

喜界島の台座岩に載る巨礫の ^{14}C 年代： 巨礫の供給源に関する予察的研究

Preliminary Report of ^{14}C Dating of the Limestone Boulders
on Pedestals Developing on the Uplifted Marine Terraces at Kikai-jima

若狭 幸*・前門 晃**・青木 久***・
小暮 哲也****・松崎 浩之*****・松倉 公憲*****

Sachi WAKASA*, Akira MAEKADO**, Hisashi AOKI***,
Tetsuya KOGURE****, Hiroyuki MATSUZAKI***** and Yukinori MATSUKURA*****

1 はじめに

従来の「台座岩（ペDESTAL：pedestals あるいは pedestal rocks）」は、更新世の最終氷期の最拡大期に氷河によって削られた石灰岩ペーブメントの上に、迷子石（erratics）の保護のもとで溶解され残されたものの報告がほとんどであった（たとえば、Williams, 1966; Sweeting, 1966; Peterson, 1982 など）。そのような台座岩においては、その高さが解氷以降現在の時間に、その周辺の石灰岩が溶解された分に相当することになる。従って、この高さを解氷以降の時間で除することにより、平均地表面低下速度（溶解速度）が計算される。これに対し、松倉ほか（2005）および Matsukura *et al.*（2007）は、このような迷子石の下部に形成される台座岩とは異なる種類の台座岩を報告した。すなわち、喜界島の隆起サンゴ礁からなる海成段丘上に形成されている台座岩を報告し、台座岩の高さと段丘の離水年代とから、段丘の平均地表面低下速度を 205 mm/ky と

推定した。この速度は、たとえばイングランドの石灰岩ペーブメントの低下速度（Williams, 1966; Sweeting, 1966 などが報告した 42 mm/ky）より 4 倍も速い。

迷子石の岩塊は石灰岩以外の岩質であるが、喜界島の台座岩に載る岩塊（一辺が数メートルを超えるような大きなものであることと、迷子石の岩塊と区別するため、以降は「巨礫」と呼ぶ）は、台座岩を構成する隆起サンゴ礁と同じ石灰岩の岩質である。従って、周囲が溶解するのと同様に巨礫自身も溶解しているはずであるが、その巨礫はその大きさから、下部の台座岩を十分に保護することができる。ところで、このような巨礫はいったいどこからどのようなプロセスで隆起サンゴ礁上に置かれたのであろうか。琉球列島の幾つかの島では、海岸や内陸を問わず、喜界島の巨礫と同様な石灰岩の巨礫が多数存在することが知られており、その多くは津波石とされている（たとえば、河名, 1996）。しかし、喜界島の巨礫に関する報告は少なく、それらが津波石かどうかの議論

* 共立女子大学国際学部

** 琉球大学法文学部

*** 大東文化大学経営学部

**** 筑波大学陸域環境研究センター

***** 東京大学工学研究科

***** 筑波大学大学院生命環境科学研究科

はされていない。そこで、我々はこの問題にアプローチしてみようと考えた。そのアプローチの方法は、従来の津波石の議論と同様に、巨礫の運搬プロセスを議論するための一つの情報を得るために、放射性炭素年代法を用いた巨礫の年代測定をおこなうというものである。その結果、巨礫と台座岩について、それぞれ幾つかの年代値が得られたので、本稿ではそれらを簡単に報告することにする。本稿はデータの提示を主目的にしており、考察は予察的なものである。年代値の詳細な吟味や、巨礫の供給源や運搬プロセスについての考察は、稿を改めて行う予定である。

