

北アルプス 燕岳周辺の地形

－地生態学的視野から－

都 筑 密 乗

I. はじめに

ヒマラヤやヨーロッパアルプスに代表されるような世界の高山帯には、カール、モレーン、U字谷などをはじめとする氷河地形や構造土などの周氷河地形が分布している。日本の高山帯においても化石化した氷河・周氷河地形が分布し、高山帯の自然景観についての研究が数多く蓄積されてきた。

小泉（1993）によれば、日本の高山帯は世界の高山帯に比べ、強風・多雨・多雪という特異な気候環境下にあるため、地形の成り立ち、植生の分布などが非常に複雑なものとなっている。そのため「ハイマツを中心とした様々な植物群落や地形が同高度に出現する」という特殊なモザイク状の自然景観を呈している。そのような現象は世界的にみてもほとんど例がないという。

日本の高山帯を地形的にみた場合、稜線を冬季卓越風が越える際の山頂現象によって吹きさらし・吹き溜まりが発生し、東西の積雪量に差が生じる。その積雪差によって形成された氷河地形・非対称山稜などは、総観として高山帯を形成しており、それに付随する形でハイマツを中心とした高山植生や周氷河地形である構造土などが混在しており、絶対的弱者となる植生群落の分布を規定しているという。

本稿では、北アルプス高山帯においてモザイク状の高山景観を構成する地形、地質、土壌、水、気候、植生などの地因子（ジオファクター：横山（1980）

同士の相関関係が生み出す自然景観を、地生態学 (Troll (1972a)) 的視野をもって把握することを目的とした。

調査は地生態学的視点から「地形」という基盤的地因子を中心に据え、調査地域には特に基盤岩である花崗岩の表層風化が進行し (マサ化)、Tor (基盤岩の強い部分が侵食によって洗い出され突出したもの) やCore Stoneが林立し (池田 (1998))、全体的には稜線が非対称山稜景観を呈している北アルプス 燕岳 (2762.9m) の高山帯を選定した (図1, 写真1)。特に「地形を構成する花崗岩の風化作用」に具体的に寄与する「周水河作用」に焦点を当て、「周水河環境」を生み出す山頂一帯の局地的な気候環境を考察した。さらに自然景観形成に対して二次的な存在である「植生」を、侵入群落別の空間配置によって考察し、逆に一次的存在である地形や気候といった因子の及ぼす営力を推定した。

II. 燕岳高山帯における周水河地形と周水河気候環境

A) 平滑斜面における条線土の観察

燕岳一帯の稜線西側に存在するマサ土に覆われた平滑斜面を3つに区分し (図1)、各斜面での砂礫・土壌の変化について2003年10月23~29日まで観察を行った。調査方法は、斜面に長さ15cmの木製計測棒を垂直に立て、その棒が動く変化を捉えようというものである。棒に顕著な浮き上がりの現象が見られたのは、条線土上に設置した斜面IIのものであった (図2)。23日に設置したが、27日には条線土の谷部の棒が3cmも浮き上がり、山部・境界では6cmまで上昇した。また下方への流下量は境界で4.5cm、山部・谷部でそれぞれ5mm・1cmとなった。この観察の結果、斜面IIにおける条線土は現気候下で形成されている可能性が高いことがわかった。

