

# 南西諸島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代および 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) —測定資料とその分析—

小 元 久仁夫

## Radiocarbon Ages and Isotope Fractionations of Beachrock Samples Collected from the Nansei Islands, Southwest of Japan —Data Sets and Their Statistical Analyses—

Kunio OMOTO

(Received September 30, 2004)

A total of 346 beachrock samples were collected from 29 islands consisting of the Nansei Islands, southwestern part of Japan. They were radiocarbon dated and their isotope fractionations were analyzed. The details of each sampling locality (latitude and longitude), elevation, material, Lab. Code, isotope fractionation, radiocarbon age corrected by isotope fractionation, length, width and seaward inclination were described and expressed in the tables.

The average value of isotope fractionations for whole samples were 2.12 ‰ and it differs by the islands surveyed and by materials analyzed. The oldest beachrock began to form at ca. 6,800y BP within the inter tidal zone at the west coast of Okinawa Islands.

**Keywords:** *Nansei Islands, beachrock, radiocarbon age, isotope fractionation ( $\delta^{13}\text{C}$ ), Holocene*

### 1 はじめに

南西諸島における最終氷期以降の海岸地形の形成過程、地殻変動、海水準変動などの研究において $^{14}\text{C}$ 年代はきわめて重要な時間尺を提供している。サンゴ礁地形を構成する化石サンゴ、ビーチロックに含まれるサンゴ片、貝化石、大型有孔虫などは、石灰質砂岩 (calcarenite) とともに $^{14}\text{C}$ 年代測定に適した良い試料である。

小元は1976年以来南西諸島で採取した化石サンゴやビーチロックについて $^{14}\text{C}$ 年代測定を行って、その結果を逐次報告 (Omoto, 1976 : Omoto *et al.*, 1976 : Omoto, 1977 : 小元, 1994, 1995, 1996a, 1997a-c, 1998a-c, 1999a-e, 2000a-d : Omoto, 2001 : 小元, 2001a-b, 2002b, 2003a-b : 小元ほか, 2003 : 小元, 2004a-c : Omoto, 2004a-c) してきた。

とりわけ南西諸島におけるビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代測定値や安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )、ビーチロックの形成年代、

ビーチロックの形成に関与した炭酸カルシウムの起源、後期完新世の海水準変動や地殻変動などについては、機会ある毎に内外の各種学会で報告してきた。

しかしながら南西諸島から採取した個々の試料の詳細なデータは、学会誌に掲載する上で紙面の制約があり、大部分のデータは報告できず今日に至っている。このため本論文では、1992年以降に日本地理学会、東北地理学会、日本サンゴ礁学会など各種の国内学会で発表したビーチロックに関する個々の原資料と、2003年9月にニュージーランド国ウェリントン市で開催された18th International Radiocarbon Conference (Omoto, 2004a)、2004年6月28日～7月2日に沖縄県宜野湾市で開催された10th International Coral Reef Symposium (Omoto, 2004b)、および2004年10月25日～29日にモナコで開催されたInternational Conference on Isotopes in Environmental Studies —Aquatic Forum 2004— 25～29 October 2004, Monaco. International Atomic Energy

Agency (IAEA-F3-CN-118: Omoto, 2004c) で発表した原資料をまとめて掲載した。さらに本論文には、未公表の奄美諸島の加計呂麻島と与路島、慶良間列島の渡嘉敷島、阿嘉島、慶留間島、先島諸島の多良間島、鳩間島、小浜島、竹富島、黒島から得られたデータを加味した。これらの年代資料と既存の小元の研究結果が、南西諸島におけるサンゴ礁地形の研究に広く利用されることを期待する。

## 2 試料採取地点と試料の種類

試料を採取した南西諸島の島々を記載の便宜上北部から順に奄美諸島、沖縄諸島および先島諸島に3区分(図1)する。今回報告する試料は、奄美諸島の41地点から採取した91件、沖縄諸島の67地点から採取した148件、そして先島諸島の44地点から採取した107件であり、これらの合計は152地点総計346個の試料数に達する(表1・追加分を除く)。特段の断りがない限り、試料採取者および測定者はすべて著者自身(小元)である。なお試料採取地点の詳細を島別に記載すれば次の通りである。

### (1) 奄美諸島

ビーチロックを採取した奄美諸島は、北から順に奄美大島、徳之島、沖永良部島および与論島で構成される。これらの4島の41地点から、石灰質砂岩44個、化石サンゴ26個、貝化石21個、合計91個の試料を採取した。次に各島の試料採取地点の詳細を順番に記載する。

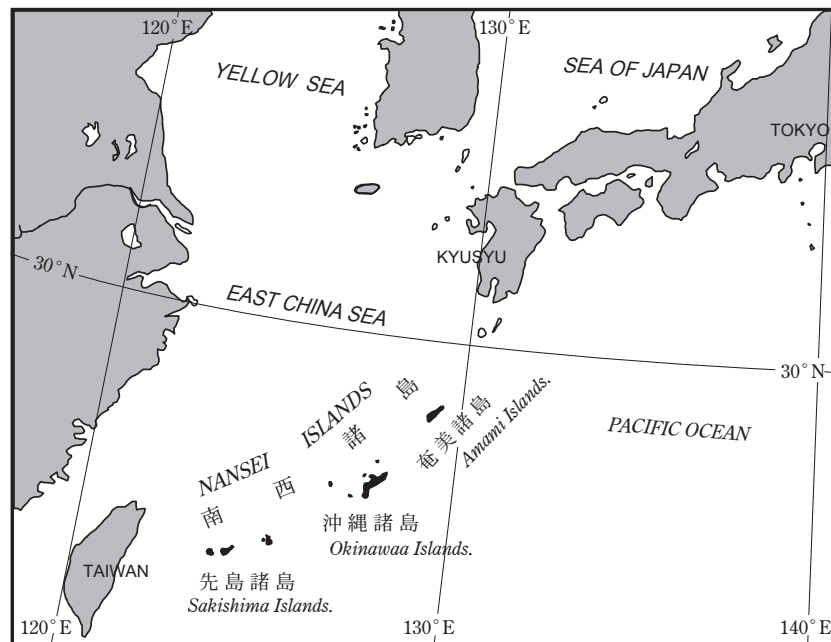


図1 研究対象地域を示す地図  
Figure 1 Index map showing the surveyed islands.

### 【奄美大島】

奄美大島からは、北部の笠利半島を中心に24件、また南部からは5件の試料が新たに採取された。すなわち、奄美大島北部では鹿児島県笠利町の「用岬」海岸、「あやまる岬」海岸、「三島屋」海岸、「崎原」海岸、「鯨浜」および「白浦」海岸、龍郷町「安木屋場」海岸、名瀬市「大浜海浜公園」、大和村の「国直」北部の海岸および「大金久」の各海岸から試料を採取し、報告(小元, 2000c)した。

一方奄美大島南部の瀬戸内町「ヤドリ浜」、加計呂麻島の「安脚場」および「徳浜」、与路島の「与路」から採取した5個の試料(NU-1563~1658)は、すべて上田(2004)が卒業研究のため採取したものである。上田はこれらの試料の化学処理を行い、小元は年代測定と安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )の測定を行った。

奄美大島から採取した試料は、種類別では石灰質砂岩が11件、化石サンゴが7件、そして貝化石が6件である。

### 【徳之島】

徳之島からは、東南部の鹿児島県徳之島町「亀徳」、伊仙町「喜念浜」、西南部の「瀬田浜」および「阿権」の4地点で合計16個の試料を採取し、報告(小元, 2000a)した。試料別では、石灰質砂岩が6個、化石サンゴが4個、そして貝化石が6個である。

### 【沖永良部島】

沖永良部島からは、東部から時計回りに鹿児島県和泊町「国頭」、「美瀬浜」、「笠石」、知名町「屋久母」、「大津勘」、「住吉」、和泊町「沖泊」、「伊延」、「出花」および「西原」から合計28個の試料を採取し、報告(小元, 1999d)した。試料別では、石灰質砂岩、化石サンゴ、貝化石が、それぞれ12, 10, 6個ずつである。

### 【与論島】

与論島からは、北部から時計回りに鹿児島県与論町「寺崎」海岸、「黒花」海岸、「ミナタ離」、「ピヤンチク離」、「赤崎」、「前浜」、「兼母」海岸、「兼母灯台」東方の海岸、「茶花海岸」、「メーラビーチ」および「宇勝」海岸から合計20個の試料を採取し、報告(小元, 1999c)した。試料別では、石灰質砂岩が13個、化石サンゴが4個、そして貝化石が3個である。

以上記載した奄美諸島から採取した試料の詳細を表2に示す。なお堀ほか(1973)は、与論島から採取した2件のビーチロックの年代を報告しているが、

表1 南西諸島から採取したビーチロック試料の明細  
Table 1 Details of beachrock samples collected from the Nansei Islands.

Name of Island	Calcarenite	Coral	Shell	Total	Sites nr.
<b>Amami Islands</b>					
Amami-Oshima Island	11	7	6	24	11
Takeiro Island * <sup>1</sup>	2	0	0	2	2
Yoron Island * <sup>1</sup>	0	1	0	1	1
Tokuno Island	6	4	6	16	4
Okinoerabu Island	12	10	6	28	11
Yoro Island	13	4	3	20	12
<i>Subtotal</i>	<i>44</i>	<i>26</i>	<i>21</i>	<i>91</i>	<i>41</i>
<b>Okinawa Islands</b>					
Iheiya Island	4	7	8	19	5
Izena Island	3	1	3	7	4
Okinawa Island	5	12	14	31	18
Ie Island	13	2	11	26	6
Aguni Island	3	1	2	6	4
Kume Island	4	7	7	18	5
Oh Island	7	2	3	12	3
Hatenohama Beach	7	0	1	8	5
Oha Island * <sup>2</sup>	0	0	3	3	3
Zamami Island	2	1	10	13	9
Tokashiki Island * <sup>3</sup>	0	1	1	2	2
Aka Island * <sup>3</sup>	0	1	1	2	2
Geruma Island * <sup>3</sup>	0	1	0	1	1
<i>Subtotal</i>	<i>48</i>	<i>36</i>	<i>64</i>	<i>148</i>	<i>67</i>
<b>Sakishima Islands</b>					
Miyako Island	11 * <sup>1</sup>	5	11	27	12
Tarama Island	5	1	2	8	5
Ishigaki Island	8 * <sup>1</sup>	13	6	27	10
Hatoma Island	0	0	2	2	1
Yonaguni Island * <sup>4</sup>	2	1	1	4	2
Iriomote Island	5	3	4	12	5
Kohama Island	1	0	1	2	1
Taketomi Island	3	2	1	6	2
Kuro Island	5	0	1	6	3
Hateruma Island	3	2	8	13	3
<i>Subtotal</i>	<i>43</i>	<i>27</i>	<i>37</i>	<i>107</i>	<i>44</i>
<b>Total</b>	<b>135</b>	<b>89</b>	<b>122</b>	<b>346</b>	<b>152</b>

\* 石炭質礫岩を含む：include calcirudite samples.

\*<sup>1</sup> 上田 (2004) : Ueda (2004), \*<sup>2</sup> 倉橋 (2004) : Kurahashi (2004), \*<sup>3</sup> 青山 (2004) : Aoyama (2004), \*<sup>4</sup> 木村ほか (2003) の2試料を含む。：include two samples of Kimura *et al.* (2003).

それらの安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は報告されていない。

## (2) 沖縄諸島

沖縄諸島から採取したビーチロックは、伊平屋島から19件、伊是名島から7件、沖縄島から31件、伊江島から26件、粟国島から6件、久米島から18件、奥武島から12件、ハテノ浜から8件、オーハ島から3件、慶良間列島の座間味島から13件、阿嘉島から2件、慶留間島から1件、合計148個である。試料の種類別では、石灰質砂岩が48個、化石サンゴが36個、そして貝化石が64個である。次に各島の試料採取地点を順番に記載する。

### 【伊平屋島】

伊平屋島からは、東部の沖縄県伊平屋村「前泊」<sup>まえどまり</sup>東方の海岸、最南端に発達する砂州の東および南端の海岸、野<sup>の</sup>甫島北東部、伊平屋島南西部の海岸、そして伊平屋島北部の「タンナ岳」西南部の海岸から、合計19個の試料を採取(小元, 2004c)した。試料別では、石灰質砂岩が4個、化石サンゴが7個、そして貝化石が8個である。

### 【伊是名島】

牛久保 (2002) は、卒業論文作成のため伊是名島 (沖

表2 奄美諸島から採取したビーチロック試料の $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004c を改変)  
 Table 2 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Amami Islands  
 (Modified Omoto, 2004c).

