

モンゴルの花崗岩地形

池 田 碩*

GRANITIC TOPOGRAPHY IN MONGOLIA

Hiroshi IKEDA

要 旨

アジア大陸内陸部の日本よりはるかに寒冷乾燥気候下のモンゴルで、山地と高原をたどり、花崗岩地形を調査した。

山地では、解体の状況とその途中に出現してきたbornhardtやその他の小～微地形を観察した。さらに高原では、山地はすでに解体し、わずかに残ったbornhardtやtorも周囲のpediplainと化していく山地解体の最終段階の地形を観察することができた。

その結果、両地域の地形を合わせると、前輪廻の地形が解体し現輪廻の地形へと移り変っていく過程Cycle of erosionの過程をたどれ、さらにその間に出現してくる地形とその変化を追跡しつつ調査できた。

【キーワード】花崗岩地形 寒冷乾燥気候 bornhardt tor Granite cave Cycle of erosion

1. 調査地域の概観

筆者は、これまでライフワークとしての組織地形学・気候地形学の立場から、我が国に多く存在し、世界的にも広く分布する花崗岩Granite 地域^{1), 2)}に焦点を合せ、地形の形成過程や特徴について調査し報告してきた。³⁾

今回は、アジア大陸内陸部のモンゴル (Mongolia) を訪問し調査したので、その結果について報告する。

モンゴルは、北緯41°32′～52°15′に位置し、面積は日本の約4倍を有している。気候は、北方が亜寒帯のタイガー (Dwc) 気候、南方はゴビGobiの砂漠 (BW) 気候であるが、国土の中央部は草原の広がるステップ (BS) 気候となっている。

今回の調査は、最もモンゴルのステップ気候区に属するA・B2地域 (図-1) で行なった⁴⁾。

調査地Aは、首都ウランバートルUlanbatorの東方50kmに位置し、標高2000m程の山上に小起伏平坦面を若干残す開析の進んだ準平原山地であった。ここには、準平原山地が解体していく過程で斜面や谷底に堅い部分が残って生じるモナドノックmonadnockとしてのボルンハルトbornhardtが多数存在していた。さらに、巨大なbornhardtの中にはその岩体内部に花崗岩洞Granit

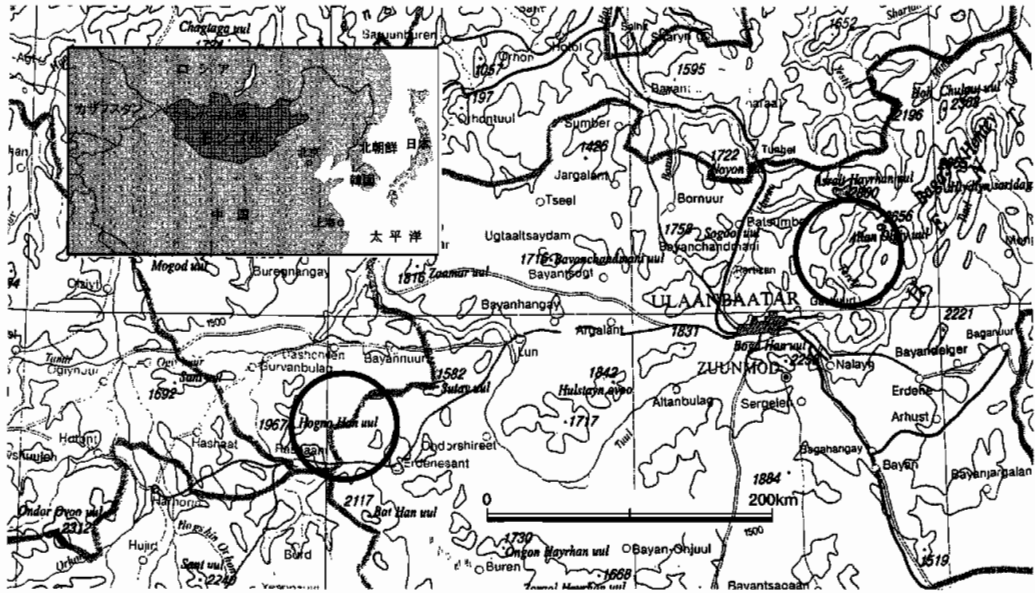


図-1 調査地域とその周辺。右側円内テレルジ山地・左側円内ビテクトオーラ地域
 Fig-1 Map of the Survey Area and Its Vicinity

