

ビーチロック試料の正確な膠結年代決定法の開発
Development of Physical and Chemical Analysis to Obtain Correct Concretion Age for
Beachrock Sample

小元久仁夫^{1*}・藁谷哲也²・塩見昌司³・南 雅代⁴
Kunio Omoto^{1*}, Tetsuya Waragai², Atsushi Shiomi³, Masayo Minami⁴

¹ 元日本大学大学院理工学研究科/日本大学文理学部・² 日本大学大学院理工学研究科/日本大学文理学部・³ 日本大学生産工学部・⁴ 名古屋大学宇宙地球環境研究所

¹ Formerly Graduate School of Science and Technology of Nihon University・College of Humanity and Sciences, Nihon University, 5-13-1-801, Minamiosawa, Hachioji, Tokyo, 192-0364, Japan

² Graduate School of Science and Technology of Nihon University・College of Humanity and Sciences, Nihon University, 3-25-40, Sakurajousui, Setagaya, Tokyo, 156-8550, Japan

³ College of Industrial Technology, Nihon University, 1-2-1, Izumicho, Narashino, Chiba, 275-8575, Japan

⁴ ISEE, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8601, Japan

* Corresponding author E-mail: K.omoto@ac.auone-net.jp

Abstract

A total of eleven marine carbonate samples were collected in order to determine the concrete age of beachrock from Ohuratabaru-beach and Maibahbama-beach, Miyako Island, southern part of Okinawa. Average speed of beachrock advancing seaward at Ohuratabu-beach was evacuated 3~24 cm/y which did not agree with a former value of 3~7cm/y reported by Omoto et al. (2017). And there remained a problem showing that the ages of some paired samples showed outside of 2 σ statistical error range. While samples collected from Maibahbama-beach were identified as *Porites* sp. and yielded two ages of 1626 cal AD and 1679 cal AD (average : 1653 \pm 23 cal AD), respectively. The age suggests that *Porites* sp. might be washed ashore by huge tsunamis (e.g. 1771 Meiwa tsunami) reported by Omoto (2011).

Keywords: concretion age of beachrock; marine carbonate; AMS-¹⁴C age; Tsunami; Miyako Island

1. はじめに

九州以南に普遍的に発達しているビーチロックは潮間帯の海浜堆積物が海水や陸水中の炭酸カルシウムによって膠結されて形成されるため (American Geological Institute, 1957), その形成年代と標高は地殻変動や海水準変動を示す重要な指標となっている。ビーチロックの形成年代はこれまでビーチロックから採取した生物化石の年代が近似値を示すと考えられ、南西諸島ではビーチロックから採取したサンゴ化石や貝化石などを試料として ¹⁴C 年代測定が行われてきた (例えば小元, 2005) しかし、その正確な形成年代は海浜堆積物が膠結した年代であり、膠結物質である炭酸カルシウムを測定すれば得られることは明らかであるが、その分離手法は未開発である。

本研究の目的はビーチロックの細粒物質間を膠結している炭酸カルシウムを物理的または化学的に分離する手法の開発と、分離した炭酸カルシウムの年代とビーチロック堆積物に含まれる生物化石の年代を比較検討することを目指している。

2. 研究計画

初年度は試料の採取と炭酸カルシウムの分離手法の開発を目指し、分離した炭酸カルシウムとビーチロックに含まれる炭酸塩堆積物について AMS による年代測定を行い、その年代を比較する。次年度は大型の海洋化石表面に付着している炭酸カルシウムを分離する方法の開発と、その年代測定を行うことを目指し、3 年目には海浜堆積物を構成する細粒物質の年代測定を行い、初年度および 2 年目の成果と比較検討し、最終報告書を作成する。

海浜堆積物を膠結している炭酸カルシウムは顕微鏡下で分離するような微量試料であるため、AMS でしか年代決定はできない。また有孔虫化石等の微化石の年代測定も AMS によらざるを得ない。しかし大型貝化石やサンゴ化石の年代決定は β 線法でも可能である。初年度は貝化石やサンゴ化石を 3~6 個、微化石試料を 3~6 個、大型海洋化石試料を 3~6 個採取し、AMS による年代測定を行う。野外調査および年代測定試料の採取は小元が行い、試料の物性分析は藁谷が担当する。加速器質量分析による年代測定は南が行い、 β 線法による大型海洋化石の年代測定は塩見が行う。

