

1. 島根県大田市海岸における波食棚(ベンチ)と それに規制されたタフォニの発達

Evolution of tafoni controlled by wave cut bench along coast of Ohda, Shimane, Japan

○ 坂田聖二・横田修一郎 (島根大学・総合理工学部)
Seiji SAKATA and Shuichiro YOKOTA(Shimane Univ.)

1. はじめに

一般に海岸では広範囲に急崖露岩となっていることが多く、崩落が起こりやすい。こうした急崖露岩を不安定化させる地形的素因として急崖表面の凹凸があるが、波浪の物理的営力によって形成されるノッチ(notch)はそのような凹凸の1つである。一方、内陸部の急崖露岩ではタフォニ(tafoni)とそれにより生じるオーバーハング斜面、岩盤崩落が問題となってきた¹⁾。タフォニは塩類風化(岩石表面で塩が析出する際に発生する引張力によって、岩石表面が破壊される風化)に起因すると考えられている^{2),3)}。塩類風化やそれによるタフォニ形成は当初乾燥地帯の露岩や石造文化財での発生が問題視されていたが^{4),5),6)}、わが国でも巨大なタフォニが各地で確認されており^{1),7),8)}、急崖の不安定化、崩落の発生という点からも課題となっている。

島根県大田市の海岸には海食崖にノッチとともにタフォニ状の凹みが多数存在しており、さらに複数の離水波食棚も確認された。そこで、今回それらの形成の相互関係を調べてみた。対象地域を図-1に示す。大田市は日本海に面し、海岸には中新世の火山岩・火砕岩などよりなる海食崖が連なっている⁹⁾。

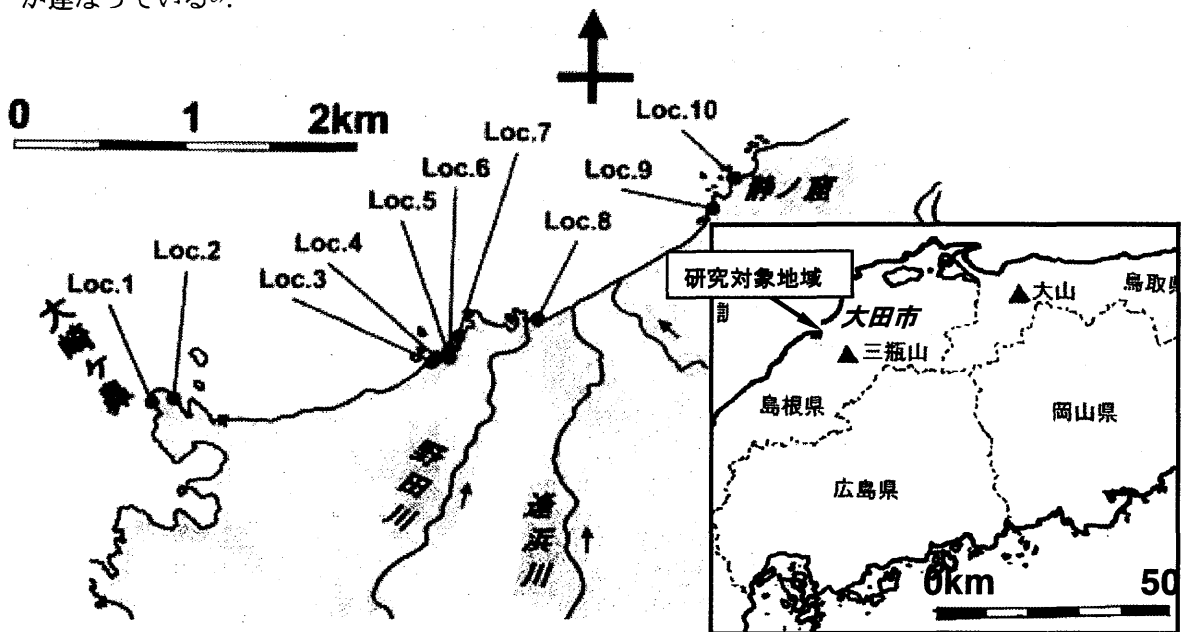


図-1 研究対象とした大田市海岸(五十猛地区)と波食棚の確認地点(Loc. 1~10)

