

福井県おおい町赤礁崎で見出された非石灰質ビーチロック Non-calcareous beachrock found in Akagurisaki, Ohi Town, Fukui Prefecture

鈴木茂之 (Shigeyuki SUZUKI)*
東洋一 (Yoichi AZUMA)**, ***
出山康代 (Yasuyo DEYAMA)**
湯川弘一 (Hirokazu YUKAWA)***
臼井まゆみ (Mayumi USUI)****

Abstract

Beachrock which was formed about 0.5 meter higher than high tide is found in Akagurisaki, Ohi Town, Fukui Prefecture. The outcrops always get wet by spring water. The sediments are composed of well sorted rounded gravels and sands but calcareous shell is not found at all. Intergranular space is occupied by white amorphous cement. Magnesium and silicon rich composition of the cement is obtained by EPMA analysis. There is a conjecture that the magnesium rich cement was precipitated in spite of solution of calcareous shell under saturated state by spring water, because calcium has a higher tendency to ionize than magnesium.

Keywords: Beachrock, Akagurisaki, non-calcareous cement, ionization tendency

I. はじめに

福井県大飯郡おおい町赤礁崎 (第1図) においてビーチロックが、筆者の一人、東によって1990年頃見出されていた。貝殻を伴わず10数平方メートル程度の小分布のため、ビーチロックかどうか判断が容易ではなかった。その後の検討で、潮間帯で形成された非石灰質なビーチロックであると考えられるようになったので以下報告する。中緯度の日本海側ではこれまで福井県越前海岸と石川県能登半島粟津海岸 (東ほか、1982)、能登半島曾々木海岸 (小笠原ほか、2004) でビーチロックが見出されている。越前海岸と粟津海岸のものは石灰質であるが、曾々木海岸のものは非石灰質である。越前海岸のビーチロックの形成年代は含まれる貝化石の炭素同位体年代測定によって 3950 ± 80 y.B.P.の値が得られている (東ほか、1982)。形成環境を検討するために露頭スケッチを、堆積岩石学的検討のために試料の薄片顕微鏡観察を行った。セメントの化学組成を明らかにするために、そのEPMA分析を行った。湧水箇所形成されていることから、湧水の水質分析を行った。これらの結果をもとに堆積層の形成環境と、それが固化した原因を考察した。



第1図：位置図：
採取地点は北緯 34°43'36.6"、東経 133°24'15.5"。

* 岡山大学大学院自然科学研究科、〒700-8530 岡山市北区津島中三丁目 3-1-1
* Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Okayama, 700-8530, Japan
** 福井県立大学恐竜学研究所、〒910-1195 福井県永平寺町松岡兼定島 4-1-1
** Institute of Dinosaur Research, Fukui Prefectural University, Fukui, 910-1195, Japan
*** 福井県立恐竜博物館、〒911-8601 福井県勝山市村岡町寺尾 51-11
*** Fukui Prefectural Dinosaur Museum, Katsuyama, Fukui, 911-8601
**** 富士学院、〒700-0027 岡山市北区清心町 3-27
**** Fujigakuin-Okayama, Okayama, 700-0027, Japan

II. ビーチロック露頭周辺の地形と地質の概要

露頭は福井県おおい町赤礁崎西約 200m の遊歩道沿いである (第 1、2 図)。大飯半島の南側の小浜湾沿いの岩石海岸にあたり (第 3 図)、ビーチロックは湧水箇所から海浜にかけての数 m 程度しか分布しない。

