.13 ± 0.03	1.40 ± 0.02
HI-21*	3.35 ± 0.07	< 0.02	2.78 ± 0.06	1.84 ± 0.04
A0083*	2.84 ± 0.03	0.088 ± 0.006	2.27 ± 0.02	1.19 ± 0.01
A0180*	2.48 ± 0.03	< 0.02	2.04 ± 0.02	1.16 ± 0.02
A0178*	2.80 ± 0.03	< 0.02	2.30 ± 0.02	1.32 ± 0.02
A0093*	2.66 ± 0.03	< 0.02	2.18 ± 0.03	1.34 ± 0.02
A0179*	2.55 ± 0.03	< 0.02	2.08 ± 0.02	1.43 ± 0.02
A0081*	2.58 ± 0.03	0.373 ± 0.019	2.06 ± 0.02	1.45 ± 0.02

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (activity ratio)	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ (activity ratio)	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (activity ratio)	Age (ka)
1.10 ± 0.02	> 1000	0.656 ± 0.017	113 ± 6
1.12 ± 0.01	> 260	0.674 ± 0.013	118 ± 4
1.09 ± 0.01	> 220	0.673 ± 0.014	119 ± 5
1.11 ± 0.01	> 280	0.677 ± 0.016	119 ± 5
1.09 ± 0.01	> 1000	0.678 ± 0.018	120 ± 6
1.11 ± 0.01	> 490	0.680 ± 0.014	120 ± 5
1.10 ± 0.02	> 500	0.686 ± 0.017	123 ± 6
1.11 ± 0.01	> 480	0.690 ± 0.015	123 ± 6
1.11 ± 0.02	> 940	0.693 ± 0.015	124 ± 5
1.11 ± 0.01	> 1000	0.698 ± 0.013	126 ± 5
1.10 ± 0.02	> 680	0.708 ± 0.017	130 ± 6
1.09 ± 0.02	> 390	0.708 ± 0.017	130 ± 6
1.09 ± 0.01	> 1000	0.709 ± 0.018	131 ± 6
1.10 ± 0.02	> 240	0.717 ± 0.016	133 ± 6
1.12 ± 0.01	> 690	0.720 ± 0.016	133 ± 6
1.11 ± 0.02	> 580	0.609 ± 0.018	100 ± 5
1.13 ± 0.02	> 570	0.628 ± 0.017	105 ± 5
1.12 ± 0.02	> 1000	0.654 ± 0.022	112 ± 7
1.13 ± 0.03	> 1000	0.646 ± 0.024	110 ± 7
1.10 ± 0.02	> 260	0.663 ± 0.016	114 ± 5
1.11 ± 0.02	> 710	0.663 ± 0.020	115 ± 7
1.07 ± 0.01	56.2 ± 4.0	0.524 ± 0.015	80 ± 3
1.10 ± 0.01	> 310	0.567 ± 0.010	89 ± 3
1.10 ± 0.01	> 310	0.574 ± 0.010	91 ± 3
1.10 ± 0.01	> 1000	0.613 ± 0.017	101 ± 5
1.09 ± 0.01	> 340	0.687 ± 0.012	123 ± 4
1.07 ± 0.01	16.2 ± 0.8	0.704 ± 0.020	129 ± 7

表1. 3に示すように、北大東島では測定された13試料のすべてが113±6~133±6kaの中に入り、isotope stage 5e に対応している。一方、異地性の12試料については、5eのほかに約80~100kaという 5e より若い年代のものが半分を占めていることが注目される。

5. ESR年代と $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代との比較

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代測定法は現在確立しており、この年代とESR年代を比較する意味は大きい。幸いにこの度の共同研究でその機会を得た。すなわち、木庭ほかが'85年、'86年に南大東島、北大東島で採取しESR年代を得た試料の同一粉末を、大村、岩田が $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法により測定した。その結果を表4に示す。

^{238}U の濃度は2種類あり、A.S.の欄の値はアルファ分光法によって大村ほか求めたものであり、R.A.の欄の値は木庭ほかにより放射化分析法によって求めたものである。後者の値が一般に少な目に出ているが、両者間の相関は高く、相関係数0.89となる。いずれのデータも標準偏差 2σ の中に入っており、異常値は無い。今回のESR年代は後者の放射化分析法による ^{238}U 測定値を使用している。 ^{238}U の測定の検討は今後進めなければならない。

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代の平均値は119kaで、ESR年代のそれは114kaとなっている。平均値に有意な違いはないといえる。さらに2つの年代値の間に相関は無く、相関係数は-0.03となっている。このことは、いずれかの年代測定法が系統的に若く出るといようなことはないことを示す。表4の値で、上から4番目のMD-11-32 (HI-15)の年代は大きく離れ、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代は最古の133ka、ESR年代は最新の107kaを示す。この差は試料そのものに依存する可能性が大きく、今後試料の年代試料としての適切さの検討とともに、ウラン系列の各核種の挙動の点で計算機によるシミュレーションを行なうことによって検討したい。

Table 4. Relationship between ESR and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ages.¹⁾

Locality	Sample No. ESR $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Coral species auto. or allo.	^{230}U ²⁾ [ppm]		TD ³⁾ [Gy]	ESR age [ka]	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age [ka]	
			A.S.	R.A.				
Kitadaito	N-2-d	KD-ESR-1 (HI-12)	Cyphastrea mic. rubble	2.58 ±.04	2.32	59.89+3.5 -3.4	108+5 -4	114±5
	N-2-a	KD-ESR-2 (HI-13)	Porites rubble	2.57 ±.05	2.36	67.18+13.2 -15.1	116+16 -19	105±5
	N-1-d	KD-ESR-24 (HI-14)	Montipora rubble	3.43 ±.06	(3.10)	85.78+15.9 -18.4	114+14 -18	123±6
Minamidaito	S-3	MD-11-32 (HI-15)	Porites autochthonous	2.73 ±.05	2.10 ±.05	52.92+5.33 -5.40	107+7 -8	133±7
	S-3	MD-11-34 (HI-16)	Goniopora lobata autochthonous	3.34 ±.07	2.43 ±.06	78.97+9.00 -9.23	128+10 -11	124±7
Kitako 85102501	MD-11-11 (HI-17)	Goniopora lobata rubble	4.17 ±.10	2.95 ±.06	77.27+7.44 -7.99	110+7 -9	116±7	

1) These samples were collected in '85 and '86 by Koba and others.

2) A.S.: by Alpha spectroscopy

R.A.: by Radioactivation analysis

3) TD : Total dose in Gy.

6. まとめと問題点

以上の調査・分析結果に基づいて以下のことがまとめられる。

1) 北大東島のN-1は原地性サンゴについてはじめて14の230-Th/234-U年代が得られた。その年代は $113 \pm 6 \sim 133 \pm 6$ kaで、いずれも最終間氷期最盛期、isotope stage 5eに対応する。

2) N-1の原地性サンゴ産出の上限高度は8.1mである。共存する石灰藻の種から、これらのサンゴは汀線付近のごく浅海に生育したものと推定される。

3) 地形的資料からみても当時の旧汀線はほぼ10mの高度と推定できる。

4) したがって、最終間氷期最盛期以降の平均隆起速度は0.05m/ka以下ときわめて小さい(当時の海面高度を5~6mとして計算)。

5) 同一試料4個(いずれも異地性試料)について230-Th/234-U年代とESR年代を比較すると、ほぼ同一の年代を示す。しかし細かくみると10~30kaに達する差がある。その原因についてより考察を進める必要がある。

6) 原地性試料はN-2~N-4では認められない。また、N-1でも分布はきわめて断片的であった。これは、サンゴが生息する海の状態、すなわち、海食崖をもつ急深な海であることによるものであろう。

7) 異地性のサンゴはかなりのものが5eより若く、80~100kaの年代を示す。したがってisotope stage 5cまたは5aにあたるサンゴ礁の存在が推定されるが、陸上にはその年代の原地性サンゴは認められない。isotope stage 5cまたは5aの古海面高度は現在よりも低いとされているから、上記の小さな隆起速度ではこれらの時期のサンゴ礁が陸上にあるとは考えにくい。今後海面下でこれらの時代のサンゴ礁があるかどうかを確認する必要がある。

8) 5eの旧海面がN-1で認められたように現在10mであるとし、顕著な傾動がなかったとすると、N-2の最高のノッチ(H1)も5eに当たるとみなすことができる。ではH1の下位にあるノッチは何時の年代に形成されたのであろうか。7)でのべたように、一般に受け入れられている海面変化曲線を認めるとこれらのノッチが5cまたは5aに当たるとは考えにくい。ノッチを埋める堆積物はいずれも異地性で、嵐によって打ち上げられたとも考えられ、必ずしもノッチの形成期に対応するとは限らず、ノッチが5eより以前の海水準を記録している可能性も否定できない。ノッチのもつ意味とその形成期に関してさらに検討する必要がある。

9) 北大東島には完新世の離水サンゴ礁は存在しない。

VI. 南大東島の調査結果

1. 調査地域の地形・地質とサンゴの産出状態

南大東島では、S-1～S-3の3ヶ所で精査を行った（図18）．以下に調査地域の地形・地質，サンゴの産状などについて記す．

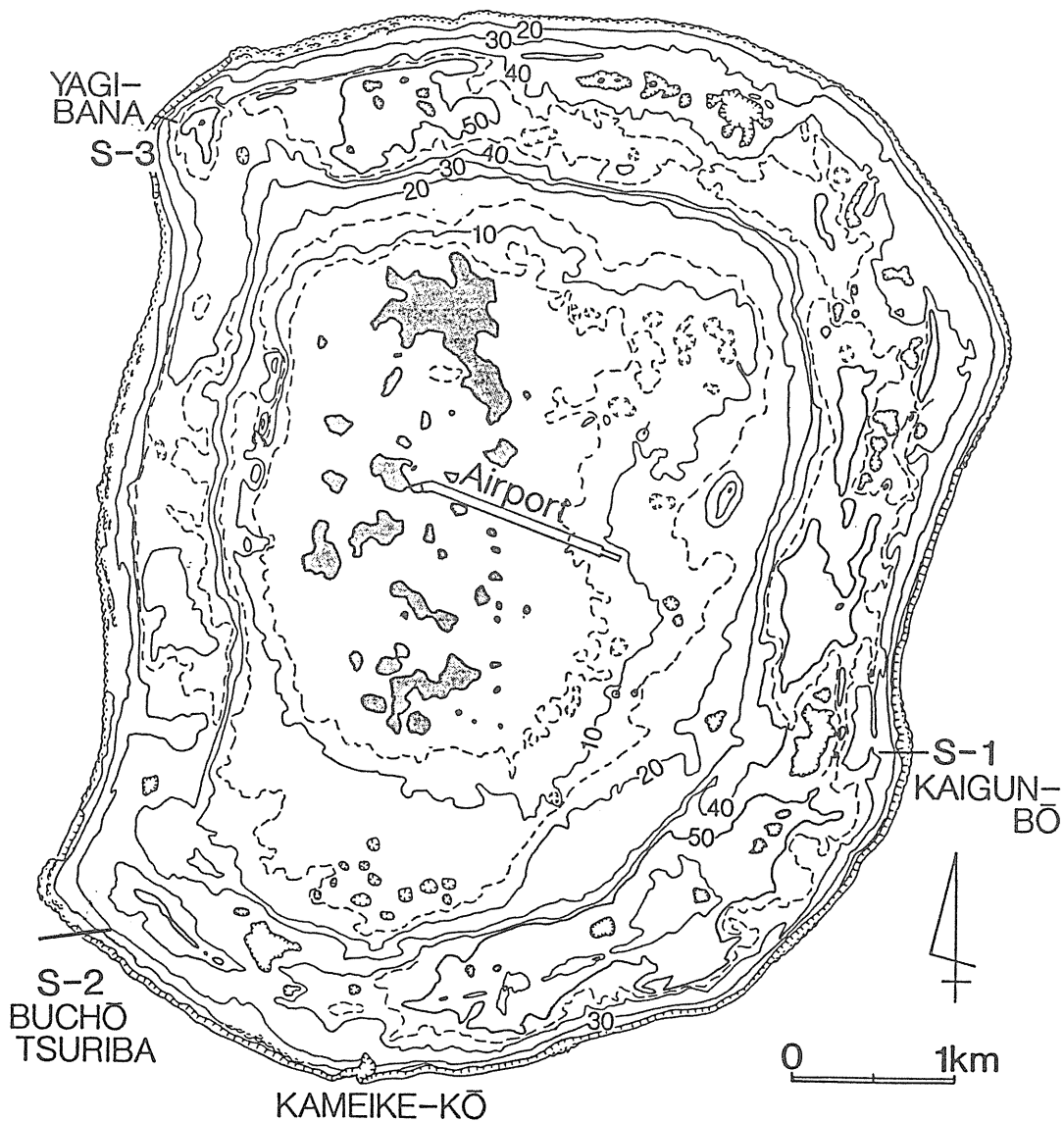


図18. 南大東島の地形概略と調査地点

S-1 (は海軍棒)島の東岸に位置し, Konishi et al., (1978), 小西 (1980) によって最終間氷期の”海軍棒石灰岩”が報告された場所である。しかし, 石灰岩の産出状態と地形との関係の詳細については不明であったので, 今回の調査で詳しく観察した。ここは, 北大東島のN-1とよく似た地形で, 大東苦灰岩からなる急斜面の下に狭い(幅約60m)やや平坦な地形があり(口絵6), 原地性サンゴが諸処に付着している(図19, 20)。これらの図でもほとんどすべての原地性サンゴを図示してある。N-1と同様に原地性サンゴの分布はパッチ状で, 大部分の場所に大東苦灰岩が露出している。しかし, 原地性サンゴは巨大なものも多く(口絵12,13), また, 原地性サンゴの上限に近い部分で石灰藻とのバインディング構造が明瞭な場合もある(口絵11)。なお, これらの石灰藻の種構成はN-1と同様にきわめて浅い水深を示す(東北大学・井龍康文氏による)。原地性サンゴ産出の上限高度は11mである。本地域の平坦面の内縁高度はほぼ11~12m, 付近にはノッチも見られ, そのリトリートポイントの高度の最高は12.7mである。現在の海岸線に沿ってサーフベンチがあり, その背後にノッチが見られる。S-1の平坦面とノッチの関係はこれとよく似ており, サンゴの上限高度も地形的にみた旧汀線に近い。

礫として残る異地性サンゴもしばしば見られる(口絵14)。海岸線に近いフィッシャーの脇で, 図20の左端に示したような層序関係が観察され(口絵10), 3つの層相が識別できる。Unit AとUnit Bは礫岩層であるが, 前者が大東苦灰岩からなる礫が卓越するのに対して後者はいわゆる海軍棒石灰岩からなる礫が卓越する。Unit Cは原地性サンゴとその充填物からなる。これらは不整合の関係にあると思われるが, 図20および表5, 6に示すように年代はほぼ同じである。



付6. S-1, L地点の巨大なサンゴの採掘

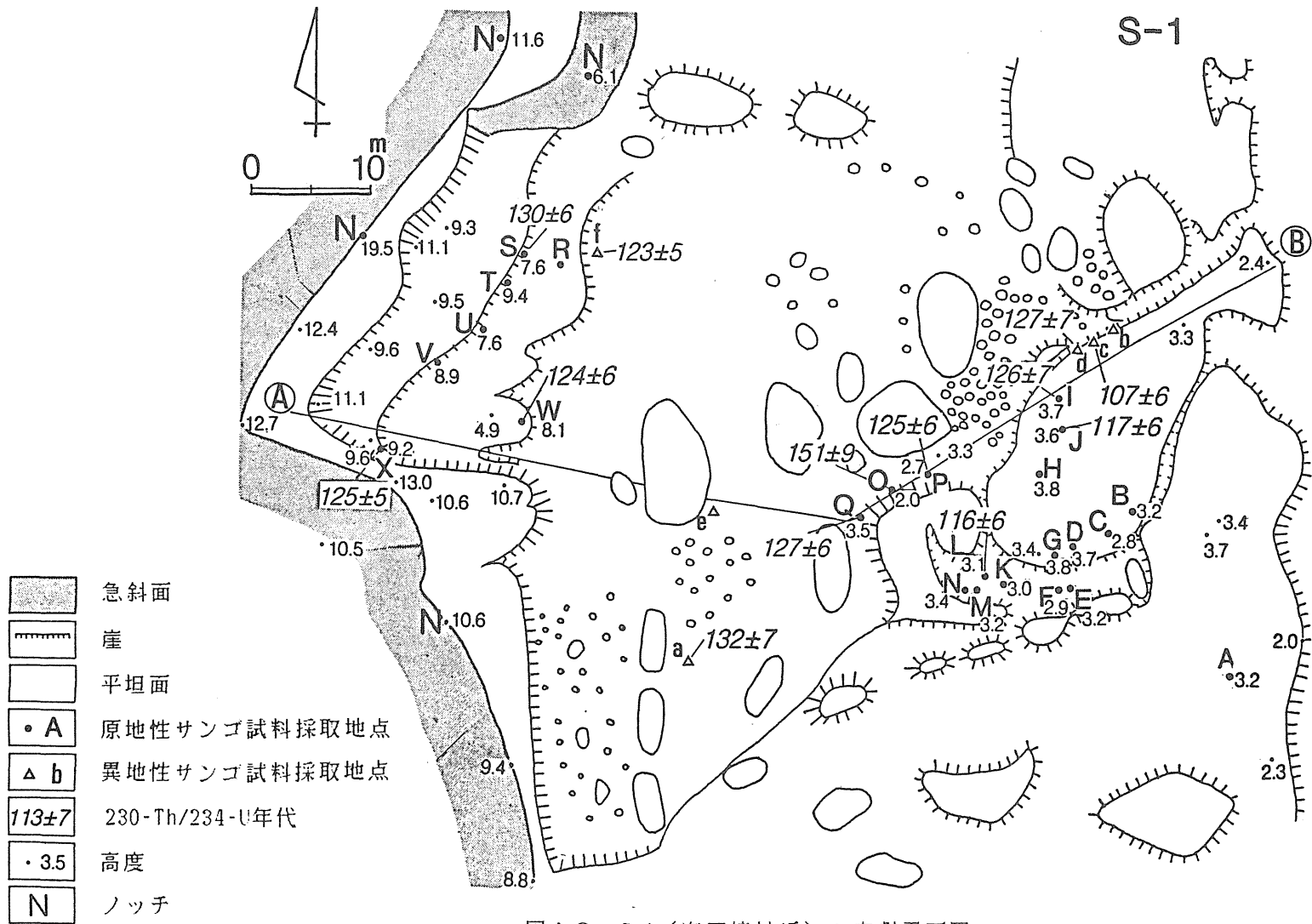


図19. S-1 (海軍棒付近) の実測平面図

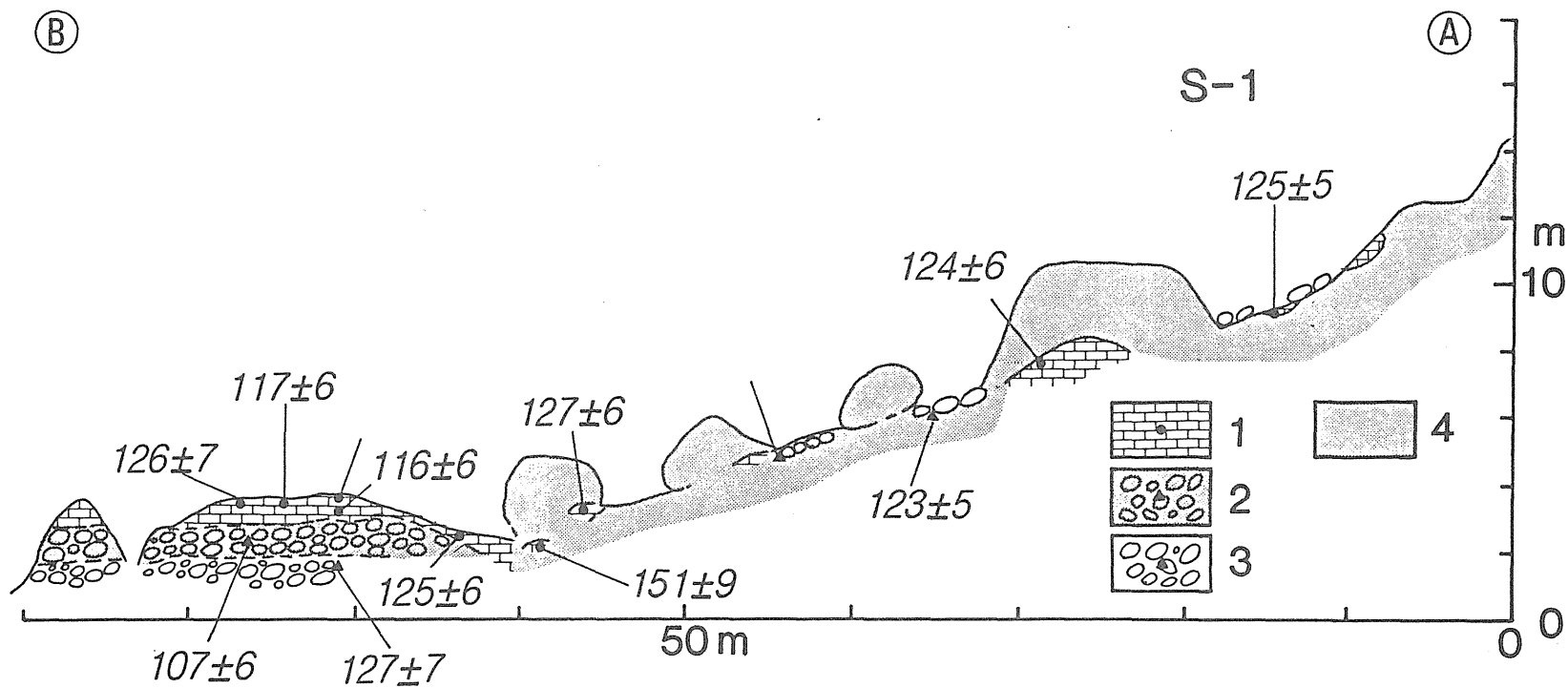


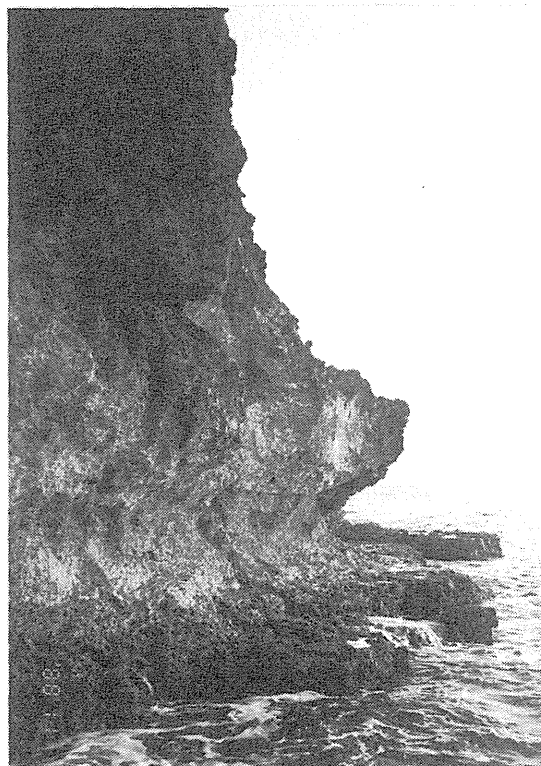
図20. S-1地域の断面図

位置は図19参照. 1. Unit C. 2. Unit B. 3. Unit A. 4. 大東苦灰岩

S-2は部長釣り場と呼ばれる場所で、島の南西端にみられる奥行き深い湾入状の平坦面とそれを刻む深いフィッシャー、それを埋める原地性サンゴなどが観察される（口絵9，図21）。ここでは原地性サンゴの上限高度は5.2mで、N-1,S-1で見られたとよく似た石灰藻とのバインディング構造を示すこともある。現在の海岸線に沿ってサーフベンチが明瞭に発達している（口絵9）いるので、S-2に見られる平坦面も離水したベンチと思われ、その上限高度は12.2mとなり、S-1のそれにほぼ等しい。ここでは、原地性サンゴ上限よりも高いけれどもこの高さを旧汀線とみなす。

