

最終氷期における数量的データからみた トマムの斜面堆積物の運搬営力の変化

山本 憲志郎*

1. はじめに

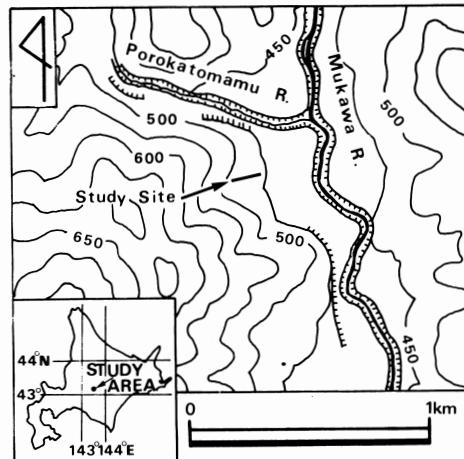
わが国における化石化した周氷河性斜面堆積物に関する研究は、おもに火山灰を利用して、その移動期と分布域を明らかにしようと試みられてきた。しかし、化石化した周氷河性斜面であるかどうかの認定は、斜面の形態と構成物の視覚的な観察のみによってなされたものが多く（たとえば、日高山脈：小野・平川、1975；木曽山脈：小泉・柳町、1981；秩父山地：清水、1983；三国山脈：高田、1986；北上山地：檜垣、1987），数量的なデータに基づいて構成物の運搬営力を認定、あるいは営力の時間的变化を推定した研究は、日高山脈で試みられている（山本、1989, 1990）にすぎない。

本稿は、北海道、トマムにおいて、最終氷期に降下した数枚の火山灰を挟在する山麓緩斜面から数量的データを採取し、最終氷期における山地斜面上での運搬営力の変化について簡略な考察を試みる。

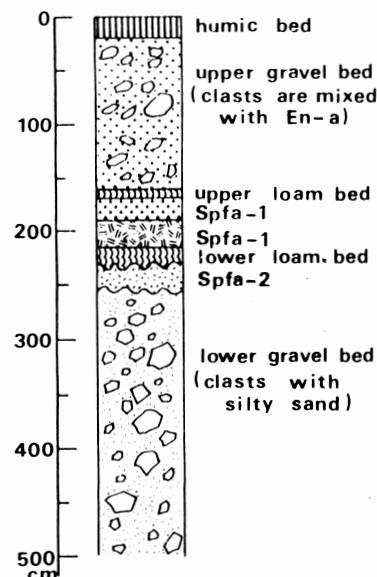
2. 調査地点の概要と計測項目

調査の対象とした露頭は、JR石勝線のトマム駅から西方に約4km、鵡川とポロカトマム川の合流部の南側に位置する。標高約700mの山地の麓部、標高約400～500mに傾斜6°～10°の緩やかな斜面が広がる。この山麓緩斜面に、土砂採取による法面がほぼ東西方向に形成されており、構成物が観察された（第1図、写真1）。周辺山地の基盤岩質は、先白亜紀の輝緑岩である（酒匂地、1967）。

第2図に本露頭の堆積物の柱状図を示す。上位より、厚さ約20cmの腐植層、その下位に輝緑岩の角礫を含むEn-a（恵庭a降下軽石）が厚さ140cm堆



第1図 調査地点



第2図 調査地点の地質柱状図

* 日本学術振興会特別研究員(北海道大学)

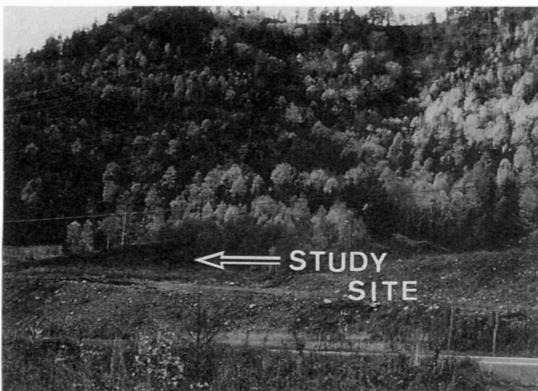


写真1 調査地点と周辺の山地斜面

積する。礫は比較的新鮮で、緑色を呈する。この層位を上部礫層と呼称する。その下位に厚さ10cmの上部ローム層、厚さ45cmのSpfa-1(支笏降下軽石1)、厚さ約15cmの下位ローム層が順次堆積している。さらにその下位に、ガラス質に富む黄白色～淡黄色のSpfa-2(支笏降下軽石2)が約25cm堆積している。この軽石層は、上位および下位層と不整合面で接している。この軽石層の下位に、少量の軽石粒を含むシルト質砂のマトリックスをもつ礫層が240cm以上確認された。礫は輝緑岩であり、上部礫層の礫に比較して、風化が進み、褐色を呈するものが多い。この礫層を下部礫層と呼称する。

