

能登半島，輪島市曾々木海岸のビーチロック

小笠原 洋（復建調査設計株式会社）

吉富 健一（広島大学災害軽減プロジェクト研究センター）

次重 克敏（三原市立第五中学校）

1. はじめに

1.1 ビーチロックとは

ビーチロック (beachrock) は、砂浜の潮間帯に生ずる固結した海浜堆積物で、おもに石灰のセメント作用により膠結されていることが多い。日本では九州・沖縄など南の地域で観察されることが多く、熱帯ないし亜熱帯の環境下での形成を示す指標として利用されてきた (YONETANI, 1964; 米谷, 1966)。その定義は、亜潮間帯から潮上帯までの高さにおいて膠結された、完新世の砂岩・礫岩とされ、成因・傾斜角・構成物・固結物などは問題にしないことが述べられている (武永, 1965)。

ビーチロックには暴浪から海岸線を護る役目があり、久米島東部や、オーストラリアのグレイトバリアリーフなど、ビーチロックが発達することにより、波浪による海岸の浸食から砂浜を守っている例も知られている (長谷川, 1987; Steers, 1929)。

1.2 研究の目的

本稿では、石川県輪島市曾々木海岸で認められるビーチロック形成による海浜堆積物の固化に伴う「強度」、「遮水性」の発現を確認した。本研究の目的は、ビーチロックの成因・形成過程をあきらかにし、これらの性質を土木工学分野へ応用する視点での考察を行うものである。

2. 曾々木海岸のビーチロック

筆者らは今回、北陸地域にあたる石川県輪島市曾々木海岸三ツ子浜よりビーチロックを発見した (吉富ほか, 2004; 写真-1)。ビーチロックは海岸の砂や礫、漂流物等が固化した状態になっており、その分布・産状及び性質について、以下に示す。



写真-1 ビーチロック。左：礫主体のもの。 右：砂主体のもの。

2.1 ビーチロックの分布

北陸地域のビーチロックに関しては、これまで東ほか (1982) により、福井県の越前海岸、および我が国のビーチロック産出の北限とされる石川県珠洲市三崎町粟津海岸のもの二カ所が報告されている。越前海岸のものは、含まれる貝化石の ^{14}C 年代より縄文時代末期頃 (笹島ほか, 1979) の年代報告があるが、粟津海岸のビーチロックに関しては、河川改修によって現在は失われており、現在では 1960 年当時に発見・採取されたビーチロック片が 2 つ保存されている (東ほか, 1982) のが現状である。

これに対し曾々木海岸のビーチロックは、三ツ子浜の海岸沿いのおよそ 500m の範囲に、10箇所にわたり分布しているのが観察される（図-1）。

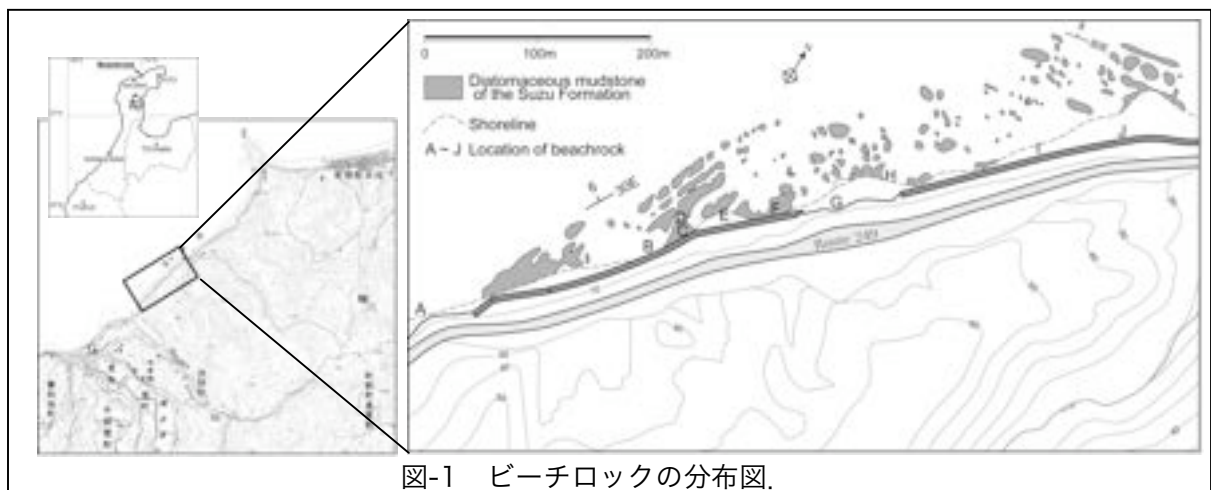


図-1 ビーチロックの分布図。

2.2 産状

ビーチロックの形成場所としては、1. 護岸擁壁の裾部、2. 海食台を形成する珪藻土泥岩の凹部（写真）、3. 海食台中のテーブル状に他より高い場所、の三種類が認められるが、大局的には図-2 に示すように、潮間帯の範囲内で海側に向かってゆるく傾斜した分布を示す。プラスチック片やガラス片、鉄の鎖など現世を示すものが多数含まれており、この数十年で形成されたことが判明している。また、一部ビーチロック分布域の周辺に山地側からの湧水が認められることから、湧水がビーチロックの形成と深く関連していると考えられる。

