

建設省新庄工事事務所 ○米沢谷誠悦
菅原 精晃

1. はじめに

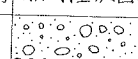
「五月雨を集めてはやし最上川」と芭蕉がうたった最上川の中流部に流入する左支川の一つに銅山川がある。銅山川はその水源を月山に発し、流域面積 186 km²、流路延長 36 km の荒廃河川で昭和 22 年より直轄砂防工事が行われている。流域内には最上台、湯の台、蕨野、深沢野、今小屋野、塩台等の平坦な台地があり、この台地は肘折火砕流堆積物によって形成されている。台地を形成している肘折火砕流堆積物は未固結の軽石流堆積物(シラス)が主体となしているので、ここでは「肘折シラス」と呼ぶことにする。このシラス台地を侵食している川としては古道沢、大曲沢、上野川等があり、侵食が著発なため本川へ多量の土砂を供給している。今回は肘折シラスが分布する流域の砂防計画をたてるため、侵食形態・土砂移動量・土質工学的性質について調査を行い、南九州シラスとの比較を行なった。

2. 肘折シラスの分帯

肘折シラス層の露頭観察を大曲沢で行い、礫の含有量と堆積状況の変化から各部層の分帯を行った。ここではシラス層の用語を、南九州で用いられている狭義の定義「軽石流堆積物の非固結部」、すなわち、一次シラス(ふつうシラス)のみに限定せず、二次シラスや一次シラスの堆積時の間で形成された砂礫層まで含めた広義のシラスを対象としている。

大曲沢における肘折シラスの垂直方向の分帯は表-1に示すようにHg-1からHg-5の5層に分帯できる。この分帯が工学的に見た場合に妥当なものであるためには、工学的性質が各部層の分帯毎に特性を持ち、しかもそれぞれの特性が重複しないことが望ましい。工学的分類の要素となっている指標硬度と比較的測定値が多くて、侵食、崩壊に対する有効な指

表-1 大曲沢流域の地層

地質時代	地層名	記号	模式柱状図(層厚m)	摘要
第四紀	衆流堆積物	rd		礫、砂、シルト、粘土よりなる。
	肘折シラス層	崖錐性二次シラス	tl2	0~5 崩壊性の二次シラス。乱されて、ごく軟弱な堆積物となっている。
		水成二次シラス	llg-5	5 上部は斜交葉理の発達した砂質シラス、下部は礫層と砂質シラス層の細互層状を呈する。(風成層の可能性もある。)
		一次シラス		
		軽石流堆積物	Hg-4	20 細礫(φ=5~20%)を含む砂質シラス。新鮮な部分は灰白色であるが、風化により赤褐色を呈することが多い。
		礫層	Hg-3	2~4 花崗閃緑火成礫(φ max. 1,000%)を主体とし石炭安山岩本質礫を伴う礫層。
		軽石流堆積物	Hg-2	30 軽石流中に礫(φ 30mm以上)を相当量(30~50%)含む。新鮮部は灰色で急崖を形成する主要部層。礫は花崗閃緑(花崗閃緑の凝灰岩等)が多い。
第三紀		礫層	llg-1	30 砂質礫質シラスまたは旧河床堆積物。局部的に分布する。花崗閃緑岩第三紀層火成岩堆積物等の異質礫を多量に含む。
	古口層	Fg		暗灰色~暗青灰色のシルト~泥岩一般に層理塊状を呈す軟岩である。

標となると考えられる荒掘抵抗測定値について各部層の分帯域を調べると図-1に示すとおりである。空間的に隣りあう分布する各部層とうしかほとんど重複しない特性値を示しており、地質的分帯が工学的にも妥当な分帯であることがわかる。

3. 侵食形態

侵食形態としては谷頭の崩壊と渓岸の水衝部の崩壊が多く見られ、このうち谷頭における崩壊に特徴がある。谷頭の崩壊は図-2に示すように平面的に馬蹄形状を呈し、崩壊壁面はほぼ直立もしくはオーバーハングの状態になっている。大曲沢では融雪時にHg-4(軽石流堆積物)とHg-3(礫層)の境界付近で湧水が見られる。また、Hg-3の層が上位のHg-4の層より硬いために、この箇所で滝が形成されている。同様に、Hg-2(軽石流堆積物)とHg-1(礫層)の境界面から恒常的な湧水が見られる。

谷頭の進行形態は図-3のように考えられる。

① 降水、融雪水が最上部の水成シラス(Hg-5、二灰シラス層)中を浸透、あるいは地表を溢流する。

② 浸透水は塊状の上部軽石流堆積物(Hg-4、一次シラス“アズキ色”)中から湧水し、アズキ色シラスの流出、崩壊が先におこる。

③ 浸食崖はオーバーハング状になる。

④ 上に残された水成シラス(Hg-5)に縦方向のクラックが発生する。

⑤ 水成シラス層がクラックから分離し、倒壊、崩壊する。

⑥ ①のくし返し(①')