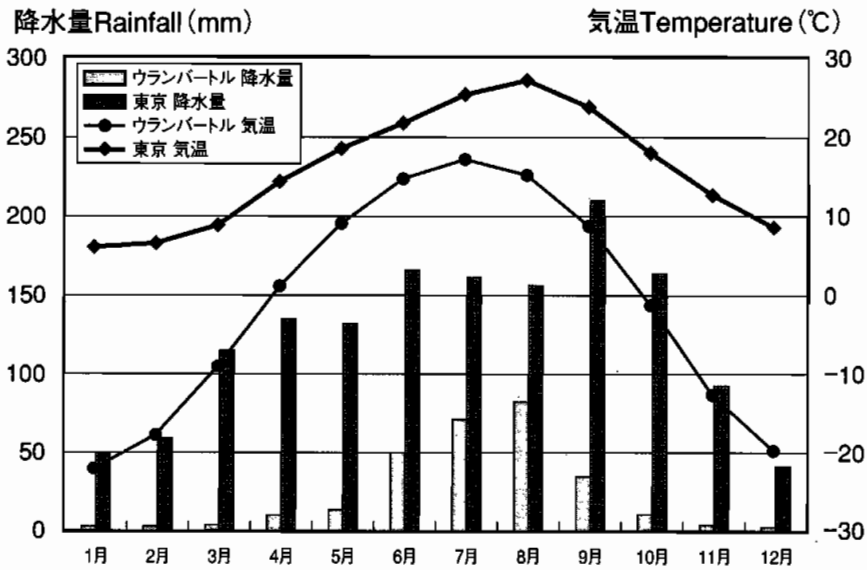


図-2 ウランバートルおよび東京における降水量と気温〈資料：理科年表〉
 Fig-2 Temperature and Rainfall in Ulanbator and Tokyo

caveを形成しているものもあつたし、岩盤の表面にできた微地形であるタフォニ(tafoni)についても調査できた。

調査地Bは、Uranbatorの西方350kmに位置し、標高1500m程の乾燥した侵蝕準平原であるペディプレイン(pediplain)の広がる高原地域であつた。ここはすでに山地はほぼ解体してしまっており、bornhardtやそれらがさらに縮小したトアトル(autor)がpediplainの上に浮かぶ島山状となつたインゼルベルグ(inselberg)としてわずかに点在する状況に至つていた。すなわち、ここでは山地が解体する終末期の状態とそこへの過程を追跡できた。

本稿では、山地地形の解体のステージに沿って生じる地形の特徴を系統的に記せるように、A地域・B地域の順に報告する。

2. A地域：テレルジ Telerge 山地の地形

ウランバートル東方のテレルジ山地は、標高1900～2100m程で、山上には小起伏平坦面が存在していた(写真A-1)。山体を構成するのは、深層風化が進んだ白亜紀頃貫入した巨晶～粗粒の黒雲母花崗岩⁵⁾であり、現在この風化部へと谷の頭部侵蝕が達している。

これらのことは、現地での地形・岩石の観察状況や地形図の起伏の判読からも判断できる。すなわち図-3の50mコンターの地形図に示すごとく、山頂小起伏面のほぼ中央部に進出した谷を中心に浸蝕が進んでおり、その結果深層風化部が抜けた谷底の部分の標高は1500m程であり、山頂域との高度差は約600mである。

この間にあって、山頂近くで岩骨が現われた部分は、岩脈を連ねた山地や尾根筋となっているが、さらにそれらの尾根から続く斜面の下方部や谷底に近いところでも、部分的に風化の遅れている処に岩骨が塊状に存在している部分では、それらが残丘となつて大小のbornhardtを形成している。

地形図を見ても、河谷が山中の風化層部を排出させ、袋状の小さな谷盆地を形成させている状況が判読できるし、さらに谷底へと続く斜面にかけて、侵蝕に取り残された部分がbornhardtの記号として多数分布していることからわかる。

この地域は、雄大な山地の中に巨大な築山を点在させたようなbornhardtが多数存在しているため、特異な景観を呈しており、大自然の造景を楽しめる地域として、1993年に国立保護公園に指定されている。

