

岩石海岸の微地形

HoneycombsとPotholes

池田 碩*

The Micro-topography of Rocky Coasts

—Honeycombs and Potholes—

Hiroshi Ikeda*

要 旨

岩石海岸に形成しているHoneycombとPotholeについて調査した。その結果、共にHoleを形成し、発生から成長さらに解体まで同様な過程をたどるが、生長していく段階で両Holeが連動することはない。それは形成要因をまったく異にしており、Holeの規模も異にするからである。

Rockcontrolの点からみると、Honeycombは砂岩や頁岩などの均質な部分に形成されるが、他の岩石には典型的なHoleの形成や分布を示さない。これに対しPotholeは岩種を問わず生じ、さらに生長するほどすばらしい円形のHoleを形成する。

これらの実態を、現地調査をもとに確認したので報告する。

【キーワード】 岩石海岸の微地形 Honeycomb, Pothole, Solutionbasin, Rockcontrol

. はじめに

岩石海岸に生じる微地形のうちの蜂の巣状構造Honeycomb Structureと海蝕甌穴Marine Potholeは、共に「Hole穴」の形成を中心とする微地形で、特にHoneycombは我々が眼視下で確認し追跡できる地形としては最小単位のものである。両微地形は、岩石海岸の海蝕地形のうち、海蝕台地の形成や、波打際の地形、特にその表層部の侵蝕Solutionbasinと景観形成に大きくかかわっている。しかし、両微地形が岩石海岸の全てに形成してはいない。またHoleが形成されているとしても、点的に散在している場合もあれば、岩の表面全体を見事におおいつくす状況を呈している場合もある。そのような差異は、何に起因しているのだろうか。

今回は、それらが形成されている母岩の性質である岩体や岩層の相異Rockcontrolと、周囲の環境を中心に現地調査で得た観察をもとにできるだけ具体的に詳細に報告する。そのために、それらの微妙な違いや特徴を紹介する方法として、地域毎の内容を複数のカラー写真で多角度から捉え、その状況と内容について説明を記載していくことにする。

小単位の「穴」であるHoneycombからPotholeの順で紹介するが、両者（間で）は連なって拡大していくものなのか、別の単位のものなのかについても注意しつつ検討し報告する。

・各地の事例

Honeycomb

A．京都府北部 五色浜海岸

日本海に臨み、凝灰岩地（層）域中に混入している砂岩の大きな岩塊（写真1）の表面に生じている網目状の微細な小穴群（複数岩塊で確認）である。

その状況は写真2で示すように、粗粒の砂岩の岩塊表面全体をmmオーダーの小穴群が、スポンジ状又はカステラ状におおい広がっている。小穴群が拡大し複合すると陥没する（写真3・4）、その部分の断面を詳細に観察すると、スポンジ状の部分の厚さは5～6cm程であり、その間はスカスカの状態である。これに対し、その下端部はのっぺりとし、つるりとした硬い岩肌面である。岩塊の表層部に生じているこのような明瞭な風化の違いに驚き注目した。

この事例は、調査中に確認したもののうち穴の規模が極めて微小であり、微妙ではあるが不思議なものとして取り上げてみた。ただし微小なだけでその形態や風化変質過程に関する状況は、Honeycombとしての基本的な内容とほぼ一致する。このためHoneycombの「モドキ」としておいて考察してみることに意味があると考えた。記載は小穴の順としたので、まず最初に報告することにした。

B．高知県南西部 竜串海岸

砂岩・泥岩・頁岩などの互層列が見事に連結した海蝕台地の広がる状況は、宮崎県の青島と共に、我が国を代表する岩石海岸の景勝地として知られている。Honeycombは互層した岩体列のうち均質の砂岩層の表面にのみ形成されている。その形状は写真1で示すように、直径3～8cmの小穴群によって岩層面上をおおいつくしている。平均は直径5～6cm位で、深さは5～8cm位である。大きくなれば隣接する穴と複合した部分の壁が欠けるため、形状が変化し、穴の底の部分の方が目立ってくる。さらに拡大すると穴の壁は消失してしまい、底の平らなのっぺりした面（写真2・3）と変わる。

小穴群の形成からスタートしそれが拡大成長して穴の底の部分まで低下すると平坦な終末形と化し、Honeycombによる砂岩表面侵蝕の1輪廻を終了することになる。穴の形成・拡大には、海水の干満の差や波飛沫により、岩面に生じる乾燥湿潤の繰り返し作用によって岩体表面の膨張・収縮が進み、均質なので一定の間隔を置きながらエネルギーを解放することが原因と考える。これらの穴の中には、写真でもわかるように何も入っていない。