これと同様なプロセスでHg-3の礫層とHg-2の侵食も行われている。

4. 土砂移動

大曲沢の1年間(昭和58年)における谷頭の崩壊状況と溪流の土砂の移動量を表-2に示す。馬蹄形の急崖の谷頭においては年間

に約5mの後退が見られた箇所があり、シラス台地の崩壊がいかに激しいかがうかがわれる。大曲沢の小支流、延長750mの区間について年間の土砂の変動量を測定したところ、下流へ流出した土砂量

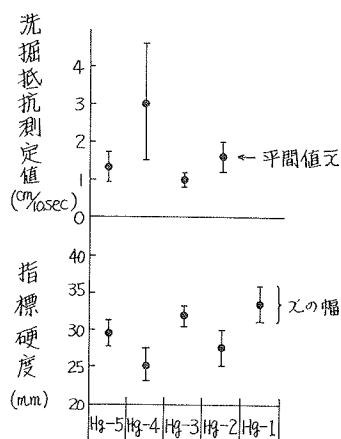


図-1 各地層の工学的特性値の分布

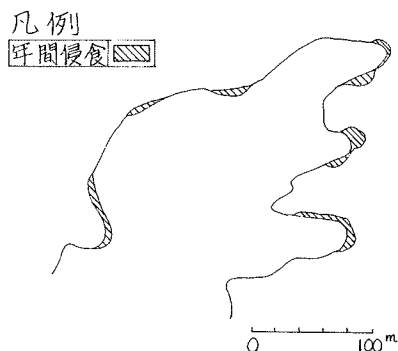


図-2 谷頭崩壊の平面形状

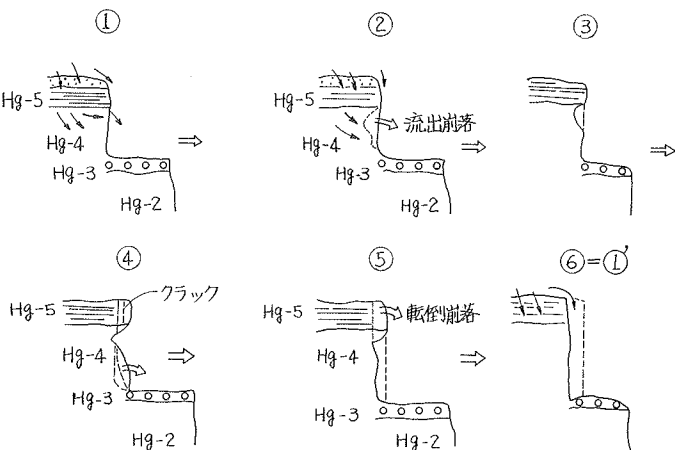


図-3 大曲沢における谷頭進行のプロセス

は約17700m³という結果が得られた。この区間の溪床勾配は約9°(1/6)である。流域のほとんどがシラス台地なので流域界がはっきりしないが溪流延長750mの区間に対する流域面積はおよそ0.4km²である。

調査地の年降水量は約2800mmで、日本海内陸地方に位置するため冬期の積雪量が非常に多く、12月～2月の3ヶ月間の降水量は年降水量の約40%を占めるに至っている。また、4.5月の融雪出水期に年間流量の約45%が集中している。

5. 南九州シラスとの比較

我国で一般にシラスというと南九州のシラスに代表されるので、肘折シラスと南九州のシラスの代表的性質について比較を行い表-3に示した。

表-3 肘折シラスと南九州シラスの特徴比較

(1) 比重
シラスの特徴として比重の小さいことがあげられるが、南九州のシラスの比重が2³～2⁵であるのに対して肘折シラスは2⁶～2⁷とかなり大きな値となっている。

(2) 粒度
南九州のシラスは粒が細かく、数十ミクロン～数百ミクロンの粒子が含まれている。南九州のシラスと比較すると肘折シラスは礫分(2mm以上)が多い。これは噴出形態、噴出規模、噴出源からの距離等の違いに起因するものと考えられる。ただし、豊牧(二次シラス)では粘土、シルト分が18～30%、砂分が52～70%の範囲で含まれており、大曲沢のシラスよりも南九州のシラスに近い粒度分布になっている。

(3) 湿潤密度
南九州のシラスは概ね1.1～1.5g/cm³の範囲内にあるのに対して、肘折シラスは1.7～1.9g/cm³と非常に大きい値を示す。

(4) 硬度、荒掘抵抗
南九州のシラスと比較すると、肘折シラスは同じ指標硬度に対する荒掘抵抗値が著しく大きい。これは南九州のシラスよりも肘折シラスが粗粒で湿潤密度が高いことに起因するものと思われる。

