

U. S. A. Wyoming 州東部 Laramie Mountains の花崗岩地形

池 田 碩*

Granite Topography of The Laramie Mountains, Eastern Wyoming, U. S. A.

Hiroshi IKEDA

1. はじめに

筆者は花崗岩地域の地形に興味をもち、これまでもいくつかの報告をおこなってきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。今回は、昨年度報告した Utah 州西部 Deep Creek Range の花崗岩地形⁵⁾に続くもので、同じく U. S. A. 滞在中 (1982—1983) 調査したロッキー山脈東側の Flont Range にあたる Wyoming 州東南部, Laramie 山地の花崗岩地形について報告する。

調査した地域は<図-1>⁶⁾に示すように、北緯 41°30′, 西経 105°20′ 付近で、この山地を横断している U. S. ハイウェイ-80 の北側の部分である。

山地の西北約 10km にララミー (Laramie) の市街、東 25km 程にはシャイアン (Cheyenne) の市街が位置している。Laramie 山地はプレカンブリア期に貫入した粗粒黒雲母花崗岩からなるが、第三紀末に Rocky Orogenic movement の影響を受けて隆起し、現在は若干東に傾動した南北方向性の地塁山地である。

山地の東西幅は 25~30km、標高はかなり高く、西方で約 2700m に対し東方は約 2100m。山間域はいたって平坦で高原状を呈しており、山地を開折する河川もすべて必従的に東へ向って流下している。西側山麓の Laramie 盆地が 2100m、東方の Cheyenne 付近が 1800m と周辺低地の海拔高度がすでに高いため、山麓側からながめると高山の感じはまったくなく、特に Cheyenne 側からは台地状のなだらかな山並が連なっているという状況である。

一方、気候は厳しく、筆者が最初に現地を訪ずれた 4 月 28 日には、雪が深く作業はほとんどできなかった。5 月 22 日再度行った折にもパッチ状に雪が残っており、西方の高い山地側はまだ自由に歩けない状態であった。このため結局帰国直前に 3 度目の機会をつくり 9 月 12 日と 13 日に残りの調査を行なった。

冬季には、この山地を横断しているハイウェイ-80 も降雪のため不通となることがしばしばであり、おそらく半年間は雪が見られるところである。このため一帯は、現在後述するように周氷河現象 (Periglacial phenomena) が卓越する地域にあたっている。このことは<図-2>⁷⁾に見られるように、調査地域が凍結・融解の年間頻度最高の範囲に入っていることからもうかがえる。

ところで花崗岩地形の特徴は、まず岩石の性質の反映、つまり組織地形 (Structurally

* 地理学研究室 (昭和 60 年 9 月 30 日受理)

