

＜研究ノート＞

徳之島産 Beach rock の残留磁気についての 予備的実験と考古学および地球科学に対する意義

時 枝 克 安*・上 部 証 司**・伊 藤 晴 明*

Beach rock とは、熱帯から亜熱帯の海岸地域で、石灰岩質層が分布する砂浜の潮間帯に、層をなし
て板状に発達する石灰質砂礫岩層をいう。その成因はまだ確定していないが、一部については、海水
中から析出した炭酸カルシウムがセメントの役目をして、珊瑚や各種岩石に由来する種々の大きさの
碎屑物（被セメント質）を互いに接着して固結したものと考えられている。¹⁾ わが国では、武永健
一郎、米谷静二等によって Beach rock の分布、成因等についての研究が行なわれている。^{2),3)}

Beach rock が成長する過程で、砂鉄等の微少な磁性鉱物も当然取り込まれるはずである。このよ
うな磁性粒子は磁気モーメントの方向を生成時の地磁気の方角に揃えようとするので、石灰質によっ
て、これらが繋ぎ合わされ固結した後は、Beach rock 全体として、地磁気の方角に向いた残留磁気
を持つようになるだろう。一方、最近の Beach rock 中に陶片や清涼飲料水の瓶のかげら等が取りこま
れていることから、⁴⁾ その成長速度はとても早いと考えられる。したがって原理的には、Beach rock
の各層の残留磁気の測定から、地磁気の永年変化を時間について細かく測定できる可能性がある。年
代目盛りは他の方法によってあてはめなければならない。直接的な方法としては、¹⁴C法と ESR 法
が有望であり、間接的な方法としては、堆積層や鐘乳石から得られている過去の地磁気変化の傾向と
比較する方法がある。

試料と測定結果

Beach rock の残留磁気の強度、方角および安定性が地磁気永年変化を推定する目的に適している
かどうかを実際に調べるため、南西諸島に分布する Beach rock のうち徳之島の瀬田海岸（北緯27度
40分29秒、東経128度54分23秒）に発達しているものから、肉眼で明瞭に識別できる数層（厚さ～40
cm）にわたって、10個の定方位ハンドサンプルを採取した。これらの試料は、実験室において、直
径と長さが、それぞれ 2.5 cm の小円柱状に整形した。試料のうち 2 個（S 1, 5）はその半分が、
また、他の 2 個（S 2, 3）は全体が、一個の珊瑚および岩石片からなっている。そして、残りの 6
個（S 4, 6, 7, 8, 9, 10）は細粒の被セメント質（直径が約0.3 mm）が接合された均質な組織を
もつ。

試料の自然残留磁気はスピナー磁力計を用いて測定した。磁気強度の値は、細粒の被セメント質か

* 島根大学・理：690 松江市西川津町1060

**益田工業高等学校：698 益田市久城町300

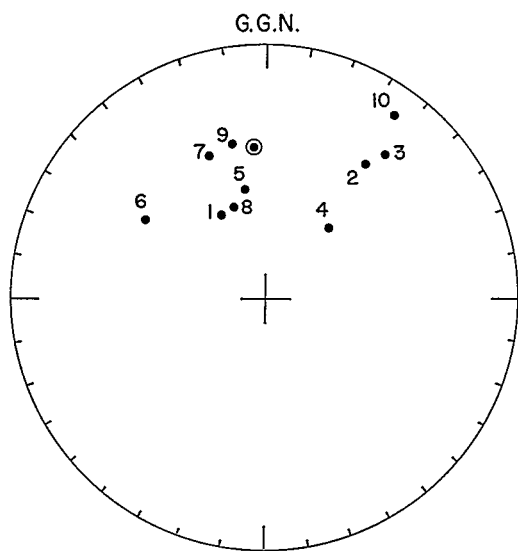


図1 徳之島の Beach rock の自然残留磁気の方
数字は試料番号を、●は徳之島における現在
の地磁気の方を示す。

Fig. 1. NRM directions of Beach rocks from
Tokunoshima Island.