2. 海岸に発達するノッチ、タフォニと波食棚

一般に、隆起海岸では海面より高い位置に過去の波食棚が見られることがあり、場合によっては2段以上に及ぶこともある。その場合、小崖(nip)と呼ばれる小さな崖によって隔てられ、ノッチはその小崖の下部に発達する。また波食棚は海水面付近で形成されるため、当時の風化進行の境界面となる。

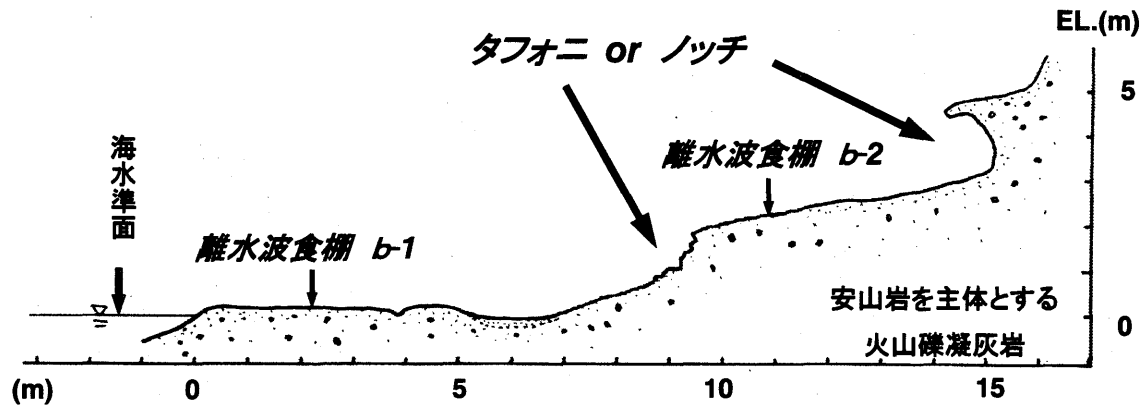


図-2 大田市海岸における典型的な波食棚の例

波食棚の背後の小崖にタフォニないしノッチが見られる (Loc. 6, 大田市五十猛海岸)

図-2 に大田市における離水波食棚の典型的な例を示す。現在の海面から約 0.2m, 2.1m の高さに 2 段の波食棚があり、小崖部分にはノッチないしタフォニ状の凹みが確認された。2 段の波食棚をそれぞれ b-1, b-2 とする。これらの凹みは過去のノッチが隆起したものとみることにもできるし、ノッチからタフォニへと成長していったものとみることにもできる。2 段目の波食棚 (b-2) を境にして上下で岩盤の風化度状況は大きく異なっており、凹みは高標高部ほど大きくなっているように見える。なお、急崖は安山岩を主体とする火山礫凝灰岩よりなり、ごくまれに泥岩の破片や円礫岩なども含まれ、淘汰は悪い。

3. 大田市海岸における地形・地質とタフォニ

これらの形成にはこうした風化環境だけでなく、地質的条件も関係している可能性がある。そこで、大田市海岸の岩相分布と地質構造を調査した。岩相分布と地質構造を図-3 に、また層理面の走向線図を図-4 に示す。それぞれには海岸におけるタフォニ密集域を示してある。

図-3 に示すように、本地域には中期中新世の久利層・大森層の火砕岩類が広く分布している。南部には久利層の流紋岩質火砕岩類が、北部の海岸部には大森層の安山岩溶岩・火砕岩が広く分布している。後者には一部砂岩や礫岩が挟まれている。これらは流紋岩ないし玄武岩の貫入岩によって貫かれている。海岸付近の標高 30~60m ではこれらは中期更新世の都野津層(砂層)によって断片的に覆われている。

図-4 の走向線図に示すように、層理面は全体的には NE-SW の走向で北傾斜をなすが、部分的には軸が北にプランジした浅い向斜構造が存在する。海岸では急崖にほぼ直交した走向で 10~40° 傾斜しているところが多い。