このようなbornhardt群の存在する地形は、花崗岩からなる風化の進んだ小起伏平坦面を有する山地が解体していく過程(段階)で生じてくる景観である。つまり、その形成状況からは風化層の発掘(侵蝕)途中で出現してくる一連の地形であることから、全体としてとらえた場合、この種の地形は発掘地形とも称されている。

典型的な事例としては、筆者がすでに調査報告しているU.S.Aワイオミング州のララミー山地^{6),7)}北緯41°標高2300mやイギリス南西部のダートモア地方北緯51°標高600m⁸⁾があげられる。

今回の調査地であるテレルジ山地の場合は、地形図(図-3)の南部に位置するトーラ川の支流でテレルジ山中から流下してくる川の頭部侵蝕の進展により生じた地形である。



図-3 テレルジ山地の地形図。中央の円内はCaveのあるボルンハルト
Fig-3 Topographic Map of Telerge Mountains

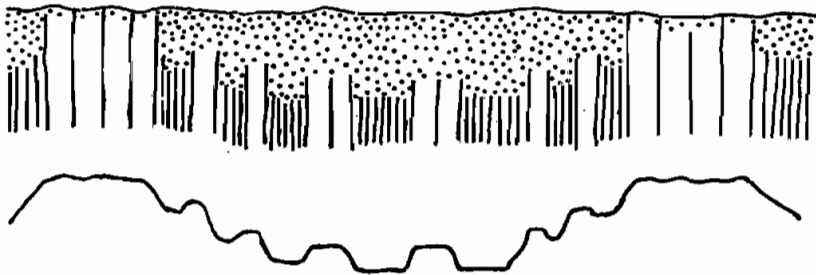


図-4 節理の密度・風化層と浸食後の地形断面模式図
Fig-4 Idealized Section of Joint Pattern and Weathering

さらには、この地域が厳しい寒冷乾燥地域であるため侵蝕には、周氷河的ソリフラクション solifluction作用を受ける環境下でもあり、侵蝕にはその影響も強くかかわっているものと推察する。

3. 花崗岩洞 Granite cave

テレルジで観察したbornhardtのうち写真B-1で示す高さ90m程のものには、その岩体内部(体内)に花崗岩洞を形成していた。

この洞は、写真で示すbornhardtの左側の下端部から30m程上方に洞口(写真B-2)がある。洞の内部は斜め上方から斜め下方へと $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 傾斜しており、洞高は最も高くなる下方部で1.5m位で、この部分を中心に10数名位が入れる広さとなっている(写真B-3)。

この洞の形成について考察するため、やや離れてbornhardt全体(景)から岩盤内部にできている洞の位置を推定しつつながめてみたのが写真B-1である。この写真を見ると、bornhardtの右側斜め上方より左側下方部に向って、大きな節理jointが約 30° 傾斜しつつ伸びており、さらに上方からは下方へ向かってほぼ直立した節理や左側下方へ向かう節理が多数存在しているのがわかる。これら両方向からの節理が交わる部分の下方への延長部に洞が形成されている。下方部の節理の傾斜角度と洞内底面の傾斜角度もほぼ一致している。

これらのことから、この洞の形成は、降雨がbornhardt体内の主要な節理(割れ目)に沿って岩盤内を流下し、それらが集積・集水域に当たってくる下方部で岩盤の水和作用による風化を進め、さらにはそこに風化(マサ)層を蓄積していく。その後マサ化した部分が抜けた(流出した)ため、内部に空洞が形成されたのである。

その後も、主要節理に沿って流下してきた湧水は洞内奥部よりさらに下方へと流下しており、その結果洞内も徐々に下方へと拡大している。この結果現在の洞口は洞内下端部よりやや上方に位置するようになったのである。このような状況を中心にスケッチしてみたのが図-5である。



洞は左下方の枠内に
形成されている

図-5 ボルンハルトの体内に形成された花崗岩洞の位置
Fig-5 Location of the Cave Formed Inside of a Bornhardt