(5) 火山ガラス

表-2 土砂移動状況		
移動種別	移動量	備考
谷頭の後退	最大5m/年	馬蹄形の急崖の谷頭
流出土砂量	17700m ³ /年	溪流延長750m区間

項目	肘折シラス	南九州シラス
比重	大きい (2.6～2.7)	小さい (2.3～2.5)
粒度	礫が多く粗粒(大曲沢) (礫分 : 30～40% 砂分 : 60～80% 粘土シルト分 : 1.0%以下)	細粒 (礫分 : 20%以下 砂分 : 60～80% 粘土シルト分 : 1.0～35%)
湿潤密度	大きい (1.7～1.8g/cm ³)	小さい (1.1～1.5g/cm ³)
硬度	中硬～硬質(25～35)	軟～硬質(20～35)
荒掘抵抗	大 (30～140 sec/12.7cm)	一般に小 (1～20 sec/12.7cm)
透水性	中～小($k=10^{-3} \sim 10^{-5}$ cm/sec)	中～小($k=10^{-3} \sim 10^{-5}$ cm/sec)
強度	$C = 0.1 \sim 0.4$ kg/cm ² $\phi = 36^\circ \sim 42^\circ$	$C = 0.1 \sim 0.5$ kg/cm ² $\phi = 29^\circ \sim 39^\circ$
鉱物組成	火山ガラスが主体で斜長石、石英などの主成分鉱物の他に、角閃石、紫蘇輝石および普通輝石、磁鉄鉱等を含む。岩片として安山岩、珸化凝灰岩、流紋岩が含まれる。火山ガラスの発泡率は低い。 ⁽¹⁾	火山ガラス(80%程度)が主体で斜長石、石英および紫蘇輝石などの主成分鉱物の他に普通輝石、角閃石および磁鉄鉱などを含む。火山ガラスは細繊維状、海綿状および破砕状を呈す。 ⁽²⁾
化学組成	SiO ₂ 63～66%, Al ₂ O ₃ 15～16%, Na ₂ O 3.5～4.1%, K ₂ O 1.5～1.9%, CaO 4.1～4.8%およびFe ₂ O ₃ 1.9～2.7%などが多いが他にFeO, MgO, MnO, TiO ₂ , P ₂ O ₅ などを含む。なおH ₂ O ⁺ は1.5～2.3%, H ₂ O ⁻ は0°～0.5%である。(Ue, 1971より)	大略的にはSiO ₂ 64～72%, Al ₂ O ₃ 13～16%, Na ₂ O 3.2～4.1%, K ₂ O 1.8～3.1%, CaO 1.9～3.5%およびFe ₂ O ₃ 0.1～2.8%などが多いが他にTiO ₂ , FeO, MnO, MgO, P ₂ O ₅ などを含む。なおH ₂ O ⁺ は2.3～3.9%, H ₂ O ⁻ は0.3～0.7%である。 ⁽²⁾

シラスの主成分は火山ガラス（珪酸）で、南九州のシラスの場合、多いもので80%程度含まれている。肘折シラスの鉱物組成も火山ガラスが圧倒的に多く、このほか斜長石、石英等を含んでいる。火山ガラスは発泡し、崩れ易い性質があるが、肘折シラスは南九州のシラスに比べて発泡度が低い。

6. 対策工

平地の少ない山間部において貴重な生活の場となっているシラス台地の保全、さらに本川の河道埋塞を防ぎ河積を確保するためには適切な対策が必要である。肘折シラス流域では谷頭および溪岸の崩壊、侵食が激しいので、その対策工を表-4に示す。

シラスは雨水および表流水の侵食に対する抵抗が極めて弱いため、谷頭周辺および法面上に排水工を設け表流水が直接法面を侵食しないように対処しなければならない。谷頭では積極的に山腹工を実施して土砂の生産抑制を図り、谷頭の後退を防止することが必要である。調査地内では山腹工として等高線土のう留工法が用いられて良好な結果が得られている。等高線土のう留工法とは土留擁壁の上に等高線に沿って、高さ1m、幅1mの小段を切り、この小段上に土のうを一行に並べて土留とし、その間に草木を植え込み盛土したものである。

表-4 主な対策工	
地形的位置	対 策 工
谷 頭	・表面排水工
	・山腹工 (等高線土のう留工法)
	・砂防ダム
溪 岸	・護岸工

7. おわりに

大曲川の流域を中心に肘折火砕流堆積物（肘折シラス）を調査した結果、南九州のシラスよりも侵食に対する抵抗が大きいことが判明した。しかし、通常の岩石に比べると侵食に対する抵抗は小さく、大規模な谷頭の崩壊等の特異な侵食形態を形成している点では南九州のシラスと共通している。シラスの工学的性質は決して均一ではなく、場所や深さによってかなり相違が見られる。

参考文献

- 1) 地熱-VOL.10, NO.2 (NO.36) 山形県の地熱調査の概要(1)-肘折地区5万分の1地質図幅説明書「月山」
- 2) 福岡幹男, 金光勝明, 江頭義昭, 田中弘: 九州地方における火砕流の工学的特質と問題点, 応用地質調査事務所年報 NO.1, 1971.