3. 野外調査と年代測定結果

平成 28 年 6 月 20 日から 25 日まで沖縄県宮古島の大浦田原海岸（図 1）とマイバーバマ（図 2）において野外調査を行った。大浦田原海岸では、ビーチロックの成長速度を確認するためと、同一地点から採取した異なる試料間の年代差を検討するため石灰砂岩 4 個、貝化石 1 個およびサンゴ化石 3 個を採取し、試料採取地点の地形断面測量を行った。

一方、マイバーバマにはビーチロックに半分埋もれたオオジャコガイがあり（図 2）、宮古島市教育委員会では天然記念物に指定しようとしていた。このためオオジャコガイの年代が既存のビーチロックの年代と整合するかどうかを確認するため、外縁部から 2 個の試料を採取し、地形断面測量を行った。しかしその破断面はオオジャコガイではなく、サンゴの骨格構造を示していたため関西大学名誉教授の木庭元治教授に鑑定を依頼した。その結果、試料はハマサンゴ（*Porites* sp.）であり、micro atoll と鑑定された。

採取した試料は名古屋大学の AMS を使用して ^{14}C 年代測定を行った。その結果と校正年代を表 1 に示す。



図 1 試料を採取した大浦田原海岸



図 2 試料を採取したマイバーバマ

表 1 宮古島の大浦田原海岸とマイバーバマから採取した試料の年代

No.	Lab.Code No.	Subm. Code No.	Material	Weight g	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Conv.Age BP	Lower cal BP	Median cal BP	Upper cal BP	Remarks
1	NUTA2-24359	20160622-01	shell fragment	0.3	2.7	1673±21	1172	1207±33	1247	汀線
2	NUTA2-24360	20160622-01	calcarenite	35.2	1.8	1052±21	559	594±33	629	汀線
3	NUTA2-24361	20160622-02	coral	9.3	-0.9	946±21	491	518±33	539	中間海寄り
4	NUTA2-24364	20160622-02	calcarenite	11.3	1.5	1248±21	702	751±33	786	中間海寄り
5	NUTA2-24365	20160622-03	coral	1.1	0.6	1120±20	624	649±32	675	中間陸寄り
6	NUTA2-24366	20160622-03	calcarenite	12.1	0.2	1352±21	820	860±33	908	中間陸寄り
7	NUTA2-24367	20160622-4	shell	30.1	5.6	1429±21	902	941±33	972	内陸側
8	NUTA2-24368	20160622-4	coral	15.1	-7.6	26381±80	29992	30216±84	30430	内陸側
9	NUTA2-24369	20160622-4	calcarenite	16.1	0.4	1472±21	936	982±33	1021	内陸側
10	NUTA2-24370	20160623-01	coral	10.3	2.3	659±20	243	272±32	304	マイバー浜
11	NUTA2-24373	20161129-1	coral	-	3.0	711±20	278	325±32	362	マイバー浜

注：較正年代は， $\Delta R=35\pm25$ ^{14}C yr (Hideshima et al., 2001) として計算した。

4. 考察

4.1. 大浦田原海岸から採取した試料の年代

野外調査と年代測定結果から，大浦田原海岸のビーチロックの成長速度は3～24 cm/y となり，小元ほか（2017）による3～7 cm/y より大きく，最大値は既報の約3倍となった（図3）．個々の年代測定結果については以下に記載する．

