

Pictorial 3 : Distribution and Calibrated Radiocarbon Ages of Coral Boulders Beached on the Southeast Beach of Miyako Island, Okinawa Prefecture

沖縄県宮古島南東の東平安名崎とその周辺には多くの津波石がみられる。そのなかからマイバーバマに打ち上げられた津波石の分布とハマサンゴ化石の較正年代について報告する（本文 1043-1051 ページ参照）。

Photographs show many coral boulders beached on Higashihenna Promontory and surrounding area by huge tsunamis. Their distribution and the calibrated radiocarbon ages of fossil *Porites* sp. collected from Maibahbama, SE Miyako Island are discussed in the text (p. 1043–1051).



図 1 東平安名崎の海成段丘上（標高約 20 m）と東方の礁原に散乱する津波石。

Fig. 1 Huge coral boulders beached on marine terrace (ca. 20 m a.s.l.) of Higashihenna Promontory and its eastward reef flat.

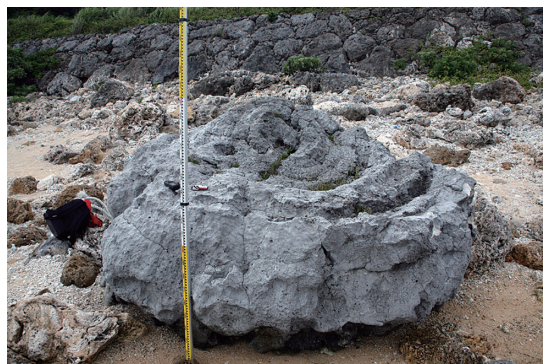


図 2 ^{14}C 年代測定のためマイバーバマから採取したハマサンゴ化石 (*Porites* sp.) の例。較正年代は AD 1771 年 (Omoto, 2011)。

Fig. 2 Example of radiocarbon-dated sample of *Porites* sp. The calibrated ^{14}C age indicated AD 1771.

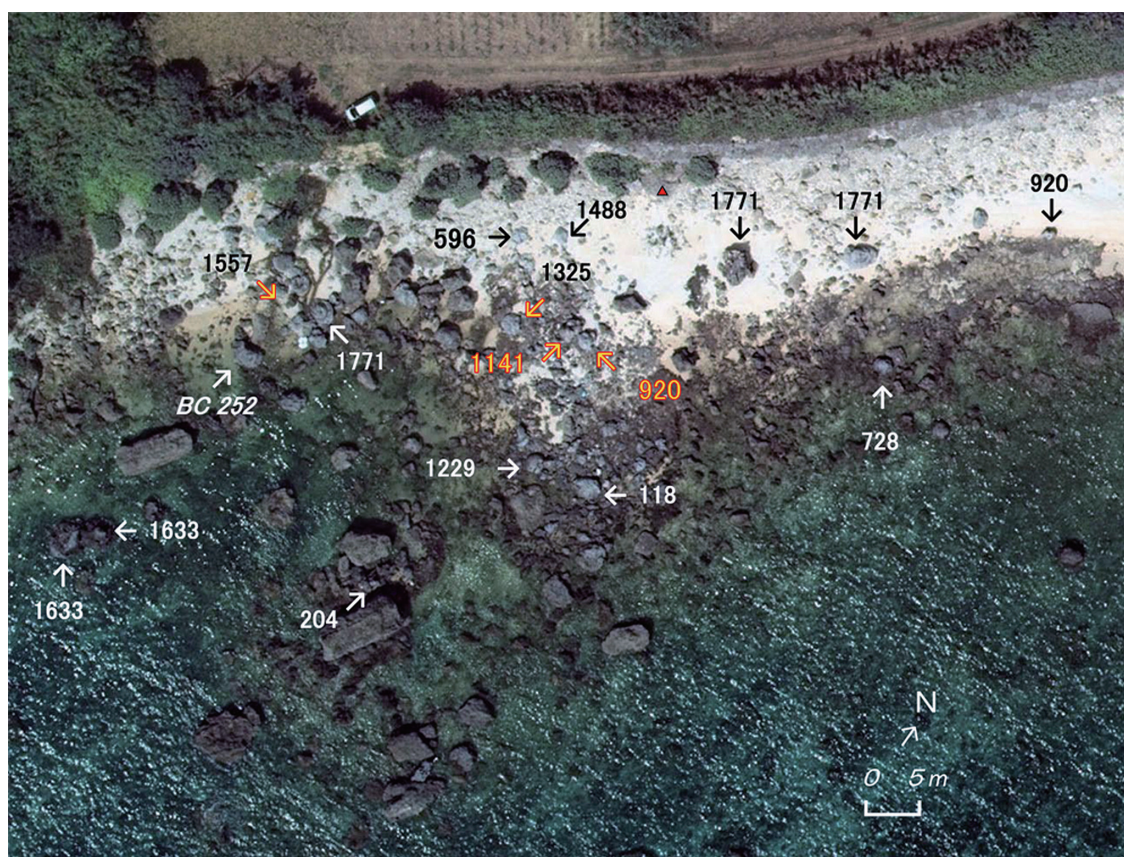


図 3 マイバーバマ西部の津波石の分布と較正年代。三角は測量基準点を示す。航空写真提供：アジア航測（株）。

Fig. 3 Distribution and calibrated ^{14}C ages (AD) of coral boulders beached on the west of Maibahbama, SE Miyako Island. Triangle indicates bench-mark for survey. An aerial photograph provided by Asia Air Survey Co., Ltd.