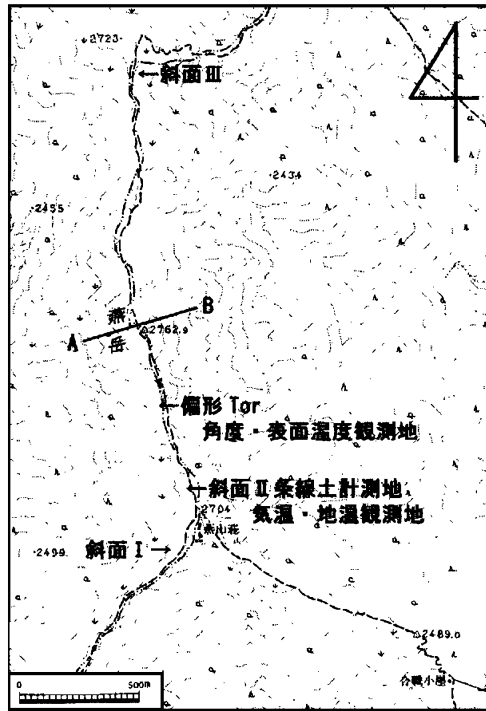


図1 調査地域とその周辺



写真1 燕岳山頂部の景観

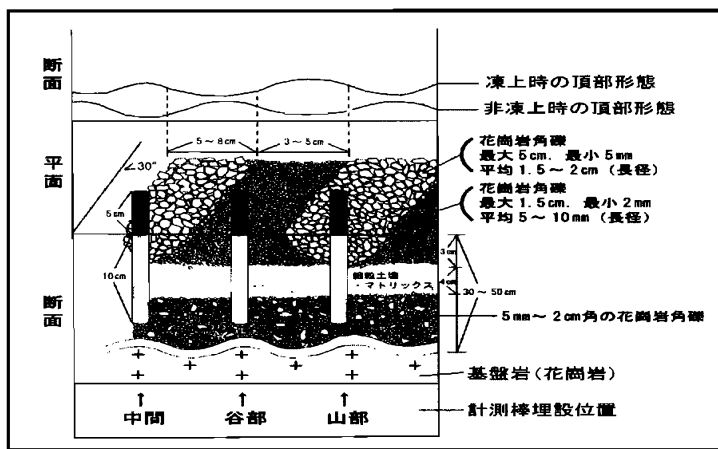


図2 斜面Ⅱ条線土における計測棒設置調査

B) 斜面Ⅱ周氷河性平滑斜面における気温・地温観測

A) の観察から、稜線西側に形成された平滑斜面（とくに斜面Ⅱ）において、現在の気候下でも決して強力ではないものの周氷河地形形成作用が働いていることが示唆された。では現在の気候環境は燕岳山頂一帯の地形・植生などの地因子にどのように作用しているのだろうか。その気候環境を考察するために、簡易的ではあるが斜面Ⅱ（写真2、図3の①風衝砂礫地計測Point）において気温・地温の観測をA) の観察と同日程で行った。

5日間の調査期間中での気温の変動幅は7～-7℃で推移しており、気温的には完全に周氷河環境にあることがわかった。また地表面0～5cm深では5日間全てにおいて0℃を境に地温は推移しており、凍結-融解作用が卓越していることがうかがえる。深度10～100cmにかけてはその作用はしだいに低下する傾向がみてとれる。一連の観測結果はA) の計測棒の変化を裏付けており、燕岳高山帯一帯が日周期的な周氷河環境にあることを示したものであるといえよう。

C) 斜面Ⅱ条線土における砂礫流動量観察



写真2 斜面Ⅱ 気温・地温観測地

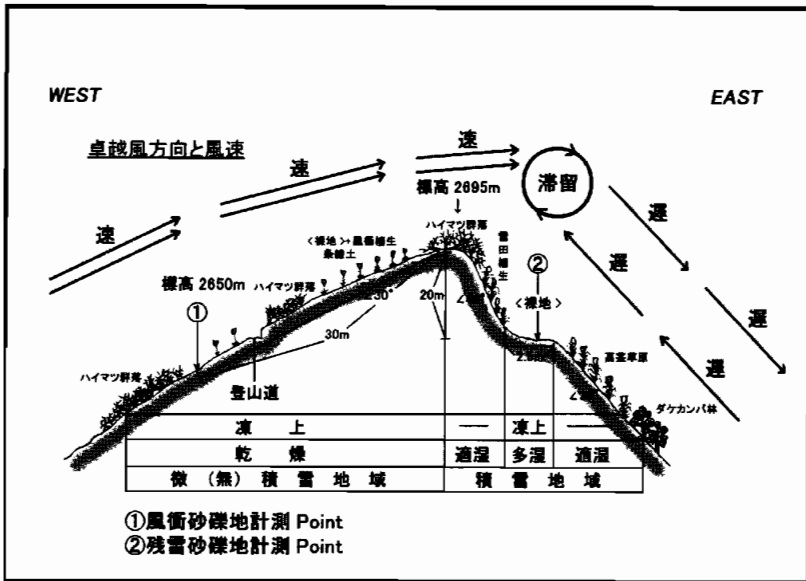


図3 斜面Ⅱ 模式断面図

条線土形成には土壤保持水分の凍結-融解による砂礫の流動プロセスが必要不可欠である。ではその砂礫の斜面下方への流下速度はどのようなものであろうか。植被に乏しいalpine desertの様相を呈する斜面Ⅱの条線土上(斜度22°)に直交する140cmの基線を設け、基線に沿ってペンキを塗布した花崗岩細礫(長径約1.5cm)を50個直線的に配置し、その流動を観察した。設置は