● denotes the present direction of
the geomagnetic field at Tokunoshima
Island.

ら成る試料では $6.3 \times 10^{-7} \sim 1.5 \times 10^{-6}$ emu/gr, 珊瑚または岩石片のみから成る 2 個の試料では $1.5, 4.6 \times 10^{-7}$ emu/gr となり, 前者の方が後者よりも強い。これらの残留磁気強度はかなり弱く, スピナー磁力計を用いて磁化方向を測定するには, 相当長い時間がかかるが, 測定精度は良好な範囲にある。磁力計の試料ホルダーのみを測定してみると, $\sim 1 \times 10^{-7}$ emu の安定な残留磁気をもって。この値は Beach rock の残留磁気強度の約 10% に達する。そこで, 試料ホルダーの磁化による誤差を補正するために, 試料ホルダーの磁化を数日にわたって 22 回測定し, 磁化の安定性を確めた上で, それらの平均値を試料の測定値から減じている。図 1 に自然残留磁気の方の測定結果を示す。細粒の均質な試料では 2 個 (S 4, 10) を除いて, 自然残留磁気の方, 徳之島の現在の地磁気の方からあまりずれていないのに対して, 全体が一個の珊瑚または岩石片から成る試料 (S 2, 3) は, ずれがひどく, ほとんど水平方向を

向いている。大きくて重い塊状の珊瑚または岩石片では, 重力の影響が強く作用して, それらの磁化方向が地磁気の方, 揃いにくいので, これは, 予想される磁化機構から考えると, 納得できる結果である。

次に, 6 個の試料 (S 1, 4, 6, 7, 8, 10) について, 交流消磁を行ない, 残留磁気の安定性を調べた。選ばれた試料のうち, S 1 は半分が岩石片から成る試料であるが, 他はすべて, 細粒の均質な試料である。交流消磁は, 25 Oe きざみに 200 Oe まで, それ以上では, 100 Oe きざみにして最大 400 Oe までという設定で行なった。交流消磁の測定結果を図 2 および図 3 に示す。

細粒で均質な試料に関して, 4 個の試料 (S 4, 6, 7, 8) の磁化方向は, 図 2 に示すように, 消磁磁場が小さい間は, 現在の地磁気の方の近くにある。また, それらの残留磁気強度は, ある消磁磁場までは速やかに減少するが, それ以上になると増減を繰り返し, 鋸歯状の不規則な変化をする。そして, 同時に, それまで安定していた残留磁気の方, 大きく乱れだす。これに対して, もう一つの試料 (S 10) の磁化方向は, 図 3 に示すように, はじめから, ほとんど水平方向を向いており, 以後 400 Oe に至るまで, あまり変化しない。また, 消磁の間に, その残留磁気強度は一度増加して, しばらく一定値を保ち, それから, 減少する。