小元久仁夫 / Kunio OMOTO (2012 年 5 月 14 日受付, 2012 年 9 月 3 日受理)

沖縄県宮古島南東部, マイバーバマに打ち上げられた 津波石の分布とハマサンゴ化石の較正年代

小元 久仁夫*

Distribution of Coral Boulders Beached by Huge Tsunamis and Calibrated Radiocarbon Ages of Fossil *Porites* sp. of Maibahbama, SE of Miyako Island, Okinawa Prefecture

Kunio OMOTO*

Abstract

A large number of coral boulders are scattered on reef flats and along the shores of Sakishima Islands, SW of Japan. Many were considered to have been cast ashore by huge tsunamis. In this report the author analyzes the distribution and calibrates the ^{14}C ages of coral boulders collected from Maibahbama, southeast of Miyako Island. The calibrated ^{14}C ages indicate a random distribution; however, some coincided exactly with the 1771 Meiwa tsunami. The tsunami travelled from the epicenter northeast and struck the Higashihenna Promontory, then turned westward leaving a large numbers of coral boulders on Maibahbama. Judging from tsunami deposits overlaying the lowest marine terrace the wave height seems not to have exceeded 10 m.

Key words : Meiwa tsunami, fossil *Porites* sp., Miyako Island, Maibahbama, calibrated ^{14}C age
キーワード : 明和津波, ハマサンゴ化石, 宮古島, マイバーバマ, 較正 ^{14}C 年代

I. はじめに

先島諸島では島々を取り囲む礁原・礁池・海岸に大小さまざまな岩塊が散乱している。これらの岩塊の多くは1771年4月24日、石垣島南東の海底を震源(図1)とした明和地震($M = 7.4$: 中田・河名, 1986; 中田, 1990; 国立東京天文台, 2007; $M = 7.8$: Nakamura, 2009)により発生した大津波(明和津波: 牧野, 1981)によって打ち上げられた(以下、津波石)と考えられてきた。

しかし津波石に付着していた化石サンゴや貝化石の ^{14}C 年代は、明和津波の年代と合致するもの、統計誤差範囲に入るもの、統計誤差範囲を逸脱するもの、紀元前の年代を示すものなどさまざま

までである(Omoto, 1979; 加藤・木村, 1983; 河名・中田, 1984, 1994; 河名ほか, 1987; 平良ほか, 1988; 中田, 1990; Nakata and Kawana, 1995; 河名, 1996, 2008, 2009a, b, 2011; Suzuki *et al.*, 2008; Araoka *et al.*, 2010; 小元, 2010; Omoto, 2011)。

ところで西暦2000年頃までにわが国で β 線法(ガス・カウンターやLSCを使用した ^{14}C 年代測定)によって測定されたほとんどの ^{14}C 年代は、試料の安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)による補正が行われていない「生の測定値」であった。Stuiver and Polach (1977)は個々の試料について安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)を測定し、その値により測定値を補正した“conventional age”を報告することを提唱し、欧米の年代測定機関はこれを遵守してき

* 元日本大学文理学部

* College of Humanities and Sciences, Nihon University, ret., Hachioji, 192-0364, Japan

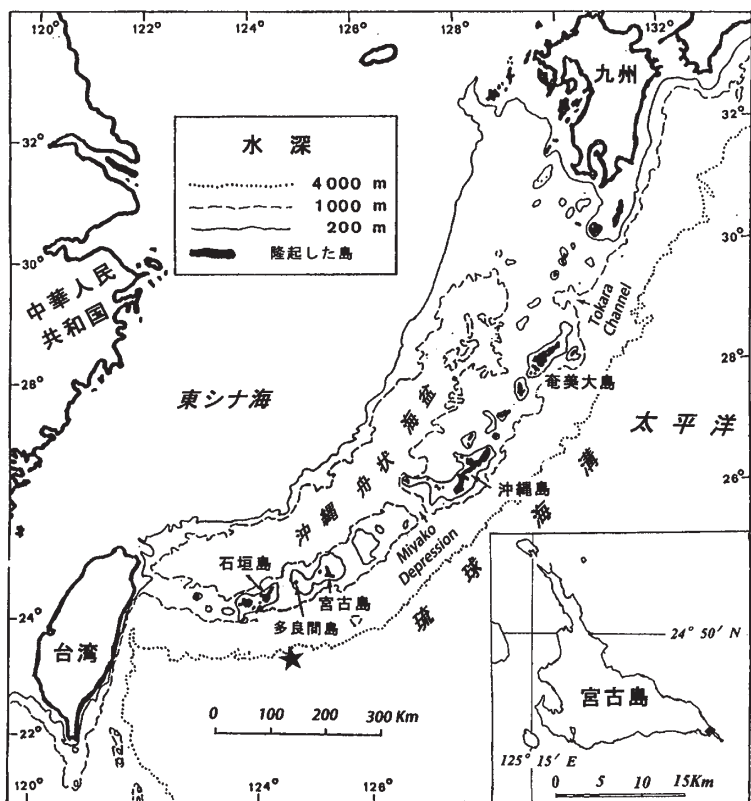


図 1 1771 年明和地震の震源と調査地宮古島を示す地図 (Pirazzoli *et al.*, 1984 原図, Omoto, 2011 を改変). 星印は Nakamura (2009) の震源域を示す.

Fig. 1 Maps show the estimated epicenter of the AD 1771 Meiwa tsunami and location of Miyako Island. A pentagram indicates the epicenter reported by Nakamura (2009). (Modified from Fig.1 of Pirazzoli *et al.*, 1984 and reprinted from Omoto, 2011).

