

101 インドネシア クルー火山の侵食特性

砂防エンジニアリング株式会社 大石道夫
 日本工営株式会社 大内 実
 日本工営株式会社 水原嘉男

1. 概要

火山地の侵食微地形を被侵食性の点から分類すると表1のごとくあらわすことができる。

2. クルー火山の荒廃特性

クルー火山本体とその山麓緩斜面の荒廃性の特徴を表1の分類表と対照すると次のとくである。

1) 山頂部の火山本体（表1（以下同じ）のa₁b₁に相当する）は解体のピークを過ぎ、著しく開析されている。クルー火山が溶岩を噴出しなくなつて久しいことを示している。

山体の開析と、ヌイアルダンテ（火碎流）やプライマリーラハール（熱土石流）の相次ぐ噴出によって、

山頂部では植生は枯死して裸岩斜面となり（a₃b₁），山麓に広大な山麓緩斜面が発達する（a₂b₂，a₂b₃）。この山麓緩斜面は、図1にみられるように南西方向に発達している（1990年の降灰分布の方向性と調和的である）。

また、クルー火山の場合ラハール発生の誘因が火口湖の水位上昇に伴う噴火である場合には、ラハールの規模や挙動に大きく関係する。

- 2) 山体の東側にみられる岩峰はscoria, pumiceの成層部が侵食から取り残されたと思われることから、山体のほとんどすべてが溶岩ではなく、ルーズになりやすい、あるいはルーズな堆積地形（a₁b₂，a₁b₃）が残されていることを示している。
- 3) 有史以来の噴火履歴は表2のとおりで、降灰量は1966年に $9 \times 10^7 \text{ m}^3$ ，1990年に $12 \sim 15 \times 10^7 \text{ m}^3$ と報告されている。このことは各溪流水源部に不

表1 火山地の侵食微地形

マグマの活動による分類 被侵食性による分類	噴出したマグマがつくる地形 a ₁	マグマの活動に付随して生ずる地形 a ₂	マグマの活動とは直接関係しない地形 a ₃
侵食されにくい地形 b ₁	溶岩流堆積地形、溶岩台地、溶岩円頂丘など		
ルーズになりやすい地形 b ₂	火碎流のつくる地形 軽石流、スコリア流等の堆積面	爆裂火口壁 カルデラ壁裸岩斜面 一次火山泥流堆積面 二次火山泥流堆積面	後火山作用を受けた地形 副次的に堆積物の枯死による裸岩斜面、凍結融解による裸岩斜面
ルーズな地形 b ₃	火碎下降堆積物の載る地形 軽石、スコリア、火山砂礫、火山灰等の堆積地形、火山碎屑丘	山体の崩壊によって生じた岩屑の堆積地形	二次の火山泥流堆積面、裸岩斜面下の崖錐、ガリ・V字谷の侵食谷壁 山腹、山麓緩斜面 火山山麓局状地 火山性地すべり
マグマの堰き止めによる埋積谷			
火山山麓緩斜面			

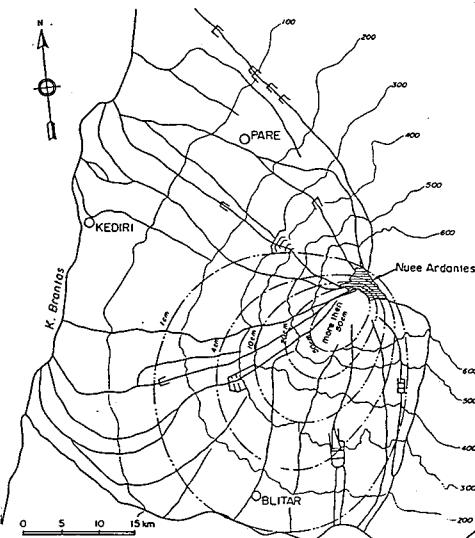


図1 クルー火山の山麓緩斜面の発達の方向（南西方向）と1990年の降灰分布図

安定土砂が蓄積してきたことを示している ($a_1 b_2$)。

表-2 クルー火山の噴火、災害履歴

- 4) 相次ぐ降灰のため、標高1,200m以上の火山性裸岩斜面(a_3b_3)には植生はみられず、その基部には岩屑が常時堆積する(a_3b_3)。また降雨に伴う裸岩斜面の崩壊、崖錐のガリ侵食が活発である(a_3b_3)。