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ <sub>PDB</sub>	$^{14}\text{C}$ Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>A: Amami-Oshima Island-1</b>							
1	28° 28' 04"	0.5	Calcarenite	NU-1219	-0.65	1460 ± 90	200; 20; 5-8
	129° 40' 18"		<i>Tridacna sq.</i>	NU-1220	1.33	1225 ± 90	
2	28° 30' 01"	0	Calcarenite	NU-1221	1.28	4035 ± 85	-; -; -
	129° 39' 11"						
3	28° 31' 19"	0.3	Calcarenite	NU-1222	-0.26	910 ± 65	60; 5; 5-7
	129° 41' 27"						
	28° 31' 20"	0	<i>Montipora sp.</i>	NU-1223	0.44	1210 ± 65	
	129° 41' 26"	0	Calcarenite	NU-1224	-0.53	980 ± 65	
	28° 31' 27"	0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1225	-0.02	2540 ± 80	
4	28° 28' 22"	1.0	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1226	-1.09	3010 ± 80	5-60; 6-10; 5-6
	129° 42' 57"						
	28° 28' 26"	0.2	Calcarenite	NU-1227	2.05	3000 ± 80	
	129° 42' 58"						
	28° 31' 27"		0.3	Coral	NU-1228	1.56	
5	28° 25' 28"	0	<i>Cyphastrea sp.</i>	NU-1230	0.36	2880 ± 85	200; 10; 5
	129° 38' 37"		Calcarenite	NU-1231	1.06	2980 ± 80	
		-0.3	Coral	NU-1232	1.79	2540 ± 80	
		-0.4	Calcarenite	NU-1233	-2.06	1770 ± 80	
7	28° 26' 53"	2.5	Calcarenite	NU-1234	0.82	3320 ± 80	60; 10; 5
	129° 39' 05"	2.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1235	1.42	3460 ± 85	
		2.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1236	1.51	3310 ± 85	
8	28° 22' 34"	-0.5	Calcarenite	NU-1237	1.00	2880 ± 80	200; 25; 2-
	129° 24' 18"	-0.5	<i>Montipora sp.</i>	NU-1238	-0.15	2850 ± 80	
		-0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1239	0.85	2870 ± 80	
9	28° 21' 38"	0	Calcarenite	NU-1240	-0.36	930 ± 65	-; -; -
	129° 21' 09"						
10	28° 28' 33"	-0.5	Calcarenite	NU-1241	0.48	3120 ± 85	60; 8; 7
	129° 21' 25"						
<b>A: Amami-Oshima Island-2 *1</b>							
1	28° 07' 14"	-0.5	Calcarenite	NU-1653	1.75	1225 ± 60	133; 22; 3
	129° 36' 29"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1657	0.12	1620 ± 60	
		0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1658	3.35	1080 ± 60	
<b>B: Kakeroma Island *1</b>							
1	28° 06' 14"	-0.3	Calcarenite	NU-1655	2.20	1970 ± 65	70; 9; 5
	129° 21' 04"						
2	28° 04' 06"	-0.5	Calcarenite	NU-1654	1.94	1390 ± 60	50; 3?; 3
	129° 19' 45"						
<b>C: Yoro Island *1</b>							
	28° 02' 20"	-0.1	<i>Favia sp.</i>	NU-1656	-1.65	modern	13; 6; 3
	129° 10' 02"						
<b>D: Tokuno Island</b>							
1	27° 42' 00"	-0.2	Calcarenite	NU-1172	-3.28	3210 ± 75	50; 3-5; 5
	128° 54' 43"	-0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1173	4.43	1970 ± 65	
		-0.2	<i>Polites sp.</i>	NU-1174	1.14	4870 ± 85	
2	27° 40' 45"	-0.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1175	2.74	1240 ± 65	100; 3-4; 6
	128° 55' 15"	-0.4	<i>Polites sp.</i>	NU-1176	1.66	1970 ± 65	
		-0.4	Calcarenite	NU-1177	1.39	2230 ± 65	

表 2 奄美諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004c を改変) [続]  
**Table 2** Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Amami Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ <sub>PDB</sub>	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
3	27° 40' 52"	0.7	Calcarenite	NU-1178	2.12	2600 ± 75	200; 2-5; 4-6
	128° 59' 41"	0.6	Calcarenite	NU-1180	2.17	2645 ± 75	
	27° 40' 55"	0.2	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1181	3.47	2250 ± 75	
	128° 59' 43"						
	27° 40' 57"	-0.1	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1182	3.84	1830 ± 65	
128° 59' 45"	-0.3	Calcarenite	NU-1183	2.62	2070 ± 70		
4	27° 44' 43"	0.6	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1184	2.88	1530 ± 70	50; 2; 3-6
	129° 01' 47"	0.5	Calcarenite	NU-1185	2.23	2035 ± 65	
		0.4	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1186	4.67	1180 ± 65	
		0.7	Coral	NU-1187	1.38	1600 ± 65	
		0.6	Coral	NU-1188	1.03	1410 ± 65	
<b>E: Okinoerabu Island</b>							
1	27° 26' 09"	-0.5	Calcarenite	NU-1091	2.86	1310 ± 70	12; 4; -
	128° 42' 43"	0	<i>Goniastrea</i> sp.	NU-1092	2.90	740 ± 60	
2	27° 25' 55"	0	<i>Goniastrea</i> sp.	NU-1089	0.82	2280 ± 90	150; 20; 10
	128° 42' 34"	0.4	Calcarenite	NU-1090	2.38	1810 ± 70	
3	27° 24' 43"	-0.5	Calcarenite	NU-1087	2.81	3910 ± 75	40; 8; 2
	128° 40' 26"	-0.5	<i>Polites</i> sp.	NU-1088	-0.94	3880 ± 80	
4	27° 22' 18"	-0.1	Calcarenite	NU-1200	1.51	3580 ± 120	40; 8; 2
	128° 38' 28"	0	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1201	1.33	3190 ± 70	
5	27° 20' 08"	0	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1101	4.77	2500 ± 85	100; 10; 7
	128° 32' 50"	0.4	Calcarenite	NU-1102	2.47	2800 ± 75	
6	27° 20' 34"	0.2	Calcarenite	NU-1103	3.18	2950 ± 80	300; 50; 5-10
	128° 32' 20"	-0.2	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1104	3.34	2710 ± 70	
		1.6	<i>Montipola</i> sp.	NU-1105	1.69	2810 ± 70	
		1.6	Calcarenite	NU-1106	2.13	2910 ± 70	
		2.2	Calcarenite	NU-1107	2.42	3120 ± 70	
7	27° 21' 22"	-0.3	Calcarenite	NU-1098	2.35	1830 ± 70	25-; 3-5; 5-8
	128° 31' 48"	-0.5	<i>Polites</i> sp.	NU-1099	2.62	2310 ± 75	
		-0.5	<i>Cyphastrea</i> sp.	NU-1100	2.03	2200 ± 70	
8	27° 23' 45"	0	Calcarenite	NU-1095	0.15	2050 ± 65	5-; 4; -
	128° 33' 41"	0	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1096	4.01	1590 ± 65	
		0	Coral	NU-1097	0.89	3690 ± 85	
9	27° 24' 52"	0	<i>Goniastrea</i> sp.	NU-1112	4.28	1190 ± 60	150-; 15; 5-8
	128° 38' 25"						
10	27° 25' 07"	0	<i>Goniastrea</i> sp.	NU-1093	3.64	1610 ± 65	150-; 21; 5-8
	128° 39' 04"	1.0	Calcarenite	NU-1094	2.10	2000 ± 70	
11	27° 25' 26"	0	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1108	3.33	2860 ± 75	95; 15; -
	128° 39' 51"	0	Calcarenite	NU-1109	2.87	2830 ± 75	
		0	<i>Tridacna</i> sp.	NU-1110	4.57	3040 ± 75	
		0.3	<i>Goniastrea</i> sp.	NU-1111	3.20	2660 ± 75	
<b>F: Yoron Island</b>							
1	27° 03' 53"	0	Calcarenite	NU-997	2.68	3060 ± 70	
	128° 25' 12"						
2	27° 03' 52"	0	Calcarenite	NU-995	3.37	2530 ± 75	150; 20; 6-7
	128° 26' 30"						
3	27° 03' 37"	0.8	Calcarenite	NU-993	3.64	1670 ± 65	-; 15; 4-5
	128° 26' 44"	0.8	<i>Tridacna</i> sp.	NU-994	3.62	1720 ± 65	
4	27° 03' 09"	0	<i>Tridacna</i> sp.	NU-990	3.02	1580 ± 70	50; 25; -
	128° 27' 12"						
	27° 03' 12"	0.8	<i>Tridacna</i> sp.	NU-991	4.27	1475 ± 65	
	128° 27' 10"	0.8	Calcarenite	NU-992	2.38	1720 ± 65	

表2 奄美諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安定同位体比(δ<sup>13</sup>C)(Omoto, 2004cを改変)[続]  
 Table 2 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Amami Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	δ <sup>13</sup> C ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>F:Yoron Island (continued)</b>							
5	27° 02' 33" 128° 27' 11"	0	Calcarenite	NU-981	1.78	1870 ± 70	120; 5; 4-10
			Calcarenite	NU-982	2.29	1810 ± 70	
6	27° 01' 23" 128° 27' 20"		Calcarenite	NU-984	2.17	1045 ± 70	
			Calcarenite	NU-985	3.82	980 ± 65	
7	27° 01' 17" 128° 27' 06"	-0.6 0.5	Coral Calcarenite	NU-986 NU-987	1.34 1.57	1600 ± 65 2150 ± 70	
8	27° 01' 18" 128° 26' 29" 27° 03' 38" 128° 24' 58"	0.8 0	Calcarenite Calcarenite	NU-988S NU-989	2.45 2.38	2610 ± 70 2880 ± 80	60; 8; 5-8
9	27° 02' 47" 128° 23' 45"	0.5	Calcarenite	NU-1002	3.09	2030 ± 65	-; 2; -
10	27° 03' 02" 128° 24' 03"	0	Calcarenite	NU-1001	2.95	1370 ± 65	50; 10; 5
11	27° 02' 51" 128° 24' 44"		Coral	NU-1000	2.77	5340 ± 90	
12	27° 03' 38" 128° 24' 58"	0.8 0.8	Coral Calcarenite	NU-998 NU-999	1.93 2.63	2235 ± 70 2940 ± 75	-; 3-5; -

\*1 試料は上田(2004)が採取した。Samples were collected by Ueda (2004).

縄県伊是名村)の北東部(NU-1391およびNU-1394),  
 屋那覇島北岸(NU-1396およびNU-1397), 具志川島北  
 岸(NU-1398~NU-1401)から合計7個の試料を採取  
 した。試料別では, 石灰質砂岩が3個, 石灰質礫岩が1個,  
 化石サンゴが1個, そして貝化石が3個である。なお試  
 料の化学処理は牛久保が行い, 年代測定と安定同位体比  
 (δ<sup>13</sup>C)の測定は小元が行った。

#### 【沖縄島】

沖縄島からは国頭村の「謝敷」, 「辺土名沖」, 「赤丸  
 崎」, 「浜」から, 大宜味村からは「喜如嘉」, 「根路銘」,  
 「宮城」(第2図および写真1~3), 「津波」から試料を  
 採取した。今帰仁村では「崎山」, 本部町「後備浜原」お  
 よび「崎本部」から, 名護市からは「幸喜」および「喜瀬  
 から」, 恩納村からは「安富祖」, 「瀬良垣」, 「真栄田」か  
 ら試料を採取した。読谷村からは「儀間」, 「都屋」,  
 「渡具知」から試料を採取した。これらの試料の年代測  
 定結果についてはすでに報告(小元ほか, 2003)した。

本論には糸満市の「名城ビーチ南部」, 具志頭村の  
 「具志頭」, 宜野座村の「惣慶」, そして勝連町の「浜比嘉  
 島南部」の海岸から採取した試料が含まれている。試料  
 別では, 石灰質砂岩が5個, 化石サンゴが12個, そし  
 て貝化石が14個, 合計31個の試料である。なおKawa-  
 na and Pirazzoli (1985)は, 沖縄島および浜比嘉島南部

の合計6地点から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代を報  
 告しているが, 安定同位体比(δ<sup>13</sup>C)による補正や *res-  
 ervoir correction* は行われていない。

#### 【伊江島】

沖縄県伊江村からは, 伊江島南西部の4地点と, 南東  
 部の2地点から合計6個の試料を採取した。この中で,  
 「ニヤティガマ」と呼ばれている洞窟内から多くの試  
 料を採取し, 報告(小元, 1998b)した。試料別では, 石  
 灰質砂岩が13個, 化石サンゴが2個, そして貝化石が  
 11個である。

#### 【粟国島】

沖縄県粟国村からは, 粟国島南東部の「運内崎」から  
 東方の「ウーグ砂浜」にかけての海岸と, 北部の海岸か  
 ら合計6個の試料を採取し, 報告(小元, 1999b)した。  
 試料別では, 石灰質砂岩が3個, 化石サンゴが1個, そ  
 して貝化石が2個である。

#### 【久米島および周辺諸島】

沖縄県久米島町からは, 久米島の「しんり浜」および  
 「島尻海岸」, 奥武島の「南部」および「南東部」と, 奥武  
 島東方の州島「ハテノ浜」南部から採取した試料につい  
 てはすでに報告(小元, 2004a)した。その後, 倉橋  
 (2004)はオーハ島南西部の3地点と, その東方の「ハテ  
 ノ浜」東部の4地点から試料(NU-1626~1628, NU-



写真-1 おおぎみそんつは  
Photo-1 Oblique photograph showing a compound (double) beachrocks developed between Tuha (right) and Miyagi Island (left), Ohgimi Village, west coast of Okinawa Island. Names of left upper embayment, road and bridge are Shioya Bay, Route No.58 and Miyagi Bridge, respectively.



図2 おおぎみそんつは  
Figure 2 Geomorphic map (1:25,000) showing a compound beachrocks developed between Tuha and Miyagi Island, Ohgimi Village, west coast of Okinawa Island.



写真-2 津波（手前側）から宮城島（中景の半島状陸地）にかけて発達する分岐したビーチロック。低潮位時に撮影。

Photo-2 A compound (double) beachrocks developed between Tuha and Miyagi Island, Ohgimi Village, west coast of Okinawa Island. Photograph was taken at low tide level.



写真-3 高潮位時に津波（手前側）から宮城島（中景の半島状陸地）方向を撮影。ビーチロックは水没している。

Photo-3 Submerged beachrocks at high tide level developed between Tuha and Miyagi Island, Ohgimi Village, west coast of Okinawa Island.

表 3 沖縄諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変)  
 Table 3 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Okinawa Islands  
 (Modified Omoto, 2004c).

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>A: Iheiya Island</b>							
1	27° 02' 13"	0.9	Coral	NU-1369	-2.26	4035 ± 80	50;10;9
	127° 59' 10"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1370	2.45	920 ± 60	
	27° 04' 20"	0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1371	2.75	modern	
2	127° 59' 26"						6; 2; -
	26° 59' 44"	0	Coral	NU-1383	1.55	3475 ± 70	
	127° 56' 23"	0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1384	3.86	modern	
		0	Calcarenite	NU-1385	3.86	1650 ± 60	
3	26° 59' 27"	0.5	Coral	NU-1372	1.73	1135 ± 60	35;40:2-4
		0.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1373	1.96	1180 ± 60	
		0.5	Calcarenite	NU-1374	2.69	1290 ± 60	
4	127° 56' 11"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1375	2.57	795 ± 70	60; 8;3-8
		0.1	Coral	NU-1376	2.19	1510 ± 60	
	127° 55' 38"	0.1	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1377	3.38	moden	
		0.1	Calcarenite	NU-1378	2.05	1170 ± 60	
	26° 59' 44"	0.5	Coral	NU-1379	2.18	3080 ± 70	
	127° 55' 41"	0.5	Calcarenite	NU-1380	3.41	995 ± 60	
		0.5	Coral	NU-1381	1.53	905 ± 60	
5	27° 00' 17"	-0.4	Coral	NU-1386	1.30	4475 ± 70	100;10-15;0-7
	127° 56' 19"	-0.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1387	3.71	4345 ± 75	
<b>B: Izena Island *1</b>							
1	26° 58' 26"	1.1	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1399	1.15	3160 ± 70	100;20-30; 8
	127° 56' 48"	1.0	Calcarenite	NU-1400	0.53	830 ± 65	
		1.0	Coral	NU-1401	-3.49	690 ± 65	
2	26° 57' 03"	-0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1394	0.62	4135 ± 80	180;10-30; 6-7
	127° 56' 20"						
3	26° 56' 32"	1.6	Calcarenite	NU-1391	1.42	4140 ± 80	
	127° 57' 23"						
4	26° 53' 54"	0.8	Calcarenite	NU-1396	1.12	1750 ± 70	150;10-20; 6
	127° 55' 34"	0.8	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1397	-5.15	4175 ± 80	
<b>C: Okinawa Island</b>							
1	26° 46' 40"	0.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1550	-5.97	3950 ± 80	
	128° 12' 57"						
2	26° 44' 21"	-1	Coral	NU-1601	1.37	3640 ± 70	
	128° 09' 00"						
	26° 44' 04"	-2.9	Coral	NU-1602	1.38	3810 ± 70	
	128° 10' 15"						
	26° 44' 40"	-2.5	Coral	NU-1604	1.25	2550 ± 65	
3	128° 09' 27"	-2.9	Coral	NU-1606	2.30	4620 ± 75	600; 20; 7
	26° 42' 28"	0.8	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1551	-0.21	3990 ± 85	
	128° 08' 30"						
	26° 42' 27"	0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1608	2.88	1745 ± 60	
4	128° 08' 26"	-0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1609	0.56	620 ± 60	200; 8; 7
	26° 41' 31"	0.8	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1610	3.12	2530 ± 65	
5	128° 06' 32"						500;50; 6-8
	26° 39' 38"	0	Coral	NU-1611	1.60	3530 ± 70	
	128° 06' 03"						
	26° 39' 38"	0.5	Calcarenite	NU-1591	1.30	2710 ± 55	
	128° 05' 44"	0.5	Calcarenite	NU-1592	1.51	2680 ± 70	
		0.3	Coral	NU-1611	1.60	3540 ± 70	
	0	Calcarenite	NU-1612	1.03	950 ± 60		

