

# 南太平洋ソシエテ諸島ボラボラ島から採取した ビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代

小元 久仁夫

## Radiocarbon ages of beach rock samples collected from Bora Bora Island in the Society Islands, South Pacific Ocean

Kunio OMOTO

(Received September 14, 2007)

Seven beach rock samples were collected from Bora Bora Island in the Society Islands, South Pacific Ocean in order to determine formative ages of beach rocks and to estimate the late Holocene sea level change. Radiocarbon ages indicate that beach rocks began to form at about 3,200 Cal BP and the formation continued until ca. 600 Cal BP. The late Holocene relative sea level of Bora Bora Island was a slightly higher than 1.5m at about 3,200 Cal BP. Then it lowered gradually and reached about 1m a.s.l. at about 600 Cal BP. These sea level change records indicate tectonic uplifts which caused slightly higher sea level than the sea level report of Pirazzoli and Montaggioni (1985).

**Keywords** : beach rock, Bora Bora Island, sea level change, radiocarbon age, Holocene, Polynesia

### I はじめに

#### 1 研究目的および方法

1999年8月、タヒチ島に出かけた際ボラボラ島に立ち寄った。パペーテからの搭乗機がボラボラ空港に着陸する直前、滑走路の北側にビーチロックが見えた。ビーチロックは小元が1992年以来研究対象としてきた地形である。このため著者はボラボラ島滞在中に、そのビーチロックを観察し、ビーチロックに含まれていた化石サンゴと石灰砂岩 (calcarenite) を採取し帰国した。

本研究の目的は、これらの試料について<sup>14</sup>C年代測定を行いビーチロックの形成年代に関する資料を得ることと、その年代とビーチロックの高度にもとづきボラボラ島における完新世の相対的海水準変動または地殻変動を考察することである。

#### 2 地形および地質

ボラボラ島は日本の南東約9,500 km, 南緯16度30分; 西経151度45分, 南太平洋ポリネシアのソシエテ諸島に属する。またボラボラ島は、タヒチ島の北西約240 km

に位置し、その面積は約30 km<sup>2</sup>である (第1図)。ボラボラ島の中央には、開析が進んでいるものの未だに火山地形の名残をとどめるオテマヌ山 (Mt. Ote manu : 727 m), パヒア山 (Mt. Pahia : 661 m), マタイフア山 (Mt. Mataihua : 314 m) などの山地がある (写真1)。これらの山地の中でオテマヌ山の山頂部は岩塔状の特異な景観を呈している (写真2)。Pirazzoli (1985) によれば、上記の山地と、その南西に位置するトープア島 (Toopua Island) を連ねる高まりは、かつて一大火口を形成していたと推定されている。またボラボラ島の主要部を形成した玄武岩の噴出年代はK-Ar年代により3.1~3.4 Maであると報告 (Pirazzoli, 1985) されている。

山地を取り囲んで幅約2~3 kmのラグーンがあり、さらにその外洋側を“Motu”と呼ばれる植生で覆われた洲島とbarrier reefが縁取っている。Motuは、かつてのreef flatを基盤とし、サンゴ礫岩、ビーチロック、未固結の新しい堆積物で覆われている。barrier reefの幅は1~2 kmであり、ラグーンの水深はGuilcher *et al.* (1969) の地形分類図によれば最深部で約30~40 mである。またMotuとMotuの間には、外洋とラグーンを結ぶ“hoa”

と呼ばれる水路が発達している。このような地形の特徴と配置から、ボラボラ島はサンゴ礁の地形分類によれば典型的な堡礁 (Barrier Reef) である (写真 1)。ボラボラ島の地形分類図に、Guilcher *et al.* (1969) による 100 m ほどの等高線を加えたものを第 2 図に示す。

