

高知県西南部太平洋にのぞむ蒲葵島・幸島の花崗岩タフォニ

池 田 碩*

Granite Tafoni Topography on the Pacific side of
Birou and Kou Islands in Southwestern Kochi Prefecture
Western Japan

Hiroshi IKEDA

要 旨

花崗岩に形成される特徴的な地形にタフォニTafoniがある。しかし、我が国にも花崗岩は各地に分布しているが、典型的な花崗岩タフォニは見つけられなかったし、その存在を示す報告書も無いように思う。

ところが、やっと高知県西南部の太平洋にのぞむ無人島で、規模は小さいが、種々なタイプの花崗岩タフォニを発見した。

調査の結果、全体にどのタイプも小規模であること。しかしながらベイサルタフォニの穴内部の天井の形状は大変すばらしく、それはタフォニ化作用によって拡大していることを確認できた。

1. はじめに

筆者は、組織地形学の立場から、これまで花崗岩、花崗岩地域に形成される種々の特徴的地形を中心とした調査を続けてきた¹⁾。

そのうちの1つに、我が国ではあまり見られない微地形であるタフォニ^{2), 3)}Tafoniがある。そこで、Tafoni地形調査のためには、それらの典型的な分布地域をたずね、観察や観測を続けている。調査してきた主な地域としては、Tafoniの名称の出現地とされ、しかも研究が進んでいる地中海の⁴⁾コルシカCorsica島の海岸や山中での例。巨大な規模で知られるオーストラリア・カンガルーKangaroo島海岸での⁵⁾例。内陸に分布するものとしては、U.S.A.アイダホ州のSilentcity of Rocksの⁶⁾例や、ワイオミング州のLaramie山地での⁷⁾例。それから、海岸や丘陵からさらに高い山地にも形成している^{8), 9)}韓国の例、などである。

これらの地域のうち、我が国に近くて、各種のTafoniがいろいろな地域に存在している韓国においては、Tafoniの形成過程と形成速度を計測するため、海岸部の注文津と内陸部山地の徳崇山で実験をおこなった。その結果、形成速度がきわめて速いものがあることを報告した¹⁰⁾。

さて、我が国においてはどうか。瀬戸内海の六口島や犬島等でわずかに、さらに六甲山中のカエル岩との名称がある岩塊で見つけているぐらいで、なかなか典型的なものに出合っ

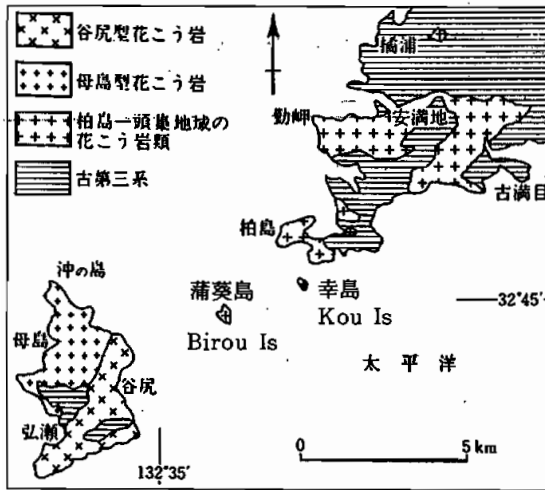


Fig-1. Geological Map
 図-1. 蒲葵島周辺の地質図

ていない。しかし名庭園として知られる岡山市の後楽園には、小規模だが美事な Tafoni を形成している岩塊が、庭石の一部に使用されている。だがその出所は不明とのことであった。このような状況のためか、我が国の自然界に見られる Granite Tafoni の報告は無いようである。ところが、やっと日本型といえるような小規模ではあるが、Granite Tafoni の発達する島を見つけた。その位置は図-1 で示すごとく、瀬戸内海の西南部から豊後水道をさらに南下し、太平洋に臨む小さな無人島で、粗粒の黒雲母花崗岩からなる蒲葵島と幸島である。蒲葵島は、