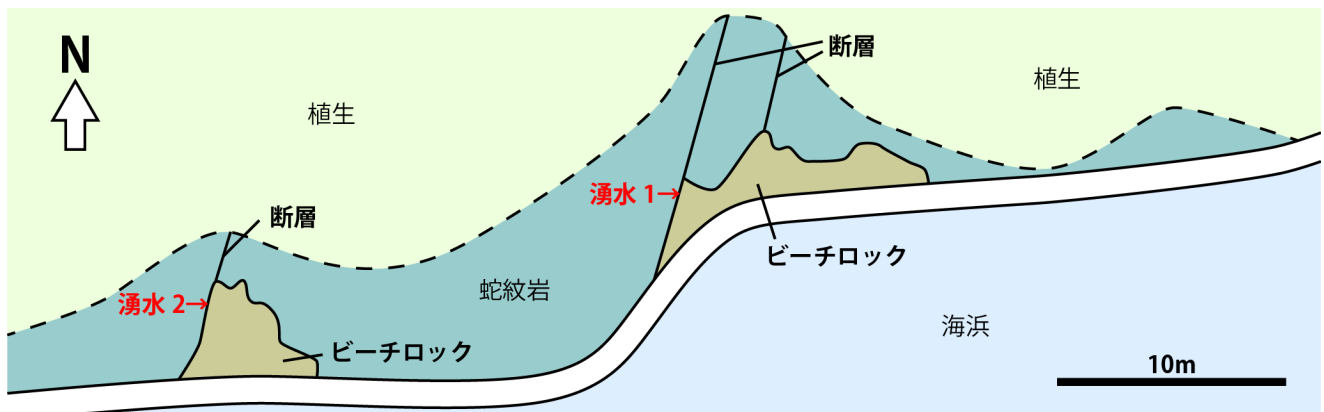


第 2 図：ビーチロックの産状。露岩と遊歩道との矢印の部分に認められる。湧水が常に流れる。

湧水箇所は満潮時汀線より 50cm 程度高い。ビーチロック周囲は蛇紋岩 (夜久野南帯) が分布し、湧水はそれを切る南北性の断層から湧出している (第 4、5 図)。赤礁崎先端には東西性の断層で夜久野南帯と区切られた超丹波帯の粘板岩、砂岩、チャートが分布する。