筆者は、ほぼ同様な過程を経て形成された花崗岩洞を韓国のソウル北方の山中で調査した。そこでの調査結果はすでに報告している⁹⁾。

4. タフォニ tafoni

テレルジ山地の露出した岩盤やbornhardtの表面に寒冷乾燥地域の花崗岩に特有の微地形であるtafoniが形成されている状況も観察できた。

tafoniは、岩盤の側面や底面に数10cm～数m位の穴状の窪みを形成していく特異な侵蝕微地形である。

花崗岩tafoniの典型的な形成地で、語源地でもあり、研究が進んでいるのは地中海のコルシカcorsica島である^{10), 11)}。この他、筆者はU.S.Aのアイダホ州のSilent City of Rocks¹²⁾、オーストラリアの地中海性気候区に当るアデレードAdelaide周辺やカンガルKangaroo島^{13), 14)}、韓国¹⁵⁾等で調査し報告してきた。

モンゴルで今回観察してきたtafoniは、写真C-1で示すように山頂小起伏面から谷底平坦面にかけて露出した岩盤やDorahardtの側面に形成されていた。

写真C-2は、小規模だが典型的なtafoniの例である。観察の結果、tafoniは穴の奥からさらに上方に向かって拡大させており、穴の下端部には上方から落下した新鮮な岩粉rockmillがたまっているのを確認した。これらのことから、この地域のtafoniは化石ではなく、現在成長中のtafoniであることがわかった。

写真C3-1、3-2で示したものは、写真C-2で示したような典型的な例に対し、若干異なったタイプとして観察したものである。すなわち、初期的には、節理の部分の侵蝕が進んだ結果として、側面からの窪みが岩盤全体に生じ、さらにそこへとtafoni化が進行している例であり、大変興味深く観察した。特にまだtafoniに至っていない側面の窪みの部分が周辺と同様の黒っぽい地肌面として残っているのに対し、tafoni化が進行している部分は白っぽく新鮮な岩盤面を生じている。

これらのことから、この周辺地域は現在まさにtafoniが形成しやすい環境下にあると考察できる貴重な例である。

5. B地域：ビテクトオーラ Bitectoora 周辺の地形

ビテクトオーラのpediplain地域は、Ulanbatorの西方350km、古都カラホリンの近くで、標高1500m程の極めて乾燥した草原に位置している。

はるか遠くには山地が連なっているものの、この近くには地形図(図-6)を見ても山体はすでに無く、この周辺には河川も見当たらない。ただ緩やかに東北方から西方へ向って傾斜する。