た。安定同位体比による補正を行うのは、 ^{14}C 年代の基準とした 1950 年の大気中で生育した樹木の年代 (^{14}C 濃度) と比較できるように標準化するためである。

また海洋生物を試料とする場合、大気中の ^{14}C が海洋水と平衡状態になるまで遅延時間が生ずる。このため marine reservoir correction (R および ΔR の補正) が不可欠である。そしてさらに暦年代に較正する場合、年輪の測定結果にもとづく calibration program を使用しなければならない (Stuiver *et al.*, 1998)。

かつてわが国で β 線法により測定された ^{14}C 年代 (生の測定値) の大部分は、上述の各種補正が行われなかったため、古文書に記載された大津

波の暦年代と合致しなかったのは当然である。

Omoto (2011) は津波石の ^{14}C 年代が津波発生年代とあわない原因について、① ^{14}C 年代に対する誤った解釈、② 測定試料の変質や汚染、③ 津波石が 1 回の大津波で打ち上げられたという解釈、④ 津波石の運搬過程に起因するという 4 項目を指摘した。その上で宮古島のマイバーバマに打ち上げられたハマサング岩塊から *Porites sp.* 試料を採取し較正年代を求め、明和津波の年代との整合性、明和津波以前の大津波の年代、大津波の周期性などを明らかにした。

しかしマイバーバマの津波石の分布、試料採取地点の位置、津波石と年代との関連については言及しなかった。そこで本報告では、マイバーバマ

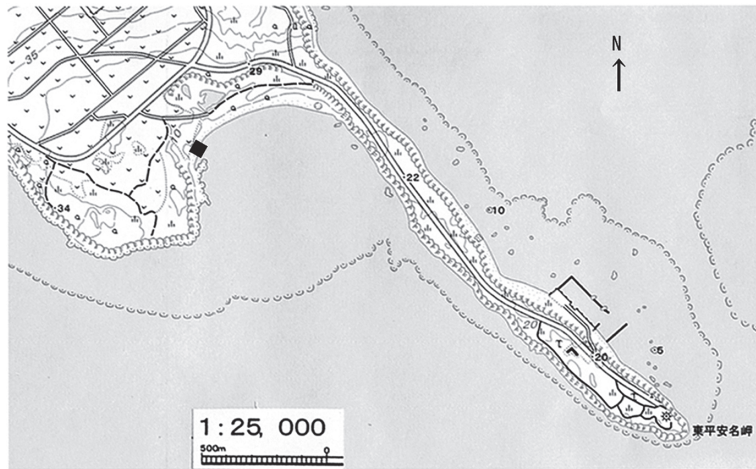


図2 マイバーバマの位置(国土地理院発行1:25,000「東平安名崎」). 菱形は津波石の集中場所(口絵3-図3参照).

Fig. 2 Location map showing Maibabama, southeast of Miyako Island (Scale 1:25,000, Higashihennazaki). A rhombus indicates the integrated area of beached tsunami boulders shown in Pictorial 3-Fig. 3.

西方の津波石集積地から採取した年代測定試料の位置や津波石の分布状態を航空写真で示し、その較正年代と津波の到達方向や波高について考察した結果を報告する。

II. 津波石の年代と分布

1) 津波石の年代

宮古島南東の名勝「東平安名崎」の海成段丘上には長径4mをこえる巨大な津波石が打ち上げられており(口絵3-図1)、その詳細な分布と年代は河名・中田(1994)によって報告されている。しかし津波石の年代は安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)による補正が行われていない測定値で表示され、marine reservoir correctionは行われず暦年代にも較正されていない。このため津波石の年代と明和津波との整合性を詳細に議論することができない。

「東平安名崎」とその西方の「宮渡崎」との間に位置する長さ約500mの砂浜は「マイバーバマ」(図2)とよばれている。マイバーバマには大小さまざまな岩塊(津波石)が多数散乱している(口絵3-図3)。河名(2008)は「マイバーバマの津波石(ハマサング化石)の年代から明和津波の年代に加えて、約450年前と約1000年前の津波襲来年代を得た」と報告した。また河名

(2009a, 2011)は、マイバーバマの津波石について7試料の歴年代(cal BP)を報告している。このうち1試料の年代が280~130 cal BP(intercept = 250)で西暦1670~1820年(確率中央値は1700年)となり、1771年の明和津波の年代に相当すると述べている。しかしいずれの文献にも試料採取地点の詳細な位置や具体的な年代較正の方法は記載されていない。

一方宮古島の西方約130kmに位置する石垣島の津波石については、最近Suzuki *et al.* (2008)とAraoka *et al.* (2010)が報告している。Suzuki *et al.* (2008)は石垣島に打ち上げられた18個のハマサング試料についてAMS ^{14}C 年代測定を行い、 $\pm 2\sigma$ の誤差範囲で明和津波の年代に入る試料が10個あったと報告している。さらにハマサング試料7個について酸素同位体($\delta^{18}\text{O}$)分析を行い、台風の高波と大津波により打ち上げられた岩塊を識別可能なことを述べた。

またAraoka *et al.* (2010)は石垣島に打ち上げられたハマサング試料6個について高精度U/Th年代測定を行い、2試料の年代が1771年 ± 5 年の誤差範囲に入ることを報告している。また彼らは ^{14}C 年代を暦年代に補正するため不可欠な ΔR について8個の試料から-36年~+84年($M =$

表 1 マイバーバマ西部から採取したハマサンゴ化石の較正年代 (Omoto, 2011 を改変). 右欄の年代は median probability を示す. 試料 E (NUTA2-15498) はエガイ (*B.decussata*) またはベニエガイ (*Amygdaloumstostum*) である.

Table 1 Calibrated ^{14}C ages of fossil *Porites* sp. collected from Maibahbama, SE of Miyako Island (Modified Omoto, 2011). The "Est. Ages" indicate median probability. Sample E (NUTA2-15498) is *B.decussata* (or *Amygdaloumstostum*).

