

## オーストラリア、クイーンズランド州南部沖産沈水サンゴの放射年代

佐々木圭一・大村明雄（金沢大）

中村俊夫（名古屋大）

辻喜弘・松田博貴（石油公団技術センター）

本田信幸（合同石油開発）

Peter J. Davies（シドニー大）

John F. Marshall（オーストラリア地質調査機構）

### はじめに

オーストラリア大陸東縁辺海域は、熱帯域におけるグレートバリアリーフのみならず、その南の温帯域にかけても広大な炭酸塩堆積環境を形成している。石油公団石油開発技術センターとオーストラリア地質調査機構は、熱帯性から温帯性炭酸塩プラットフォームの堆積相分布と環境変化、特に海水準変動との関係の解明を目的として、同海域の南緯25°から27°にかけての2海域（図1）において共同研究を行った（辻他, 1992）。ここでは、その研究航海においてドレッジされた、多数の造礁性サンゴの放射年代測定結果を示し、それら年代値の信頼性とサンゴの生息水深について考察する。

### 試料

試料は、陸棚中部に存在するバンク上、および、その東端に見られる侵食崖状地形の平坦面から採集された（図2）。表1にサンゴの属名、試料採集地点の緯度・経度、水深、および粉末X線回折から得た鉱物組成を示す。試料は全て平板状の形態を示し、それぞれのサンゴの成長方位から見た上面を石灰藻が被覆していることから、現地性のサンゴ化石と判断した。

採取地点の地形的特徴と *Gephyrocapsa caribbeanica*（ナンノ化石）が同時に産出することから、試料が更新世から完新世の年代を示すことが予想された。そこで予想年代域に最適な、 $\alpha$  スペクトル  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  法 およびタンデム加速器質量分析計  $^{14}\text{C}$  法を適用した。

### 方法

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  法 については、試料からウランおよびトリウム同位体を別々に抽出・精製して  $\alpha$  スペクトル分析用線源を作成し、金沢大学のORTEC社製 576-300 RV型スペクトロメーターを用いて各核種量を測定した（詳細は、大村, 1988 を参照。）

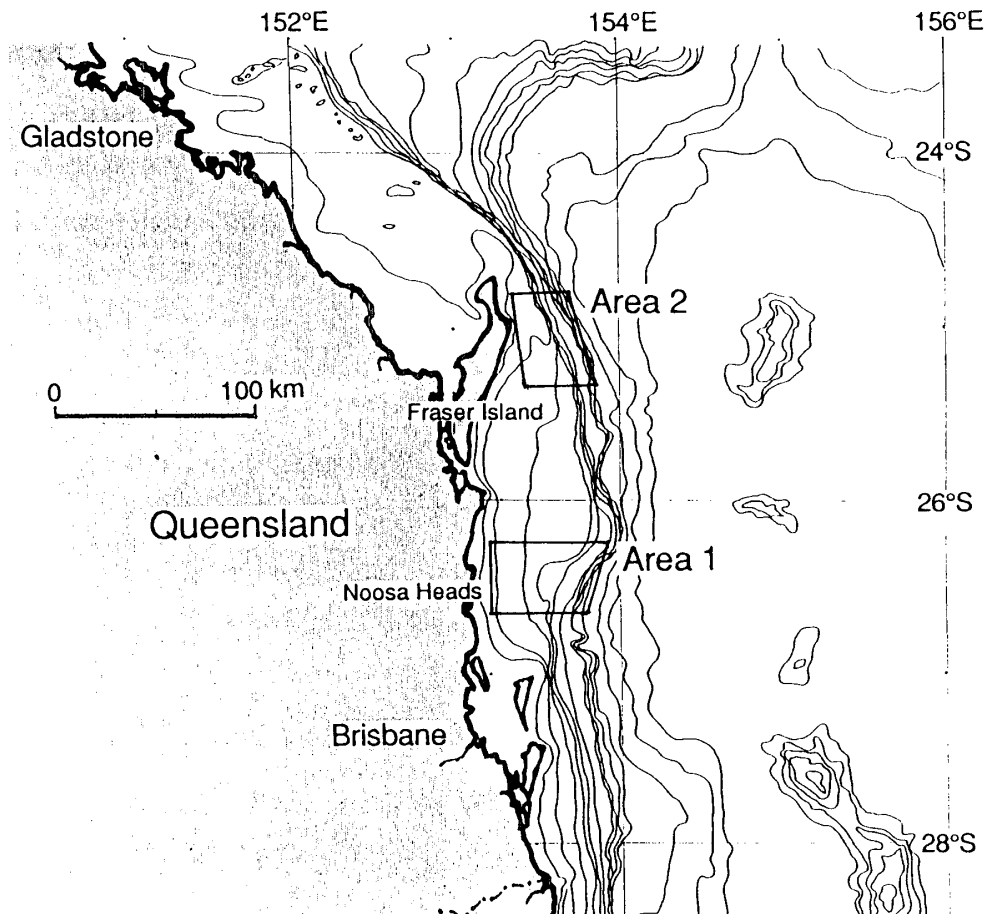


Figure 1 Bathymetry and position of the study areas (1 and 2) in southern Queensland.