本地点に認められる火山灰の降下年代は、En-aが19,000～16,000y.B.P.、Spfa-1が33,000～32,000y.B.P.、Spfa-2はSpfa-1と大きな時間間隔はない、と考えられている(北海道火山灰命名委員会、1982)。

上部礫層、下部礫層の運搬営力を推定するため、それぞれマクロ・ファブリック、礫の円磨度、粒度組成を計測した。

3. 計測結果

(1) マクロ・ファブリック

両礫層の露頭断面にそれぞれ約1m×1mのグリッドを設定した。周水河性斜面堆積物中の礫は、長軸の大きな方が、長軸方向の集中の程度が高い(山本、1991)ことを考慮して、堆積物中で十分に大きな礫として、長軸が6cm以上の礫をグリッド内から選び出し、合計25個の礫の長軸の方位と傾斜角を計測した。この計測結果に基づいて、Scheidegger(1965)、Mark(1974)による S_1 、 S_2 、

S_3 ¹⁾と、Woodcock(1974)によるC、K²⁾を算出した。計測に用いた礫を写真2に示す。

〈注〉

1) 個々の礫の長軸の方位と傾斜角を計測し、各々を単位ベクトル(x_i , y_i , z_i)で表す(ただし、 $x_i^2+y_i^2+z_i^2=1$)。ここで行列A

$$A = \begin{pmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i z_i \\ \sum y_i x_i & \sum y_i^2 & \sum y_i z_i \\ \sum z_i x_i & \sum z_i y_i & \sum z_i^2 \end{pmatrix}$$

の固有値を $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$ 、これに対応する固有ベクトルを V_1 、 V_2 、 V_3 とした時、

$S_1 = \lambda_1/N$ 、 $S_2 = \lambda_2/N$ 、 $S_3 = \lambda_3/N$ (ただしNは計測数)で与えられる。ここで、 V_1 は礫の長軸方向の平均方向を示し、 S_1 は平均方向への集中の程度を示す。

2) $C = \ln(S_1/S_3)$ 、 $K = \ln(S_1/S_2)/\ln(S_2/S_3)$ で与えられる。Cの値が大きいほど固有ベクトル V_1 が示す長軸の平均方向への集中度が高い。また、Logarithmic Ratio Plot(Y軸: $\ln(S_1/S_2)$ 、X軸: $\ln(S_2/S_3)$)において、Cの値が等しい点は、傾き-1、Y切片Cの直線上に並ぶ。Kは、計測された個々の礫のa軸方位と傾斜角を等面積ネット投影した際にできる分布の形を示す。一般に、個々の礫の長軸の方位もしくは傾斜の少なくとも一方のバラツキが大きいと、Kは小さく、分布は帯状になりやすい。また、個々の礫の長軸方向のバラツキが小さいと、Kは大きく、分布は塊状になりやすい。 $0 < K < 1$ をgirdle分布、 $1 < k < \infty$ をcluster分布と呼称する。



写真2 マクロ・ファブリック、円磨度の計測に用いた礫

結果は以下の通りであった。

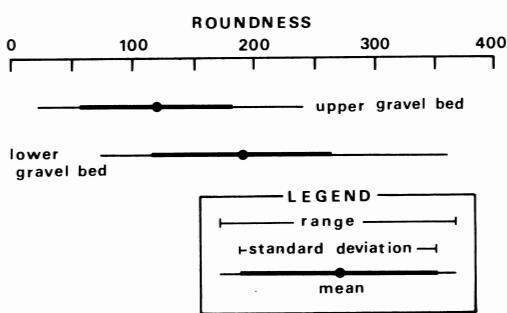
上部礫層— $S_1 : 0.688$ 、 $S_3 : 0.053$ 、 $C : 2.531$ 、 $K : 0.521$ 、固有ベクトル V_1 (計測礫の長軸の平均方向)の方向(磁北を0°として、時計まわりに表示):方位42.5°、傾斜1.4°。