ノッチないしタフォニは本地域の岩石海岸において多数認められる。形状は径 10~20cm のものから数 m に達する巨大なものまである。個々の凹みの正面形状は比較的平坦な底面をもち、上部は弧を描く半円型(crescent-shaped)¹⁰⁾ のものが多い。横断形状は凹みの下部が平坦になっており、上部がオーバーハングしたひさし型をなすという特徴がある。

タフォニの密集範囲を岩相分布(図-3)に対応させると、軽石凝灰岩、火山礫凝灰岩、角礫凝灰岩といった岩相のところが多い。タフォニが粗粒砂岩ないし凝灰岩に発達するという既往研究^{11),12)} とほぼ一致する。なお、大田市内陸部の砂岩にはタフォニは受け盤構造に多いと報告されている^{11),12)} が、図-4 に示すように本地域では必ずしもそうではない。

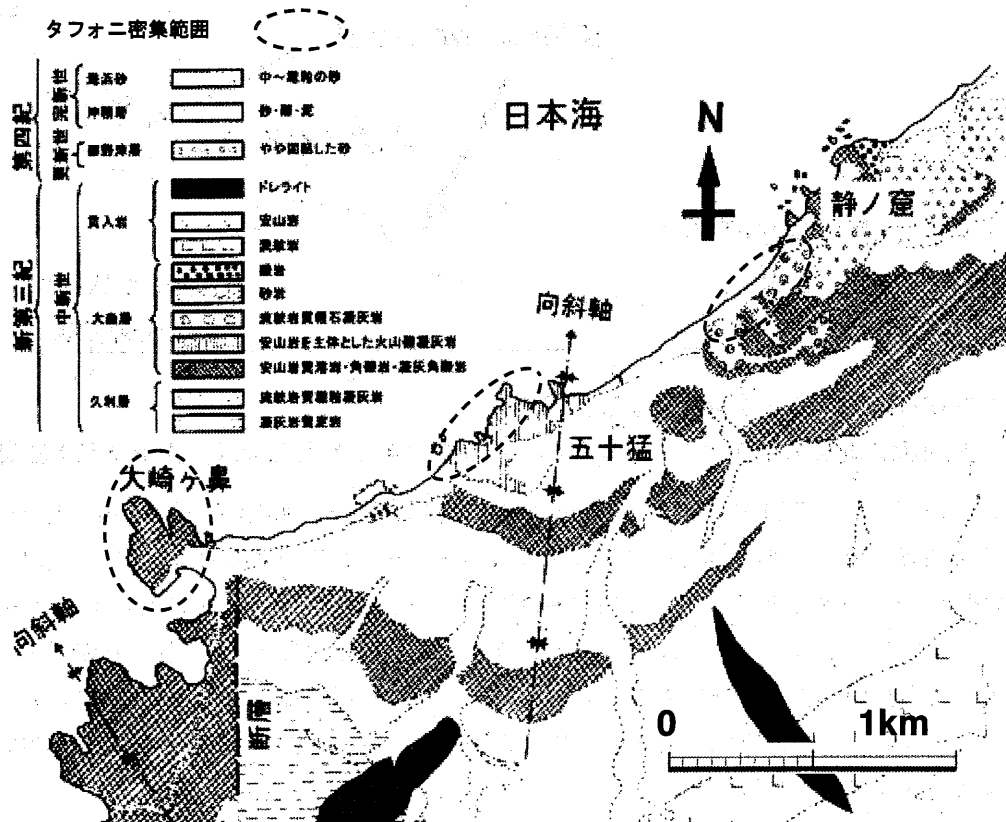


図-3 大田市海岸を含む周辺の岩相分布とタフォニ密集域

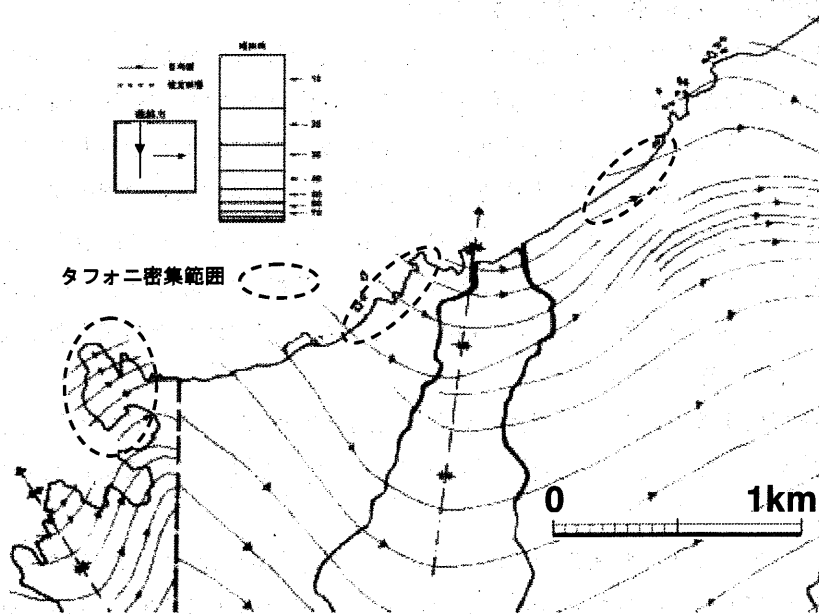


