

## 10. 島根県石見畳ヶ浦における

### 波浪侵食および塩類風化による微地形の特徴

Effect of wave erosion and salt weathering on microtopography of wave cut bench at  
Iwamitatamigaura, Shimane Prefecture, Japan

○仲優太郎・小暮哲也（島根大学）

#### 1. はじめに

1872年3月14日に発生した浜田地震は、推定マグニチュードは $7.1 \pm 0.2$ 、推定震源は浜田北約28 kmの海底とされる<sup>1)</sup>。これまでに、浜田地震による石見畳ヶ浦の波食棚の隆起の有無が議論されてきた<sup>2)</sup>。本格的な調査は地震発生から約40年後に行われ、畳ヶ浦周辺が0.9～1.2 m程度隆起したとされた<sup>3)</sup>。しかし近年では様々な議論がなされており、浜田地震による隆起は誤りであるという説<sup>4)</sup>や傾動性を有した部分的な隆起・沈降が生じている変動説<sup>5)</sup>など様々な説が挙げられている。しかしこれらの研究の多くは、季節や日・時間ごとに变化する潮位差に注目し、潮位と波食棚の見え方との関係のみが議論され、現地での踏査や測量データに基づいていない。波食棚の形成には(a)波の大きさ、(b)潮汐、(c)陸上及び浅海底の地形、(d)構成岩石の抵抗力、(e)風化作用、(f)侵食力を制御する堆積物の量・粒径、(g)海水による科学的作用、(h)生物の作用、(i)陸と海の相対運動<sup>6)</sup>などが挙げられ、これらの要因が複雑に組み合わさり決定されると考えられる。そのため畳ヶ浦の隆起の有無については、これらの要因を考慮した詳細な測量や微地形に基づく定量的な議論が必要となる。そこで将来的には石見畳ヶ浦が浜田地震によって隆起したか議論するために、本研究では隆起と関係すると考えられる波食棚上の微地形に着目し、波浪侵食と風化がそれらに対して与える影響を考察する。