C．オーストラリア南東部 カンガルー島海岸

アデレード市沖合に位置するKangaroo島北部のCape Cassini付近のプレカンブリア期の硬砂岩からなる海岸である。写真1は、Honeycombが硬く固結した岩塊の表面全体をびっしりおおって

いる状況を示す。穴の直径は3～6cmで深さもほぼ同じ位である。写真2は、小穴群が複合しだし単体の小穴壁がとなりの壁と接合してきた状態である。壁が取れだし変形が進むと底部の平坦な部分が目立ってくる。写真3は、さらに拡大が進行し小穴群の壁が取れてしまった段階で、小穴群は解体し底部の平坦部がのっぺりと連なってしまう状況がよくわかる。

この岩塊の小穴群の解体は、岩塊の中央部分から進みだしているが、岩塊の周辺部には、まだ小穴群が残っていることから、Honeycombによる岩塊表面侵蝕の1輪廻へ向けての進行過程がよくわかる。これらの穴の中には何も入っておらず、小穴の形成と破壊の要因は、海水や波飛沫を受けての乾湿の繰り返しによる膨張・収縮に起因する風化侵蝕と考える。

Marine Pothole

D．京都府北部 琴引浜海岸

日本海に臨み、泥岩地域に形成されているPotholeである。その分布状況は、写真からもわかるように2つのタイプ（パターン）があると想定される。主なタイプは、海水面の波打際スレスレに出現しているHole群（写真1・2）で、Hole（穴）の平均直径は1m位であり、穴の底には複数の礫が入っている。これに対し、波打際より数m離れた陸側に形成されている穴群（写真3・4）は、直径10cm位と極めて小規模である。この部分の岩盤の表面を観察してみると、乾湿風化のため海水中の泥岩よりもはるかに泥岩の表面がパリパリに小さく分裂している状況がよくわかる。このため小穴が形成されても拡大する過程で解体消滅していくためと考える。小穴内には白く塩が蓄積しているのがよくわかる。このことから2つのタイプのHoleには、規模だけではなく形成要因の違いも大きいことがわかった。

E．和歌山県 田辺 天神崎海岸・オーストラリアシドニー湾 マンリー海岸

天神崎海岸の砂岩地域には海蝕台が広がり、その間には平頂をもつ小島も点在、背後には海岸段丘が発達している景勝地で、我が国最初のナショナルトラスト指定地域としても知られている。写真1・2で見られるように、広い海蝕台地は満潮時には海水におおわれてしまう。その表面には一面に大小の凹地群Solutionbasinが連なっている。さらにその間には写真3で見られるように、直径1～1.5m位の典型的なPotholeが形成されており、それらが拡大し複合すると形状が変化しだす。Solutionbasinの凹地群がおおう海蝕台地面も、このような過程を経た結果としての侵蝕平坦面なのである。

写真4・5は、オーストラリア東部シドニー湾の砂岩からなるマンリー海岸に形成されているPothole群である。水平な砂岩層が広がり、しかも直線状に交叉する方形の節理が発達している地域である。Holeは小さいもので直径10cm位、平均は30～60cm、最大は120cm位である。写真5には2重のPotholeへと生長しているものもあり、その底には円磨された礫が入っている。これより拡大すると隣接するHoleと複合する。さらに進むとHoleは消滅していく状況がわかる。ここはPotholeの発生から拡大していく様子、さらには解体していく一連の過程がよくわかる地域であった。

F. レバノン Sidon沖の小島

地中海に臨み、全島石灰岩が露出した小島の海蝕台地に形成されているPothole群である。写真1は、直径100~120cmのHoleを中心に、その周囲の海蝕台地の状況を示したものである。写真2は、この付近の石灰岩の地表の状態を写したものである。Solutionbasinはガサガサとした荒々しい状況を示すが、詳細に観察してみると、大小無数の丸味を帯びた凹地群が連なっている様子がよくわかるし、台地面全域がこのようなHole状凹地の微起伏の連合によって形成されている状況である。写真3は、大きな凹地の中に新たに小さな2重目のHoleが誕生しだしている状況を示した。写真4もそのようなようすが若干進んだ段階で複数のHole群を形成している状況を示した。その過程をたどってみると、小さなHoleでも成長してくると、そこにたまる海水の量や蒸発量に差が生じてき、それに合わせ凹地壁にリンク状の段階を生じている状況もよくわかった。すなわち写真1・2・3・4全体を通してみると、海蝕台地表面の侵蝕解体の過程がよく説明できる地域であった。