Pediplain面上に、わずかに突出する起伏が点在している状態であることが読みとれる。

すなわち、bornhardtやtorが平原の上に浮かぶ島山とも称されるinselberg状に点在するのみであった。

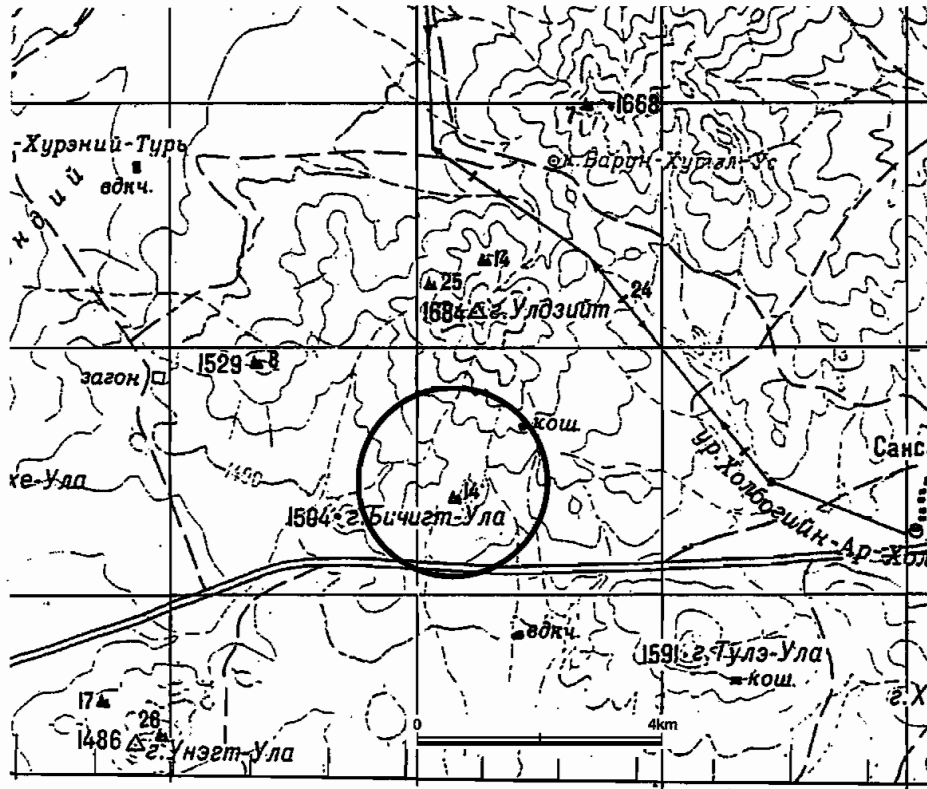


図-6 ビテクトオーラ地域の地形図
Fig-6 Topographic Map of Bitectoora Area

それらは、山地の解体終末期に残った微地形にすぎなく、いずれ風化解体され、広大な pediplain 地域に同化してしまうところで、そこへ至る最終過程を追跡しつつ観察できる貴重なフィールドであった。

この地域の状況を、調査地の写真を中心に具体的に紹介し説明する。

写真D-1は、乾燥した平原である pediment の上に浮かぶような insarberg としての bornhardt や tor を遠望したものである。山地解体終末期の典型的な状況が観察できる貴重な場所であることが、この写真は良く示している。

そこで、さらにこの地域を中心に小地形の tor さえも消滅させ pediplain と化していく過程を追ってみた。

写真D-2は、この地では最大規模（高さ約50m）の bornhardt である。この bornhardt 自身、すでに岩骨が塊状に突出するのみで、表面土壌はまったくなく、上方はすでに大きな直立する節理に沿って分解しており、解体が急速に進みつつあることを示している。

この bornhardt の下端部からそれを取りまく pediplain との間には、解体途時に落下してきた小岩塊群の集積部やそれらが集合して流下する岩塊流は存在せず、一挙に平坦化していくようであ

る。すなわち、岩塊はこの場で風化分解し、細片から砂状となり、いずれ卓越風などによって砂塵として運び去られてしまうのである。その結果が写真D-1で見られるように、広大な草原の平坦面に対し、その上に小規模な岩体の突出部が点在するという明瞭な景観のコントラストを鮮明に現出させるのである。

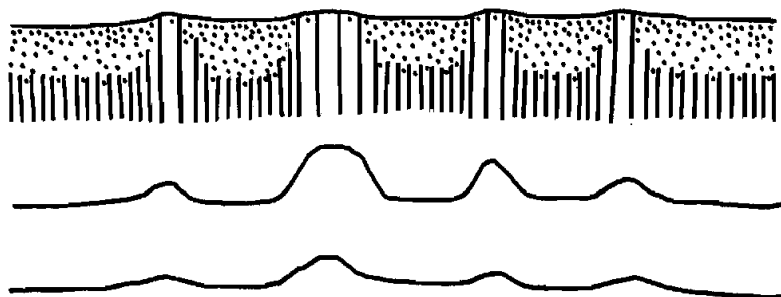


図-7 ペディプレーン形成への地形断面模式図
Fig-7 Idealized Section of Eroding Away into the Pediplain

写真D-3は、bornhardtがいよいよ縮小してしまい、わずかにtor状に至った最終の段階の景観である。この部分だけを眺めているとただの小岩塊が点在しているかのように見えるが、近づいて観察すると岩塊の中心部はpediplainの岩盤に直結していることがわかる。このことから岩塊は転石ではなく、かつてはbornhardtであったことがわかる。

筆者は、同様な状況に至っている地域として、アフリカKenya北部の乾燥したSamble高原や¹⁶⁾ U.S.AのMojave砂漠周辺¹⁷⁾ で調査を行いすでに報告している。

6. さいごに

アジア大陸内陸部モンゴルの山地と高原の2カ所で、花崗岩地形を調査した。

A地域のテルルジ山地では、小起伏平坦面を残す準平原山地が、解体していく途中の地形について調査した。そこでは、侵蝕過程で出現した巨大なbornhardt群と、その体内に形成された花崗岩洞を調査し、形成要因について考察した。さらに、岩盤の表面にできた侵蝕微地形であるtafoniの種々のタイプも観察できた。

