離水サンゴ近傍における硬化した割れ目とビーチロックの特徴

埼玉大学大学院　学生会員　○　松下 智昭
埼玉大学　正会員　長田 昌彦
産業技術総合研究所　正会員　高橋 学

1　はじめに

屋久島花崗岩の海岸露頭において離水サンゴから延びる割れ目が観察される．このような割れ目の特徴とこれまで得られている主な知見 [1, 2, 3] を表 1 にまとめる．その後の調査により，屋久島の四万十帯 (堆積岩) が分布する地域においても，割れ目近傍に硬化した領域を持つ割れ目が確認された．図 1:a),b) は，屋久島の南西に位置する栗生海岸の潮間帯で観察された割れ目である．ここで観察された割れ目は，形成場所・形態・割れ目内物質の主な構成物といった点において，花崗岩の露頭で観察された割れ目と同様な特徴を持つ．そのほか年代値や物質移動プロセスについては更なる検証が必要であるが，このような特徴を持つ割れ目は，同様な境界条件下においては岩種に係わらず形成されると考えられる．

本研究では，このような割れ目内を充填する物質を岩盤割れ目内での物質移動に関するナチュラルアナログデータとして利用することを目的としており，そのためには対象割れ目の成因について更なる検証が必要である．そこでまずこれまで得られている対象割れ目に関する情報と類似の自然現象であるビーチロックに関する情報を比較検討することにより，その成因について考察することとした．

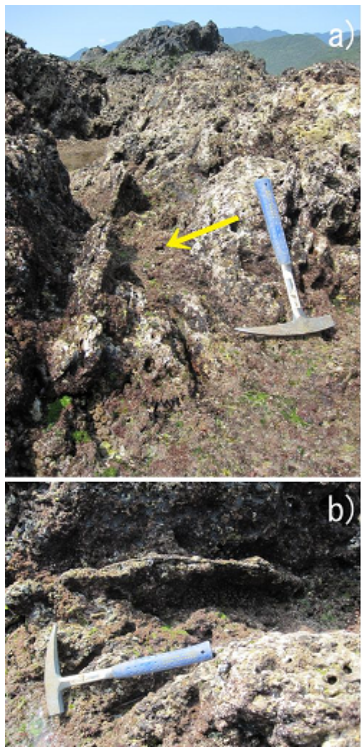

図 1:　a) 屋久島栗生海岸で観察された割れ目の周辺, b) 拡大写真 (a) の矢印方向から撮影)．長さ:約 60cm, 幅:約 4cm, 高さ:約 19cm(最大).

2　硬化割れ目とビーチロックについて

ビーチロックは海浜の未固結の堆積物が炭酸カルシウムにより膠結したものである．主な特徴 [4, 5, 6] を表 1 にまとめる．表から対象割れ目とビーチロックについて，岩石割れ目の硬化と海浜堆積物の硬化という違いこそあるが，地域・形成場所 (潮間帯)・主な構成物・形成年代 (δ^{13}C) など非常に類似した点が多く存在する．

ビーチロックの成因に関しては，多くのものが海水あるいは淡水から沈殿した炭酸カルシウムにより膠結したとしているが，微生物の活動による例も報告されている．これまでの報告で，海水 (海水と淡水の混合水) 起源とされるものは，膠結物質がカルサイト・(高)Mg カルサイト・アラゴナイトなど様々な形で存在するが，淡水起源のものはほとんどがカルサイト，微生物起源のものはほとんどがアラゴナイトになるといわれている [5]．堆積粒子の表面はミクライトで覆われており，それを基盤として針状あるいは粗い繊維状の結晶がほぼ一様な厚さで覆っている [4, 5]．また小元 [6] は，採取したビーチロックの δ^{13}C に関して，多数の試料で海洋性炭酸塩の値より大きくなることから，炭酸カルシウムの起源は海水だけでなく淡水の影響も受けているとしている．

以上より，まず対象割れ目内の充填物が主に Mg カルサイトであることから，炭酸カルシウムが微生物起源である可能性は低いと考えられる．さらに充填物は離水サンゴよりも若く，割れ目内にはサンゴの破片なども混入している事から，割れ目内の物質は離水サンゴより供給されたと推定される．また δ^{13}C が海洋性炭酸塩の値よりも大きく，海水だけでなく淡水の影響も受けている可能性がある．なおこれに関しては，花崗岩からの溶解物の影響も考えられるが，花崗岩中のカルサイトの δ^{13}C が海洋性炭酸塩のものよりかなり小さい [7] ことから，その影響はほとんどないと考えられる．また形成プロセスについて，ビーチロックはもともと存在する海浜堆積物の粒子間に炭酸カルシウムが充填し膠結したとされ，一方対象割れ目では，炭酸カルシウムが侵入するのと同時あるいは遅れて砕屑物が割れ目内へ侵入したと考えられる．よって膠結物質の形態にもその違いが現れている可能性があり，今後 SEM 等を使って検討していく予定である．