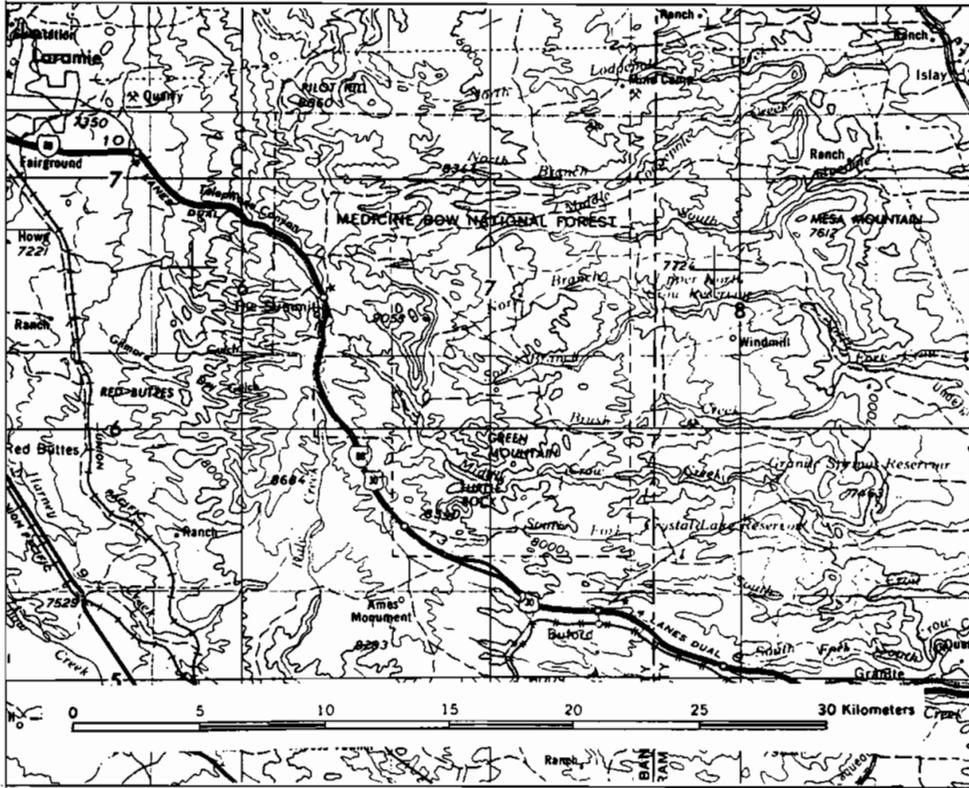


Fig-1. Topographic Map of The Laramie Mountains.⁶⁾

図 1. 調査地域の地形図

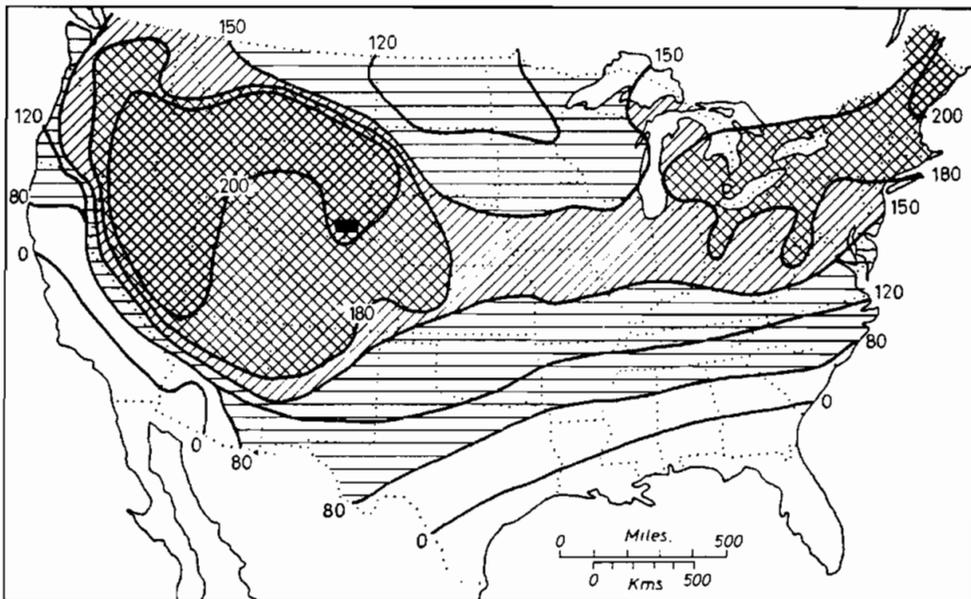


Fig-2. Frequency of freeze and thaw, U.S.A.; average number of times per year.⁷⁾

図 2. アメリカ合衆国における凍結融解頻度の年平均回数. ■ : Laramie Mts Study area.

Controlled Landforms) が発達しやすいこと、さらに新鮮な状態の花崗岩は堅硬であるが、花崗岩は風化作用が進みやすいため、地形や風化の状態・厚さ等には、現在のみならず過去の気候が大きく反映していることである。このため、世界の各地方、または各気候区で大変異った形状を呈した花崗岩地形を見ることが出来る。

例えば、我が国には、地塁状の花崗岩山地が発達しているが、筆者の調査した近畿地方の山地の場合、地塁上では深層風化が著しく進んでいるため、地塁の肩に当る部分に、現輪廻河川の頭部侵食がおよんでいるところや極端な植被の剥ぎ取りを受けたようなところでは、風化土層が地表に裸出し、ハゲ山となったりバッドランド景を呈しているところ⁸⁾がある。

ここでは、山麓にかけて深層風化の進む山体の、解体途時に現われる種々の微地形や変形地形が観察される。

さて、ここに報告する Laramie 山地の花崗岩地域も地塁状の山地である。ここは現在、周氷河環境下の地域であり、岩塔 (Tor) 群や島状丘 (Bornhardt) が発達⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾しているのが特徴である。過去の気候も我が国とはきわめて異なる激しい変化をたどっている。

幸、この地域には、筆者にこの調査を行なう契機をあたえてくれた論文 Frank F. Cunningham による The Crow Tors, Laramie Mountains, Wyoming, U. S. A.¹²⁾がある。

Cunningham は、この山地に多数存在する Tor の地形を中心に調査し、さらに Tor の分布と形成過程から、この地域にみられる地形の発達史について考察している。

筆者には、広域を長期間調査する余裕は無かったため、この報告では地域の概観を兼ねて次項で Cunningham の調査を紹介し、その後筆者の興味を引いた現環境下にみられる諸現象や地表形態の実状について報告する。

2. 地形の発達

Cunningham の報告を要約しつつ、この地域の地形発達史をたどってみよう。

Laramie Mts の花崗岩には、節理 (Joint) の幅に密度差があるため、その差を大きく Wide, Moderate, Close の3段階に分けている。現在この山中には岩塔 (Tor) が多数存在しているが、そこは Joint が Wide な部分にあたっている。