図-4 中新統層理面の走向線図とタフォニ密集域

4. 大田市海岸における離水波食棚の分布標高

島根県の浜田市の海岸には、1872年の浜田地震時に形成された離水波食棚が広く知られており、藤森他¹³⁾などによって研究されてきた。前述したように、今回、浜田市から40~50km離れた本地域の海岸全域においても同様の波食棚の存在が明らかとなり、さらに上下2段の波食棚を識別することができた。図-5では本地域の波食棚の標高を浜田市付近のそれと比較する。これによれ

ば、b-1 の標高は浜田地域より低い。これは浜田地震による影響が比較的小さかったことになるとも考えられる。

ただし、浜田地震の震央は浜田の北方約 28kmとされており¹⁴⁾、本地域と比較的近い位置であるので、本地域のb-1 も浜田地震によって形成された可能性は十分ある。

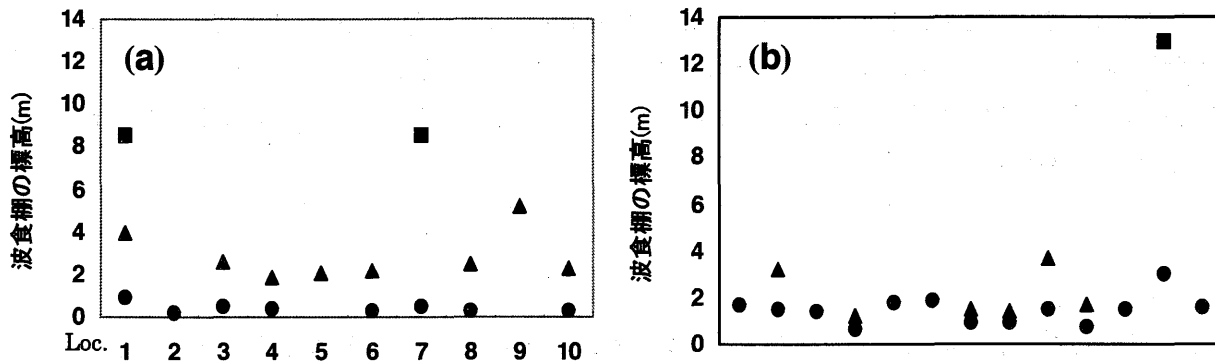


図-5 (a)大田市海岸における波食棚標高分布(計測地点は図-1 参照)
(b)浜田市海岸における波食棚標高(藤森他,1990 による)