3　まとめ:ナチュラルアナログデータとしての可能性

対象としている現象は，離水サンゴから割れ目内への数千年オーダーの物質移動現象であり，放射性廃棄物の地層処分など長期間の岩盤割れ目内の物質移動に関するナチュラルアナログと考えられる．さらにグラウトの止水メカニズムの解明や CO_2 の地中貯留技術への応用など有益な情報を提供できる可能性がある．

キーワード　屋久島，離水サンゴ，硬化した割れ目，ビーチロック
連絡先　〒 338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 地圏科学研究センター

表 1: 硬化領域を持つ割れ目とビーチロックの特徴

	硬化領域を持つ割れ目と割れ目内物質	ビーチロック
地域	屋久島 (亜熱帯)．現在までに，いなか浜 (花崗岩の海岸露頭)・栗生海岸 (四万十帯の海岸露頭) において発達しているのを確認した．	地中海，カリブ海，熱帯から亜熱帯の大西洋沿岸，太平洋・インド洋の環礁に多い．日本では，主に琉球列島において発達している．
形成場所	潮間帯で形成され，周辺に離水サンゴ (サンゴ礁) が分布している．	潮位差が 2m 以下の microtidal，すなわち攪拌の少ない海浜で形成されやすく，サンゴ礁が発達する地域に多い．
形態	割れ目近傍の硬化部分は，割れ目沿いに数 cm 程度の幅を持って存在し，母岩より最大 20cm 程度張り出している．割れ目内と割れ目周辺の微細なクラック内を炭酸カルシウムが充填する．離水サンゴとつながっている割れ目も存在する．	厚さ数十 cm の層が何層か重なり，海に向かって 5~7° 緩斜し，陸側に急斜面を持つミクロケスタ状を呈する．走向はほぼ浜のものと一致する．規模は様々で，長さ・幅が最大で数百 m となるものもある．厚さは最大で 2m 程度である．
構成物	割れ目内を充填する物質は非晶質な炭酸カルシウム (主に Mg カルサイト) であり，そのほかサンゴや岩石の破片など大小様々な種類の砕屑物が混入している．	一般に周辺の砂浜とほぼ等しく，膠結物質は主に (高)Mg カルサイト (カルサイト) あるいはアラゴナイトからなり，その起源により変化する．その他アルミ・シリカからなるものも存在する．
膠結物質	割れ目内への物質移動プロセスを考える上で重要な情報となるので，今後 SEM 等を用いて検討する予定である．	高 Mg カルサイトは主にミクライトとして堆積粒子の表面を覆っている．一方アラゴナイトは粒子表面を覆っているミクライトを基盤として，針状または粗い繊維状の結晶が発達している．
内部構造	炭酸カルシウムは割れ目内を緻密に充填し，様々な種類の砕屑物も観察される．サンゴとつながっている割れ目内の砕屑物は，サンゴから離れるほど直径の小さなものとなる傾向がある．	一般に表面は硬く，内部ほどもろい．また古いものほど間隙率が小さくなる傾向がある．砂粒子などは成層構造・斜交葉理といった堆積構造を持つことがある．
形成年代・炭素安定同位体比	割れ目内物質は周辺の離水サンゴ (約 5300~5600 年前) よりも若く，サンゴから離れるほど若くなる傾向がある．これまで得られている δ^{13}C は，2.76~5.73 ‰であり，海洋性炭酸塩の値 (0±2 ‰) よりもわずかだが大きい．	約 1000~5000 年前のものが多く，数百年前程度のものも存在する．ただしビーチロックは陸側から海側へ順次形成されるため，一般に海側と陸側で年代値が異なる．δ^{13}C は，海洋性炭酸塩の値より大きな値を示すものもある．
膠結物質の起源・成因	充填物が Mg カルサイトであること，割れ目内の砕屑物にサンゴの破片が混入していること，割れ目内物質が離水サンゴよりも若い年代値であることから，割れ目内を充填する炭酸カルシウムは，天水などにより溶解した離水サンゴから供給されたと考えられる．	膠結物質は，海水あるいは淡水起源説と微生物による生物学的説がある．多くのビーチロックは，海水から沈殿した炭酸カルシウムが海浜堆積物の粒子に付着し，水分の蒸発とともに粒子間を膠結，さらに void filling により粒子間の空隙が充填していくと考えられている．

引用文献

[1] 長田昌彦, 松下智昭, 竹村貴人, 高橋学. 埼玉大学地域オープンイノベーションセンター紀要, 2009.

[2] 長田昌彦, 松下智昭, 高橋学. 土木学会年次講演会論文概要集, 2009.

[3] 長田昌彦, 松下智昭, 高橋学, 藤井幸泰, 竹村貴人. 日本応用地質学会研究発表会, 2009.

[4] 河内諭. 海洋科学, Vol. 6, pp. 774–779, 1974.

[5] M.I. Vousdoukas, A.F.Velegrakis, and T.A. Plomaritis. *Earth-Science Reviews*, Vol. 85, pp. 23–46, 2007.

[6] 小元久仁夫. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, No. 44, pp. 1–17, 2009.

[7] T. Iwatsuki, S. Xu, S. Itoh, M. Abe, and M. Watanabe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, Vol. 172, pp. 524–529, 2000.