

奄美大島、名瀬湾の海底ボーリングコアの¹⁴C年代と有孔虫群集の垂直変化

大木公彦

鹿児島大学理学部地学教室，〒890 鹿児島市郡元一丁目21-35

奥野 充

名古屋大学大学院人間情報学研究科（日本学術振興会特別研究員），〒464-01 名古屋市千種区不老町

中村俊夫

名古屋大学年代測定資料研究センター，〒464-01 名古屋市千種区不老町

桑野代介

（株）東建ジオテック九州支店，〒810 福岡市中央区渡辺通り5-16-13 柳川ビル

1. はじめに

後氷期の連続した堆積物の、堆積時の水深を推定することは、その地域における堆積環境の変遷を明らかにできると同時に、汎世界的な後氷期の海水準との比較によって、その地域の第四紀変動を明らかにすることができる。しかし、連続した後氷期堆積物を調べるためには、沿岸浅海域でボーリングによって長いコアを採取する必要がある、その機会が極めて少なく困難である。その意味で、名瀬湾の海底掘削によって得られたボーリングコアは重要である。

今回、名瀬湾における岸壁の構築に伴う調査で得られた5点の海底ボーリングコア（以後、コアと呼ぶ）の中で、No.7とNo.10の2本のコアについて¹⁴C年代を測定し、陸からの影響が少ないと考えられるもっとも沖合いの海底から得られたコアNo.10の有孔虫群集の垂直的（時間的）な変遷を調べてみた。

コアの使用、本論文の作成に関して、運輸省第四港湾建設局鹿児島港工事事務所の承諾を頂き、便宜を計って頂いた。深く感謝する次第である。

2. 名瀬湾の地形と試料採取地点

名瀬湾は南へ深く切れ込んだ南北4 km程の湾で、水深は50m以浅である。地形的には、笠利半島を除く奄美大島に特徴的なリアス海岸の一部で、湾の両岸は急峻で険しい。後氷期の海面上昇によって出現した地形と考えられている（図1）。

1993年に、名瀬港岸壁の構築設計に必要な海底ボーリング調査が、運輸省第四港湾建設局鹿児島港工事事務所によって企画され、湾西側の水深13.3～26.4mの間の5地点で行なわれた（図1）。5地点は、沿岸部に発達する幅200m前後

の水深5m以浅平坦面と湾中央部の水深25m以深海盆平坦面との間に見られる斜面に位置している。今回、 ^{14}C 年代を測定した試料は、水深21.6m地点 (No.7) と水深25.5m地点 (No.10) で得られた。