下部礫層— $S_1 : 0.502$, $S_3 : 0.103$, $C : 1.585$, $K : 0.179$, 固有ベクトル V_1 の方向: 方位 351.7° , 傾斜 17.9° 。なお、計測地点直上の地表面の最大傾斜方向は、方位: 230° , 傾斜: 7° である。

上部礫層は下部礫層に比較して、 S_1 , C , K が高く、礫の長軸方向の集中の程度が高いといえる。

(2) 円磨度

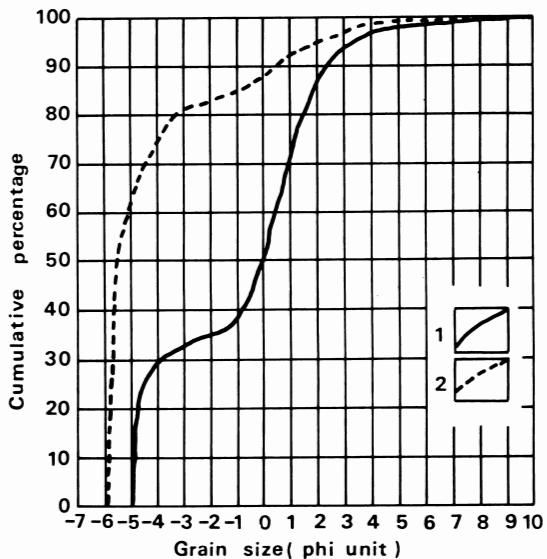
ファブリック計測礫を用いて、カイユの方法によって計測した。数値は $2r/L \times 1000$ (L : 長軸, r : 最少角稜の内接円の半径) で与えられる (King, 1966)。第3図に両礫層の計測結果を示す。上部礫層は、下部礫層に比較して平均値が小さく、より角ばった礫が多くなっている (写真2参照)。



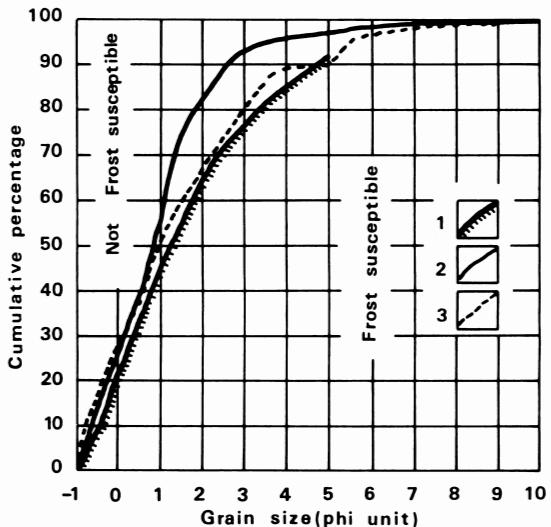
第3図 両礫層の円磨度

(3) 粒度組成

ファブリックを計測したグリッドを水平に掘り込み、風乾重量で約25kgの堆積物を採取し、分析を行った。4 ϕ 以上の成分については、1 ϕ スケールで通常の篩別によって、4 ϕ 以下の成分については、約50gをピペット法によって1 ϕ スケールで計測した。全粒分、マトリックス分 (-1 ϕ 以下) の重量加算頻度曲線を第4-1, 2図に示す。全粒分において、上部礫層は、砂 (-1 ϕ ~ 4 ϕ) の成分が多く (60.34%), 磯 (-1 ϕ 以上) はさほど多くない (36.49%) のに対し、下部礫層は礫の成分が卓越し (84.64%), 砂の成分は少ない (13.58%)。マトリックス分についてみると、上部礫層は砂の成分が卓越 (95.02%) し、シルト (4 ϕ ~ 8 ϕ) は少ない (4.62%) のに対し、下部礫層はシルト (10.63%), 粘土 (8 ϕ 以下, 0.99%) がより多くなっている。このことから、上部礫層は砂の成分