G. 沖縄県 渡嘉敷島海岸・竹富島海岸

琉球石灰岩からなる渡嘉敷島海岸に形成されたPotholeである。Beachrockが発達する周囲の石灰岩の表面Solutionbasinはガサガサしている(写真3)が、その間に円形の丸い曲線を示す見事なHoleが形成されている。写真1・2で示したものは、直径70cm程のHoleであり、Hole内に海水が流入した時と、出た時の状況を連写したものである。

写真1は、海水が流入してき、Hole内を満たした時には渦流を生じている。

写真2は、海水がHoleから出てゆくが、まだ入り口近くまで後退した状況を示す。

流出した跡のHoleの底には、直径5~10cm程の円磨された小礫が入っている。それらの中心部には、直径15cmの大きい黒っぽい砂岩の円礫が入っているのがわかる。この砂岩はこの島の母体を形成している基盤岩である。

竹富島も、全島琉球石灰岩から形成されている。Beachrockが発達する海岸には、写真4に見られるようなゴツゴツした起伏を有する海蝕平坦面Solutionbasinが広がっている。周辺を詳細に観察すると起伏の大きい部分の凹みほどその底の部分は丸みを帯び円形のHoleを形成しており、Holeの底には写真5・6に見られるように小礫が入り込んでいる。満潮時に海水が入ってくると、波流によって渦動が生じこれらの小礫が回転運動を進めて行き、Potholeを形成する。

H. 新潟県 佐渡ヶ島東北部海岸

佐渡ヶ島東北部の日本海に臨む平根崎を中心とする海岸には、海蝕崖下に荒波のもとで形成された元気のないPothole群が存在し、天然記念物に指定されている。筆者も訪ね調査しているが、この地のPotholeについてはすでに伊藤隆一によって7枚の写真を使用し詳細に報告されているので、本論では写真ページは組まなかった。

第三紀中新統の石灰質砂岩に形成されている平根崎のPotholeの特徴は、波浪の及ぶ高さによってHoleの形成位置にも高度差があるため、見かけ上は多段式となっていることである。直径の平均は50~100cmで、大きいHoleは200~300cmに達している。一方、波打際付近には、直径10~30

cm位の小規模なPotholeも形成されている。それらの形成状況は、前記した石灰岩地域のSidon沖の島や沖縄の渡嘉敷島でのPothole同様である。このことから微地形であるPotholeの形成には地域差は無いと考えられる。

・ 調査の結果

- (イ) HoneycombとPotholeは、両方共形態的にはHoleを有する微地形である。
- (ロ) しかし成因は異なる。Honeycombは乾湿風化によって形成されるが、Potholeは凹みに砂礫が入り、それらが波による渦流によって回転運動しつつ側方と下方を侵蝕拡大されてできたHoleである。
- (ハ) 岩(石)質との関係Rockcontrolでは、Honeycombは砂岩(地域)を中心に形成されているが、泥岩には少ない。「モドキ」として紹介した微細な穴群の形成例もこのタイプのものであり、穴の規模が極めて小さいのは、砂岩の岩塊が地表に露出した段階ですでに風化作用が進んで風化核を形成していたためと考えた。表面がガサガサした石灰岩や凝灰岩地域の場合にも少ない。これに対しPotholeは岩の表面の凹みに砂礫が入り、それらが渦流によって回転運動すれば岩質とは関係なく円形の穴が生じてくる。
- (ニ) Holeの規模は、単体の平均的な直径を異にする。Honeycombは5～6cmであるが、Potholeは50～100cm・大きいもので200～300cmである。それらの分布密度が高い地域ほど、生長してくると隣接するHoleとの壁は薄くなり、さらに拡大すればHoleの壁は取れ、消滅してしまい、Holeの底部が連なりのっぺりとした平坦な岩面が生じる。この状況は、Honeycomb・Pothole共に同様である。この一連の過程でHolesによる岩体表面部分の侵蝕解体の1輪廻が終了することになる。
- (ホ) 石灰岩地域の場合は、海蝕台地の岩体表面全体Solutionbasinに両Holeが混在しており、それらの連合した形状でおおわれているため、表面付近では小さな凹凸が激しく複雑な形状を示している。これに対し、砂岩の場合は両Holeを形成するが、Honeycomb形成地とPothole形成地は、上記ロ) ハ) に記したように形成要因が明瞭に相異しているため分布地域も異なる。
- (ヘ) 泥岩地域は石灰岩地域に近い状況であるが、岩体が軟弱すぎて破壊しやすく、生痕穴は多いが面的に広がるような典型的なHoneycombの分布状況には至らない。凝灰岩地域は石灰岩地域に近い状況であるが、表面の凹凸が激しいため、Honeycombと称されるような形状のものではない。