なお、本地点の北側のフィッシャーの壁面に離水したノッチ群と思われる地形があり、その高度は上位からそれぞれ12.2m, 10.5m, 8.9m, 7.9m, 4.8mである。また、S-2の南東約50mのフィッシャーの壁面にも同様な地形があり、その高度は9.6m, 7.0m, 1.1mであった。最下位のものは現成のものである。これら近接する場所でノッチの数、高度が著しく異なり、かつノッチに対応するサンゴが全くみられないことは、たとえフィッシャーの中と外洋に面する場所との条件の差があるにせよ、古海面の指示者としてのノッチに問題をなげかけてくる。

付7. S-2南方のサーフベンチ
とノッチ



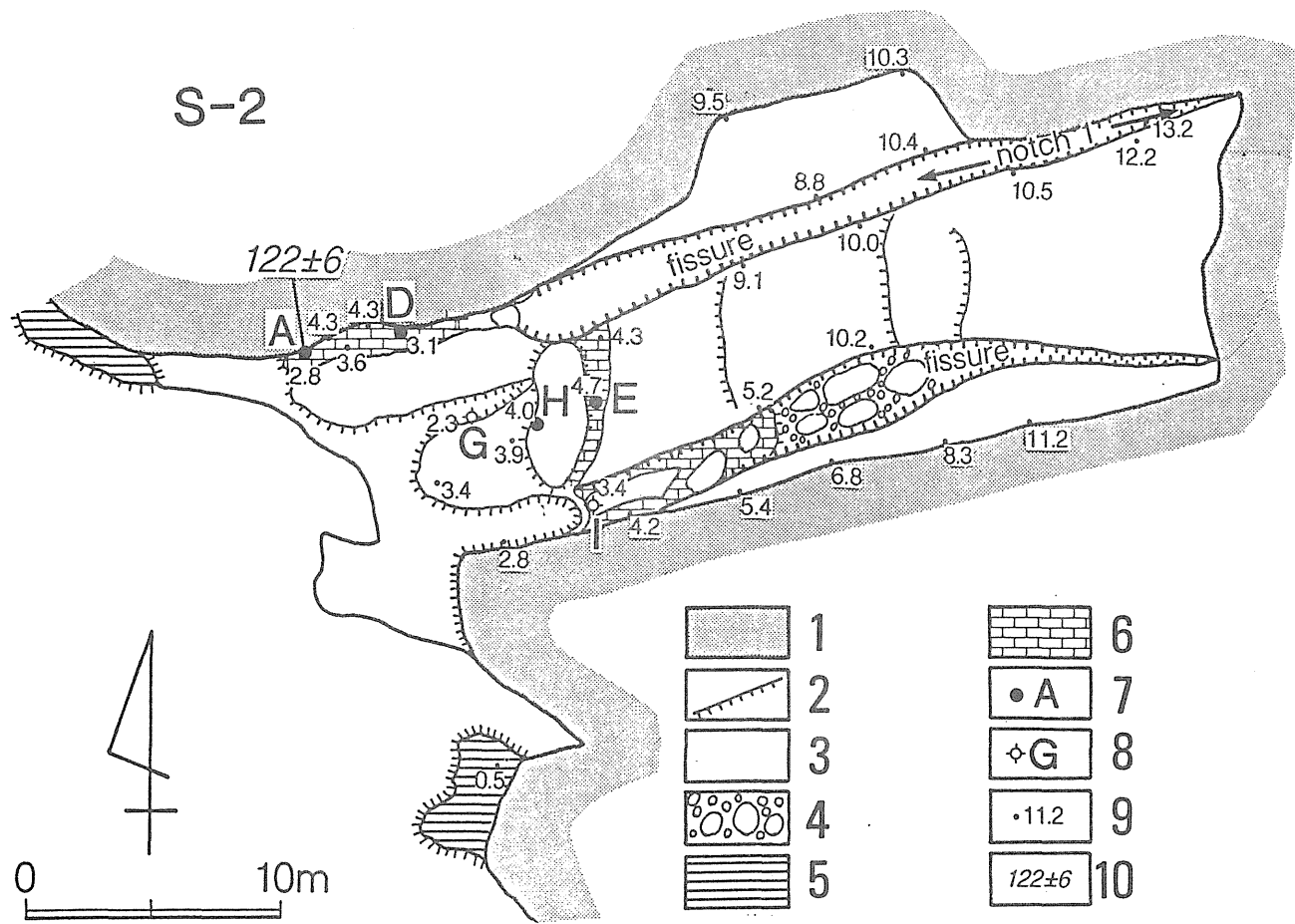


図 2 1. S-2 (部長釣り場付近) の実測平面図

1. 急斜面, 2. 崖, 3. 平坦面, 4. 異地性サンゴを含む更新世石灰岩,
5. サーフベンチ, 6. 原地性サンゴを含む更新世石灰岩,
7. 原地性サンゴ試料採取地点, 8. 異地性サンゴ試料採取地点,
9. 高度, 10. $^{230}\text{-Th}/^{234}\text{-U}$ 年代

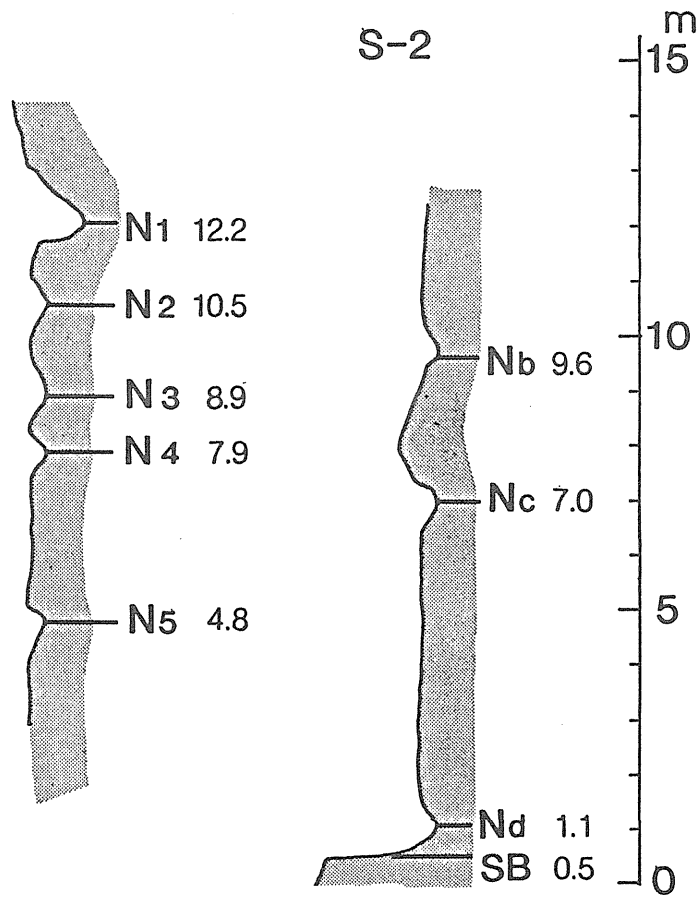
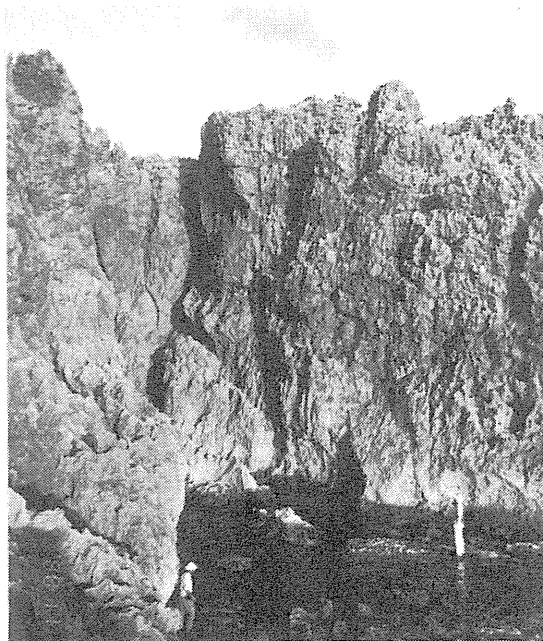


図22. S-2付近のノッチ. 左は図21北部のフィッシャー内のノッチ
 右は図21の南方(図の範囲外)のノッチ

付8. S-2南方のノッチ
 (図22の右側)



S-3: 本地点は島の北西端に位置し、山羊鼻と呼ばれ、サンゴ石灰岩の侵食地形を横切ってたどり着くことができるきわめてアプローチの悪い場所である。ここでも大東苦灰岩をきる急斜面の下に幅の狭い(約20-30m)平坦面がある(口絵7, 図23)。この平坦面上には、原地性サンゴが幅5~8m, 長さ約35mにわたって連続的に分布し(図23), 平坦面上の高まりを形成している(図24)。

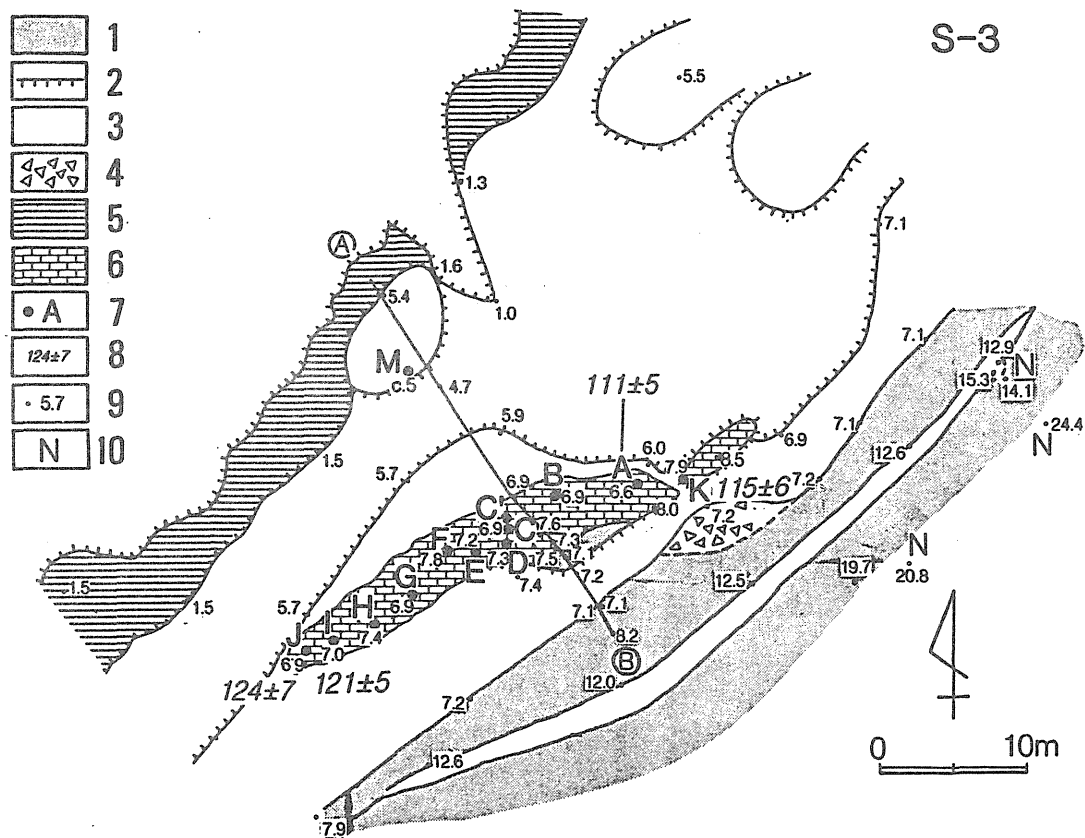


図23. S-3(山羊鼻付近)の実測平面図

1. 急斜面, 2. 崖, 3. 平坦面, 4. 産錐, 5. サーフベンチ, 6. 原地性サンゴを含む更新世石灰岩, 7. 原地性サンゴ試料採取地点, 8. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代, 9. 高度, 10. ノッチ

南・北大東島を通して本地点は原地性サンゴの発達がもっともよい。現存する原地性サンゴの上限高度は8.5mである。その背後に狭い肩状の平坦面（高度約12m）があり、内縁にノッチがみられることもあるので、この平坦面を離水ベンチとみなし、その上限高度12.6mを旧汀線高度と推定した。なお、本地点付近では現成のサーフベンチの発達がよく、その内縁高度は約1.5mである。したがって隆起量を考えるには離水ベンチの高度から約1.5mを差し引く必要がある。本地点では異地性サンゴは見出されなかった。

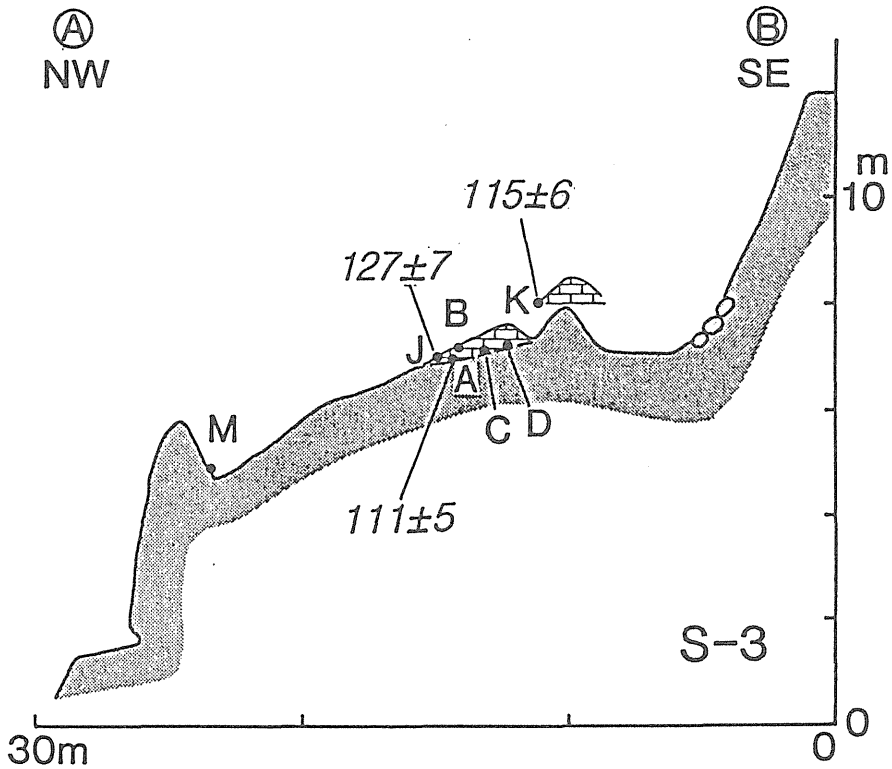


図24. S-3地域の断面図

位置は図23参照。凡例は図6と同じ。

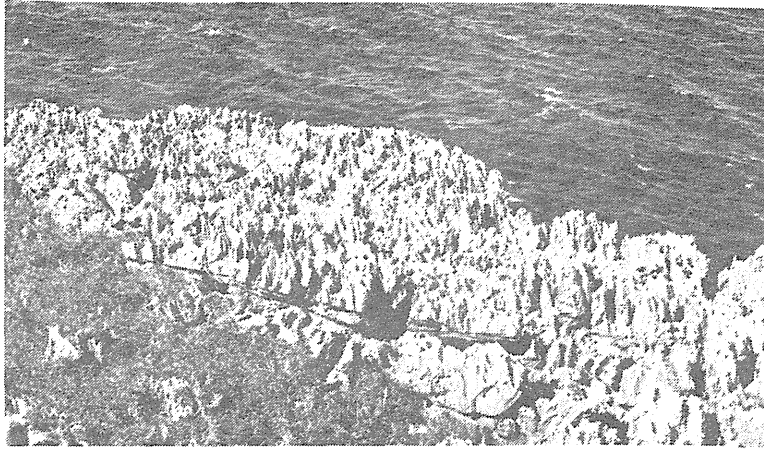
2. 試料の記載

年代測定用試料の詳細を表4に、それぞれの産状を図25-31に示す。

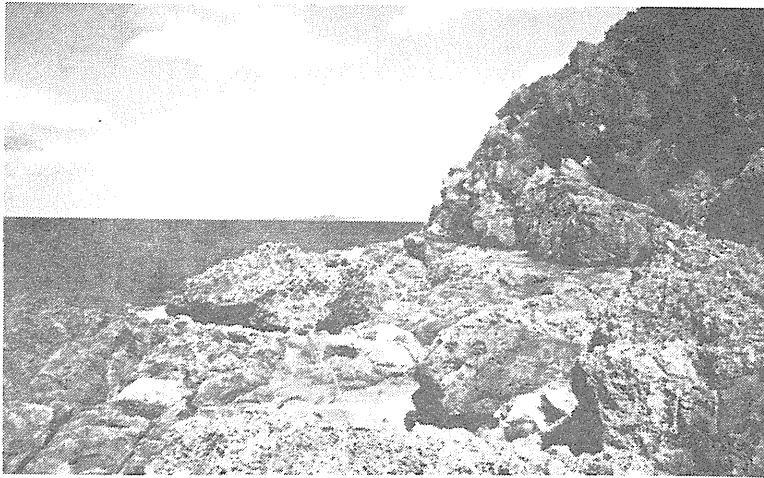
表5. 南大東島における年代測定試料一覧

試 野外番号	料 実験室番号	地点番号	高 度 (m)	属 名
88-10-28-01		S-1-A	3.2	Porites
88-10-28-02		S-1-B	3.2	Porites
88-10-28-03		S-1-C	2.8	Porites
88-10-28-04		S-1-D	3.7	Porites
88-10-28-05		S-1-E	3.2	Porites
88-10-28-06		S-1-F	2.9	Porites
88-10-28-07		S-1-G	3.6	Porites
88-10-28-08		S-1-H	3.8	Porites
88-10-28-09	HI-42・HI-48	S-1-I	3.7	Goniopora
88-10-28-10	HI-37	S-1-J	3.6	Goniopora
88-10-29-01		S-1-K	3.0	Porites
88-10-29-02	HI-29	S-1-L	3.1	Porites
88-10-29-03	HI-43・HI-47	S-1-O	2.0	Porites
88-10-29-04		S-1-P'	2.7	Porites
88-10-29-04-A	HI-32	S-1-P	2.7	Porites
88-10-29-05	HI-44	S-1-Q	3.5	Porites
88-10-29-06		S-1-R	6.7	Porites
88-10-29-07		S-1-S	7.6	Porites
88-10-29-08	HI-49	S-1-T	7.4	Porites
88-10-29-09		S-1-U	7.6	Goniopora
88-10-29-10		S-1-V	8.9	Porites
88-10-29-11	HI-33	S-1-W	8.1	Goniopora
88-10-29-12	HI-45	S-1-X	9.6	Goniopora
88-10-30-01	HI-34	S-1-a	5.0	Porites
88-10-30-03	HI-27	S-1-c	2.6	Porites
88-10-30-04	HI-30	S-1-d	1.9	Porites
88-10-30-05		S-1-e	5.0	Porites
88-10-30-06	HI-38	S-1-f	6.0	Acropora
88-10-31-01	HI-35	S-2-A	2.8	Goniastrea
88-10-31-02		S-2-D	3.1	Goniastrea
88-10-31-03		S-2-G	2.3	Porites
88-10-31-04		S-2-E	4.7	Goniastrea
88-10-31-05		S-2-H	4.0	Montastrea
88-10-31-06		S-2-I	3.4	Porites
88-11-01-01		S-1-X4	8.6	Montipora
88-11-02-01	HI-28	S-3-A	6.6	Porites
88-11-02-02		S-3-B	6.9	Porites
88-11-02-03		S-3-C	6.9	Goniopora
88-11-02-03-A		S-3-C'	6.9	Porites
88-11-02-04		S-3-D	7.3	Goniopora
88-11-02-05		S-3-E	7.2	Goniopora
88-11-02-06		S-3-F	7.8	Porites
88-11-02-07		S-3-G	6.9	Goniopora
88-11-02-08		S-3-H	7.4	Porites
88-11-02-09	HI-46	S-3-I	7.0	Goniopora
88-11-02-10	HI-25	S-3-J	6.9	Goniopora
88-11-02-11	HI-36	S-3-K	7.9	Goniopora
88-11-02-13		S-3-M	5.0	Porites
MD-II-11	HI-17		5.0	Goniopora
MD-II-32	HI-15	S-3	5.9	Porites
MD-II-34	HI-16	S-3	7.5	Goniopora