そうして、これらの Tor の存在から、この山地の地形は、2輪廻性の地形¹³⁾であるとし、〈図-3〉のような4段階に分けた地形発達史を編んでいる。

図は、この地域の地形の南北方向断面を模式的に描いている。図に沿って、各段階の状況を整理すると、まず①の段階は、現在見られる地形がさかのぼれる初期の状態を表現したものである。それは、第三紀の熱帯湿潤な環境下で、一部 Monadnock を残しつつも、ゆるやかな起伏のあるペネプレーン (Peneplane) の地形が広がり、その地表下では、大変厚い深層風化層が形成されている。しかしながら、この地域の花崗岩には、前記したように Joint 間隔に差があり、それによって地中でも風化の状態や深度に明瞭な差がでてくる。

②の段階は、引き続き熱帯環境下ではあるが、乾燥気候へと変わり、丁度現在ボルンハルト (Bornhardt) を多数存在させているアフリカの熱帯乾燥地域のような状態¹⁴⁾¹⁵⁾であった。そうして、この時期には盛んに風化物質が剝脱・侵食されたため、深層風化層中にあり、Joint の Wide のところで、未風化の状態にあった部分が地上に現われ、Tor となったため、地表は凹凸のある景観となった。つまり、現在みられる Tor の原形はすでに地表下できていたもので、これが周囲の差別的な侵食低下により、除々に地上に頭を

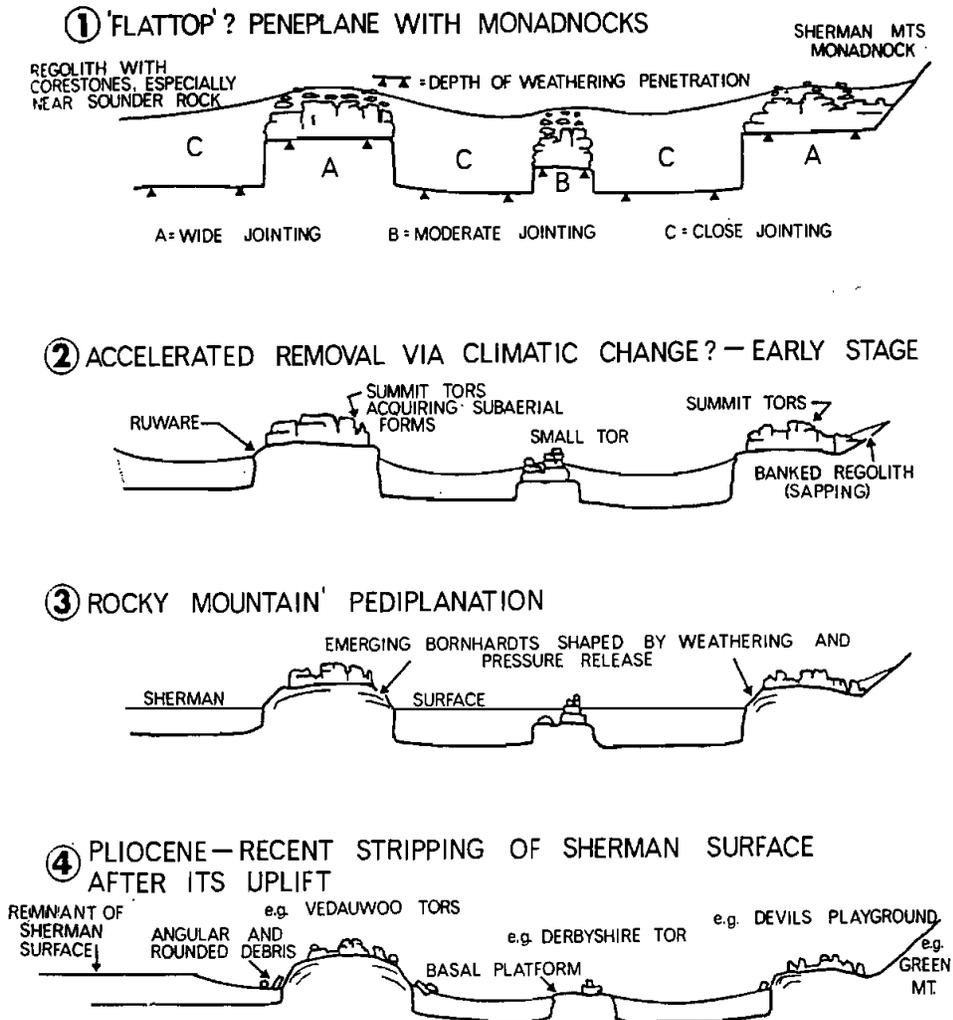


Fig-3. Idealized sections across Crow Towers from South to North at successive intervals

図 3. 南北方向の地形発達段階模式図 Frank F. Cunningham による¹⁰⁾.