・ さいごに

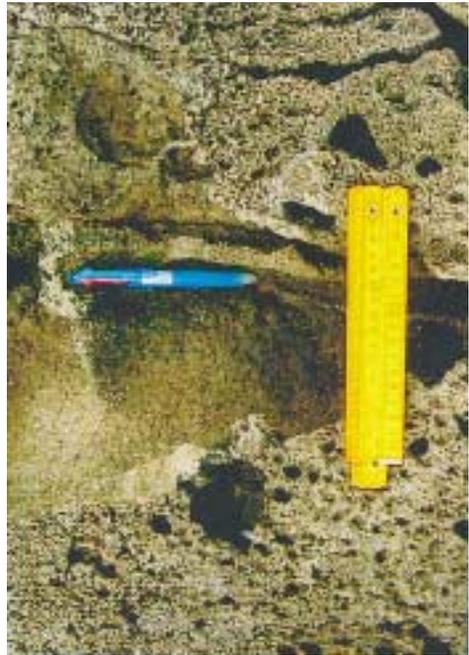
岩石海岸に形成している穴Holeの微地形HoneycombとPotholeについて調査した。その結果、共に発生から生長さらに解体まで同様な過程をたどるが、生長の過程で両Holeが連動することはない。それは形成要因をまったく異にしており、形成されるHoleの規模も異にするからである。

Rockcontrolの点からみると、岩体全体をおおうようなHoneycombは均質な砂岩に形成される。しかし他の岩石にそのような状況は見られない。これに対しPotholeは、形成の初期段階では各岩石特有の表面の凹凸や節理等により差が生じるが、生長しだすといずれの岩石にも同様な形状のHoleが形成される。しかも大きく生長するほど円形の典型的なHoleになる。

そのような状況を示す微妙な特徴や形状の相異を把握し説明するため、諸岩石からなる多地域での調査内容をカラー写真で捉え報告した。

これらは岩石海岸のすばらしい景観の表層部分を装飾する微地形であるが、この他にもタフォニTafoniやグナマGnammaなどが存在する。これからも自然の驚異的な景観形成の理解に務めたい。

写真Aページ 京都府北部 五色浜海岸 砂岩 Sandstone Honeycomb
Photo, Page A The Goshikihama Coast in Kyoto Prefecture Rule = 20cm



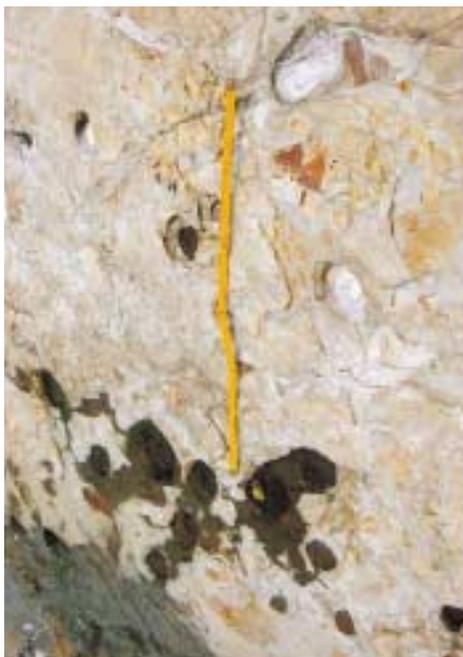
写真Bページ 高知県南西部 竜串海岸 砂岩 Sandstone Honeycomb
Photo, Page B The Tatsukushi Coast in Kōchi Prefecture Rule = 100cm



写真Cページ オーストラリア南東部 カンガルー島海岸 砂岩 Sandstone Honeycomb
Photo, Page C The Kangaroo Coast in South Australia Rule = 20cm



写真Dページ 京都府北部 琴引浜海岸 泥岩 Mudstone Pothole
 Photo, Page D The Kotobukihinama Coast in Kyoto Prefecture