表3 沖縄諸島から採取したビーチロック試料の $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変) [続]  
 Table 3 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Okinawa Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	$^{14}\text{C}$ Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
6	26° 39' 27"	0.6	Coral	NU-1554	-3.5	3650 ± 70	
	128° 05' 34"						
	26° 39' 00"	0.3	Coral	NU-1557	-1.53	2800 ± 65	
	128° 05' 15"						
7	26° 42' 13"	1.4	Calcarenite	NU-1594	2.79	1725 ± 60	200; 20; 6
	127° 58' 19"	1.3	Calcarenite	NU-1595	2.09	1700 ± 65	
		0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1596	2.47	1390 ± 65	
		0.5	Coral	NU-1597	1.95	1080 ± 60	
8	26° 42' 10"	1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1549	-4.67	1380 ± 60	200; 20; 3
	127° 52' 53"						
	26° 42' 31"	-0.8	Calcarenite	NU-1598	1.78	7290 ± 90	
	127° 52' 46"						
9	26° 37' 36" 127° 53' 13"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1552	-1.45	3905 ± 75	20; 12; 9
10	26° 32' 32" 127° 57' 08"	0.2	Coral	NU-1556	-4.44	4175 ± 80	
11	26° 32' 00"	0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1553	-3.03	3560 ± 70	
	127° 56' 24"	1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1559	-0.50	2730 ± 70	
12	26° 32' 16" 127° 56' 12"	0.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1599	3.91	2500 ± 70	250; 10; 6
13	26° 23' 30"						
	127° 43' 15"	1.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1544	1.80	3765 ± 80	
14	26° 25' 35"	0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1547	0.14	1250 ± 65	
	127° 45' 30"						
15	26° 23' 30"	1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1541	-1.62	1310 ± 65	
	127° 43' 15"						
16	26° 25' 03"	0.7	Calcarenite	NU-1577	5.63	3210 ± 85	150; 25; 3-4
	127° 43' 09"	0.1	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1578	3.68	2270 ± 65	
17	26° 21' 40"	0.6	Coral	NU-1548	-4.15	4710 ± 75	200; 30; 8
	127° 44' 15"						
	26° 23' 48"	1.0	Calcarenite	NU-1574	3.42	2315 ± 65	
	127° 43' 32"	0.9	Coral	NU-1575	2.48	1830 ± 65	
		1.1	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1576	4.06	1890 ± 75	
18	26° 42' 12"	1.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1615	2.44	4985 ± 80	200; 20; 6
	127° 58' 21"						
19	26° 38' 59"	-0.4	Coral	NU-1613	1.65	3680 ± 70	20; 4; 3
	128° 05' 24"						
20	26° 28' 09"	0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1662	2.41	2040 ± 55	200; 30; 6-8
	127° 58' 12"	0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1663	2.96	1720 ± 50	
		0.7	Coral	NU-1664	1.51	2090 ± 65	
		1.0	Calcarenite	NU-1665	1.53	2370 ± 65	
		0.8	Coral	NU-1666	0.38	1885 ± 70	
		1.0	Coral	NU-1667	0.42	2205 ± 65	
		0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1668	4.11	2140 ± 85	
21	26° 22' 00"	-0.1	Coral	NU-1694	-1.08	1400 ± 60	150; 25; 3-4
	127° 44' 11"	-0.1	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1695	3.71	1305 ± 50	
		-0.1	Coral	NU-1696	1.82	2825 ± 55	
22	26° 18' 39"	1.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1686	2.72	5420 ± 70	80; 19; 8
	127° 57' 25"	1.8	Coral	NU-1687	1.36	3285 ± 55	
		1.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1688	2.00	4220 ± 60	
		1.2	Coral	NU-1689	0.50	3110 ± 70	

表3 沖縄諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変) [続]  
 Table 3 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Okinawa Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ <sub>PDB</sub>	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
23	26° 07' 12" 127° 45' 03"	2.8	Coral	NU-1690	-0.70	4050 ± 60	20; 15; 6
		2.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1691	1.82	1255 ± 65	
	2.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1692	1.77	1340 ± 60		
	2.8	Coral	NU-1693	0.73	3540 ± 70		
	1.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1542	-1.66	1485 ± 70		
24	26° 05' 37" 127° 39' 37"	0	Calcarenite	NU-1669	0.60	2235 ± 50	5; 3; 2
		0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1670	2.44	2990 ± 55	
<b>D: Ie Island</b>							
1	26° 42' 45" 127° 49' 45"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1057	4.16	4440 ± 75	50; 50; 6-7
		0.3	Calcarenite	NU-1065	2.03	2930 ± 75	
2	26° 42' 48" 127° 45' 09"	0.8	Calcarenite	NU-1060	2.54	1845 ± 65	
3	26° 42' 30" 127° 46' 26"	0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1061	3.23	3340 ± 70	00; 10; 4
		0.9	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1062	2.60	2520 ± 70	
		0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1086	2.48	3025 ± 75	
4	26° 42' 30" 127° 46' 21"	1.2	Coral	NU-1063	0.63	3400 ± 95	
5	26° 42' 38" 127° 46' 14"	1.0	Calcarenite	NU-1064	2.84	2330 ± 70	70; 20; 8
6	26° 42' 31" 127° 46' 14"	2.4	Calcarenite	NU-1067	1.75	3070 ± 70	
		2.5	Calcarenite	NU-1068	1.57	3090 ± 70	
		2.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1069	0.95	2630 ± 70	
		2.5	Calcarenite	NU-1077	2.89	2680 ± 90	
		2.5	Calcarenite	NU-1078	2.20	3710 ± 85	
		2.3	Calcarenite	NU-1079	1.72	3320 ± 80	
		4.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1080	1.67	3535 ± 85	
		4.4	Calcarenite	NU-1081	1.95	2520 ± 80	
		4.8	Calcarenite	NU-1082	2.54	2910 ± 80	
		2.0	Coral	NU-1121	3.51	1710 ± 70	
		2.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1122	6.03	2600 ± 70	
		2.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1123	5.41	2280 ± 70	
		2.9	Calcarenite	NU-1124	1.46	2840 ± 70	
2.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1214	1.43	2400 ± 90			
2.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1215	2.75	2290 ± 90			
2.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1216	1.99	2270 ± 90			
2.8	Calcarenite	NU-1217	0.15	2800 ± 110			
2.9	Calcarenite	NU-1218	1.09	2890 ± 90			
<b>E: Aguni Island</b>							
1	26° 36' 07" 127° 13' 56"	0.7	Calcarenite.	NU-931	1.59	4050 ± 90	-; -; -
2	26° 35' 26" 127° 14' 50"	0.7	Calcarenite.	NU-929	1.18	5100 ± 80	-; -; -
3	26° 34' 49" 127° 14' 36"	1.3	Coral	NU-909	未計測	3360 ± 85	200; 20; 5-8
		2.0	Calcarenite.	NU-910	1.18	3270 ± 70	
		1.6	<i>Lunatica marmorata</i>	NU-927	3.42	3310 ± 80	
4	26° 34' 38" 127° 14' 25"	0.4	<i>Acropora sp.</i>	NU-935	-0.16	2210 ± 70	-; -; -
		0.3	<i>Lunatica marmorata</i>	NU-936	2.72	2470 ± 110	

表3 沖縄諸島から採取したビーチロック試料の $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変) [続]  
 Table 3 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Okinawa Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	$^{14}\text{C}$ Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>F: Kume Island</b>							
1	26° 21' 04" 126° 43' 03"	1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1298	2.54	2580 ± 65	150; 10; 6-8
		0.8	Coral	NU-1299	0.45	3350 ± 70	
		0.8	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1300	1.83	2285 ± 65	
		0.9	Coral	NU-1301	-2.08	2820 ± 65	
		0.9	Calcarenite	NU-1302	1.20	2510 ± 65	
		1.0	Coral	NU-1303	0.35	2945 ± 65	
		1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1304	1.95	2280 ± 65	
		1.0	Coral	NU-1305	2.31	3360 ± 70	
		1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1306	0.52	3450 ± 70	
2	26° 18' 13" 126° 48' 21" 26° 18' 06" 126° 48' 29" 26° 17' 58" 126° 48' 34" 26° 17' 59" 126° 48' 32" 26° 18' 01" 126° 48' 31"	2.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1046	2.50	3605 ± 70	200; 30; 5-8
		1.8	Calcarenite	NU-1047	1.61	4100 ± 80	
		2.3	Calcarenite	NU-1048	1.73	4260 ± 85	
		0.9	Calcarenite	NU-1049	1.88	4080 ± 80	
		0.7	Coral	NU-1289	-1.01	3845 ± 70	
		0.7	Calcarenite	NU-1288	3.43	3565 ± 70	
		0.7	Coral	NU-1290	-0.26	3590 ± 70	
		2.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1291	2.15	3615 ± 70	
		0.7	Coral	NU-1292	2.23	2280 ± 65	
		0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1293	2.39	3470 ± 70	
<b>G: Oh Island</b>							
1	26° 20' 09" 126° 49' 57" 26° 20' 06" 126° 50' 09" 26° 20' 09" 126° 49' 48"	0.8	Calcarenite	NU-911	1.20	2660 ± 85	500; 10; 5-8
		0.5	Calcarenite	NU-912	2.89	2570 ± 100	
		0	Calcarenite	NU-913	1.53	2710 ± 100	
		0.7	Calcarenite	NU-921	2.15	2650 ± 85	
		0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-922	3.37	1585 ± 75	
		0.8	Calcarenite	NU-923	1.94	2895 ± 75	
		0.2	Coral	NU-953	0.62	2800 ± 75	
		0.2	Calcarenite	NU-954	0.17	3605 ± 75	
2	26° 20' 06" 126° 49' 48"	0.6	Calcarenite	NU-1294	2.12	2070 ± 65	
		0.5	Coral	NU-1295	1.33	1710 ± 75	
		0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1296	1.67	1265 ± 60	
3	26° 19' 56" 126° 50' 07"	0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1297	1.12	2535 ± 65	
		0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1296	1.67	1265 ± 60	
		0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1297	1.12	2535 ± 65	
<b>H: Hatenuhama Beach-1</b>							
1	26° 20' 26" 126° 53' 21"	0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1621	1.12	1800 ± 60	500; 30; 5-8
		0	Calcarenite	NU-1623	1.21	1880 ± 60	
		-0.6	Calcarenite	NU-1624	2.35	1990 ± 60	
		-0.8	Calcarenite	NU-1625	2.76	2030 ± 60	
<b>H: Hatenuhama Beach-2 *2</b>							
2	26° 20' 29" 126° 53' 25"	-0.8	Calcarenite	NU-1630	4.05	1515 ± 65	400-500; 25-30; 5-8
		-1.0	Calcarenite	NU-1632	4.06	1350 ± 60	
3	26° 20' 29" 126° 53' 25"	-1.0	Calcarenite	NU-1632	4.06	1350 ± 60	60-80; 15-25; 6-8
		0.1	Calcarenite	NU-1682	3.11	1105 ± 60	
4	26° 20' 29" 126° 53' 28"	0.1	Calcarenite	NU-1682	3.11	1105 ± 60	60-80; 15-25; 6-8
		-0.1	Calcarenite	NU-1683	2.74	3910 ± 70	
5	26° 20' 29" 126° 53' 29"	-0.1	Calcarenite	NU-1683	2.74	3910 ± 70	60-80; 15-25; 6-8
		-0.1	Calcarenite	NU-1683	2.74	3910 ± 70	

表 3 沖縄諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変) [続]  
Table 3 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Okinawa Islands  
(Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>I: Oha Island *2</b>							
1	26° 20' 12" 126° 50' 17"	1.1	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1626	2.21	1235 ± 60	60-80;30-35;6-8
2	26° 20' 14" 126° 50' 12"	0.8	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1627	3.06	880 ± 60	35;5-8;8-11
3	26° 20' 17" 126° 50' 12"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1628	3.02	4460 ± 75	20;10-15;4-6
<b>J: Zamami-Island</b>							
1	26° 13' 41" 127° 17' 14" 26° 13' 39" 127° 17' 15"	1.1 1.0	<i>Tridacna sq.</i> <i>Tridacna sq.</i>	NU-1025 NU-1026	2.83 4.17	3605 ± 85 1640 ± 65	70; 11; - 30; 7; -
2	26° 13' 32" 127° 17' 49" 26° 13' 42" 127° 17' 26"	1.3 0.8 0.6	<i>Tridacna sq.</i> <i>Tridacna sq.</i> Calcarenite	NU-1027 NU-1023 NU-1024	2.05 1.18 2.28	5020 ± 160 4930 ± 95 4740 ± 95	-; 10; 0 50; 8; 0
3	26° 13' 00" 127° 18' 36" 26° 13' 09" 127° 18' 21"	0 0	<i>Tridacna sq.</i> <i>Tridacna sq.</i>	NU-1033 NU-1034	2.89 4.35	1190 ± 60 840 ± 60	200;10;8 100; 8; 8-10
4	26° 13' 32" 127° 18' 38"	0.8 0	<i>Tridacna sq.</i> Coral	NU-1036 NU-1335	3.35 6.83	5235 ± 110 moden	20; 8; -
5	26° 13' 57" 127° 18' 44" 26° 13' 55" 127° 19' 43"	0.6 0.6 0.6 0	<i>Tridacna sq.</i> Calcarenite <i>Tridacna sq.</i> Coral	NU-1028 NU-1029 NU-1030 NU-1031	3.48 3.15 3.86 2.74	1960 ± 85 2470 ± 70 1400 ± 70 955 ± 60	50; 20; 8-10 20; 8; -
6	26° 14' 14" 127° 18' 40"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1032	5.07	1940 ± 70	
<b>K: Tokashiki Island *3</b>							
1	26° 10' 18" 127° 20' 48"	0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1659	2.89	4940 ± 75	25; 5;10
2	26° 11' 00" 127° 20' 04"	1.0	<i>Acropola sp.</i>	NU-1660	-0.59	2565 ± 65	4; 8; 8
<b>L: Aka Island *3</b>							
1	26° 11' 59" 127° 17' 02"	0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1661	3.27	1620 ± 60	17; 4;8
2	26° 11' 23" 127° 17' 23"	0.1	<i>Acropola sp.</i>	NU-1684	0	1125 ± 85	40; 6;5
<b>M: Geruma Island *3</b>							
1	26° 11' 23" 127° 16' 05"	0.2	<i>Acropola sp.</i>	NU-1685	-1.23	1765 ± 65	150; 4; 5

\*1 試料は牛久保 (2002) が採取した。 \*2 試料は倉橋 (2004) が採取した。 \*3 試料は青山 (2004) が採取した。

\*1 Samples were collected by Ushikubo (2002). \*2 Samples were collected by Kurahashi (2004).