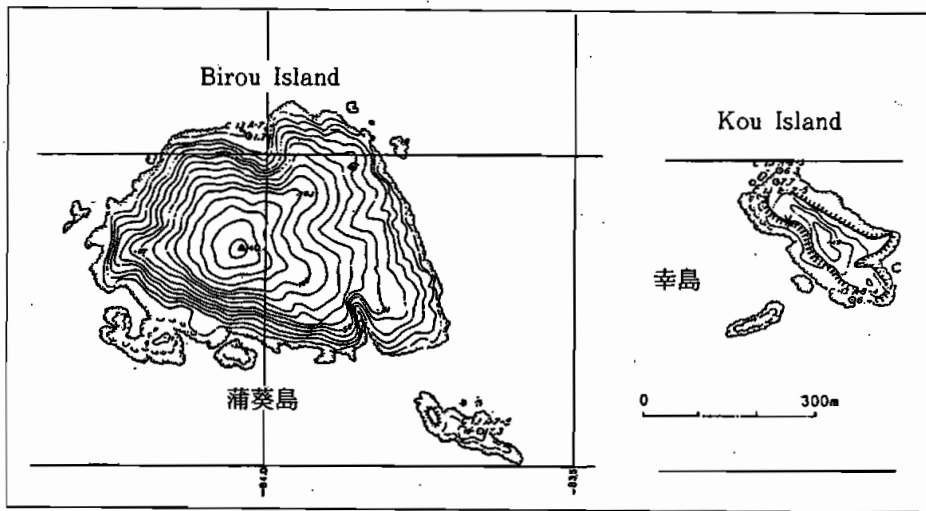


Fig-2. Topography of the Study Area
 図-2. 調査地域の地形図

標高140m、島の周囲約2.0kmで、島名は黒潮がもたらした亜熱帯植物である蒲葵樹が自生していることに由来している。幸島は標高49m、島の周囲は0.7kmぐらいにすぎない。両島付近は暖流が洗う海域であり、サンゴ礁が生息していることで知られ、ダイバーや海づりの客がそれぞれのシーズンになると船をチャーターしてやってくる。島の地形は、外海に面し暴浪を受けるため、海岸から斜面中腹にかけては、岩盤が広く露出しており、山腹には大小の岩塊が散在しているのが特徴で、植生を有する山頂一帯を除きマサ状風化部は見られず、特に幸島の場合は全体が裸岩島と称してもよいほどである。

2. Tafoni地形

A. Tafoniの語源と研究^{12),13)}

Tafoniの語源はイタリー付近とされ、形態としては岩に穴が開く a perforation とか窓があく a window 状態を指し、地形的には小さな穴 a hollow や浅い洞 Shallow Cavern を形成している。このような穴のさらに小規模なものが蜂ノ巣状に連っている微地形は Honey comb とよばれている。

Tafoniは、花崗岩以外にも砂岩や凝灰岩等にも形成される。しかし岩種のちがいによって、形態・規模・形成速度にかなり差がある。例えば、凝灰岩系の岩石では我が国でも各地に存在しており、しかも大規模なものが多い。そのうち最大クラスのものとしては、三重県の鬼ヶ城海岸周辺をあげておこう。このような状況であるため、本論であつかう Tafoni は、筆者が組織地形研究の立場から取り組んでいる花崗岩に形成されているもの Granite Tafoni にしぼって報告する。

Tafoniのタームを研究者として最初に使用したのは A. Penck, (1894) で、Corsica 島(現在はフランスに属するが、古くはイタリーであった)¹⁴⁾での調査報告であった。その後もこの島での^{15),16)}報告が充実しているため、筆者も1988年に現地を訪問し、Tafoniの本場で海岸や山中に形成されている実状を観察し、その状態に筆者の考察を加えて報告した¹⁷⁾。

B. Tafoniの形態

Granite Tafoniの形態は、岩盤や岩塊表面にあいた穴・窓状や洞状の地形であることから、外形と内形とに分けられる。

一般にTafoni地形として報告されているのは外形からであり、内形はTafoniの拡大過程で付随的に取りあげられることが多い。しかし筆者は、内形の侵食と拡大状況によって同様な形態のものがTafoniか他の種類のものであるかが判断でき、さらにTafoniの成長状況をも知ることが可能となり、きわめて重要であるためここでは外形と内形とに分けて記しておくことにする。