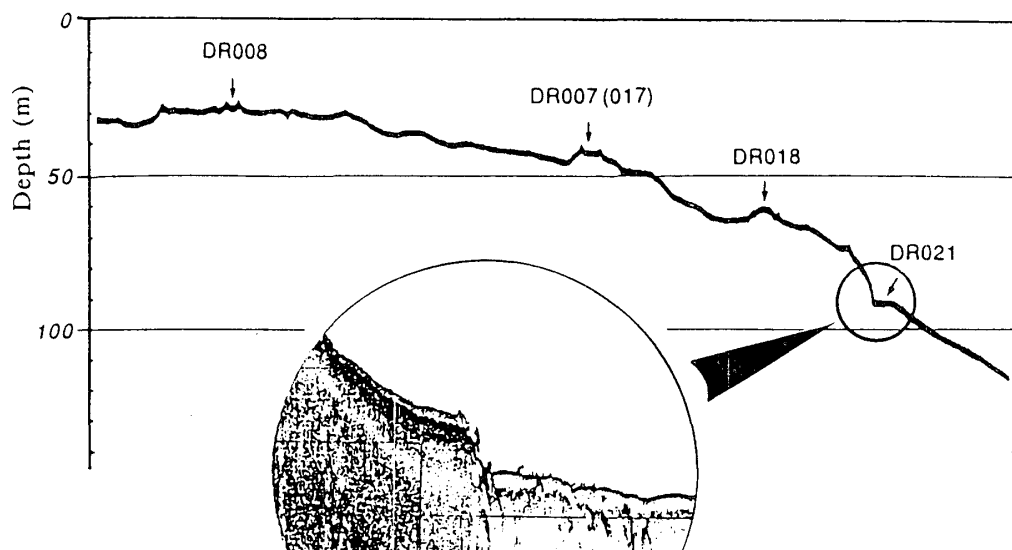


Figure 2 Schematic profile of the area 2 and the sampling sites.

$^{14}\text{C}$ 法は、現代炭素の影響 (Burr *et al.*, 1992) を除くために、前処理として希塩酸による試料表面のエッチングを行った。線源は、名古屋大学年代測定資料研究センターのガラスラインを用いて、二酸化炭素をマグネシウムにより還元し、得られたアモルファス炭素を、銀粉と共にプレスして作成した。そして、同センターのタンデム加速器質量分析計により、 $^{14}\text{C}$ 濃度測定を行った。

### 結果および考察

両年代測定の結果を表2にまとめて示す。得られた年代値は、これらのサンゴが最終氷期最盛期以降に生育していたことを意味する。そして、それぞれの試料の年代値、採集深度、および海水準変動曲線を総合すること (図3) で、本研究で利用したサンゴ試料が、水深30~60mの範囲を保ちながら生息していたと推論できる。このことは、現在も同海域の水深約40mにおいて造礁性サンゴの生息が確認されていること、種構成、および全ての群体が、比較的深い水深で生息する群体に特徴的な平板状の形態であることから支持される。この結果から、造礁性サンゴが、特に温帯域においては、水深数十メートルの環境で成長してバンクの形成に寄与していると言える。

また、表2に示すように、同一試料の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代と $^{14}\text{C}$ 年代は、必ずしも一致していない。 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代については、1) 鉱物組成、2)  $^{232}\text{Th}$ 濃度、3)  $^{238}\text{U}$ 濃度、4) 初生 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比の4項目に注目して年代値の信頼性を評価した。DR018-15はウラン同位体の二次的な付加が認められ、年代若返りの可能性がある。また、DR008-12では、ウランおよびトリウム同位体の二次的付加が考えられ、見掛けの年代が充分信頼出来るとはいえない。一方、 $^{14}\text{C}$ 年代については、半減期、同位体分別作用、海洋中の全炭酸塩による $^{14}\text{C}$ 濃度の希釈効果 (Gillespie & Polach, 1979) に関する補正を行った (表2中の $^{14}\text{C}$  corr. Age)。