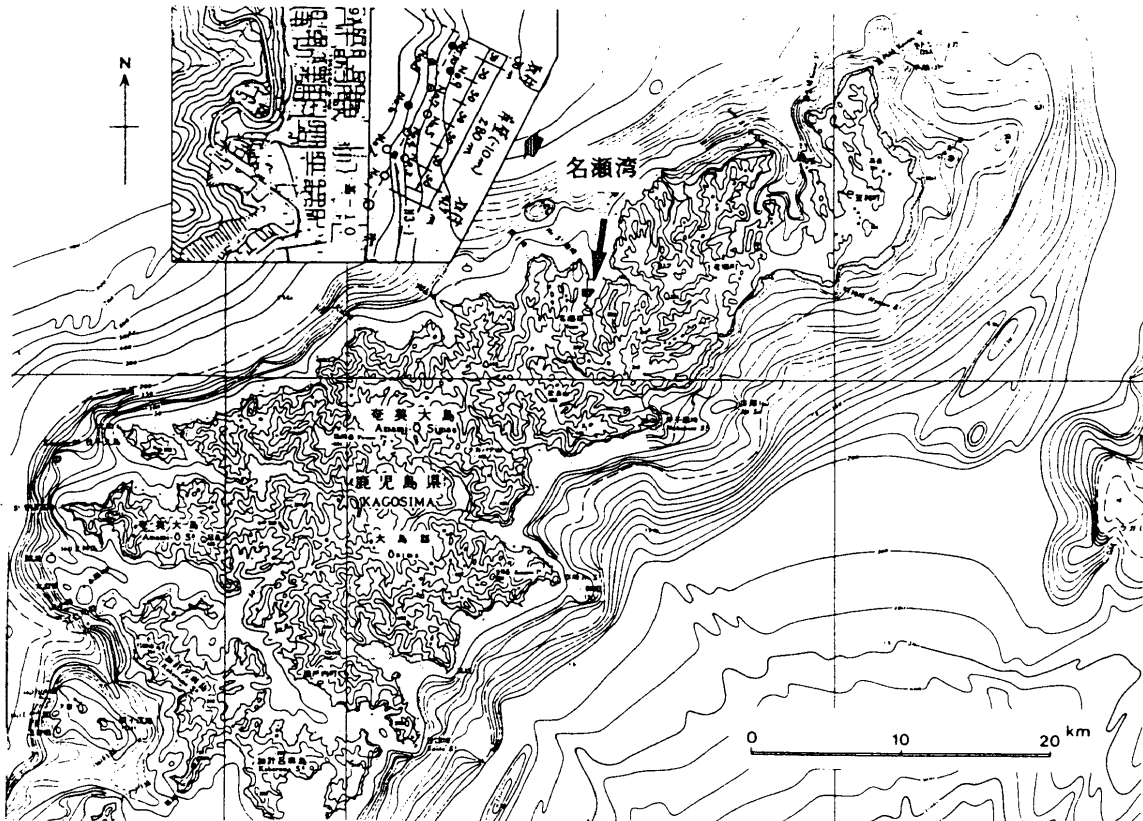


図1 奄美大島周辺海域の海底地形（海上保安庁、海底地形図第6503号を使用）と名瀬湾の海底ボーリング位置

3. ^{14}C 年代測定試料と測定結果

今回、 ^{14}C 年代を測定した2本のコアは、採取した2地点 (No.7、No.10) が水平距離にして100mしか離れていないこともあって岩相が極めて似ている。しかし、テフラなどの良い鍵層がないために同一時間面を確定することは難しい (図2)。

底生有孔虫群集の垂直変化を調べたコアT10は、水深25.8mの地点で掘削され、全長が42.45mである (図2、3)。最下部の約5m (42.45~36.60m) は礫層で、基質は砂・泥からなる。その上位は厚さ27m (36.60~9.50m) ほどのシルト・粘土層からなり、厚さ20cmほどの礫質砂の層を挟む。さらに、その上位に厚さ1.4m (9.50~8.10m) の淘汰の悪い砂層が重なる。この層の一部にはシルト層が挟在している。最上部の約10m (8.10~0m) は、サンゴ片が混じった生物起源の碎屑物からなる。

コアT7は、水深21.6mの地点で掘削され、全長46.42mである (図2)。最下部の約2mは白亜紀の名瀬層で、その上位はT10コアと同様、下位から礫層、シルト・粘土層、淘汰の悪い砂層、サンゴ片が混じった生物起源の碎屑物が重なっている。ちなみに、T7コア上部のT7-4試料について $1,250 \pm 80$ yr BP (I-17778)

の ^{14}C 年代値が得られている（大木・桑野、1995）。T7-4 試料は、コアのトップから下へ5.0～5.8 m（現在の海水準から26.6～27.4m）の深さから採取した。

今回 ^{14}C 年代を測定した貝殻試料は、コアT7では礫層より約5 m上のシルト・粘土層（T7-17：コアのトップから下へ33.0～33.7m）から、T10 コアでは礫層より約10m上のシルト・粘土層（T10-13：コアのトップから下へ27.0～27.8m）から採取した。貝殻は破損していないものを選んで使用した。

