

# 氷床・氷河周辺地域の花崗岩地形

—アラスカ、ジュノー付近を例として—

池 田 碩 \*

Granitic Topography in the Vicinity of  
a Glacial Ice Sheet: An Example Near Juneau, Alaska, U.S.A

Hiroshi IKEDA

## 1. はじめに

今回調査したジュノー周辺は、アメリカ大陸北端のアラスカ州にあり、しかもその中でも太平洋に臨む南東部に位置している。しかしこの周辺が、州内でも環太平洋造山帯に属し、グレートロッキーの北端に連なるアラスカ山脈の高山帯であり、その上太平洋からの湿潤な気流が年間を通して進入するため、この山岳部には今なお氷床・氷原と氷河が最もよく発達している地域である<sup>1)</sup>。

中でも、州都で港湾都市のジュノー (Juneau) が位置する周辺は、かつて大氷河が流下して形成されたフィヨルド (Fiord) が発達、さらに現在も海へと氷河が流入しているところや、やや後退して今は海岸のすぐ近くのU字谷中で、氷河の末端をながめられる場所も多い。

すなわち、この地域は身近に山上をおおう氷床とそこから流動しだす氷河、そしてその末端に至るまでの一連の氷河地形の状況を調査するのに最良のフィールドである。しかも筆者にとっては、この一帯が花崗岩 (粗粒黒雲母花崗岩) 地域であり、これまで調査を継続してきている気候帯を異にする地域での花崗岩地形<sup>2)</sup>のうち、特に今回は氷河・氷食地域に出現する種々の花崗岩地形の特徴を調べることができた大変好都合なフィールドであった。

現地調査は、1983年9月と1993年7月に行なった。なお氷河地形そのものは、その規模の大きなことと氷河の景観のダイナミックなことから国立公園になっているグレイシャ ベイ (Glacier Bay) へも、セスナ機と船で同時に訪ねたが、その内部への単独調査行は不可能であった。このため、今回は、山上の氷床にヘリコプターで降り、氷河の末端が海中に流入する部分とそれに続くフィヨルドは船で観察、さらに後退した氷河の末端とモレーンの状況はU字谷中でじっくりとたどりつつ調査することができたジュノー背後に位置する Taku Glacier と Mendenhall Glacier 一帯の地形について報告する。