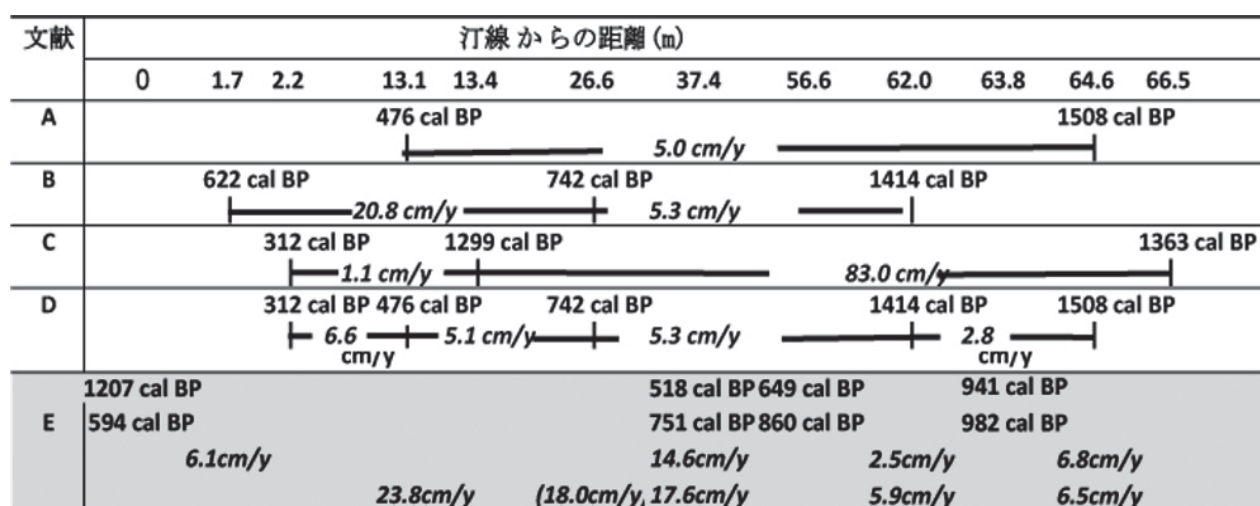


図 3 大浦田原海岸におけるビーチロックの成長速度．小元ほか（2017）を改変．

E 欄の成長速度が今回の成果

試料は種名は異なるが，同一地点の相互に5 cm 以内の距離から採取したペア試料である．したがってその年代は統計誤差 ($\pm 2\sigma$) 範囲に入ることが期待された．しかしながら統計誤差範囲外の試料がある．まず1件目は汀線から採取した試料で，貝殻片の年代は1207±33 cal BP (NUTA2-24359) を示したが，石灰砂岩の年代は594±33 cal BP (NUTA2-24360) となった．ビーチロックは潮間帯で形成され (American Geological Institute, 1957)，陸側から海側に累重する堆積構造にもとづき，陸側から海側に順次累重して形成されたと考えられている．よってビーチロック堆積物の年代も陸側の年代が海側より古い（例えば，小元，2004）．しかし汀線堆積物の年代には大きな年代差があり，小元ほか（2017）よりも古い．2件目は，もっとも内陸側から採取したサンゴ化石と石灰砂岩の年代である．前者は30216±84 cal BP という1桁古い年代を示し，また後者は982±33 cal BP となった．

試料が calcite に変質することなく、かつ年代が正しいとすれば、古い年代を示した試料は大津波によって打ち上げられて膠結した可能性が推量される。

汀線から採取した試料を除く 3 組のペア試料の年代は、順次海側より海側が古い年代を示す傾向にある。しかし上記と同様に個体間の年代差が大きいう問題とは未解決である。一般論として海岸に打ち上げられた貝化石やサンゴ化石の年代は、これらを含む細粒物質から構成される石灰砂岩の年代よりも新しい。この理由は、貝殻やサンゴが生息地から分離されて打ち上げられる以前から、すでに石灰砂岩の主要構成物質である海浜堆積物が存在していることによる。もちろん、貝やサンゴは種により生息環境が異なり、摂取する栄養分にも差違があることが年代差の原因である可能性が報告されている（例えば、小元・中村、2010；一木ほか、2015 など）。

今回の年代測定結果は、同一地点から採取した試料であっても、年代差が統計誤差の $\pm 2\sigma$ 以内に入らない場合があることと、津波堆積物と思われる物質がビーチロック堆積物中に混在している可能性を示している。なおビーチロック堆積物の年代と津波の年代との関係に関しては小元（2014）の報告がある。

4.2. マイバーバマのハマサンゴの年代

マイバーバマのハマサンゴ外縁部から採取した 2 個の年代については次のように報告した（小元・南、2017）。すなわち、採取した 2 試料から 1626 cal AD および 1679 cal AD（平均 1653 ± 23 cal AD）の較正年代が得られ、またビーチロックの年代は既報（小元、2005）から 1233 cal BC から modern までの年代範囲にある。ハマサンゴの平均年代である 1653 ± 23 cal AD は、かつて Omoto (2011) が報告した 1633 ± 17 cal AD の津波や、平成 20 年理科年表（国立天文台、2007）に記載されている西暦 1667 年の宮古島大地震の年代と統計誤差（ 2σ ）の範囲に入る。ハマサンゴの表層部が原生育地から現在位置まで移動した際に失われたことを考慮すれば、外縁部の年代は更に新しく、1667 年の宮古島大地震や 1771 年の明和津波の年代に近くなる。よってハマサンゴが津波石であるとすれば、これらの古地震に起因する大津波によって原生息地から移動させられ、波打ち際に打ち上げられた可能性が高い。これまでマイバーバマ西部には紀元前 525 年から西暦 1771 年の明和津波まで、数回の大津波により打ち上げられた多数の津波石があることが報告されてきたが（Omoto, 2011）、本研究の成果はマイバーバマ東部にも津波石が存在する可能性を示している。