これらの試料は、蒸留水中で超音波洗浄して表面に付着した物質を取り除き、0.1規定の塩酸による表面の溶解除去、蒸留水による洗浄、乾燥させたうえでめう乳鉢を用いて粉碎した。これを真空ラインに接続した反応管内でリン酸と反応させ、発生した気体を寒剤を用いて精製し、二酸化炭素（ CO_2 ）を回収した。このようにして得られた CO_2 から、Kitagawa *et al.* (1993) の水素還元法によりグラフィイトターゲットを作製した。調製したグラフィイトターゲットについて、名古屋大学のタンデトロン加速器質量分析計(Nakamura *et al.*, 1985；中村・中井、1988) を用いて ^{14}C 年代を測定した。 ^{14}C 濃度の標準体には、NBS蔞酸（SRM-4990）を用いた。

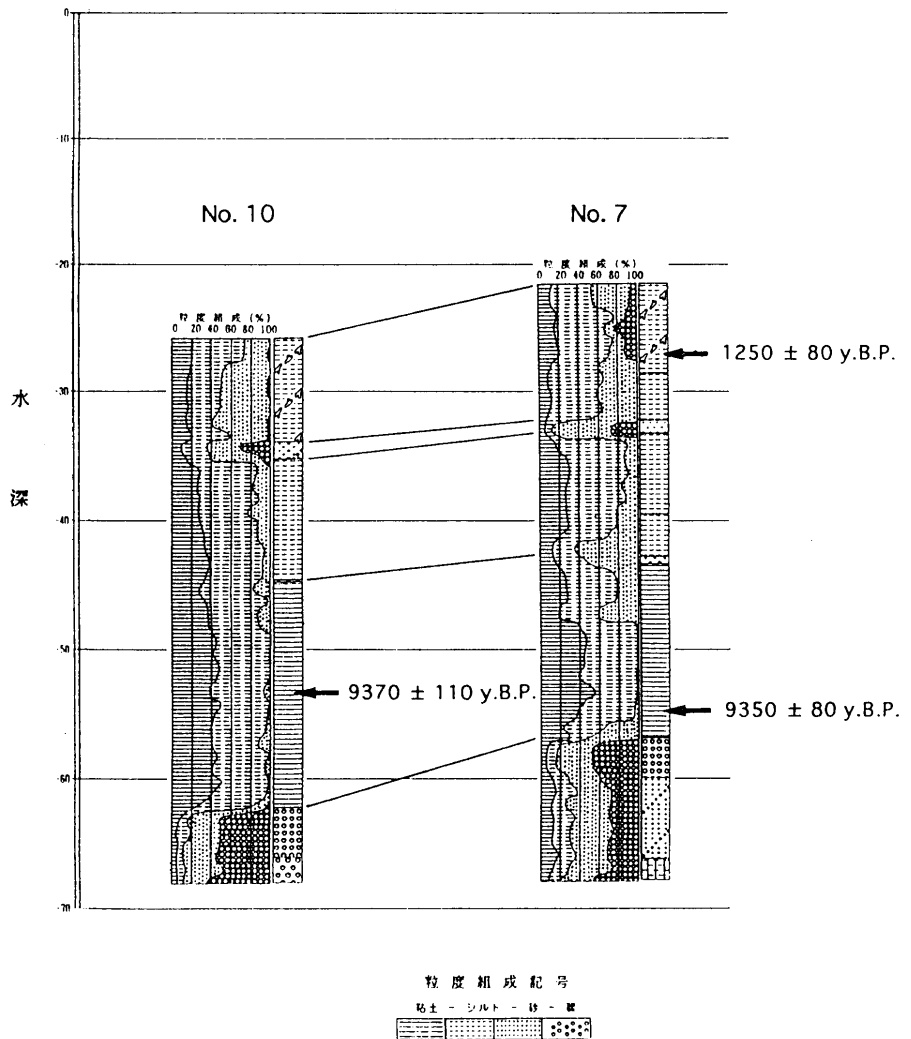


図2 海底ボーリングコアの対比と ^{14}C 年代測定層準

表1 測定結果

試料	$\delta^{13}\text{C}$ 値 (%)	^{14}C 年代 (yr BP)	補正年代 (yr BP)	測定番号 (NUTA-)
T 7-17	-0.1	9750 ± 80	9350 ± 80	3666
T10-13	-0.7	9770 ± 110	9370 ± 110	4656