II 喜界島の地形地質概観

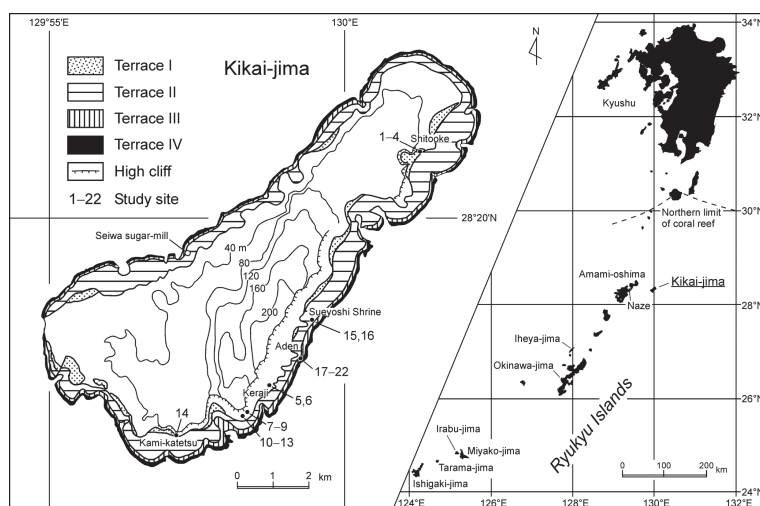
喜界島（第1図）は琉球列島の中でもとりわけ琉球海溝側に位置していることから、過去13万年の平均隆起速度が1.7 m/kyと琉球列島の他の島より一桁大きい（たとえば、Konishi *et al.*, 1974）。このような活発な隆起運動がそれ以降の完新世まで継続してきたため、完新世サンゴ礁段丘が島を縁取るように発達している。それらの隆起サンゴ礁は第四紀石灰岩からなり、地形・地

質・形成年代に関する研究が多数積み重ねられてきた（たとえば、中田ほか、1978；太田ほか、1978；佐々木ほか、1998）。その結果、喜界島の北東部に位置する志戸桶北海岸においては、高度11 m以下に4つの段丘が認められている（第1図）。それぞれの段丘の高度、段丘を構成するサンゴの年代、段丘離水年代は高位のものから順に以下のように示されている（佐々木ほか、1998）。

- I面：高度約11 m，サンゴの年代6.89～7.76 ka，段丘離水年代不明
- II面：高度約5.0～3.5 m，サンゴの年代3.91～7.22 ka，段丘離水年代5.1～4.0 ka
- III面：高度約3.8～1.5 m，サンゴの年代3.96～4.65 ka，段丘離水年代2.9～2.6 ka
- IV面：高度約1.2 m以下，サンゴの年代1.53～8.07 ka，段丘離水年代不明

また、同様に隆起サンゴ礁のサンゴの年代を計測した太田ほか（1978）によれば、I面、II面、III面の離水は、それぞれ6.0 ka, 3.7 ka, 3.0 kaとされている。

調査した台座岩の存在する地域は、I面に位置する志戸桶と花良治、II面の末吉神社、III面の阿



第1図 試料採取地点の位置 (Matsukura *et al.*, 2007 の Fig. 1 を引用)

伝の4地域である(第1図).

これら完新世の隆起サンゴ礁の背後(陸側)には、琉球石灰岩からなる完新世以前に離水した海食崖(段丘崖)がみられる。崖の比高は島の東部北の志戸桶では約15 m, 島の東部中央の阿伝付近では約150 m, 島の東部南の上嘉鉄では約40 mほどである。志戸桶から阿伝の間は、南に行くほど崖の比高は大きくなり、阿伝から上嘉鉄の間は南に行くほど崖の比高は逆に小さくなるという傾向が見られる。島の東部中央の阿伝、花良治、浦原にある崖は、百之台層(125 × 10³ y. B. P., Konishi *et al.*, 1974; 220 ~ 300 × 10³ y. B. P. および 300 × 10³ y. B. P., 木崎ほか, 1984)の石灰岩からなり、百之台層の下には鮮新統の島尻層群早町層(Huang, 1966)の泥岩層が続いている。志戸桶、上嘉鉄にある崖は湾層(約6万年, 木崎ほか, 1984)の石灰岩からなり、湾層の下に島尻層群早町層の泥岩層が続いている(木崎, 1985)。