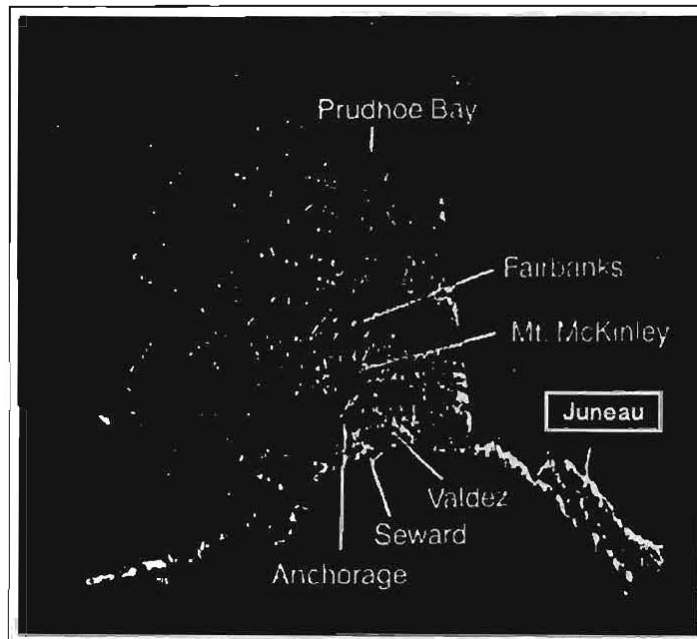


Fig-1. Map of Alaska

図-1. アラスカ州

## 2. 氷河地形の発達

### A) 氷床 Ice Sheet とヌナタク Nunatak

Taku・Mendenhall 両氷河の背後にあたる山頂域の氷床・氷原 Juneau Ice Field の海拔高度は4,000~5,000 Feet 位である。氷床上やその周辺には、\_\_\_ Peak, \_\_\_ Tower, \_\_\_ horn, \_\_\_ nunatak という名のつく孤立した岩山が点在している(写真A-1)。そのうち最高峰は Mt Moore 7416F だが、多くは5,000~6,000F 位である。景観的には、山頂一帯ののっぺりとした氷床の上へ、それとは対称的に1,000~2,000F ほど突出する岩峰が出現している<sup>4)</sup>。しかしこれらの岩峰も、その多くは氷河時代には氷床のしたにはほぼ埋没していたのである。そのことは、岩峰の側面をよくみると針峰状になっている山頂の場合でもその直下まで斜面は、氷蝕を受けてなめらかなカーブを見せつつ現在の氷床面へと続いていることから推察できる。

### B) 氷河 Glacier

山上の氷床の周囲で、その端がややくぼみだし、氷床の下方へと氷面が流動したすと氷河が始まる。そのうちに、氷河の河道がはっきりしだし、その両側すなわち兩岸上部には岩肌が露出してき、徐々に岩肌の部分の高度が増してくる。しかも、その下部ほど傾斜は急となり、U字谷の谷壁であることがはっきりしてくる。その谷壁直下には上方から落下した岩片が堆積していることもあるが、岩塊は無い。ところで、U字谷の谷壁の上方には岩石段丘状の階段地形が1~数段連なっている(写真A-2)。そして、さらにその上方には、小さなカール (Kar) が並んでおり、カールの末端部がハンギングバレー (hanging Valley) となっている状況が見られる。