## II 試料および分析結果の記載

### 1 試料の記載

#### (1) Motu Mutu 西部

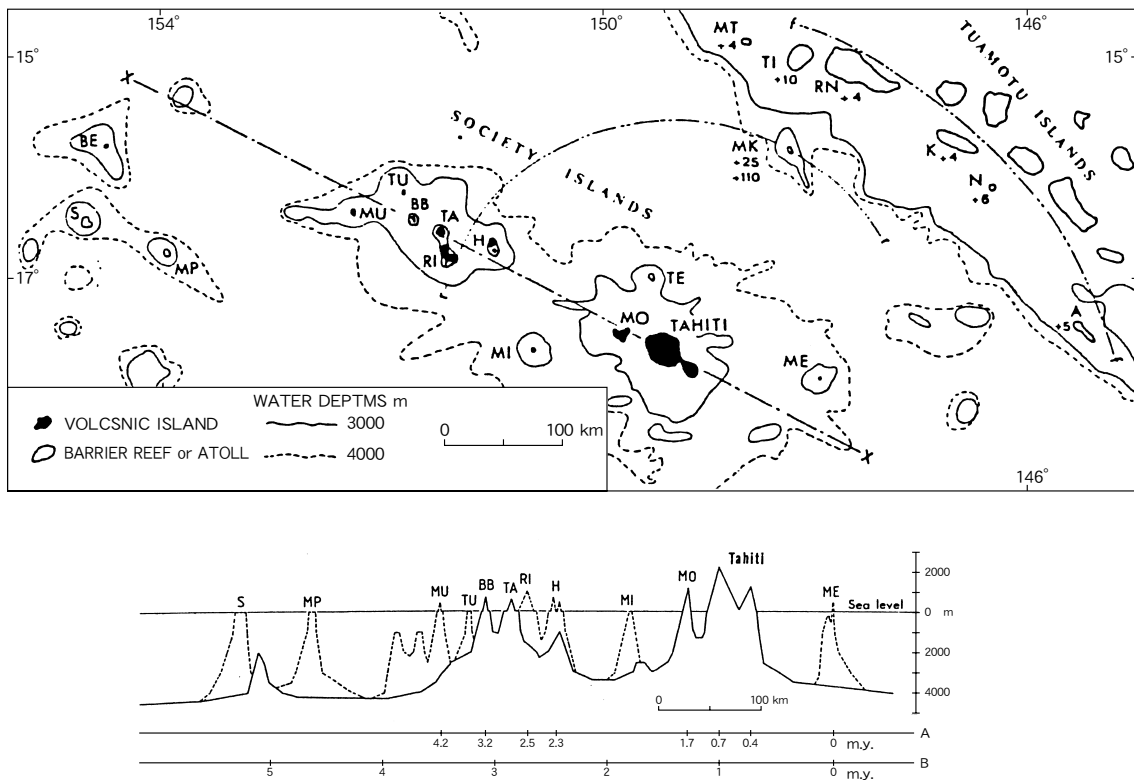
ボラボラ空港西端の海岸 Motu Mute では、ビーチロックは化石サンゴの砂礫で構成される礫浜よりも低位で見られる。その高度は、低潮位から +0.8m 位 (一部は離水) までの間にあり、その幅は 2 ~ 3m (最大 10m)、長さは約 20m である。このビーチロックは外洋側に約 5° 傾いている。ビーチロックの細粒部分 (calcarenite) を試料 (NU-1193) として採取した。

#### (2) Motu Mutu 北部

ボラボラ島の Motu Mutu 北部の海岸では、ビーチロックは化石サンゴの砂礫で構成される礫浜より高位に位置する。その高度は、低潮位から +0.8m 位までの間にあり、その幅は最大 10m で、長さは 20 ~ 50m である。このビーチロックは外洋側に約 6 ~ 8° 傾いている。ビーチロックの細粒部分 (calcarenite) を試料 (NU-1194) として採取した。またこの地点より約 30m 南側のビーチロックに含まれる化石サンゴ (*Polites* sp.) も年代測定試料 (NU-1195) として採取した。

#### (3) Motu Mutu 東部

ボラボラ空港滑走路東部の海岸には、砂礫で構成される礫浜の下方に、低潮位から +0.8m 位までの高度にビーチロックが見られる (写真 3)。その幅は 6 ~ 8m、長さは約 60m あり、外洋側に約 5 ~ 10° 傾いている。ビー



第 1 図 ソシエテ諸島と北西ツアモツ諸島の位置 (上図) と地形断面図 (下図)。Pirazzoli and Montaggioni (1985) による。

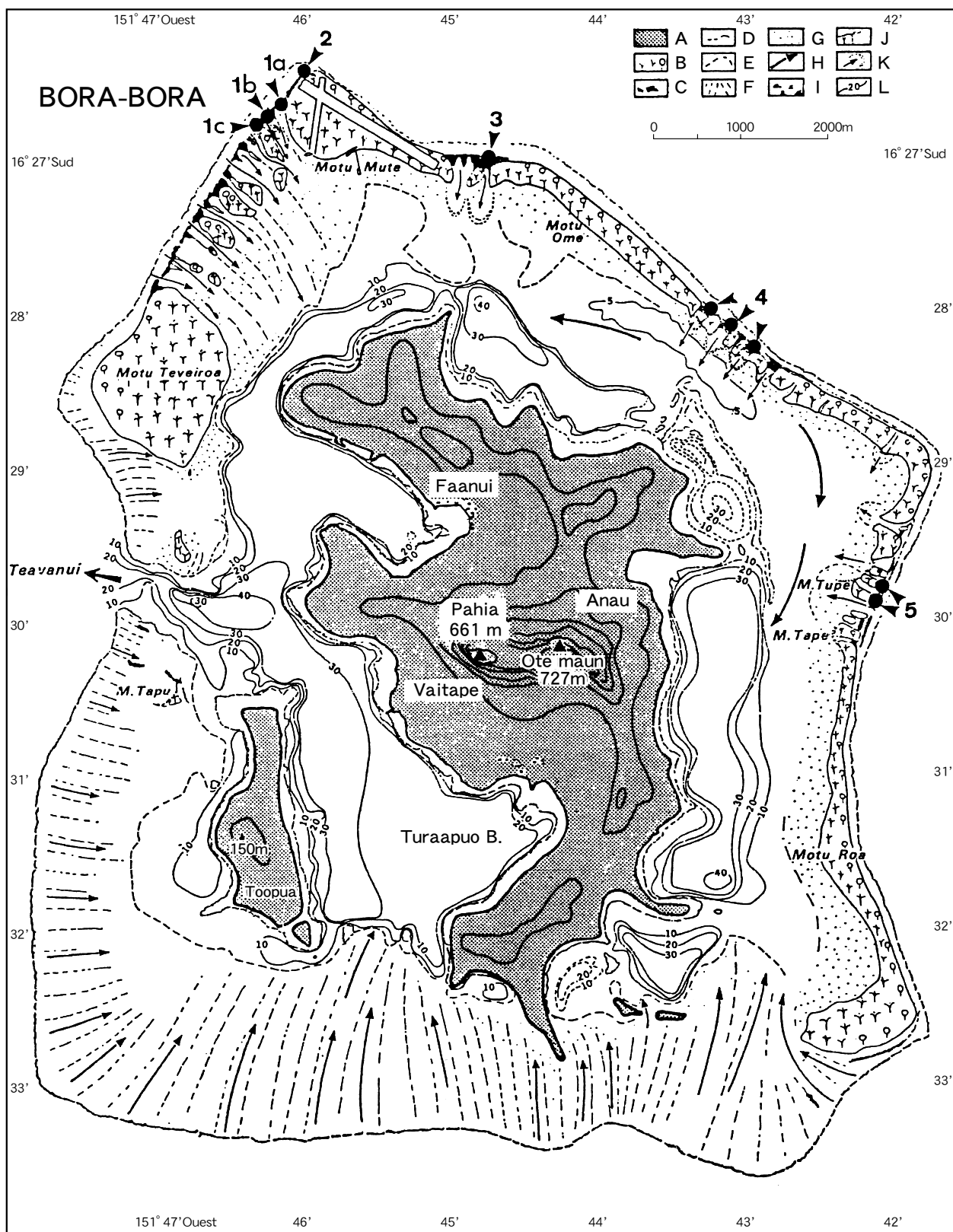
[上図] 活動中のホット・スポットは、タヒチ島とメヘチア島 (ME) の間に位置する。Feo は曲線 f-f' とタヒチ島間に位置する。Feo の年間平均隆起量 (m) は、環礁名の近くに示されている。MT=Mataiva, TI=Tikehau, RN=Rangiroa, K=Kaukura, N=Niau, A=Anaa の島々。Feo の最大高度は Makatea (MK) で、後期更新世のサンゴ礁で 20-25 m、島の頂上で 110 m である。ME=Méhétia, MO=Morea, H=Hapine, RI=Raiatea, BB=Bora Bora, TU=Tupai, MU=Maupiti, MP=Mopelia, S=Scilly の島々。