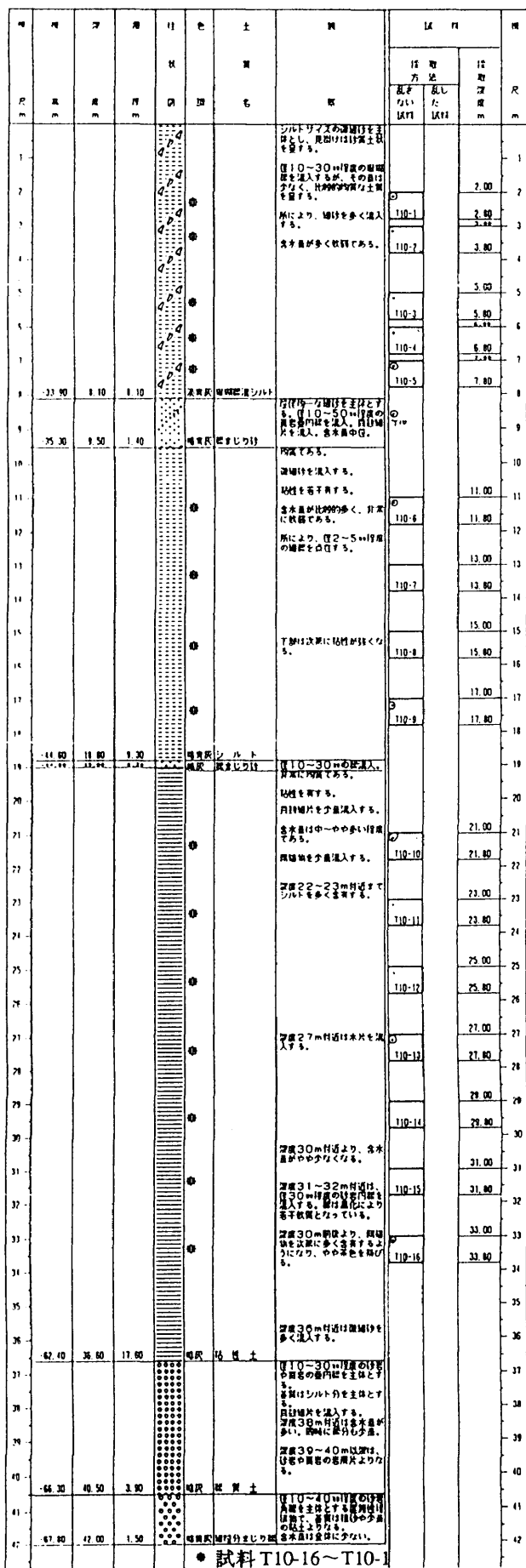


図3 海底コアT10の柱状図と試料採取層準

測定結果を表1に示す。¹⁴C年代値は、Libbyの半減期5568年を用いて算出し、西暦1950年から遡った年数で示している。測定誤差は¹⁴Cの計数にもとづく統計誤差を考慮して1標準偏差(1σ)で示している。また、トリプルコレクター式気体用質量分析計(Finnigan MAT社製、MAT-252)を用いて試料のδ¹³C値を測定し、炭素同位体の質量分別効果を補正している(中村ほか、1994)。

測定試料である貝殻は、海水から無機的に形成されるもので、その¹⁴C濃度は海水中に溶存する全炭酸のそれに等しいと考えられる。一方、海洋表層水中の炭酸イオン大気中のCO₂のそれより約50%低いことが知られており(Broecker and Peng, 1982; Bard, 1988など)、¹⁴C年代値がその分実際の年代より古くなることが予想される。すなわち、¹⁴C濃度差で50%分つまり¹⁴C年代値に換算して約400年引いた値が真の値に近いとされている(Bard et al., 1987; Bard, 1988)。そこで本稿では、同位体分別効果を補正したうえでそれより400年を引いた値を年代値として採用する(表1)。