出してきたものである。

ところが③の段階になると、乾燥気候下ではあるが、ロッキー山地にあたる一帯はペディメンテーション (Pedimentation) が進んだ結果、平坦な地形のペディプラネーション (Peditanation) 面が広がった。この面をシェルマン面 (Sherman Surface) とよんでいる。

この頃各 Tor では、特に Tor の脚部付近で裸出した岩石の部分が、圧力の除荷作用と風化作用のため刻られ、角がとれてなめらかな岩肌の斜面となった。

さいごの④段階では、新第三紀の鮮新世 (Pliocene) 頃から、ロッキー山地は東に緩傾斜しながらドーム状に隆起しだした (しかし、この模式図は南北方向の断面なので、傾斜の状態は現われない)。

第四紀の更新世 (Plaiocene) に入ると、この地域は大陸水河にこそおわれなかったが、厳しい寒冷気候下にみまわれる。その結果、盛んに周氷河作用 (Periglacial Process) が

進み、地表面 (Sherman Surface) はクリオペディメント (Cryopediment) のためかなり剝離・侵食されていった。

一方、各 Tor の表面付近では、岩体の割れめに入った雪や水のため Solifraction や Ice Wedging 等の作用を受け、Tor の表面からの破壊が進んだ結果、はじめ熱帯の環境下でできた Tor の原形は、この期に大きく変形した。また、現在 Tor の脚部に転正在している岩塊や岩片の多くは、この時破壊され落下したものである。

そして、現在もなお、前記したように半年間は雪におおわれるような寒冷な環境下で、Periglacial Process を継続しているのである。

3. 花崗岩地形の特徴

Laramie 山地の地形の実態を把握するため、まず前輪廻面の解体前線にみられる縁辺 Tor・Bornhardt 群や、すでに平坦化した地表面上に孤立する Tor 群、さらに地表付近にみられる微地形の形状等について考え、トータル的な現在の地形環境をとらえてみることにする。記載にわたっては、現地へ何回も行けるようなところではないし、できるだけいろんな角度から写真を多数うつしておいたので、本項では各地形毎に代表的な写真を整理し、それらに従って説明を加えていくことにした。

Aグループ

まずAグループとして、Laramie 隆起準平原山地の地形の概観と、この地域を代表する Tor・Bornhardt の分布状況およびその形態を見ておくことにする。

写真A-1は、背後にみられる Sherman 平坦面の Marginal front に形成されている Tor 群の発達状況である。これはまた位置的には前輪廻面の解体前線の状態を示している。高位の平坦面上には、風化層を有するため樹林がみられるが、低地では土層がうすいため樹木は育ちにくい。ただし平坦面上の風化土層といえど上方1~2m位と思われ、数ヶ所で観察した露頭ではすぐ半風化層となっており、Tor と Tor の間に当る部分では若干深くなるものと推測するが深層まで風化土層となっていない。各 Tor 表面では岩肌の凹凸が激しく、全体としても荒々しい感じで、形成時期が若いことを示している。

A-2は、この山地を開折する谷（融雪時を中心に水流を見る谷と思われるが、筆者が調査した9月には水流はなく Wadi の状態であった）と、その背後の丘陵状のフロントにみられる Tor 群の状態である。右側の大きな Tor では、岩体がすでに丸味をおびており、左側のものは破壊がかなり進み、周囲には転石がみられた。

A-3は、下位の平坦面上にみられる孤立した Tor の群である。規模も大きく Bornhardt 状のものが多い。しかもそれらの高さはほぼそろっており、岩体の表面や斜面もなだらかな形態を示しており、この地域における前輪廻地形の Relic としての Tor・Bornhardt の典型的な姿とみてよいだろう。

下位の平坦面は、若干の土壌の存在を示す植被もみられるが、基本的には岩石床面である。この面の状況は、写真Cグループにおいてまとめて説明する。

A-1, 2, 3, に共通する点として、Tor は単独に存在することもあるが、ここに示したように列状に分布する場合が多く、それはこの山地を構成する花崗岩の Joint System を示すものとする。