◦ 外形

Tafoniが形成されているところによって、岩盤の壁面や岩塊の側面のものを Side Tafoni、岩盤や岩塊の底の部分にできているものを Basal Tafoni とに分けられる。しかし形態には両者共差はなく、最初小さなくぼみや節理のような弱い部分から生じますが、成長していくに従って側方および上方へ向って拡大していくため、穴や洞の上方部ほど丸味をおびてくる。

◦ 内形

外側から見ても穴・洞の内部は、わずかに入口付近しか観察できない。しかし、成長した

Tafoniの場合は、穴内に頭部や半身を入れて、さらには全身を入れてじっくりと観察することができる。Tafoniの穴・洞は、入口付近よりも内部の方が広いのが特徴の1つでもある。

まず、穴・洞内の広がり方、形状、そして壁面の状態を観察する。次に壁面各部分の新鮮度を底部への岩粉Rock mealの落下量と対比させつつ観察し、現在の成育状況を検討してみる。さらに、旺盛なTafoniの場合は、天井部や奥の方ほど最も拡大させているため、その付近には写真Eページで示すような大変不思議な形をした凹凸を出現させていることもあるので特に注意して観察しておく。

なお、Tafoniの基本的な成長過程は、形成初期→成長期(段階)→成熟期へとたどっていくことを想定して図-3のような模式図を作ってみた。

C. Tafoniの成因

Tafoniの成因には、2説がある。

・塩風化Salt Weathering説

Tafoniの分布が空中での海塩含有率の高くなる海岸部に多いこと。および内陸部においても岩体内部から塩分が析出し、岩盤の表面近くで膨脹することによって、風化作用を促進させつつ形成しているという説。

・微気象説

上昇および下降気流が発生しやすい海岸や内陸盆地の斜面で、湿った気流の流入機会が多くて、しかも岩盤や岩塊であるため表面の乾・湿のくり返しが旺盛なところに形成するという説。

・筆者は、Tafoniは確かに海岸部に分布することが多いが、内陸の山間・山上部でも形成されており、そこでは大気中の塩分には接しないこと。さらに海岸のTafoniでも穴や洞内の拡大方向が海とは逆の方へ向っているものも多いこと。またどこで形成されているTafoniでも、その拡大過程や形状に差が見られないこと。岩石中からの塩分の析出によるとすれば、Tafoniはどこにでも形成されようが、その分布はきわめて局地的であること、などから判断して、Tafoniの形成には局地的な微気象の方が大きな役割を果していると考える。

D. Tafoniの成長

Tafoniの成長が旺盛であるかどうかは、まず穴内や洞の底に新鮮な岩粉Rock mealが落下したままている状況から判断できる。次にその岩粉がいつ、どこの部分から落下したかは、穴の内部全体をラッカーで着色しておき、年月の経過に従って着色部が剥離され消失していく過程を追跡していくことによってわかる。筆者は、韓国において実験し観察を続けた結果、最も旺盛に形成中のTafoniは年/1mmの速度で拡大していることがわかった。¹⁸⁾一方化石Fossil化しているTafoniは、穴の底に岩粉が落下していないし、穴の壁面が全体に黒ずんでいる。このようなTafoniの場合は、気候変化(例えば氷期に形成されたもの)等によって環境が変化し、形成がとだえたものと考える。