5. 波食棚に規制されたタフォニの成長

大田市海岸のなかでも五十猛地区では図-6(a)に示すように急崖に多くのタフォニが認められる。また、ここでは2段の離水波食棚(b-1, b-2)が認められ、b-2 より高標高ではタフォニは概して大きい。そこで b-2 を境としてタフォニの大きさを調べてみた。図-6(b)にタフォニのスケッチを、(c)にはそのヒストグラムを示す。

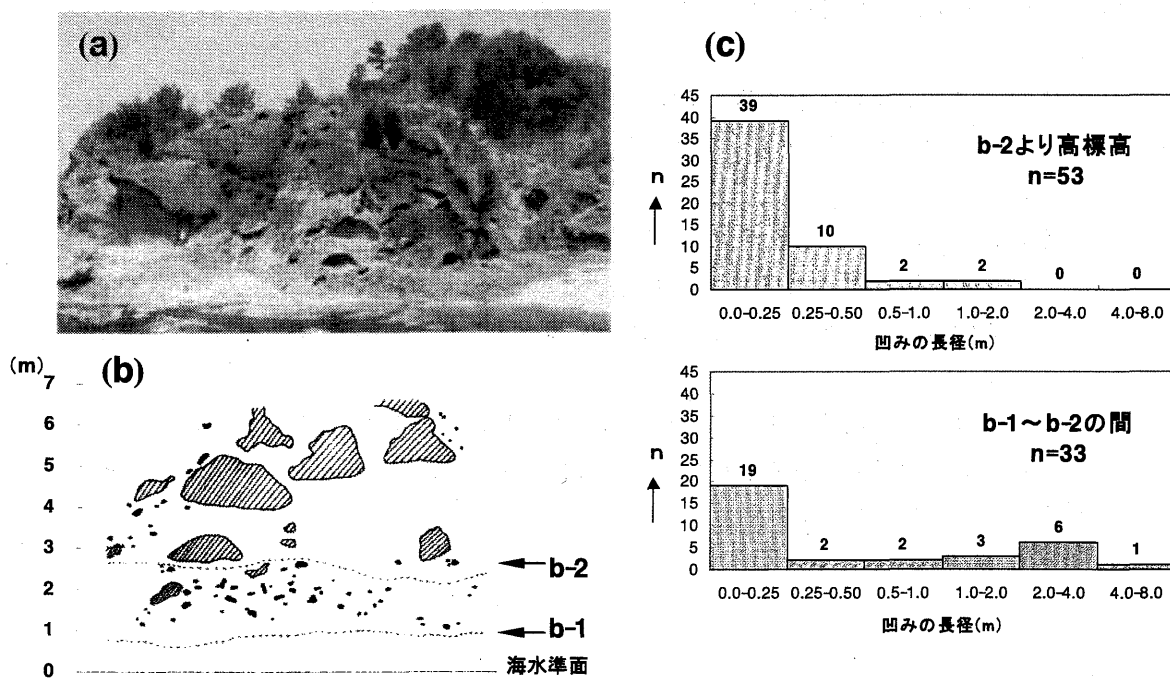


図-6 大田市海岸 (Loc. 5) におけるタフォニまたはノッチの分布形状と離水波食棚の関係
(a)海食崖に発達したノッチないしタフォニの写真, (b)同写真中央部のスケッチ
(c)b-2 を境とした上下の凹みの長径分布

凹みの個数を長径別にとると、b-2 を境にしてヒストグラムは上下で大きく異なっている。(c) をみると、b-2 以下は幅 0.50m 以下の小さなタフォニが多数みられるのに対し、b-2 より高標高部では長径が 2.0m以上の大きなタフォニが現われていることがわかる。

これらのタフォニの成長過程に関しては以下のように考えられる。初期の段階では岩盤に小さなタフォニが多数発生し、それらやノッチは塩類風化作用によって徐々に巨大化していく。佐藤¹²⁾の指摘よれば、小さなタフォニやノッチ同士が互いに合体し、大きなタフォニとなるのであろう。いずれにしても、急崖直下に散在している岩塊はタフォニ進行とオーバーハング部分形成に伴う岩盤崩落によるものと考えられる。