[下図] [下図] 連続する線は、上図の x-x' に添う断面を示す。A は、火山島の K-Ar 年代を示す。B は、太平洋プレートが 110 mm/yr の平均速度で拡大していると仮定した場合の時間尺 (年代) を示す。

Figure 1. Location map of the Society Islands (upper) and topographic profiles (lower) across the Society Islands (After Pirazzoli and Montaggioni, 1985).



写真 1 上空西側から見たボラボラ島は、典型的な堡礁である。写真提供 Mr. T. Sylvain, Pacific Promotion Tahiti S.A.  
Photo1. Bora Bora Island viewed from air indicating typical barrier reef. By courtesy of Mr. T. Sylvain, Pacific Promotion Tahiti S.A.



第2図 ボラボラ島の地形分類図。Guilcher *et al.* (1969) の図の陸上部分に100m毎に概略等高線を書き加えた。  
 凡例： A=火山島, B=サンゴ島, C=サンゴ礫岩, D=現成礁の外縁, E=現成礁の内縁, F=礁上の放射状線, G=砂, H=主要流向,  
 I=湿地, J=砂(礫)嘴, K=三角州, L=ラグーンの水深(m), 1-5=Pirazzoli(1985)のガイドブックに掲載されている地点番号。  
 Figure 2. Geomorphological map of Bora Bora Island (Modified Guilcher *et al.*, 1969) .

チロックに含まれていた化石サンゴ (*Polites* sp.) を試料 (NU-1196) として採取した。このビーチロックの北端は、主として化石サンゴの砂礫で構成される海浜堆積物に覆われている。

試料NU-1196を採取した地点より約100m南側では、ビーチロックが再び中等潮位付近で見られる。このビーチロックは、サンゴ砂礫で構成される礫浜の下方、低潮位から+0.8m位の高度に形成されている。その幅は6~8m、長さは約60mであり、外洋側に約5~10°傾いている。このビーチロックの細粒部 (calcarenite) から試料 (NU-1197) を採取した。

#### (4) Motu Piti Aaau 東部

Motu Tape から Motu Piti Aaau 東部には隆起した old reef flat と現在の outer reef が見られる。この部分は、かつて reef flat であったラグーン底が隆起し、離水したものである (写真4)。その高度は約+0.6~0.8m位で、reefの幅は約30~50mである。Mutu Tape 東部の海岸に、化石サンゴの砂礫から成る堆積物を覆って新鮮な化石サンゴ (*Polites* sp.) が高度約1mにあったため、海水準変動を示す証拠になると考えて、これを試料 (NU-1199) として採取した。

この試料採取地点の南側約200m地点では、old reef flatの堆積物がとぎれて、ビーチロックが現れている。このビーチロックは、サンゴの砂礫で構成される礫浜の下方、低潮位から+0.5mまでの高度で見られる。その幅は2~3m、長さは約200mあり、外洋側に約5°傾いている。ビーチロックを構成する細粒部分 (calcarenite) を試料 (NU-1198) として採取した。このビーチロックは、その北部では化石サンゴの砂礫で構成される堆積物の下方に埋没している。