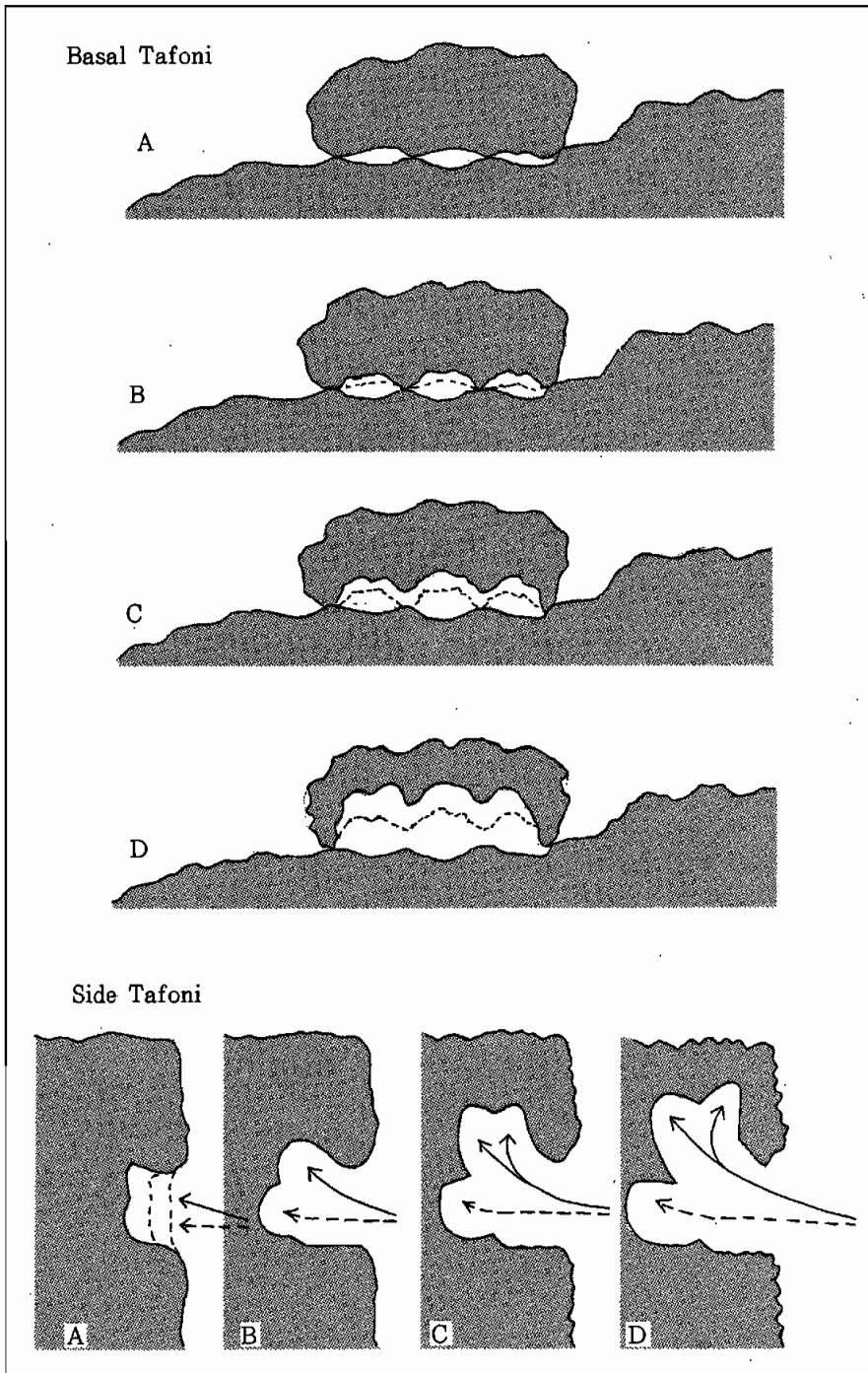


Fig-3. Formation of Tafoni Model Diagram (by H. Ikeda)

図-3. タフォニの形成過程模式図(池田碩図)

3. 蒲葵島・幸島に形成されているGranite Tafoniとその特徴

A. Tafoniの分布・形成位置

両島のTafoniの形成地は、花崗岩の岩盤が露出し、裸岩部が広く、大小の岩塊が存在しており、しかも岩の表面部の風化が進んでいない地域。

Tafoniが多く形成しているところは、海波や海風の強い太平洋に面する南側の岸壁や斜面の岩盤や岩塊に見られること。

しかし、Side Tafoniの外側の穴やBasal Tafoniの洞内の空間が拡大されている方向は、海側を向くものが多いが、山側を向くものもあり、時には両方向を有するものもあり、海のシブキを直接受ける必要はない。

Tafoniの垂直分布は、裸岩地や岩塊が存在しているところであれば、海岸から山上にまで形成している。このような地形をとりまく気象・微気象環境として、海風のみならず、気流の動きが激しく、岩面付近の乾湿のくり返しが旺盛な地域や部分に、両島でも多くのTafoniが形成されている。

B. 両島に形成されているTafoniの種類

両島には、Side TafoniとBasal Tafoniのどちらも形成している。しかもそれぞれにその形成初期、成長期、完成期、さらには拡大してTafoni自体の形状を破壊しつつある段階のものまで存在する。

しかし、Side Tafoni・Basal Tafoni共、前記したような外国で調査してきたTafoniに比較すると、小型・小規模である。だが、Tafoniとしての形態は整っている。