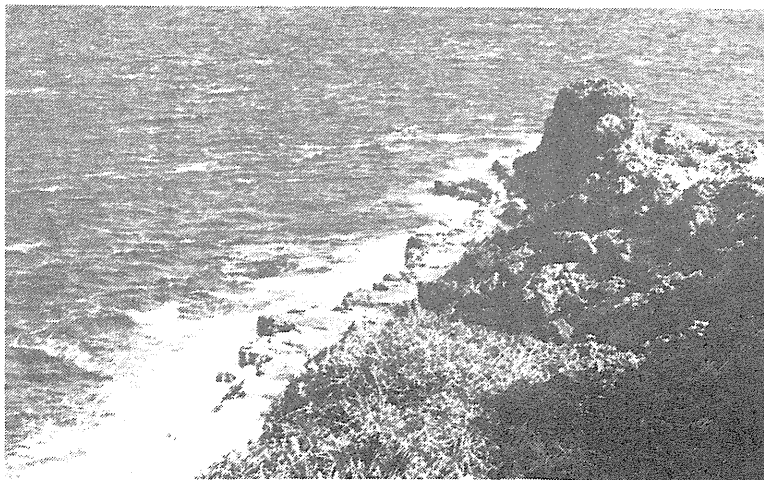
試料サイズ (最大径;cm)	産 状	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代 (ka)	備 考
260	原地性		一部方解石化
55	原地性		
180	原地性		
250	原地性		
270	原地性		
45	原地性		
90	原地性		
160	原地性		
40	原地性	126 ± 7	
65	原地性	117 ± 6	
260	原地性		
130	原地性	116 ± 6	
50	原地性	151 ± 9	
160	原地性		
60	原地性	125 ± 6	
140	原地性	127 ± 6	
115	原地性		
90	原地性	130 ± 6	
85	原地性		
75	原地性		
85	原地性		
65	原地性	124 ± 6	
80	原地性	125 ± 5	
75	異地性	132 ± 7	
34	異地性	107 ± 6	unit B
21	異地性	127 ± 7	unit A
31	異地性		unit A
47	異地性	123 ± 5	unit A
72	原地性	122 ± 6	
> 100	原地性		
15	異地性		
60	原地性		
55	原地性		
60	異地性		
200	原地性	111 ± 5	
40	原地性		
200	原地性		
30	原地性		
75	原地性		
55	原地性		
60	原地性		
100	原地性		
110	原地性		
175	原地性	121 ± 5	
110	原地性	124 ± 7	
40	原地性	115 ± 5	
140	原地性		
	異地性	116 ± 7	北港にて採集
	原地性	133 ± 7	
	原地性	124 ± 7	



付9. S-3山羊鼻の北方の大東苦灰岩の侵食地形

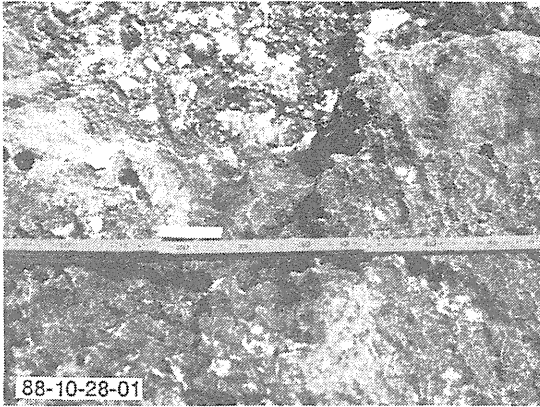


付10. S-3内縁部の地形

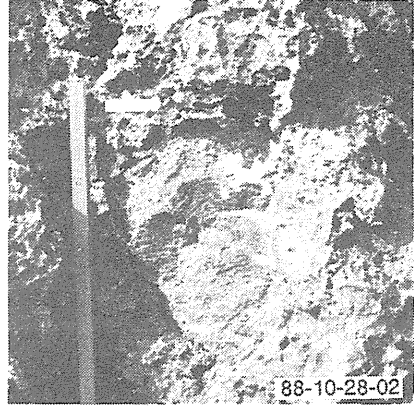


付11. S-3、A-B断面海側の地形

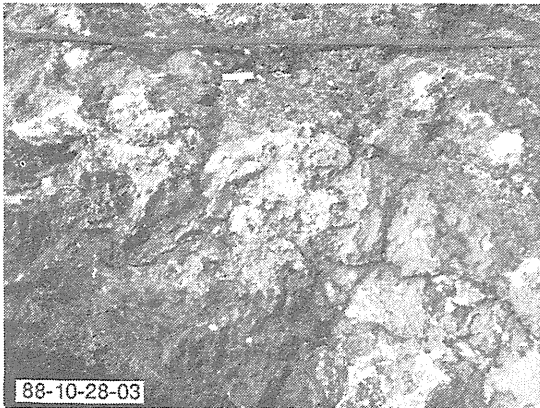
図25 南大東島での採取試料の写真(1)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



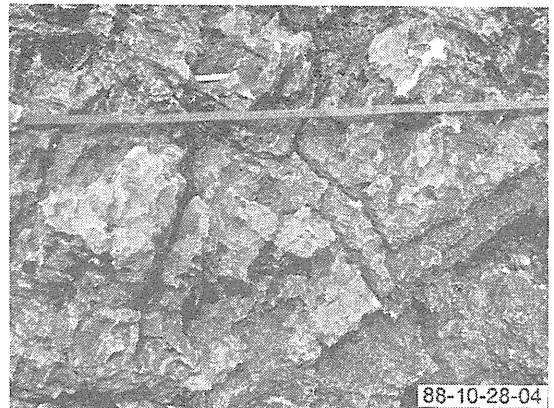
S-1-A



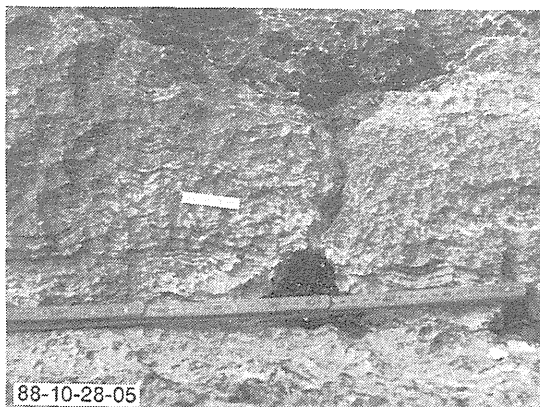
S-1-B



S-1-C



S-1-D



S-1-E



S-1-F

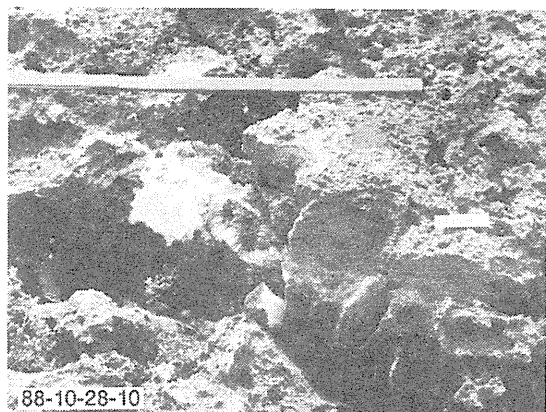
図26 南大東島での採取試料の写真(2)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



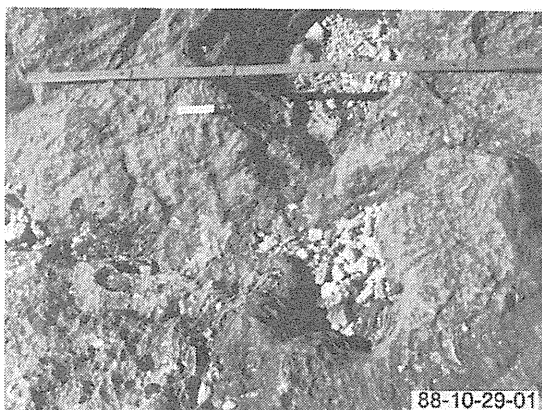
S-1-G



S-1-H



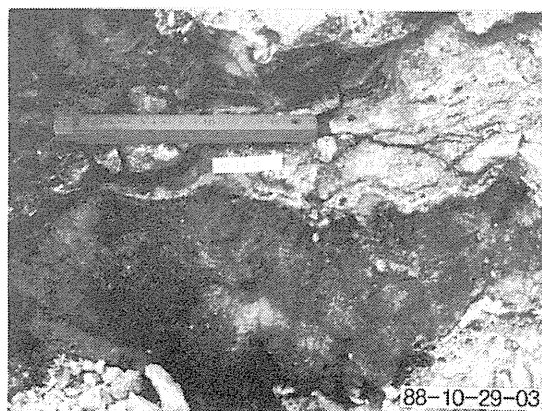
S-1-J



S-1-K

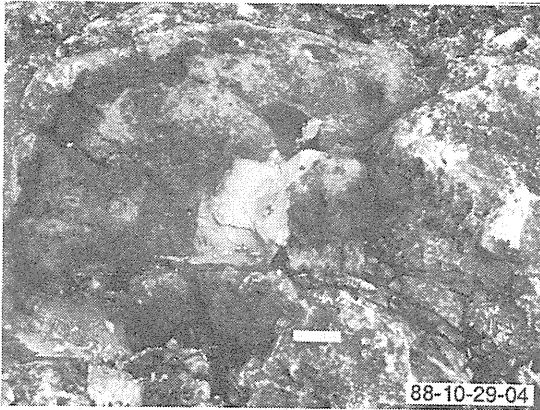


S-1-L

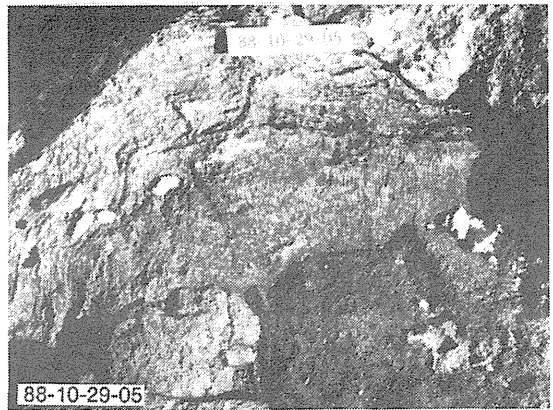


S-1-O

図27 南大東島での採取試料の写真(3)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



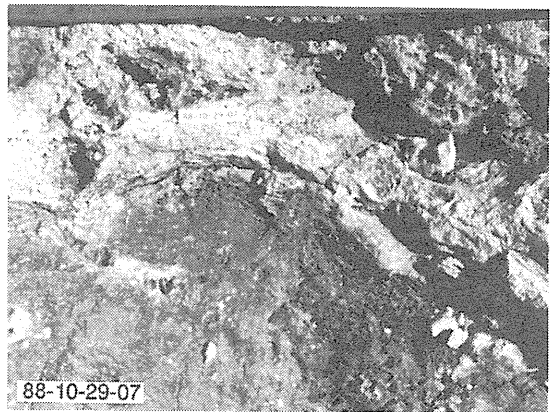
S-1-P'



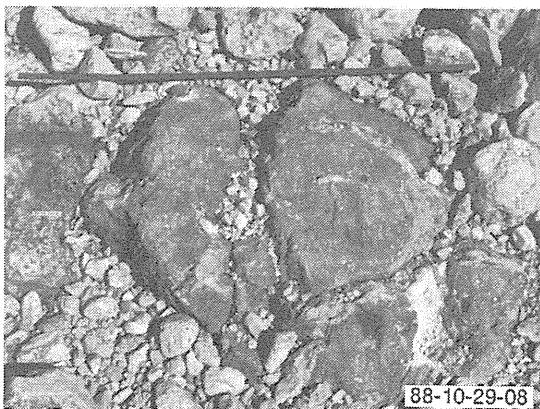
S-1-Q



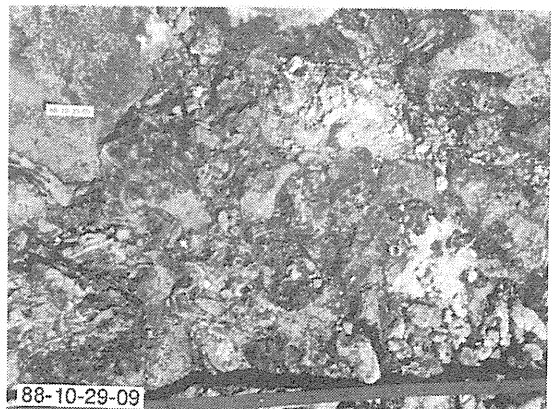
S-1-R



S-1-S

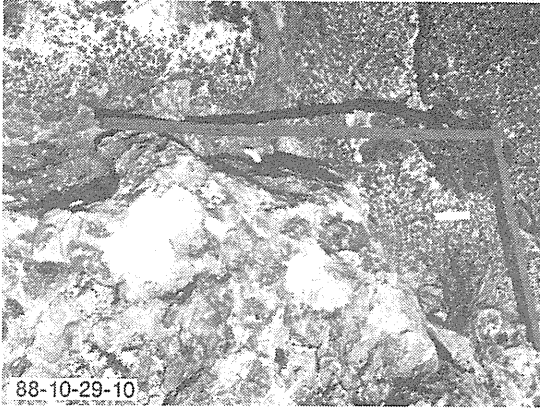


S-1-T



S-1-U

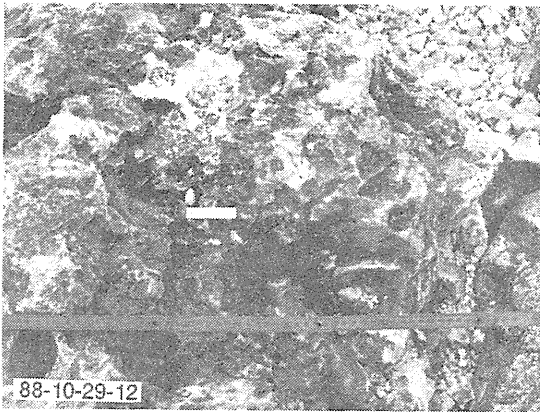
図28 南大東島での採取試料の写真(4)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



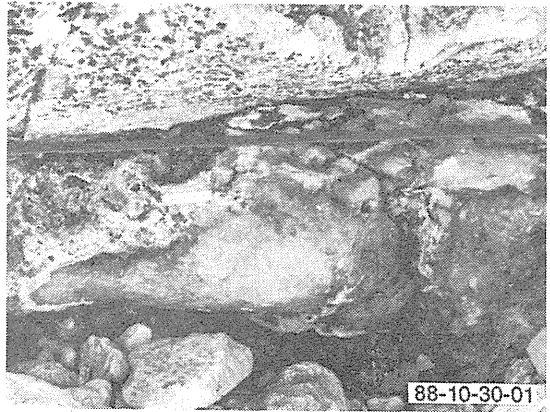
S-1-V



S-1-W



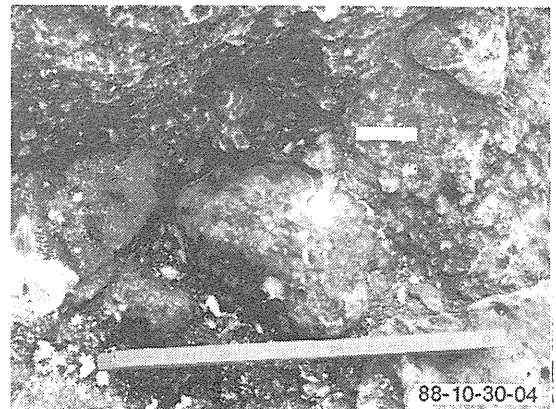
S-1-X



S-1-a

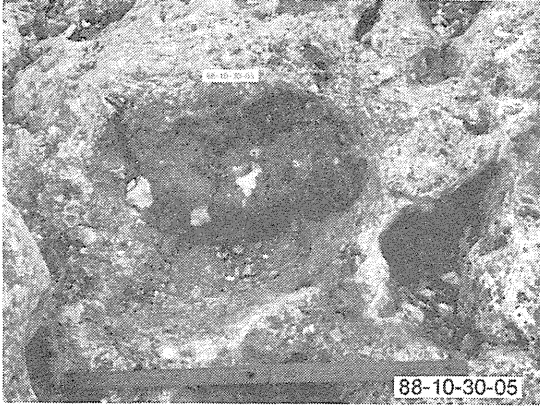


S-1-c



S-1-d

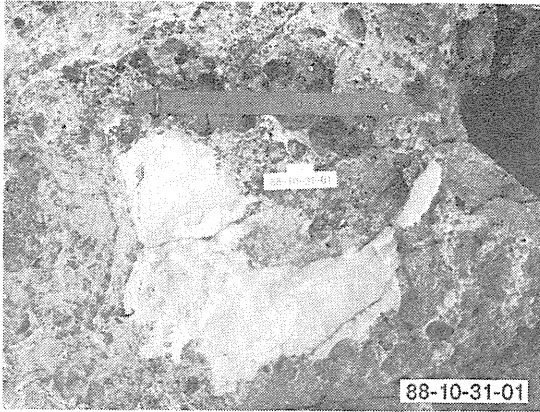
図29 南大東島での採取試料の写真(5)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



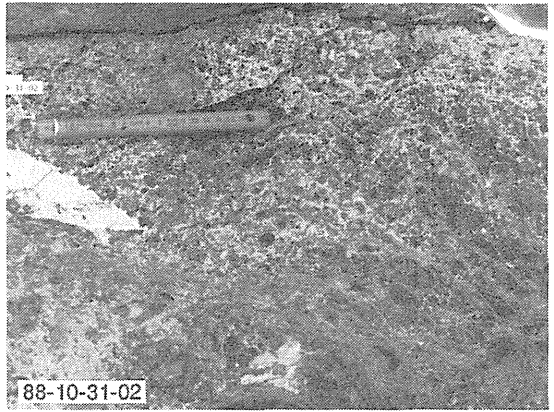
S-1-e



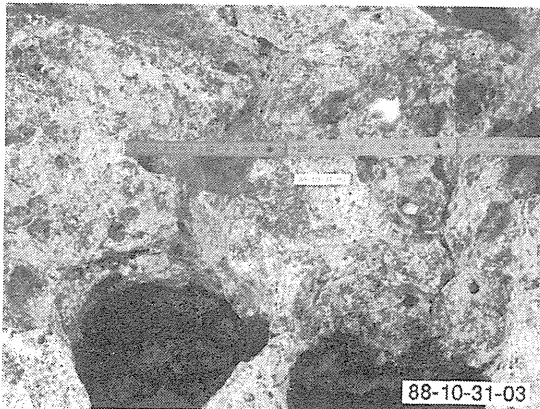
S-1-f



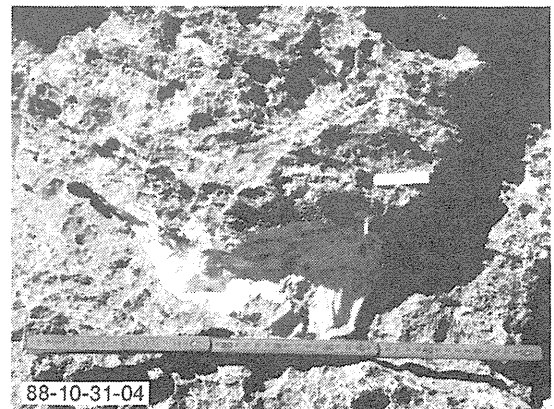
S-2-A



S-2-D

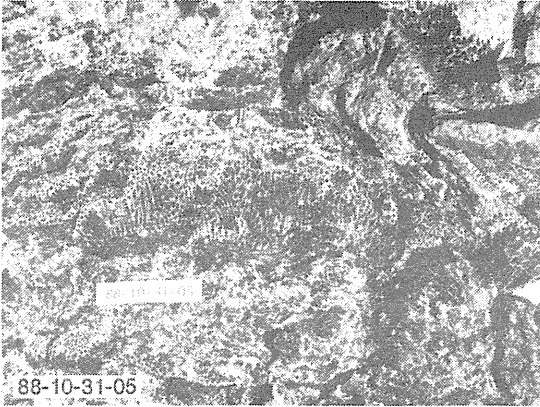


S-2-G

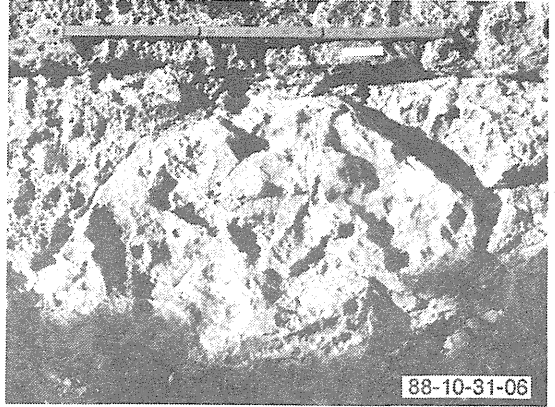


S-2-E

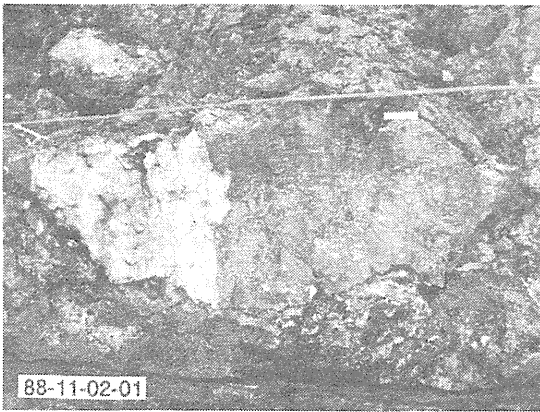
図30. 南大東島での採取試料の写真(6)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