ここで $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代と補正 $^{14}\text{C}$ 年代を比較すると、 $^{14}\text{C}$ 年代が系統的に若い。Bard *et al.* (1993)とEdwards *et al.* (1993)は、それぞれバルバドス島、ヒュオン半島産サンゴ試料の年代測定から、同様の結果を報告しており、彼らは、両年代の不一致を、大気中の $^{14}\text{C}$ 濃度変化に起因する $^{14}\text{C}$ 濃度初期値の変化で説明した。図4は、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代を真の年代と仮定し、 $^{14}\text{C}$ 年代との差から推定した大気中の $^{14}\text{C}$ 濃度 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) 変化である。本研究結果は、年輪年代 (Stuiver *et al.*, 1991) および質量分析計 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代と $^{14}\text{C}$ 年代の比較 (Bard *et al.*, 1993) から求めた結果と一致する。このことは、本研究で得られた見掛けの $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代が、真の年代 (暦年代) に近いことを意味する。以上の結果から、これまで

Table 1 Sample no., lab. no., latitude, longitude, depth, taxon and mineralogy of corals for radiometric dating.

Sample No.	Lab. No.	Latitude	Longitude	Depth (m)	Taxon	Mineralogy (aragonite %)
105/DR/008-12	KS-04	24°54.5'S	153°30.0'E	28	<i>Turbinaria</i> sp.	> 98
105/DR/017-9	KS-06	26°35.0'S	153°29.9'E	41	<i>Favia fava</i>	100
105/DR/017-19	KS-09	26°35.0'S	153°29.9'E	41	<i>Porites</i> sp.	100
105/DR/007-4	KS-08	24°54.5'S	153°32.5'E	43	<i>Porites</i> sp.	100
105/DR/007-g	KS-02	24°54.5'S	153°32.5'E	43	<i>Plesiastrea versipora</i>	100
105/DR/018-15	KS-07	25°09.5'S	153°38.8'E	60	<i>Pavona</i> sp.	100
105/DR/018-16	KS-03	25°09.5'S	153°38.8'E	60	<i>Porites</i> sp.	> 98
105/DR/021-28	KS-05			92	<i>Plesiastrea versipora</i>	100
105/DR/021-41	KS-01			92	<i>Plesiastrea versipora</i>	100

Table 2 Uranium and thorium isotopic composition and  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  and  $^{14}\text{C}$  dates of corals dredged from off southern Queensland.

Sample No.	$^{238}\text{U}$ (ppm)	$^{232}\text{Th}$ (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (activity ratio)	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (activity ratio)	$(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})_0$ (activity ratio)	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ Age (yr)	Conventional $^{14}\text{C}$ Age (yr)	$^{14}\text{C}_{\text{corr.}}$ Age (yr)
KS-04	4.10 ± 0.04	0.0422 ± 0.0041	1.151 ± 0.010	0.0053 ± 0.0004	1.151 ± 0.010	580 ± 40	710 ± 130	280 ± 130
KS-06	2.44 ± 0.02	< 0.02	1.148 ± 0.010	0.0031 ± 0.0003	1.148 ± 0.010	< 500	—	—
KS-09	3.38 ± 0.04	< 0.02	1.142 ± 0.011	0.0020 ± 0.0003	1.142 ± 0.011	< 500	—	—
KS-08	3.60 ± 0.04	< 0.02	1.126 ± 0.010	0.0029 ± 0.0004	1.126 ± 0.010	< 500	—	—
KS-02	3.02 ± 0.03	< 0.02	1.152 ± 0.009	0.0042 ± 0.0003	1.152 ± 0.009	< 500	modern	modern
KS-07	5.13 ± 0.05	< 0.02	1.166 ± 0.008	0.0570 ± 0.0012	1.169 ± 0.008	6340 ± 140	5830 ± 180	5550 ± 190
KS-03	3.51 ± 0.03	< 0.02	1.138 ± 0.009	0.0805 ± 0.0017	1.141 ± 0.009	9090 ± 200	8228 ± 190	8020 ± 190
KS-05	2.92 ± 0.02	< 0.02	1.141 ± 0.009	0.0987 ± 0.0019	1.146 ± 0.009	11250 ± 230	10490 ± 240	10350 ± 240
KS-01	2.93 ± 0.03	< 0.02	1.131 ± 0.012	0.1044 ± 0.0022	1.135 ± 0.012	11930 ± 270	—	—