特に、Basal Tafoniの洞内部の形状と拡大の様子はすばらしい。それらのうちには写真Eページに示したような天井部に卵型の美事なTafoni侵食形を示すものも存在する。

C. 両島におけるTafoniの成因と現状

風化のあまり進んでいないフレッシュな状態の広い岩盤や岩塊群が存在しており、しかも海中の島であるため上昇・下降気流が岩肌をつつみやすく、さらに降雨や気流がもたらす湿潤性と植生が無くしかも岩盤なので急速な乾燥がくり返し生じる環境にあるというTafoni形成にとっての地形と気象の両条件がそろっている。

さらに、Tafoni穴内の壁面や天井部の侵食・拡大が見事に進んでいるところほど、気流が当り、吹き込み、さらに抜けやすいところであることから、Tafoniの形成にはやはり上昇気流を中心とする微気象が重要な役割を持っていることがわかった。

Tafoniが形成されているか、化石となっているかは、穴内・洞内の下部に新鮮な岩粉rock mealが落下しているか、いないかによって判断できる。さらに落下・剥離している部分とその量や広がりによってTafoni化作用の活動度や拡大の状況を推察できる。両島のTafoniには、新鮮な岩粉がたまっていることから、ActiveなTafoniであることはわかったが、定

量的なデータの収集は今後待ちたい。

4. さいごに

花崗岩に形成される各地のいろいろな地形のうちで、微地形を代表するものの1つにTafoniがある。しかし、我が国にはGranite Tafoniの分布がきわめて少ない。それはなぜだろうか、と、常々考えていた。

ところが、今回太平洋に臨む孤島で、Tafoniの規模は小さいが、かなりまとまって分布しているところを発見したので現地調査をおこなった。その結果、我が国でもTafoni形成の条件をそなえたところをさがせば、これからも発見できると考えるに至った。

なお、我が国でのGranite Tafoniの分布とその形態には、次のような特徴があることがわかった。まず、全体として我が国の花崗岩地域は気候が温暖湿潤な環境下にあるため、岩盤や岩塊の表面のWeatheringが激しく、Tafoniのように岩の表面にできるような微地形は破壊されやすいため、形成されにくいこと。さらに、Tafoniが形成されていても、その規模がきわめて小さいことに対しては、我が国の地形・地質の位置する環境が、若い新期の造山帯であり、花崗岩体にJointやCrackの密度が高いため、岩体の破壊が激しくTafoniが大きく成長できないことのためと考える。

つまり、今回の調査地は、一般的な我が国の地形環境とはかなり異なるところ、すなわち太平洋の荒波が洗う無人の孤島であり、島全体に風化があまり進んでいない花崗岩が露出した裸岩が広がっていること。さらに、海の中の島であり、昼夜・季節をとわず気流の動きが激しく、また植生が無いため岩の表面では乾湿のくり返しが旺盛であることなどが、この島にTafoniを形成させたものと判断した。

注

- 1) 池田碩(1998)：花崗岩地形の世界、古今書院。
- 2) J.N.Jennings(1968)：Tafoni, The Encyclopedia of Geomorphology, Dowden Hutchinson.
- 3) 赤木祥彦(1981)：タフォニ、地学辞典、平凡社。
町田 貞(1981)：タフォニ、地形学辞典、二宮書店。
- 4) 池田碩(1989)：地中海Corsica島の花崗岩地形、奈良大学紀要第17号。
- 5) ——(1996)：オーストラリア、カンガルー島の花崗岩地形、タフォニ・その1、地理41巻1号。
- 6) ——(1996)：アイダホ州南部の花崗岩地形、タフォニ・その1、地理41巻1号。
- 7) ——(1985)：U.S.A.Wyoming州東部Laramie Mountainsの花崗岩地形、奈良大学紀要第14号。
- 8) ——(1990)：韓国東北部海岸注文津付近にみられるTafoni地形とその形成過程、奈良大学紀要第18号。
- 9) ——(1996)：韓国西部徳崇山の花崗岩地形、タフォニ・その2、地理41巻2号。
- 10) ——、前掲8)、9)。
- 11) 日本の地質編集委員会(1991)：蒲葵島周辺の地質図、日本の地質8、四国地方、共立出版。
- 12) H.Wilhelmy (1958)：Klymamorphologie der massengesteine, Westermann.