第4-1図 両礫層の粒度組成(全粒分)
1: 上部礫層 2: 下部礫層



第4-2図 両礫層の粒度組成(マトリックス分)
1: Beskow限界 2: 上部礫層 3: 下部礫層

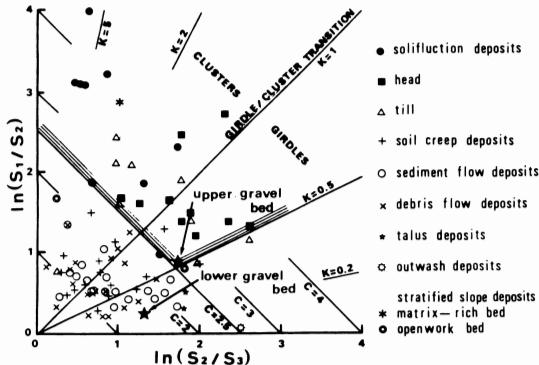
が卓越し、下部礫層はきわめて礫質であり、より細粒なマトリックスを持つといえる。なお、Beskow (1935) の分類によれば、両礫層のマトリックスは凍上性の悪いタイプに属するといえる (第4-2図)。

4. 考 察

(1) 両礫層の運搬営力

第5図は、山本 (1992, 第1図) のLogarithmic Ratio Plotに、両礫層のファブリック解析の結果

をプロットしたものである。山本（1992）は同プロット上において、すでに報告されている各種の斜面堆積物のデータの分布域を検討し、周氷河性斜面堆積物（マトリックスをもった堆積物、特にソリフラクション堆積物である可能性が高い）は、



第5図 Logarithmic Ratio Plot上における両礫層の分布
(山本, 1992の第1図に加筆)

$C > 2.5$, $K > 0.5$ のレンジに分布するとした。この推定によれば、上部礫層のファブリックは周氷河性斜面堆積物の分布域にプロットされるのに対し、下部礫層は非周氷河性斜面堆積物の分布域にプロットされる。

また、上部の周氷河性斜面堆積物の礫の長軸方向は、斜面の最大傾斜方向と平行に配列し、斜面上方に向かってインプレケーションを示す特徴が認められる（山本, 1992）。ここで、上部礫層の固有ベクトル V_1 は、斜面上方に向かって 8.4° のインプレケーションを示している。また、斜面の最大傾斜方向との偏差は 7.5° にすぎず、ソリフラクション堆積物の特徴と調和的である。一方、下部礫層の偏差は 31.7° と大きく、この値はすでに報告されているdebris flowの偏差（（山本, 1992）に近似している。

さらに、上部礫層のほとんどの礫の円磨度は200以下の値を示し、周氷河環境で生産、運搬された可能性が指摘される（King 1966）。それに対し、下部礫層はより丸みを帯びた礫が多く、流水が運搬に関わった可能性が考えられる。特に、下部礫層のマトリックスにシルト、粘土がより多く含まれているのは、水分を含んだ、流動性の大きなマス・ムーブメントによる運搬を予測させる。

以上のマクロ・ファブリック、礫の円磨度、粒

度組成の特徴から、上部礫層はソリフラクションによって、下部礫層はdebris flowのような営力によって運搬されたものと考えられる。

(2) 最終氷期における斜面物質移動期と環境変化

本地点の斜面物質移動期と環境変化を、推定された両礫層の運搬営力、火山灰の降下年代を利用してまとめると以下のようになる。

少なくとも、約32,000y.B.P. (Spfa-2降下期)以前に、debris flowのような、水分を多量に含んだ流動性の大きな運搬営力によって、下部礫層が堆積した。おそらく、寒冷で湿潤な環境であったと推定される。

中山・宮城（1984）は、山形県にある閉鎖系凹地のボーリングコア解析から、46,000~37,000y.B.P.に斜面からの土砂供給が大きかったと報じている。また、小野・平川（1975）は、襟裳岬周辺におけるSpfa-1以下の層準の斜面堆積物は、礫の長軸オリエンテーションに決まった方向性が認められず、細粒物質に粘土分が多いと報告している。これらのデータは、下部礫層の運搬営力、および堆積時の古環境と調和的である。

その後、Spfa-1, Spfa-2降下期には、斜面はきわめて安定した状態にあり、顕著な斜面物質移動は生じなかつたと推定される。

さらに、19,000~16,000y.B.P. (En-a降下期)頃からしばらくの間、斜面は再び不安定となり、凍結破碎によって生産された礫がおもにソリフラクションによって運搬され、上部礫層が堆積した。下部礫層堆積時に比べ、より寒冷で、おそらく降水量の少ない環境だったと推定される。