Loc.	Longitude (N)	Latitude (E)	Code No.	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conv. BP	\pm (1σ)	Cal (Up)	Cal (Low)	Cal (M)	Est. Age
A	24° 43' 44.5"	125° 26' 59.4"	NU-2135	-0.34	<i>Modern</i>		1,884	1,714	1,812	1,771
B	24 43 46.9	125 27 00.2	NU-1990	-2.02	<i>Modern</i>		1,884	1,714	1,812	1,771
C	24 43 46.0	125 26 59.6	NU-1988	-0.35	<i>Modern</i>		1,874	1,705	1,803	1,771
D	24 43 44.5	125 26 59.4	NU-1985	-1.82	550	57	1,879	1,712	1,808	1,771
E	24 43 43.8	125 26 58.9	NUTA2-15498	3.20	558	24	1,842	1,711	1,793	1,771
F	24 43 43.5	125 26 59.1	NU-2105	-0.69	627	54	1,810	1,661	1,731	1,771
G	24 43 42.3	125 26 58.9	NU-2116	0.63	684	55	1,704	1,560	1,652	1,633
H	24 43 42.3	125 26 58.9	NU-2115	0.80	714	55	1,677	1,552	1,618	1,633
I	24 43 42.2	125 26 58.4	NU-2132	-1.46	808	46	1,592	1,479	1,543	1,557
J	24 43 43.5	125 26 58.5	NU-2103	-1.20	871	56	1,534	1,433	1,488	1,488
K	24 43 47.5	125 27 01.1	NU-1991	-1.16	984	57	1,446	1,347	1,399	1,399
L	24 43 42.6	125 26 58.5	NU-1983	0.40	1,066	49	1,395	1,304	1,348	1,325
M	24 43 47.5	125 27 01.7	NU-1992	-0.91	1,094	47	1,360	1,284	1,326	1,325
N	24 43 43.4	125 26 59.1	NU-1969	-1.29	1,205	60	1,294	1,175	1,229	1,229
O	24 43 42.6	125 26 59.0	NU-1982	-0.84	1,327	47	1,171	1,052	1,117	1,141
P	24 43 45.6	125 26 59.5	NU-1987	0.33	1,461	61	1,043	902	974	920
Q	24 43 47.9	125 27 01.8	NU-1993	-2.10	1,505	47	1,004	878	932	920
R	24 43 42.6	125 26 59.0	NU-1981	-0.46	1,534	63	983	823	899	920
S	24 43 45.2	125 26 59.5	NU-1986	-1.06	1,557	63	956	793	874	920
T	24 43 44.3	125 26 59.7	NU-1999	-0.87	1,698	59	790	666	733	728
U	24 43 43.5	125 26 58.5	NU-2102	-0.56	1,846	48	661	549	596	596
V	24 43 46.2	125 26 59.6	NU-1989	-0.92	2,180	62	302	130	217	204
W	24 43 43.1	125 26 58.3	NU-2100	-0.04	2,204	85	296	79	191	204
X	24 43 43.4	125 26 59.1	NU-2101	-1.70	2,266	62	204	35	118	118
Y	24 43 42.2	125 26 58.8	NU-2136	-1.06	2,571	69	-174	-350	-252	-252

注: 緯度経度の斜体表示は座標計算値を, 年代の斜体表示は計算値 (Omoto, 2011) を示す. 年代の-は紀元前を示す.

Note: Italics in latitude and longitude indicate figures calculated from by surveys and italics of calibrated ages indicate the result of calculations by Omoto (2011).

10 ± 37 years) の数値を報告した。

小元 (2010) はマイバーバマのハマサンゴ岩塊が 1771 年明和津波によって打ち上げられたかどうかを確認するため, その最外殻部を採取し ^{14}C 年代測定を行い, 暦年代に較正し 753 cal BP の年代を得た。この結果は採取したハマサンゴ岩塊が段丘崖に露出している更新統琉球石灰岩層からの転石などではなく, また 1771 年明和津波により打ち上げられた津波石でもないことを示した。

しかし較正年代が 1771 年から大きくはずれた

ため, 小元はさらに現地調査を行い 40 個のハマサンゴ化石を採取し ^{14}C 年代と安定同位体比を測定し conventional age を決定した。暦年代への較正のため marine reservoir correction (Hide-shima *et al.*, 2001: $\Delta R = 35 \pm 25$) を行い, CALIB 09 program (Reimer *et al.*, 2009) を使用し BC 252 年から modern までの年代を得た (Omoto, 2011)。その結果にもとづき試料採取地点の緯度・経度, 試料の安定同位体比, 較正年代 (1σ に相当する年代の上限および下限の暦年代) などを表 1 に示す。

2) 津波石の分布

マイバーバマに打ち上げられた津波石の形状はさまざまで、長径数 10 cm から 5 m 以上までの岩塊が多数散乱している。津波石の分布を正確に把握するため 2009 年アジア航測 (株) 撮影のデジタル航空写真 (縮尺 1/7,000) を購入して判読し、年代測定試料を採取した岩塊の位置を Nikon トータルステーションや GPS で計測し津波石の詳細な分布図を作成した。

調査地域の海成段丘の基盤は更新統琉球石灰岩層であり、東平安名崎と宮渡崎の段丘崖に露出している。波浪による侵食や大地震または大津波により段丘崖から崩落した岩塊は段丘崖直下に転石となって堆積している。今回研究対象とした津波石は、大部分が淡青灰色～灰色を呈し縞状の年層構造が明らかなハマサング化石 (*Porites* sp.) である (口絵 3-図 2)。それ以外の岩塊—とくに礁池や後方礁原に残存する岩塊—の大部分はいわゆる根無し岩 (基盤岩から分離され移動した岩塊) であり、上記のハマサング岩塊とは明らかに異なる更新統サング石灰岩からなる。これらの津波石の大部分はマイバーバマの東西の段丘崖から 30 m 以上離れた場所に散乱している。