## 2 試料の<sup>14</sup>C年代および $\delta^{13}\text{C}$ の測定

### (1) <sup>14</sup>C年代測定

ボラボラ島から採取した化石サンゴやcalcarenite試料は、日本大学年代測定室で化学処理 (小元, 1993) され、ガスカウンターを使用した $\beta$ 線計測法によって各試料の<sup>14</sup>C年代測定が行われた。その結果を第1表に示す。なお第1表中の年代は、いわゆる“raw data”ではなく、次項で測定した安定同位体 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) にもとづき補正した“conventional age”である。また付加誤差は、 $\beta$ 線計測時の計数率の $\pm 1\sigma$ に相当する年代である。

### (2) $\delta^{13}\text{C}$ の測定

Stuiver and Polach (1977) は、 $\beta$ 線計測によって決定

された<sup>14</sup>C年代を報告するにあたり、それぞれの試料の安定同位体 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) を測定し、測定値 (raw data) を補正すべきであると主張した。その理由は、<sup>14</sup>C年代が1950年に生育した樹木の安定同位体である-25‰を標準としているため、試料によって異なる安定同位体を標準化する必要があるためである。多くの年代測定機関では、この主張を受け入れ、各試料の安定同位体を測定して補正した年代 (conventional age) を報告している。

このため本論文でも、採取した全試料についてMicro Mass社製のIsoPrimeで安定同位体を測定した。この数値 (第1表) にもとづき、<sup>14</sup>C年代を補正し、“conventional age”を決定した。安定同位体の測定は、<sup>14</sup>C年代測定に使用した炭酸カルシウムにクエン酸を滴下して発生させた二酸化炭素を用いた。なお測定機 (IsoPrime) の校正は、IAEAおよびOztechの標準試料を用いて行った。測定機の安定度は0.05‰以下であった。

海洋生物の安定同位体 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は、Geyh and Schleicher (1990) によれば、 $0 \pm 2\%$ である。またOlsson (1980) は海棲貝化石や有孔虫の安定同位体 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) が+6‰~-8.5‰、平均-0.8‰であると報告している。ボラボラ島で採取した化石サンゴ (*Polites*) は、4試料とも $0 \pm 2\%$ の範囲内にある。しかしcalcarenite試料は-0.83‰から+4.11‰の範囲にあり、Geyh and Schleicher (1990) の範囲外となるがOlsson (1980) の範囲内に入っている。

### (3) 暦年代への較正

試料が海洋起源の場合conventional ageを暦年代に較正するためには、世界の海洋表層水の補正 ( $R=-400$ 年; Stuiver *et al.* 2005) を行い、ついで当該地域の海洋表層水と世界の平均海洋水の平均補正值との差 ( $\Delta R$ ) を補正しなければならない。このため始めにconventional ageは $R=-400$ で補正したが、タヒチ周辺の $\Delta R$ については確立された数値が無いので、 $\Delta R=0$ として下記のプログラムにより暦年代を求めた。

すなわち暦年代較正プログラムとして、Stuiver *et al.* (2005) によりWeb上に公開されているIntCal04 (Calib Rev 5.0.1) を使用した。年代測定試料が海洋起源の化石サンゴやcalcareniteであったため、暦年代変換プログラムで使用するサブ・プログラムとして、“Marine04”を選択・使用した。conventional ageを較正した結果は第1表の通りである。なお今後の議論では、暦年代に補正した年代のうち、中央値の末尾を四捨五入した数値を使用する。



写真2 ボラボラ島の中央山地。左から右へMt.Ote manu (727 m), Mt. Pahia (661 m),そしてMt. Mataihua (314 m)。

Photo2. Central mountains of Bora Bora Island. From left to right, Mt.Ote manu (727 m), Mt. Pahia (661 m), and Mt. Mataihua (314 m) .



写真3 Motu Mute 東部のビーチロック

Photo3. Beach rock observed on the east coast of Motu Mute.



写真4 ボラボラ島東部の Mutu Tape と Hotel Le Meridien Bora Bora (ラグーンの中) と外礁。

Photo4. Mutu Tape, east of Bora Bora Island and outer reef. Hotel Le Meridien Bora Bora is located in the lagoon.

### III 考察およびまとめ

#### 1 ビーチロックの形成年代

ビーチロックに含まれている生物化石を試料として<sup>14</sup>C年代測定を行って得た年代は、試料とした生物の死亡年代を示している。よってこの年代が直ちにビーチロックの形成年代、すなわちビーチロックを構成する海浜堆積物を膠結させた年代と完全に一致しないのではないかと考えられる。しかしながらOmoto (2001) は、その年代差が数日から数年以内であり、数十年もかからないことを先行研究から突き止めた。ただしこの数値は、1個のスラブ（通常ラグーン側に傾く単層）の形成に要する時間であり、陸側からラグーンに向かってミクロケスタ状に数十メートル～数百メートルも発達しているビーチロック全体の形成に要する時間ではない。このためビーチロックの形成年代を論ずる場合、<sup>14</sup>C年代測定試料とした生物の死亡年代と膠結年代との年代差は、通常<sup>14</sup>C年代の付加誤差である $\pm 1\sigma$ の範囲内に入るため、ほぼ無視することが出来ると考えて良い。以下このような前提のもとで議論を行う。