- 1: 節理 2: 断層 3: 獣骨散在部  
4: ノジュール列 5: 礫岩 6: 姉ヶ浜部層  
F1: 第1馬の背断層

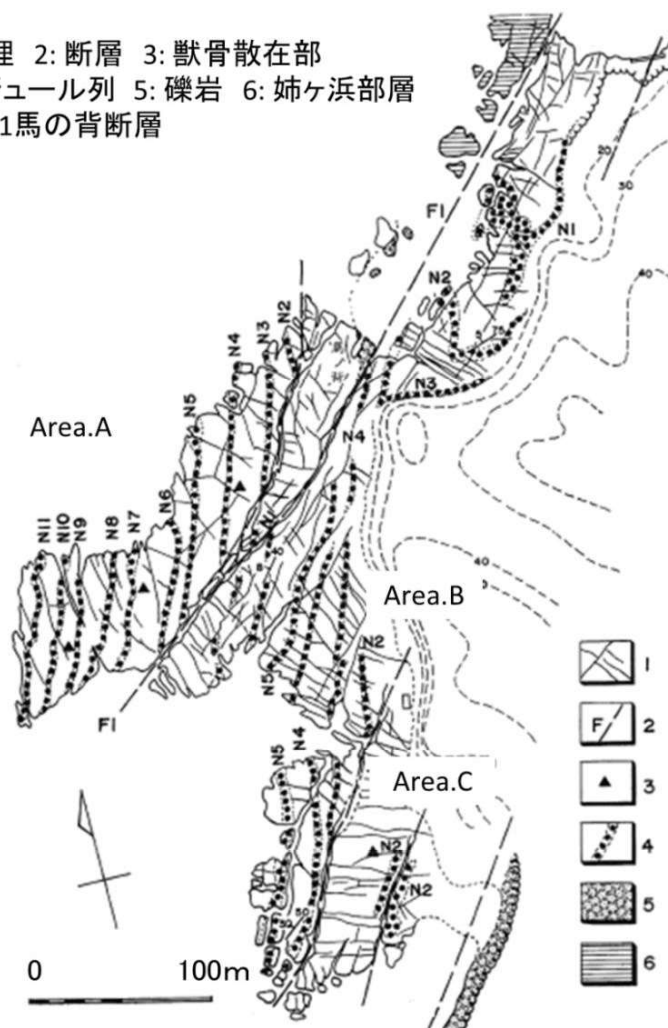


図1 畳ヶ浦地形図 大久保, 1982 に加筆

## 2. 研究地域

島根県浜田市北東部に位置する石見畳ヶ浦は中部中新統唐鐘累層中の畳ヶ浦砂岩部層に相当する<sup>7)</sup>。本部層の下位はほぼ塊状の細粒～中粒の砂岩からなり、ごく少量の細礫～中礫が散在する。本層部上部は細粒砂岩を主体として上方に泥質砂岩が卓越する<sup>8)</sup>。調査対象とした波食棚の面積は約 49000 m<sup>2</sup>あり、一部が西に突き出す形状である(図 1)。本研究では波食棚における局所的な波浪侵食と塩類風化の影響について考察するために、畳ヶ浦を 3 つの部分に分けた。1 つ目は馬の背を除く第 1 馬の背断層より西側の部分である (Area. A)。2 つ目は中央部分の第 1 馬の背断層とめがね橋断層の間の部分である (Area. B)。3 つ目は Area. B より南側の部分である (Area. C)。なお今回の研究では馬の背を含まない。石見畳ヶ浦の波食棚表面には直径数 10 cm の石灰質ノジュールが見られる<sup>7)</sup>。石灰質ノジュールは同一層準に産出することから、波食棚上では列をなしている。このようなノジュール列は 11 層準確認されており、下位より N1, N2, …N11 と呼ばれ、N6 以上でノジュールの大きさが小さくなる。ノジュールが波食棚上に露出する原因は、ノジュールと波食棚構成岩石との強度差による差別侵食が原因だとされる<sup>9)</sup>。また畳ヶ浦のノジュールの多くは、内側部分とそれを覆う外側部分が存在する(図 2)。ここでは外側部分を殻、内側部分を核とする。殻は核と比べて凹凸が激しく、一部のノジュールでは殻がほとんど剥がれている。ノジュール表面に発達する凹凸状の微地形はタフォニと呼ばれ、主に塩類風化により形成される<sup>10)</sup>。また殻はノジュール側面を覆うことが多く、ノジュールの頭頂部分に殻を確認できない。このことからノジュールの殻の部分は何らかの要因で、削剥された可能性がある。

波食棚に対する波浪侵食の影響を考察する上で、畳ヶ浦周辺での波浪の特徴を把握する必要がある。そこで本研究では国土交通省港湾局によって観測され、港湾空港技術研究所で処理されたデータを用いた<sup>11)</sup>。浜田港沖合にて計測した波浪データを使い、浜田周辺における 2 時間ごとの波向を次のように表した(図 3)。分析した波浪の波高は 2 m 以上であり、2012 年度のデータを使用する。浜田港沖で観測された波向は、N40° W～N30° E であり、全体の約 70% である。また北東から南西の方角からは、波浪が到達しない。波高 2 m 以上という基準は、現地観察から波高約 2 m の時に、砕波が波食棚上を通過したことを確認したためである。

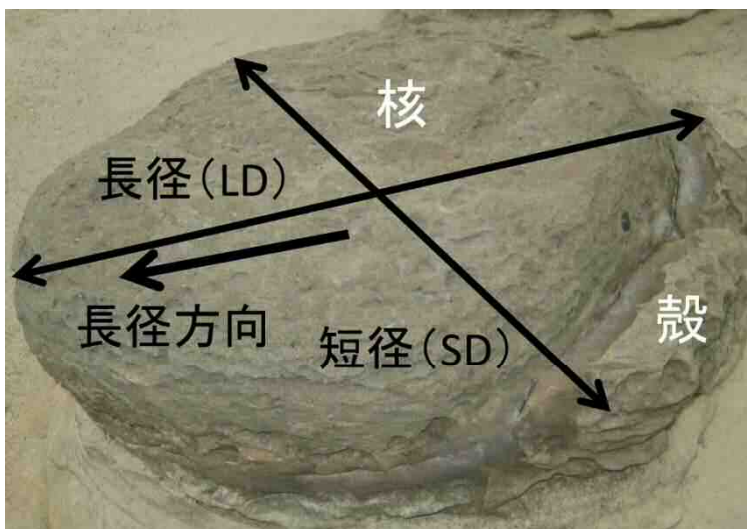


図 2 畳ヶ浦で産出するノジュール

## 3. 現地調査

波食棚に対する波浪侵食の影響を考察するために、波食棚表面で産出するノジュールの大きさを計測した。計測項目はノジュールの長径、短径、長径方向である(図 2)。長径とはノジュールの最も長い部分を示し、短径とは長径に直交する最も長い部分を示す。長径方向は長径の北からの角度である。長径と短径の計測では、ノジュール