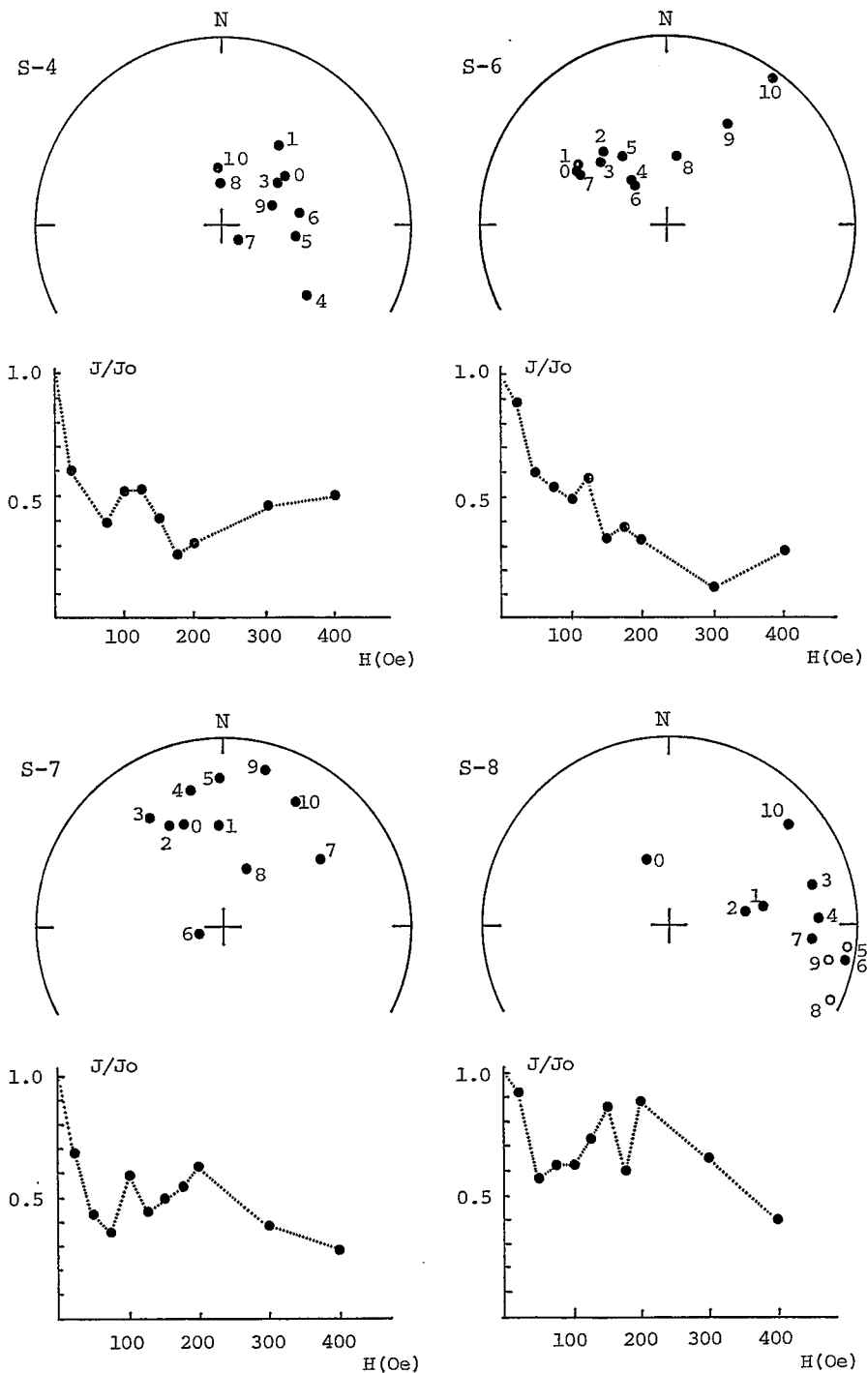


図2 試料 (S4, 6, 7, 8) の交流消磁の結果
 0 から10までの数字は順番に、次の消磁磁場を示す。: 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 300, 400 Oe.
 Fig. 2. Results of alternating field demagnetization of the samples (S4, 6, 7, 8). Figures of 0 to 10 denote demagnetization field of 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 300, 400 Oe in order.