ボラボラ島のビーチロックから採取した試料で、最古の年代はMotu Mute北部から採取した calcarenite

(NU-1194) の2,540 Cal BPであり、*Polites* sp. (NU-1195) の2,480 Cal BPがこれに次ぐ年代である。またもっとも新しい年代は、Motu Mute東部から採取した細粒物質 (calcarenite: NU-1197) の年代で570 Cal BPである。Motu Mute西部から採取した*Polites* sp. (NU-1193) の年代は1,430 Cal BPであり、またMotu Mute東部でビーチロックの中から採取した化石サンゴ (*Polites* sp.; NU-1196) の年代は1,020 Cal BPであった。これらの年代を考慮すれば、ビーチロックはおよそ2,500 Cal BP, 1,500 ~ 1,000 Cal BP, そして600 Cal BP頃に形成されたといえる。

#### 2 相対的高位海水準とその原因

ボラボラ島では、これまで数人の研究者によって化石サンゴが採取され、<sup>14</sup>C年代測定結果(第2表)にもとづく海水準変動に関連する研究が行われてきた。第2表の元の年代は、原著論文では“conventional age”であり、暦年代に較正された年代ではない。しかし昨今、<sup>14</sup>C年代を使用した研究論文の多くは最終的に暦年代を使用しているものが多い。このため本論文では、Hubbs and Bien (1967), Guilcher *et al.* (1969) およびPirazzoli (1985) のデータを、 $R=-400$ および $\Delta R=0$ の数値を使用して暦

第1表 ボラボラ島から採取した試料の<sup>14</sup>C年代および $\delta^{13}C$ 。  
Table 1 <sup>14</sup>C ages and  $\delta^{13}C$  values of sample materials collected from Bora Bora Island.

Code No.	Material	$\delta^{13}C$ (‰)	Elev. (m)	<sup>14</sup> C age	Cal BP (mean)	Location
NU-1193	Calcarenite	-0.83	0.8	1,880 $\pm$ 70	1,349 ~ 1,504 (1,428)	west of Motu Mute
NU-1194	Calcarenite	4.11	0.8	2,800 $\pm$ 75	2,447 ~ 2,672 (2,540)	north of Motu Mute
NU-1195	<i>Polites</i> sp.	1.07	0.7	2,745 $\pm$ 75	2,342 ~ 2,570 (2,476)	<i>ibid.</i>
NU-1196	<i>Polites</i> sp.	0.48	0.6	1,465 $\pm$ 65	931 ~ 1,078 (1,016)	east of Motu Mute
NU-1197	Calcarenite	3.56	0.7	980 $\pm$ 60	526 ~ 619 ( 573)	<i>ibid.</i>
NU-1198	<i>Polites</i> sp.	1.14	0.6	2,380 $\pm$ 70	1,921 ~ 2,101 (2,011)	east of Motu Piti Aau
NU-1199	<i>Polites</i> sp.	1.65	1	3,340 $\pm$ 75	3,103 ~ 3,310 (3,195)	<i>ibid.</i>

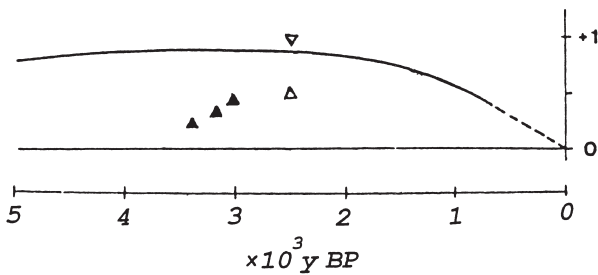
第2表 ボラボラ島から採取した試料の<sup>14</sup>C年代 (Pirazzoli, 1985; Guilcher *et al.* 1969; Hubbs and Bien, 1967による)。

Table 2 <sup>14</sup>C ages of sample materials collected from Bora Bora Island (Compiled from Pirazzoli, 1985; Guilcher *et al.* 1969; Hubbs and Bien, 1967).

Code No.	Material	<sup>14</sup> C age	Elev. (m)	Cal BP (mean)	Location	Reference
Gif-6089	<i>Acropora</i> sp.	3,170 $\pm$ 70	0.3	2,860 ~ 3,063 (2,970)	west of Motu Mute	Pirazzoli (1985)
Gif-6561	Coral	980 $\pm$ 50	0.4	530 ~ 615 ( 573)	<i>ibid.</i>	<i>ibid.</i>
Gif-6562	Coral	2,500 $\pm$ 60	0.8	2,099 ~ 2,271 (2,167)	<i>ibid.</i>	<i>ibid.</i>
Gif-6090	<i>Acropora</i> sp.	3,390 $\pm$ 70	0.2	3,167 ~ 3,351 (3,258)	<i>ibid.</i>	<i>ibid.</i>
Gif-6091	<i>Acropora</i> sp.	3,020 $\pm$ 70	0.4	2,722 ~ 2,862 (2,800)	<i>ibid.</i>	<i>ibid.</i>
Gif-893	Coral	2,250 $\pm$ 130	0.9	1,692 ~ 2,012 (1,857)	Motu Mute	Guilcher <i>et al.</i> (1969)
LJ-1369	<i>Favia</i> sp.	3,400 $\pm$ 200	0.4	2,988 ~ 3,489 (3,254)	south of Motu Tofari	Hubbs and Bien (1967)
LJ-1370	Coral	3,700 $\pm$ 500	0.4	3,004 ~ 4,284 (3,658)	<i>ibid.</i>	<i>ibid.</i>