B地域のビテクトオーラ高原では、すでに山地はほぼ解体し、わずかにbornhardtから最終的にtorとなり、広大なpediplainと化していく段階で、周辺の平原に飲み込まれていくような山地解体の終末状態の地形を観察できた。

このため、仮に上記したA地域の地形と、B地域の地形とを繋ぎ合せて考えると、まさに前輪廻の準平原山地が解体し、現輪廻のpediplain平原へと変化していく、侵蝕輪廻の一連の過程を、すなわち2サイクルの地形を観察したことになり、大変貴重なフィールドでの調査を体験できた。

すでに、これまで行ってきた地域での調査に、今回新たにアジア大陸内部で得た情報を加えることができ、筆者の研究全体へ果す意義は大きかった。

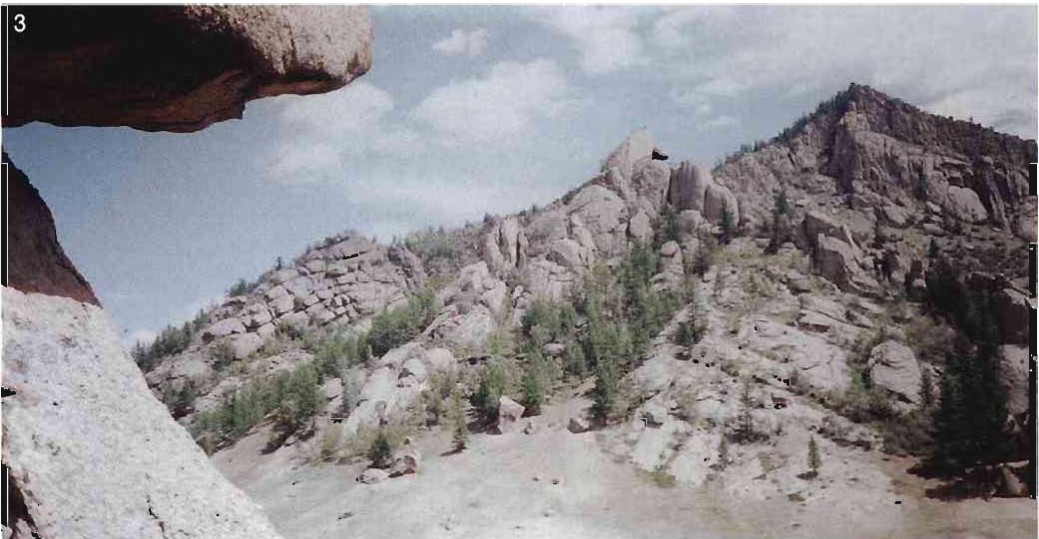
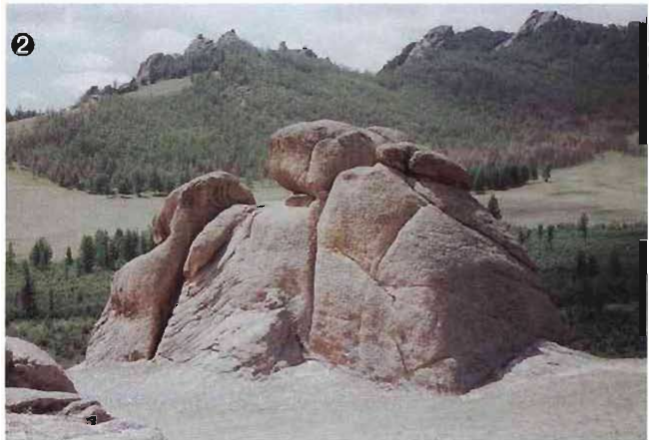
Aページ：テレルジの準平原山地が解体していく過程で形成されたボルンヘルト
 Page A : Bornhardt and Tor Topography Resulting from Erosion of the Peneplane Mountain