ルの核だけを計測するのではなく、殻の部分を含んで計測した。計測したノジュールは、測線とノジュール列との交わる部分から 10 m 以内にあるノジュールである。また計測したノジュールの個数は各ノジュール列につき、10 個である。長径方向についても同様に 10 個ずつ計測した。測線 A-A' は波食棚西側である Area. A において東西方向に引いた。測線 B-B' と C-C' は Area. A と Area. B にかかるように、測線 D-D' は Area. C において東西方向に引いた (図 4)。

塩類風化の影響を考察するために、ノジュール表面に形成されるタフォニの窪み深さを計測した。計測箇所は Area. A の N10、北側の N4、東側の N3、Area. C の N4 の計 4 列である。それぞれを L1, L2, L3, L4 とする。タフォニの窪み深さは、核の表面と殻の表面で大きく異なる。そこで本研究では、核と殻の表面に発達するタフォニの窪み深さを、区別して計測した。一つのノジュールにつき核と殻それぞれ 20 ずつのタフォニを計測した。タフォニ深さの計測では、タフォニの両端に棒を渡して基準面を作り、基準面に垂直となるようタフォニ内部にノギスを入れ、基準面とタフォニ最深部との深さを 0.1 cm 単位で読んだ。計測値の符号は窪んでいる場合を正とした。一列ごとのノジュールの計測数は異なるが、これは L1, L2 でのノジュールの大きさが L3, L4 に比べて小さく、表面に発達するタフォニが少ないためである。

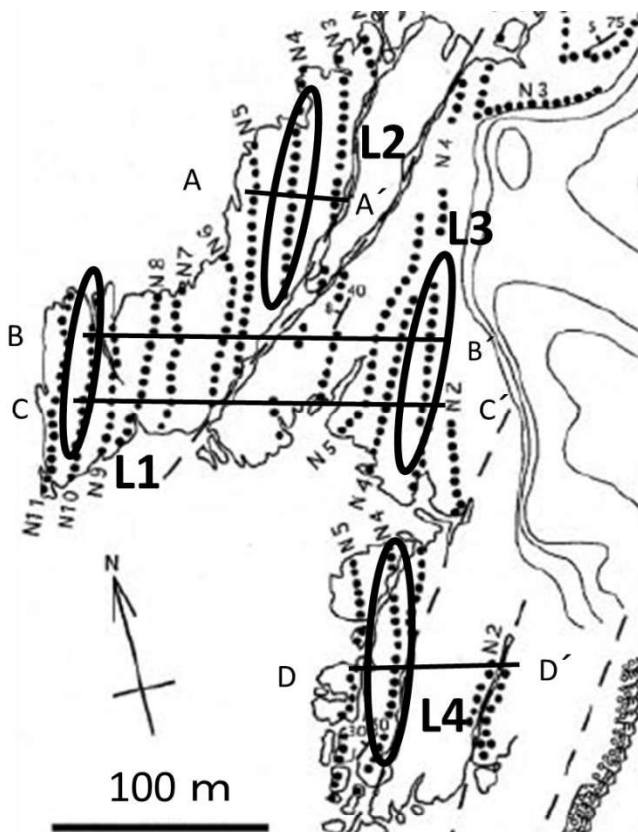


図 4 微地形の計測箇所

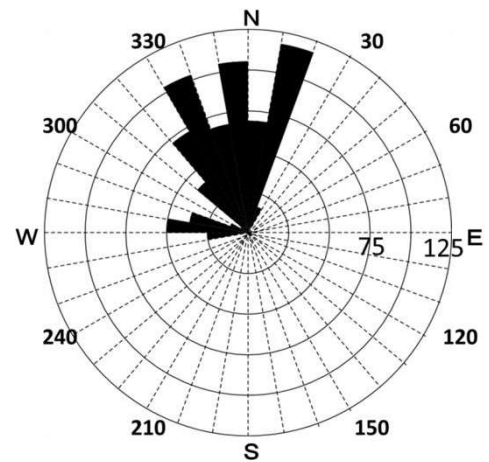


図 3 壘ヶ浦周辺の波向

#### 4. 計測結果

図 5 は長径と短径の関係をプロットしたものであり、横軸は長径 (LD)、縦軸は短径 (SD) と表し、単位は共に cm である。長径と短径の関係はどの測線においても非常に良い相関を示す。直線の傾きは各測線ごとに異なる。この回帰直線の傾きを  $n$  とする。ノジュールの形状は、 $n$  が小さい程真上から見たときに楕円形を示し、1 に近づく程真円に近いことを示す。結果は測線 B で最も低い値 ( $n=0.79$ ) を示し、測線 D のノジュールで最も高い値 ( $n=0.90$ ) を示した。よって測線 B 周辺にあるノジュールは他の測線付近にあるノジュールと比べ、楕円形である。