- 13) C.R.Twidale(1982) : Granite Landforms, Elsevier.
- 14) A.Penck(1894) : Morphologie der Erdoberflacha, 1-214, Stuttgart.
- 15) W.Klaer(1956) : Verwitterungsformen im Granit auf Korsika. Veb Hermann Haack Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha.
- 16) A.Kondeau(1961) : Recherches Geomorphologiques en Corse.
- 17) 池田碩、前掲4).
- 18) ——、前掲8), 9).

謝 辞

1999年1月および8月の現地調査に同行、観測作業に協力していただいた愛媛県総合科学博物館の山本貴仁氏に対し感謝の意を表します。

本研究に当たっては、1999年度、奈良大学研究助成金の一部を使用させてもらった。

Summary

There are many types of granitic topography of which one representative type is "Tafoni". However, there are very few places in Japan where this type of topography can be found, and the author has often wondered why this is so. Recently, he discovered a sizable distribution of some small-scale Tafoni on two uninhabited islands off the Pacific coast of Shikoku Island in Western Japan and reports on his find here. This discovery proved that even in Japan, if conditions for its development are right, Tafoni can be found. The conditions that work against its development in Japan seem to be:

1. In general, in the environment of regions of granitic topography in Japan, the climate tends to be warm and wet, so the surface of the rocks and rock blocks weather dramatically.

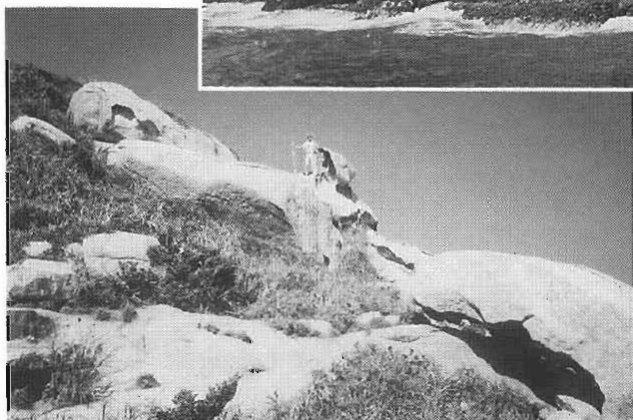
This makes it difficult for granitic rock surface conditions known as Tafoni to develop because weathering destroys the microtopography, i.e. there are few places where conditions for its development exist in Japan.

2. Even if Tafoni develops, it will be very small scale because of the location of Japan geologically and topographically; Japan is a relatively young mountain chain with granite that has a high density of cracks and joints. Such rocks easily break down by erosion, and large scale Tafoni cannot develop.

In other words, the study area has a topographical environment quite different from that generally found in most of the rest of the country. These two small islands are out in the Pacific ocean washed by high waves. They have a large area of bare granite rock which has yet to be highly eroded. In addition, being surrounded by the ocean, there are dramatic changes in air currents at all times, day and night and during all seasons. Also, dryness and wetness occur repeatedly there. Such conditions that coincide on these islands where Tafoni was found are judged to be the conditions needed for its development in Japan. As search for places having these conditions should reveal further examples on Tafoni topography in Japan.

A : Examples of Tors and Boulders Eroded by Tafoni Zation

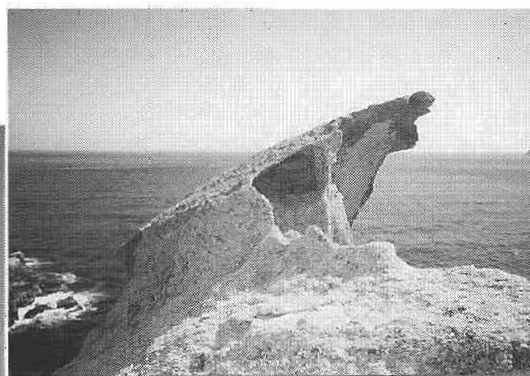
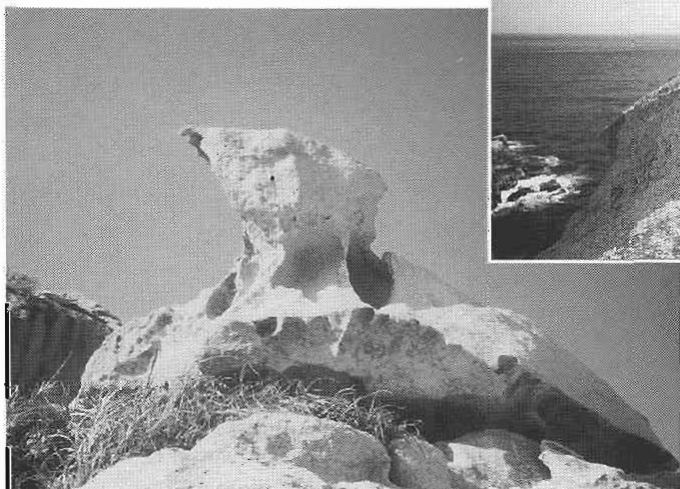
A : タフォニ化により、トアや岩塊を破壊している例