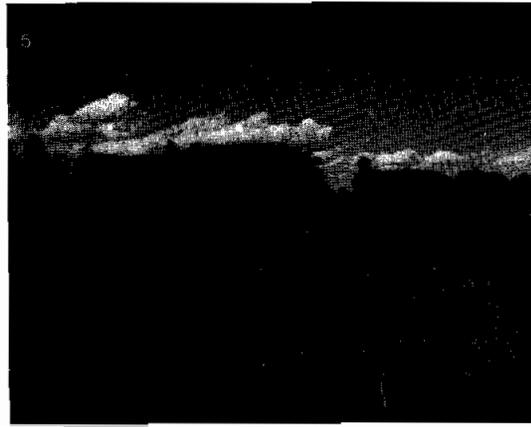
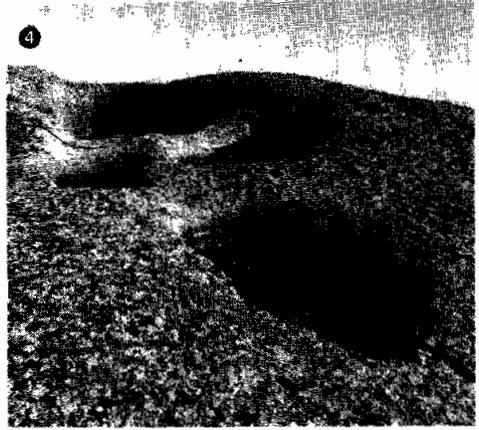
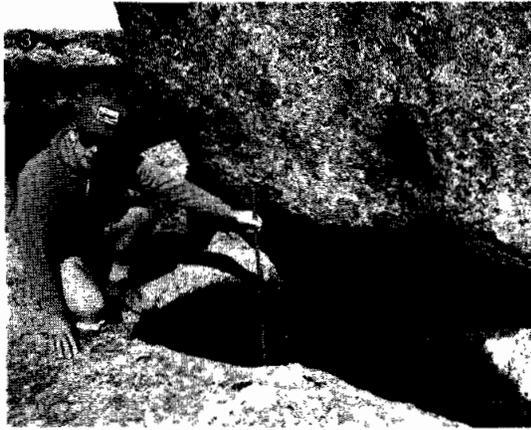
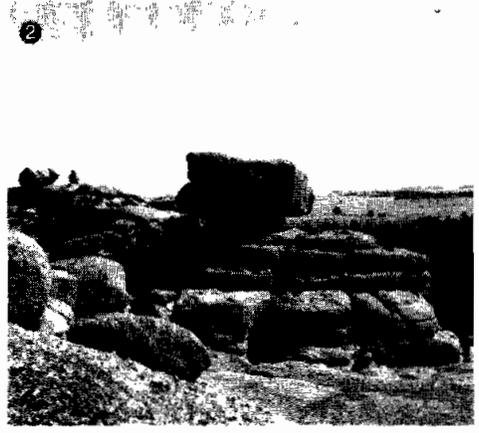
Bグループ

Bグループのうち1と2は、この地域にみられる Tor・Bornhardt の代表的な形状を示す。

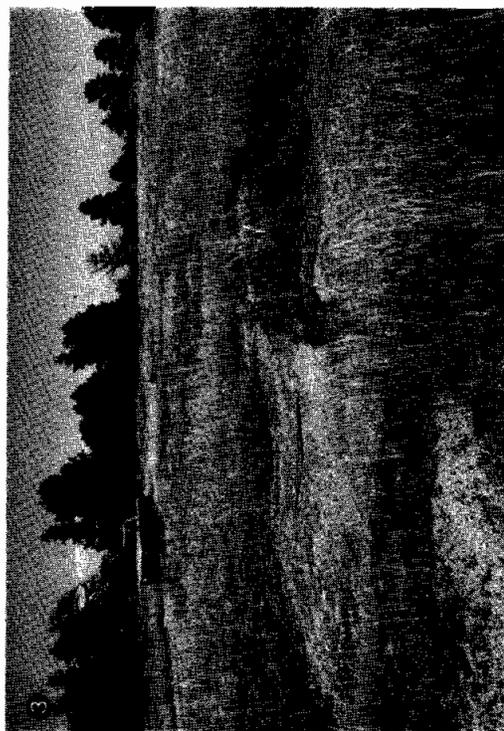
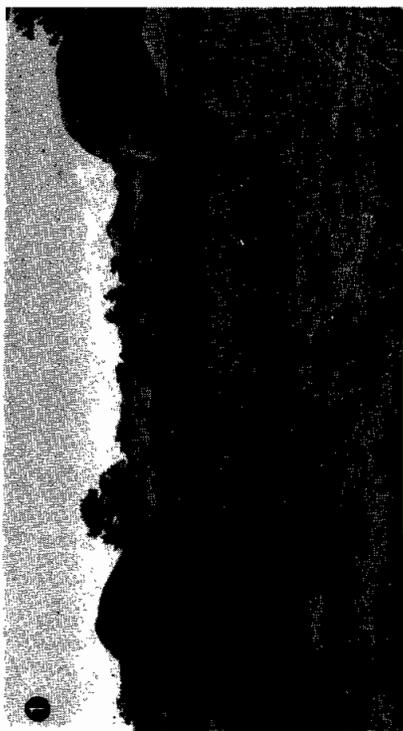
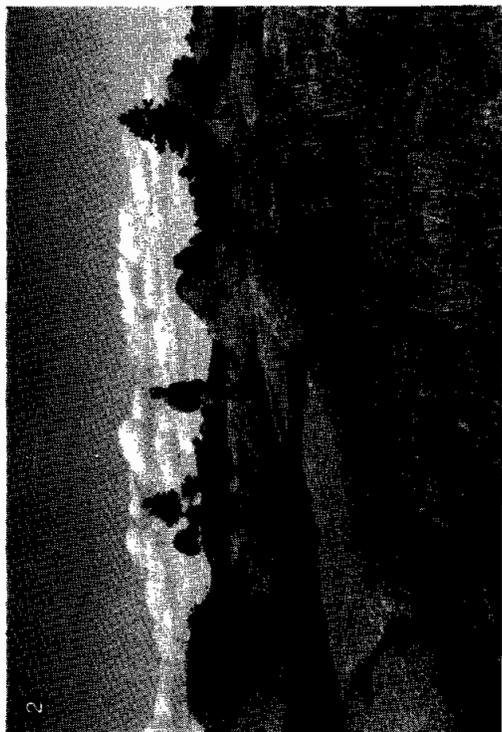
A: Tor · Bornhardt of The Laramie Mountains