年代に校正した数値を第2表に示した。第3図はPirazzoli and Montaggioni (1985) による原著論文中的の図を拡大したものである。しかしこの年代は暦年代に校正されていない。このため第1表および第2表の校正年代にもとづき作成した図を第4図に示す。以下第4図にもとづきボラボラ島における海水準変動について論ずる。

ボラボラ島南東部から採取した現地棲サンゴの高度

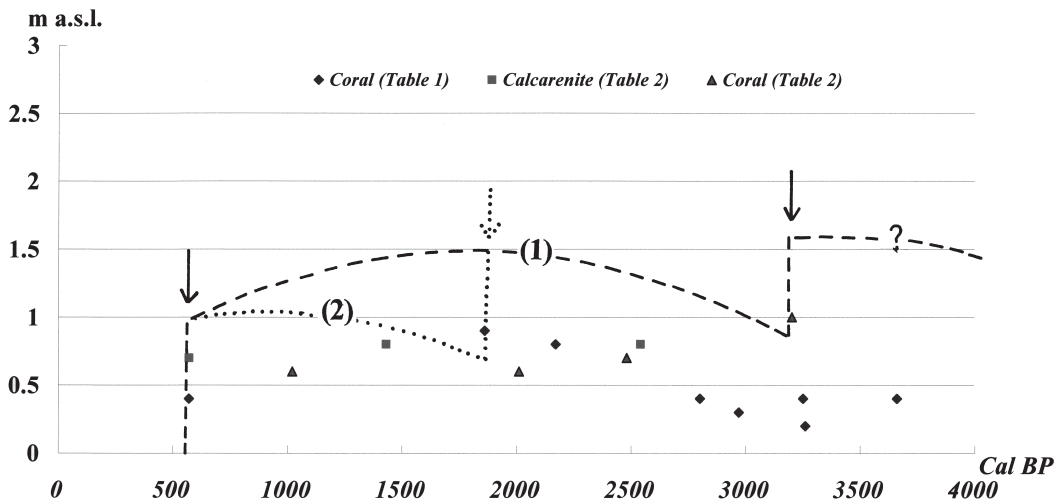


第3図 ボラボラ島における後期完新世の相対的海水準変動図 (Pirazzoli and Montaggioni, 1985の第7図からボラボラ島の部分を切り出した図)。黒い三角印は現地棲サンゴ、白抜き三角印はサンゴ礫岩 (coral conglomerates) を示す。

Figure 3. Late Holocene sea level change of Bora Bora Island (Modified from figure 7 of Pirazzoli and Montaggioni, 1985). Full triangles : former minimum MSL positions indicated by corals in a growth position. Open triangles : indications of coral conglomerates.

(約1m)、年代、潮位変化量 (0.4m : 理科年表, 2005) にもとづき、3,200 Cal BP頃の海水準は現在よりも1.4m以上高位にあったと推定される。もっとも古い化石サンゴの3,660 Cal BP (LJ-1370) とその高度0.4mに注目すれば、第4図から3,660 Cal BP ~ 3,200 Cal BP間で約1m弱の海水準変動を指摘できる。Pirazzoli (1985) は、ソシエテ諸島では3,000 BP以降、現地棲サンゴにもとづき0.6m以上、また岩石学的な分析結果にもとづき0.8 ~ 0.2mの隆起が起こったと推定している。いわゆる“glacial eustasy”による海水準変動は、6,000 ~ 5,000前にすでに完了しているから、この時期の海水準変動は、直接“glacial eustasy”によるものとは考えられず、“hydro-isostasy”または“rheology”, あるいは地震性地殻変動 (seismic uplift) によると解釈される。

わが国では3,000 ~ 2,000 BP頃の海水準は現在よりも2 ~ 3m低く、この期間をいわゆる「弥生海退」と呼ぶ通説 (例えば井関, 1974;1980 : 藤井・藤, 1982など) がある。しかしながらビーチロックが潮間帯で形成されることは、多くの研究者 (例えばRussel, 1959 ; Stoddart and Can, 1965 ; 武永, 1965 ; Higgins, 1968など) が認めている。これを前提とした場合、上記の年代範囲で形成されたビーチロックが現在でも潮間帯や潮間帯より高位に存在することは、その後に地殻変動による顕著な隆起がなかった場合、通説と矛盾する。すなわち後期完新世において1,000年あたり3mを超える規模の海水準



第4図 ボラボラ島における後期完新世の相対的海水準変動図。資料は第1表および第2表による。海水準は、現地棲化石サンゴの採取高度よりも0.4m以上高位にあったと推定した。またビーチロック (calcarenite) は潮間帯で形成されたと考えている。矢印は3,260 Cal BP頃と570 Cal BP頃の地震性地殻変動を示している。破線 (1) は全データにもとづく海水準変動を示し、点線で示した変動曲線 (2) は地震の再来性に着目した鋸歯状曲線を示す。後者の場合、1,800 Cal BP頃の地震性地殻変動が想定される。

Figure 4. Revised late Holocene relative sea level change curves of Bora Bora Island based on Table 1 and 2. Arrows in the figure indicate estimated seismic uplifts which brought serrated sea level curve.