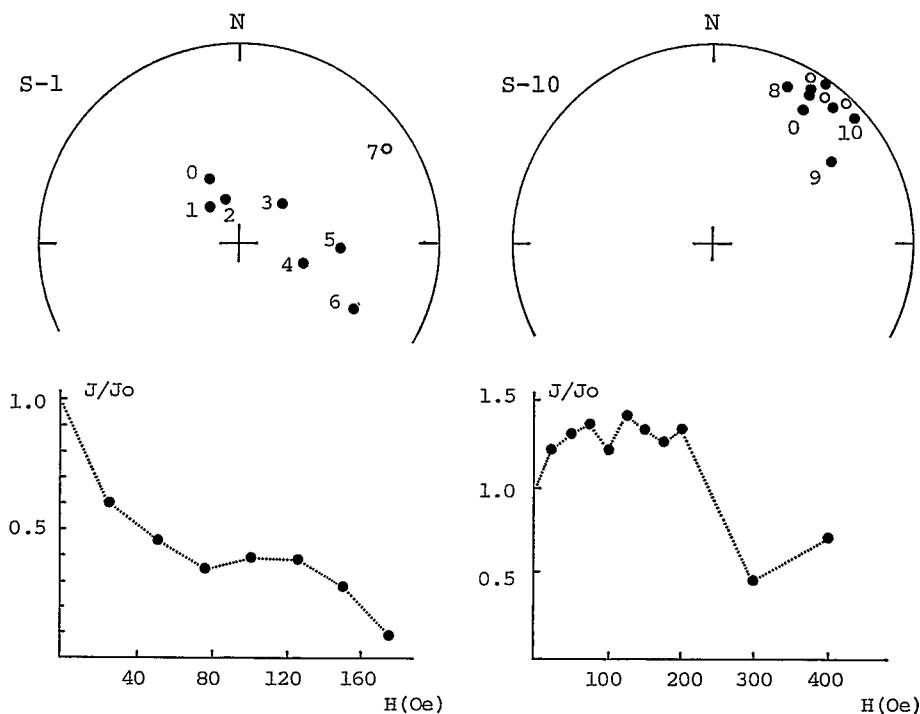


図3 試料 (S1, 10) の交流消磁の結果

0 から10までの数字は順番に、次の消磁磁場を示す。: 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 300, 400 Oe.

Fig. 3. Results of alternating field demagnetization of the sample (S1, 10).

Figures of 0 to 10 denote demagnetization field of 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 300, 400 Oe in order.

一方、半分が岩石片から成る試料 (S 1) では、図3に示すように、残留磁気強度が滑らかに減少しており、細粒で均質な試料と明らかに異なった磁気的性質が現れている。磁化方向が大きく乱れたときの消磁磁場の強さを分類すると、400 Oe 以上 (S10)、約 100 Oe (S 4, 6, 7)、および 25 Oe 以下 (S 1, 8) の3種類になる。

次に5個の試料 (S 1, 2, 3, 5, 9) に対して、低温消磁を試みた。すなわち、試料を無磁場中で液体窒素温度まで冷却し、室温に戻して残留磁気を測定したが、図4に示すように、残留磁気の方法はかえって大きく分散し、二次的磁化の消磁効果は得られなかった。

試料中の強磁性鉱物の種類を調べるために、試料の石灰質を5規定の塩酸で溶解したあと、分解した鉱物粒子からハンドマグネットで磁性鉱物を選別し、キュリー温度を測定した。その結果、すべての試料に、ほぼ純粋な Magnetite (Fe_3O_4) と Titanomagnetite (Fe_3O_4 の Fe の一部が Ti に置き換ったもの) の二種類が存在するが、一個の珊瑚のみから成る試料については、Titanomagnetite の量が、他とくらべて著しく多いことが分った。それぞれの試料について、自然残留磁気の方法と強磁

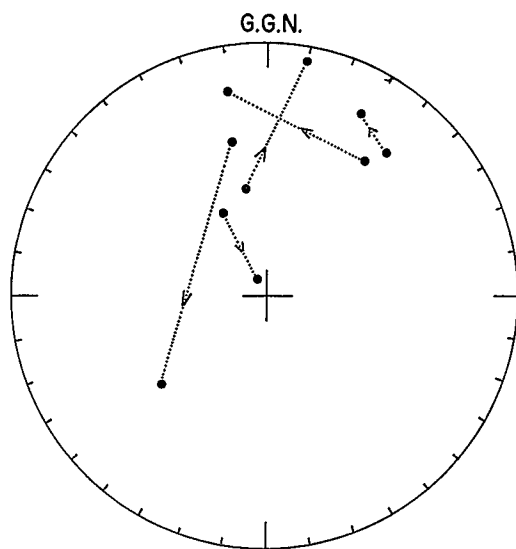


図4 低温消磁の結果

Fig. 4. Results of low temperature demagnetization.