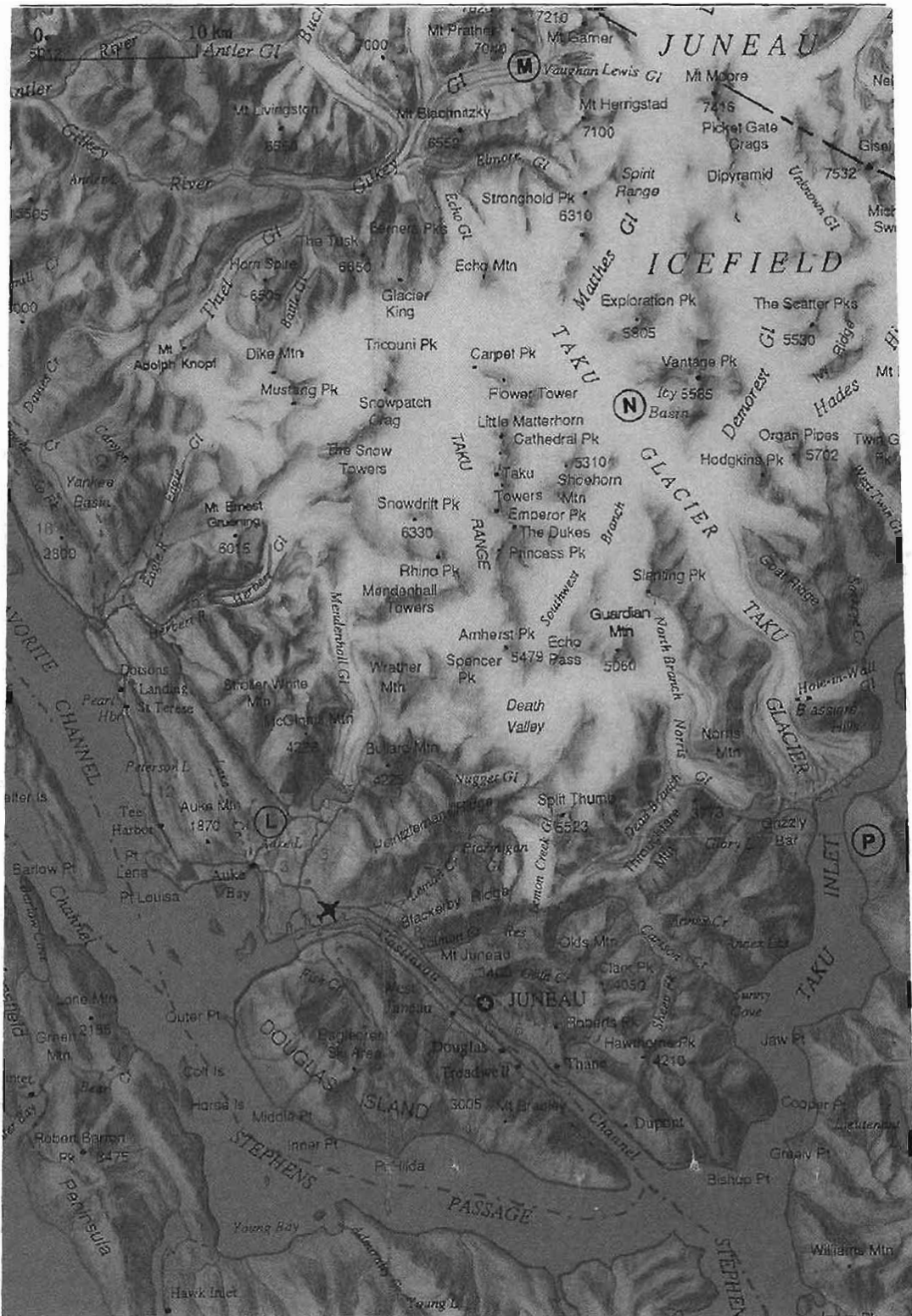


Fig-2. Map of the Survey Area and Its Vicinity<sup>6)</sup>

図-2. 調査地域とその周辺 (1フィート=30.5cm)

A : Juneau 氷床から Taku 氷河の末端にかけて岩塊の生産は見られない。  
A : From the Ice Sheet to the Leading Edge of the Taku Glacier  
from Juneau Icefield. Rock Blocks Production Not Seen.



B : Taku 氷河末端からフィヨルドにかけて岩塊の生産が始まっている。  
B : From the Leading Edge of the Taku Glacier to the Fiord,  
Rock Blocks Beginning to be Formed.



C : Mendenhall 氷河の後退とモレーン堆積地域での宅地開発。

C : The Withdrawing Mendenhall Glacier.

Housing Development on the Levelled Moraine Deposits.



この氷河は100年で1 kmずつ後退している



氷河が後退した谷底にはすでに市街地化が進む



新しいエンドモレーン小丘と砂礫の堆積状況



花崗岩の砂礫からなるモレーンの小丘群を平坦化して進む宅地

これらのことから、氷期以降の温暖化の途時、数回の休止期をはさみつつ現在に至っていることがわかる。

### C) フィヨルド Fjord

Taku Glacierの末端は、フィヨルドの奥に位置する海中 (Taku Inlet) へと流下している。この氷河の場合は、その末端部がデルタ状に広がっているため、最後は2~5mの高度差でゆったりと海面と接している (写真A-4)。ところが谷幅が狭いまま海中へ突入している場合は、10~数十mの高さを保ち氷瀑となって海面に臨むことが多く、その末端では荒々しい状景を呈しつつ崩れ落ちている。そのようなところを含み、種々のタイプの氷河の末端部の状態はグレイシャーベイ Glacier bay 一帯で観察した。

### D) 氷蝕谷 U Valley とモレーン Moraine

Mendenhall Glacierの場合は、氷河の末端が、現在かなりのスピードで後退しつつあり、今では陸上で、しかも山麓で解氷している<sup>7)</sup> (写真C-1)。このため、氷河が後退してきたあとを追跡できるし、さらにそこでの植生や開発による土地利用の状況をも調べる事ができる最適地であった。