第 3 図：ビーチロック露等周辺の地形。



第 4 図：ビーチロック露頭周辺のスケッチ。



第 5 図：ビーチロックの表面には常に湧水が流れている。



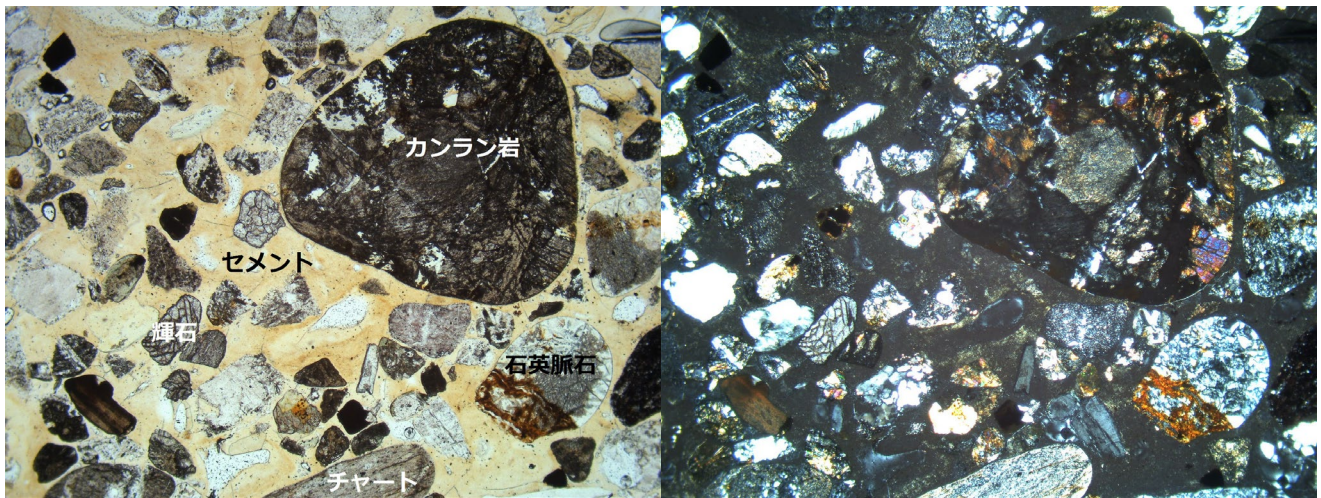
第 6 図：ビーチロック露頭 海側に緩く傾斜する。

III. ビーチロックの堆積相

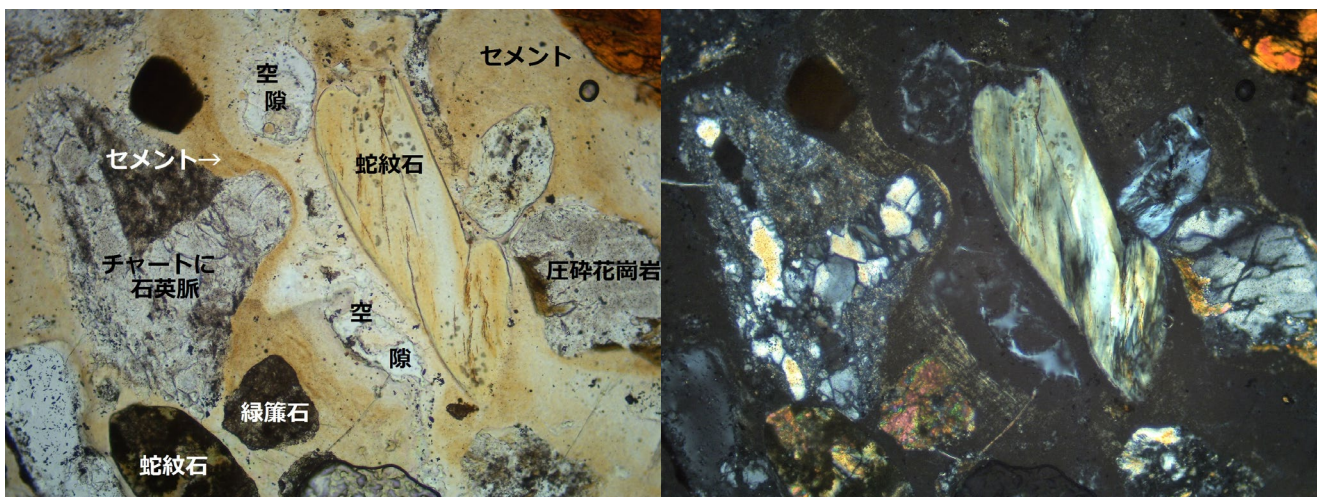
ビーチロックは湧水箇所から扇状に広がって表面は海側に緩く傾斜する。湧水箇所からの水流が多い流れに沿っては侵食によって溝ができています。その溝においてビーチロックの断面が観察できる (第 6 図)。粗粒な砂と礫からなり、中から大礫を伴う砂層と砂と

細礫からなる層が数 cm ずつ成層している。礫は良く円磨されており、砂は淘汰が良い。これらの岩相の特徴と地層が海側に緩く傾斜することから、前浜に堆積した地層と考えられる。現在の前浜はこの海側に接して分布する。現世の前浜には貝殻が多く認められるが、ビーチロックにはまったく認められない。