変動は負の地殻変動（沈降）による影響を受けた地域を除き存在しないであろう。したがって今回ボラボラ島から得られたビーチロックの年代は、Omoto (2004) や小元 (2007) が報告した南西諸島におけるビーチロックの形成年代と同様に、2,500 Cal BP頃に形成されたものであり、当時の海水準は決して現海面下2～3mまで低下していなかったことを示している。

ボラボラ空港東部の海岸で採取したビーチロック (NU-1197) の年代が570 Cal BPであり、その高度は0.7mであった。またPirazzoli (1985) は、高度0.4mから採取した現地棲サンゴの年代を980±50 BP (Gif-6561) であったと報告している。この年代を暦年代に較正した場合570 Cal BPとなり、これら2件の較正年代は奇しくも一致する。したがって570 Cal BP頃の海水準は、ビーチロックと現地棲サンゴの高度とそれらの年代から0.8m、またはこれより若干高かったと推定される。570 Cal BP以後に世界の海水準が短時間で突然約1mも低下したという汎世界的記録は存在しない、したがって、このような相対的高海水準は、おそらくは地震性地殻変動の結果と推定される。

以上述べた記述と第4図の解析から次のようなシナリオを想定できる。すなわち3,200 Cal BP頃と570 Cal BP頃に地殻変動による隆起があった。570 Cal BP頃の地殻変動による隆起量は現地棲サンゴの高度 (0.4m) から推定し、約0.8mである。570 Cal BPから3,200 Cal BPまでの海水準は、年代測定試料とした現地棲サンゴやビーチロックの高度と年代にもとづき第4図の(1)で示される。3,200 Cal BPを示す現地棲サンゴが高度約1mにあることから、当時の海水準は約1.4mまたはこれ以上である。3,200 Cal BP以降570 Cal BPまでの間に地殻変動が無かったとすれば、3,200 Cal BP頃の隆起量は約1m程度と推定される。第4図の(1)のカーブから3,200 Cal BP頃の隆起後、一時沈降が起こり（海水準は見かけ上上昇する）、1,860 Cal BP頃から隆起に転じ（海水準は見かけ上低下する）、570 Cal BPに地殻変動が起こり一気に約0.8m以上隆起（海水準は見かけ上低下）した。一方、1,860 Cal BP (Gif-893) の現地棲サンゴが高度0.9mにあり、1,430 Cal BPを示すビーチロックが高度0.8mに存在する。ビーチロックは潮間帯で形成されることを考慮すれば、1,860 Cal BP頃に地殻変動による隆起を想定できる。この隆起があった場合の相対的高海水準変動は第4図の(2)のようになる。

第4図のカーブ(2)が存在したとした場合、地震性地殻変動を考察する上で次のような解釈が成立する。すなわちこの地域の地殻変動は、再来性のある（再来周期

約1,300年）地震性地殻変動であり、地震性地殻変動による隆起後に地殻変動量を補正する沈降が起こり、再来周期が到達するとふたたび地震性地殻変動により隆起するというシナリオである。この状態は第4図上で鋸歯状の相対的高海水準変動として表現されている。

以上の結果はPirazzoli and Montaggioni (1985) の報告 (第3図) より海水準が若干高位にあったことを示している。

Darwin (1842) やLobeck (1939) は、サンゴ礁の地形発達を大洋に位置する火山島が沈降することにより、裾礁→堡礁→環礁へと変化していくと考えた。このようなサンゴ礁地形の発達を考えたとき、ボラボラ島のbarrier reefが島の中心部の沈降に対して相対的とはいえ高海水準の記録を示している意義は大きい。

### 3 まとめ

これまで記載したことを要約すれば次の通りである。

1. ボラボラ島北東部のMotu Motuを中心として採取した5点の試料と、東部のMotu Piti Aauで採取した2点の試料について<sup>14</sup>C年代測定と安定同位体 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定を行った。その結果は第1表の通りである。
2. <sup>14</sup>C年代測定の結果、ビーチロックはおおよそ2,500 Cal BP, 1,500～1,000 Cal BP, そして600 Cal BP頃に形成された。
3. ボラボラ島における相対的高海水準は、3,200 Cal BP頃には1.4m以上高位にあり、この高海水準は1,860 Cal BPころにも認められる。それ以後海水準は次第に低下したが、570 Cal BP頃の海水準は約0.8mまたはこれより若干高かった。この結果はPirazzoli and Montaggioni (1985) が報告したボラボラ島の後期完新世海水準よりも若干高位にある。
4. 3,200 Cal BPを示す現地棲サンゴが約1mの高度にあり、その前後の年代を示す現地棲サンゴが低位にあることから、この時期に地殻変動があったことを想定できる。また570 Cal BP頃の高海水準について、600 Cal BP以降に汎世界的な規模で海水準低下は生じていないため、この相対的高海水準は、地殻変動による隆起の結果を示唆すると解釈される。
5. 大洋中の火山をベースとして形成された後氷期の堡礁が、地形発達史の過程で間欠的な隆起による高海水準の証拠を残していることは注目される。