蒲葵島全景

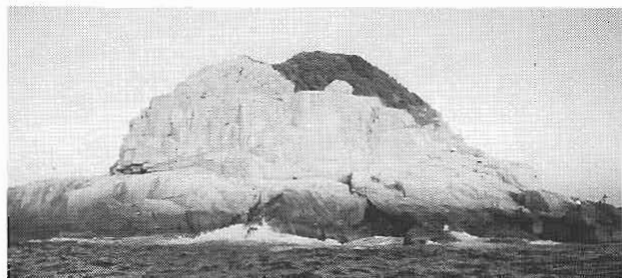
中央上部にみられる
Tafoni化によって解体
されつつある小規模なTor。

Torを上方から海へ向って望む。



Torを海側から斜面の上方
へ向って望む。

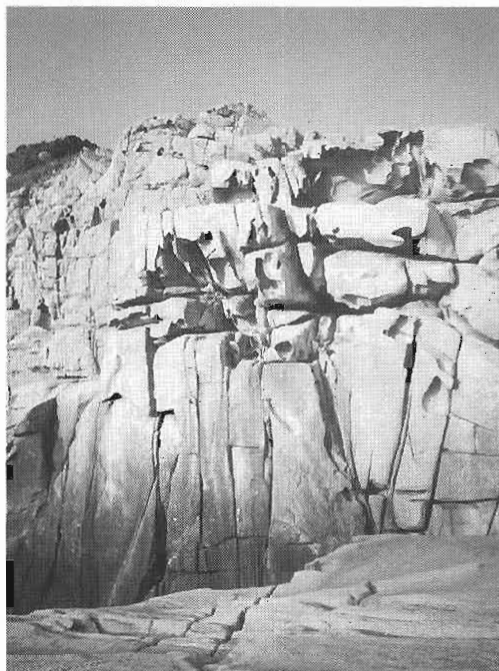
B : A Side Tafoni Group in the Form of a Vertical Rock Wall