III 試料の採取および 放射性炭素年代測定の方法

サンゴ礁質石灰岩は、炭酸カルシウム(CaCO₃)から構成されるため、岩石中の炭素の同位体比(¹⁴C/¹²C)を測定することにより、放射性炭素年代(¹⁴C年代)が計算できる。そこで、それぞれの台座岩と巨礫から石灰岩試料を採取した。Matsukura *et al.* (2007)ではI面上で14個、II面上で2個、III面上で6個の台座岩(あるいはその上部の巨礫)の存在が確認されている。本研究ではそのうち、I面で7個、II面で2個、III面で2個の巨礫から試料を採取した。巨礫での試料採取にあたっては、サンゴの成長方向がわかるものについては、できるだけ上部に相当する部分からの採取を心がけた。あわせてそれら巨礫の下部の台座岩からも試料を採取して分析対象とした。台座岩の試料採取は、できるだけ台座の上部面に近いところで行った。試料採取地点の番号は

Matsukura *et al.* (2007)のTable 1に提示したものと同一とし、その中で、巨礫をB(Boulderの頭文字)、台座岩をP(Pedestalの頭文字)として区別してある(第1表)。また、背後の海食崖である百之台に露出している石灰岩層からも試料を採取した。試料の採取はサンゴの組織が良く保存されている部分を選択して行った¹⁾。

サンゴ試料の前処理は、国立歴史民俗博物館で行った。ただし、第1表の*印で示す試料、すなわち、9-B, 9-P, 15-B-2, 15-P-1, 16-B-1, 16-P-2, 17-P-2, 19-B, 19-Pについては、株式会社パレオラボに委託した。いずれの試料も塩酸により表面を洗浄した後、試料をリン酸分解もしくは燃焼させて二酸化炭素を発生させ、鉄触媒(鉄粉)で還元して炭素試料、すなわちグラファイト試料を精製した。二酸化炭素と同時に発生する他の気体は、凝結温度の差異を利用し、真空ラインを用いて除去した。グラファイトは鉄粉と共に加速器質量分析(Accelerator Mass Spectrometry; AMS)用のカソードにプレスし、AMS用の試料とした。

AMSには、東京大学工学系研究科タンデム加速器研究施設のタンデム型加速器を用いた。前述の*印の試料については、前処理と同様に株式会社パレオラボに分析を委託した。AMSでは放射性同位体である¹⁴Cと安定同位体である¹²Cの同位体比を測定した。

IV 結果および若干の考察

得られた同位体比から求めた¹⁴C年代値を第1表に示す。最初に、百之台の試料の年代をみてみよう。²³⁰Thや²³¹Paによって見積もられている百之台層の年代(125 ~ 300 ka)は、¹⁴C年代の対象としては測定限界(~65 ka)を超えており、本来は年代測定不能であるが、得られた値は33 ~ 42 kaであった。しかし、これは、試料の存在していた環境中からの若い炭素の混入、あるいは、試料精製中での現代炭素による汚染などによ

第1表 ^{14}C 年代測定値一覧 (Site No. は Matsukura *et al.*, 2007 の Table 1 の Site No. と合わせてある. Sample No. の *印のついたものは, 株式会社パレオラボへ依頼の分析値である. その他の試料は東京大学タンデム加速器において分析されたものである)