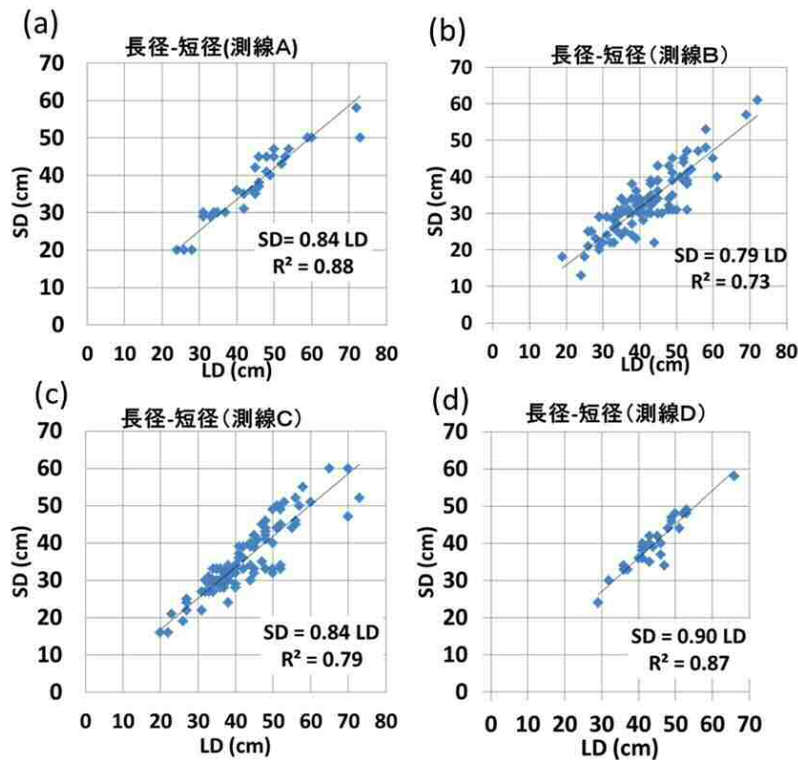


図 6 ノジュールの長径 (LD) と短径 (SD) の関係

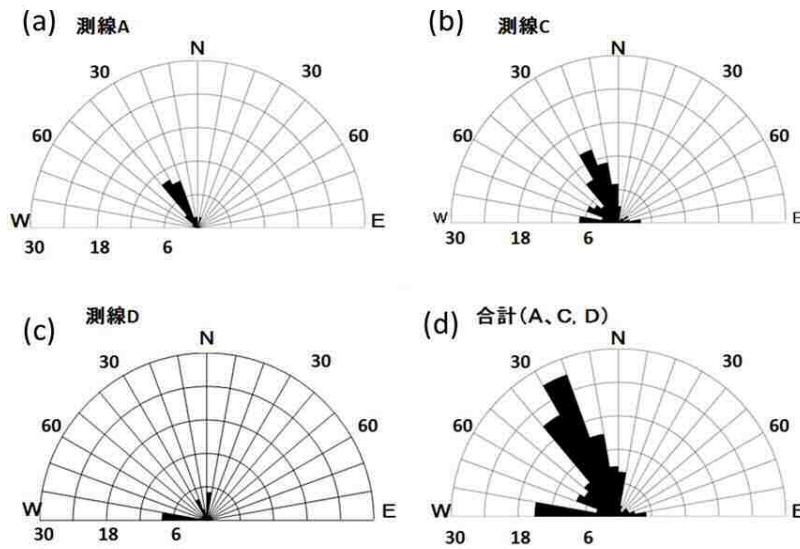


図 5 ノジュールの長径方向

ノジュールの長径方向の計測結果を図 6 に示す。測線 A および C では長径方向が  $N0^{\circ} \sim N30^{\circ} W$  の間に集中する。測線 D では測線 A, C と異なり、一定の方向に集中せず、分散する。場所ごとに分類すると波食棚の西側である Area. A では一定の方向を向き、Area. C では分散する。