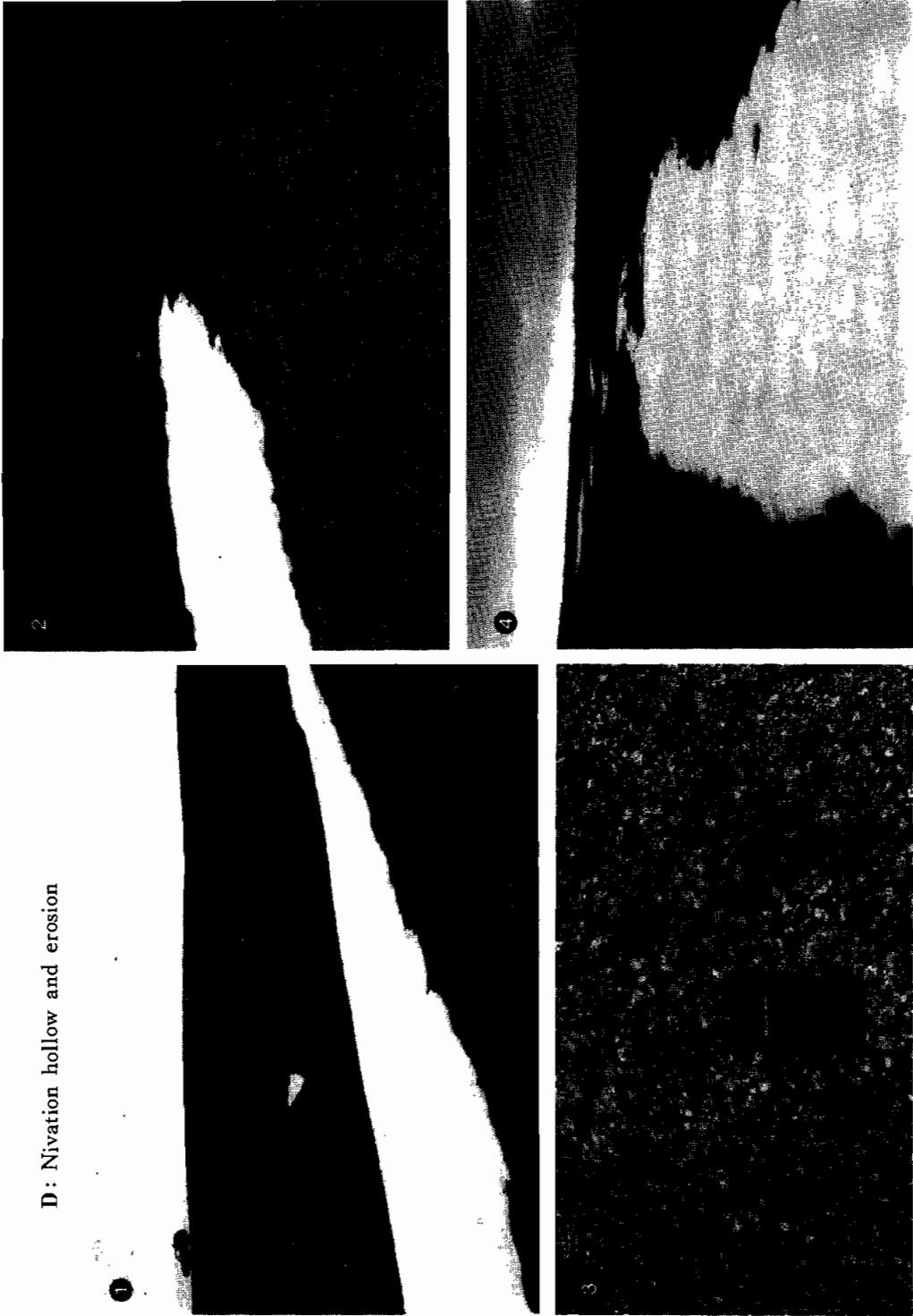


B-1, 2: Bornhardt · Tor B-3, 4: Gnammas B-5, 6: Anvil · Mashroom Rock



C: Dissection Process of Rock Blocks





D: Nivation hollow and erosion

まずB-1は、規模が大きいタイプ。岩体の表面には除荷作用が進み縦の割れ目が大きく入っている。しかも、それは中央の部分であるが、左右両側ではすでに表層部が落下しており、このためその直下には、岩塊や岩片の多くが転石となって積み重なっている。