5. 結論

当初予定していた研究目的の一つである炭酸カルシウムを分離する手法の開発は、良好な試料を採取できず実行できなかった。しかし宮古島の大浦田原海岸およびマイバーバマにおいて野外調査を行い、11 個の年代測定試料を採取して AMS- ^{14}C 年代測定を行った。マイバーバマから採取した試料の年代測定結果については、平成 27 年 5 月に仙台市で開催された東北地理学会で発表し、機関誌「季刊地理学」に掲載された。また大浦田原海岸から採取した試料の年代については、地形学および地質学的なこれまでの解釈と矛盾した年代が得られているため、さらに多くの試料を採取し、年代測定を行った上で検討する必要性が生じた。

次年度以降は、測定試料数を増やして炭酸塩試料の年代の個体差を明らかにすると共に、海浜堆積物を膠結している炭酸カルシウムを分離する手法を開発したい。

謝辞

現地調査の際に宮古島市文化財審議委員会委員長（当時）の安谷屋昭氏と宮古島市教育委員会生涯学習部文化財課の久貝弥嗣氏にお世話になった。サンゴ化石の鑑定は木庭元晴関西大学名誉教授にお願いした。名古屋大学宇宙地球環境研究所招聘教員の中村俊夫名古屋大学名誉教授ならびに池田晃子技術専門員には AMS¹⁴C 年代測定でお世話になった。以上の方々に御礼を申し上げます。

引用文献

- 小元久仁夫（2004）久米島，奥武島およびハテナ浜から採取したビーチロックの ¹⁴C 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（2005）南西諸島から採取したビーチロックの ¹⁴C 年代と安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）—測定資料とその分析—．日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」，40, 1–27.
- 小元久仁夫・中村俊夫（2010）東北日本太平洋岸における海洋 reservoir correction value (ΔR) と遺跡の暦年代．季刊地理学, 62(3), 153.
- 小元久仁夫（2014）宮古列島から採取したビーチロック試料の校正年代と津波の年代．地理誌叢, 56(1), 11–24.
- 小元久仁夫・小俣雅志・市川清士（2017）宮古島北部，大浦田原海岸のビーチロックの形成年代と形成速度．季刊地理学, 68(4), 302–312.
- 小元久仁夫・南 雅代（2017）宮古島南東マイバーバマ東岸に打ち上げられたハマサンゴ岩塊の ¹⁴C 年代とその意義．季刊地理学, 69(3), 119–127.
- 国立天文台（2007）：平成 20 年理科年表．丸善株式会社．p.711.
- 一木絵里・辻 誠一郎・杉山陽亮・村木 淳・宇部則保・中村俊夫（2015）青森県八戸市の縄文時代早期貝塚出土試料の ¹⁴C 年代と海洋リザーバー効果．第四紀研究, 54(5), 271–284.
- American Geological Institute (1957) *Glossary of Geology and Related Sciences*. Kaufmann Printing Inc. Washington, D.C., p.28.
- Hideshima, S., Matsumoto, E., Abe, O., Kitagawa, H. (2001) Northwest Pacific marine Reservoir corrections estimated from annually banded coral from Ishigaki Island, southern Japan. *Radiocarbon*, 43, 473–476.
- Omoto, K. (2011) The problem of age determination of coral boulders deposited by the Meiwa tsunami and the time of occurrence of past tsunamis. *Proceedings of LSC 2010—Advance in Liquid Scintillation Spectrometry—*. Ed. Cassette, P. Radiocarbon, 139–150.

日本語要旨

ビーチロックの膠結年代を決定するため，宮古島の大浦田原海岸とマイバーバマから合計 11 個の海洋炭酸塩試料を採取し AMS¹⁴C 年代測定を行った．その結果，大浦田原海岸のビーチロックの形成速度として 3～24 cm/y が得られた．この数値は小元ほか（2017）の 3～7cm/y より大きく，また陸側から海側までの試料の年代分布とも一致しない．またペア試料とした幾つかの試料の年代が 2 σ の誤差範囲で一致しないという問題も生じた．一方，マイバーバマから採取した 2 試料はハマサンゴ（*Porites* sp.）と鑑定され，年代測定の結果 1626 cal AD と 1679 cal AD（平均 1653±23 cal AD）となった．この年代はハマサンゴが津波（例えば 1771 年の明和津波）によって打ち上げられた可能性を示している．