2003年10月27日に行い、観察は2004年8月18日に行った。設置期間は約10ヶ月である。写真3・図4はこの実験地での流動状況を示している。

結果としてこの実験地で埋没せずに確認できたのは50個のうち34個であったが、そのいずれも斜面下方に移動していることがわかった。その最小値は17cm・最大値は45cmとなり、平均値は30cmとなった。

この数値は小泉（1979）で示された三国境の移動礫原でのデータ（年10～60cmの移動量）と遜色ない数値であり、結果として周水河作用としてのフロストクリープが強いことを裏付けた。観察は現在も継続中であり、今後の動向を期待したい。

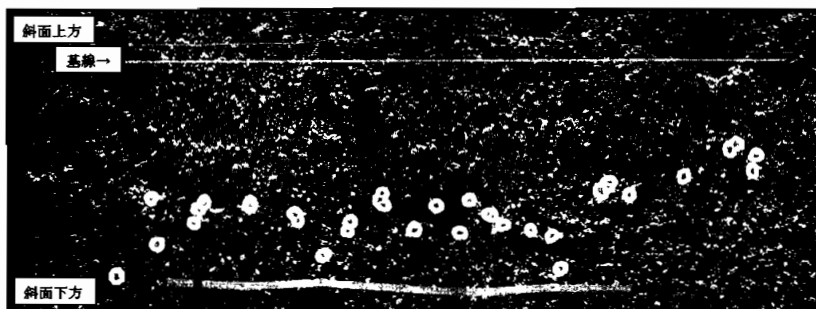


写真3 斜面Ⅱ条線土におけるペンキ塗布礫の流動（図4と対応）

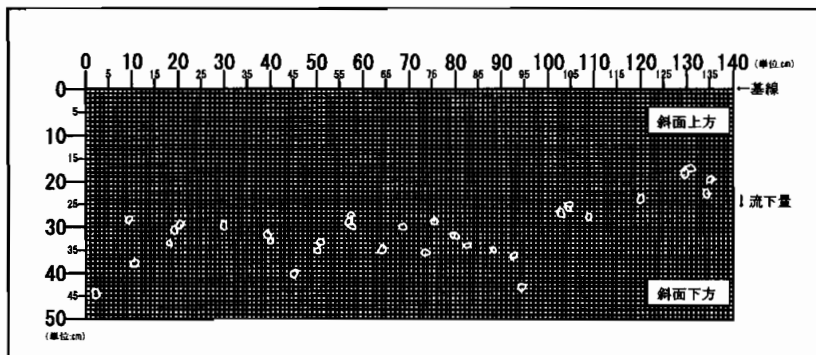


図4 斜面Ⅱ条線土におけるペンキ塗布礫の流下量1cm×1cmメッシュ（写真4と対応）

Ⅲ. Torにみられる「偏形」と周水河作用との関係

燕岳一帯にはTorとマサ土を伴う白い細礫が稜線一帯を覆っている。この一見相反する地形景観は節理間隔は広いが（Torでは平均約1m）その表面は非常に目の粗い鉱物（平均長径5～10mm）で構成されていることに由来するものと考えられる。すなわち、Torの周辺に堆積する細礫はTorの表面や基盤岩表面から供給されている可能性が高いことになる。またTorの表面を観察すると西側が風化によって丸みを帯び、東側は節理方向に沿ってきれいに立ち上がる（未風化）という非対称形態をもっていることがわかる。この傾向は燕岳一帯に見られる全Torの半数に及び、特に西側面上部に著しい。これらの「偏形Tor」の形成主営力として有力と考えられるのが冬季卓越風であり、それに伴う凍結－破砕作用である。

そこで、冬季間のTor表面がどのような温度状況にあるのか観測を行った。Tor表面の東西・上中下6 Pointにおける温度計測を行い（写真4、図5）、図6の結果を得た。図6の結果から、Torの西側表面の温度推移は東側より日較差が大きく、0℃をまたいで周水河環境にあることがわかった。これは恒常的に西から吹きつける卓越風によって表面温度が著しく低下するためであり、