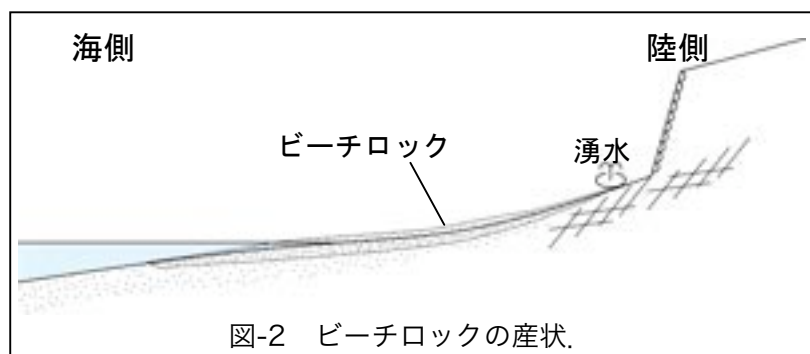


図-2 ビーチロックの産状。

2.3 工学的性質

ビーチロックが海岸の砂を固化させていることに着目し、物理及び力学試験を実施してその工学的性質を求めた（表-1）。海岸の砂とビーチロックを比較すると、間隙率が10%ほど減少した分密度が増加しており、透水性が2桁ほど小さくなっている。また、一軸圧縮強度が発現している。

表-1 ビーチロックの土質試験結果

項目	単位	海岸の砂	ビーチロック
湿潤密度 ρ_t	g/cm^3	1.546	1.966
乾燥密度 ρ_d	g/cm^3	1.479	1.615
間隙率	%	49.19	44.51
一軸圧縮強さ q_u	kN/m^2	-	6010
	(kgf/cm^2)		60
透水係数 k (締め)	cm/s	3.4×10^{-2}	7.4×10^{-4}

2.4 ビーチロックのセメント成分

上述のように、ビーチロックは砂粒子の間隙が10%程度充填されていることから、間隙を充填することで砂と砂とを膠結する働きをするセメント物質が存在するものと考えられる。写真-2は、ビーチロックの構成する砂粒子の表面を電子顕微鏡で観察したものである。円磨された砂粒子の表面を干裂の発達したセメント物質が皮膜状に覆っている。

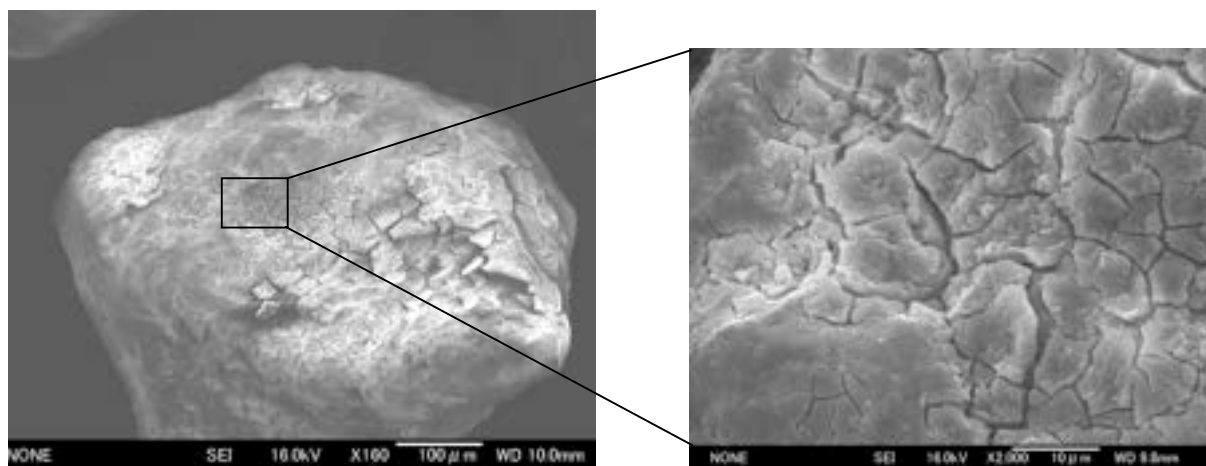
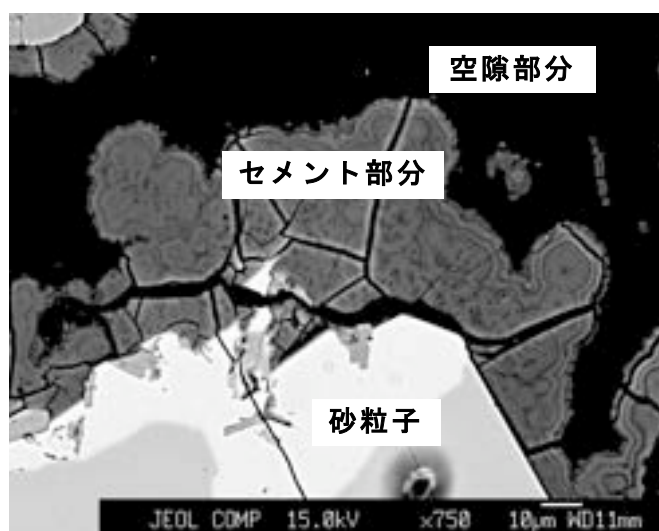