津波石はマイバーバマ中央の砂浜では多くを見ることはできず、西方に多くの津波石が集積している。マイバーバマで最大規模の津波石 (3 m × 4 m × 14 m) は西方の後方礁原に存在する。口絵 3-図 3 はマイバーバマ西方の津波石の分布とハマサング岩塊の較正年代 (表 1: BC 表記以外はすべて西暦である) を示している。そこで口絵 3-図 3 および表 1 にもとづき津波石の分布、津波石の較正年代、津波の進行方向、現地調査により推定した津波の波高、および ΔR について次のように考察した。

III. 考 察

1) 津波の到達方向と波高

明和津波のトリガーとなった海底地震の震源に関してはいくつかの報告がある。すなわち今村 (1938) は明和地震の震源を石垣島の東南東海域と報告し、羽鳥 (1988)・中田 (1990)・Nakata

and Kawana (1995) は石垣島南東部が震源と報告した。東京天文台 (1994) の理科年表や松本・木村 (1993), Matsumoto *et al.* (2001), 今村ほか (2001) では石垣島南部の海域を震源としている。また Nakamura (2006) は震源が石垣島北東の海域であると報告した。その後 Nakamura (2009) は前報の地震の規模では大津波を発生させるには問題があるとして、石垣島南南東約 100 km の琉球海溝付近で発生した $M = 7.8$ の海底地震が明和津波を発生させたとは推定した。

いずれの震源も宮古島の南西または南南西に位置しており、宮古島との位置関係 (図 1) から判断して津波は南西あるいは南南西方向から宮古島に到達したと推定される。しかしマイバーバマの津波石は前述のように中央部の砂浜にはまばらに存在し、その多くは西方に偏在している (口絵 3-図 3 参照)。このような津波石の分布状況は、東方から到達した津波によって既存の岩塊が西方に移動し集積したことを示唆している。

マイバーバマの東方には北西から南東に半島状に伸びる標高 20 ~ 25 m の海成段丘 (東平安名崎) があり、高さ 20 m 以上の海食崖が発達している (図 2; 口絵 3-図 1 参照)。したがって高さ 20 m 以上の大津波が東方から東平安名崎の段丘面をこえてマイバーバマに到達しない限り、西方に多くの津波石を運搬・集積させることは不可能である。このような地形条件を考慮したとき、津波は宮古島に南西方向から到達して東平安名崎に衝突し、進行方向を西方に転じたという推定 (Omoto, 2011 の Fig. 1) が妥当と思われる。しかし明和津波以前の津波や台風の高波などにより、すでに礁斜面や前方礁原から分離されて礁池や後方礁原まで運搬されていた岩塊は最後の巨大津波—すなわち明和津波—によって一気に西方に押し流され、海岸に打ち上げられたと推察される。

津波の進行方向は空中写真判読により、礁斜面や前方礁原から津波によって移動した岩塊によって海底に刻み込まれたと推定される溝状凹地形の存在や、線状のサング群落の配列、後方礁原に散乱している長径 4 m をこえる岩塊の長軸方向に

もとづき推定することができる。すなわち津波は南西方向や南方から礁嶺をこえて礁池に滝のようになだれ込み、東平安名崎の海食崖に衝突し、その一部は反時計回りの流れ（東から西への流れ）になったと推定される。

マイバーバマの北方には旧汀線標高が7～9mの低位海成段丘がみられる。この段丘面上には東平安名崎の海成段丘上やマイバーバマの砂浜、あるいは後方礁原で見られるような直径2mをこえる巨大な津波石は見られない。しかし年代不詳ながら津波によって打ち上げられたと推定される細かな化石サンゴ片や貝化石片は畑に散乱している。低位海成段丘の高度と段丘面上に散乱する海洋生物化石の状況から判断して、明和津波はマイバーバマでは低位段丘面上まで遡上したが10mを大きくこえるまでには至らなかったと推定される。もしも波高が10mを遙かにこえていたならば、段丘面上に直径2m以上のハマサンゴ岩塊が打ち上げられたであろう。この波高の推定値はNakamura (2009) が Fig. 3 に示した1771年明和津波の宮古島に到達した津波高と整合している。

2) 津波石の分布と年代

マイバーバマの後方礁原には年代は不詳であるが、一辺の長さが5mをこえる巨大な岩塊（口絵3-図3の中央やや左側）がある。口絵3-図3には新旧さまざまな年代の津波石がみられ、津波石の年代分布に規則性は認め難い。しかしマイバーバマで1771年の年代を示す津波石6個中の3個は口絵3-図3の範囲に分布し、もっとも古いBC252年を示す津波石は中央よりやや左側（西側）に位置している。この結果は南西方向から宮古島に到達した津波が東平安名崎に激突して反時計方向（西側）に進行方向を転じたという上述の解釈と整合している。

しかし例外もみられる。例えば1633年を示す二つのハマサンゴ岩塊がマイバーバマ西方（口絵3-図3の左側）の後方礁原に存在する。このすぐ東方には巨大な岩塊を含む多数の津波石が集積しているが、南方には巨大な津波石は存在しない。この事実から比較的新しい年代を示すこの二つのハ

マサンゴ岩塊が、東方からの津波によって直接運搬されたとは考えがたい。この二つのハマサンゴ岩塊に関しては、南方から到達した津波によって運搬されたと解釈した方がより一層妥当である。このハマサンゴ試料の較正年代は1633年であるが、中田・河名(1986)が推定した1667年に沖縄トラフで発生した海底地震の年代や、最近Araoka *et al.* (2010) が報告した1625年のイベントと1 σ の誤差範囲にある。もしも上記の津波石が沖縄トラフ起源の津波によって運搬されたとすれば、宮古島の北西方向から到達した津波が宮古島を半周して礁斜面、前方礁原あるいは礁池にあったハマサンゴ岩塊を海底から分離し、後方礁原やマイバーバマまで移動させたことになる。