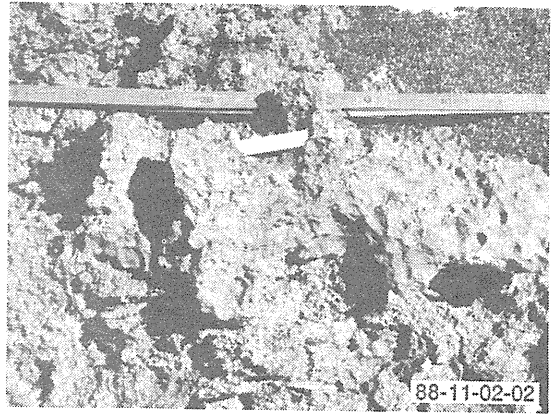
S-2-H



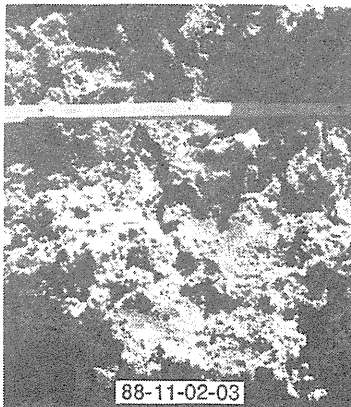
S-2-I



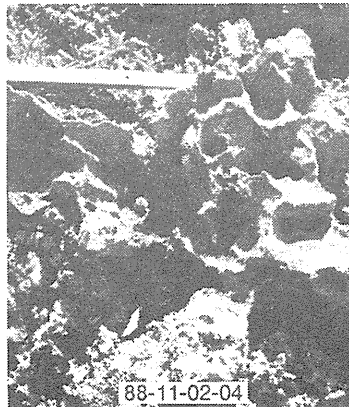
S-3-A



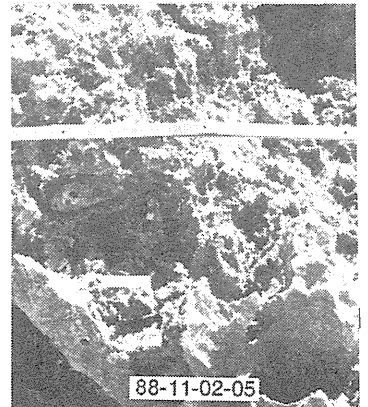
S-3-B



S-3-C



S-3-D

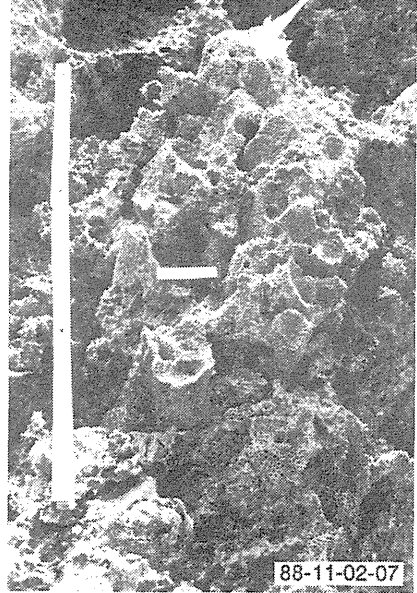


S-3-E

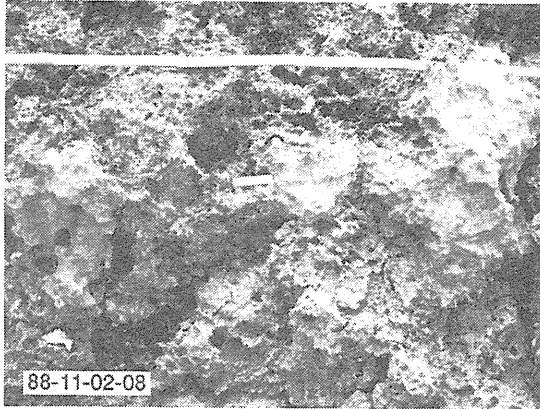
図31 南大東島での採取試料の写真(7)
(写真の下の記号は分布図上の地点番号に対応)



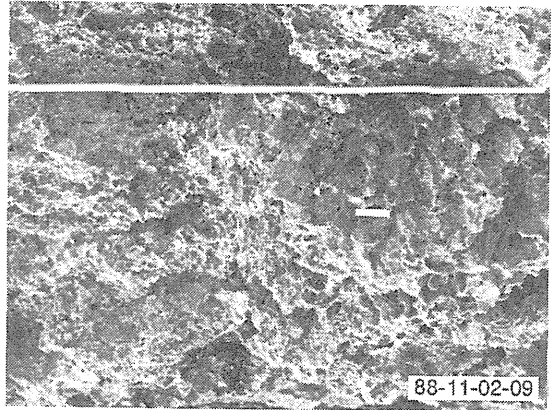
S-3-F



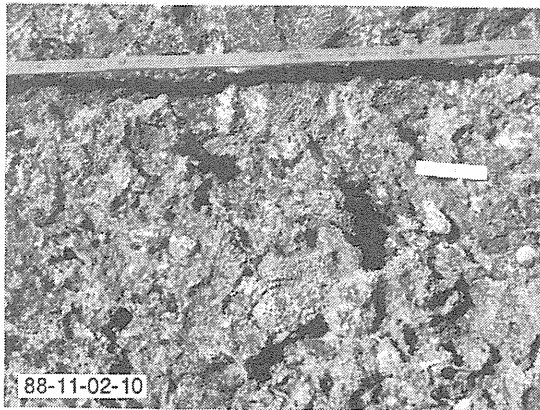
S-3-G



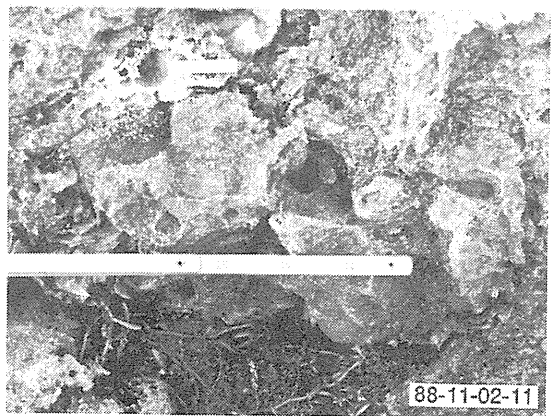
S-3-H



S-3-I



S-3-J



S-3-K

3. 230-Th/234-U年代

表6. 南大東島で得られた試料の分析値と230-Th/234-U年代

試料 実験室番号	^{238}U (ppm)	^{232}Th (ppm)	^{234}U (dpm/g)	^{230}Th (dpm/g)
HI-48	3.80 ± 0.08	< 0.02	3.12 ± 0.06	2.04 ± 0.04
HI-29	2.72 ± 0.04	< 0.02	2.23 ± 0.03	1.48 ± 0.04
HI-37	2.44 ± 0.04	< 0.02	2.03 ± 0.03	1.36 ± 0.03
HI-33	2.76 ± 0.05	< 0.02	2.33 ± 0.04	1.61 ± 0.03
HI-32	2.87 ± 0.04	< 0.02	2.39 ± 0.04	1.66 ± 0.04
HI-45	3.47 ± 0.06	< 0.02	2.89 ± 0.05	2.01 ± 0.03
HI-42	3.54 ± 0.07	< 0.02	2.93 ± 0.06	2.04 ± 0.04
HI-44	2.67 ± 0.04	< 0.02	2.22 ± 0.03	1.56 ± 0.03
HI-49	2.76 ± 0.05	< 0.02	2.29 ± 0.04	1.62 ± 0.03
HI-43	2.90 ± 0.05	< 0.02	2.40 ± 0.04	1.84 ± 0.04
HI-47	2.81 ± 0.05	< 0.02	2.34 ± 0.04	1.84 ± 0.04
HI-27*	2.35 ± 0.04	< 0.02	1.93 ± 0.03	1.23 ± 0.03
HI-38*	3.72 ± 0.06	< 0.02	3.09 ± 0.05	2.13 ± 0.04
HI-30*	2.76 ± 0.03	< 0.02	2.27 ± 0.03	1.59 ± 0.04
HI-34*	2.40 ± 0.04	< 0.02	1.99 ± 0.03	1.42 ± 0.03
HI-35	2.93 ± 0.05	< 0.02	2.39 ± 0.04	1.63 ± 0.03
HI-28	2.85 ± 0.05	< 0.02	2.33 ± 0.04	1.52 ± 0.03
HI-36	3.08 ± 0.05	< 0.02	2.58 ± 0.05	1.71 ± 0.03
HI-17	4.17 ± 0.10	< 0.02	3.34 ± 0.08	2.22 ± 0.06
HI-46	2.51 ± 0.04	< 0.02	2.08 ± 0.03	1.42 ± 0.02
HI-25	2.47 ± 0.06	< 0.02	1.97 ± 0.05	1.35 ± 0.02
HI-16	3.34 ± 0.07	< 0.02	2.76 ± 0.05	1.90 ± 0.04
HI-15	2.73 ± 0.05	< 0.02	2.24 ± 0.04	1.61 ± 0.03

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (activity ratio)	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ (activity ratio)	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (activity ratio)	Age (ka)
1.10 ± 0.01	> 760	0.654 ± 0.018	113 ± 6
1.10 ± 0.01	> 220	0.665 ± 0.020	116 ± 6
1.12 ± 0.02	> 180	0.670 ± 0.018	117 ± 6
1.13 ± 0.02	> 390	0.692 ± 0.019	124 ± 6
1.11 ± 0.01	> 120	0.695 ± 0.019	125 ± 6
1.11 ± 0.01	> 1000	0.696 ± 0.016	125 ± 5
1.11 ± 0.01	> 400	0.699 ± 0.020	126 ± 7
1.12 ± 0.01	> 280	0.700 ± 0.018	127 ± 6
1.11 ± 0.01	> 260	0.709 ± 0.017	130 ± 6
1.11 ± 0.01	> 370	0.765 ± 0.021	151 ± 9
1.12 ± 0.02	> 360	0.785 ± 0.021	159 ± 10
1.10 ± 0.02	> 280	0.636 ± 0.020	107 ± 6
1.11 ± 0.01	> 190	0.690 ± 0.016	123 ± 5
1.10 ± 0.01	> 200	0.699 ± 0.019	127 ± 7
1.11 ± 0.01	> 100	0.715 ± 0.020	132 ± 7
1.09 ± 0.01	> 280	0.683 ± 0.019	122 ± 6
1.10 ± 0.02	> 180	0.649 ± 0.017	111 ± 5
1.12 ± 0.02	> 450	0.664 ± 0.018	115 ± 5
1.07 ± 0.02	> 890	0.664 ± 0.023	116 ± 7
1.11 ± 0.01	> 710	0.682 ± 0.016	121 ± 5
1.07 ± 0.02	> 440	0.688 ± 0.020	124 ± 7
1.11 ± 0.02	> 280	0.690 ± 0.017	124 ± 7
1.10 ± 0.02	> 290	0.717 ± 0.019	133 ± 7

南大東島で得られた原地性サンゴの年代16のうち、2つ（151±9ka、159±10ka）を除いてすべて116±6～133±7kaに入り、isotope stage 5e に対応している。また異地性のものも1つ（107±6ka）を除き 5e に当たる。

4. 非破壊方法（ $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ γ 測定）による年代

本方法による測定値（測定者：琉球大学の青木大繁）を表6に示す。測定値は約100ka-150kaの間に入り、全体として酸素同位体ステージ番号の5に相当する。そのうちで、約120kaの年代を示すものは5試料あり、最終間氷期最盛期のステージ 5eに相当する。表5に示したように、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法による年代も大部分5eに相当している。しかし、両方法による年代値には最大30kaに達する差があり、この点についての検討は今後の課題として残る。

Table 7 Dates of fossil corals in Minami Daito Island by the method of the non-destructive γ -ray measurement

sample No.	Locality No.	Elevation (m)	U-238 (ppm)	U-238 (dpm/g)	Ra-226 (dpm/g)	Ra-226/ U-238(%)	Age (ka)
88-10-28-02	S-1-B	3.2	3.13 \pm 0.30	2.31 \pm 0.22	1.71 \pm 0.06	73 \pm 7	109 \pm 17
88-10-28-03	S-1-C	2.8	2.50 \pm 0.30	1.85 \pm 0.22	1.32 \pm 0.05	89 \pm 11	>120
88-10-28-04	S-1-D	3.7	2.87 \pm 0.28	2.12 \pm 0.21	1.61 \pm 0.06	74 \pm 8	112 \pm 20
88-10-28-05	S-1-E	3.2	3.10 \pm 0.30	2.29 \pm 0.22	1.52 \pm 0.06	79 \pm 8	125 \pm 22
88-10-28-07	S-1-G	3.6	2.98 \pm 0.47	2.20 \pm 0.35	1.60 \pm 0.07	79 \pm 13	129 \pm 37
88-10-28-09	S-1-I	3.7	3.30 \pm 0.30	2.44 \pm 0.22	2.04 \pm 0.06	84 \pm 7	140 \pm 22
88-10-28-10	S-1-J	3.6	2.12 \pm 0.34	1.57 \pm 0.25	1.29 \pm 0.06	85 \pm 12	148 \pm 40
88-10-29-01	S-1-K	3.0	2.54 \pm 0.28	1.88 \pm 0.21	1.70 \pm 0.06	95 \pm 11	>138
88-10-29-02	S-1-L	3.1	2.88 \pm 0.28	2.13 \pm 0.21	1.55 \pm 0.06	82 \pm 9	135 \pm 27
88-10-29-03	S-1-O	2.0	2.98 \pm 0.30	2.20 \pm 0.22	1.71 \pm 0.06	82 \pm 8	134 \pm 24
88-10-29-04	S-1-P	2.7	3.13 \pm 0.30	2.31 \pm 0.22	1.70 \pm 0.06	74 \pm 7	124 \pm 30
88-10-29-05	S-1-Q	3.5	2.95 \pm 0.30	2.18 \pm 0.22	1.67 \pm 0.06	87 \pm 9	152 \pm 32
88-10-29-06	S-1-R	6.8	3.15 \pm 0.47	2.33 \pm 0.35	1.68 \pm 0.07	70 \pm 7	102 \pm 16
88-10-29-07	S-1-S	7.6	3.11 \pm 0.43	2.30 \pm 0.32	1.77 \pm 0.09	78 \pm 11	124 \pm 30
88-10-29-08	S-1-T	7.4	2.00 \pm 0.27	1.48 \pm 0.20	1.34 \pm 0.05	91 \pm 13	>120
88-11-01-01	S-1-X4	8.6	4.14 \pm 0.30	3.06 \pm 0.22	2.16 \pm 0.06	78 \pm 6	122 \pm 16
88-10-31-03	S-2-G	2.3	2.04 \pm 0.30	1.51 \pm 0.22	1.26 \pm 0.05	90 \pm 13	>118
88-11-02-01	S-3-A	6.6	3.05 \pm 0.39	2.25 \pm 0.29	1.74 \pm 0.06	83 \pm 12	140 \pm 38
88-11-02-06	S-3-F	7.8	2.65 \pm 0.28	1.85 \pm 0.21	1.72 \pm 0.06	96 \pm 12	>138
88-11-02-08	S-3-H	7.4	2.65 \pm 0.28	1.96 \pm 0.21	1.89 \pm 0.13	80 \pm 9	142 \pm 39

measured by Taishige Aoki (Department of Chemistry, College of Science, University of the Ryukyus)

5. まとめと問題点

以上の記載から次のことが要約される。

1) 南大東島のすべての調査地域で、原地性サンゴが存在する。その $^{230}\text{-Th}/^{234}\text{-U}$ 年代は1試料を除いて $115\pm 6\sim 133\pm 7\text{ka}$ であり、最終間氷期最盛期、isotope stage 5eに対応することが分かった。

2) 上記の年代は、一部の試料について行ったESR法および $^{226}\text{-Ra}/^{238}\text{-U}$ 法による年代と大局的には一致している。しかし時には $20\sim 30\text{ka}$ に達する差がみられる。これは、比較に用いた試料が同一群体からの試料ではあるが、同一部分の粉体を使わなかったことによる可能性があり、今後の検討を必要とする。

3) 原地性サンゴの産出上限高度は、S-1からS-3でそれぞれ11m、5.2m、8.5mであった。共存する石灰藻の種構成からこれらのサンゴは汀線付近に生息したものとみなされる。

4) 旧汀線を示すと思われる離水地形の高度は、それぞれ12.7m、12.2m、12.6mで、3)の高度に近い。また高度はどの地点でもほとんど同じで島の示差の変形は考えられない。

5) したがって最終間氷期最盛期以降の平均隆起速度は $0.04\text{m/ka}\sim 0.05\text{m-ka}$ 以下ときわめて小さい。

6) 異地性サンゴはS-1のみで認められ、その中には5eより若い約 100ka の年代も得られている。しかし、この時期に対応する原地性サンゴは見出されていない。

7) ノッチの数や高度は近い場所でも大きく異なり、年代が不明で旧汀線示標としての信頼性にかける。

8) 本島でも完新世の離水サンゴ礁は存在しない。

VII. 地殻変動に関する考察

以上の資料から南・北大東島の地殻変動について考察をする。まず、両島とともに最終間氷期最盛期, isostope stage 5eの年代を示す原地性サンゴの存在が確認された。その分布上限高度, それと対応する離水地形の高度から, 両道の最終間氷期最盛期以降の隆起量は, 北大東島で約4m, 南大東島で約5mとなり, ほとんど差がない。平均隆起速度は0.04~0.05m/ka以下ときわめて小さい。池田ほか(1988)は北大東島の平均隆起速度を少なくとも0.1m/ka, Konishi et al. (1978)は南大東島のそれを0.25mm/yとしているが, これよりは小さいことは確実である。

ユーラシアプレート上には沢山の島があり, サンゴ礁段丘の存在が知られている。しかし, その年代が明らかな島はきわめて限られており, 従来, 喜界島, 波照間島の2島で得られていたに過ぎない(表8)。今回の研究で喜界島についてはさらに資料をふやすとともに, 沖永良部島, 与那国島でも年代試料を採取しようとしたが, 前者ではすべてのサンゴ石灰岩の再結晶が著しく, 年代測定に適した試料は得られなかった。しかし, 与那国島では20試料を採取すること

表8. 琉球列島で得られたサンゴ礁段丘の年代と高度

Locality	Total Number of Dated Samples	Max. Height (m)	Age (ka)	Character Reminding Paleosea Level	Height (m)
Kikai	85	205	126 ± 6 138 ± 5	Highest Point of Limestone Containing the Dated Corals	224
Hateruma	82	34	126 ± 6	Inner Margin of Coral Reef Terrace	46
Yonaguni	40	19	133 ± 9	Highest Point of Coral Reef Terrace	ca. 25
Kita-Daito	27	8.1	119 ± 5	Raised Surf Bench	ca. 10
Minami-Daito	23	9.6	125 ± 5	Raised Surf Bench	12.7

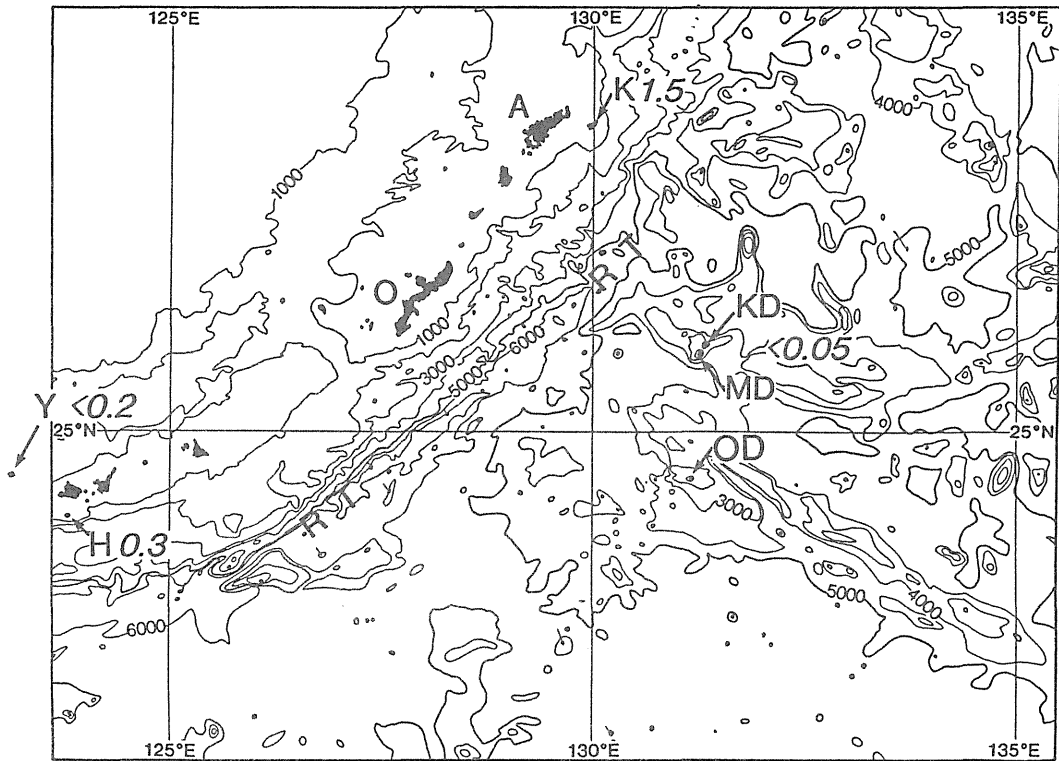


図32. 琉球列島のサンゴ礁段丘からみた最終間氷期以降の平均隆起速度。
 A, 奄美大島; O, 沖縄島; KD, 北大東島; MD, 南大東島;
 OD, 沖大東島; K, 喜界島 H, 波照間島; Y, 与那国島
 平均隆起速度はm/kaで示す。