6. まとめ

島根県大田市の急崖露岩にはノッチないしタフォニと呼ぶべき凹みが無数に見られるとともに、それらの分布は明瞭な離水波食棚背後に位置している。急崖露岩の風化状況は波食棚レベルを境にして大きく異なることから、タフォニなどの形成条件を急崖構成岩石のタイプと地質構造、風化環境という面から検討した。結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 本地域の海岸急崖(海食崖)に密集しているタフォニないしノッチは、中新統の中でも安山岩質～流紋岩質火砕岩(主にマトリックスが粗粒の火山礫凝灰岩)の範囲に限定されている。
- (2) ただし、必ずしも既存の研究のような受け盤構造に発達しているとは限らない。これは透水係数が極めて高いことを反映しているのであろう。
- (3) 分布は標高数mから 30m付近まで確認できるが、特定の標高に集中しているわけではない。
- (4) この地域には少なくとも 2 段の明瞭な離水波食棚(標高約 0.5mと 2.1m。前者 b-1、後者を b-2 とする)が認められ、とくに後者のレベルを境に高標高部の岩盤は著しく風化している。
- (5) 急崖のタフォニないしノッチの長径は b-1～b-2 間では 0.5m 以下の小さいものが多く、b-2 より高標高部では 2m以上ある巨大なものが現われる。
- (6) タフォニの多くは底面が水平で、天井が円弧をなす半月(crescent-shape)型が特徴的である。
- (7) 以上の結果、この地域のタフォニは塩類風化に起因して発達してきたと考えられるが、一部には海水面付近で形成されたノッチがきっかけとなり、その後の隆起・風化過程で拡大したものも含まれる。

文献

- 1)横田修一郎・増本清・西山賢一, 2004, 岩盤崩落予測に向けた急崖露岩の風化プロセス研究, 科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書
- 2) Goudie, A. and Viles, H., 1997, Salt weathering hazard., Wiley, Chichester 169-178
- 3) Carlos Rodriguez-Navarro, Eric Doehne, Eduardo Sebastian, 1999, Origins of honeycomb weathering: The role salts and wind., 111, 1250-1255
- 4)池田碩, 1998, 花崗岩地形の世界, 古今書院. 206p
- 5)高橋健一・松倉公憲・鈴木隆介, 1993, 海水飛沫帯における砂岩の侵蝕速度 一日南海岸・青島の弥生橋橋脚の侵蝕形状一. 地形, 14, 143-164.
- 6) Nobuaki Kuchitsu, Takeshi Iahizaki, Tadateru Nishiura, 1999, Salt weathering of brick monuments in Ayutthaya, Thailand., Engineering Geology 55,91-99
- 7)西山賢一・横田修一郎・横山勝三, 2003a, 砂岩斜面に見られるタフォニの形態とその形成過程, 日本応用地質学会 平成 15 年度研究発表会講演論文集, 271-274
- 8)西山賢一・横田修一郎・横山勝三, 2003c, 1972 年天草豪雨災害地域の砂岩に見られるタフォニの形態的特徴と水分含有率. 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会
- 9)鹿野和彦・松浦浩久・澤田順弘・竹内圭史, 1998, 石見大田及び大浦地域の地質, 地域地質研究報告(5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 118p
- 10) Earle F.Mcbride and M.Dane Picard, 2000, Origin and development of tafoni in Tunnel Tuff, Crystal Peak Utah, USA., Earth Surface Processes and Landform., 25, 869-879
- 11)竹原和也, 2001, 大田市忍原峡におけるタフォニの形成とオーバーハング急斜面, 島根大学総合理工学部地球資源環境学科卒業論文, 68p
- 12)佐藤路明, 2004, 島根県大田市の川合層砂岩斜面に発達するタフォニ(tafoni)の形成過程と岩盤崩落, 島根大学総合理工学部地球資源環境学科卒業論文, 77p
- 13)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, 地学雑誌, 99, 44-59
- 14)宇佐美龍夫, 1987, 新編日本地震被害総覧. 東京大学出版会, 434p.