5) 山体を放射状に流下する諸渓流は、山体中あるいは山体を離れると厚い堆積層を開析して比高100m以上に達するU字谷、V字谷を形成し(a_3b_3)、下流部に巨量の土砂礫を流下させている。

6) 溪流河床は一般的に山麓緩斜面の中腹部で山麓緩斜面と交差(intersection point)し、これより下流側で網状流となって、氾濫面を形成し、さらに下流部では多数の細流となってブランクス川に合流する。

7) 流域の土砂生産は上流域では谷壁斜面の崩壊(a_3b_3)、中、下流域では溪岸の侵食によるものが主体で、それに新規の火山灰の流下が付加される(a_1b_3)。

以上のように流域全体がルーズになりやすい地形 (b_2) あるいはルーズな地形 (b_3) であるため、中小洪水によっても著しく侵食され、流域全域の溪流が荒廃河川である。

3. 薦奨特性からみた溪流の分類

クルー火山から放射状に流下する溪流は図2に示すように北方-西方-南方に分布し、荒廃性から

噴火年月日 (西暦)	死 傷 者 (人)	損 失 資 産	クーラー よりの 放出水量	降 灰 量
1586	10,000			
1752. 5. 1	記録なし			
1771. 1. 10				
1811. 6. 5				
1826. 10. 13				
1835	記録なし	65村		
1848. 5. 16	21	11村, コヘ-100,000本		
1851. 1. 24	記録なし			
1864. 1. 3	多數	人家数100戸		
1901. 5. 22	~			
1919. 5. 19	5,110	104村, 人家数 900戸, 家畜 1,571頭, 耕地 135ha	40(10^4 m ³)	
1951. 8. 31	7	耕地 70ha	1.8(10^4 m ³)	
1966. 4. 26	212 (死者) 74 (行方不明) 89 (負傷者)	耕地 116ha	20(10^4 m ³)	9 (10^7 m ³)
1990. 2. 15	33 (死者) 2 (行方不明) 82 (負傷者)	人家数 583戸, 小学校25校 耕地 95ha, 農園24.8ha, 森林 39ha等		12~15(10^7 m ³)