中央部の直下には、このような岩塊はみられないため、この部分の輪郭はこの Bornhardt の原形に近いと見てよいだろう。このように表面からの破襲が進むにつれて原形は除々に変形していき、全体としては角がとれ丸味をおびさらには小さくなっていく。その意味でこの写真の Bornhardt は、変形の過程をよく示すものである。

B-2は、規模が小さいタイプである。水平方向に Joint が発達するが、それにも密度差があり、たまたま下部の Joint 間隔より、上部の間隔の方が広がったため、Tor の最上部に大きな岩塊が載るような形になったものである。

B-3・4は、Tor の上部にできているグナマ (Gnammas) である。B-3の Gnamma は、深さ 30cm、最大幅 140cm のもので、ホールの中には水があり、その底には新鮮な岩粉 (Rock mill) がたまっていたことから、この Gnamma は Relic ではなく現在も拡大中のものであることがわかる。

なお、Gnamma の成因や拡大過程についての説明は、昨年 Deep Creek Range について報告した折具体的に記したので、ここでははぶくことにする。

B-5は金床状岩 (Anvil Rock)、B-6は木の子状岩 (Mashroom Rock) である。

これらの成因には2つある。まず大きな岩塊では、岩塊の上の方は常に乾燥しやすいが、地表に接する部分では降雨降雪時集中して水分が集まるところ、また時間によっては陽影側となるため、水和作用を受けやすい。特に寒期にはそれらが岩塊の上方へ向って凍上し、フロストクリープ (Frost creep) をともなうため、岩塊脚部の風化の方が岩塊の頭の部分より急速に進み、このような形となった場合。

つぎに、多輪廻性の地形で岩塊の頭にあたる部分のみが厚い風化層中から出ていたものが、周囲の風化層の剝脱・侵食が進んできた結果、除々に地表へ顔を出してくるようになったもので、岩塊下方の地表と接する部分では上記の場合と同様な状況で風化が進むため、このような形となったものである。しかも後の例の場合は Relic にあたり、周囲に同様な同じ高さの地形が多く見られるところでは、金床の頭に当る部分の高さが前輪廻の地表面近くであったことが推定される。しかし B-5、6 の写真は Laramie 地域でもめずらしい微地形であり、どちらに起因するものか、判定はできなかった。

Cグループ

下位の平坦面上にみられる岩塊状凸起の削剝解体過程を示す。

C-1と2では凸起部が目立つが、これらは Tor が解体しつつこの段階に至ったものである。すなわち、風化侵食が局部的に遅れた部分であり、転石ではない。C-3の段階では、まだわずかに盾を伏せたような起伏を残すが、C-4の段階ではすでに flat となっている。flat になった直後の地表にはまだ土壌がないのと、乾燥しやすいため地衣類でさえみられず荒砂状に Rock Mill が広がり、白い島模様となっている。この地域の平坦面は、まさに岩石床面である。

以上のような状況の観察されることから、この地では現在も盛んに Peligracial 作用が進んでいることを示している。

Dグループ

雪窪 (Nivation Hollow) と、それが拡大し緩傾斜面上での谷頭となりつつある状況を示す。

まずD-1と4から、この山上の平坦面がいかに Flat かをここでも見ることができよう。そして、この平坦面は Soil 状の風化層をほとんどもたず、10cm程下部では、D-3で示すように鉱物粒子がはっきり見える状態で、基本的にはCグループで見た岩石床と同じである。

地表面全体がわずかに東方へ傾斜しているため、D-4の最上部では雪の残り具合から、Nivation Hollow の形状がよくわかる。しかし、その下方では除々に谷状となり、侵食が進みだしている。D-1と4は連続するもので、D-2はさらにその上方の谷頭部の状態を示す。

4. さ い こ に

Periglacial 地域にみられる多輪廻地形に関する論文をこれまでいくつか読むにつけ、一度前輪廻の地形が明瞭な Climatic Change を受け、Cryopediment となった地域、またはそれに近い状態の地域を実視しなかった。

ところが、幸、U. S. A. 滞在中、Tor や Bornhardt の地形が多数存在する Wyoming 州の高い隆起準平原山地域で、しかもそれらの地形を Relict とし、形成要因を第三紀の熱帯湿潤な環境下にまでさかのぼってその後の変化の過程をたどり、地形発達史的にまとめた Cunningham の論文を読み、その地を調査することができた。

Cunningham の研究は、このような地域の地形に始めて接する筆者にとって大変参考になった。

しかし、地形発達史が中心となってまとめられた論文であるため、感念的なところもあるように思う。

たとえば、多数存在している Tor の中には第三紀までさかのぼる必要のないものもあるし、また、図-3では、最下位の面も風化層の一部としているが、明らかに岩石床のところも広がっている。