\*3 Samples were collected by Aoyama (2004).

1630, NU-1632, NU-1680, および NU-1683) を採取した。  
その結果、久米島および周辺諸島から採取した試料の合計は41個に達している。試料別では、石灰質砂岩が18個、化石サンゴが9個、そして貝化石が14個である。

#### 【座間味島および周辺諸島】

沖縄県座間味村からは、座間味島東端 (唐馬<sup>とうま</sup>) の半島の東西の砂浜、「阿佐港」の北部および南端部、座間味島西部の「深城の崎<sup>ふかしろ</sup>」と「深城の崎」北部から合計13個

の試料を採取し、報告(小元, 1999a)した。また青山(2004)は、座間味島東南部に位置する渡嘉敷島中央の西海岸、渡嘉敷島西方に位置する阿嘉島の東海岸と南海岸、阿嘉島南東に位置する慶留間島の北海岸から合計5個の試料(NU-1659, 1660, 1661, 1664, 1665)を採取した。試料別では、石灰質砂岩が2個、化石サンゴが4個、そして貝化石が12個である。青山が採取した試料の化学処理は青山自身が行い、年代測定と安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )の測定は小元が行った。

渡嘉敷島、阿嘉島、渡名喜島については河名(1996)の報告があるが、その位置、高度、安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )は不明である。

以上記載した沖縄諸島から採取した試料の詳細を表3に示す。

### (3) 先島諸島

ビーチロックは先島諸島を構成する島々のうち、宮古島、多良間島、石垣島、鳩間島、西表島、小浜島、竹富島、黒島、与那国島、および波照間島の合計10島から採取した。すなわち宮古島から27個、多良間島から8個、石垣島から27個、鳩間島から2個、西表島から12個、小浜島から2個、竹富島から6個、黒島から6個、与那国島から4個、および波照間島から13個、合計107個の試料を採取した。試料の種類別では、石灰質砂岩が43個、化石サンゴが27個、そして貝化石が37個である。各島の試料採取地点を下記に記載する。

#### 【宮古島】

宮古島からは、1993年に沖縄県城辺町の「東平安岬」から1個の試料を採取し、報告(小元, 1995)した。その後、沖縄県平良市の宮古島北西に位置する池間島の「池間」、宮古島の東岸の「南静園」、真謝漁港、山川東方の「火葬場」の東の海岸(平瀬尾神崎の南西約1km)、沖縄県城辺町与名浜崎の西方約1.5kmの「長北地区」、嶺原北部の海岸、「新城海岸」、「吉野海岸」、「東平安岬」の北岸、東平安岬方向へ伸びる半島の付け根の湾入部、その西方の砂浜、「友利の南部海岸」、沖縄県下地町南東端の「スガエネの南部海岸」、「来間島の西岸」、沖縄県平良市「久松」の北西海岸、「犬崎」の南東約600mの大浦湾西岸、「宮古養護学校」の西の海岸2箇所の各地点から合計25個の試料を採取し、その中の25個の測定結果を報告(小元, 1999e, 2004c)した。試料別では、石灰質砂岩が11個、化石サンゴが5個、そして貝化石が11個である。

なお宮古島のビーチロックについては、Kawana and Pirazzoli (1984)が詳細な分布図を示し、かつ4個の試料

の年代(安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )による補正なし)を報告している。また河名(2003)は、上記の試料に加えて更に2個のビーチロックの年代を報告しているが、いずれも個々の試料に関する安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )は報告されていない。

#### 【多良間島】

多良間島の地形図には地名の表記が少なく、試料採取地点を地名をもって表記することは不可能である。試料採取地点は、主要な集落のある北部の沖縄県多良間村多良間港の東方約500m地点、地形図上では島の東部に記載されている「製糖工場」北東の海岸、そして南部の海岸の合計3箇所である。これらの地点から合計8個の試料を採取し、年代測定結果を報告(小元, 1997a)した。試料別では、石灰質砂岩が5個、化石サンゴが1個、そして貝化石が2個である。

#### 【石垣島】

石垣島からは、沖縄県石垣市「平久保」、「玉取崎」、「大浜」、「大崎の北西海岸」、「御神崎」、「地底」、「川平」、「吉原」、「米原」および「久宇良」から合計27個の試料を採取し、年代測定結果について報告(小元, 2003b)した。試料別では、石灰質砂岩が8個、化石サンゴが13個、そして貝化石が6個である。

#### 【鳩間島】

鳩間島では、沖縄県竹富町鳩間の「鳩間漁港」西部の砂浜で2個のシャコ貝を採取した。

#### 【西表島】

西表島については沖縄県竹富町「祖納」および「星砂浜」から採取した試料の年代測定結果について報告(小元, 2000d, Omoto, 2004b)した。その後の調査により新たに西表島北部の海岸(赤離島の南東方)および西表島南東部の南風見崎西方の「ハーレ浜」と、その西方の「豊原」の南西海岸から、合計12個の試料を採取した。試料別では、石灰質砂岩が5個、化石サンゴが3個、そして貝化石が4個である。

#### 【小浜島】

小浜島西端の沖縄県竹富町「細崎」で、石灰質砂岩と貝化石を各1個ずつ採取した。

#### 【竹富島】

竹富島からは、沖縄県竹富町西屋敷の西方、「西棧橋」の南北2カ所から合計6個の試料を採取した。試料別では、石灰質砂岩が3個、化石サンゴが2個、そして貝化石が1個である(Omoto, 2004b)。

#### 【黒島】

黒島からは、沖縄県竹富町西北部の「放牧場」の西海岸と「保里」の西海岸から合計6個の試料を採取し、そ

の年代測定結果について報告 (小元, 1997c) した。試料別では、石灰質砂岩が5個と貝化石が1個である。

なお黒島のビーチロックについては, Ota *et al.* (1985) が「保里」の西海岸から採取した1個の年代を報告しているが、安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は報告されていない。

#### 【与那国島】

与那国島からは、沖縄県与那国町「ダヌヌ浜」と「久部良」から合計4個の試料を採取し、その年代測定結果について報告 (小元, 2003a) した。試料別では、石灰質砂岩が2個、化石サンゴが1個、そして貝化石が1個である。なお木村ほか (2003) は、「与那国空港」の東に隣接する海岸から採取したビーチロックの年代 ( $\delta^{13}\text{C}$  補正済) を報告している。

#### 【波照間島】

沖縄県竹富町波照間島の西部、「波照間港」の東部、「北浜」および「ペムチ浜」から合計13個の試料を採取し、その年代測定結果について報告 (小元, 2003a) した。試料別では、石灰質砂岩が3個、化石サンゴが2個、そして貝化石が8個である。

以上記載した先島諸島から採取した試料の詳細を表4に示す。

### 3 データの内容

奄美諸島、沖縄諸島、先島諸島から採取した試料を表2から表4にまとめた。なおデータの引用を考慮し、データの記載を北の島から南の島へのデータとなるよう (追加分を除く) 配慮した。原資料は、南西諸島において野外調査を行い、ビーチロックの分布状態 (長さ、幅、連続性、走向傾斜、海岸線との関係、高度、開析状態など) や構成物質の特徴を観察して作成した記録と、おもに  $\beta$  カウント法による  $^{14}\text{C}$  年代測定および安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定結果にもとづいている。現地調査の際には、レーザーレベルやハンドレベルにより海浜地形の断面測量を行った。この時に得られた測量データも重要な資料であり、必要に応じて報告 (小元, 1999b, 2004a など) してきた。

#### 【島名に続く番号】

各島から採取した試料の採取地点の詳細は、幾つかの島々についてはすでに概略図または1/25,000地形図上にマークして報告 (小元, 1994ほか多数) してきた。この場合、記載の便宜上調査した島の北部から時計回りまたは反時計回りに地点番号を付けた。なおほぼ同一地点で複数の試料を採取した場合は、同一地点番号で表現してある。

#### 【試料採取地点の位置】

試料採取地点の緯度および経度は、GPSにより測定し世界座標 (WGS84) で表示した。ただし地形図上で計算によって求めた緯度・経度を記載した例も若干含まれている。

#### 【試料採取地点の高度】

試料採取地点の高度は、調査時点に観測および測量したデータにもとづき、奄美諸島は名瀬港、沖縄諸島は那覇港、先島諸島は平良港または石垣港の潮汐データにより補正した平均海面からの高度である。ただしデータの中には、近くに適当な検潮所がなかった場合、低潮位または高潮位のデータから高度を推定したものも含まれている。

#### 【試料の鑑定】

化石サンゴの鑑定は、その大部分を関西大学の木庭元晴教授にお願いした。貝化石の鑑定は、小元が久保・黒住 (1995) を参照して行った。

#### 【 $^{14}\text{C}$ 年代測定】

1987年までに現地調査により採取した試料の  $^{14}\text{C}$  年代測定は、前任校の東北大学理学部地理学教室の  $^{14}\text{C}$  年代測定装置を使用して行った。しかし1988年以降の試料については日本大学年代測定室で化学処理 (小元, 1993, 1996b) の後、おもに  $\beta$  カウント法で試料の  $^{14}\text{C}$  年代を測定した。

#### 【 $\delta^{13}\text{C}$ の測定】

同位体補正のため必須な炭素の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定は、年代測定に使用した二酸化炭素、または年代測定のために化学処理して生成した炭酸カルシウムを使用して、Micromass社製のIsoPrimeによって2001年から測定 ( $\delta^{13}\text{C}$  未測定試料も含む) を開始した。

#### 【 $^{14}\text{C}$ 年代の補正】

$^{14}\text{C}$  年代の補正は次の通りである。本論では個々の  $^{14}\text{C}$  年代測定値を安定同位体比にもとづき補正した年代を記載した。本論での議論では、さらに海洋表層水の *reservoir correction* として400年 (Stuiver and Braziunas, 1993) を減じた数値を用いた。ただし暦年代への補正は行っていない。

#### 【ビーチロックの規模】

汀線と平行または斜交するビーチロックの長さ、陸側から海側までの長さ (幅)、マイクロ・ケスタ状を呈するスラブの海側への傾きについて、現地調査時のデータにもとづき記載した。

以上が表2から表4までの記載内容に関する説明である。

表 4 先島諸島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004c を改変)  
 Table 4 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Sakishima Islands  
 (Modified Omoto, 2004c).

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>A: Iriomote Island</b>							
1	24° 23' 14" 123° 44' 49"	-0.3	Calcirudite	NU-1170	8.40	3455 ± 60	
2	24° 26' 12" 123° 46' 41"	0.6	Calcirudite	NU-1165	5.57	3840 ± 60	40; 5-6; 4
		0.5	<i>Goniastrea sq.</i>	NU-1166	2.10	4310 ± 60	
		1.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1167	3.50	3870 ± 60	
		1.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1168	8.37	3770 ± 60	
		1.3	Calcirudite	NU-1169	2.42	3980 ± 60	
3	24° 23' 50" 123° 52' 45"	0	<i>Acropora sp.</i>	NU-1286	0.51	3640 ± 60	10; 10; 7
4	24° 15' 05" 123° 52' 29"	0.9	<i>Tridacna sq.</i> Calcarenite	NU-1287 NU-1281	4.86 0.53	3830 ± 60 1135 ± 60	30; 5; 6
5	24° 15' 14" 123° 51' 38"	0.9	Calcarenite	NU-1283	-0.37	2690 ± 70	
	Calcirudite	0.7	Coral	NU-1284	2.44	1690 ± 70	
		0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1285	5.09	1170 ± 65	
<b>B: Ishigaki Island</b>							
1	24° 20' 29" 124° 11' 52" 24° 20' 29" 124° 11' 52" 24° 20' 29" 124° 11' 52"	1.6	<i>Cyphastrea sp.</i>	NU-1147	0.59	2060 ± 65	
		1.7	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1148	1.86	2225 ± 85	
		0.7	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1149	0.76	2360 ± 65	
2	24° 29' 12" 124° 16' 29" 24° 29' 12" 124° 16' 29"	0.2	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1150	1.50	890 ± 65	200; 5; 7
		0.2	Calcirudite	NU-1151	7.86	1640 ± 65	200; 5; 7
3	24° 36' 23" 124° 19' 55" 24° 36' 23" 124° 16' 29"	0	<i>Polites sp.</i>	NU-1152	4.60	1365 ± 65	10; 8-15; -
		0	Calcarenite	NU-1153	7.03	1800 ± 65	10; 8-15; -
4	24° 26' 46" 124° 04' 45" 24° 26' 46" 124° 04' 45" 24° 26' 46" 124° 04' 45"	-0.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1154	6.11	1420 ± 65	10; 3; 8
		-0.3	<i>Cyphastrea sp.</i>	NU-1155	0.46	1225 ± 65	
		-0.2	Calcirudite	NU-1156	7.16	1715 ± 65	10; 3; 8
5	24° 28' 26" 124° 08' 10" 24° 28' 26" 124° 08' 10" 24° 28' 25" 124° 08' 10" 24° 28' 25" 124° 08' 10"	0.8	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1157	8.63	1680 ± 65	-; 15; 7
		0.8	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1158	5.24	1880 ± 70	
		0.5	Calcarenite	NU-1159	9.40	2260 ± 65	
		0.1	Calcirudite	NU-1160	8.79	2530 ± 95	