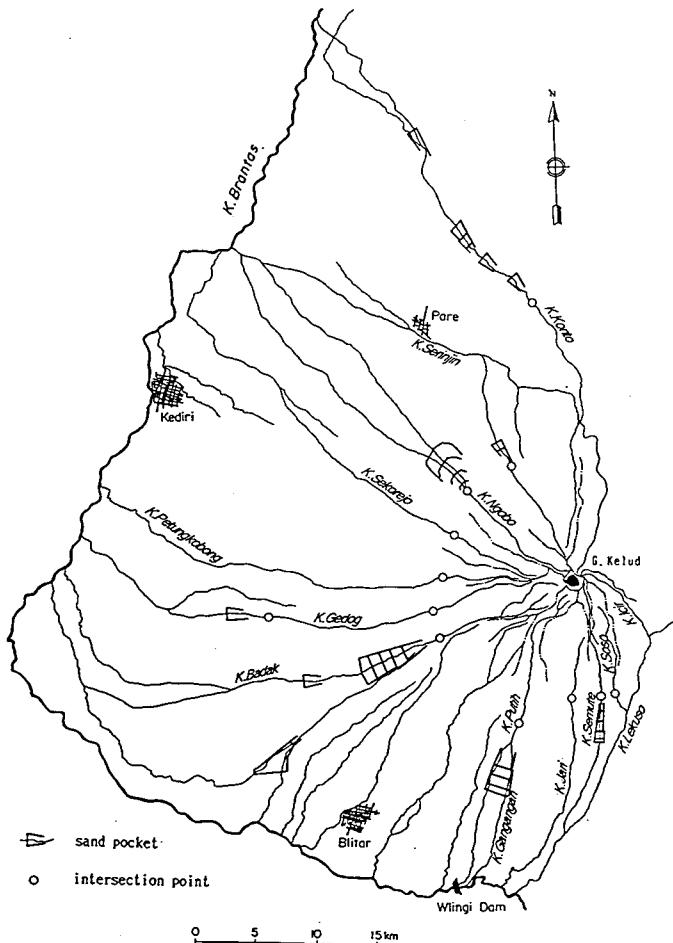


図2 クルニ火山の本系分布図

(sand pocket および intersection point を付記)

以下の A, B, C の 3 つ

のタイプに分類される。

A : 火口湖西方 1.5 km の山峰に源を発し、西斜面を西流するもので、クルーア山溪流中最も安定した溪流 -----
K.Sekorejo,
K.Petungkobong,
K.Gedog,
K.Serinjin,
K.Jari

B : 地形的、地質的に荒廃性の点で比較的安定した溪流 --

K.Lekso,K.Konto

C : クルーア火山の外輪山稜線に水源を発する溪流で荒廃性が著しい溪流 -----

K.Ngobo, K.Semut, K.Badak, K.Putih,
K.Konto 左支川, K.Lekso 右支,
K.Icir, K.Soso

4. 溪流の一般的な侵食特性

クルーア火山の溪流は水源からプランタス川に合流する間に図 3 に示すように intersection point を持ち、その上下流で 4 つのゾーンに分けられる。

- ① 山体を下刻し、U 字谷、V 字谷を形成する侵食域、
- ② 溪床が侵食域を離れ、山麓緩斜面と交差する intersection point を持つ、
- ③ intersection point で土砂は氾濫し、ここから流路は網状流となる。
- ④ 網状流の末端はしばしば流路が消えるいわば流路の空白域がみられる。
- ⑤ 網状細流化した流路のあるもの、あるいは新しい流路が空白域下流から現われ、溝に近い河道となってプランタス川に注ぐ。

以上 intersection point と 4 つのゾーンに着目すると、各溪流の侵食特性は表 3 のごとくなる。

5. 溪流の侵食特性と砂防計画の考え方

個々の溪流の侵食特性は省略し、以下に概括的に述べる。

5.1 土砂生産とその軽減

- 1) 新規火山灰

表 - 3 溪流別侵食地形分帯

渓流名	侵食域	Intersection Point	氾濫域	空白域	下流流路域	Sand pocketを持つ渓流	摘要
Lekso	○ U字谷	×	×	×	○		全体に下刻の傾向
Icir	○ U字谷	× G.H.	×	×			
Soso	○ U字谷	○ 450m	○	△			
Semut	○ U字谷	○ 450m					
Jari Putih	△分岐・蛇行 ○ V字谷	○ 475m ○ 350m	○ ○	△一部	○ ○		
Gangangan Badak	×	○ 425m	○ 侵食活性発化	×	○		V字谷：軽石堆積層谷幅広い
Gedog Petung Kobong	△	○ 425, 275m ○ 425m ○ 475m ○ 375m	○ ○ ○ ○	○ ○ △	△ △		Sandpocketの位置が下流すぎる
Sekorejo Ngobo	△						
Serinjin	△ 滞れ谷	○ 425m ○ 250m	○ ○ ○	○ ○ △	○ ○ △		
Konto	○ U字谷	○ 200m	○ ○ ○	×	○ ○		

○: 観察なもの (Sand pocket の欄を除く)