ノジュール表面に発達するタフォニの窪み深さの計測結果を図 7 に示す。縦軸はタフォニの窪み深さ、横軸は南からの距離を示す。L1 では、殻の計測数が少ない。核のタフォニの窪み深さには、場所による差は見られない。L2 においても核・殻それぞれの表面で発達するタフォニの窪み深さは、場所による変化が小さかった。値も L1 と同様、核表面で発達するタフォニの窪み深さは約 0.5 cm、殻では約 1.5 cm である。L3 では北に向かって連続して、核と殻のタフォニの窪み深さが減少する。L4 では、他のノジュール列より殻の窪み深さが大きい。殻表面で形成されるタフォニの窪み深さは、殻表面で形成されるタフォニの窪み深さに比べて、約 3 倍の深さを持つ。

## 5. 波浪侵食と塩類風化についての考察

浜田港で計測されたデータでは波高 2 m 以上の波浪は  $N20^{\circ} E \sim 40^{\circ} W$  方向を向いている。畳ヶ浦に到達する波浪も、観測データと同様の方角から畳ヶ浦に到達すると考えられる。しかし波食棚の場所によって、同じ気象条件でも、場所により波食棚に到達する波浪や海水飛沫が異なる。現地観察からは、波食棚の南側である Area. C では、到達する波浪の大きさと向きが Area. A とは異なり、波食棚上を砕波が覆わない。第 1 馬の背断層より西側である Area. A

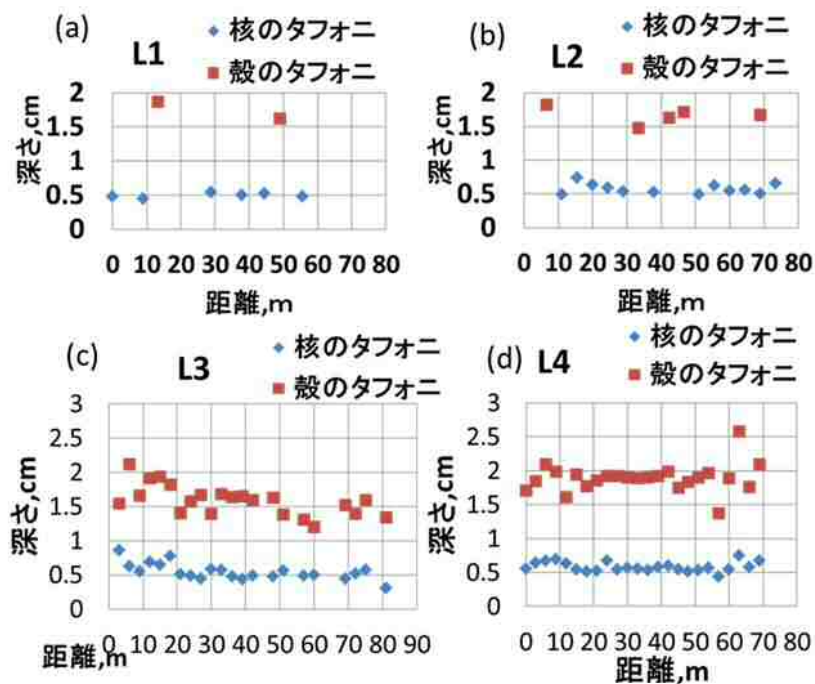


図 7 タフォニの窪み深さと距離の関係

形状を示す  $n$  値の大きさにより、Area. A におけるノジュールは他の場所のノジュールに比べて楕円形である。波食棚の北西部分 (Area. A) は波浪侵食の影響を強く受けるため、楕円形になりやすいと考えられる。Area. A でのノジュールの長径方向は  $N0^\circ \sim N30^\circ W$  の間に集中する。同様に波高の 2 m 以上の波向も  $N40^\circ W \sim 20^\circ E$  の間に集中し、観察した波浪も Area. A では同様な向きを示す。波向と長径方向が相対しており、Area. A では波浪侵食の影響を強く受けると考えられる。しかし回折した波浪が到達する Area. C では、長径方向が一定の向きを持たない。Area. C に到達する回折した波浪は、Area. A に比べて波高が小さい。よって Area. C では、波浪侵食を受けにくい場所であると言える。