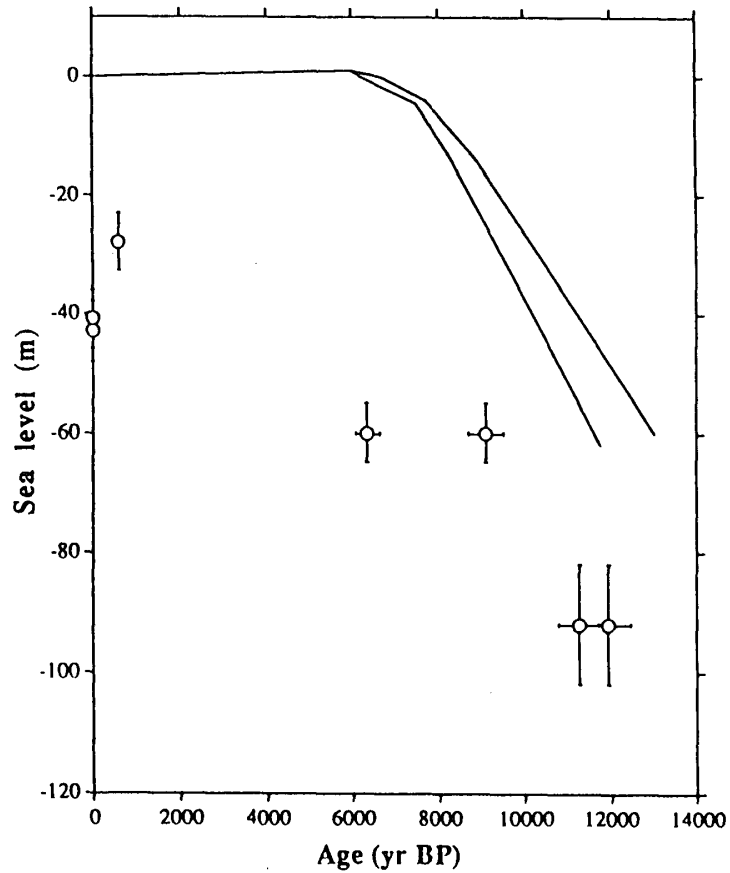


Figure 3 Holocene sea level curve (Chappell, 1983; Thom and Roy, 1985) and depths and ages of dated corals. The age errors are quoted at  $2\sigma$ .

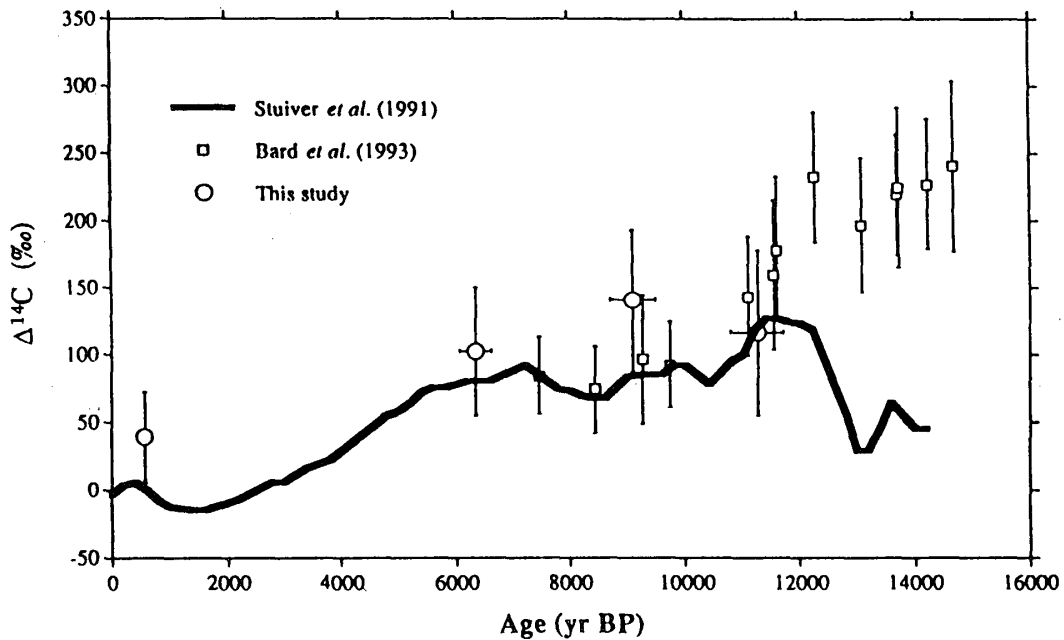


Figure 4  $\Delta^{14}\text{C}$  versus time as calculated by using the  $^{14}\text{C}$ - $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  age comparison. Thick line corresponds to the dendrochronological calibration. The errors are quoted at  $2\sigma$ .