4. 底生有孔虫群集解析(予察)

底生有孔虫群集解析を行なった試料は、コアT10から16点を採取した(図3)。各試料10ccについて、200#の篩に残った試料

の割合と乾燥重量を測定し、底生有孔虫の個体数と群集組成、有孔虫総個体数に対する浮遊性有孔虫の割合を調べた（表2）。

堆積物の粒度組成、構成粒子はT10-6とT10-5の間（11.0～7.8m）で急激に変化する。この境界より下位では、200#の篩に残った砂礫の割合が0.7～16.7%であるのに対し、上位では33.3～50.0%である。また、篩に残った砂礫は、下位では生物起源の碎屑物は少ないが、上位ではそのほとんどが生物起源の碎屑物からなる。試料10cc中に含まれる底生有孔虫の個体数も、境界より下位では12,000個以下であるが、上位では65,000個を超える。この理由として、上位では堆積速度の低下、あるいは有孔虫生産量の増大が考えられる。

表2 海底ボーリングコアT10における碎屑物と有孔虫の組成

試料	深度 (m)	碎屑物 >200#(%) 重量(g)	N.I. /10cc	Agg. (%)	Por. (%)	Hya. (%)	Amm. (%)	P.R. (%)	
T10-1	2.0- 2.8	43.3	5.84	66560	0.4	31.5	68.2	0.4	8.1
T10-2	3.0- 3.8	50.0	6.42	88576	3.5	28.3	68.2	-	8.9
T10-3	5.0- 5.8	36.7	4.60	91392	2.5	26.9	70.6	0.3	9.6
T10-4	6.0- 6.8	46.7	5.91	82432	5.0	25.2	69.9	-	9.8
T10-5	7.0- 7.8	33.3	4.14	73472	5.2	24.0	70.3	-	12.8
T10-6	11.0-11.8	13.3	1.56	6752	6.2	28.9	64.0	-	14.2
T10-7	13.0-13.8	16.7	1.91	11616	4.1	28.1	67.8	0.3	13.4
T10-8	15.0-15.8	8.3	0.99	2208	4.7	25.0	70.3	-	16.9
T10-9	17.0-17.8	3.3	0.44	7328	5.7	29.3	65.1	1.7	6.5
T10-10	21.0-21.8	8.3	1.10	4528	3.2	32.2	64.7	3.2	6.6
T10-11	23.0-23.8	1.7	0.10	4416	2.5	30.4	67.0	10.5	5.2
T10-12	25.0-25.8	0.7	0.10	3776	1.1	22.9	76.1	10.0	4.1
T10-13	27.0-27.8	5.0	0.67	6400	-	25.5	74.5	20.5	3.4
T10-14	29.0-29.8	1.7	0.19	5152	0.3	15.5	84.2	37.3	1.8
T10-15	31.0-31.8	1.7	0.19	2640	1.8	28.5	69.7	27.9	2.1
T10-16	33.0-33.8	1.7	0.15	3504	0.5	36.5	63.0	23.7	4.8