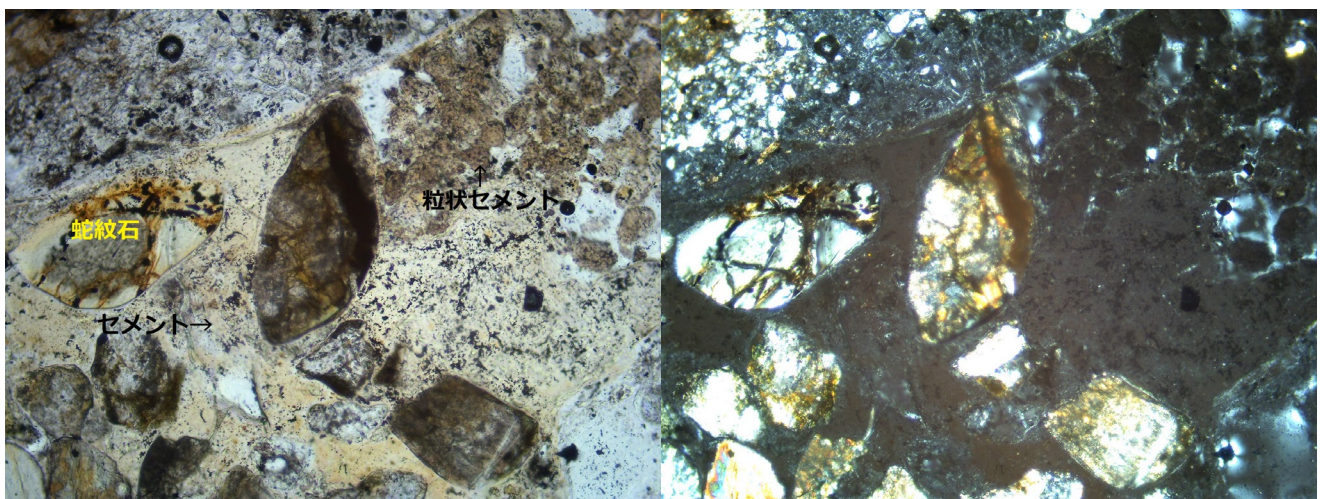
第7図から第10図に顕微鏡写真を示す。



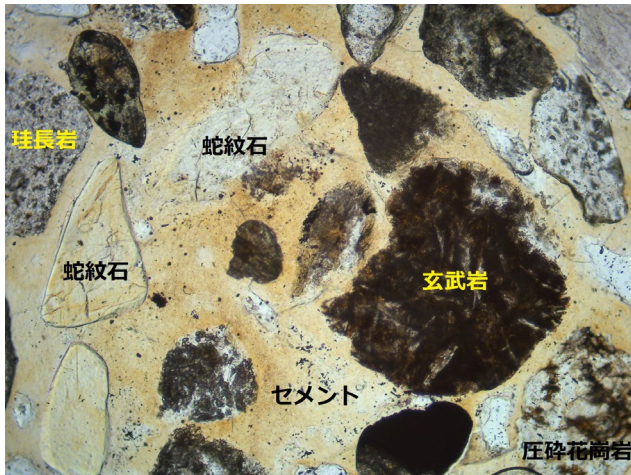
第7図：薄片写真:横3mm 岩石片の多くは円磨されている。



第8図：薄片写真:横1mm 粒間をセメントが埋める。



第9図：薄片写真:横1mm 空隙と接して粒状をなすセメントがある。



第10図 薄片写真:横3mm

砂粒：結晶片は輝石、石英、長石、緑簾石、不透明鉱物からなる。岩石片は蛇紋岩片(蛇紋石)、橄欖岩、チャート、泥岩、石英脈、圧碎花崗岩、珪長岩、玄武岩からなる。岩石片はよく円磨されたものが多く波の影響を受けたことがわかる。砂粒のうち蛇紋岩、橄欖岩、圧碎花崗岩、珪長岩、玄武岩は採取地周辺に分布

する夜久野南帯からの供給が考えられる。泥岩、チャートの岩片は採取地付近に分布する超丹波帯大飯層からの由来が考えられる。石英脈や石英、緑簾石は脈石からもたらされたと推測される。いずれも付近の岩石由来と考えられる。

基質：アモルファスなセメントが埋める。セメントは軟質で結晶化していない。一部空隙が残る。粒状の組織をなす部分がある。

セメント部分については EPMA 分析を行って化学組成を確認した。分析は岡山大学自然生命科学研究支援センター所属の電子プローブマイクロアナライザー(日本電子株式会社・JXA8230)を使用した。表1にはセメント7点のほか分析結果の参考として、クロム鉄鉱と石英の砂粒の測定値も加えた。SiO₂が最も多くおおよそ47.5から48.5%を占める。CaOは0%から0.14%しか含まれないが、MgOは26.5%から29.3%含まれる。Al₂O₃は2%から4%程度含まれる。FeOは0.5%から1.5%ほど含まれる。TiO₂、Cr₂O₃、MnO、NiO、Na₂O、K₂O、P₂O₅は微量で0%から0.1%程度である。セメントは主にマグネシウムと珪素からなるアモルファスな物質である。

	Cement1	Cement2	Cement3	Cement4	Cement5	Cement6	Cement7	Chromite	Quarz
SiO ₂	48.66	47.61	47.77	47.40	47.78	48.46	47.73	0.03	100.15
TiO ₂	0.03	0.02	0.08	0.06	0.02	0.01	0.03	0.05	0.02
Al ₂ O ₃	3.42	3.74	2.90	1.80	1.71	1.68	2.20	9.02	0.06
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	56.29	0.00
FeO	0.91	1.36	1.58	1.30	1.45	0.68	0.98	23.79	0.00
MnO	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.43	0.00
NiO	0.00	0.07	0.29	0.07	0.06	0.07	0.13	0.06	0.03
MgO	29.30	27.77	26.51	28.72	28.37	28.62	27.76	6.56	0.00
CaO	0.07	0.11	0.13	0.14	0.14	0.11	0.12	0.00	0.02
Na ₂ O	0.05	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
K ₂ O	0.06	0.10	0.10	0.08	0.08	0.05	0.07	0.00	0.01
P ₂ O ₅	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	82.56	80.83	79.47	79.61	79.64	79.70	79.08	96.24	100.30