3) 歴年補正と ΔR の数値

海洋生物化石の conventional age を暦年代に較正する場合、calibration program に marine reservoir correction の数値 (ΔR) を入力するが、この数値が重要なウェイトを占める。 ΔR の数値は時空間的に変化している（Hughen *et al.*, 2004; Reimer *et al.*, 2009）、厳密に言えば調査地で決定された数値を使用すべきである。しかし調査地のすべてにおいて ΔR の数値が決定されているわけではない。このため通常は近接した地点の ΔR の数値を使用するか、あるいは既知地点間の距離により比例配分した数値を使用している。

宮古島の ΔR の数値はいまだ決定されていない。このため Omoto (2011) は地理的環境が類似している石垣島から採取した化石サンゴのボーリングコアの年代測定結果から Hideshima *et al.* (2001) が報告した $\Delta R = 35 \pm 25$ years を使用した。Suzuki *et al.* (2008) も較正年代をもとめるに際して Hideshima *et al.* (2001) の ΔR を使用している。なお石垣島周辺の ΔR の数値として他に次の2件の報告がある。

Yoneda *et al.* (2007) は南太平洋で行われた核実験以前に採取された貝化石の年代測定結果にもとづいて、 $\Delta R = 73 \pm 17$ years ($N = 14$) の数値が台湾北部や石垣島に対して最適であると報告した。また Araoka *et al.* (2010) は前述のように石垣島から採取したハマサンゴ化石について高精

度 U/Th 年代測定を行い、 $\Delta R = 10 \pm 37$ years ($N = 6$) の数値を報告している。今回年代較正に使用した ΔR は上記二人が報告した数値のほぼ 1/2 の値である。

このように石垣島周辺の ΔR の数値には研究者により年代差がみられる。したがって conventional age を暦年代に較正する際、calibration program に入力する ΔR の数値によって較正された年代といえども数年から数十年、真の年代からずれる可能性があることを肝に銘ずるべきである。もちろん conventional age そのものが高精度 AMS¹⁴C 年代測定法によって決定された年代であっても、すでに数年～数十年の統計誤差を有する。このため較正年代を使用して古文書の暦年代との整合性を議論する場合には十分に誤差範囲を認識した上で慎重に行うべきである。

IV. まとめ

宮古島南東、東平安名崎とその周辺の後方礁原やマイバーバマには過去の大津波によって打ち上げられた多数の岩塊（津波石）が散乱している。現地調査と航空写真判読を行い、航空写真上にハマサンゴ化石の較正年代（Omoto, 2011）を記入した図（口絵 3-図 3）を作成した。本報告ではこの図にもとづき津波石の分布と較正年代との関連や津波の到達方向を考察し、津波石の較正年代の分布と現地調査および航空写真判読結果から明和津波の波高について考察した。

その結果マイバーバマでは、①津波石は西方に偏在し、その形状はさまざまであり、また大きさも長径数 10 cm から 5 m 以上のものまでさまざまである。②津波石（ハマサンゴ化石）の年代分布には明らかな規則性は認め難い。しかし③もっとも古い BC 252 年を示す津波石は西方に位置し、もっとも新しい明和津波の年代を示すハマサンゴ岩塊は東方に多くみられた。④津波石は南西から襲来した津波が礁嶺をこえて東平安名崎に衝突したときに生じた反時計方向の流れ（西向きの流れ）によって西部に運搬され集積したと推定される。⑤海底地形・サンゴ群落の分布・津波石の年代分布などから判断し、過去の津波は南西方向

だけではなく南方からも到達した。⑥低位段丘の旧汀線高度と、段丘上に散乱する海洋生物化石の堆積状態から判断して明和津波の波高はマイバーバマでは 10 m を大きくこえなかった。⑦ conventional age を暦年代に較正する際、海洋生物を試料とした場合は marine reservoir correction として calibration program に入力する ΔR の数値により真の年代から数年～数十年ずれる場合があることを留意すべきである。

マイバーバマ、東平安名崎の海成段丘上およびその東方の礁池や礁原には過去の大津波によって打ち上げられた多数の津波石が散乱している。今後これらの津波石について高精度 AMS¹⁴C 年代測定、あるいは高精度 U/Th 年代測定を行うことにより、その較正年代にもとづき過去の巨大地震や大津波の正確な発生日を明らかにすることができる。また過去の大津波の年代から大地震や大津波の再来周期に関する資料を得ることができるであろう。

謝辞

現地調査の際に宮古島市文化財審議委員会委員長の安谷屋 昭氏と宮古島市教育委員会生涯学習課文化財担当の久貝彌嗣氏にお世話になった。また津波石の測量の際には宮古島市教育委員会の立津義康氏ほかの方々に手伝っていただいた。

匿名の二人の査読者から寄せられた校閲意見は投稿原稿を加除訂正・補充する上で大変有意義であった。

デジタル航空写真は神前 亘氏（デジタル・アース・テクノロジー（株））に便宜を計っていただき、アジア航測（株）に提供していただいた。

また津波石の分布図作成にあたり株式会社ティージー情報ネットワークの渡會晋平氏に手伝っていただいた。

以上の方々に篤く御礼を申し上げます。

文献

- Araoka, D., Inoue, M., Suzuki, A., Yokoyama, Y., Edwards, R.L., Cheng, H., Matsuzaki, H., Kan, H., Shikazono, N. and Kawahata, H. (2010): Historic 1771 Meiji tsunami confirmed by high-resolution U/Th dating of massive *Porites* coral boulders at Ishigaki Island in the Ryukyus, Japan. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **11**, Q06014.
- 羽鳥徳太郎 (1988): 琉球列島における津波の規模と波