N.I. : 底生有孔虫の個体数

Agg. : 膠着質殻有孔虫の産出頻度

Por. : 磁器質殻有孔虫の産出頻度

Hya. : ガラス質殻有孔虫の産出頻度

Amm.: *Ammonia tepida* の産出頻度

P.R. : 有孔虫の総個体数に対する浮遊性有孔虫の割合

底生有孔虫の群集組成（膠着質殻：磁器質殻：ガラス質殻有孔虫の産出頻度）は、全体を通じて変わらない。しかし、*Ammonia tepida* の産出頻度に注目してみると、下部のT10-16からT10-13までは20%を超え、T10-12とT10-11では10%、T10-10より上位では3.2%以下となり、時代とともに減少したことが分かる。*Ammonia tepida* の産出頻度は、内湾の奥部ほど高く、外洋に近いほど低い値を持つことが報告されている（Ōki, 1975; Ōki and Yamamoto, 1992）。現世堆積物中の底生有孔虫の生体に関する論文は少ないが、産出頻度が20%を越えるような群集は、内湾浅海汽水域で水深が15mを越える海域からは報告されていない（Cushman, 1931; Jorissen, 1988; Hohenegger *et al.*, 1993）。一方、海底表層堆積物に含まれる底生・浮遊性有孔虫の総個体数に対する浮遊性有孔虫の割合は、水深が深くなるにしたがって増加する傾向にあることが報告されている（Grimsdale and Morkhoven, 1955; Ōki, 1983, 1985, 1989）。*Ammonia tepida* が10.0~36.6%を占めるT10-16からT10-11の試料では、浮遊性有孔虫の割合が5.2%以下であるのに対し、*Ammonia tepida* が激減するT10-8とT10-5（0~0.3%）では12.7~16.1%の高い値を示す。以上のことは、堆積環境が内湾浅海域から、やや深い、外洋水の影響下にある環境に変化していったことを示唆している。

5. 考察

今回、No.7とNo.10の2地点の海底コアから得られた試料を使って¹⁴C年代の測定を行なった結果、現在の海水準から55m下に位置するT7-17の試料と53m下に位置するT10-13の試料はほぼ同時代（9,350年前後）の堆積物であることが分かった。

一方、コアT10における*Ammonia tepida* の産出頻度と浮遊性有孔虫の割合（表2）から、コアの下部（T10-16~T10-13）の堆積環境は15m以浅の内湾浅海汽水域であると推定される。その上位の試料T10-12からT10-9では、*Ammonia tepida* の産出頻度が激減（10.0→1.7%）し、浮遊性有孔虫の割合はやや高くなることから、水深が深くなったと考えられる。コアの中部（T10-8~T10-5）の堆積環境は、*Ammonia tepida* の産出頻度が0.3%以下であること、浮遊性有孔虫の割合が12.7~16.1%の高い値を示すことから、外洋水の影響下にある、比較的深い環境にあったと推定される。堆積物の組成では、T10-7から粗粒碎屑物が増え始め、T10-6とT10-5の間で急激に増加する（表2、図2）。T10-5より上位では、サンゴ片混じりの生物起源の碎屑物が主体をなすことから、相対的海水準の上昇が停止して、サンゴ礁の発達を促し、波食による粗粒な生物起源碎屑物を供給した結果と考えられる。コア上部（T10-4~T10-1）の*Ammonia tepida* の産出頻度、浮遊性有孔虫の割合、碎屑物の特徴に変化が認められないことから、現在の名瀬湾の堆積環境は、T10-5以降、ほとんど変化しなかったと考えられる。

以上のような堆積環境の変遷を考慮に入れて、T7、T10の2本のコアの、現在の海水準に対する深さについて考察してみる。

現在の海水準から55m、53m下に位置する試料T7-17、T10-16の堆積年代は、誤差を考慮しても9,200~9,500年だと考えられる。Zheng *et al.* (1994) は、中華

人民共和国東部のSouthern Yangtze Deltaにおける過去2万年間の海岸線の調査研究から、10,000年前の海水準が現在より30~40m、9,000年前の海水準が25mほど低かったと報告している。中国大陸は安定地塊（盾状地）であることから、この海水準の変動は当時の地球の気候のみを反映していると考えてよい。したがって、T7-17、T10-16の試料が堆積した頃の海水準は、現在より30~35mほど低かったと考えられる。底生有孔虫群集から、試料T10-16の堆積当時の水深は15m以浅と考えられることから、その当時の海底面は、多く見積もって現在の海水準より45~50mほど下に存在することになり、5~10m程度の差が生じる。この差は、名瀬湾地域の9,350年以降の沈降量を表わしている可能性が高い。現生底生有孔虫の研究が十分に行なわれていない現時点において、*Ammonia tepida* の産出頻度からその当時の生息水深を細かいレベルで推定することはさけるべきであろうが、この地域が過去1万年ほどの間に沈降傾向にあることは間違いないであろう。