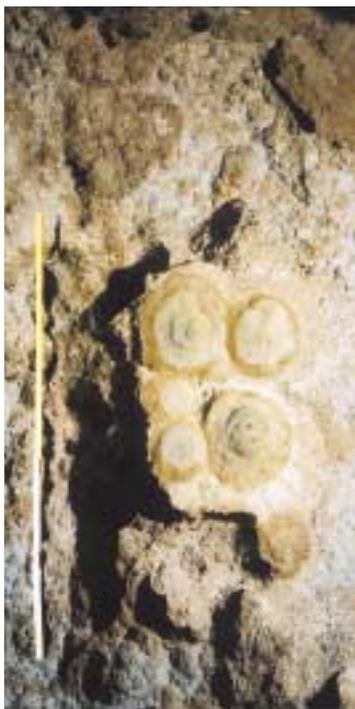


写真Eページ 和歌山県 田辺 天神崎海岸・オーストラリア シドニー湾 マンリー海岸 砂岩 Sand stone Pothole
Photo, Page E The Tenjinzaki Coast in Wakayama Prefecture and the Manly Coast in South Eastern Australia

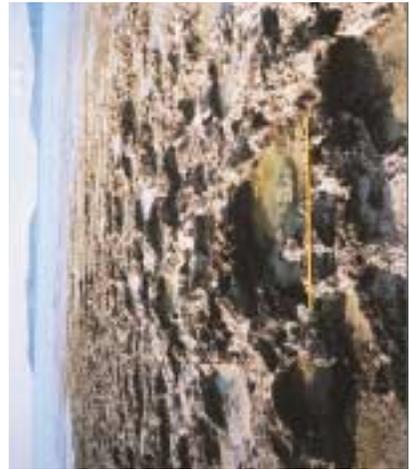


写真Fページ レバノンSidon沖の小島 石灰岩 Limestone Pothole Rule = 100cm

Photo, Page F The Sidon Coast in Western Lebanon



写真Gページ 沖縄県 渡嘉敷島海岸・竹富島海岸 石灰岩 Limestone Pothole Rule = 100cm
Photo, Page G The Tokajikijima and Taketomijima Coast in Okinawa Prefecture



注

- 1) J.N.Jennings (1968): Honeycomb・Pothole 「The Encyclopedia of Geomorphology」 Dowden Hutchinson.
- 2) 豊島吉則 (1981): 海蝕甌穴. 「地形学辞典」所収.二宮書店.
- 3) 小野有五 (1981): 蜂の巣状風化. 「地形学辞典」所収.二宮書店.
- 4) 伊藤隆吉 (1979): 佐渡ヶ島海蝕甌穴 「日本のポットホール」所収.古今書院.
- 5) 池田碩 (1998): ポットホール・グナマ 「花崗岩地形の世界」所収.古今書院.
- 6) C.R.Twidale (2002): Natural History of Kangaroo Island.Royal Society of South Australia.
- 7) 池田碩 (2006): オーストラリア シドニー湾 マンリー海岸に生じている風化微地形.奈良大学総合研究所所報.第14号.
- 8) Christophe Morhange (2003): The Ancient Harbours of Sidon.Archaeology & History in Lebanon Issue 18.
- 9) 池田碩 (2007): Lebanon・ByblosとSidon周辺の地形と石積み城壁の風化.奈良大学総合研究所所報.第15号.

謝 辞

現地調査時、ゼミ生(当時)の藤原高廣・待鳥良治・田村昌之君等の支援を得た。さらに本研究費の一部は、2005年度・2006度の奈良大学研究助成金を使用させてもらった。

The Micro-topography of Rocky Coasts : Honeycombs and Pothols

Hiroshi Ikeda

The author has been studying the development of micro-topographic holes in rocky coasts. In this paper, he presents two of those, honeycombs and potholes. Though both develop and grow by similar processes, the factors involved in those processes are quite different.

Honeycombs tend to form on homogeneous rocky surfaces by the repeated wetting (expansion) and drying (contraction) on those surfaces. The resulting holes are generally small and rather shallow. In contrast, potholes tend to form when a stone is washed by the sea, and that stone swirls around thus cutting the surface deeper and wider by repeated tidal and wave action. The resulting holes tend to be large and deep.

From the viewpoint of rock control, honeycombs form quite beautiful patterns mainly in sandstone, and the holes grow until the surface is smooth, after which the process repeats itself until the rock is worn away. In contrast, potholes can form on almost any kind of rocky surface, and the holes that form are round and tend to grow larger and deeper over time until the rock itself is worn away.

The color photographs show the different rocky patterns that form in each of the two micro-topographies. However, those are just two of the many types of hole patterns, some quite beautiful, that can form due to Nature's sculptural ability. Others include, Tafoni and Gnoma, and the author will introduce them in future papers.