幸島全景

B : 直立した岩壁に形成している
サイドタフォニ群

Side Tafoniを形成
する直立壁面の状態



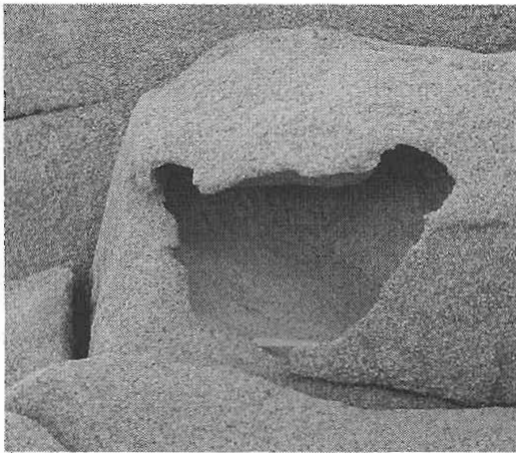
直立壁面左側のTafoni



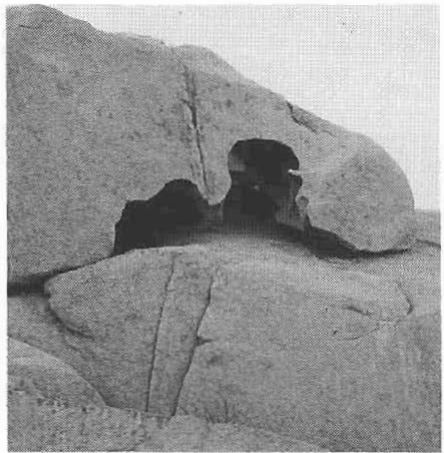
直立壁面右側のTafoni

C : Side Tafoni and Basal Tafoni in the Form of a Rock Base Slope

C : 岩壁や岩盤が続く斜面に形成されているタフォニの状況



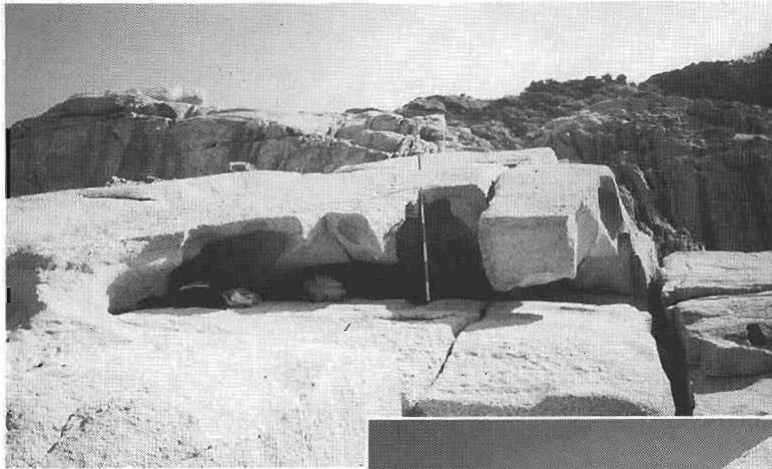
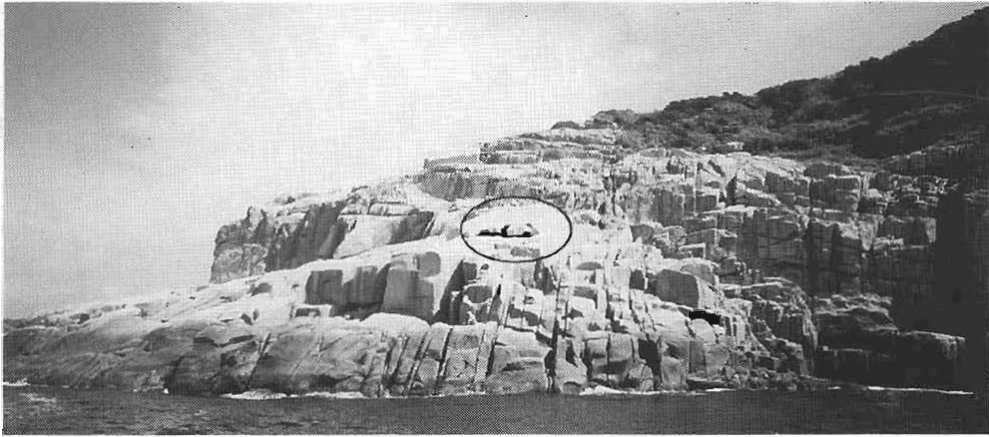
下部円内のSide Tafoni



上部円内のBasal Tafoni

D: Example of a Basal Tafoni in the Form of a Rock Base Slope with a High Density of Joints and Cracks
of Joints and Cracks

D：節理や割れ目の多い岩壁斜面に形成されたベイサルタフォニの例 幸島の南岸



円内のBasal
Tafoniを下方
から望む。



円内のBasalTafoniを
右側から望む。
(ポールは2m)

E : A Basal Tafoni Cave and the Condition of its Ceiling

E : ベイサルタフォニの
洞内や天井の状態

ベイサルタフォニを
形成している岩塊
(ポールは2 m)



岩塊直下の洞内の状況



洞内天井部の卵型
侵食(左右約2 m)



F : Honey comb-form Micro-Tafoni Examples

F : 最小規模の
蜂ノ巣状
タフォニ群

Sheting Joint
に沿って形成
されている小
規模なTafoni。



蜂ノ巣状
Tafoni群。

蜂の巣状honey comb Tafoniの内
部は連結しているものもある。
両Tafoni間の洞口の柱状部は硬く、
風代は進んでいない。