△: 観察でないもの

×: 持たないもの

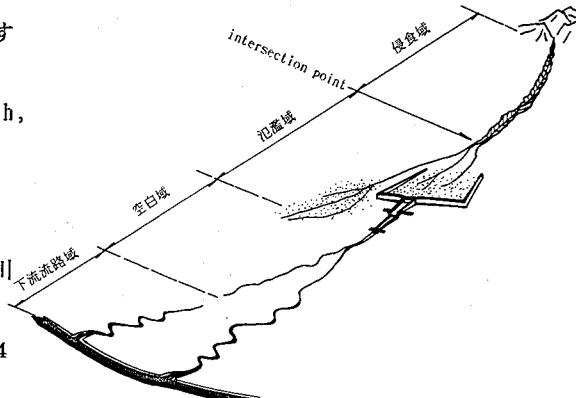


図 3 溪流の分帯図

クルーアイアンでは10数年のインターバルを置いて中・小規模の噴火がみられ、新しい火山噴出物が流域に供給される（表2参照）。過去の噴火事例から一回の噴火による降灰量の平均的な数値の決定、1 cycle 中に河道に流入する土量の推定と年次的な流入量の変化パターンの検討が必要である。また、火山灰堆積地の植生は枯死するが、枯死した植生も土砂流出の抑制効果をもっていることが、降灰半年後の現地調査の結果からうかがえるので、植生による土砂流出抑制効果の評価の検討も必要であろう。

2) 侵食谷の拡大

新規火山灰を除けば生産土砂の主体は溪流最上流部の顕著な侵食谷の拡大である。横工により河床上昇と分級をはかるとともに、特に水衝部を重点に渓岸崩壊の拡大防止をはかることが必要であろう。横工には、横工下流側の侵食軽減の目的から透過性のダムが好ましい。

3) 横工下流の二次侵食

sand pocket 等の横工下流の二次侵食による土砂生産は高いウェイトを占めている。現状では、下流側水路を分散することによって網状化、細流化することが、氾濫域、空白域の実態からみて合理的である。しかし、水理模型実験等、基礎的な検討も併せ行うことが必要である。

5.2 土砂流出とその制御

1) 溪流の地形的特徴に調和的な計画

クルーアイアン溪流の特徴は、intersection pointを持つこと、氾濫域、空白域を持つことである。これは本地域の土砂流出、堆積の特性を表している。

一般的には、intersection pointを下流側に移行させること、つまり、谷床の下刻を促進して河岸を安全な段丘面に変えるのが地形的にみた本来の方法であるが、本地域では莫大な流出土砂をストレートにブランタス川に流下させることを避けることが要求されること、ブランタス川が局所的な侵食基準点となっていて、この点から河床の縦断形に制約があること等から、水源から合流点まで地形特性に調和した形での土砂水理学的検討が必要である。その際、氾濫域、空白域の透水性が一つの大きな要素となっていることに留意すべきである。

2) sand pocket の機能

既設のsand pocket はintersection pointの直下流の氾濫域に築設されていて（例外もある）、その点では合理的である。しかし、sand pocket 内の水流、土砂の挙動についてはまだ明らかでない点があり、局所的な堆積による被災事例も知られている。空中写真判読等によるsand pocket 内の土砂の挙動の実態把握、水理模型実験等による解析等により、局所的な堆積を避け、sand pocket 内にまんべんに堆砂する工種の検討が必要である。またsand pocket より下流には流水の集中を避けるため、分流方式が望ましい。しかしこれには、年間を通して極めてきめ細かく配水されている灌漑用水路との関連を水と土砂の両面から充分に検討する必要がある。

6. おわりに

クルーアイアンにおける流出土砂の制御が大きな問題としてとりあげられているが、その対策を考える場合に、各溪流の侵食特性を地形変化という点から捉え、これと調和的に対策を計画することが必要である。現在その手法が確立されているわけではないが、今後この側面からの調査、検討が期待される。