ができた。230/-Th/234-U法によって年代測定をした結果、120~130ka、200~220ka、300ka、および400ka以前という4回の間氷期に対応する原地性サンゴが認められた。最終間氷期最盛期にあたるサンゴの分布上限高度は約25mである。これらの資料をまとめると表8となる。また、当時の海面高度を約6mと仮定して最終間氷期最盛期以降の平均隆起速度を求めると、喜界島1.5m/ka、波照間島0.3m/ka、与那国島0.2m/kaとなる（図32）。

つまり、1) 沈み込んでゆくフィリピン海プレート上の南・北大東島では、沈みこまれるユーラシアプレート上の島々よりも隆起速度が1桁小さく、2) ユーラシアプレート上では琉球海溝にもっとも近い喜界島で最大の隆起速度をもち、3) 琉球列島南西端付近では、海溝に近い波照間島の隆起速度が、より海溝から遠い与那国島よりも大きい、というプレート間の、また同一プレート内での隆起速度の差が明らかになった。なお、南・北大東島の中では場所による差は認められず、また両島での差も認められない。

つぎに、南・北大東島における地殻変動の推移について検討してみたい。すでに指摘されているように（たとえばKonishi et al., 1978）、両島はまず環礁として形成され、それが隆起環礁となり、さらに一連のサンゴ礁段丘に取り巻かれているから、沈水から離水に転じたこと、つまり地殻の上下変動の向きが変化したことは確かである。本研究の目的の一つはその時期を明らかにすることであった。しかし、海岸ぞいの原地性サンゴ礁を除いて、サンゴ石灰岩のすべては再結晶が著しく、230-Th/234-U年代測定に適する試料は得られなかった。最終間氷期以降の地殻変動速度がそれ以前にも一様に続いていたと仮定すると、もっとも内側のサンゴ礁の高さ約50mは約1000ka前に離水したことになる。しかし、地殻変動の向きの逆転が生じた場所で一定速度の隆起を仮定すること自体問題であることはいうまでもない。隆起速度の推移を知ることは重要な課題であるが、現段階では年代試料が得られないため解答が得られない。なお、池田ほか（1988）はESR年代に基づいて北大東島において最高位のサンゴ礁の年代、すなわち隆起開始期を約1200ka以上前と推定している。

沈降から隆起への変化は、両島の位置する大東海嶺がフィリピン海プレートの北西への進行にともなって琉球海溝に近づき、“uplift bulge”を形成したことによるという従来の説（例えば、Konishi et al., 1978、小林・佐藤、1979）に従いたい。両島がより海溝に近づけば、再び沈降に転じると予想される。その意味でも沈降から隆起、そして沈降という地殻変動の推移、それに伴う変動速度の推移の検討は重要な課題である。

VIII. 結果の要約と今後の問題

結果の要約

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

1. 南・北大東島で得られた原地性サンゴの230-Th/234-U年代（北大東島で14試料，南大東島で44試料）は，1個を除いてすべて115-133kaの年代を示し，isotope stage 5e に対応するものであることが明らかになった（図33）．これらの試料の産出上限高度は北大東島で8.1m，南大東島で11mである（表9）．

2. 上限付近での原地性サンゴは，種構成からみて汀線付近に生息する石灰藻と共存し，両者が明瞭なバイディング構造を示していたので，旧汀線にきわめて近い浅海に生息したことが確かめられた．

3. 両島の原地性サンゴの分布はパッチ状でみごとな礁地形を呈するに至っていない．これは急な海食崖下という原地形と関係していると思われる．

4. 現成のサーフベンチと同様な形態の平坦面が原地性サンゴ産出上限付近に存在し（北大東島で約10m，南大東島で12.7m），旧汀線の位置の確認に有効であった（表9）．

5. 上記の1～3から，両島の最終間氷期（isotope stage 5e）以降の平均隆起速度は約0.05m/ka以下となり，琉球列島の中できわめて小さいことが分かった．

6. 琉球列島の中で最終間氷期の年代が確実に得られている島の隆起速度は，喜界島で約1.5m/ka，波照間島で0.3m/ka，与那国島で0.2m/kaとなり，ユーラシアプレート上に位置するこれら3島と，フィリッピン海プレート上に位置する南・北大東島との間の著しい隆起速度の差が明らかになった．また，ユーラシアプレート上では，従来から指摘されていたように，琉球海溝にもっとも近い喜界島で最大の隆起速度を示すことに加えて，与那国島と波照間島との差が明らかとなり，海溝からの距離が大きくなるほど隆起速度が小さくなることが確認された．

7. 5eより古い原地性サンゴは1試料のみであり，また隆起環礁やそれをとりにまく隆起サンゴ礁の年代は得られず，環礁が隆起に転じた時期を特定する資料は得られなかった．また，隆起速度の推移を知るための資料も得られなかった．

8. 一部の同一試料について行ったESR法，226-Ra/238-U法による年代はおおむね230-Th/234-U法による結果と一致している．

9. 異地性のサンゴの年代は5eに対応するもののほかに，それより若い（100-80ka）ものも多く，これらの時期に対応するサンゴ礁の存在を示唆している．しかし，陸上には若い時期の離水サンゴ礁は存在しない．

10. 完新世離水サンゴ礁は存在しない．

表9. 南・北大東島の調査・測定結果の一覧

	Kita-Daito Island				Minami-Daito Island		
	N-1	N-2	N-3	N-4	S-1	S-2	S-3
Upper Limit of Autochthonous Coral (m)	8.1	—	—	—	11	5.2	8.5
Height of Sampling Location Autochthonous Coral (m)	5.0~8.1	—	—	—	2.0~9.6	3.1~4.7	5.0~7.9
Allochthonous Coral (m)	3.4~5.9	5.0~8.1	ca. 5~6	ca. 2~5	1.9~6.0	2.3~3.4	—
Number of Samples							
Autochthonous Coral	14	0	0	0	24	4	16
Allochthonous Coral	15	5	3	2	5	2	0
Total	29	5	3	2	29	6	16
230-Th/234-U Age							
Autochthonous Coral (ka)	113±6 133±6	—	—	—	116±6 151±9	122±6	115±5 133±7
Allochthonous Coral (ka)	101±5 129±7	100±5 114±5	89±3 123±4	80±3 115±7	107±6 132±7	—	—
Upper Limit of "Raised Surf Bench" (m)	ca. 10	—	—	—	12.7	12.2	12.6

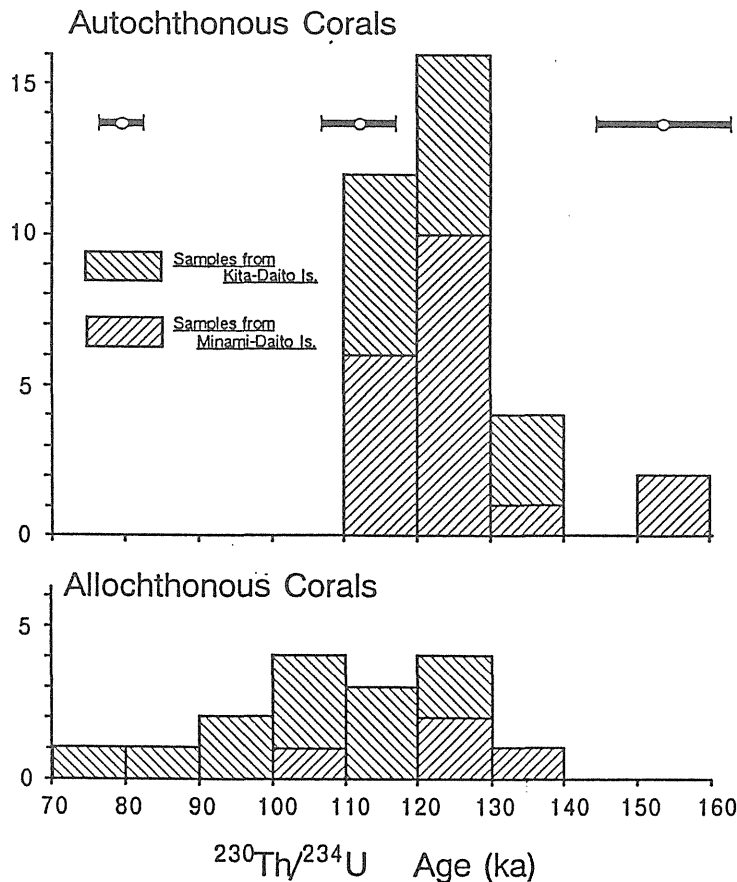


図33. 北・南大東島で得られた²³⁰Th/²³⁴U年代の時代別ヒストグラム

今後の問題

残された問題点のうちの主なものを以下に列記する。

1. 南・北大東島において、isotope stage 5eより若い年代の異地性のサンゴが得られたことは、その時代のサンゴ礁がどこか（隆起速度から考えると、現海面下）に存在することを示している。今後、海底調査によって、このサンゴ礁の存在と分布高度を確認する必要がある。

2. 1個ではあるがisotope stage 5eより古い原地性サンゴ（約150ka）が南大東島から得られた。しかし、本試料と離水地形との対応は明らかではない。今後、最終間氷期より古い離水地形とそれと対応する原地性サンゴの確認をする必要がある。

3. 環礁の形成と離水、環礁をふちどる離水裾礁の形成は、明らかにisotope stage 5e(c. 120-130ka)より古い。しかし、これらを構成している礁石灰岩はいずれも再結晶の度合が著しく、少なくとも $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法では年代測定が不可能であった。したがって地殻変動速度の推移の検討は今後の課題として残される。なお、北大東島のかつてのボーリング調査によるコアは今でも東北大学に保存されているので、このコアに含まれている微古生物化石の生層序学的検討は、環礁の形成期を知る手がかりとなりうるであろう。

4. 琉球列島全域での地殻変動の地域的特性をみるには、年代の分かっている島が少なすぎる。より多くの島で年代測定用の試料を探す必要がある。

5. 異なる方法による同一試料の分析結果はおおむね一致しているが、かなり異なる場合もある（例えば20-30kaに達する場合がある）。その差を生ずる原因の解明も必要である。たとえば $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法と $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ との比較にあたっては、もちろん同一群体からの試料を用いたが、同一部分の粉体を用いていない。今後比較のための試料の選び方を含めてそれぞれの測定法の信頼度を高める努力が必要である。

6. ノッチの高度は、きわめて近い場所でも大きく異なり、またその数も異なっていた。年代不明のノッチを古海面の指示者として使用するにはまだ問題が多い。

付録 1 講演要旨

南・北大東島の第四紀地殻変動の特性——予察的報告——

太田陽子（横浜国大）・大村明雄（金沢大）・木庭元晴（関西大）・河名俊男（琉球大）・
宮内崇裕（千葉大）

A Preliminary report on the Quaternary tectonic movement of Daito Islands, the Ryukyus :
Yoko Ota, Akio Omura, Motoharu Koba, Toshio Kawana and Takahiro Miyauchi

1. 研究地域と目的

琉球海溝の東のフィリピン海プレート上に位置する南・北大東島（図1）は、ユーラシアプレート上に位置する他の琉球列島とは異なる第四紀地殻変動を経験していると予想される。また、上記両島は、いわゆる隆起環礁として知られ、地殻の上下変動の向きがある時期を境として逆になった特異な地殻変動を呈している。本研究は、これら両島において詳しい地形調査によって古海面を指示する地形の検出と高度測定を行なうとともに、これらの地形と関係して分布する礁石灰岩の年代をさまざまな方法によって求め、時間目盛りをいれて地殻変動の特色と推移を明らかにし、あわせて他の島々との比較を行うことを目的とする。本研究は1987年から3年間の総合研究（代表者太田）として実施されつつある研究の中間報告である。現段階までに得られた年代値は、本報告に続く大村ほか、および岩田ほかの発表で述べられるので、本報告では両島の古海水準を示す地形と高度、年代のあらましを述べる。

2. 離水地形の特色と原地性サンゴの産出状態

両島ともに大東石灰岩からなる隆起環礁状の地形を呈し、島の外縁は一般に急崖をもって海に下る。この急崖下に大東石灰岩を刻むベンチ状のやや平坦な地形、深く切り込むfissureの壁に残された数段のノッチ、それらに対応する原地性サンゴなど、古海面を示す資料がいくつかの地点で見出される。本研究では、北大東島で4地点（N-1～N-4）、南大東島で3地点（S-1～S-3）（図2）で、離水地形とサンゴ化石、とくに原地性サンゴ化石（以下では化石の語を省略）の産状を詳しく観察し、それらを光波距離計を用いて測量し、縮尺200分の1の平面図および断面図を作成した（図3）。また、再結晶していないサンゴ石灰岩を採取し、U-series法およびESR法による年代測定を行った。採取試料の数は北大東島で33個、南大東島で40個で、大部分が原地性の試料である。すでに年代値の得られたもののうちN-1, S-1, 2付近のものを図3中に示す。

3. 結果

1. 原地性サンゴ化石産出の上限高度は、北大東島で8.1m、南大東島で11mである。

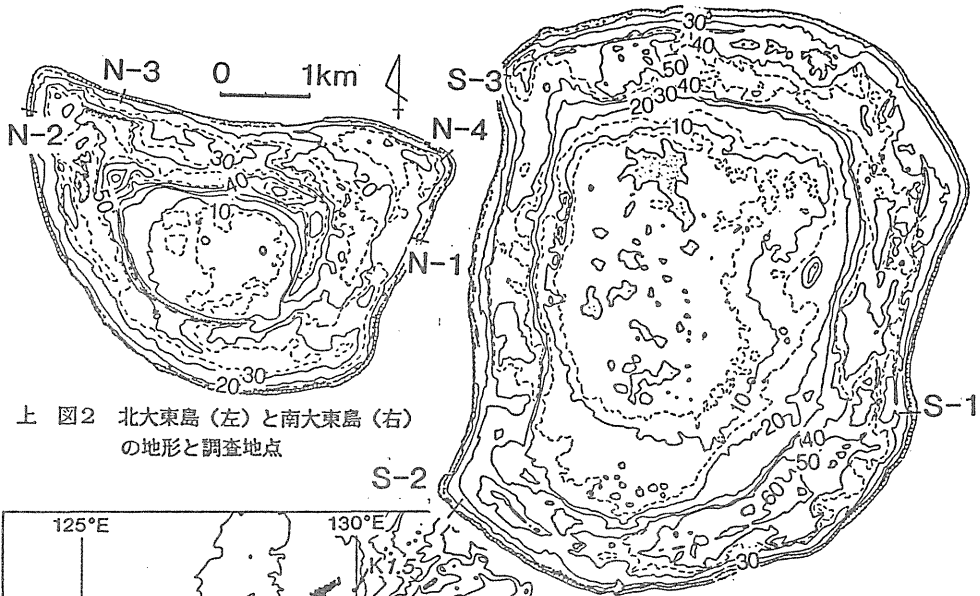
2. 原地性サンゴの年代は北大東島の13試料については $113 \pm 6 \sim 133 \pm 6$ kaの間に、南大東島では11試料については $111 \pm 5 \sim 133 \pm 7$ kaの間に入り、ほとんどが最終間氷期最盛期（isotope stage 5e）に当たる。

3. これらの値から、当時の海面高度を+5～6mと仮定すると、両島の最終間氷期以降の隆起速度は0.05m/ka以下ときわめて小さい。この傾向は、ユーラシアプレート上の琉球海溝に近い喜界島（1.5m/ka）とくらべて著しく小さく、また隆起速度が比較的小さい波照間島（0.3m/ka）とくらべてもはるかに小さい。

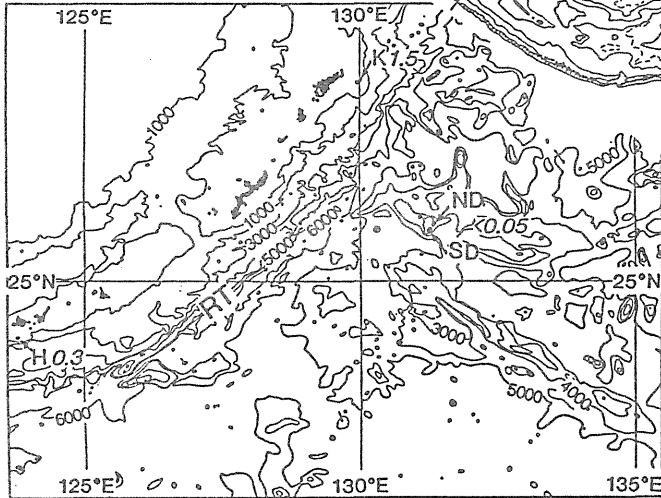
4. 2, 3から判断すると、両島では5eより若い海面は記録されていると考えにくい。しかし、北大東島のN-2では海拔10m以下に2～3段のノッチがある。これらの年代と古海面の推定は今後の問題の一つである。また、上記の原地性サンゴより高位に2～3段のノッチ、ベンチ状の地形があるが、これらの年代を推定する試料は得られていない。

5. 南・北大東島では、第四紀における地殻変動の向きと速度の一様性は認められない。環礁を形成した沈水、それを離水させ、数段の段丘を形成させた離水と地殻変動の上下方向の向きはある時期に逆転した。また最終間氷期以降の隆起速度がきわめて小さい。これはフィリピン海プレートの北西方向への移動と関係すると思われるが、変化の時期とプロセスについてはさらに検討を続ける。

日本第四紀学会講演要旨集 19, 28-29 (1989)



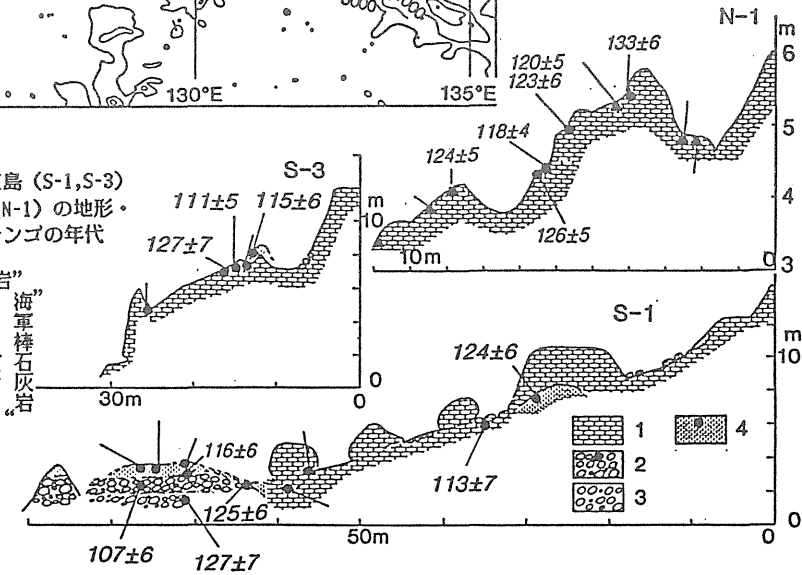
上 図2 北大東島(左)と南大東島(右)の地形と調査地点



左 図1 南・北大東島の位置
K (喜界島), H (波照間島), ND (北大東島), SD (南大東島). 島名の脇の数字は最終間氷期以降の平均隆起速度 (m/ka)

右 図3 南大東島(S-1, S-3)と北大東島(N-1)の地形・地質断面とサンゴの年代

1. “大東苔灰岩”
2. unit B
3. unit A
4. unit C



沖縄県北大東島産更新世サンゴ化石の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代

大村明雄(金沢大)・太田陽子(横浜国大)・木庭元晴(関西大)・岩田秀樹(金沢大)

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dates of Pleistocene corals from Kita-Daito Island, Okinawa Prefecture:

Akio Omura, Yoko Ota, Motoharu Koba and Hideki Iwata

北大東島の外縁に沿った4地点(太田ほか,本講演要旨集;図1中の地点番号 N-1~N-4)から、合計33個のサンゴ化石を採集し、それらの $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代値を求めた(表1)。