以上が、今回保養の目的で訪れたボラボラ島で、滞在中に満足な調査用具なしに行った研究成果である。ボラボラ島滞在中のある日、ヘリコプターで上空からサンゴ

礁地形を観察した。その時ボラボラ島北西部の Motu Teveiroa や南東部の Motu Piz Aau などにビーチロックが存在することを視認した。このためボラボラ島の後期完新世の海水準変動や、ビーチロックの詳細な形成年代を確立するためには、reef flat を形成する堆積物から化石サンゴを、また上記海岸からビーチロックに含まれる化石サンゴ・貝化石・calcareniteなどを採取して<sup>14</sup>C年代測定を行う必要がある。

## 謝 辞

本研究にあたり高橋達郎岡山大学名誉教授から、ボラボラ島に関する地形図および1985年にタヒチで開催された第5回サンゴ礁国際会議のProceedingsのコピーをお送りいただいた。これらの資料は本研究をまとめるにあたり大変有意義

であった。また化石サンゴの鑑定は、関西大学の木庭元晴教授にお願いした。ボラボラ島を空から撮影した写真の掲載許可をPacific Promotion Tahiti S.A.のMr. T.Sylvainからいただいた。著者は、以上の方々に篤く御礼を申し上げる。なお本論の骨子は、2000年度東北地理学会春季学術大会において発表した内容にもとづいている。

本論を2007年8月に定年退職された野上道男先生に献呈したい。野上道男先生には大学院時代から今日に至るまで、公私ともにいろいろとお世話になった。特に1987年11月に南極半島マランピオ島に海外学術調査に出かけた時と、2000年9月に海外実地研究でウルムチからテンシャン山脈まで学生・院生を引率して出かけた時の楽しい思い出は終生忘れることが出来ない。また気候地形学の研究やビーチロックの研究を通じて、研究室が隣り合わせということもあり、有意義な討論をしていただいた。野上道男先生には、定年退職後もご健勝で益々活躍されますことをお祈り申し上げ、長年にわたりお世話になった御礼の言葉としたい。

## 参考文献

- 藤井昭二・藤 則雄 (1982): 北陸における後氷期以降の海水準変動. 第四紀研究. **21** (3), 183-193.
- 井関弘太郎 (1974): 日本における2,000年B.P.ころの海水準. 名古屋大学文学部研究論集. **62**, 155-176.
- 井関弘太郎 (1980): 完新世における海面変動. 月刊地球. **2** (1), 46-51.
- 小元久仁夫 (1993): 放射性炭素年代測定マニュアル. 日本大学文理学部地理学科. 102p.
- 小元久仁夫 (2000): ソシエテ諸島ボラボラ島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代. 季刊地理学. **52** (3), 225
- 小元久仁夫 (2007): 南西諸島で最古のビーチロックとその意義. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **42**, 1-14.
- 国立天文台編 (2005): 理科年表. P.597.
- 武永健一郎 (1965): Beach rockの成因について. 地理学評論, **38**, 739-755.
- Darwin, C.R. (1842): *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. Smith Elder, London.
- Geyh, M.A. and Schleicher, H. (1990): *Absolute Age Determination*. Springer-Verlag. Berlin・Heidelberg・New York・London・Paris・Tokyo・Hong Kong・Barcelona, 503p.
- Guilcher, A., Beerthois, L., Doumence, F., Michel, A., Saint-Requier, A. and Arnold, R. (1969): *Les récifs et lagons corallines de Mopelia et de Bora Bora (îles de la Société)*. Mémoires ORSTOM, **38**, 107p.
- Higgins, C.G. (1968): Beachrock. In *the Encyclopedia of Geomorphology* (Ed. Faibridge, R.W.), Reinhold, New York, 70-73.
- Hubbs, C.L. and Bien, G.S. (1967): La Jolla natural radiocarbon measurements. *Radiocarbon*, **9**, 261-294.
- Lobeck, A.K. (1939): *Geomorphology, An Introduction to the Study of Landscapes*. New York, McGraw-Hill Book Co., 731pp.
- Olsson, I. (1980): Progress in radiocarbon dating, promising techniques and trend in the research. *FIZKA* **12** (S2): 37-68.
- Omoto, K. (2001): Radiocarbon ages of beach rocks and late Holocene sea level change in the southwestern part of the Nansei Island, southwest of Japan. *Radiocarbon*, **43** (2B), 887-898.
- Omoto, K. (2004): Radiocarbon ages and isotope fractionations of beach rock samples collected from the Nansei Islands, southwestern Japan. *Radiocarbon*, **46**, 539-550.
- Pirazzoli, P.A. (1985): French Polynesian Coral Reefs. Reef knowledge and field guides. Leeward Islands Maupiti, Tupai, Bora Bora, Huahine Society Archipelago. In *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti, 1985*. 19-72.
- Pirazzoli, P.A. and Montaggioni, L.F. (1985): Lithospheric deformation in French Polynesia (Pacific Ocean) as deduced from Quaternary shorelines. In *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti, 1985*. 195-200.
- Russel, R.J. (1959): Origin of beach rock. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. **3**, 227-236.
- Stoddart, D.R. and Can, J.R. (1965): Nature and origin of beachrock. *Journal of Sedimentary and Petrology*, **35**, 243-247.
- Stuiver, M. and Polach, H.A. (1977): Discussion reporting of <sup>14</sup>C data. *Radiocarbon*, **19** (3), 355-363.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, R.W. (2005): CALIB 5.0 [Web program and documentation].