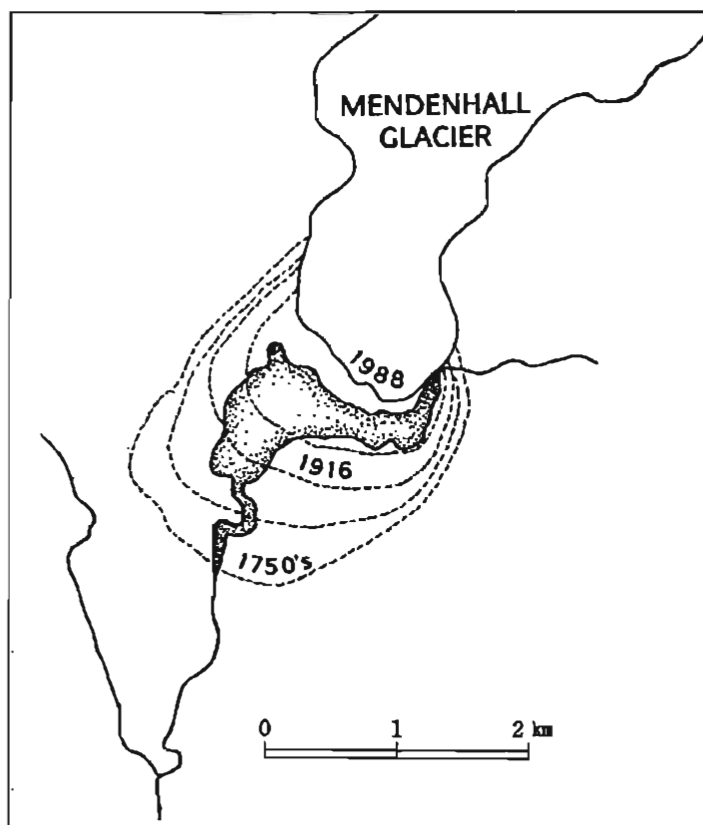


Fig-3. Mendenhall Glacier<sup>7)</sup>

図-3. メンデンホール氷河の後退

氷河の末端が海岸付近であったのは<sup>14</sup>C年代測定値等から500年位前とされているが、現在の末端は、すでに海岸から5 km内陸の位置にある<sup>9)</sup>。そして、氷河の後退したあとのU字谷の谷底には大小の岩片状の岩屑や岩塊を含むモレーンのうねりねとした小～微小丘が見られる(写真C-2)。しかも少し早く後退した谷底のモレーン上には植生が付き出しており、もっと早い段階で後退したところはすでに樹林がおおっている。それより下流側では、海岸一帯から進んできた市街地に伴う宅地開発がこの樹林内に達してきている(写真C-3)。このためブルドーザーで地ならしをしている開発地では、樹林の下のモレーンの堆積状況がよくわかる。モレーンの主体は、角ばった岩片を含むアーコースサンドであるが、その間に時折1~2 m位の花崗岩塊を混在させている。巨大なものになると径3~5 mの岩塊もあるが、全体としてみると岩塊の混入は意外に少ない。宅地造成にあたっては、モレーンからなる小丘をそのまま家の庭に取り込んでいたり、時折出てくる巨大な岩塊は動かさずに庭石にしたり、その部分をよけて家の設計が進められていた(写真C-4)。

このように、今回は上記のようななまなましいモレーンの堆積状況を各地で調査できたのも幸運であった。

### 3. 微地形と岩塊

#### A) 岩塊の形成

花崗岩地域の特有な微地形の1つとして、各気候帯毎に「岩塊(群)」の形成過程と分布の状況を見てきたので、ここでもまず岩塊について記しておく。

岩塊の形成には、大きく分けると3つのパターンと地域性がある。

(イ) 深層風化地域において、節理を中心に進む風化土壌化途(時)中の未風化部の岩塊(Core Stone)の部分が、何らかの浸蝕作用を受けて急速に表面の土壌化部が洗い流されてcare stoneの岩塊が露出、さらにはそれらが集積して、時には山肌全体を岩塊でおおいつくす場合さえみられる。このタイプの岩塊(群)は、湿潤な熱帯から温帯を中心に生じるが、このような気候のところは人間活動の旺盛なところとも一致しており、人間による地表の破壊が特に激しい地域に多く見られるのも大きな特徴である。

(ロ) 沙漠では裸岩地が多いため、岩体や岩石の性質が現われやすい。特に花崗岩地域の場合は、節理が目立つ。まずは節理の方向や密度によって、岩石表面の侵食(風食)の最小単位がほぼ決定される。そしてその節理から侵食が進むために、節理の密度の低いところでは山肌一面岩塊でおおわれているところや巨大な岩石ブロックを点在させるような山、時には山全体に節理がなく(きわめて少なく)のっぺらぼうの石山Stone mountainを形成することもある。