表 4 先島諸島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変) [続]  
 Table 4 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Sakishima Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
6	24° 27' 15"	0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1161	9.40	1930 ± 65	
	124° 09' 27"						
	24° 27' 15"	0	<i>Cyphastrea sp.</i>	NU-1163	7.04	1740 ± 65	
	124° 09' 27"						
7	23° 26' 51"	0.3	<i>Hippopus</i>	N-3711 * <sup>1</sup>	未計測	1130 ± 75a	90;17; -
	124° 09' 27"		<i>hippopus</i>				
8	24° 28' 09"	0.8	<i>Hippopus</i>	N-3710 * <sup>1</sup>	未計測	1130 ± 75a	150;15; -
	124° 09' 27"		<i>hippopus</i>				
9	24° 43' 46"						100; 10; 7
	125° 26' 14"	0	Calcarenite	NU-1497	-2.54	1140 ± 60	
		0	Coral	NU-1498	0.42	1145 ± 60	
10	24° 25' 14"		<i>Tridacna sq.</i>	NU-1499	3.98	870 ± 60	60; 4; 8
	124° 04' 53"	0	Coral	NU-1517	3.98	2000 ± 60	
		0	Shell	NU-1518	4.67	2000 ± 60	
		0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1519	3.67	2050 ± 60	
11	24° 28' 18"	0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1520	4.40	4230 ± 70	200; 40; 7
	124° 07' 20"	0.5	Coral	NU-1265	-1.1	2840 ± 65	
		0.5	Coral	NU-1266	0.29	2850 ± 70	
		0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1267	1.92	2560 ± 70	40; 5; 6
12	24° 33' 47"	0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1268	2.82	3230 ± 85	
	124° 16' 58"	0	Calcarenite	NU-1486	3.47	1500 ± 85	
		0	Coral	NU-1489	2.50	1490 ± 80	
		0	Calcarenite	NU-1490	3.45	1540 ± 80	
<b>C: Miyako Island</b>							
1	24° 55' 32"	-0.3	Calcarenite	NU-1129	4.72	1490 ± 70	150;4-6;5-6
	125° 15' 21"						
	24° 55' 32"	-0.3	Calcarenite	NU-1130	2.44	2000 ± 65	
	125° 15' 18"						
2	24° 50' 12"	0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1131	1.36	1500 ± 70	400-500;50; 6-8
	125° 18' 50"						
	24° 50' 12"	0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1132	3.84	780 ± 65	
	125° 18' 50"						
	24° 50' 14"	0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1133	4.92	1620 ± 65	
	125° 18' 46"						
	24° 50' 00"	0.5	<i>Tridacna sq.</i>	N-4168a * <sup>2</sup>	未計測	880 ± 70	400;70; -
	125° 18' 50"						
3	24° 50' 00"	0.8	<i>Tridacna sq.</i>	N-4169a * <sup>2</sup>	未計測	1970 ± 60	400;70; -
	125° 18' 50"						
	24° 49' 02"	-0.3	Calcirudite	NU-1134	1.18	1780 ± 65	40-50; 2-5;6
	125° 19' 51"						
4	24° 48' 28"	-0.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1135	4.55	1615 ± 65	
	125° 19' 56"						
4	24° 44' 34"	-0.3	Calcarenite	NU-1136	1.93	1220 ± 65	200;10; 7
	125° 26' 41"						
5	24° 43' 03"	-0.3	Calcarenite	NU-612	0.84	1980 ± 80	100; 5-10;6-10
	125° 28' 04"						
6	24° 43' 49"	-0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1137	3.39	1645 ± 65	300;5-10; 7
	125° 27' 02"						
	24° 43' 49"	-0.2	Calcarenite	NU-1138	-0.08	1790 ± 70	
	125° 27' 02"						
6	24° 43' 49"	-0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1139	2.07	1710 ± 65	
	125° 27' 02"						

表 4 先島諸島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変) [続]  
 Table 4 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Sakishima Islands  
 (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	Sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
7	24° 43' 30" 125° 26' 30"	1.2	<i>Tridacna sq.</i>	N-4167	未計測	Modern	300;20; -
8	24° 40' 17" 125° 21' 34"	0.3	<i>Tridacna sq.</i>	N-3825	未計測	Modern	50;18; -
9	24° 43' 07" 125° 17' 53"	0.2	Calcarenite	NU-1141	1.28	1635 ± 65	50;12; 8
	24° 43' 07" 125° 17' 53"	0.2	<i>Polites sp.</i>	NU-1142	0.78	2375 ± 70	
10	24° 43' 32" 125° 14' 24"	-0.3	Calcarenite	NU-1125	2.09	3780 ± 75	2-5; 2-3; 5
	24° 43' 27" 125° 14' 23"	-0.3	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1126	2.66	3990 ± 80	
	24° 43' 27" 125° 14' 27"	1.8c	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1127	5.41	3605 ± 75	
11	24° 47' 43" 125° 15' 38"	-0.2	Calcirudite	NU-1140	1.75	1900 ± 65	15; 4-5; 5
12	24° 51' 11" 125° 27' 31"	-0.2	<i>Goniastrea sp.</i>	NU-1128	0.56	3010 ± 75	50;10; 8
13	24° 43' 18" 125° 27' 45"	0	Calcarenite	NU-1513	2.43	1260 ± 60	150; 7; 7
		0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1514	4.41	880 ± 60	
		0	Coral	NU-1516	1.63	1700 ± 60	
14	24° 43' 46" 125° 26' 14"	0	Calcarenite	NU-1497	-2.54	1140 ± 60	100; 10; 7
		0	Coral	NU-1498	0.42	1155 ± 60	
			<i>Tridacna sq.</i>	NU-1499	3.98	870 ± 60	
<b>D: Hateruma Island</b>							
1	24° 02' 38" 123° 47' 01"	1.3	Calcarenite	NU-1325	2.48	4265 ± 75	40; 10; 6
		1.3	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1326	2.31	4085 ± 75	
		2.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1327	3.10	4590 ± 80	
		2.4	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1328	2.09	3500 ± 70	
		3.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1331	3.58	5210 ± 80	
2	24° 03' 32" 123° 45' 40"	3.1	Calcarenite	NU-1332	2.71	4490 ± 85	5+; 20; -
		1.0	Coral	NU-1334	1.40	1630 ± 60	
		1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1335	4.20	1210 ± 60	
3	24° 03' 53" 123° 46' 23"	1.0	Calcarenite	NU-1336	3.30	1655 ± 60	150; 7; 7
		0.5	Coral	NU-1337	1.81	1860 ± 60	
		0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1338	4.45	1970 ± 60	
		0.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1339	4.21	1960 ± 60	
		0	Shell	NU-1340	3.87	2020 ± 60	
<b>E: Yonaguni Island</b>							
1	24° 19' 40" 124° 04' 53"	0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1311	0.92	modern	
2	24° 27' 40" 122° 57' 25"	2.0	Calcarenite	NU-1307	0.67	4760 ± 75	-; -; -
		1.5	Coral	NU-1308	3.57	1950 ± 65	
		1.5	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1309	6.70	1615 ± 60	
3	24° 26' 38" 122° 56' 28"	0	Calcarenite	NU-1310	2.35	940 ± 80	20; 8; -
4*	24° 27' 52" 122° 59' 22"	-0.4	<i>Tridacna sq.</i>	NUTA-3552* <sup>3</sup>	2.30	2490 ± 30	-; -; -
		-0.4	Coral fragments	NUTA-3553* <sup>3</sup>	0.10	2290 ± 30	
<b>F: Hatoma Island</b>							
1	24° 28' 19" 128° 48' 55"	1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1572	3.41	2570 ± 65	200;15;6-8
		1.0	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1573	4.93	2650 ± 65	

表 4 先島諸島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004c を改変) [続]  
Table 4 Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Sakishima Islands (Modified Omoto, 2004c). (Continued)

Location number	latitude (N) longitude (E)	Elevation (m.a.s.l.)	sample material	Lab. nr.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰PDB	<sup>14</sup> C Age (y BP) (corrected)	Beachrock length (m) ; width (m) ; inclination (deg)
<b>G:Kohama Island</b>							
1	24° 19' 56"	0.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1323	2.53	4015 ± 75	50; 9; 7-9
	123° 57' 19"	0.2	Calcarenite	NU-1324	1.82	1810 ± 70	
<b>H:Taketomi Island</b>							
1	24° 19' 40"	1.2	Calcarenite	NU-1314	2.95	2210 ± 65	200; 7-10; 6-8
	124° 04' 53"	1.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-1315	5.16	1765 ± 60	
		1.2	Coral	NU-1316	4.09	1750 ± 60	
		1.2	Calcarenite	NU-1317	4.11	1660 ± 60	
2	24° 19' 08"	0.9	Calcarenite	NU-1320	2.95	1920 ± 65	2 × 5 m block
	124° 04' 42"	0.9	Coral	NU-1321	1.74	1645 ± 60	20; 6-11; 6
<b>I:Kuro Island</b>							
1	24° 15' 13"	0	Calcarenite	NU-770	1.95	4950 ± 95	40; 5; 3
	123° 59' 58"	0	Calcarenite	NU-773	0.98	5050 ± 100	8; 1; 6
2	24° 14' 46"	0	Calcarenite	NU-774	1.79	2430 ± 85	50; 5; 6
	123° 59' 32"						
3	24° 14' 43"	0.5	Calcarenite	NU-775	1.61	3520 ± 85	15; 10; 7
	123° 59' 26"	0.5	Calcarenite	NU-776	1.39	3350 ± 85	
		0.6	<i>Tridacna sq.</i>	NU-777	2.91	2450 ± 85	
<b>J:Tarama Island</b>							
1	24° 40' 24"	0.4	Calcarenite	NU-780	-0.16	2720 ± 80	-; -; -
	124° 42' 42"						
2	24° 38' 15"	1.0	Calcarenite	NU-781	1.98	2830 ± 85	300; 5; 2
	124° 41' 58"	0.8	<i>Acropora sp.</i>	NU-782	-0.29	1740 ± 80	
3	24° 38' 24"	1.2	Calcarenite	NU-784	1.80	2360 ± 85	25; 8; 5-7
	124° 41' 15"	1.2	<i>Tridacna sq.</i>	NU-785	2.46	2285 ± 85	
4	24° 40' 24"	1.2	Calcarenite	NU-791	2.06	1640 ± 75	25; 5; 3
	124° 42' 42"						
5	24° 39' 16"	-0.7	Calcarenite	NU-792	2.38	2370 ± 80	10; 8; 2
	124° 43' 39"	-0.7	<i>Tridacna sq.</i>	NU-793	3.20	2390 ± 75	

\*1 Kawana (1981).

\*2 Kawana and Pirazzoli (1984).

\*3 NUTA-3552およびNUTA-3253は木村ほか (2003) による。NUTA-3552 and NUTA-3253 were reported by Kimura *et al.* (2003).

#### 4 <sup>14</sup>C年代および安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) データの考察

南西諸島では、ビーチロックに関する多くの<sup>14</sup>C年代が報告 (高橋・木庭, 1980 : Kawana, 1981 : Kawana and Pirazzoli, 1984 : Ota *et al.*, 1985 : 田中, 1986 : 河名, 1996 : 太田ほか, 2001 : 木村ほか, 2003 : 河名, 2003, など) されている。しかし木村ほか (2003) を除くいずれの報告も、安定同位体比や *reservoir effect* にもとづく<sup>14</sup>C年代の補正が行われていない。このためビーチロックの形成年代・対比・海水準変動や地殻変動・ビーチロックの安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) と炭酸カルシウムの起源などを詳細に考察する場合、安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) による年代の補正を行っている小元のデータ (小元, 2001b-2004c) と木村ほか (2003) のデータしか使用することができない。

南西諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代測定結果および安定同位対比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定結果にもとづき、(1) 試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )、(2) 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) からみた炭酸カルシウムの起源、(3) 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) による<sup>14</sup>C年代の補正と吟味、(4) ビーチロックの形成年代、(5) 後期完新世の海水準変動および地殻変動、(6) ビーチロック形成年代の対比—の各項目について、これまでに報告してきた内容の概要と、今回新たに判明した事項について以下に記載する。

##### (1) 試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )

表 5は南西諸島から採取した334試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) をまとめた統計資料 (Omoto, 2004c) である。それによるとビーチロック試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は、

表5 南西諸島から採取したビーチロック試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (Omoto, 2004cを改変)  
 Table 5 Isotope fractionations of beachrock samples collected from the Nansei Islands (Modified Omoto, 2004c).

Island / material	Calcarenite* <sup>1</sup>				Coral				Shell				Total			
	nr.	max.	min.	aver.	nr.	max.	min.	aver.	nr.	max.	min.	aver.	nr.	max.	min.	aver.
<b>Amami Islands</b>																
Amami Oshima Isl.	11	2.05	-2.06	0.26	8	1.79	-0.15	0.74	5	1.51	-0.02	1.02	24	2.05	-2.06	0.05
Tokuno Island	6	2.62	-3.28	1.26	4	1.68	1.03	1.30	6	4.67	2.74	3.67	16	4.67	-3.28	2.16
Okinoerabu Island	11	3.18	0.15	2.34	10	4.28	-0.94	2.11	5	4.77	3.33	4.00	26	4.77	-0.94	2.57
Yoron Island	13	3.82	1.52	2.62	4	3.09	1.34	2.28	4	4.27	2.77	3.42	21	4.27	1.34	2.71
<i>Subtotal</i>	<i>41</i>	<i>3.82</i>	<i>-3.28</i>	<i>1.71</i>	<i>26</i>	<i>4.28</i>	<i>-0.94</i>	<i>1.54</i>	<i>20</i>	<i>4.77</i>	<i>-0.02</i>	<i>3.04</i>	<i>87</i>	<i>4.77</i>	<i>-3.28</i>	<i>1.94</i>
<b>Okinawa Islands</b>																
Okinawa Island	9	5.63	0.6	1.91	17	4.99	-5.97	-0.05	21	4.11	-4.67	1.27	47	5.63	-5.97	0.90
Zamami Island	2	3.15	2.28	2.72	1	2.74	2.74	2.74	10	5.07	1.18	3.32	13	5.07	1.18	3.18
Kume Island	15	3.42	0.17	1.82	10	2.31	-2.08	0.44	10	3.37	0.52	2.10	35	3.42	-2.08	1.46
Ie Island	13	2.89	0.15	1.9	2	3.51	0.63	2.07	11	6.03	0.95	2.79	26	6.03	0.15	2.37
Aguni Island	4	1.59	1.18	1.32	1	-0.16	-0.16	-0.16	2	3.42	2.72	3.07	7	3.42	-0.16	1.66
Izena Island	3	1.42	0.53	1.02	1	-3.49	-3.49	-3.49	3	1.15	-5.15	-1.13	7	1.42	-5.15	-0.54
Iheiya Island	4	3.41	2.05	2.85	7	2.19	-2.26	1.17	8	3.86	1.96	2.97	19	3.86	-2.26	2.29
<i>Subtotal</i>	<i>50</i>	<i>5.63</i>	<i>0.15</i>	<i>1.355</i>	<i>39</i>	<i>4.99</i>	<i>-5.97</i>	<i>0.324</i>	<i>65</i>	<i>6.03</i>	<i>-5.15</i>	<i>2.044</i>	<i>154</i>	<i>6.03</i>	<i>-5.97</i>	<i>1.414</i>
<b>Sakishima Islands</b>																
Miyako Island	11	4.72	-2.54	1.46	5	2.66	0.42	1.21	13	5.41	1.36	3.44	29	5.41	-2.54	2.21
Ishigaki Island	8	9.40	-2.54	5.39	15	7.04	-1.1	2.14	9	9.40	1.92	5.07	32	9.40	-1.1	3.11
Iriomote Island	5	8.40	-0.37	3.28	3	2.44	0.51	1.68	4	8.37	3.50	5.46	12	8.40	-0.37	0.42
Hateruma Island	3	3.30	2.48	2.83	2	1.81	1.40	1.61	8	4.45	2.09	3.48	13	4.45	1.40	3.11
Yonaguni Island	3	2.35	0.92	3.33	2	3.57	0.10	1.79	2	6.70	2.30	4.50	7	6.70	0.10	2.37
<i>Subtotal</i>	<i>30</i>	<i>9.40</i>	<i>-2.54</i>	<i>2.948</i>	<i>27</i>	<i>7.04</i>	<i>-1.1</i>	<i>1.817</i>	<i>36</i>	<i>9.40</i>	<i>1.36</i>	<i>4.879</i>	<i>93</i>	<i>9.40</i>	<i>-2.54</i>	<i>3.09</i>
<b>Total</b>	<b>121</b>	<b>9.40</b>	<b>-3.28</b>	<b>1.71</b>	<b>92</b>	<b>7.04</b>	<b>-5.97</b>	<b>1.54</b>	<b>121</b>	<b>9.40</b>	<b>-5.15</b>	<b>3.04</b>	<b>334</b>	<b>9.40</b>	<b>-5.97</b>	<b>2.116</b>

Note: \*<sup>1</sup>: 石炭質礫岩を含む. include calcirudite.