6. まとめ

今回、¹⁴C年代の測定と底生有孔虫群集解析結果から次のような点が明らかになった。

1. No.7とNo.10の2地点（現在の海水準から55m、53m下）から採取された海底ボーリングコアの下部の試料T7-17、T10-13について、9,350±80 yr BP、9,370±110 yr BPの¹⁴C年代測定値が得られた。
2. 底生有孔虫群集解析から推定される9,000年以前（コアT10の最下位のT10-16よりT10-13）までの堆積環境は、*Ammonia tepida* の高い産出頻度と浮遊性有孔虫の割合が低いことから内湾浅海汽水域で、水深は15m以浅と考えられる。9,000年以降（T10-12よりT10-6）は、*Ammonia tepida* が激減すること、浮遊性有孔虫の割合が10%を越えることから、外洋水の影響下にある、比較的深い内湾の環境にあったと推定される。
3. ¹⁴C年代の測定値、有孔虫群集から推定される水深、最終氷期以降の海水準の変遷（Zheng *et al.*, 1994）から、9,500年以降、名瀬地域は沈降傾向にあると推定される。

今後、有孔虫を調べたNo.10地点のコアのきめ細かい¹⁴C年代編年、*Ammonia tepida* 以外の底生有孔虫の生態学的解析を行ない、より正確な名瀬湾の堆積環境の変遷と名瀬市地域の9,500年以降の構造運動を明らかにする必要がある。

引用文献

- Bard, E., 1988, Correction of accelerator mass spectrometry ¹⁴C ages measured in planktonic foraminifera: Paleoceanographic implications. *Paleoceanography*, **3**, 635-646.
- Bard, E., Arnold, M., Duprat, J., Moyes, J. and Duplessy, J-C., 1987,

- Reconstruction of the last deglaciation: deconvolved records of $\delta^{18}\text{O}$ profiles, micropaleontological variations and accelerator mass spectrometric ^{14}C dating. *Clim. Dyn.*, **1**, 101-112.
- Broecker, W. and Peng, T-H., 1982, *Tracers in the sea*. Eldigio Press, 690p.
- Cushman, J.A., 1931, The foraminifera of the Atlantic Ocean. *U.S. Nat. Mus. Bull.* **104**, pt.8, 173p.
- Grimsdale, T.R. and Morkhoven, F.P.C.M., 1955, The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks: IV. *World Petrol. Congr., Proc., sect. I/D*, Rept.4, 473-491.
- Hohenegger, J., Piller, W.E. and Baal, C., 1993, Horizontal and vertical spatial microdistribution of foraminifers in the shallow subtidal Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea. *Jour. Foram. Res.*, **23**, 79-101.
- Jorissen, F.J., 1988, Benthic foraminifera from the Adriatic Sea; Principles of phenotypic variation. *Utrecht Micropaleont. Bull.*, **37**, 1-174.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E., 1993, A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurements. *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- 中村俊夫・中井信之, 1988, 放射性炭素年代測定法の基礎 - 加速器質量分析法に重点をおいて - . 地質学論集, **29**, 83-106.
- 中村俊夫・池田晃子・小田寛貴, 1994, タンデトロン加速器質量分析計による ^{14}C 測定における炭素同位体分別の補正について - ^{14}C 年代算出の手引き - . 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **V**, 237-243.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S. Taniguchi, M. and Yoshioka, S., 1985, Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **24**, 1716-1723.
- Ōki, K., 1975, Foraminifera from the Shiroyama Formation (late Pleistocene) in Kagoshima City, South Kyushu, Japan. *Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ. (Earth Sci., Biol.)*, **8**, 33-61.
- Ōki, K., 1983, Preliminary report on foraminifera from the southern part of Tanon Strait, between Cebu and Negros Island, the Philippines. *In: S. Hayasaka (ed.), Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac., Papers*, **1**, 44-50.
- Ōki, K., 1985, Preliminary report on foraminifera from the habitat of *Nautilus* off the southeast coast of Viti Levu, Fiji. *In: S. Hayasaka (ed.), Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac., Papers*, **4**, 84-92.
- Ōki, K., 1989, Ecological analysis of benthonic foraminifera in Kagoshima Bay, South Kyushu, Japan. *South Pacific Study*, **10**, 1-191.
- Ōki, K. and Yamamoto, H., 1992, Notes on marine Quaternary sediments newly found in the west coastal area of the Satsuma Peninsula, Kyushu, Japan, with special reference to the benthic foraminiferal assemblages. *In: K. Ishizaki and T. Saito (Eds.), Centenary of Japanese Micropaleontology*. Terra Sci. Publ., Tokyo,