逆に節理の密度が高い場合は、当然ながら相対的に侵食が速い。しかも山(肌)には岩塊は見られない。このように花崗岩の鉱物組成は同じであっても、地形やそこでの風化生成物はまさに他の岩石であるかのような相異を見せるのが花崗岩の特徴である。

(ハ) 植生限界を越える高度で、しかも氷床よりは低い極寒~冷涼な気候環境下にある裸岩地でも、ほぼ前記の沙漠地域同様に節理を中心とした岩塊の形成が進む。しかし、ここでの岩片や岩塊の形成は、節理や割れ目を通して岩体内に入った水分の凍結と融解のくり返しによる岩体の破壊から生産される。このため岩盤のごく表面近くでは激しく進むが、内部には達しにくいので、岩片や岩屑の生産は多いが岩塊の形成は少ない。故に、沙漠地域のような山体の地表



部全体をほぼ均一的な岩塊でおおうことはまずない。むしろ山体の斜面やくぼ地や谷の規模等の小単位地形毎に岩片や岩塊の生産地や量が決ってくる。そこでは、例えば岩海 (Felsenmeer) 岩塊流 (blockstream) や構造土 (patterned ground) 現象のようなきわめて特異な微小景観も生じている。つまり極寒～寒冷地域では、岩質とともに気候の影響が一層微妙にかかわってくるようである。ところがこのなかでも寒冷～冷涼地域あたりになってくると、植生も多くなり化学的風化が進みだし、岩塊の生産が盛んになってくる。

## B) 調査地域の岩塊

調査地域は、岩塊の形成・生産地域としては前記(-)の地域に位置している。では、この地域での岩塊の形成や分布はどのようになっているのだろうか。

山上の氷床近くの Nunatak 状岩峰の周辺では、岩片、岩屑は生産されているが、岩塊は見られなかった。

氷河上では岩屑がシマ状のラインとなって連続的に見られるところでも、岩塊はごくまれにしか見られない (写真 A-2)。U字谷の谷壁の直下でも岩片のみで、岩塊は見られない (写真 B-2)。

Mendenhall 氷河の末端にできているターミナルモレーンがつくる小丘を見てまわっても、小岩片がほとんどで、岩塊はまれにしか見られなかった (写真 C-2)。さらに下流側で、早い段階に氷河が後退していった部分のモレーンの小丘群を切り開き宅地造成しているところを観察したが、ここでも岩片や小さい岩屑はかなり風化が進み砂状化したものが主体で、岩塊は時折混入しているという状態であった (写真 C-4)。

これらの状況から、現在の氷床や氷河では岩塊の生産はきわめて少ないものと推察される。ところが、氷河の下流部の U字谷の谷壁ですでに植生がおおっているところや、海水が流入しているフィヨルドの兩岸壁の岩肌を見るとわずかではあるが岩塊ができていし、岩塊になりつつあるところが各地に現われる (写真 B-3・4)。つまり、山麓に近いところで、岩盤が露出している部分では、現気候下で風化が進み岩塊が形成されているのである。故に、現在の気候が続くか、さらに温暖化していけば、この地の花崗岩は、下方から徐々に上方山間地に向かって岩塊の生産も進んでいくものと考えられる。そして、このことから最終氷期以前の間氷期には当然岩塊の生産は進んでいたものと推測される。その時期に形成された岩塊 (群) は、最終氷期の氷河によって押し出され、今ではるか沖合いの海底下に運ばれ堆積していると考えられる。

以上のように今回の調査地では、かつて存在していた岩塊 (群) が、氷河期の氷河によって運び去られてしまった地域と、現在新たに形成されつつある地域の両方を観察できたのである。

## 4. さいごに

現在も氷床・氷河のおおうアラスカをフィールドに、氷河～寒冷・冷涼な気候環境下での花崗岩地形を調査した。花崗岩地形の特徴は、岩石の性質が地表の微起伏や岩片、岩塊の生産に非常に良く反映されるので、今回は筆者がこれまでに調査してきた他の気候条件下での花崗岩地域の地形と比較することを念頭におき調査を進めた。