9.4%から-5.97%の範囲にあり、その平均値は2.116%である (Omoto, 2004c: Table 5)。試料別では、calcareniteの最大、最小、平均値が、それぞれ9.4%、-3.28%、1.71%であり、化石サンゴの最大、最小、平均値が、それぞれ7.04%、-5.97%、1.54%である。また貝化石の最大、最小、平均値は、それぞれ9.4%、-5.15%、3.04%である。この結果、試料別では、貝化石の安定同位体比の平均値がもっとも高く(3.04%)、ついで石灰質砂岩(1.71%)、そしてもっとも低い試料は化石サンゴ(1.54%)であることが明らかになった。

表5から3諸島の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )の平均値を比較すると、先島諸島がもっとも大きく3.09%であり、ついで奄美諸島が1.94%、沖縄諸島は3諸島中でもっとも小さく1.41%である。表示されている島の中で、安定同位体比の平均値がもっとも大きい島は座間味島で3.18%、ついで石垣島と波照間島がともに3.11%である。逆にもっとも小さい島は伊是名島で-0.54%であり、ついで奄美大島が0.05%、西表島の0.42%となっている。

図3は表2～表4にもとづいて作成したものであり、南西諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安

定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )の関係 (Omoto, 2004cを改変)を示している。多くのデータは2%付近に集中しているが、先島諸島や沖縄諸島の一部のデータは0±2%より大きくかけ離れている。なおその原因については、事項で議論する。3諸島中でデータのばらつきがもっとも小さい島は奄美諸島であり、沖縄諸島や先島諸島では安定同位体比の変動幅が大きい特徴を読み取ることができる。

## (2) 安定同位体比からみた炭酸カルシウムの起源

ビーチロックの成因について、Russell (1959)、米谷 (1963)、Stoddart and Cann (1965)、武永 (1965)、堀ほか (1972, 1973)、河内 (1974)、田中 (1978, 1983, 1990)、Hopley (1986)、田中 (1994)などが行ってきた研究成果を紹介 (小元, 1999b, 2000a, 2000d, 2003a, 2004a)した。

小元はビーチロックの形成に関わった炭酸カルシウムの起源が陸域か海域かを、試料物質の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )を測定して推定できないだろうかと考えた。そこで内外のビーチロックを分析した研究例を調査したところ、2論文 (Moore, 1973, 寺田・松田, 2001)を見出した。Moore (1973)は、Grand Caymanのビーチロッ

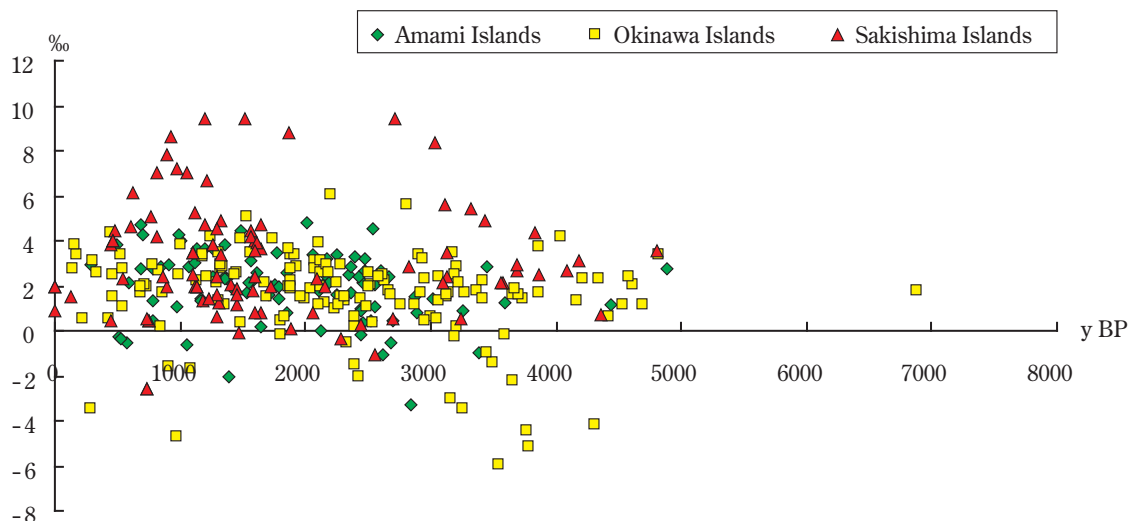


図3 南西諸島から採取したビーチロック試料の<sup>14</sup>C年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の関係 (Omoto, 2004aを改変)

Figure 3 Radiocarbon ages vs. isotope fractionations ( $\delta^{13}\text{C}$ ) of beachrock samples collected from the Nansei Islands (Modified Omoto, 2004a).

クを取り上げて、ビーチロックを構成する鉱物がアラレ石、マグネシウム方解石、およびマグネシウム方解石ミクライトであることを明らかにし、ビーチロックが過去・現在を問わず地表水と海水との混合によって形成されていることを述べた。この論文中に調査地点4から採取した試料の安定同位体成分のデータが原著論文のFig.8に示されている。一方、寺田・松田(2001)は、温帯域および亜熱帯域から採取したビーチロックの堆積岩岩石学的・地球化学的特徴について述べ、セメントを構成する炭酸塩鉱物の炭素・酸素安定同位体比が温帯域のビーチロックでは $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}=1.24 \sim 2.84\text{‰}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}=-0.95 \sim 2.05\text{‰}$ 、亜熱帯域のビーチロックでは $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}=1.67 \sim 3.83\text{‰}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}=-0.06 \sim 1.35\text{‰}$ であることを報告した。そして酸素同位体比からセメントの生成温度を算出し、 $10^{\circ}\text{C} \sim 17^{\circ}\text{C}$ のデータを得た。しかしこの温度は、現在の沖縄周辺の海水温度と比較し著しく低く、セメントが海水から直接沈殿したとは考えられないことを指摘した。この結果から潮汐に伴い海水からなる間隙水が堆積物表面に浸出し大気に触れること、ならびに日射により表面が熱せられることにより、溶存二酸化炭素の脱ガスあるいは軽微な蒸発作用が起り、セメントが形成されたと結論づけた。

<sup>14</sup>C年代測定試料としたものは、貝化石や化石サンゴをはじめ、そのほとんどが海洋起源とみなすことができるから、それらの安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は、Vogel and Ehhalt (1963)、木越(1976)、Stuiver and Polach(1977)、Geyh and Schleicher (1990)らなどこれまでに多くの研究者が報告した海洋の炭酸塩や有機物の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の平

均値である $0 \pm 2\text{‰}$ の範囲 (Geyh and Schleicher, 1990)に存在する筈である。しかし今回測定した334個の試料のうち、図3 (Omoto, 2004a) から明らかのように、多数の試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) が $0 \pm 2\text{‰}$ をこえている。

この結果は、ビーチロックの形成に関わった(細粒物質を固結した)炭酸カルシウムの起源についてDana (1851)が指摘し、その後多くの研究者たちが支持してきた「すべて海水起源」と判断するよりは、むしろかつてField (1920)が指摘しRussel (1959)、米谷(1966)などが主張したように「陸域から供給された地下水の影響を受けたビーチロックも存在する」ことを示唆(小元, 2000a; 2003a; 小元ほか, 2003; 小元, 2004a; Omoto, 2004a)している。

南西諸島の砂浜海岸では、干潮時に浸透水による小水路がビーチロックの上位や下位の砂浜で多数観察される。また南西諸島の多くの島々では、氷期の海面低下期(もしくは後氷期の海面上昇期のなかの海面上昇速度が鈍り、あるいは停滞したとき)に形成されたと考えられる沈水(海底)鍾乳洞が存在する。

これらの海中開口部、すなわち地下水が鍾乳洞を流下し海水と混合している沈水鍾乳洞の周辺では、海洋生物の生育環境は地下水による影響を受けていることが十分に考えられる。

### (3) <sup>14</sup>C年代の吟味と同位体補正年代

ビーチロックの形成年代をビーチロックに含まれる貝化石や化石サンゴ、またはcalcareniteを<sup>14</sup>C年代測定試料として推定する場合、貝化石や化石サンゴの死亡

年代とビーチロックの固結年代（実年代）との間には若干の時差が出る（小元, 1994, 1995, 1997c, 1999b, 2000c, 2000dほか）。しかしビーチロックが比較的短時間で形成されることが明らかになっている（Russel, 1959, 1962；Yonetani, 1963；米谷, 1963；武永, 1965）ことに鑑み、ビーチロックの形成年代（すなわち海浜堆積物の固結年代）と試料とした生物の死亡年代間には、統計誤差の $3\sigma$ の範囲を大きく逸脱することは少ないと考えてきた（小元, 2000a, 2001b）。

物質の種類によって炭素の安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）は異なり（Vogel and Ehhalt, 1963；木越, 1976；Stuiver and Polach, 1977 Geyh and Schleicher, 1990など）、同位体分別効果（isotope fractionation）とよばれている。その変動範囲は $+60 \sim -60\text{‰ PDB}$ （Geyh and Schleicher, 1990）、年代に換算して $+1497 \text{年} \sim -544 \text{年}$ に達するため、厳密な議論を行う場合には各試料の安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）を質量分析装置で測定し、同位体分別効果を補正しなければならない。

ほぼ同一高度から採取したビーチロック試料の年代は、安定同位体比を補正した場合、 $\pm 3\sigma$ の誤差範囲では一致するものが大部分である。このため、 $\pm 3\sigma$ の誤差範囲を大きく逸脱する年代は、ビーチロックの年代として不適切であり考察から除外した方が良いと判断（Omoto, 2001；小元, 2002b；2003b；2004a）してきた。

図4は南西諸島から採取したビーチロック試料の諸島

毎の同位体補正年代（Omoto, 2004cを改変）を示している。データは補正年代の450年付近に集中しているが、先島諸島や沖縄諸島の一部のデータに500年をこえるものがある。一方沖縄諸島の一部のデータは、補正年代が350年以下のデータも存在する。しかしながら補正年代と形成年代間に相関関係は認められないようである。

#### (4) ビーチロックの形成年代

ビーチロックの形成年代を議論する場合、試料の種別による年代差がどれくらいあるかについて検討した結果、同一地点で同一スラブから採取した calcarenite や calcirudite の年代が貝化石や化石サンゴの年代よりも若干古い年代（200-400年）を示すことが多い（小元, 1994, 1995, 1997c, 1999b, 2000c, 2000dほか）ものの、ほぼ $\pm 3\sigma$ の誤差範囲に入っている（小元, 2004bほか, Omoto, 2004a）。

Stoddart and Can（1965）によれば、ビーチロックは始めに海水起源の aragonite が細粒な海浜堆積物の粒子上に析出して固結化が始まり、続いて void filling（空隙を埋める作用）により淡水に含まれる calcite によって粒子間の空隙が充填されるといわれている。このため aragonite と calcite を分離して AMS による年代測定（小元, 2002a）を行えば、ビーチロックの形成に直接関わった物質の年代を正確に決定できるであろう。しかしながらこのような考えに立脚した研究成果の報告がないのは残

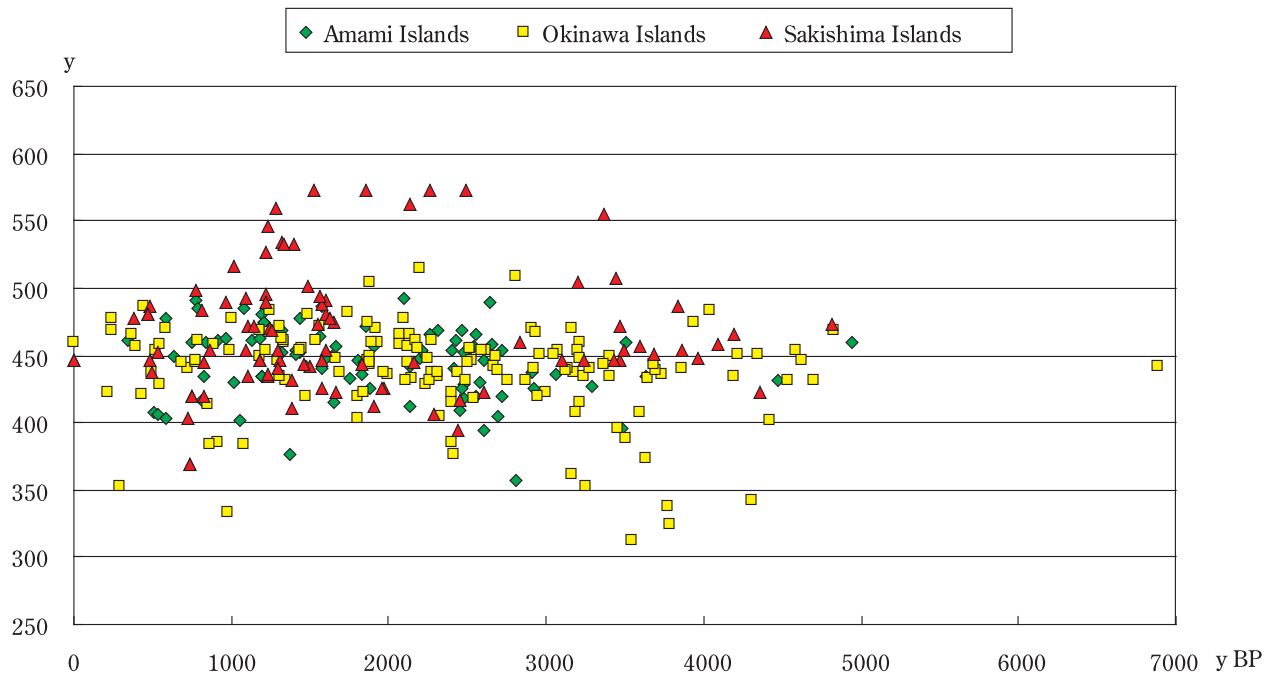


図4 南西諸島から採取したビーチロック試料の同位体補正年代（Omoto, 2004cを改変）  
Figure 4 Figures of isotope corrected ages vs. radiocarbon ages (Modified Omoto, 2004c).