①背後の山上には、なだらかな小起伏平坦面が存在。前景は谷盆地の谷底面、その上に突出しその形状から「亀岩」と名づけられているbornbaltd。

②風化の進んだ山頂面が開析されると、岩骨が尾根筋を形成。

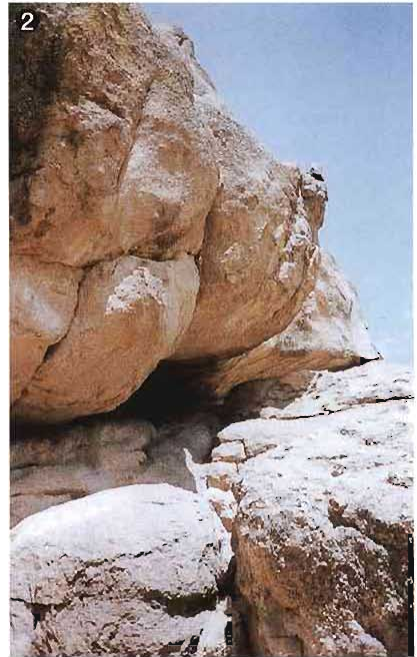
③亀岩の頂上付近から対岸を望む。節理間隔の広い部分が起伏の頂を形成している。



Bページ：ボルンハルトの体内に形成された花崗岩洞
 Page B : A Granite Cave that has Formed Inside of a Bornhardt



①テレルジ地域の花崗岩洞を形成しているボルンハルト。



②花崗岩洞の洞口。

左側へ傾斜する水平方向の節理と垂直方向の節理が交叉する部分にある。

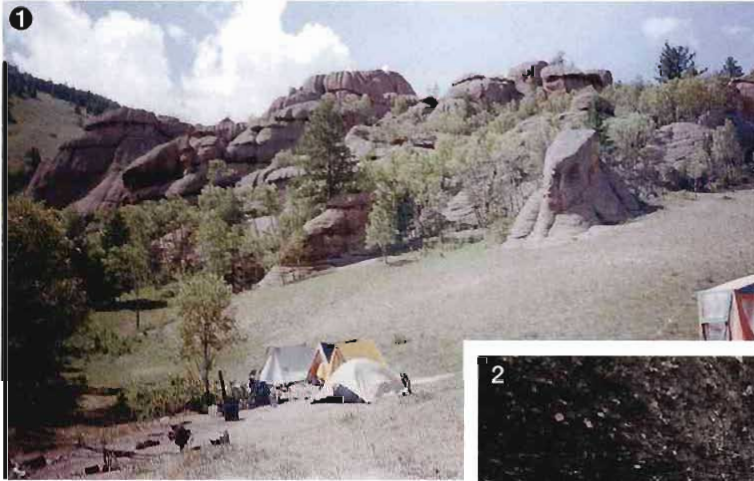


③洞内の形状。

- ③-1から③-2へ続く。
- ③-1 右側上方から中央部にかけて節理に沿う湧水口が並ぶ。
- ③-2 左型下方にかけて洞内は広がる。メジャは1メートル。



Cページ：ボルンハルトの表面に形成された微地形 タフォニ
Page C : Tafoni Micro-topography on the Surface of a Bornhardt



① タフォニを形成している大小のボルンハルト・トア群。



② オーバーハングしている岩盤の下部に形成している小規模だが、典型的なタフォニ。底部には新鮮な岩粉がたまっており、生長中であることがわかる。



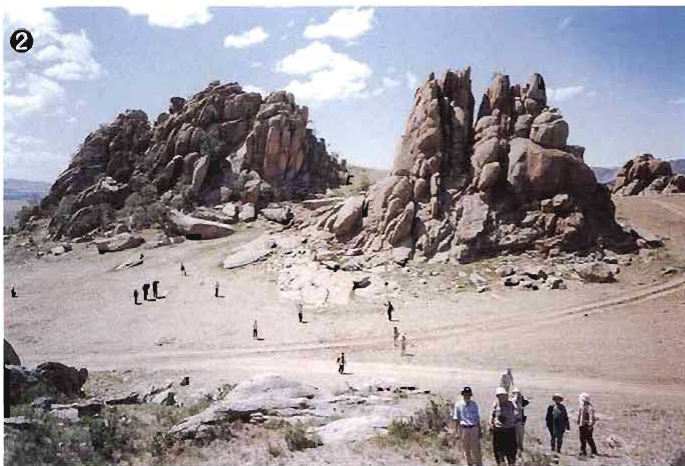
③ 水平方向の節理に沿う侵食窪地に形成しつつあるタフォニ化侵食。

③-2は、③-1を正面から拡大。メジャーは同位置で1メートル。

Dページ：山地解体過程の最終段階。ペディプレーン面上に突出するボルンハルト・トア
 Page D : The Last Stage of Mountain Erosion: Only a Small Number and Size of Bornhardts and
 Tors Remain on the Pediplain