性鉱物の種類との相関を検討してみると、Magnetite の多い試料は、自然残留磁気の方がほぼ現在の地磁気の方に揃っているが、Titanomagnetite の多い試料ではそうではない。もし、Titanomagnetite が珊瑚中のみ存在するとすれば、大きい塊状の珊瑚の磁気モーメントは地磁気の方に揃いにくいとして、上述の相関が説明できる。しかし、この判断を支持する測定例は一件のみであるので、まだこのように断定できない。

試料を強磁場中 (6000 gauss) に置き、磁化を飽和させたあと磁場を零にして、試料の飽和残留磁気を測定した。その結果、飽和残留磁気の強度は、珊瑚または岩石片のみからなる2個の試料について $2.2, 7.0 \times 10^{-5}$ emu/gr, 他の8個の試料では $1.4 \sim 5.2 \times 10^{-4}$ emu/gr であった。また、飽和

残留磁気には磁気的異方性が観察されなかった。自然残留磁気強度の飽和残留磁気強度に対する比を Beach rock と足摺岬に産する第三紀・中新世の花崗岩とで比較すると、Beach rock の方が大きくて約10倍になった。このことから、Beach rock では、全体として異方性の無い磁性粒子集団が花崗岩の熱残留磁気よりも効率よく磁化していると言える。

結論と意義

このように、徳之島の10個の Beach rock 中、6個の細粒で均質な試料の自然残留磁気、および弱い磁場で交流消磁された残留磁気の方が、徳之島の現在の地磁気の方の周辺にあることが明らかになった。したがって、著者は、地磁気永年変化を測定するための試料として、Beach rock は価値をもつと結論したい。詳しい研究は、これからの課題である。

さて、考古時代から19世紀にかけての地磁気の変動に関する研究は、もっぱら焼土を伴出する遺跡の熱残留磁気測定の結果を基礎としている。このため、測定資料を利用できる地域と年代は、焼土を伴出する遺跡が存在するという条件によって制限されていた。Beach rock の残留磁気測定による方法を用いると、この制限が取り払われる。そして、地磁気永年変化の測定を、今まで資料が無かった地域および時代に拡張し、その結果を用いて、過去の地磁気のグローバルおよびローカルな性質を研究することができる。この観点から、実験結果がもつ考古学と地球科学に対する意義を述べる。

(1) ミクロネシア、ポリネシアのように、主要文化圏から海洋を隔てて遠く離れた島々に独自のスタイルをもった幾多の離島文化が栄えている。⁴⁾ しかし、このような離島文化の歴史について、他の文

化との接触の機会が少ないこともあって記録が乏しく、遺跡の絶対年代を推定することが困難である。離島に産する Beach rock の残留磁気測定によって、そこでの地磁気永年変化が明らかになれば、これを時代尺度として、離島に残る焼土遺跡の絶対年代も推定できるようになる。

(2) 氷河時代の海水準の変化に伴って、Beach rock が発達する汀線の位置も上下に変動する。⁵⁾ したがって、南西諸島において、島の上下に分布する Beach rock の残留磁気を測定し、これから得られる地磁気永年変化を時代尺度として用いることができれば、南西諸島における石器時代～縄文時代にかけての焼土遺跡等の年代が推定できるようになる。

(3) 南西諸島の間にはさむ、日本と中国では、地磁気永年変化がかなり詳しく測定されている。^{6,7)} そこで、南西諸島に分布する Beach rock の残留磁気測定から、この地域の地磁気永年変化が明らかになれば、その結果を、日本と中国の地磁気永年変化と比較することによって、この地域の過去の地磁気を双極子場と非双極子場とに分離して解析することが可能となる。

(4) 「太平洋のハワイ水域では、他の地域とくらべて、地磁気永年変化が小さい」という、ハワイ諸島の火山岩による古地磁気学の研究結果⁸⁾を、もっと広範囲な海域にわたる Beach rock の測定に基づいて吟味できる。