1万年より若い試料の測定には必ずしも適さないとされてきた $\alpha$ スペクトル $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法が、測定精度の向上によって数千年の試料にも十分利用できると言える。また図4で、大気中の $^{14}\text{C}$ 濃度変化曲線とかりうじて一致する試料(DR008-14, DR018-16)は、年代測定用試料の粉末X線回折によって確認された高マグネシウム方解石の二次的な晶出の影響で $^{14}\text{C}$ 年代が若返り、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値が大きく表れたと考えられる。

#### 終わりに

ここでは、温帯域でバンクを形成している造礁性サンゴについて、水深に関してのみ考察を行っているが、底質の問題も含めてバンクの形成過程と海水準変動の関係をさらに検討する必要がある。

#### 謝辞

東北大学・理学部・地圏環境科学科の中森 亨 助教授には、サンゴ化石を同定していただいた。ここに記して、深く感謝いたします。

#### 引用文献

- Bard, E., Arnold, M., Fairbanks, R. G. and Hamelin, B. *Radiocarbon* **35**, 191-199 (1993).
- Burr, G. S., Edwards, R. L., Donahue, D. J., Druffel, E. R. M., and Taylor, F. W. *Radiocarbon* **34**, 611-618 (1992).
- Chappell, J. M. A. *Nature* **302**, 406-408 (1983)
- Edwards, R. L., Beck, J. W., Burr, G. S., Donahue, D. J., Chappell, J. M. A., Bloom, A. L., Druffel, E. R. M. and Taylor, F. W. *Science* **260**, 962-968 (1993)
- Gillespie, R. and Polach, H. A. *Radiocarbon Dating* (eds Berger, R. and Suess, H. E.) 404-421 (University of California Press, Berkeley, 1979)
- 大村 明雄 地質学論集 第29号, 107-127 (1988)
- Stuiver, M., Braziunas, T. F., Becker, B. and Kromer, B. *Quaternary Research* **35**, 1-24 (1991)
- Thom, B. G. and Roy, P. S. *Jour. Sed. Petrology* **55**, 257-264 (1985)
- 辻 善弘・松田 博貴・本田 信幸・ピーター J. デービス・ジョン F. マーシャル・デビッド A. フェアリー 堆積学研究会報 **37**, 103-106 (1992)

## **Radiometric Dating of Submerged Corals off southern Queensland, Australia**

Keiichi Sasaki, Akio Omura (*Kanazawa Univ.* )

Toshio Nakamura (*Dating and Material research Center, Nagoya Univ.* )

Yoshihiro Tsuji, Hiroki Matsuda (*Technology Research Center, JNOC* )

Nobuyuki Honda (*United Petroleum Development, Co. Ltd.* )

Peter J. Davies (*University of Sydney* )

John F. Marshall (*Australian Geological Survey Organisation* )

During the Cruise 105 in BMR/JNOC-TRC joint research program, many submerged corals were dredged from the continental margin extended from the subtropical to the temperate region off eastern Australia. In this study, nine of these corals, ages of which were discussed to be Holocene or Pleistocene, were dated by two methods,  $\alpha$ -spectrometric  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  method and Tandemtron accelerator mass spectrometric  $^{14}\text{C}$  method.

Both conventional  $^{14}\text{C}$  and  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  date of these corals range from 0 to 12,000 yr. The water depth of sampling sites and the radiometric dates of corals with the Holocene sea level curve reconstructed for the east Australian region (Chappell, 1983; Thom and Roy, 1985) suggest that the submerged corals dated here have grown in water depth of 30 to 60m during the transgressive stage from the last glacial maximum to the present-day.

After re-calculation of each conventional  $^{14}\text{C}$  date using a value of 5,730 yr for the half-life of  $^{14}\text{C}$ , and correction for the isotopic fractionation effect and for the reservoir effect ( $450 \pm 35$  yr; Gillespie and Polach, 1979), the  $^{14}\text{C}$  and  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dates of the same samples were compared with each other. The corrected  $^{14}\text{C}$  dates are systematically younger than the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dates by a minimum difference of 310 yr for the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  date of 580 yr to a maximum of 1,070 yr for that of 9,090 yr. Such differences between these two methods can be attributed to the secular variation of the radiocarbon content of the atmosphere caused by changes in intensity of the earth's magnetic field. It means that Holocene corals can be reliably dated by the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  method if uranium and thorium isotopic compositions are determined with high precision.

口頭発表

- 1) 佐々木圭一・大村明雄・中村俊夫・辻喜弘・松田博貴・本田信幸・Peter J. Davies・  
John F. Marshall : オーストラリア, クイーンズランド州南部沖産沈水サンゴの放射年  
代. 日本第四紀学会, 1993, 福岡, August, 27-29.