次に波食棚が受ける塩類風化の影響について考察する。塩類風化によって岩石表面に形成されるタフォニは畳ヶ浦の全体で確認された。タフォニの窪み深さは核と殻では大きく異なり、核では 0.5 cm 程度であるのに対し、殻では 1.5 cm を超える窪み深さを示す。塩類風化を受ける期間が長い程、タフォニの窪み深さは大きくなる。したがって、一つのノジュールでの核の表面と殻の表面では、塩類風化を受けた期間に違いがあると考えられる。L3 では他のノジュール列と異なり、北に向かう程タフォニの窪み深さが減少する。L3 は他のノジュール列と異なり、北に向かう程海水面から離れる。また馬の背の背後に位置するために波浪の影響を受けにくい。タフォニの形成は塩類風化によるものであり、タフォニ窪み深さの差異が生じる原因の一つに、塩類供給量の低下が挙げられる<sup>12)</sup>。したがって、海食崖付近に位置する L3 の北側では、波浪による海水の供給、すなわち塩分の供給が少ないと考えられる。

## 6. まとめ

島根県浜田市に位置する石見畳ヶ浦において、波食棚の表面に産出するノジュール及び表面に発達するタフォニの計測を行った。そこから波食棚に影響する波浪侵食と塩類風化の影

では波高 2 m 前後の波浪が碎波後に波食棚を覆う。さらに高い波浪は Area. A を超えて、Area. C に到達することがあるが、Area. C は Area. A より碎波地点からの距離が大きいことと、両地域の間には断層に起因する海面下の低地帯が存在し緩衝帯の役割を果たすことから、Area. C 到達時には波浪の勢いが減衰し、侵食力に差異が生じると考えられる。したがって、波浪侵食の影響はより海側に位置する Area. A で大きいと考えられる。ノジュールの

響を考察した。波食棚表面に影響する波浪侵食は、ノジュールの形状から波食棚西側 (Area. A) で強く影響し、南側 (Area. C) では影響は少ないと考えられる。このときノジュールの長径方向は影響する波浪の向きと相対する。また波食棚に影響する塩類風化は、海水面近くで強く発達すると考えられる。また海水面から離れるとタフォニの窪み深さは減少し、塩類風化の影響は弱まると考えられる。

## 引用文献

- 1) 宇佐美龍夫. (1996) 新編日本被害地震総覧: 増補改訂版 416-1995. 東京大学出版会.
- 2) 藤森孝俊, 蒔苗耕司, 山口勝, 川口隆, 太田陽子. (1990) 島根県浜田地震 (1872 年) の地形学的検討. 地學雑誌, 99 (2), 166-181.
- 3) 今村明恒. (1913) 明治五年ノ濱田地震. 震災豫防調査會報告, 77, 43-77.
- 4) 渡辺濃. (2008) 石見豊ヶ浦千畳敷 (平床) に関する“浜田地震隆起説”の誤りは何で判断されるか. 島根県地学会誌, 23, 31-38.
- 5) 平坂健, 化石微地形探究グループ. (2004) 豊ヶ浦の微地形からよむ地殻変動. 島根県地学会誌, 19, 21-25.
- 6) 砂村継夫. (1975) 波による岩石海岸の地形変化-最近の研究とその問題点. 地理学評論, 48 (6), p395-411.
- 7) 大久保雅弘. (1982) 浜田・豊ヶ浦付近の中新統化石群集. 島根大学理学部紀要, 16, 113-123.
- 8) 中条武司, 中西健史, 前島渉. (1993) 島根県浜田北方の中期中新世唐鐘累層. 地球科学, 47 (6), 473-484.
- 9) 青木久, 大島智洋, 若狭幸, 八反地剛, 松倉公憲. (2004) 日南海岸いるか岬の波食棚地形に関する予察的研究: 波食棚構成岩石の強度と含水比の測定. 筑波大学陸域環境研究センター報告, (5), 63-71.
- 10) 町田貞, 井口正男, 貝塚爽平, 佐藤正, 橘根勇, 小野有五. (1981) 地形学事典. 二宮書店. 767p.
- 11) 気象庁ホームページ  
(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/genbo/genbo.php>)
- 12) 高橋健一, 松倉公憲. (2006) 日南海岸・青島の弥生橋橋脚砂岩塊の窪み深さと日射の関係. 地形, 27 (2), 259-281.