写真4 西側が丸みを帯びた「偏形Tor」

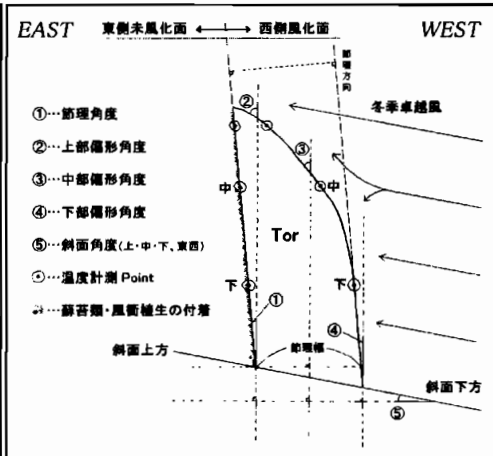


図5 「偏形Tor」の状況と偏形角度計測模式図

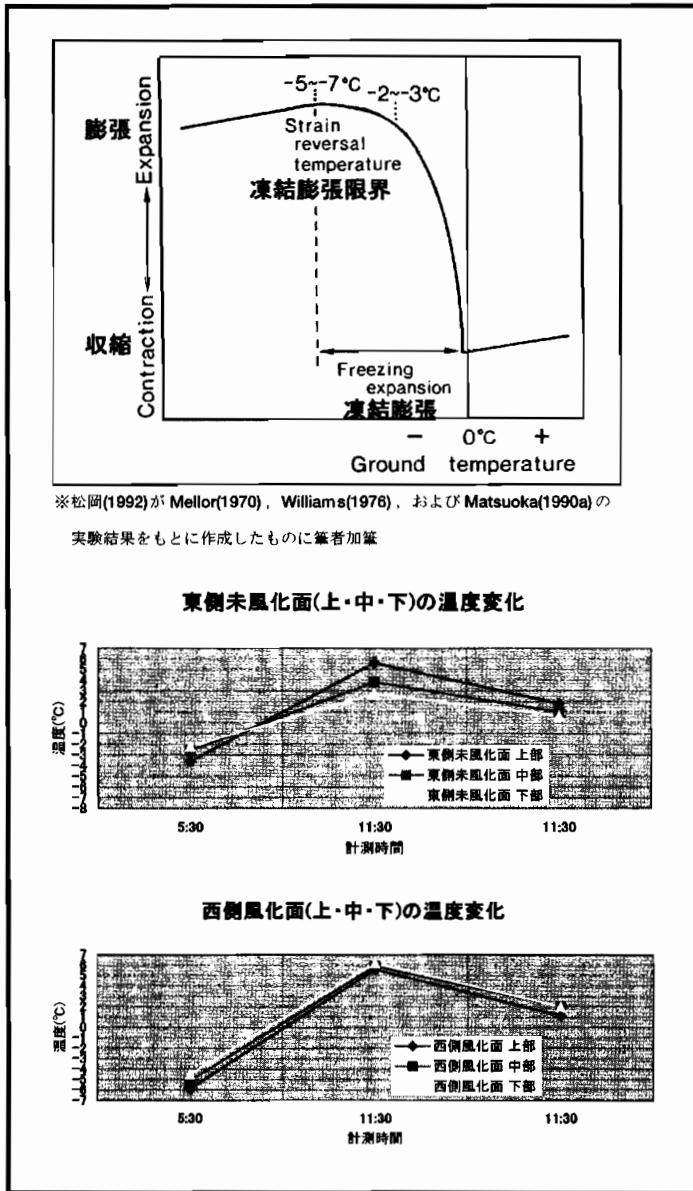


図6 Torにおける東・西側面の平均温度推移状況 (10/25~29) と土または岩石の凍結膨張

その分だけ凍結－破碎作用も強力になると考えた。Tor周辺に堆積する細礫はTor西側風化面より凍結－融解作用を主営力として削剥（生産）されているとみるのが最も妥当であろう。現在Tor表面にペンキ塗布を行い、その剥離速度を観察中である。

IV. 燕岳の周氷河性平滑斜面における植生の立地環境

筆者の設定した斜面Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ（周氷河性平滑斜面）には風衝地植物群落が立地するが、一方で細礫に覆われた裸地（条線土の形成もみられる）も存在し、植生が「住み分け」を行っている様子がよくわかる。景観構成因子としての高山植生は、地形・気象などの他の地因子に対して影響を受ける。地形・気象を一次的なものとして捉えれば、植生はそれらの状況・形態を反映して変化する二次的な存在となり、その生育範囲、生育速度、分布などが規定されていると考えられる。両斜面における植生の住み分け現象と裸地の形成を考察した結果、キーワードとして基盤岩・土壌深度・乾燥・砂礫の流動・マトリックス（礫間の充填物質）の欠如があげられる。すなわち節理間隔が広く堅固な花崗岩の基盤と、その上に非常に薄く堆積する、マサ化土壌（周氷河作用によって流動しやすく不安定）にその生育分布域を規定されていることがわかった。