- 源域. 地震第2輯, **41**, 541-547. [Hatori, T. (1988): The magnitudes and epicenters of tsunamis in Ryukyu Islands. *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan. 2nd ser.)*, **41**, 541-547. (in Japanese)*]
- Hideshima, S., Matsumoto, E., Abe, O. and Kitagawa, H. (2001): Northwest Pacific marine reservoir correction estimated from annually banded coral from Ishigaki Island, southern Japan. *Radiocarbon*, **43**, 473-476.
- Hughen, K.A., Baillie, M.G.L., Bard, E., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Gauderson, T.P., Kromer, B., MacCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C.E. (2004): Marine 04 marine radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, **46**, 1059-1086.
- 今村明恒 (1938): 琉球の地震帯内に明和大津浪に就て. 地震, **10**, 431-450. [Imamura, A. (1938): On the earthquake zone of the Ryukyus and large Meiwa tsunami. *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan)*, **10**, 431-450. (in Japanese)*]
- 今村文彦・吉田 功・Moore, A. (2001): 沖縄県石垣島における 1771 年明和大津波と津波石移動の数値解析. 海岸工学論文集, **48**, 346-350. [Imamura, F., Yoshida, I. and Moore, A. (2001): Numerical study of the 1771 Meiwa tsunami at Ishigaki Island, Okinawa Prefecture and the movement of the tsunami stones. *Proceedings of Coastal Engineering, Japanese Society of Civil Engineering*, **48**, 346-350. (in Japanese)]
- 加藤祐三・木村政昭 (1983): 沖縄県石垣島のいわゆる「津波石」の年代と起源. 地質学雑誌, **89**, 471-474. [Kato, Y. and Kimura, M. (1983): Age and origin of so-called "Tsunami-ishi", Ishigaki Island, Okinawa Prefecture. *Journal of the Geological Society of Japan*, **89**, 471-474. (in Japanese)]
- 河名俊男 (1996): 琉球列島北部周辺海域における後期完新世の津波特性. 地学雑誌, **105**, 520-525. [Kawana, T. (1996): Some characteristics of late Holocene tsunamis around the northern Ryukyu Islands, Japan. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **105**, 520-525. (in Japanese with English abstract)]
- 河名俊男 (2008): 総論 琉球列島における考古遺跡と自然災害—特に津波の襲来との係わりを考える—. 考古学ジャーナル, **577**, 3-8. [Kawana, T. (2008): Archaeological sites and disasters in the Ryukyu Islands, with special reference to invasion of tsunamis during past several thousand years: general remarks. *Archaeological Journal*, **577**, 3-8. (in Japanese)*]
- 河名俊男 (2009a): 第2章 地形・地質調査・「天然記念物緊急調査報告書 (サンゴ礁)」。沖縄県天然記念物調査シリーズ, 沖縄県教育委員会, **45**, 3-26. [Kawana, T. (2009a): Chapter 2: Geomorphic and Geological research. Report of rapid research of coral reef for Natural Monument. *Research Report Series of Natural Monuments of Okinawa Prefecture*, Educational Board of Okinawa Prefecture, **45**, 3-26. (in Japanese)*]
- 河名俊男 (2009b): 宮古・八重山諸島における歴史津波の襲来と津波災害—とくに明和津波, 1667 年地震津波, および 1500 年頃の津波—. 日本地理学会予稿集, **76**, 3. [Kawana, T. (2009b): Invasions of huge tsunamis in historical time and their disasters in Miyako Islands and Yaeyama Islands—with special reference to Meiwa tsunami, the 1667 Jishin tsunami and tsunami occurred around AD 1500. *Abstract of 2009 Meeting of the Association of Japanese Geographers*, **76**, 3. (in Japanese)*]
- 河名俊男 (2011): 2章 地形・地質. 国指定名勝「東平安名崎」保存管理計画策定報告書, 14-31. [Kawana, T. (2011): Chapter 2: Topography and geology. *Report of Preservation and Management Plan for Higashihenna Promontory Specially Designated by Japanese Government*, 14-31. (in Japanese)*]
- 河名俊男・中田 高 (1984): 明和津波の地形学的研究 (第2報). 日本地理学会予稿集, **25**, 34-35. [Kawana, T. and Nakata, T. (1984): Geomorphic study of Meiwa tsunami (The second report). *Abstract of 1984 Meeting of the Association of Japanese Geographers*, **25**, 34-35. (in Japanese)*]
- 河名俊男・中田 高 (1994): サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球諸島南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期. 地学雑誌, **103**, 352-376. [Kawana, T. and Nakata, T. (1994): Timing of late Holocene tsunamis originated around the southern Ryukyu Islands, Japan. Deduced from coralline tsunami deposits. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **103**, 352-376. (in Japanese with English abstract)]
- 河名俊男・中田 高・大村明雄 (1987): 石垣島大浜の「津波大石」のサンゴ化石年代. 第四紀研究, **26**, 155-158. [Kawana, T., Nakata, T. and Omura, A. (1987): Age of fossil coral from the "Tsunami-ufu-ishi" on Ohama of Ishigaki Island, the south Ryukyus, Japan. *The Quaternary Research*, **26**, 155-158. (in Japanese)]
- 国立東京天文台編 (2007): 理科年表. 第81冊. 丸善. [National Astronomical Observatory ed. (2007): *Chronological Scientific Tables. 81 (Rika Nenpyo)*. Maruzen. (in Japanese)*]
- 牧野 清 (1981): 八重山の明和津波. 城野印刷. [Makino, K. (1981): *Meiwa Tsunami in Yaeyama (Yaeyama No Meiwa Jishin)*. Jyono Press. (in Japanese)*]
- 松本 剛・木村政昭 (1993): 八重山地震津波発生域における精密地形調査と津波発生メカニズムに関する一考察. 地震第2輯, **45**, 417-426. [Matsumoto, T. and Kimura, M. (1993): A consideration on the precise survey of topography with reference to oc-