(5) Beach rock 中に取り込まれている微生物の研究から、古気候についての知識が得られるはずである。海水準、地磁気および気候の変化はグローバルな現象であるので、これら三分野の測定結果をうまく関連させると、地球科学にとって興味深い内容を引き出すことが可能となる。地磁気と気候の相関については川井等による研究⁹⁾がある。

参 考 文 献

- 1) T.P. Scoffin and D.R. Stoddart (1983) Beachrock and intertidal cements. Chemical Sediments and Geomorphology Ed. by A. S. Goudie and Kenneth Pye, Academic Press : 401—425.
- 2) 武永健一郎(1965) Beach rock の成因について, 地理学評論, 39—4: 739—754.
- 3) 米谷静二(1966) ビーチロックとその類似地形, 地理学評論, 39—4: 240—250.
- 4) G. J. Irwin (1980) The prehistory of Oceania: colonisation and cultural change. The Cambridge Encyclopedia of Archaeology Ed. by A. Sherratt, Cambridge Univ. Press: 324—332.
- 5) R. F. McLean, D. R. Stoddart, D. Hopleys and H. Polach (1978) Sea level change in the Holocene on the northern Great Barrier Reef. Phil. Trans. R. Soc. Lond., A. 291: 167—186.
- 6) 広岡公夫(1977) 考古地磁気および第四紀古地磁気研究の最近の動向 第四紀研究 15: 200—203.
- 7) Q. Y. Wei, T. C. Li, G. Y. Chao, W. S. Chang, S. P. Wang and S. P. Wei (1983) Results

from China. Geomagnetism of Baked Clays and Recent Sediments Ed. by K. M. Creer, P. Tucholka and C. C. Barton, Elsevier : 138—150.

- 8) Richard R. Doell (1972) Paleomagnetism of lava flows from Kauai, Hawaii. J. G. R., **77**—5 : 862—876.
- 9) N. Kawai, T. Nakajima, K. Tokieda and K. Hirooka (1975) Paleomagnetism and paleo-climate. Rockmagnetism and Paleogeophysics, **3** : 110—117.

**A Preliminary experiment on the remanent magnetization
of the beach rock from Tokunoshima Island, Japan
and its meanings to archeology and earth science**

Katsuyasu Tokieda*, Syoji Uwabe** and Haruaki ITO*

* Department of Physics, Faculty of Science, Shimane University

Nishikawazu-cho 1060, Matsue, 690

**Masuda Technical High School, Kujo-cho 300, Masuda

Beach rock is the consolidated deposit which results from lithification by calcium carbonate in the intertidal zones of tropical and temperate coasts. The beach rock is expected to magnetize to the direction of the ambient earth's magnetic field, because the magnetic minerals in the deposits have a tendency to rotate their magnetic moment to the ambient field direction. On the other hand, the rapid lithification is demonstrated by a trapped coke bottle or pottery in the beach rock. Therefore, it is supposed that secular variation of the earth's magnetic field should be obtained from measurements of the remanent magnetization of the beach rock. In order to confirm the above presumption, we collected ten oriented hand samples of the beach rock from Tokunoshima Island situated at lat. $27^{\circ}40'29''$ N and long. $128^{\circ}54'23''$ E and examined their magnetic property by paleomagnetic methods. The results showed that the directions of the natural remanent magnetization of six samples were close to the present field direction, and they were unchanged for the alternating field demagnetization of low field (25 to 100 Oe). We conclude that the beach rock is useful to know the direction of the past earth's magnetic field.

Study on the ancient earth's magnetic field depends mainly on measurements of the thermoremanent magnetization of baked earth remains. Thus available geomagnetic data in historical times are limited by existence of the baked earth remains. The beach rock removes this constraint. From this standpoint, the beach rock concerns interesting problems about archeology and earth science. We point out five problems in this article.