むしろ、筆者は広域にわたる同質の地形と、その間にみられる局地的あるいは特異な地形の出現やそれらの位置づけにも大変興味をもった。

ただ、当時として短時間にできることは、可能な限り広く歩き大観しておき、それぞれの地形の特徴や現状を観察しながら、それらがおかれている環境を考へてみることであった。

今後もこのような観察を、環境の異なるいろんな地域でおこない、比較することによって、より深く花崗岩地形の全体像に、せまっていきたいと思う。

その意味で、昨年報告した Utah 州 Deep Creek Range の花崗岩地形と比較してみると、同様に Periglacial 環境下にあり、図-2で見ても同じオーダーの範囲に入っているが、Frost Action により平坦化が進められているのは、Deep Creek Range の場合は急峻な山地の山麓で Moraine や Outwash Deposits としてもたらされた転石群のうち、地表に現われた部分が破壊され平坦化しているのに対し、Laramie 山地の場合は隆起準平原で高原状を呈する地域に、前輪廻地形の Relict として存在している Tor や Bornhardt が同様作用を受け破壊され平坦化しつつあるもので、それらは転石でないためまさに岩石床の形成であった。

また、両地域には、花崗岩地域に多くみられる特異な微地形である Gnamma は形成されているが、Tafoni は見つけられなかった。

そこで、つぎの機会には、現在両地域に近い気候環境下でありながら、Gnamma と Tafoni を共存している Idaho 州での例や、両方共存していない Moiaive 砂漠の中で

も最も乾燥している花崗岩地域の地形，さらには旧期の造山帯に当る Appalachian Mts の北部と南部での花崗岩地形のちがいの調査について順次報告したい。

注

1. 池田 碩 (1967) : 花崗岩地域の地形学的研究—比叡山地を事例として—, 京都府私学論集, 第2号.
2. ——— (1964) : 花崗岩地域の地形学的研究—信楽山地北縁・堂山地域を事例として—, 立命館大学紀要, 第233号.
3. ——— (1967) : 六甲山地における花崗岩の割れめ. 風化と地形 (淑神とその周辺の地形所収), 地理学評論, 第40巻, 第11号.
4. ——— (1978) U. S. A. の花崗岩地形4例, 奈良大学紀要, 第7号.
5. ——— (1984) U. S. A. Utah 州西部. Deep Creek Range の花崗岩地形, 奈良大学紀要, 第11号.
6. U. S. Geological Survey (1964): Cheyenne, NK 13-8, Scale 1: 250,000.
7. Visher, S. S. (1945): Climatic Maps of Geological Interest, Bull. Geol. Soc. Amer, No, 56.
8. 池田 碩: 前掲注2, 注3.
9. J. N. Jennings (1968): Encyclopedia of Geomorphology, Tor (p. 1157~1159), Bornhardt (p. 88~89), John Wiley & Sons, Inc.
10. Cliff Ollier (1969): Weathering. Oliver & Boyd, Edinburgh.
11. C. R. Twidale (1982): Granite Landform, Elsevier Scientific Publishing Co.
12. Frank. F. Cunningham (1969): The Crow Tors, Laramie Mountains, Wyoming, U. S. A. Zeitschrift Geomorphology, Vol 13.
13. この種の2輪廻性地形については, すでに Linton, その他の研究者からも報告されている. Linton, D. L. (1955): The Problem of Tors. Geog. J. 121.
14. Ollier, C. D. (1960): The inselbergs of Uganda, Zeit. Geomorph, N. F. 4.
15. Thomas, M. F. (1965): Some Aspects of the Geomorphology of Domes and Tors in Nigeria. Zeit. Geomorph, N. F. 1.
16. Frank. F. Cunningham: 前掲注12.

Summary

This author has had an interest in areas developed from granite and has been continuously undertaking studies about them. In this paper, the results of research conducted in the granitic Laramie Mountains of Eastern Wyoming, while the author was in the United States in 1983, is reported.

Fortunately, research by Frank F. Cunningham on Tor topography has been published. This paper of Cunningham's was carefully studied and served as a basis for the research reported in this paper.

The Laramie Mountains, about 2500 meters in elevation, are an uplifted peneplain mountain the top of which is a broad flat surface resembling a high plateau field. Groups of Tors can be seen protruding from this plane. The climate of the area is very severe, being covered half of the year by snow. Even now, Periglacial processes continue to operate.

In Japan, there is no place where the Periglacial Process can be seen operating on such a flat surface, and no broad, highly developed Tor topography can be seen. Thus, in this paper, an attempt is made to concretely introduce Tor relic topography and to discuss the climatic changes proceeding there today.

Acknowledgement

I'd like to take this opportunity to offer my sincere thanks GSS-DMHTC Warren A. F. B. Major Glenn B. Plyler, for taking me to the survey area and for his cooperation in the preparation of this paper.