- currence mechanism of tsunami in and around the epicenter of Yaeyama Jishin-tsunami. *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan)*, Series 2, **45**, 417-426. (in Japanese)*]
- Matsumoto, T., Kimura, M., Nakamura, M. and Ono, T. (2001): Large-scale slope failure and active erosion occurring in the southwest Ryukyu fore-arc area. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 1, 203-211.
- Nakamura, M. (2006): Source fault model of the 1771 Yaeyama Tsunami, Southern Ryukyu Islands, Japan, inferred from numerical simulation. *Pure Applied Geophysics*, **163**, 41-54.
- Nakamura, M. (2009): Fault model of the 1771 Yaeyama earthquake along the Ryukyu Trench estimated from the devastating tsunami. *Geophysical Research Letters*, **36**, L19307, doi:10.1029/2009GL039730, 2009.
- 中田 高 (1990): 巨大海底地震の使者としての津波石. サング礁地域研究グループ: 日本のサング礁地域 1 熱い自然 サング礁の環境誌. 古今書院. [Nakata, T. (1990): Tsunami boulders produced by submarine earthquake. in *Series of Coral Islands in Japan vol.1 Tropics in Japan: Natural History of Coral Islands (Atsui Shizen: Sangosho No Kankyoshi)* edited by Sangosho-Chiiki Kenkyu Gurupu (The Research Group on Coral Reef Region in Japan), Kokon Shoin. (in Japanese)*]
- 中田 高・河名俊男 (1986): 明和 8 年 (1771) 地震津波について. 歴史地震, **2**, 141-147. [Nakata, T. and Kawana, T. (1986): On the Jishin-tsunami. *Rekishi Jishin*, **2**, 141-147. (in Japanese)*]
- Nakata, T. and Kawana, T. (1995): Historical and prehistorical large tsunami in the southern Ryukyu, Japan. in *Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning* edited by Tsuchiya, Y. and Shuto, N., Kluwer Academic Publishers, 211-221.
- Omoto, K. (1979): Tohoku University radiocarbon measurements 7. *Science Reports of Tohoku University, 7th Series (Geography)*, **29**, 235-261.
- 小元久仁夫 (2010): 宮古島で観察された石灰華段, 津波石および膠結海浜砂層の特徴. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, **45**, 83-94. [Omoto, K. (2010): Characteristics of travertine terraces, tsunami boulders and cemented beach sand beds observed at southeast coast of Miyako Island, southwest of Japan. *Proceedings of the Institute of Natural Sciences, Nihon University*, **45**, 83-94. (in Japanese with English abstract)]
- Omoto, K. (2011): The problem of age determination of coral boulders deposited by the Meiwa tsunami and the time of occurrence of past tsunamis. in *LSC 2010 Advances in Liquid Scintillation Spectrometry: Proceedings of the 2010 International Liquid Scintillation Conference, Paris, France* edited by Cassette, P., Radiocarbon Department of Geosciences Universe, 139-150.
- Pirazzoli, P.A., Kawana, T. and Montaggioni, L.F. (1984): Late Holocene sea-level changes in Tarama Island, the Ryukyus, Japan. *Earth Science; Journal of the Association for the Geological Collaboration in Japan*, **38**, 113-118.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk, R.C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C.E. (2009): IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51**, 1111-1150.
- Stuiver, M. and Polach, H.A. (1977): Discussion reporting of ^{14}C data. *Radiocarbon*, **19**, 355-363.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Brazhunas, T.F. (1998): High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples. *Radiocarbon*, **40**, 1127-1152.
- Suzuki, A., Yokoyama, Y., Kan, H., Minoshima, K., Matsuzaki, H., Hamanaka, N. and Kawahata, H. (2008): Identification of 1771 Meiwa Tsunami deposits using a combination of radiocarbon dating and Oxygen isotope microprofiling of emergent massive *Porites* boulders. *Quaternary Geochronology*, **3**, 226-234.
- 平良初男・上地裕光・中井信之・中村俊夫 (1988): 加速器質量分析計利用における沖縄県石垣島「津波石」の年代測定. 名古屋大学加速器質量分析計報告, **1**, 72-75. [Taira, H., Uejii, H., Nakai, N. and Nakamura, T. (1988): AMS radiocarbon measurements of tsunami boulders collected from Ishigaki Island, Okinawa Prefecture. *Summaries of Researches Using AMS at Nagoya University*. Radioisotope Center, Nagoya University, **1**, 72-75. (in Japanese)*]
- 東京天文台編 (1994): 理科年表. 丸善. [National Astronomical Observatory ed. (1994): *Chronological Scientific Tables of 1994 (Rika Nenpyo)*. Maruzen. (in Japanese)*]
- Yoneda, M., Uno, H., Shibata, Y., Suzuki, R., Kumamoto, Y., Yoshida, K., Sasaki, T., Suzuki, A. and Kawahata, H. (2007): Radiocarbon marine reservoir ages in the western Pacific estimated by pre-bomb molluscan shells. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, **259**, 432-437, doi:10.1016/j.nimb.2007.01.184.

* Title etc. translated by K.O.

(2012 年 5 月 14 日受付, 2012 年 7 月 30 日受理)