年代測定された試料は、基盤としての“大東苦灰岩”を不整合に被覆する薄い石灰岩体あるいは“大東苦灰岩”中に深く切り込まれたフィッシャーを充填して堆積したと考えられる石灰岩体からのもので、*Cyphastrea*・*Porites*・*Goniopora*・*Montipora*・*Favia*・*Acropora*・*Goniastrea*・*Hydnophora*の8属が含まれている。これら8属はすべてが礁性サンゴであるが、本島では前3者が卓越的に産出する。試料採集においては、統成変質による二次的方解石の晶出が認められないことを肉眼で確認するとともに、成長方向・外形(輪郭)そして定着部の様子から、個々の産状[原地性(autochthonous)か異地性(allochthonous)]を注意深く検討した。その結果、原地性と判断されたのは、地点N-1で採集された15試料で、他の6試料は円礫として産したものである。なお、以前予察的に採集した6試料については、産状について詳しく検討していないので、表中では産状不明としてリストした。ほとんどの試料採集地点高度は、光波距離計を用いて測定したが、産状不明の6試料の高度は、ハンドレベルで概測した値である。

表1には、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ および $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比から計算した年代値のみを示した。ウランおよびトリウム同位体分析の結果、(1)A0083およびA0081の2試料を除き25試料から測定可能量の ^{232}Th が検出されなかったこと、(2)上記2試料についても含有量が測定限界(2ppm以下)に近いこと、また(3)得られた年代値と $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比が矛盾しないこと、さらに(4)粉末X線分析によって二次的方解石が認められなかったことから、表中の年代値は信頼できる。

得られた年代値(80,000±3,000~133,000±6,000年)から、現在までに北大東島から得られた更新世サンゴ化石は、最終間氷期最盛期(“isotope stage 5e”)あるいはそれ以降と結論できる。このことは、最終間氷期最盛期当時、本島の周縁に“大東苦灰岩”を基盤とした小規模なサンゴ礁(裾礁)が形成されていたことを示唆している。そのほか5e相当年代より若い年代値が7試料から得られた。しかし、それらはいずれも異地性サンゴ化石から得られたものであるため、おおよそ10万年前と8万年前の亜間氷期に、本島周縁の海中に礁性サンゴが棲息していたことは疑う余地がないものの、本島周縁に裾礁が形成されていたかは明確ではない。

以上のような試料の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代値と産出地点高度の関係(図2および3)、そして試料採集地域周辺に発達するノッチやベンチの高度から、最終間氷期最盛期以降における本島の隆起量を推定することは可能である。しかし、そのためには(1)年代測定された原地性サンゴ化石が棲息していた深度、(2)当時の海面高度を示唆する地形との対応、(3)5eより古い温暖期(例えばisotope stage 7あるいは9)相当の年代値が得られていないなどの問題が残されている。

日本第四紀学会講演要旨集 19, 30-31 (1989)

表1 更新世サンゴ化石試料の採集地点・属名・産状・高度および $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代

Sample No. (Lab. No.)	Locality (Field No.)	Genera	Mode of Occurrence	Altitude (m)	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ Age (ka)	
HI-20	88-8-9-1	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	6.6	113 ± 6
AO331	87-11-14-3	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	5.3	118 ± 4
AO321	87-11-14-7	N-1	<i>Montipora</i>	autochthonous	6.6	119 ± 5
AO322	87-11-14-9	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	8.1	119 ± 5
HI-18	87-11-14-5b	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	6.2	120 ± 6
AO327	87-11-14-4a	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	5.7	120 ± 5
HI-14	87-11-14-4b	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	5.7	123 ± 6
AO328	87-11-14-10B	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	6.3	123 ± 6
AO329	87-11-14-1	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	5.0	124 ± 5
AO330	87-11-14-2	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	5.1	126 ± 5
AO320	87-11-14-8	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	7.1	130 ± 6
AO323	87-11-14-6	N-1	<i>Favia</i>	autochthonous	6.1	130 ± 6
AO326	87-11-14-10A	N-1	<i>Acropora</i>	autochthonous	6.3	131 ± 6
AO325	87-11-14-10	N-1	<i>Goniastrea</i>	autochthonous	6.3	133 ± 6
AO324	87-11-14-5a	N-1	<i>Cyphastrea</i>	autochthonous	6.2	133 ± 6
HI-19	88-8-8-1	N-2	<i>Porites</i>	allochthonous	5.7	100 ± 5
HI-13	87-11-17-1	N-2	<i>Porites</i>	allochthonous	5	105 ± 5
HI-23	87-11-17-2	N-2	<i>Goniopora</i>	allochthonous	6.4	112 ± 7
HI-22	87-11-17-3	N-2	<i>Goniopora</i>	allochthonous	6.8	110 ± 7
HI-12	87-11-17-4	N-2	<i>Goniopora</i>	allochthonous	7.7	114 ± 5
HI-21	88-8-9-3	N-4	<i>Cyphastrea</i>	allochthonous	ca. 2	115 ± 7
AO083	KD81080901	N-4	<i>Cyphastrea</i>	unknown	ca. 5	80 ± 3
AO180	HK121104	N-3	<i>Favia</i>	unknown	ca. 6	89 ± 3
AO178	HK121102	N-3	<i>Porites</i>	unknown	ca. 5	91 ± 3
AO093	KD81080905	N-1	<i>Cyphastrea</i>	unknown	ca. 5	101 ± 5
AO179	HK121103	N-3	<i>Favia</i>	unknown	ca. 6	123 ± 4
AO081	KD81080701	N-1	<i>Hydnophora</i>	unknown	ca. 4	129 ± 7

図1 原地性サンゴ試料の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代と産出高度の関係

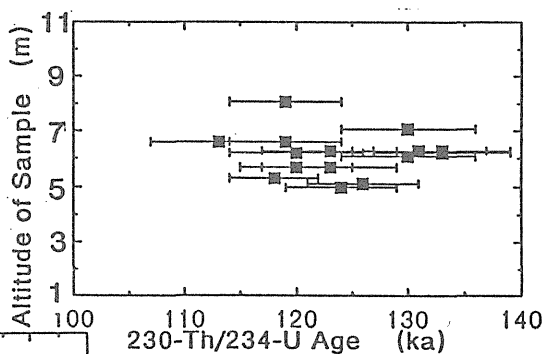
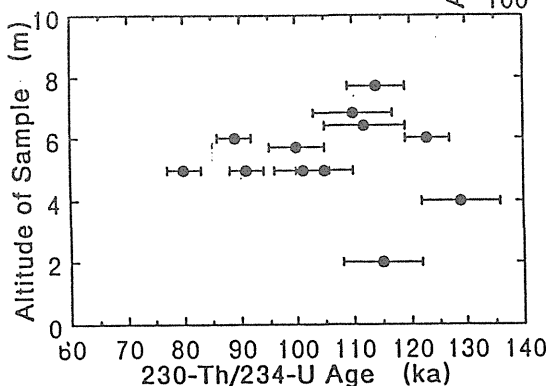


図2 異地性サンゴ試料の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代と産出高度の関係

沖縄県南大東島産更新世サンゴ化石の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代 (予報)

岩田秀樹・大村明雄(金沢大)・太田陽子(横浜国大)・木庭元晴(関西大)・
河名俊男(琉球大)

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age of Pleistocene corals from Minami-Daito Island, Okinawa Prefecture
(a preliminary report): Hideki Iwata, Akio Omura, Yoko Ota, Motoharu Koba and
Toshio Kawana

南大東島の3地点(太田ほか、本講演要旨集; 図1 S-1 ~ S-3) から採集したサンゴ化石
12試料と以前に採集した3試料の計15試料について $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代を求めた(表1)。

本島における更新世サンゴ化石については、小西(1980)が島の東南東部海軍棒(S-1)において、
基盤の“南大東ドロマイト層”を不整合に覆う石灰岩を“海軍棒石灰岩”と呼び、そこからの5
試料から $98,000 \pm 5,000 \sim 128,000 \pm 14,000$ 年の $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{U}$ 年代値を報告した。上記の
年代値は最終間氷期最盛期(“Isotope Stage 5e”)およびそれ以後の温暖期(例えば、ニューギ
ニア・ヒュオン半島の Reef Complex VI 形成期に相当する亜間氷期, Bloom *et al.*, 1974) 相当
の年代値が含まれていた。

今回、採集したサンゴ化石は Porites・Goniopora・Cyphastrea・Goniostrea・Montastrea・
Montipora の6属である。これらの中には個々の産状から、“南大東ドロマイト層”を基底とし
て成長したと思われる現地性サンゴと円礫として産出する異地性サンゴ化石が含まれている。
S-1 地点では、それらを含む石灰岩体の層序関係が、図2に示すようにに観察され、不整合面をは
さんで少なくとも3つの相(Unit)に分けることができる。Unit A と B はそれぞれ“南大東ド
ロマイト層”および“海軍棒石灰岩”由来の円礫が混在する礫岩層で、両者は互いに不整合で接
している。Unit A 中には“南大東ドロマイト層”由来の礫が卓越するのに対して、Unit B では
“海軍棒石灰岩”源の礫が卓越する。Unit C は現地性サンゴとその充填物から成り、上記の
Unit B あるいは“海軍棒石灰岩”と不整合で接している。

現在までに得られた $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代値は $107,000 \pm 6,000 \sim 133,000 \pm 7,000$ 年の範囲
にある。また、図2に示した露頭における Unit A 中の円礫からは $127,000 \pm 7000$ 年、Unit
B の礫からは $107,000 \pm 6,000$ 年、Unit C の現地性サンゴから $117,000 \pm 6000$ 年の年代値
が得られた。H1-33(採集高度: 8.1 m) は本島で確認された更新世サンゴ化石の最高位地点に位
置するが、この試料からは $124,000 \pm 6,000$ 年の年代値が得られた。

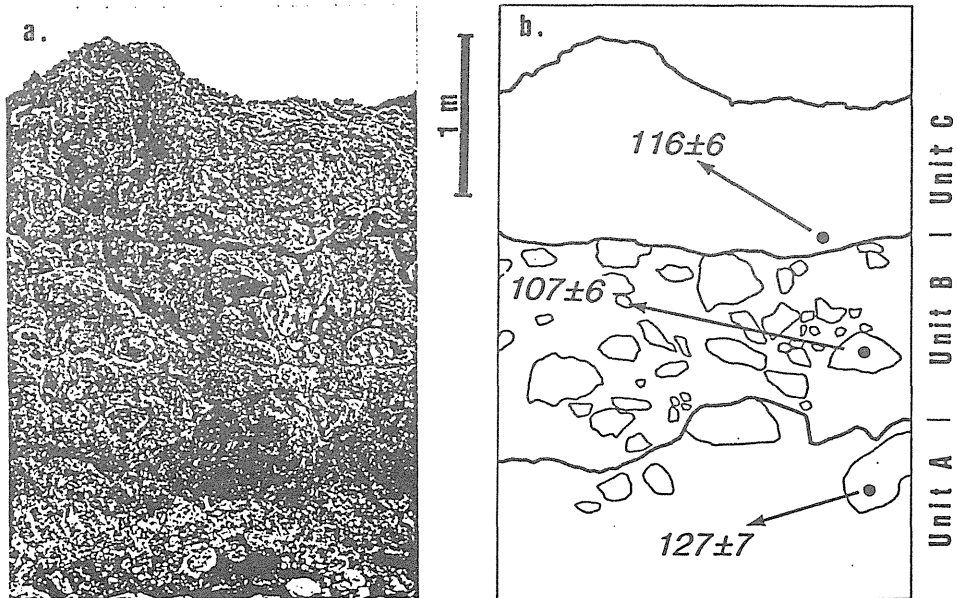
以上の年代測定結果と現地での野外観察から、次のような結果が推論される。(1)南大東島から
産出するサンゴ化石は、いずれも最終間氷期最盛期(“Isotope Stage 5e”)のものである。(2)
Unit B の礫および Unit C の現地性サンゴから得られた年代値は統計誤差を考慮に入れれば、ほ
ぼ同時期のものであると思われるが、Unit A および Unit B から得られる年代値には差が認めら
れ両者の形成時期が若干異なるように思われる。(3)現地性サンゴについては、採集地点高度と年
代値との間には相関関係はみられず、Unit A 中のサンゴ礫の年代と同じ年代を示す試料と Unit
B・C 中のサンゴと同時期のものが混在していると思われる。

日本第四紀学会講演要旨集 19, 32-33 (1989)

表1 南大東島産更新世サンゴ化石試料の採集地点・属名・産状・高度および年代値

Sample No. (Lab. No.) (Field No.)	Locality (Unit No.)	Genera	Mode of Occurrence	Meter above Sea Level	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ Age (ka.)
《Kaigunbo》					
HI-29 88-10-29-2	S-1	<u>Porites</u>	autochthonous	3.6	116 ± 6
HI-37 88-10-28-10	S-1 (C)	<u>Goniopora</u>	autochthonous	3.1	117 ± 6
HI-33 88-10-29-11	S-1	<u>Goniopora</u>	autochthonous	8.1	124 ± 6
HI-32 88-10-29-4A	S-1	<u>Porites</u>	autochthonous	2.7	125 ± 6
HI-27 88-10-30-3	S-1 (A)	<u>Porites</u>	allochthonous	1.9	107 ± 6
HI-30 88-10-30-4	S-1 (B)	<u>Porites</u>	allochthonous	2.6	127 ± 7
HI-34 88-10-30-1	S-1	<u>Porites</u>	allochthonous	ca. 5	132 ± 7
HI-38 88-10-30-6	S-1	Acropora	allochthonous	ca. 7	113 ± 7
《Buchotsuriba》					
HI-35 88-10-31-1	S-2	<u>Goniostrea</u>	autochthonous	2.8	122 ± 6
《Yagibana》					
HI-28 88-11-2-1	S-3	<u>Porites</u>	autochthonous	6.6	111 ± 5
HI-36 88-11-2-11	S-3	<u>Goniopora</u>	autochthonous	6.9	115 ± 6
HI-25 88-11-2-10	S-3	<u>Goniopora</u>	autochthonous	7.9	124 ± 7
HI-17 MD-II-11	S-3	<u>Goniopora</u>	autochthonous	ca. 5	133 ± 7
HI-16 MD-II-34	S-3	<u>Goniopora</u>	autochthonous	ca.7.5	124 ± 7
HI-15 MD-II-32	S-3	<u>Porites</u>	autochthonous	ca.5.9	116 ± 7

図2 太田ほか(本講演要旨集)・図3の S-1 地点海岸部に見られる露頭写真(a) およびスケッチ(b)



南北大東島産サンゴ化石のウラン系列年代

大村明雄・岩田秀樹（金沢大・理）・太田陽子（横浜国大・教）・
木庭元晴（関西大・文）・河名俊男（琉球大・教）

琉球海溝の東方フィリピン海プレート上に位置する南北両大東島は“隆起環礁”として知られ、上下運動の向きがある時期を境として逆になったという。ユーラシアプレート上の喜界島や波照間島とは異なる、特異な変動史を経ている。本研究では、両島において海岸線に沿う詳しい地形調査を行って古海面を指示する地形を検出するとともに、それらの高度を測量した。そして、それらと関係する更新統石灰岩中のサンゴ化石の産状や種構成を明らかにしながら、その形成年代を $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法によって求め、得られた結果に基づいて後期更新世から現在までの変動が、両島を現在の高度にまで隆起させた全変動量に対しどの程度寄与しているかを検討した。

両島とも“大東苦灰岩”から成る隆起環礁の地形を呈し、海岸線は急崖をなしている。その急崖下にベンチ状の小規模な平坦地形がみられたり、深く切り込んだ“fissure”の壁に数段のノッチが刻まれているなど、古海面を示唆する特徴的な離水地形が残されている。それらの形成と関係すると思われる更新統石灰岩が、北大東島では4地点、南大東島においては3地点で確認され、その中からアラレ石のみからなる未変質の年代測定用サンゴ化石を採集することができた。採取試料総数は、北大東島で39個、南大東島で51個の計90試料であるが、このうち上記離水地形と関係させて古海面年代を考察するのに利用できる原地性サンゴ化石は、北大東島産16個、南大東島産44個の合計60試料である。両島の更新統石灰岩から産するサンゴのほとんどが Cyphastrea・Porites・Goniopora の3属で占められ、ほかに Montipora・Favia・Acropora・Goniastrea・Hydnophora が稀に産するにすぎない。

現在までに得られた原地性サンゴ化石の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代は、北大東島の13試料については $113\pm 6\sim 133\pm 6$ ka、南大東島の17試料については $111\pm 5\sim 151\pm 9$ kaの間で、いずれもが“最終間氷期最盛期 (isotope stage 5e)”に相当すると結論できる。それらの産出上限高度は、北大東島で8.1 m、南大東島で11.0 mである。これらの値から、当時の海面高度を+5~6 mと仮定すると、両島の最終間氷期以降の最少隆起量は、それぞれ3.1~2.1 および6.0~5.0 mと推定され、さらに仮に運動の等速性を仮定するとその隆起速度は0.05 m/ka以下と極めてゆっくりしたものと推定される。また、年代測定された原地性サンゴ化石の採集地付近で観察されるノッチの最高高度（南大東島海軍棒における19.5 m）から推定しても、見掛け上15 mにも満たない。以上の結果と、現在の最高地点高度（北大東島74.0 m；南大東島75.8 m）などを考え合わせると、両島の隆起は主に中期更新世以前の長期間にわたる地殻変動によったことは間違いない。

日本古生物学会講演要旨（1990）

付録 2 . 沖大東島の地形

沖大東島は南北大東島の南方約150km に位置し、最高海拔高度が31.1m のサンゴ礁島である。更新世に形成されたと推定される海岸段丘は4面（高位より、I、II、III、IV面）に区分される（図1）。各面の最高海拔高度（I面）または旧汀線高度（II、III、IV面）は、島の南東側で各々、25m、23m、15m および 5m である（図2）。各段丘は南北大東島の海岸段丘に比較して平坦面が明瞭である。その要因の一つは、海底地形も含めた沖大東島全体が緩斜面であることによると推察される（図3）。島の南東側の概査によると、地層はすべてドロストーンよりなり、上記の海岸段丘はドロストーンの侵食面である。このため各段丘面の形成時期は不明であるが、南北大東島に発達する海岸段丘との対比から推定すると、最低位段丘のIV面は酸素同位体ステージの5に相当する可能性がある。潮間帯に位置するサーフベンチは、特に南東海岸に広く発達している。南東海岸でのサーフベンチおよび最低位段丘（IV面）の先端部には、著しい櫛の歯構造がみられる。この要因は南東-北西方向の走向を有するフィッシャーの反映と推定される。島の中央部には比高 5-10mの窪地が形成されている。おそらくその凹地は隆起卓礁を原型として、その後、中央部にある程度の溶食作用が加わった結果であると推察される。現在その凹地の一部は戦前のりん鉱石の採石により、人工的にさらに高度を減じている（図1、図2）。また、東部のII面の一部にも、戦前のりん鉱石の採石場がみられる（図1）（河名，1989）。

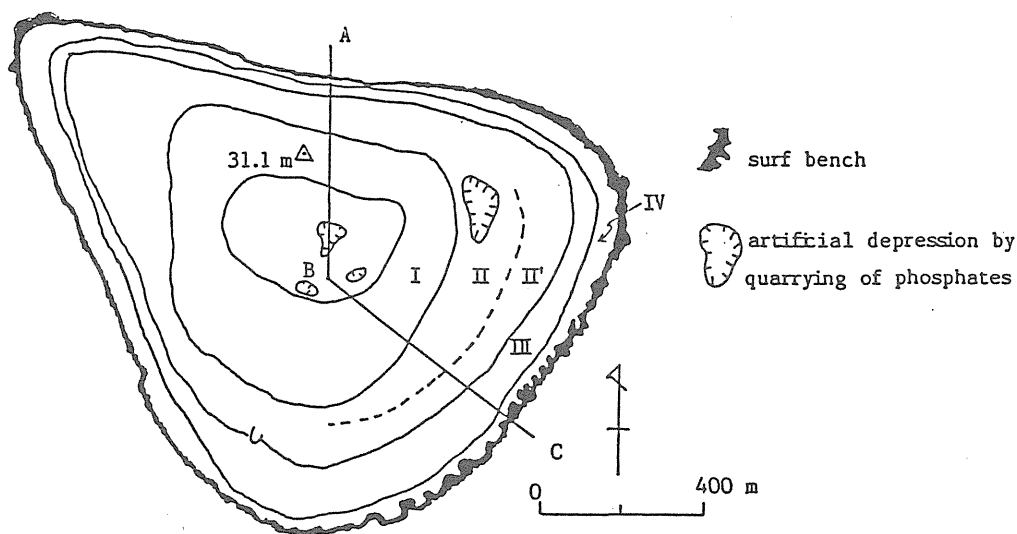


Fig. Geomorphological map of Old Daito Island. Surfaces of I, II, II', III, and IV are marine terraces, and may be middle to late Pleistocene in age. The surf benches are developed within the intertidal zone. The phosphates were quarried before the World War II.

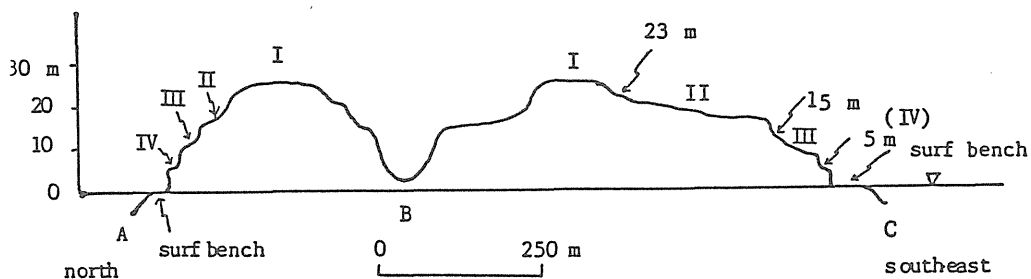


Fig. Topographic profile of Old Daito Island. Elevation of the former shorelines of the Surfaces III and IV has been measured; that of the Surface II is estimated by the topographic map (scale, 1:25,000). A, B and C in Fig.2 correspond to A, B and C in Fig.1, respectively.