表1:セメント部分の化学組成(Mass%); FeO*は全鉄量。

IV. ビーチロックセメントの成因

完新世のビーチロック形成は熱帯から亜熱帯の海浜に一般に認められる現象である。セメントは炭酸カルシウムの場合がほとんどである。Scoffin and Stoddard (1983)によると、海浜で海水の蒸発によって炭酸カルシウムのセメントが形成されることが一般的である。しかし海浜地表面下の海水と汽水が混合する地下水位面あたりでビーチロックが形成される例(Schmalz, 1971)や、海浜で潮汐による地下水位の上下変動が炭酸カルシウムの沈殿をもたらしてビーチロ

ックを形成するという見解(Hanor, 1978)もある。

北陸地域ではこれまで福井県福井市南西部越前海岸(東ほか, 1982)、石川県珠洲市粟津海岸(東ほか, 1982)、石川県輪島市曾々木海岸(小笠原ほか, 2004)の3個所でビーチロックの存在が確認されている。越前海岸と粟津海岸のものは石灰質で貝殻を含むが、曾々木海岸のものは非石灰質である。ここでもセメントの化学組成がEPMA分析で検討されている。また曾々木海岸のビーチロック形成場にも湧水がありその水質の調査もなされている。

赤礁崎のビーチロック露頭での湧水に関しても水質分析を行った。湧水はポリ容器に採取し、水質は(株)福井環境分析センターによって工場排水試験方法(JIS K 0102)で分析された(表2)。特に濃度の高いイオンはなく、セメントの成分に特徴的なマグネシウムや珪素も微量である。水質のpHは8.1~8.4で弱アルカリ性を示す。一方曾々木海岸(小笠原ほか, 2004)の湧水は酸性(pH3.8)で、セメントは主に珪素とアルミニウムからなる。小笠原ほか(2004)はセメントが形成されたのは、珪素が沈殿する何らかの作用があって天然のグラウトをなしたためとしている。赤礁崎のセメント形成も何らかの珪素の沈殿がおこったためと考えられる。湧水箇所では常に堆積物が地下水(海水が混合していたと考えられる)に飽和されていた可能性がある。東ほか(1982)によると能登半島での海水中のマグネシウムは1360mg/Lであり湧水より多い。貝殻がまったくないことは、イオン化傾向の大きいカルシウムが溶解、海水に含まれるマグネシウムが沈殿したという現象があったかもしれない。また地下水が過飽和な状態が常にあるためには地下水位が常に高い、すなわち海水準が現在より高かった必要があるだろう。赤礁崎のビーチロックは高海面期に形成されたと推測される。その時期は越前海岸のビーチロックの年代である3950±80y.B.P.(東ほか, 1982)の可能性はある。

試料番号	pH	Cl ⁻	Ca	Mg	Fe	Si
湧水 1	8.1	25	1.3	28	0.1	14
湧水 2	8.4	20	1.3	32	0.1	15

表2: 単位は mg/L 採取地点は第4図に示す。

V. まとめと今後の展望

ビーチロックの形成は炭酸カルシウムの飽和のみならず、地下水の存在と水質などの条件で、多様な形成のしかたがあるとみなされる。その条件は、ビーチロックが局所的に産することから、あるクリティカルな条件であることが考えられる。この条件を解明して利用すれば、地盤改良や廃棄物の地層処理などに役立てることができるであろう。

謝辞

岡山大学理学部、藤原貴生氏には岩石薄片の作成および本稿体裁の調整をしていただいた。EPMA分析のための薄片は井口勝洋氏によって岡山大学大学院自然科学研究科修士課程に在籍中に作成していただいた。以上の方々に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

東 洋一・藤井昭二・畑中 恣・竹山憲市, 1982. 北陸地域にみられるビーチロックについて. 第四紀研究, 20(4),

271-280
 小笠原洋・吉富健一・次重克敏, 2004. 能登半島、輪島市曾々木海岸のビーチロック. 日本応用地質学会中国四国支部平成16年度研究発表会発表論文集, 31-34.
 Hanor, J. S., 1978. Precipitation of beachrock cement: mixing of marine and meteoric waters v. CO₂ degassing. *J. Sed. Petrol.* **48**, 489-501.
 Schmalz, R. F., 1971. Beachrock formation on Eniwetok Atoll. In Bricker O. P., Ed., *Carbonate Cements*, Johns Hopkins University Studies in Geology, No. 19, p. 17-24.
 Scoffin, T. P. and Stoddard D. R., 1983. Beachrock and intertidal cements. In Goudie A. A. and Pye K., Eds., *Chemical Sediments and Geomorphology*, Academic Press, Orland, Fla., p. 401-425.