念である。

ビーチロックの陸側から海側までの水平方向の成長速度や、累積するスラブの下方から上方または上方から下方への垂直方向の成長速度に関する研究成果についても報告(小元, 1999b)した。

以上述べた事項に留意し、南西諸島におけるビーチロックの形成期を次の方法で決定した。まず $\pm 2\sigma$ の誤差範囲を考慮した場合に年代が相互に重複しないデータを全測定値から抽出した。その結果、南西諸島におけるビーチロックの形成期は、図3からも明らかなおよそ6,800年前に、まず沖縄島西岸で形成され始めた。沖縄島以外の島で、この年代のビーチロックが存在しないのは、一般的に当時の海水準は現海面とほぼ同じか、あるいは若干現海面より低い位置にあったため、隆起量が海水準上昇速度を上回った島ではビーチロックが侵食されずに残存したと推定される。よく調査すれば、現海面下もしくは海浜堆積物の下方に、未発見のまま残存している古いビーチロックが存在するかもしれない。

ビーチロックはその後1,000年近い間隙をおいて、およそ5,000年前頃からはほぼ全諸島のいずれかの島々で広範に形成され始め、ごく最近までビーチロックの形成が続いている。個々の島毎にみれば、ビーチロックの形成期はまちまちであり、すでに同位体年代は未補正ながら形成期を細分した島もある。

### (5) 後期完新世の海水準変動

ビーチロックは潮間帯で形成されるため、過去の海水準変動の研究にとって有効な示標である。しかしビーチロックの形成(細粒物質の固結)年代と測定値の間には、前述のように若干のタイム・ラグ(実年代より古い年代を示す)があり、また潮位変化が大きい場合には海水準変動を細密に論ずることはできない。田中(1978)は「beach rockもnotchと同じようにその垂直上限高度がほぼ中等潮位を示している」と考えている。確かに南西諸島のビーチロックの中には田中が指摘したように、現存するビーチロックの上限が中等潮位付近に存在する所もある。しかし多くのビーチロックは現在でも潮間帯で観察され、さらに低潮位以下まで発達しているビーチロックも多数存在する。このため小元はこれまでの研究において後期完新世の海水準変動を検討する際に、ビーチロック形成時の海面を中潮位と仮定して考察してきた。

図5(Omoto, 2004a)はビーチロックの年代と試料採取地点の高度を示している。ビーチロック試料を採取した高度が現海水準より高いデータが多く存在することは注目に値する。ビーチロックは、中等潮位以下では「アオサ」と呼ばれる緑色の海草に覆われていて、化石サンゴや貝化石を発見することが困難である。このため年代測定試料も当然中等潮位よりも高い位置から採取することが大部分である。この結果がグラフ上によく表れてい

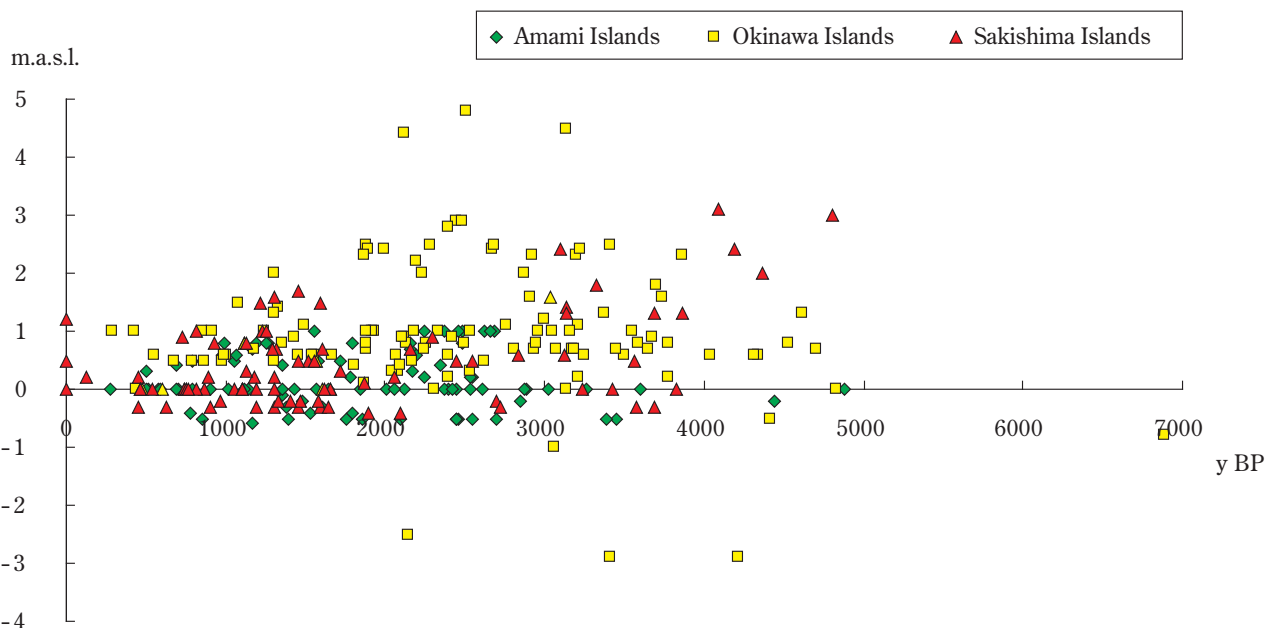


図5 南西諸島から採取したビーチロック試料の年代と高度 (Omoto, 2004aを改変)

Figure 5 Elevations vs. radiocarbon ages of beachrock samples collected from the Nansei Islands (Modified Omoto, 2004c).

ると解釈できる。しかしながら多くの地点において、ビーチロックは試料採取地点よりも少なくとも1m以上も低い低潮位、あるいは低潮位以下まで分布する点を忘れてはならない。

ところでビーチロックが現海水準よりも高い位置に存在する理由として、①地殻変動による隆起、または②地表水や地下水の影響のいずれかによって説明可能なことを報告(小元, 2000d; 2003a; Omoto, 2001; 2004a)した。沖縄島、久米島、伊江島、波照間島、西表島などのビーチロックは、明らかに地殻変動の影響を被ったと解釈(小元, 2003a; 小元ほか, 2003; 小元, 2004a)される。しかし上記以外の島々では、後期完新世の海水準はほぼ現海水準と同じであったと見なすことができる。

(6) ビーチロック形成年代の対比

図6 (Omoto, 2004 を改変) はビーチロックの形成年代を島毎に表現しており、形成時期の同時性を検討できる。ただしこの図には、データ未公表であった奄美諸島の加計呂麻島と与路島、慶良間列島の渡嘉敷島、阿嘉島、慶留間島、先島諸島の多良間島、鳩間島、小浜島、竹富島、黒島から得られたデータは含まれていない。グラフから5,000y BP以降では、南西諸島のいずれかの島でビーチロックが形成されていた時、近隣の島々もしくは遠く離れた島でもビーチロックが形成されていたことが

明らかになった。最古のビーチロックは沖縄島の約6,800yrs BPであり、最新の年代は“modern”である。

後氷期の海水準上昇は、ほぼ5,000年前に終了したと一般に考えられている。したがって調査対象の島が隆起し続けていれば、ビーチロックは海水準よりも高位に存在する。しかしながら調査地域の島が隆起しないか、あるいは沈降傾向にある場所に5,000年以前に形成されたビーチロックは、その後の海水準の上昇によって海面下に水没したか、侵食によって消滅したため、地形も構成物質も確認できなくなっている。したがって古い年代を示すビーチロックが存在する島は、どちらかといえば隆起の傾向が強い島とすることができる。

5,000年以降では、多くの島々でビーチロックが形成されており、南西諸島では完新世中期以降現在に至るまで、いつでもビーチロックが形成される環境にあったといえる。

5 まとめ

これまでに報告および記載してきた内容を要約すれば、次の通りである。

(1) 南西諸島の29島で野外調査を行い、152地点から合計346個の年代測定試料を採取(表1)し、おもにβカウンタ法による<sup>14</sup>C年代測定と安定同位体比(δ<sup>13</sup>C)を測定した結果(表2~4)について報告した。

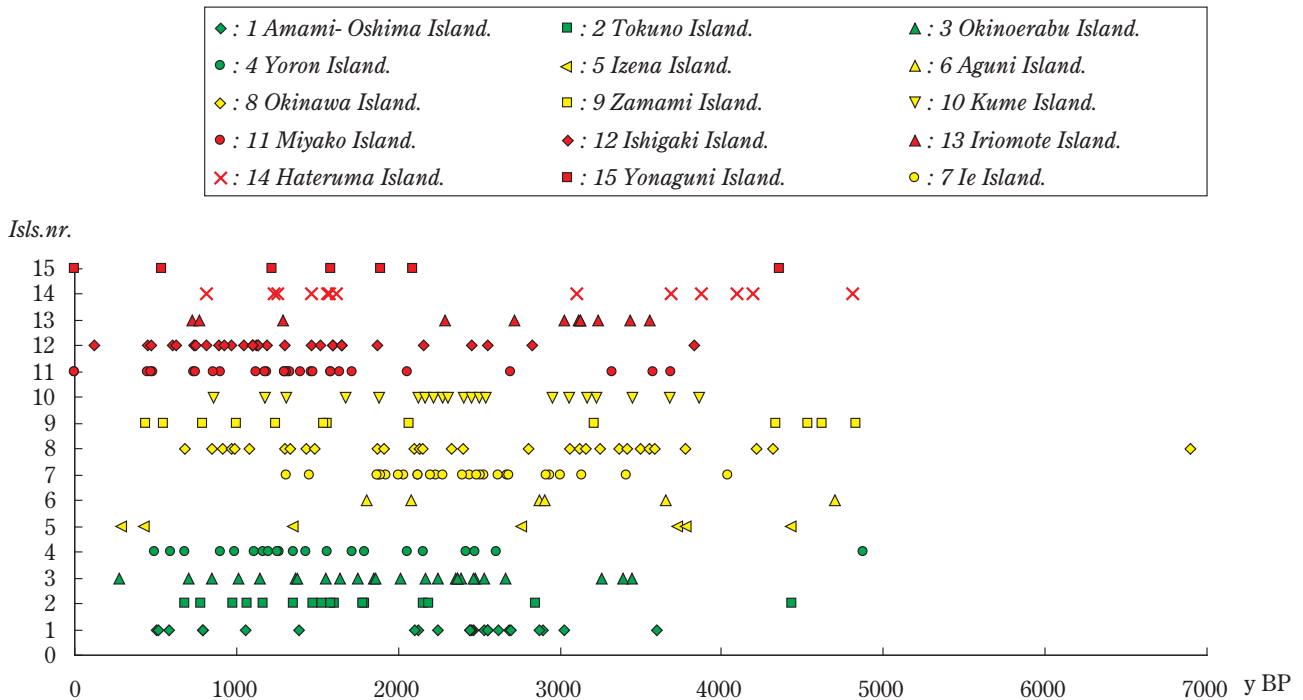


図6 南西諸島から採取したビーチロック試料の形成年代の対比 (Omoto, 2004a を改変)。

注：未公表の追加試料は表示されていない。

Figure 6 Correlation of formative ages of beachrocks collected from the Nansei Islands. (Modified Omoto, 2004a).

Note: Newly added data were not expressed in this figure.

(2) ビーチロックの形成時期は、島々により異なる(図6)。最古のビーチロックは、約6,800y BPに沖縄島中部の西海岸で形成(小元ほか, 2003)され、また南西諸島ではごく最近でもビーチロックが形成されている。

(3) ビーチロックの形成時期を島毎に検討した結果、5,200y BP以降(図6)では同時性が認められることが明らかになった。

(4) ビーチロック試料の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )は、9.4% ~ -5.97‰<sub>PDB</sub> (平均2.12‰)の範囲(表5, 図3)にある。

(5) 海水中の炭酸塩や海洋生物の $\delta^{13}\text{C}$ 値の平均は0 ± 2%とされている(Geyh and Schleicher, 1990)が、今回の測定値の最大値は海洋生物の平均値の4倍以上(図3)に達している。しかし試料の種類(calcarenite, 化石サンゴ, 貝化石)による平均値の較差は、貝化石を除けば小さい(表5)。

(6) 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )が海洋生物の平均値を上回る試料は、ビーチロックを構成する炭酸カルシウムの起源が陸域から地下水や浸透水を通じて供給された可能性を示唆している。

(7) 同一層順から採取した試料は、安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )を測定し<sup>14</sup>C年代を補正(図4)することにより、±3σの範囲で年代がほぼ一致する。これよりはずれる試料については吟味が必要である。

(8) ビーチロック試料の特徴、分布高度、形成年代などから、南西諸島における相対的海水準を検討した結果(図5)、現在の海水準を上回っていた島々と、顕著な高海水準が認められない島々があった。この結果は、島々によって地殻変動の時期や様式が異なることを示唆している。

(9) 高海水準の原因は、プレート運動、ハイドロアイソスタシー、局地的な傾動隆起などに起因するものと推定される。

(10) 表5のデータから島別、あるいは試料別の同位体

補正年代を算出して使用することにより、これまでに南西諸島から採取され年代測定されたものの、同位体補正が行われなかった年代の補正が可能になった。

(11) 分析試料数が300件をこえると、統計数値(平均値)に大きな変動が生じないことが明らかになった(Omoto, 2004c)。このため今後も分析データは増加するとしても、今回得られた結論が大きく変わる可能性は低いと判断される。もちろんサンプル数の少ない島々については、平均値の変動は生ずるであろうから引き続き試料の採取と分析を続けねばならないことは言うまでもない。