189-205.

大木公彦・桑野代介, 1995, 奄美大島, 名瀬湾の海底ボーリングコアに認められる底生有孔虫群集の垂直変化とネオテクトニクス. 鹿児島県地学会誌, **72**, 27-35.

Zheng, X., Zheng, W., Yu, L. and Endo, K., 1994, Paleoenvironmental Changes in Southern Yangtze Delta over the last 20,000 years. *Quatern. Res. (Japan)*, **33**, 379-384.

¹⁴C ages and vertical distribution of benthic foraminiferal assemblage
of the log drilled on the sea bottom in Naze Bay,
Amami-Oshima Island, Ryukyu Island Arc, Japan

Kimihiko ŌKI

Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan.

Mitsuru OKUNO

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan.

Toshio NAKAMURA

Dating and Materials Research Center, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan.

Daisuke KUWANO

Token Geotec Co., Ltd., Chuo-ku, Watanabe-dori 5-16-13, Fukuoka 810, Japan.

Abstract

In 1993, five logs were drilled on the sea bottom in Naze Bay for the construction of wharf. At two localities no. 7 and no.10, the following geological column was observed; basement rocks (Nase Formation), sand and gravel, mud and sandy mud, and muddy sand with bioclastics, in ascending order.

Radiocarbon (¹⁴C) ages of molluscan shell fossils in two samples collected from the lower part of mud and sandy mud facies at localities no.7 and 10, were measured by a Tandem Accelerator Mass Spectrometer of the Dating and Materials Research Center, Nagoya University. These horizons are 55m (T7-17) and 53m (T10-13) below the sea level. As a result of measurement, radiocarbon age of the former is $9,350 \pm 80$ years B.P. and the later is $9,370 \pm 110$ years B.P.

On the other hand, 16 samples of locality no.10 were treated for study about the assemblage analysis of foraminifera. In samples of the lower horizons (T10-16 to T10-13), *Ammonia tepida*, an index species of an inner and shallow bay, reaches as high as 20.5-37.3% in frequency. These sediments of the horizons were deposited in an inner and shallow bay area, may be less than 15m in depth.

In samples of the middle horizons (T10-8 to T10-5), the frequency of *Ammonia tepida* is comparatively low (0-0.3%) and the ratio of planktonic foraminifera, an index of open sea area, is comparatively high (12.8-16.9%). These sediments of the horizons were deposited in the deeper bottom compared with the lower horizons, under the influence of the open sea water mass.

Zheng *et al.* (1994) mentioned that the sea level was at -30~-40m in 10,000 yrs B.P. and reached to -25m in 9,000 yrs B.P. on the basis of the information from sediment stratigraphy, geomorphology, pollen assemblages, microfauna and prehistorical archeology in the Southern Yangtze Delta, China. These data suggest that the sea level was at -30~-35m in about 9,350 years B.P. In that time, the water depth was less than 15m at the area that T7 and T10 logs were obtained, and therefore the bottom surface was estimated to be less than 50m below the Recent sea level. From the information and data, it may be inferred that the Naze Bay area has a tendency to have subsided for the past 9,350 years.