V. 燕岳高山帯の景観成立要因

燕岳高山帯を地生態学的視野から考察した結果、燕岳周辺における「景観形成」には、次の2つの景観構成因子が主営力となっていることがわかった。まず山頂現象を引き起こすのは「冬季卓越風」である（図7）。その西→東という一定方向からの恒常風によって、地形的境界線である稜線の東側斜面が多雪な環境となり、氷期には圏谷状地形を形成した。また水分供給が豊富であるために高茎草原が形成されるが、夏季まで残る残雪によって裸地が形成され、その周辺部に雪田植物群落が生育し、短期間で「お花畑」となる。

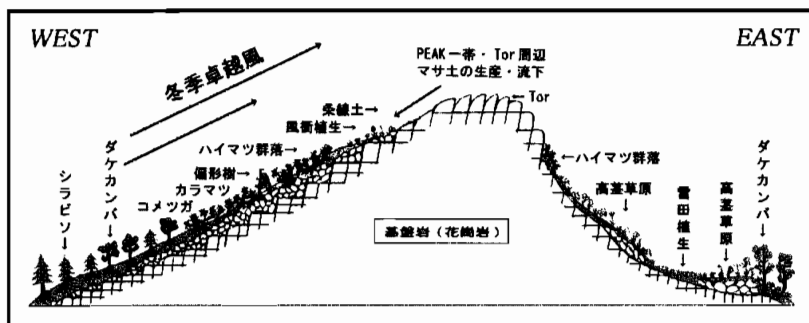


図7 燕岳山頂一帯における「景観形成」の模式図(図1のA-BのLINE)

一方西側斜面は氷期・現在を通し寡雪な環境であるため、氷期に生産された中～大礫の堆積する環境(化石周氷河斜面)を好むハイマツを中心とした植生景観となる。そして強風による冬季寡雪と地温低下は日周期的な周氷河環境を作り出し、「偏形Tor」や周氷河性平滑斜面・条線土などの周氷河地形を作り出し、ハイマツ・風衝植生以外の植生の侵入を著しく拒むものとなっている。

もうひとつは、広い節理間隔をもつためTorなどを残すが、その表面は非常に削剥されやすく、微細～細礫を生産するという「燕岳の花崗岩特性」である。稜線西側斜面一帯は真っ白な花崗岩砂礫(平均砂礫径0.5～10cm)に覆われる景観となり、その花崗岩砂礫が堆積する地域は、砂礫(マトリックスを欠くために流動し易い)によってハイマツの侵入が規制され、ハイマツの抜け落ちた空白部分を風衝植生が埋める。しかし、土壌深度は基盤岩によって規定されるため、植生にとって非常に厳しい環境となり、裸地も形成される。

このように、燕岳周辺においては、稜線が地形学・生態学的な境界線となっており、局地的な地因子としての冬季卓越風を主営力として「地形・植生の非対称分布形態」が形作られていることがわかった。とくに西側斜面においては燕岳一帯を支配する特殊な花崗岩の物性と、秋季・春季間の卓越した周氷河作用の相互作用によって地形と植生の織り成すモザイク状の景観が規定

されていると考えた。

VI. 謝辞

修士論文作成にあたり指導教官の池田 碩教授には花崗岩地形・高山帯全般の地形に関する豊富な知識・情報、さらに助言・激励・ご指導をいただいた。感謝の意を表し結びとしたい。

参考文献

- 池田 碩 (1998) 『花崗岩地形の世界』, 古今書院, 206p
- 岩田 修二 (1980) 「白馬岳の砂礫斜面に働く地形形成作用－移動様式とその速度－」, 地学雑誌89-6, 1-17p
- 小泉 武栄 (1993) 『日本の山はなぜ美しい－山の自然学への招待－』, 古今書院, 228p
- 小泉 武栄 (1979) 「高山の寒冷気候下における岩屑の生産・移動と植物群落 I 白馬山系北部の高山荒原植物群落」, 日本生態学会誌29, 71-81p
- 松岡 憲知 (1992) 「凍結融解作用の機構からみた周水河地形」, 地理学評論65A-2, 56-74p
- 横山 秀司 (1980) 「地生態学とはなにか」, 地理25-6, 118-124p
- C. Troll (1972a) 「Geocology and worldwide differentiation of highmountain ecosystem. Erdwiss. Forschung, 4, 1-16p
- H. M. French著 小野 有五訳 (1984) 『周水河環境』, 古今書院, 441p