#### 謝辞

本報告を2004年11月11日に米寿を迎えられる恩師であり東北大学名誉教授であられる西村嘉助先生に献呈いたします。西村嘉助先生は、わが国の自然地理学・歴史地理学・日本国際地図学会の発展に寄与されたばかりでなく、地理学界を背負う優秀な人材の育成に多大な貢献をされた。筆者は大学院時代から最近に至るまで、西村先生に公私ともにご指導を賜った。39年前に筆者が前任校の東北大学理学部に奉職することができたこと、放射性炭素年代測定を始める機会を与えてくださったことなどは西村先生のご配慮とご指導によるものであった。また学位論文になった2回にわたる南極での越冬観測(地理地形担当)も西村先生のご推薦によるものであった。恩師である西村先生に篤く御礼を申し上げます。

日本大学文理学部学部長島方洗一教授、同事務局長尾崎正義殿、学内の関係者の方々には、常日頃日本大学年代測定室の円滑な維持管理のため、いろいろとご配慮とご支援をいただいている。関西大学文学部の木庭元晴教授には、南西諸島から採取した多くの化石サンゴ試料を快く鑑定していただいた。琉球大学の河名俊男教授には、南西諸島のビーチロックの分布と文献資料について丁寧に教えて頂いた。是枝若奈さんには、年代測定実験(試料の化学処理)を手伝っていただいた。著者は以上の方々から心から御礼を申し上げます。

なお現地調査・年代測定・学会発表にあたり、平成13年度および平成15年度日本大学学術助成金、平成4-16年度日本大学文理学部個人研究助成金、平成13-16年度文部科学省ハイテク・リサーチ・センター整備事業(代表者島方洗一教授)、平成16年度日本大学文理学部海外学術交流資金による研究費および受託研究費などを使用したことを明記し、謝意を表す。

#### 参考文献

青山 卓(2004):慶良間列島、座間味島・阿嘉島・慶留間島・渡嘉敷島の海岸地形. 日本大学文理学部地理学科卒業論文(手記). 1-38.  
 上田淳仁(2004):奄美大島南部の海岸地形. 日本大学文理学部地理学科卒業論文(手記). 1-39.  
 牛久保良平(2002):伊是名島の海岸地形. 日本大学文理学部地理学科卒業論文(手記). 1-64.  
 太田陽子・大村朗雄・河名俊夫(2001):「4-2 琉球外弧」. 『日本の地形7 九州・南西諸島』, 町田洋・太田陽子・河名俊夫・森脇広・長岡信治 編 東京大学出版会. 232-271.  
 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(1994):南西諸島波照間島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代. 地理誌叢. 35(2), 69-71.  
 小元久仁夫(1995):宮古島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代. 地理誌叢. 36(2), 18-20.  
 小元久仁夫(1996a):日本大学放射性炭素年代測定報告-3. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」. 31, 13-37.  
 小元久仁夫(1996b):放射性炭素年代測定マニュアル(V.2). 日本大学文理学部地理学科. 102p.  
 小元久仁夫(1997a):先島諸島, 多良間島から採取したビーチロックの<sup>14</sup>C年代資料について. 季刊地理学, 49(1), 60.

- 小元久仁夫 (1997b) : 日本大学放射性炭素年代測定報告-4. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **32**, 1-14.
- 小元久仁夫 (1997c) : 八重山列島黒島から採取したビーチロックおよび化石サンゴの $^{14}\text{C}$ 年代. 地理誌叢, **39** (1), 24-32.
- 小元久仁夫 (1998a) : 南西諸島久米島東部, 奥武島およびハテノ島から採取したビーチロックおよび化石サンゴの $^{14}\text{C}$ 年代. 季刊地理学, **50** (1), 85-86.
- 小元久仁夫 (1998b) : 沖縄県伊江島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料 — 特にニャティガマ (千人ガマ) 洞窟底のビーチロックについて—. 日本サンゴ礁学会第1回大会講演要旨, 46.
- 小元久仁夫 (1998c) : 日本大学放射性炭素年代測定報告-5. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **33**, 1-41.
- 小元久仁夫 (1999a) : 慶良間列島座間味島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代 — 南西諸島のビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料 (その8) —. 季刊地理学, **51** (1), 56-57.
- 小元久仁夫 (1999b) : 沖縄諸島粟国島から採取したビーチロックと化石サンゴの $^{14}\text{C}$ 年代 — 粟国島における後期完新世の海水準変動 —. 地理誌叢, **40** (2), 15-28.
- 小元久仁夫 (1999c) : 与論島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代 — 南西諸島のビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料 (その10) —. 季刊地理学, **51** (3), 237-238.
- 小元久仁夫 (1999d) : 沖永良部島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代 — 南西諸島のビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料 (その11) —. 地理予, **56**, 104-105.
- 小元久仁夫 (1999e) : 宮古島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代 — 南西諸島のビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料 (その12) —. 日本サンゴ礁学会第2回大会講演要旨, 17.
- 小元久仁夫 (2000a) : 徳之島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料. 地理誌叢, **41** (1・2), 15-30.
- 小元久仁夫 (2000b) : 日本大学放射性炭素年代測定報告-7. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **35**, 35-81.
- 小元久仁夫 (2000c) : 奄美大島北部から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代 — 南西諸島のビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代資料 (その13) —. 地理予, **57**, 62-63.
- 小元久仁夫 (2000d) : 西表島から採取したビーチロック試料の $^{14}\text{C}$ 年代資料 (予報). 地理誌叢, **42** (1), 17-30.
- 小元久仁夫 (2001a) : 日本大学放射性炭素年代測定報告-8. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **36**, 25-45.
- 小元久仁夫 (2001b) : 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) によるビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代の補正 (予報). 季刊地理学, **53** (3), 192-193.
- 小元久仁夫 (2002a) : 高精度AMS年代測定と, その応用. 地理誌叢, **43** (1・2), 22-41.
- 小元久仁夫 (2002b) : 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) によるビーチロック試料の $^{14}\text{C}$ 年代の補正 (予報) — 与論島・沖永良部島・徳之島・奄美大島を例として—. 地理予, **62**, 131.
- 小元久仁夫 (2003a) : 与那国島および波照間島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ). 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **38**, 1-17.
- 小元久仁夫・児野秀史・神野賢一 (2003) : 沖縄島西岸から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ). 地理予, **64**, 122.
- 小元久仁夫 (2003b) : 石垣島から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ). 日本サンゴ礁学会第5回大会講演要旨, 37.
- 小元久仁夫 (2004a) : 久米島, 奥武島およびハテノ浜から採取したビーチロックの $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ). 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **39**, 15-31.
- 小元久仁夫 (2004b) : 南西諸島から採取した完新世化石サンゴ, 貝化石および石灰質砂岩の同位体補正年代. 地理予, **66**, 92.
- 小元久仁夫 (2004c) : 伊平屋島から採取したビーチロック試料の $^{14}\text{C}$ 年代と安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ). 季刊地理学, **56** (3), 199.
- 河内 諭 (1974) : サンゴ礁環境下の潮間帯と亜潮間帯にみられる海中膠結作用 — 奄美大島笠利半島東海岸の例 —. 海洋科学, **6**, 54-59.
- 河名俊男 (1996) : 琉球列島中部の非石灰岩地域 (渡嘉敷島, 阿嘉島, 渡名喜島) における後期完新世の海面変動 — 礫岩ビーチロックとそれに保護された完新世サンゴ礁の例 —. 地理予, **50**, 116-117.
- 河名俊男 (2003) : 宮古島のビーチロックと後期完新世の地形発達史. アラフ遺跡調査研究 I. アラフ遺跡発掘調査団, 107-114.
- 木越邦彦 (1976) : 同位体, 年代測定. 新実験化学講座 宇宙地球化学. 日本化学会編. 丸善. 東京, 337-352 (351p.).
- 木村政昭・安里嗣淳・中村俊夫・杉山真人・松浦陽昌 (2003) : 沖縄県与那国島トウグル浜遺跡およびビーチロック類の年代測定. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告 (XIV). 名古屋大学年代測定総合研究センター, 170-190.
- 久保弘文・黒住耐二 (1995) : 『沖縄の海の貝・陸の貝』. 沖縄出版. 那覇市, 263p.
- 倉橋 祥 (2004) : 久米島東方, 奥武島・オーハ島・ハテノ浜の海岸地形. 日本大学文理学部地理学科卒業論文 (手記), 1-77.
- 高橋達郎・木庭元晴 (1980) : 日本列島におけるビーチロックの年代. 琉球列島の地質学的研究, **5**, 125-131.
- 武永健一郎 (1965) : Beach rock の成因について. 地学評論, **38**, 739-755.
- 田中好國 (1978) : Beach rock の成因と地形学的意義. 鹿児島地理学会紀要, **23** (1・2), 1-18.
- 田中好國 (1983) : ビーチロックの形成に関する一考察. 地理科学, **38**, 91-101.
- 田中好國 (1986) : 日本列島におけるビーチロックの分布と年代. 兵庫地理, **31**, 16-30.
- 田中好國 (1990) : 石になった砂浜—ビーチロック, サンゴ礁地域研究グループ編『熱い自然』—サンゴ礁の環境史 —. 古今書院, 東京, 137-151.
- 田中好國 (1994) : サンゴ礁海岸における微地形 — ビーチロックのターミノロジーと研究小史 —. 兵庫地理, **39**, 1-12.
- 寺田 緑・松田博貴 (2001) : 温帯域と亜熱帯域で見られるビーチロックの比較とその成因. 堆積学研究, **55**, 96-98.
- 堀 信行・堀内公子・荒木 匡・寺井 稔 (1972) : Beach rock の発達とその成因について — 与論島を例にして —. 日本地理学会予稿集, **2**, 16-17.
- 堀 信行・荒木 匡・寺井 稔・堀内公子 (1973) : ビーチロックの形成機構とその地形学的意義. 日本地理学会予稿集, **5**, 51-52.
- 米谷静二 (1963) : 奄美大島北部におけるビーチロックの予察的研究. 地理評, **36** (9), 512-527.
- 米谷静二 (1966) : ビーチロックとその類似地形. 地理評, **39** (4), 240-249.

- Dana, J. D. (1851) : On coral reefs and islands. *Amer. Jour. Sci. (Series II)*, **11**, 357-372.
- Field, R. M. (1919) : Investigations regarding the calcium carbonate oozes at Tortugas and the beach rock at Loggerhead Key. *Carnegie Inst. Wash., Yearbook*. **18**, 197-198.
- Geyh, M. A. and Schleicher, H. (1990) : *Absolute Age Determination*. Springer-Verlag. 503 p.
- Hopley, D. (1986) : Beachrock as a sea-level indicator. In Plassche, O. (Ed.), *Sea-level Research: A manual for the collection and evaluation of data*. Geo Books, Norwich., 159-173.
- Kawana, T. (1981) : Radiocarbon Ages of the Beach Rocks on Okinawa, Miyako and Ishigaki Islands, the Ryukyus, Japan. 琉球大学教育学部紀要. **25** (1), 245-249.
- Kawana, T. and Pirazzoli, P. A. (1984) : Late Holocene Shorelines and Sea Level in Miyako Island, the Ryukyus, Japan. *Geogr. Rev. Jap.*, **57** (Series B), (2), 135-141.
- Kawana, T. and Pirazzoli, P. A. (1985) : Holocene coastlines and seismic uplift in Okinawa Island, the Ryukyus, Japan. *Zeitschr. f. Geomorphol.*, **57**, 11-31.
- Moore, C.H. (1973) : Intertidal carbonate cementation Grand Caymen, West Indies. *Jour. Sed. Petrol.*, **43** (3), 591-602.
- Omoto, K. (1976) : Tohoku University Radiocarbon Measurements III. *Sci. Repts. Tohoku Univ., 7th Ser. (Geogr.)*, **26** (1), 135-157.
- Omoto, K., Nakata, T. and Koba, M. (1976) : Tohoku University Radiocarbon Measurements IV. *Sci. Repts. Tohoku Univ., 7th Ser. (Geogr.)*, **26** (2), 299-310.
- Omoto, K. (1977) : Tohoku University Radiocarbon Measurements V. *Sci. Repts. Tohoku Univ., 7th Ser. (Geogr.)*, **27** (1), 63-68.
- Omoto, K. (2001) : Radiocarbon ages of beachrocks and late Holocene sea-level changes in the southern part of the Nansei Islands, southwest of Japan. *Radiocarbon*, **43** (2B), 887-898.
- Omoto, K. (2004a) : Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from the Nansei Islands, southwestern part of Japan. *Radiocarbon*, **46**, 539-550.
- Omoto, (2004b) : Radiocarbon ages and isotope fractionations of beachrock samples collected from Okinawa Islands, southwestern part of Japan. *10th International Coral Reef Symposium June 28 to July 2, 2004, Okinawa Convention Center, Okinawa Japan*. Abstracts, Jap. Coral Reef Soc., 33.
- Omoto, K. (2004c) : Isotope fractionations and radiocarbon ages of fossil coral, shell and calcarenite samples collected from the Nansei Islands, southwestern part of Japan. *International Conference on Isotopes in Environmental Studies — Aquatic Forum 2004 — 25-29 October 2004, Monaco*. International Atomic Energy Agency (IAEA-F3-CN-118), Abstract, 254-255.
- Ota, Y., Pirazzoli, P. A., Kawana, T. and Moriwaki, H. (1985) : Late Holocene coastal morphology and sea-level records on three small islands, the Southern Ryukyus, Japan. *Geogr. Rev. Jap.*, **58** (Series B), 185-194.
- Russell, R. J. (1959) : Caribbean beach rock observations. *Zeitschr. f. Geomorphol.*, **3**, 227-236.
- Russell, R. J. (1962) : Origin of beach rock. *Zeitschr. f. Geomorphol.*, **6**, 1-16.
- Stoddart, D. R. and Cann, J. R. (1965) : Nature and origin of beachrock. *Jour. Sed. Petrol.*, **35**, 243-247.
- Stuiver, M. and Polach, H. A. (1977) : Discussion reporting of  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon*, **19**, 355-363.
- Stuiver, M. and Braziunas, T. F. (1993) : Modeling atmospheric  $^{14}\text{C}$  influences and  $^{14}\text{C}$  ages of marine samples to 10,000 BC. *Radiocarbon*, **35**, 137-189.
- Vogel, J. C. and Ehhalt, D. (1963) : The use of the carbon isotopes in ground water studies. *In Radioisotope Ratios as Pollutant Source and Behaviour Indicators*. 143-150. IAEA, Vienna.
- Yonetani, S. (1963) : Preliminary notes on beach rock at the south-west island of Japan. *The Bunka Hokoku, Shigakuhen*, Kagoshima Univ., 1-16.