田村・三浦（1971）は北上山地北部において、約26,000y.B.P.以前と15,000~20,000y.B.P.に、寒冷で、おそらく少雨な環境下における周氷河性的斜面物質移動を認めている。また、檜垣（1987）は北上山地中部において、13,000~14,000y.B.P.以前に、寒冷化に伴うソリフラクションによる物質移動を認めている。さらに小野・平川（1975）は襟裳岬周辺におけるSpfa-1以上の層準の斜面堆積物は、礫の長軸オリエンテーションが斜面の最大傾斜方向に並び、細粒物質にはシルト分が多いと報告している。これらのデータは、上部礫層の運搬営力、および堆積時の古環境と矛盾しない。

なお、19,000~16,000y.B.P.頃以降における、ソリフラクションによる斜面物質移動の継続期間を特定するデータは、現在のところ得られていない。

5.まとめと今後の課題

トマムの山地斜面堆積物について、上部礫層(En-a混じりの角礫層)と下部礫層(Spfa-2以下の礫層)に区分し、マクロ・ファブリック、礫の円磨度、粒度組成を計測し、運搬営力と堆積時の古環境を推定した。

Spfa-2降下期以前(約33,000y.B.P.以前)は、寒冷で湿潤な環境下において、debris flowのような、水分を多量に含んだ流動性の大きな運搬営力によって斜面物質が運搬された。Spfa-1, Spfa-2降下期には、斜面は安定した状態にあったが、En-a降下期(約19,000~16,000y.B.P.)頃以降しばらくの間、より寒冷で降水量の少ない環境下において、ソリフラクションによる斜面物質移動が活発であった。

こうした斜面物質の運搬営力の変化が、調査地点周辺の山地斜面堆積物に共通するのかどうか、今後データを収集し、検討されねばならないと思われる。

文 献

- 小野有五・平川一臣(1975)：ビュルム氷期における日高山脈周辺の地形形成環境。地理学評論、**48**, 1-26.
- 小泉武栄・柳町治(1981)：木曾山脈主稜部における周氷河性岩屑生産。第四紀研究、**20**, 281-287.
- 酒匂純俊・小山内熙・松下勝秀・金山詰祐(1967)：5万分の1地質図幅説明書『落合』北海道開発庁, 32ページ。
- 清水長正(1989)：夕張山地南部・日高山脈西部における最終氷期から完新世初頭にかけての斜面安定性の垂直的変遷。第四紀研究、**28**, 159-170.
- 高田將志(1986)：三国山脈主稜線周辺の化石周氷河性平滑斜面・化石雪食凹地。地理学評論、**59 A**, 729-749.
- 田村俊和・三浦修(1971)：北上山地北緯地域の斜面堆積物。第四紀研究、**10**, 21-30.
- 中山知子・宮城豊彦(1984)：閉鎖系堆積物からみた最終氷期中葉以降の環境変化と斜面発達過程。東北地理、**36**, 25-38.
- 檜垣大助(1987)：北上山地中部の斜面物質移動期と斜面形成。第四紀研究、**26**, 27-46.

北海道火山灰命名委員会(1982)：『北海道の火山灰』北海道火山灰命名委員会, 23ページ。

山本憲志郎(1989)：完新世における日高山脈北部の周氷河性斜面堆積物の移動期。第四紀研究、**28**, 139-158.

山本憲志郎(1990)：日高山脈北部における周氷河性斜面堆積物の数量的性質。地理学評論、**63 A**, 285-314.

山本憲志郎(1991)：周氷河性斜面堆積物における礫径および礫の形態とファブリックストレングスの関係。地形、**12**, 135-146.

山本憲志郎(1992)：周氷河性斜面堆積物におけるマクロ・ファブリック。地理学評論、**65 A**, 114-123.

Beskow, W. (1935) : Tjälbidningen och tjälllyftningeg med särskild hänsyn till vägar och järnväger. *Sver. Geol. Unders. Årsbok.*, **26(3)**, Ser. C, 1-242.

King, C. A. M. (1966) : *Techniques in geomorphology*. Edward Arnold, London, 342p.

Mark, D. H. (1974) : On the interpretation of till fabrics. *Geology*, **2**, 101-104.

Scheidegger, A. E. (1965) : On the statistics of the orientation of bedding planes, grain axes, and similar sedimentological data. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, **525-c**, 164-167.

Woodcock, N. H. (1977) : Specification of fabric shapes using an eigenvalue method. *Geol. Soc. America Bull.*, **88**, 1231-1236.