その結果、山岳部の氷床、氷河周辺地域では、岩盤露出部表面の凍結と融解のくり返しによる物理的風化が激しいが、岩盤の内部へは達しにくいいため、岩片や岩屑の生産は進むが岩塊の生産はきわめて少ないことがわかった。

最終氷期以前の間氷期に形成されたと推測できる岩塊（群）等の地表部の風化物質は、すでに氷期の氷河によって運び去られており、山上部ほど現在の地表はのっぺりとした景観になっている。

最終氷期の氷河によって押し出された岩塊等は、山麓下に発達するフィヨルド網を通して運ばれ、現在はるか沖合の海底に堆積しているものと推察する。

一方、山麓に近いかなり早い段階で氷河から解放された地域では、現在の寒冷～冷涼な気候下で化学的風化も進み岩塊の生産が始まっている。このことから、現在の気候が続きかなり温暖化が進めば、さらに岩塊の生産地域は山地上方に向かって拡大していく。

今回の調査地域では、前気候環境下で岩塊等の風化物質が運び去られてしまっている地域と、現在新たに岩塊の形成が始まっている両地域を観察できた。しかもこの両者の存在こそが氷床・氷河周辺地域の花崗岩地形の大きな特徴であることが分かった。

## 注

- 1) Leo Mark Anthony. A. Tom·Tonley (1976): *Geography & Geology of Alaska*. Polar Publishing, Anchorage.
- 2) Robert A. Henning (1982): *Alaska Glaciers*. Alaska Geographic Society.
- 3) 池田 碩 (1987) : England 南西部 Dartmoor 地方の花崗岩地形, 奈良大学紀要第16号,
- 4) 池田 碩 (1972) : モハーベ沙漠における花崗岩の剣崖と島状丘の解体消滅過程, 奈良大学紀要第20号.
- 5) 池田 碩 (1994) : 花崗岩洞の地形学的研究—韓国ソウル北方山中の虎岩寺百人窟洞—, 奈良大学紀要第22号.
- 6) D. Molenaar (1993): *Pictorial Landform Map, Glacier Bay Juneau Ice Field Region*.
- 7) Scott Foster (1988): *Mendenhall Glacier, Alaska Natural History Association*.
- 8) Robert D. Miller (1975): *Surficial Geologic Map of the Juneau Urban Area and Vicinity*. U.S.G.S.

## Summary

The author studied the granitic topography in a cold climate where even today glacial ice sheets can be seen, in this case, near Juneau, Alaska.

The characteristic of granitic topography, is the natural debris and rock blocks that are produced. Here, a study was made of how these characteristics were formed in cold climates, where they are found, and how they compare to granite topography produced under different climate conditions.

It was found that in the vicinity of a glacial ice sheet, the bedrock undergoes intensive physical weathering due to the continuous cycle of ice freezing and melting. That easily produces rock debris, but the effect is not very deep. Thus, in those places, large rock block formation is rare.

Before the last glacial age, there was a warm period during which rock block topography was formed, but this topography was scraped smooth by glaciation. As a result, today not only is there little weathering, but the landscape is smooth and gently rolling.

By looking at the fiord topography along the coast, we realize that the rock blocks previously formed were carried away during the last glacial age. They were pushed offshore to the bottom of the sea where they were deposited and remain today.

On the other hand, an investigation of the region where present day glacial ice sheets remain and are melting shows that the earlier that melting occurred, the more rock block topography developed. Thus, if global warming continues, rock block regions will develop and expand.

In other words, places where granite can be seen exposed on the surface in the study area reflect well various climate conditions. The rocks in areas where glacial ice sheets remained until recently and/or still remain today are being physically weathered by constant freezing of the ice. In these relatively young areas, only small amounts of rock debris can be seen. Even if some rock blocks are seen, they are not very large. Furthermore, such areas can be found widely distributed in concave places, on slope faces or in valleys, in every case responding well to the topography and climate found there.