① ビテクトオーラ地域の広大なペディプレーン平坦面上へ、島山状に浮かぶインゼルベルグとしてのボルンハルト・トア群。



② は、①の左側のボルンハルトを臨接するボルンハルト上から望む。



③ 小規模なトアへと縮小してしまいPediplainと化していく最終期の状況。岩塊・岩体の下部は、岩盤に直結している。

註

- 1) Twidale, C. R. (1982) *Granite Landforms*. Elsevier.
- 2) Gerrard, A. J. (1988) *Landforms on Granitic Rocks, Rocks and Landforms*, Unwin Hyman.
- 3) 池田 碩 (1998) : 花崗岩地形の世界、古今書院.
- 4) 理科年表 (2002) : 丸善書店.
- 5) 地質図 (1991) : National Atlas of Mongolia.
- 6) Frank, F. Cunningham (1969) : *The Crow Tors, Laramie Mountains, Wyoming, U.S.A.* Zeitschrift Geomorphology, Vol. 13.
- 7) 池田 碩 (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) ——— (1987) : England南西部Dartmoor地方の花崗岩地形, 奈良大学紀要第16号.
- 9) ——— (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.
- 10) Klaer, W. (1956) *Verwitterungsformen im Granit auf Korsika*. Geographisch katrographische Anstalt Gortha.
- 11) 池田 碩 (1989) : 地中海コルシカ島の花崗岩地形. 奈良大学紀要第17号.
- 12) ——— (1998) : 前掲3. P47.
- 13) ——— (1996) : オーストラリア、カンガルー島の花崗岩地形、タフォニ、タフォニ・その1、地理41巻1号.
- 14) C.Twidale, J.Bourne (2002) *The Land Surface of Kangaroo Island*. Royal Society of South Australia.
- 15) 池田 碩 (2001) : 韓国の花崗岩地域にみられるTafoniとGnammaの分布、奈良大学総合研究所報・第9号.
- 16) ——— (1991) : ケニア北部のInselberg. 奈良大学紀要第19号.
- 17) ——— (1992) : モハーベ砂漠における花崗岩の剥離と島状丘の解体消滅過程 奈良大学紀要第20号.

謝 辞

現地調査は2002年6月、国土問題研究会主催のモンゴル訪問時に行った。現地では、元通産省地質調査所・モンゴル地質鉱物資源研究所チーフアドバイザーの坂巻幸雄氏にお世話になった。記して謝意を表します。

GRANITIC TOPOGRAPHY IN MONGOLIA

This report is concerned with a study of granitic topography at 47° N latitude in Mongolia located inland on the Asian continent. The climate in the area studied is steppe grassland (BS) type located between a cold temperate climate area (Dwc) to the north and a Gobi desert climate area (BW) located to the south.

The area studied consists of two sites, here called A and B.

Area A is located 50km east of the capital city of Ulan Bator at an elevation of 2000m. It is a weathered peneplane mountain undergoing dissection. The area consists of an eroded peneplane mountain on the remaining slopes and valley bottoms on which are granite domes and bornhardts. caves and tafoni microtopography have formed on the large bornhardts.

Area B is a dry highland located 350km west of Ulan Bator at an elevation of 1500m. The mountain is almost completely eroded away, and the remnants of the bornhardts that remain on the eroded pediplane are called Inselbergs (mountain islands). These too will eventually erode away in the final stage of the erosion process. In this study, the author followed this process from the eroded peneplane mountain topography of the previous cycle in Area A to near the end of the present cycle in Area B, both of which the author found to exist in this one very important region.

In previous studies, the author found areas similar to A and B as follows:

Area A: at Mt. Laramie in the state of Wyoming, and at the Silent City of Rocks in the State of Idaho, both in the U.S.A.

Area B: in the Samburu highlands in northern Kenya, in Africa, and in the vicinity of the Mojave Desert in the southern U.S.A.

Granite caves are seen in Bornhardt topography north of Seoul in the Republic of Korea.

This important discovery in Mongolia on the Asian continent added to the author's previous studies, makes this study particularly meaningful.