写真-2 セメント粒子が被覆した砂粒子

ビーチロックの研磨薄片を観察したところ、砂粒子間の間隙をコロフォーム組織をもつセメント物質が充填し、砂粒子を接着していた(図-3の写真)。そのセメント成分についてのEPMA分析結果を表-1に示す。セメント物質はSiとAlが多量に含まれており、石灰成分となるCaはほとんど含まれていなかった。蒸発岩としての性質を持つ九州・沖縄地域などの熱帯地域に発達するビーチロックは通常、セメント分が方解石・アラレ石・Mg方解石から構成されることが多い(河内, 1974)が、曾々木海岸のセメント成分はアルミとシリカの化合物から構成される。



No.	1	2
SiO ₂	17.40	14.35
Al ₂ O ₃	44.18	43.20
FeO	0.11	0.14
MgO	1.23	1.32
CaO	1.47	1.40
Na ₂ O	0.13	0.13
K ₂ O	0.07	0.05
SO ₃	1.40	1.77
Total	65.98	62.37

図-3 ビーチロックのセメント成分。

2.5 湧水の成分

ビーチロックの分布域周辺の珪藻土泥岩の割れ目から、湧水が数カ所認められる。これらの湧水はpH4前後で、湧水地周辺には酸化鉄の沈澱が著しい。

表-2 湧水の水質

水温	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂
15.2	3.81	76.5	90.8	110.4	12.1	7.3	183.5	3.7	557.5	65.1

3. 応用への展望

ビーチロックは自然現象によって海岸の砂が固化した「天然のグラウト」で、その工学的特徴は以下の通りといえる。

- 透水性が低下している
- 圧縮強度が発現している
- ビーチロック形成後、浸食に耐えている

湧水起源の沈殿物としては、火山性熱水と海水との反応で生成される低結晶物質等の報告があり（小坂ほか，1977）、曾々木海岸で認められるビーチロックとして海浜堆積物を固化させているセメント成分も同様の形成機構をもつ可能性がある。また、材料の分野ではシリカゲル（Si）を人工的に沈澱させる技術は確立されており、製紙工業などに活用されている（赤崎ほか，2001）。したがって、ビーチロックの形成機構を応用することで、透水性地盤の遮水や強度増加などの地盤改良に使える可能性がある。

耐久性の面でも、曾々木ビーチロックは波の荒い日本海の海岸で30年以上にわたって浸食に耐えている。また、東ほか（1982）の研究によると、福井県越前海岸のビーチロックは3950±80年前に形成され、現在も波食棚上で浸食に耐え形を残している。このように、自然に形成される安定的な物質を効果的に応用すれば、高い耐久性を持ち環境負荷の少ない構造物とすることが出来るのではないだろうか。

参考文献

- 1) YONETANI, 1964, The Beach Rock on the South-West Islands of Japan (2). *ibid.*, 13, 83-94.
- 2) 米谷, 1966, ビーチロックとその類似地形. *地理学評論*, 39, 240-245.
- 3) 武永, 1965, 我国のBeach rockについて. *地理学評論*, 38, 739-755.
- 4) 長谷川, 1987, 琉球列島久米島における洲島の地形変化. *日本地理学会予稿集*, 31, 106-107.
- 5) Steers, 1929, The Queensland coast and the Great Barrier Reefs. *Geographical Journal*, 35, 243-247.
- 6) 吉富・次重・小笠原, 2004, 能登半島, 輪島市曾々木海岸のビーチロック. *日本地質学会第111年学術大会演旨*, 302.
- 7) 東・藤井・畑中・竹山, 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, 271-280.
- 8) 笹嶋ほか, 1979, 放射年代測定法の開発と改良による考古資料の測年と編年. *昭和53年度特定研究「古文化財」年次報告書*, 16-30.
- 9) 河内, 1974, サンゴ礁環境下の潮間帯と亜潮間帯にみられる海中膠結作用—奄美大島笠利半島東岸の例—. *海洋科学*, 6, 54-59.
- 10) 小坂ほか, 1977, 海中で生成したシリカーアルミナ含水低結晶物質と沈澱アロフェンとの比較. *鉱物学雑誌特別号*, 13巻, 178-186.
- 11) 赤崎ほか, 2001, ゲル法シリカの特徴と応用. *東ソー研究・技術報告*, 45, 65-69.