Site No.*	Sample No	Terrace	Location	^{14}C age (yrBP $\pm 1\sigma$)
1	1-B	I	Shitooke	20,124 \pm 91
1	1-P	I	Shitooke	27,529 \pm 149
2	2-B	I	Shitooke	32,087 \pm 200
2	2-P	I	Shitooke	8,674 \pm 57
4	4-B-1	I	Shitooke	19,850 \pm 272
4	4-B-2	I	Shitooke	20,008 \pm 88
4	4-P-1	I	Shitooke	6,193 \pm 55
4	4-P-2	I	Shitooke	6,686 \pm 51
4	4-P-3	I	Shitooke	6,205 \pm 74
5	5-B	I	Keraji	2,227 \pm 46
5	5-P	I	Keraji	29,593 \pm 167
6	6-B	I	Keraji	2,905 \pm 164
9	9-B*	I	Keraji	24,400 \pm 90
9	9-P*	I	Keraji	5,075 \pm 30
12	12-P-1	I	Keraji	5,076 \pm 79
12	12-P-2	I	Keraji	5,286 \pm 66
15	15-B-1	II	Sueyoshi-shrine	19,671 \pm 283
15	15-B-2*	II	Sueyoshi-shrine	32,950 \pm 16
15	15-P-1*	II	Sueyoshi-shrine	4,405 \pm 25
15	15-P-2	II	Sueyoshi-shrine	4,535 \pm 37
16	16-B-1*	II	Sueyoshi-shrine	29,030 \pm 110
16	16-B-2	II	Sueyoshi-shrine	16,763 \pm 95
16	16-P-1	II	Sueyoshi-shrine	5,525 \pm 81
16	16-P-2*	II	Sueyoshi-shrine	4,830 \pm 25
17	17-B-1	III	Aden	31,444 \pm 193
17	17-B-2	III	Aden	40,902 \pm 449
17	17-P-1	III	Aden	4,173 \pm 52
17	17-P-2*	III	Aden	3,270 \pm 25
19	19-B*	III	Aden	37,970 \pm 23
19	19-P*	III	Aden	4,090 \pm 24
-	H-1	Cliff behind terrace	Hyaku-no-dai	33,475 \pm 229
-	H-2	Cliff behind terrace	Hyaku-no-dai	42,242 \pm 496
-	H-3	Cliff behind terrace	Hyaku-no-dai	39,840 \pm 431

るものと考えられる. ここでは, 完新世段丘面より十分古い年代が出たことを重要視すべきであろう. 今後, 他の年代法を用いた再検証が必要である.

次に, 台座岩で得られた年代値をみると, III面の年代値は 3.3 ~ 4.2 ka の範囲をとる. 同様にII面の試料は 4.4 ~ 5.4 ka の範囲をとる. また, I面の試料は 5.1 ~ 29.6 ka のかなり大きな範囲をとる. 台座岩の年代値は, III面, II面, I面の順

に徐々に古い値となる. I面の試料は, 5.1~8.7 ka と 28.5 ~ 29.6 ka とオーダーの異なる2つのグループに分かれる. 後者の約3万年前という年代を除くと, 各段丘面における台座岩の値は, 前述した佐々木ほか(1998)で得られた各段丘面でのサンゴの年代とほぼ同様の傾向を示している. 従ってこれらの値はそれぞれの段丘の離水直前の年代を表していると考えられる. なお, I面の3万年前という年代(試料番号1-Pと5-P)が何を

示すのかは不明である。

最後に、台座岩に載る巨礫の年代値をみてみよう。地点5の巨礫が2.2 ka という値を示している。この値は、段丘I面が離水した年代(6 ka)より新しい。従って、この巨礫は津波によってその当時のリーフ・エッジが破壊され運搬されたものである可能性が高い。しかし、これ以外の巨礫の年代値は、すべて16.7~40.9 kaの範囲内に入っており、台座岩の年代値よりはるかに古く、しかも百之台層の年代に近い。このことは、巨礫のほとんどは津波石というよりは、百之台の崖からの崩落等によって供給された物質である可能性が高いことを示唆しているものと考えられる。この場合も¹⁴C年代測定の見極め限界に入っている結果があるので再検討が必要である。

なお、厳密には海洋生物であるサンゴの¹⁴C年代値には海洋リザーバー効果の影響を加味する必要がある。さらに、¹⁴C年代値は暦年代較正を行う必要がある。しかし、これらの較正により年代値は数百年変更されるのみである。今回の議論においては、明らかに台座岩と巨礫の年代値の差異が見られていることから、これらの較正は議論には影響しないと考えられる。