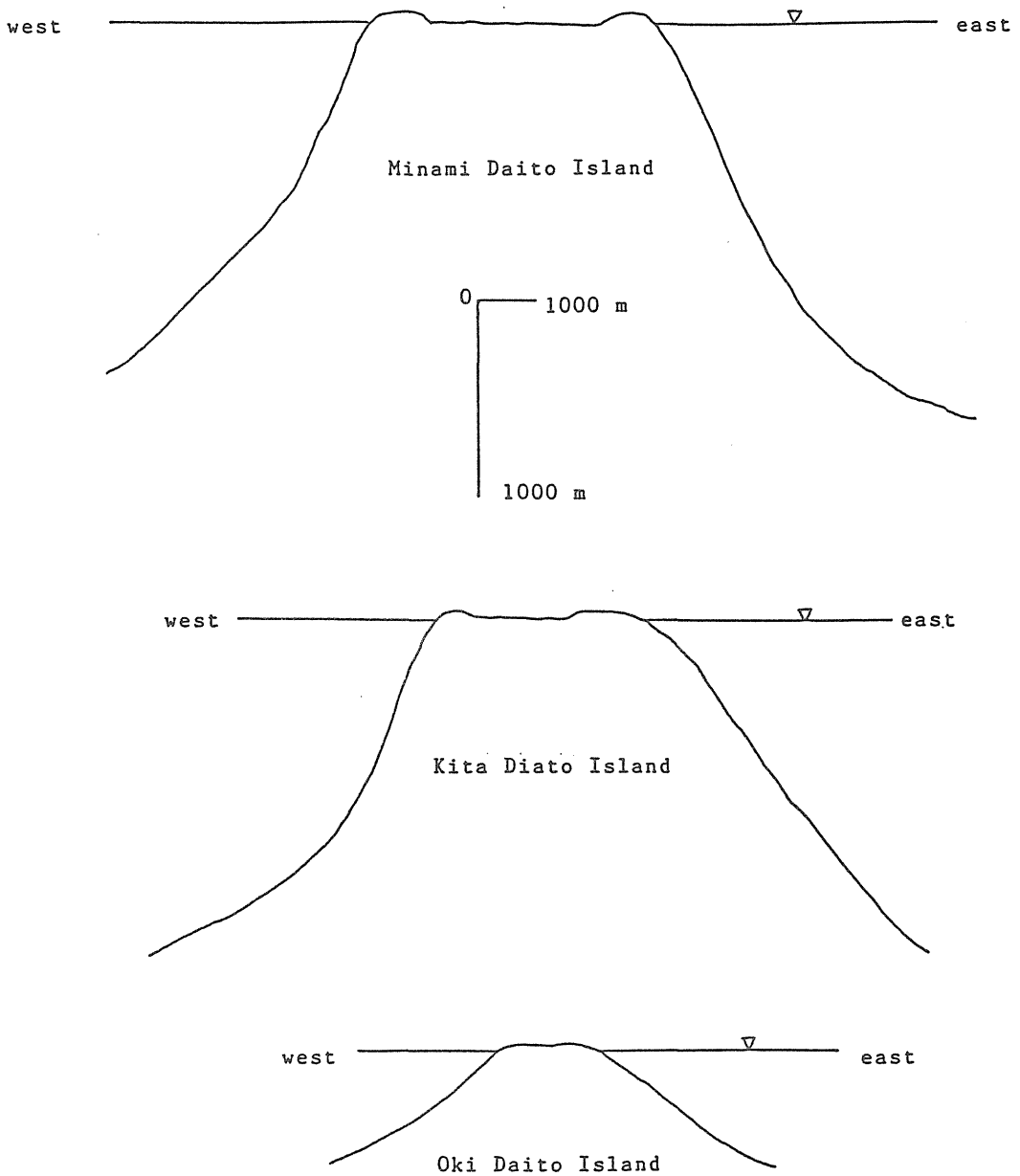


Fig. Topographic profiles (E-W direction) of Minami, Kita, and Oki Daito Islands based on the topographic maps (scale, 1:25,000) and the chart (scale, 1:72,500). Vertical exaggeration: x 3.5

付録Ⅲ 琉球列島年代資料

Table Dates of the Ryukyu Group of the Ryukyu Islands

Island	Elevation (m)	Specimen	Method of age determination	Age(ka)	Reference
Kikai	27	coral	Th-230/U234	44 ± 2	(1)
"	19	"	"	39 ± 2	"
"	19	"	"	42 ± 2	"
"	28	"	"	36 ± 2	"
"	28	"	"	38 ± 2	"
"	26	"	"	45 ± 2	"
"	27	"	"	36 ± 2	"
"	25	"	"	41 ± 2	"
"	43	"	"	59 ± 5	"
"	40	"	"	54 ± 2	"
"	50	"	"	50 ± 1	"
"	10	"	"	50 ± 2	"
"	10	"	"	50 ± 1	"
"	120	"	"	81 ± 3	"
"	65	"	"	86 ± 4	"
"	140	"	"	99 ± 8	"
"	170	"	"	122 ± 2	"
"	170	"	"	124 ± 5	"
"	40	<u>Trochocyathus hanzawai</u>	"	79 ± 4	(2)
"	40	"	"	79 ± 3	"
"	40	<u>Micrabacia japonica</u>	"	77 ± 4	"
"	40	"	"	83 ± 4	"
"	40	<u>Flabellum rubrum</u>	"	85 ± 5	"
"	40	"	"	83 ± 3	"
"	40	<u>Favites</u>	"	41 ± 4	(3)
"	70	<u>Goniastrea</u>	"	46 ± 5	"
"	70	"	"	51 ± 3	"
"	210	<u>Porites</u>	"	51 ± 4	"

Island	Elevation (m)	Specimen	Method of age determination	Age(ka)	Reference
Kikai	210	<u>Porites</u>	Th-230/U-234	55 ± 2	(3)
"	120	<u>Montipora</u>	"	99 ± 9	"
"	110	<u>Favites</u>	"	104 + 11/ -10	"
"	25	<u>Montipora</u>	"	204 + 23/ -19	"
"	25	<u>Porites</u>	"	259 + 19/ -17	"
"	25	<u>Montipora</u>	"	360 + 64/ -40	"
"	25	<u>Goniastrea</u>	"	369 + 69/ -42	"
"	20	<u>Galaxea</u>	"	409 + 120/ -55	"
"	140	<u>Porites</u>	"	>450	"
"	25	<u>Montastrea</u>	"	>450	"
"	32.5	<u>Goniastrea</u>	ESR	50 ± 6	(4)
"	10	<u>Acropora</u>	"	37 + 6/ -4	"
"	32.5	<u>Alveopora</u>	"	56 + 7/ -6	"
"	200-205	<u>Goniastrea</u>	"	406 + 61/ -58	"
"	205	"	"	429 + 86/ -44	"
"	205	<u>Montipora</u>	"	490 + 71/ -51	"
"	140-145	<u>Acropora</u>	"	432 + 86/ -45	"
"	140-145	"	"	526 + 77/ -75	"
"	130	<u>Montipora</u>	"	549 ± 79	"
"	130	<u>Porites</u>	"	600	"
"	130	<u>Favia</u>	"	472 + 94/ -49	"
"	130	<u>Acropora</u>	"	485 + 97/ -50	"
Toku	ca. 9	"	Th-230/U-234	>468	(5)
"	ca. 9	"	"	>407	"
"	ca. 9	"	"	301 + 35/ -27	"
"	ca. 9	"	"	201 + 13/ -12	"
"	ca. 9	"	"	169 + 16/ -13	"
"	ca. 9	"	"	320 + 220/ -70	"
OKierabu	15	coral	"	85 ± 3	(1)

Island	Elevation (m)	Specimen	Method of age determination	Age(ka)	Reference
Okierabu	15	coral	Th-230/U-234	79 ± 3	(1)
"	15	"	"	95 ± 2	"
"	ca. 0	"	ESR	ca. 500	(6)
"	ca. 30	"	"	ca. 500	"
Aguni	8	<u>Porites</u>	"	145 + 23/ -13	(4)
Okinawa	45	coral	Th-230/U-234	78 ± 3	(1)
"	-	"	"	>300	(7)
Kume	40	"	"	62 ± 4	(1)
Irabu	-	"	nanno fossil	390-890	(8)
"	-	"	"	1100-1190	"
Tarama	18	<u>Acropora</u>	ESR	92 + 13/ -9	(4)
"	13	<u>Montipora</u>	"	>242 + 37/ -26	"
Ishigaki	5.1	<u>Porites</u>	"	190 + 30/ -15	"
"	3.2	<u>Montipora</u>	"	222 + 34/ -25	"
"	-1.3	<u>Goniastrea</u>	"	200 + 32/ -22	"
"	-1.1	<u>Porites</u>	"	192 + 31/ -21	"
"	16.7	coral	"	173 ± 20	"
Yonaguni	<6	<u>Porites</u>	"	101 + 8/ -4	(9)
"	<6	"	"	126 + 9/ -5	"
"	<6	"	"	122 + 9/ -5	"
"	<6	"	"	120 + 10/ -4	"
"	<6	"	"	112 + 9/ -4	"
"	5.1	"	"	110 + 8/ -4	"
"	3.8	"	"	109 + 8/ -4	"
"	ca. 20	"	"	113 + 8/ -5	"
"	ca. 18	"	"	174 + 15/ -7	"
"	<6	"	"	190 + 15/ -18	"
"	ca. 1.5-19	coral	Th-230/U-234	130(mean)	(10)
"	ca. 2.5-13.5	"	"	217(mean)	"

Island	Elevation (m)	Specimen	Method of age determination	Age(ka)	Reference
Yonaguni	-	coral	Th-230/U-234	>300	(10)
"	-	<u>Emiliana anula</u>	nanno fossil	>390	"
Hateruma	4	-	Ra-226/U-238	114 + 16/ -13	(11)
"	12-13	<u>Favia</u>	"	125 + 21/ -17	"
"	12-13	"	"	128 + 15/ -14	"
"	5	<u>Goniastrea</u>	"	109 ± 12	"
"	5	"	"	143 + 26/ -20	"
"	30	<u>Cyphastrea</u>	"	207 + 80/ -43	"
"	45	<u>Porites</u>	"	>242	"
"	1.2	coral	Th-230/U-234	69 ± 2	(12)
"	10	"	"	71 ± 2	"
"	25	"	"	87 ± 3	"
"	4	"	"	89 ± 3	"
"	2.5	"	"	89 ± 2	"
"	11	"	"	91 ± 3	"
"	3	"	"	100 ± 3	"
"	15	"	"	102 ± 3	"
"	23	"	"	104 ± 3	"
"	-	"	"	81 ± 3 (mean)	(13)
"	-	"	"	103 ± 1 (mean)	"
"	-	"	"	128 ± 7 (mean)	"
"	-	"	"	207 ± 3 (mean)	"
"	-	"	"	300 or more	"

(1): Konishi et al.(1974), (2): Omura(1983 b), (3): Omura et al.(1985), (4): Koba et al.(1985), (5): Omura(1982), (6): Ikeda and Ikeya(1989), (7): Kizaki et al.(1984), (8): Sado et al.(1989), (9): Koba et al.(1987), (10): Suzuki and Omura(1989), (11): Konishi (1980), (12): Omura(1983 a), (13): Omura(1984).

表2. 琉球列島海岸線資料

この表は、Inventory of Quaternary Shorelines (Yoshikawa ed., 1987)の中で、琉球列島に関する資料を採録したものである。引用を許可して下さった東京農業大学の吉川虎雄教授に謝意を表す。

Kyushu and Nansei Islands

Prepared by H. Machida, S. Nagaoka & H. Moriwaki

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
Miyazaki coast					
J549 32°19.1'N 131°35.4'E	+40 to +45m (M/1:25,000)	Upper surface of beach gravel	ca. 80ka	Underlain by marine de- posits, covered by the dated pyroclastic flows (ca. 70ka)	Nagaoka (1983)
J550 32°06.8'N 131°27.5'E	+ 95m (L & M/1:5,000)	Upper surface of marine sand	Last interglacial (ca. 125ka)	Underlain by marine de- posits, covered by tephric soil bearing the dated volcanic ash (ca. 85ka)	ibid.
J551 32°03.4'N 131°22.7'E	+100m (M/1:25,000)	ditto	ditto	ditto	ibid.
J552 32°00.1'N 131°26.3'E	+ 15m (M/1:2,500)	Upper surface of marine deposits	Postglacial (ca. 6ka)	By correlation of ma- rine deposits to those covered by the dated tephra (ca. 6,300 yBP)	Nagaoka (1984)

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
Osumi Peninsula					
J553 31°28.2'N 131°08.0'E	+20 to +25m (M/1:25,000)	Upper surface of beach gravel	Last interglacial (ca. 125ka)	Underlain by marine deposits, directly covered by the tephra dated at ca. 130-140ka	Oki & Hayasaka (1973) Machida & Arai (unpubl.)
J554 31°14.8'N 130°47.7'E	+ 15m (L & M/1:25,000) + 10m (M/1:25,000)	Upper surface of marine gravel Marine terrace surface	ditto Postglacial (ca. 6ka)	ditto By correlation of terrace surface with that covered by the tephra dated at ca. 6,300 yBP	Machida & Arai (unpubl.)
Kagoshima Bay coast					
J555 31°44.3'N 130°33.6'E	+ 40m (M/1:25,000)	Upper surface of shell bed	Last interglacial (ca. 125ka)	By correlation of terrace deposits with those covered by the dated pyroclastic flows (ca. 85ka)	Otsuka & Nishiinoue (1980)
J556 31°45.3'N 130°35.1'E	+ 6m (M/1:5,000)	Upper surface of marine deposits	7,190 ± 110 yBP	Date: shell in marine deposits	Moriwaki et al. (1986)
J557 31°44.1'N 130°37.4'E	+ 13m (M/1:5,000)	ditto	ca. 6,300 yBP	Underlain by marine deposits, directly covered by the tephra dated at ca. 6,300 yBP	ibid.

Prepared by H. Machida, T. Kawana, T. Nakata & A. Omura

Satsunan Islands					
(Tanegashima I.)					
J558 30°43.9'N 131°00.3'E	+ 55m (M/1:25,000)	Shore platform and sea cliff	Last interglacial (ca. 125ka)	By correlation of terrace surface with J559	Machida et al. (1983)
J559 30°37.9'N 130°57.5'E	+73 to +77m (L & M/1:25,000)	Shore platform and beach gravel	ditto	Underlain by marine deposits, unconformably covered by the pyroclastic flows dated at ca. 85ka	ibid.
J560 30°37.9'N 130°57.2'E	+ 31.5m (L)	ditto	ca. 80ka	Underlain by marine deposits directly covered by the tephra dated at ca. 75ka	ibid.
	+ 15m (L)	ditto	ca. 60ka	Overlain by tephric soil formed after the eruption of the dated volcanic ash (ca. 75ka)	ibid.
J561 30°24.3'N 130°52.2'E	+ 32m (B)	ditto	ca. 60ka	By correlation of terrace surface with the lower one of J560	Machida (1968)
J562 30°23.1'N 130°52.5'E	+110 to +120m (M/1:10,000)	ditto	Last interglacial (ca. 125ka)	By correlation of terrace surface with J559	ibid.
J563 30°22.7'N 130°52.2'E	+64 to +66m* (M/1:10,000)	ditto	ca. 105ka	Overlain by the tephra dated at ca. 85ka	ibid.
J564 30°22.4'N 130°52.0'E	+42 to +50m (M/1:10,000)	ditto	ca. 80ka	By correlation of terrace surface with the higher one of J560	ibid.
J565 30°22.4'N 130°51.8'E	+25 to 30m (M/1:10,000)	ditto	ca. 60ka	By correlation of terrace surface with the lower one of J560	ibid.
(Mage Island)					
J566 30°43.6'N 130°50.4'E	+ 4.3m* (L)	Coral	5,520 ± 75 yBP	Raised coral reef	Hatsumi (1978) Ota et al. (1978)
	+ 8.0m* (L)	Coral	2,510 ± 60 yBP	ditto	ibid.
	+ 5.5m* (L)	Coral	2,440 ± 65 yBP	ditto	ibid.
	+ 4.1m* (L)	Coral	4,600 ± 170 yBP	ditto	Hatsumi (1978)
	+ 0.0m* (L)	Coral	4,220 ± 120 yBP	ditto	ibid.

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
(Kodakara Island)					
J567 29°13'N 129°19'E	+103m (M/1:25,000)	Raised coral reef	Last interglacial (ca. 125ka)	By correlation of terrace surface with J576 in Kikai Island	Ota & Hori (1980)
J568 29°13.1'N 129°18.7'E	+ 9.6m* (L)	Coral (<i>Acropora</i> sp.)	2,455 ± 120 yBP	Upper surface of coral reef emerged by seismic uplift	Omoto (1976) Nakata et al. (1978) Koba et al. (1982)
J569 29°13.1'N 129°19.4'E	+ 1.6m* (L)	ditto	1,755 ± 115 yBP	Upper surface of emerged coral reef	ibid.
(Takara Island)					
J570 29°08'N 129°12'E	+ 53m (B)	Raised coral reef	Last interglacial (ca. 125ka)	Overlying gravel bed, about 30m thick, filling depressions of basal rocks	Koba (1980)
J571 29°08.5'N 129°11.7'E	+ 1.5m* (L)	<u>in situ</u> coral (species unknown)	5,620 ± 95 yBP	Emerged coral reef	Konishi et al. (1974) Koba et al. (1982)
J572 29°09.0'N 129°12.7'E	+ 4.5m (L)	The innermost part of notch	ca. 2,800 yBP	Date was estimated from coral rubble in beach-rock, 4.0-4.5m above sea level.	Nakata et al. (1978) Koba et al. (1982)
J573 29°09.3'N 129°13.1'E	+ 2.9m* (L)	Coral (<i>Acropora</i> sp.)	2,805 ± 120 yBP	Emerged coral reef; former sea level is estimated at +4.2m.	Omoto (1976) Nakata et al. (1978) Koba et al. (1982)
(Kikai Island)					
J574 28°21.0'N 130°01.9'E	+ 2.5m* (L)	Coral (<i>Acropora</i> sp.)	2,700 ± 105 yBP	Attached on the upper surface of raised coral reef; former sea level is estimated at +3.7m.	Omoto (1977) Nakata et al. (1978)
J575 28°19.1'N 129°59.3'E	+170m* (M)	<u>in situ</u> hermatypic corals	104 ± 11 ka 103 ± 4 ka 100 ± 5 ka 99 ± 9 ka	U-series dates: <u>Goniastrea</u> sp. & <u>Porites</u> sp.	Omura (1985) Omura (unpubl.)
J576 28°18.4'N 129°59.4'E	+224m (M)	The highest point of limestone containing the dated hermatypic corals	Last interglacial 138 ± 5 ka 137 ± 7 ka 126 ± 6 ka 121 ± 5 ka	U-series dates: <u>Montastrea</u> sp. & <u>Porites</u> sp.	Konishi et al. (1974) Omura (unpubl.)
J577 28°17.5'N 129°58.8'E	+150m (M)	Reefy limestone containing the dated hermatypic corals	89 ± 3 ka 85 ± 3 ka 84 ± 3 ka 82 ± 2 ka	U-series dates: <u>Montipora</u> sp. and three species of ahermatypic solitary corals	Omura (1983b) Omura (unpubl.)
J578 28°17.1'N 129°57.2'E	+ 50m (M)	Upper surface of limestone containing the dated hermatypic corals	50 to 64 ka	U-series dates of five hermatypic corals	Konishi et al. (1974)
J579 28°17.9'N 129°55.7'E	+ 28m (M)	ditto	35 to 45 ka	U-series dates of ten hermatypic corals	Konishi et al. (1974) Omura (1985) Omura (unpubl.)
J580 28°18.1'N 129°55.0'E	+ 8.5m* (L)	Coral	6,610 ± 100 yBP	Attached on raised shore platform; former sea level is estimated at +8.0-12.9m.	Ota et al. (1978a)
J581 28°18.2'N 129°54.9'E	+ 5.8m* (L)	Coral	3,520 ± 120 yBP	Attached on raised coral reef; former sea level is estimated at +6.0-6.4m.	ibid.