V おわりに

喜界島に存在する台座岩とその上に載る巨礫の幾つかについて、それらの¹⁴C年代測定を行った。その結果、台座岩の年代値は、周辺の完新世段丘の離水時期とほぼ同時期であった。また、台座岩の上に載る巨礫については、津波石の可能性のあるのは一カ所だけであり、多くの巨礫は背後の崖から供給されたものではないかと考えられた。しかし、台座岩の中の年代値の大きなものや、巨礫の中でのサンゴの成長速度や成長方向の吟味など、考慮すべき問題も数多く残されており、更なる検討が必要である。また、¹⁴C年代測定の測定限界を超えると考えられる試料については、他の

年代法を用いた年代の再検証が必要であろう。

謝辞

本研究を行うに際し、日本学術振興会・科学研究費の基盤研究B(課題番号16300292および19300305、研究代表者はいずれも松倉公憲)と基盤研究C(課題番号14580103研究代表者・前門晃)、および琉球大学平成19年度中期計画実現推進経費(研究代表者・廣瀬孝)を使用した。

注

- 1) サンゴの組織が保存されていない場合、その岩石は雨水などにより一度溶解され、二次的に石灰化が起こっている可能性があり、その場合、現世の炭素が混入してしまい正確なサンゴの死滅時期を特定できなくなる。

文献

- 太田陽子・町田 洋・堀 信行・小西健二・大村明雄(1978): 琉球列島喜界島の完新世海成段丘: 完新世海面変化研究へのアプローチ. 地理学評論, **51**, 109-130.
- 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.
- 木崎甲子郎・古川博恭・平良初男・大出 茂(1984): 琉球石灰岩の年代測定. 琉球大学理学部紀要, **37**, 29-41.
- 木崎甲子郎編(1985): 「琉球弧の地質誌」278 p. 沖縄タイムス社, 那覇.
- 佐々木圭一・大村明雄・太田陽子・村瀬 隆・吾妻 崇・小林真弓・伊倉久美子(1998): 南西諸島喜界島の志戸桶北海岸における完新世海退性サンゴ礁段丘の形成. 第四紀研究, **37**, 349-360.

- 中田 高・高橋達郎・木庭元晴 (1978): 琉球列島の完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動. 地理学評論, **51**, 87-108.
- 松倉公憲・前門 晃・廣瀬 孝・青木 久・小暮 哲也 (2005): 台座岩から推定される石灰岩地表面の溶解による低下速度: 喜界島における一例. 筑波大学陸域環境研究センター報告, **6**, 17-21.
- Huang, T. (1966): Planktonic foraminifera from the Somachi Formation, Kikai-jima, Kagoshima Prefecture, Japan. *Transactions and Proceedings of the Paleontological Society of Japan, New Series*, **62**, 217-233.
- Konishi, K., Omura, A. and Nakamichi, O. (1974): Radiometric coral age and sea level records from the late Quaternary reef complexes of the Ryukyu Islands. *Proceedings of the 2nd International Coral Reef Symposium*, **2**, 595-613.
- Matsukura, Y., Maekado, A., Aoki, H., Kogure, T. and Kitano, Y. (2007): Surface lowering rates of uplifted limestone terraces estimated from the height of pedestals on a subtropical island of Japan. *Earth Surface Processes and Landforms*, **32**, 1110-1115.
- Peterson, J. A. (1982): Limestone pedestals and denudation estimates from Mt Jaya, Irian Jaya. *Australian Geographer*, **15**, 170-173.
- Sweeting, M. M. (1966): The weathering of limestones. With particular reference to the Carboniferous Limestones of northern England. In Dury, D. H. ed. *Essays in Geomorphology*, 177-210. London, Heinemann.
- Williams, P. W. (1966): Limestone pavements with special reference to western Ireland. *Transactions of the Institute of British Geographers*, **40**, 155-172.
- (2009年7月14日受付, 2009年8月18日受理)