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
J582 28°18.8'N 129°55.5'E	+ 9.0m* (L)	Coral (<i>Acropora</i> sp.) attached on the upper surface of raised coral reef	6,370 ± 190 yBP	Former sea level is estimated at +10.2m.	Omoto et al. (1976) Nakata et al. (1978)
J583 28°19.2'N 129°55.5'E	+ 1.4m* (L)	Coral (<i>Porites</i> sp.) attached on the upper surface of raised coral reef	1,700 ± 115 YBP	Former sea level is estimated at +2.6m.	ibid.
(Amami-Oshima I.)					
J584 28°31.0'N 129°41.0'E	0.0m* (L)	Coral on intertidal shore platform	2,190 ± 120 yBP		Konishi et al. (1974)
	+ 1.0m* (L)	ditto	240 ± 110 yBP		
J585 28°27.6'N 129°43.2'E	+ 2.5m* (L)	<i>in situ</i> coral (<i>Coulastrea</i> sp.: massive type)	3,300 ± 135 yBP	Attached on the upper surface of coral stack; overlain by pedestal, 3m above sea level	Omoto et al. (1976) Nakata et al. (1978)
	+ 0.4m* (L)	<i>in situ</i> coral (<i>Acropora</i> sp.: table type)	2,645 ± 125 yBP	Landward margin of reef flat	
J586 28°27.0'N 129°43.0'E	+ 1.6m* (L)	Coral on intertidal shore platform	2,340 ± 115 yBP		Konishi et al. (1974)
J587 28°25.8'N 129°41.8'E	+ 61m (B)	Shoreline angle of marine terrace	Last interglacial (ca. 125ka)	By correlation of ter- race surface with J588	Ikeda (1977)
J588 28°24.0'N 129°39.8'E	+ 54m (B)	ditto	ditto	Underlain by terrace deposits filling de- pressions of basal rocks	ibid.
J589 28°22.2'N 129°35.6'E	+ 28m (B)	ditto	ditto	By correlation of ter- race surface with J588	ibid.
(Tokunoshima I.)					
J590 27°44.0'N 129°01.0'E	+ 2.5m* (L)	<i>Chthamalus chal-</i> <i>lengeri</i> in sea cave	2,990 ± 70 yBP	Intertidal barnacle	Machida et al. (1976)
J591 27°40.9'N 129°00.0'E	+ 0.6m* (L)	Coral (<i>Hydnophora mi-</i> <i>croconos</i>)	1,655 ± 115 yBP	Coral rubble in beach rock	Omoto (1976) Nakata et al. (1978)
J592 27°39.4'N 128°56.3'E	+ 9.0m* (L)	Coral	5,800 ± 230 yBP	On the upper surface of coralline limestone of constructive or ero- sive origin	Machida et al. (1976) Nakata et al. (1978)
J593 27°41.7'N 128°54.9'E	+ 0.3m* (L)	Coral (<i>Montipora</i> sp.: table type)	5,060 ± 160 yBP	On the bottom of solu- tion pool behind coast- al bench	Omoto et al. (1976) Nakata et al. (1978)
	+ 1.0m* (L)	Coral attached on the upper surface of raised coral reef	5,000 ± 160 yBP	Former sea level is estimated at about +3m.	Omoto (1977) Nakata et al. (1978)
	+ 1.7m* (L)	Coral (<i>Montastrea</i> sp.: massive type)	1,780 ± 115 yBP	Emerged wave-cut ramp behind coastal bench	Omoto et al. (1976) Nakata et al. (1978)
(Okinoerabu I.)					
J594 27°26.2'N 128°42.5'E	+ 1.5m* (L)	Coral on reef flat	3,060 ± 110 yBP	Former sea level is es- timated at about +2.4m.	Omoto (1979) Koba et al. (1980)
J595 27°25.8'N 128°42.9'E	+ 15m* (M)	Fossil coral	95,000 ± 200 yBP	Average date of ²¹⁰ Pb ages of six specimens	Konishi et al. (1974)
J596 27°25.0'N 128°43.0'E	0.0m* (L)	Coral on reef flat	3,410 ± 125 yBP		Konishi et al. (1974)
	ca. +2m* (L)	Coral on emerged reef flat	3,310 ± 120 yBP		Yamazaki et al. (1970)
J597 27°20.4'N 128°36.2'E	+ 2.2m* (L)	Coral (<i>Acropora</i> sp.) on reef flat	1,960 ± 110 yBP	Former sea level is es- timated at about +2.4m.	Omoto (1979) Koba et al. (1980)

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
J598 27°19.0'N 128°34.0'E	- 6m*	Coral	5,020 ± 140 yBP 4,590 ± 130 yBP 4,490 ± 130 yBP 5,160 ± 145 yBP 4,730 ± 135 yBP 4,620 ± 135 yBP	Autochthonous coral head Fore-reef slope	Yamazaki et al. (1970) Konishi et al. (1974)
J599 27°20.4'N 128°32.3'E	+ 0.6m* (L)	Coral (<i>Goniastrea</i> sp.: massive type)	1,265 ± 110 yBP	Coral rubble in beach rock	Omoto et al. (1976) Koba et al. (1980)
J600 27°24.0'N 128°34.0'E	ca. +0.2m* (L)	Coral on reef flat	3,980 ± 130 yBP		Yamazaki et al. (1970)
J601 27°24.0'N 128°38.0'E	ca. +0.2m* (L)	ditto	2,430 ± 120 yBP		ibid.
(Yoron Island)					
J602 27°03.6'N 128°25.3'E	+ 2.25m*(L)	<i>Calcarina spengleri</i> in beachrock	2,090 ± 60 yBP	Former sea level is estimated at about +1.5m.	Delibrias & Pirazzoli (1983)
J603 27°02.7'N 128°27.4'E	+1.6 ± 0.3m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> in sea cave	730 ± 60 yBP	Intertidal barnacle	ibid.
J604 27°01.1'N 128°26.5'E	+1.45±0.05m* (L)	ditto	800 ± 60 yBP	ditto	ibid.

Prepared by T. Kawana, A. Omura & Y. Ota

Ryukyu Islands					
(Okinawa Island)					
J605 26°28.0'N 127°58.3'E	+ 1.0m* (L)	<i>Tridacna</i> (<i>Flodacna</i>) <i>squamosa</i> in beachrock	2,050 ± 85 yBP		Kawana & Pirazzoli (1985)
J606 26°23.5'N 127°53.4'E	+ 0.9m* (L)	<i>Hippopus hippopus</i> in intertidal beachrock	1,070 ± 55 yBP		ibid.
	+ 0.85m*(L)	<i>Tridacna</i> (<i>Vulgo-</i> <i>dacna</i>) <i>noae</i> in intertidal beachrock	1,150 ± 60 yBP		
	+ 0.6m* (L)	<i>Tridacna</i> (<i>Flodacna</i>) <i>squamosa</i> in intertidal beachrock	1,010 ± 70 yBP		
J607 26°11.0'N 127°49.4'E	+ 1.7m* (L)	Coral(<i>Porites</i> sp.)	5,550 ± 90 yBP	Emerged coralline limestone	ibid.
	ca. 0m* (L)	Coral	5,140 ± 90 yBP	Coralline limestone	Taira (1975)
J608 26°07.0'N 127°45.4'E	+ 0.7m* (L)	<i>Tridacna</i> (<i>Vulgo-</i> <i>dacna</i>) <i>noae</i> in beachrock	3,250 ± 60 yBP		Kawana & Pirazzoli (1985)
	+ 0.4m* (L)	Coral (<i>Goniastrea</i> <i>retiformis</i>)	4,370 ± 65 yBP	Coralline limestone	ibid.
J609 26°07.0'N 127°45.3'E	ca. +2.9m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> & <i>Chthamalus challengeri</i> in sea cave	2,330 ± 85 yBP	Intertidal barnacles	Pirazzoli et al. (1985)
J610 26°07.9'N 127°44.9'E	+ 50m (M/1:5,000)	Upper surface of marine deposits containing foraminifera in shallow sea	Last interglacial (ca. 125ka)	Unconformably overlying old foraminiferal limestone	Kawana (in preparation)
J611 26°04.6'N 127°40.0'E	+3.35±0.3m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> in sea cave	2,380 ± 60 yBP	Intertidal barnacle	Pirazzoli et al. (1985)
J612 26°04.7'N 127°39.8'E	+ 0.45m*(L)	Coral (<i>Goniastrea</i> <i>retiformis</i>)	5,080 ± 65 yBP	Coralline limestone	Kawana & Pirazzoli (1985)
J613 26°05.4'N 127°39.8'E	ca. +0.6m* (L)	Shell in beachrock	4,400 ± 75 yBP		Nitta (1976) Nitta (unpubl.)
J614 26°06.3'N 127°39.6'E	+1.85±0.35m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> in sea cave	3,510 ± 80 yBP	Intertidal barnacle	Pirazzoli et al. (1985)

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
J615 26°13.0'N 127°40.4'E	ca. +0.6m* (L)	Coral (<i>Goniastrea</i> sp.: massive type)	4,770 ± 155 yBP	Coralline limestone	Omoto et al. (1976)
J616 26°21.4'N 127°44.4'E	+2.3 ± 0.2m* (L)	<i>Tetraclitella</i> <i>karandei</i> in sea cave	2,170 ± 70 yBP	Intertidal barnacle	Pirazzoli et al. (1985)
J617 26°21.6'N 127°44.7'E	ca. +1.0m* (L)	Charcoal in the upper part of marine bed Oyster in the upper part of marine bed	6,670 ± 140 yBP 6,450 ± 140 yBP 6,560 ± 140 yBP		Furukawa (1980)
J618 26°26.1'N 127°42.9'E	ca. +1.45m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> in sea cave	645 ± 60 yBP	Intertidal barnacle	Pirazzoli et al. (1985)
J619 26°29.3'N 127°50.7'E	+ 0.2m* (L)	Coral (<i>Favites</i> sp.)	4,410 ± 80 yBP	Coralline limestone	Kawana & Pirazzoli (1985)
J620 26°40.5'N 127°52.5'E	- 48.8m* (by coring)	Shell in coralline bed	13,700 ± 180 yBP		Akiyama (1975)
J621 26°40.6'N 127°52.5'E	- 31.2m* (by coring)	Coral in coralline bed	7,800 ± 135 yBP		ibid.
J622 26°40.6'N 127°52.3'E	- 55.5m* (by coring) - 50m* (by coring)	Coral in coralline bed ditto	9,120 ± 190 yBP 4,110 ± 100 yBP		ibid.
J623 26°40.7'N 127°52.5'E	- 28.9m* (by coring)	Shell in coralline bed	8,600 ± 120 yBP		ibid.
J624 26°40.8'N 127°52.5'E	- 6m* (by coring) - 12m* (by coring) - 19.5m* (by coring)	Coral in coralline bed ditto ditto	2,090 ± 85 yBP 3,950 ± 135 yBP 7,270 ± 85 yBP		ibid.
J625 26°42.3'N 127°53.0'E	+ 1.05m* (L)	<i>Turbo</i> (<i>Lunatica</i>) <i>marmoratus</i> in the upper part of emerged beachrock	790 ± 70 yBP		Kawana (1981)
(Miyagi Island)					
J626 26°22.2'N 127°59.7'E	+1.0 ± 0.4m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> & <i>Tetraclitella</i> <i>karandei</i> in sea cave	600 ± 50 yBP	Intertidal barnacles	Pirazzoli et al. (1985)
(Hamahiga Island)					
J627 26°18.3'N 127°57.6'E	+ 1.55m* (L)	<i>Tridacna</i> (<i>Tridacna</i>) <i>gigas</i> in the upper part of emerged beachrock	3,870 ± 90 yBP		Kawana & Pirazzoli (1985)
(Sesoko Island)					
J628 26°38.8'N 127°51.5'E	+1.45±0.3m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> & <i>Tetraclitella</i> <i>karandei</i> in sea cave	1,010 ± 60 yBP	Intertidal barnacles	Pirazzoli et al. (1985)
(Kume Island)					
J629 26°23.0'N 126°47.4'E	+ 2m* (L)	Coral in emerged coralline limestone	3,180 ± 80 yBP		Ota et al. (1978b)
J630 26°18.0'N 126°48.6'E	+ 2.15m* (L)	Tridacnid shell in beachrock	4,000 ± 70 yBP		Pirazzoli & Delibrias (1983)
J631 26°20.2'N 126°45.4'E	+2.15±0.15m* (L) +3.0 ± 0.2m* (L)	<i>Octomeris sulcata</i> & <i>Tetraclitella</i> <i>karandei</i> in sea cave ditto	1,260 ± 60 yBP 1,880 ± 60 yBP	Intertidal barnacles ditto	ibid.

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
J632 26°20.3'N 126°45.2'E	+3.85±0.2m* (L)	<u>Octomeris sulcata</u> & <u>Tetraclitella</u> <u>karandei</u> in sea cave	2,980 ± 70 yBP	Intertidal barnacles	Pirazzoli & Delibrias (1983)
J633 26°20.6'N 126°44.2'E	+3.35±0.15m* (L)	ditto	2,210 ± 90 yBP	ditto	ibid.
J634 26°20.8'N 126°43.4'E	+ 2m* (L)	Coral(<u>Porites</u> sp.) in emerged coral- line limestone	3,920 ± 105 yBP		Ota et al. (1978b)
J635 26°21.2'N 126°43.0'E	ca. +2.5m* (L)	ditto	4,160 ± 110 yBP		Oshiro (1976)
J636 26°21.6'N 126°42.8'E	ca. +1m* (L)	Coral (<u>Acropora</u> sp.: table type)	5,050 ± 120 yBP	Inside of reef crest	Omoto (1979)
J637 26°22.2'N 126°43.2'E	ca. +2.3m* (L)	ditto	1,720 ± 100 yBP	Reef crest	ibid.
J638 26°22.4'N 126°44.0'E	ca. +0.7m* (L)	Coral (<u>Goniastrea</u> sp.) on high-tide bench	2,290 ± 100 yBP		ibid.
(Miyako Island)					
J639 24°50.0'N 125°18.8'E	+ 0.7m* (L)	<u>Tridacna(Flodacna)</u> <u>squamosa</u>	425 ± 70 yBP	From the lower part of beachrock	Kawana & Pirazzoli (1984)
	+ 0.8m* (L)	ditto	1,520 ± 60 yBP	From the upper part of beachrock	
J640 24°43.3'N 125°21.6'E	+ 0.8m* (L)	ditto	2,120 ± 75 yBP	From the upper part of beachrock	ibid.
(Tarama Island)					
J641 24°38.7'N 124°43.6'E	ca. +1.1m* (L)	<u>Hippopus hippopus</u> near the surface of beachrock 20cm thick	830 ± 75 yBP	Overlying emerged bench	Pirazzoli et al. (1984)
(Ishigaki Island)					
J642 24°28.2'N 124°08.2'E	+ 0.8m* (L)	<u>Hippopus hippopus</u> in the upper part of beachrock	1,130 ± 75 yBP		Kawana (1981)
J643 24°28.0'N 124°09.0'E	- 0.1m* (L)	Coral (<u>Acropora</u> sp., cfr. <u>humilis</u>) on reef crest	2,350 ± 80 yBP		Konishi & Matsuda (1980)
J644 24°27.9'N 124°09.0'E	- 0.2m* (L)	Coral (<u>Goniastrea</u> sp.) on reef crest	1,980 ± 75 yBP		ibid.
	- 0.2m* (L)	Coralline algae (<u>Porolithon onko-</u> <u>des</u>) on reef crest	1,600 ± 85 yBP		
J645 24°27.8'N 124°09.0'E	- 0.2m* (L)	ditto	2,270 ± 75 yBP		ibid.
	0m* (L)	Coral (<u>Acropora</u> sp., cfr. <u>humilis</u>) on reef crest	2,980 ± 80 yBP		
J646 24°27.4'N 124°09.0'E	+ 1.0m* (L)	Coral (<u>Goniastrea</u> sp.)	1,440 ± 90 yBP	Coral rubble in emerg- ed beachrock	ibid.
J647 24°27.0'N 124°09.0'E	0m* (L)	Coral(<u>Porites</u> sp.) on dead microatoll	1,060 ± 90 yBP		ibid.
J648 24°26.9'N 124°09.4'E	+ 0.8m* (L)	<u>Hippopus hippopus</u> in the upper part of beachrock	1,130 ± 75 yBP		Kawana (1981)
J649 24°20.7'N 124°11.8'E	+ 0.1m* (L)	Shell in coralline beach deposits	1,380 ± 90 yBP		Omoto (1979)

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
(Taketomi Island)					
J650 24°19.5'N 124°04.8'E	+ 0.8m* (L)	Coral (<u>Porites</u> sp.) from emerged shore platform	4,530 ± 70 yBP		Pirazzoli & Kawana (unpubl.)
	+ 0.7m* (L)	ditto	5,530 ± 65 yBP		
	+ 0.6m* (L)	Tridacnid shell from emerged shore platform	4,790 ± 85 yBP		
(Kohama Island)					
J651 24°19.8'N 123°59.8'E	+ 0.2m* (L)	Coral (<u>Cyphastrea</u> sp.)	3,330 ± 80 yBP	Autochthonous coral on reef flat	Ota et al. (1985b)
J652 24°20.1'N 123°58.3'E	+ 1.0m* (L)	<u>Batillaria zonalis</u> in the upper part of marine bed	2,580 ± 60 yBP	Intertidal shell; former sea level is estimated at +1.9m.	ibid.
(Kuroshima Island)					
J653 24°14.9'N 123°59.8'E	+ 1.8m* (L)	<u>Hippopus hippopus</u> in the upper part of emerged beach- rock	4,220 ± 80 yBP		Ota et al. (1985b)
(Hateruma Island)					
J654 24°03.1'N 123°47.0'E	+ 59.5m (M/1:2,500)	The uppermost part of reefy limestone containing herma- typic corals	207 ± 3 ka	Average U-series date of twenty coral samples	Konishi (1980) Ota & Hori (1980) Ota et al. (1982) Omura (1983a, 1984)
J655 24°03.2'N 123°46.2'E	+ 35m (M/1:2,500)	Upper surface of coral reef terrace	209 ± 10 ka	Date: coral (<u>Goniastrea</u> sp.) from terrace sur- face	Ota & Hori (1980) Ota et al. (1982) Omura (1984)
J656 24°03.2'N 123°47.5'E	+ 46m (B)	Inner margin of coral reef terrace	ca. 170 - 180ka	Younger than J654 and older than J658, trun- cating coral limestone of J654	ibid.
J657 24°03.0'N 123°45.7'E	+ 26m (B)	ditto	ditto	ditto	ibid.
J658 24°03.1'N 123°47.5'E	+ 41m (B)	The highest part of marine terrace composed of reefy limestone	128 ± 7 ka	Average U-series date of thirty-five coral samples	Konishi (1980) Ota & Hori (1980) Ota et al. (1982) Omura (1983a, 1984)
J659 24°02.8'N 123°46.6'E	+ 29m (B)	Inner margin of coral reef terrace	119 ± 4 ka	Date: coral (<u>Porites</u> sp.) located at +24m	ibid.
J660 24°02.9'N 123°45.7'E	+ 22m (B)	ditto	ca. 125ka	By correlation of ter- race surface with J658	ibid.
J661 24°03.6'N 123°46.3'E	+ 25m (B)	ditto	135 ± 4 ka	Date: coral (<u>Porites</u> sp.) located at +19m	ibid.
J662 24°03.2'N 123°48.1'E	+ 30m (B)	The highest part of marine terrace composed of reefy limestone	103 ± 1 ka	Average U-series date of six coral samples	ibid.
J663 24°02.7'N 123°46.6'E	+ 24m (B)	Inner margin of coral reef terrace	104 ± 3 ka	Date: coral (<u>Porites</u> sp.) from terrace sur- face	ibid.
J664 24°02.9'N 123°45.2'E	+ 15m (B)	ditto	ca. 100ka	Underlain by coral lime- stone of J662	ibid.
J665 24°02.9'N 123°48.1'E	+ 23m (B)	The highest part of marine terrace composed of reefy limestone	81 ± 3 ka	Average U-series date of seven coral samples	ibid.
J666 24°02.5'N 123°46.6'E	+ 15m (B)	Inner margin of coral reef terrace	91 ± 3 ka	Date: coral (<u>Porites</u> sp.) located at +3m	ibid.

Locality	Height	Character	Age	Description	Sources
J667 24°03.7'N 123°46.1'E	+ 4m*	Inner margin of coral reef terrace	89 ± 3 ka	Date: coral (<u>Porites</u> sp.)	Ota & Hori (1980) Omura (1984)
J668 24°03.9'N 123°46.3'E	0m*	ditto	60 ± 0.5 ka	Date: coral (<u>Goniastrea</u> sp.)	Omura (1984)
J669 24°03.8'N 123°48.3'E	0m*	ditto	30 ± 0.2 ka	ditto	ibid.
J670 24°02.4'N 123°47.4'E	0m*	ditto	5.5 ± 0.5 ka	Date: coral (<u>Favia</u> sp.)	ibid.
J671 24°02.7'N 123°47.0'E	+ 0.6m* (L)	<u>Hippopus hippopus</u> in the lower part of beachrock	2,200 ± 75 yBP		Ota et al. (1985b)
J672 24°03.7'N 123°46.2'E	+ 1.0m* (L)	<u>Hippopus hippopus</u> in the upper part of emerged beachrock	1,430 ± 70 yBP		ibid.
J673 24°02.5'N 123°47.0'E	+1.5 ± 0.15m* (L)	<u>Octomeris sulcata</u> in sea cave	780 ± 60 yBP	Intertidal barnacle	Pirazzoli et al. (1985)
(Yonaguni Island)					
J674 24°28.0'N 123°01.0'E	+ 3m (L)	Shore platform composed of limestone containing hermatypic corals	114 ± 5 ka	U-series date of coral (<u>Porites</u> sp.)	Omura (unpubl.)
(Kita-Daito I.)					
J675 25°57.2'N 131°19.7'E	+ 4m* (L)	<u>in situ</u> hermatypic coral	129 ± 7 ka	U-series date of coral (<u>Hydnophora</u> sp.)	ibid.
J676 25°56.6'N 131°19.5'E	+ 5m* (L)	ditto	101 ± 7 ka 80 ± 3 ka	U-series dates of two coral samples (<u>Cyphastrea</u> sp.)	ibid.
J677 25°57.4'N 131°17.5'E	+ 6m* (L)	ditto	123 ± 4 ka 91 ± 3 ka 89 ± 3 ka	U-series dates of two genera of coral (<u>Favia</u> and <u>Porites</u> sp.)	ibid.
(Minami-Daito I.)					
J678 25°49.8'N 131°15.8'E	+ 14m (L)	Upper surface of reefy limestone containing <u>in situ</u> hermatypic corals	128 ± 14 ka 123 ± 11 ka 106 ± 9 ka 104 ± 6 ka	²²⁶ Ra/ ²³⁸ U dates of three genera of coral (<u>Porites</u> , <u>Hydnophora</u> and <u>Goniastrea</u> sp.)	Konishi et al. (1978)
J679 25°49.2'N 131°12.7'E	+ 1.5m (L)	ditto	104 ± 6 ka 98 ± 5 ka	²²⁶ Ra/ ²³⁸ U dates of two genera of coral (<u>Goniastrea</u> and <u>Favites</u> sp.)	ibid.