

83 火山性荒廃溪流における 堆積層序の形成と性質について

丸谷知己（九州大学農学部）

1. 研究目的

活火山では、ガリーの形成に起因する土砂移動が多発し、これを予測するために堆積物の浸透能や排水特性などの物理性を知ることが必要である。火山性荒廃溪流では、降下堆積物、掃流堆積物、集合堆積物などが地表面下数十cmから数mの間に独特の堆積層を形成している。これらの堆積層の粒径、密度、厚さ、層序によって、降雨の浸透と保水とはさまざまに異なることになり、それによって表面流の発生条件が全く異なる。しかし、これまで火山性荒廃溪流での表面流の発生条件は、せいぜい2、3地点での堆積地表面での浸透能の測定結果をもとにして論じられている。

本研究は、火山体のガリー形成に果たす堆積層の役割、特に表面粒の発生条件に対する役割を明らかにすることを目的としている。本報告では、溪流と山腹斜面とで(1)噴火口を中心とする方向別に堆積断面での層序(stratification)調査をおこない、(2)それぞれの堆積断面の堆積層一層ごとの現場浸透試験と実験室での排水特性とを調べた。その結果、火山体の堆積層は鉛直方向に不連続な給排水特性を示すことと、堆積層序は噴火口を中心とする方向別に一定のパターンを示すことが確かめられた。

2. 活火山でのガリーの役割

活火山でのほとんどの土砂移動現象は、ガリー(gully)の形成と発達にともなって生じる。噴火口の周囲の斜面ではもちろん、溪流内での土砂移動でも terrace depositにガリーが形成されることが原因である。ガリー幅が拡大する時も、ガリー壁の崩落に続いて terrace depositが形成され、その表面でガリーが形成されることによって土砂移動が開始される。このことは、溪流幅を小さく設定した実験水路では実現しないが、溪流幅の十分に広い実際の溪流で観察すればただちに明らかになることである。

図1は、1980年と1981年の2年間、桜島野尻川で土石流が発生した直後に毎回地形測量した結果の一部(溪床勾配6°)である。(a)堆積地が形成された直後に再びガリーが形成されている場合と、(b)以前からあった堆積地にガリーが形成されている場合と、(c)上流から下流にガリーが抜けている場合とがある。(a)や(c)では別の原因も考えられなくはないが、すべての(b)といくつかの(a)と(c)は、ガリーの形成が土砂移動の原因になっていることがわかる。

また、図2は黒神川扇状地で、後述する堆積層序の分析から地形変化を再現したものである(溪床勾配3°)。図の4や10の様に、わずかな勾配の扇状地でもガリーの形成が土砂移動の原因になりうることがわかる。このようなガリーの痕跡(幅数mから数十cm)は、溪流をつぶさに観察すればあるところで見つかるが、実験水路では一般に流路幅が数十cmと狭く相似則を満足できないため、ほとんど実現しない。

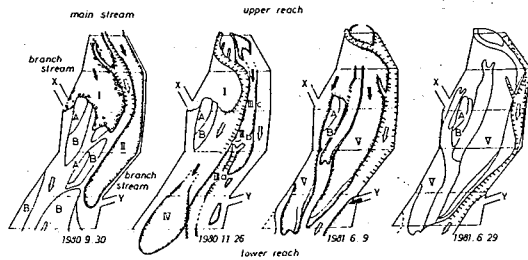
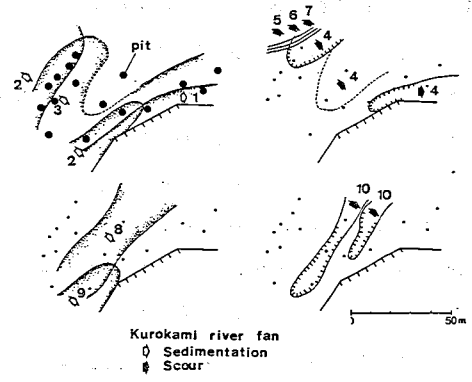
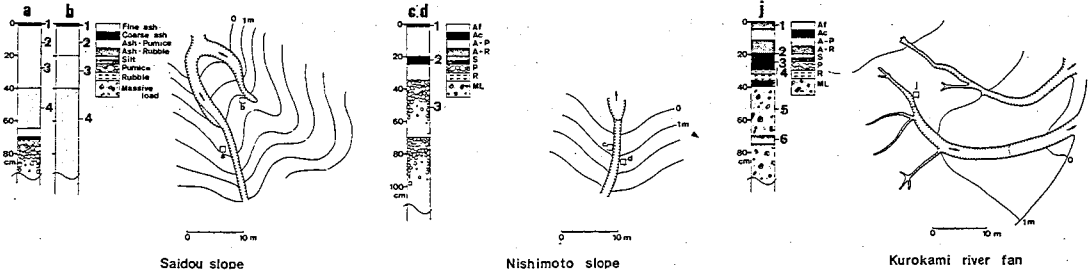


図1 桜島野尻川（7合ダム上流）での堆積地形変化 ↑
 図2 桜島黒神川扇状地での堆積地形変化（部分） →
 図3, 図4, 図7 堆積層序と調査地点の周囲の地形 ↘



Kurokami river fan
 ○ Sedimentation
 ⊕ Scour



3. 堆積層序による堆積過程の推定

火山灰などの火砕物が噴火口を起点として周囲に拡散して堆積する（降下堆積物）のは活火山の特徴である。火砕物が拡散する方向は噴火時の高層の気象条件によるが、緩斜面上では降下堆積物の供給源は常に噴火口である。また、溪流では、これら降下堆積物のほかに、降雨時にのみ上流から移動してくる掃流堆積物と集合堆積物とがある。したがって、活火山では、斜面や溪流の堆積層はすべて「流れてくる物（flow type）」と「降ってくる物（fall type）」との組合せと考えてよい。特に、ガリーの形成直前の数年間に堆積した、表層から深さ数十cm～1m程度の堆積層は、ガリー形成に大きな働きをしていると考えられる。

図3から図7には、堆積層序の調査地点（トレンチ掘削地点）の周囲の地形とそこでの堆積層序とを示す。また、噴火口に対するそれぞれのトレンチの位置を図8に示す。図3, 4は凹形の斜面、図5, 6は溪流の段丘状堆積物（terrace deposit）、図7は扇状地の氾濫原である。これらの堆積物は、細粒火山灰（fine ash: Af）、粗粒火山灰（coarse ash: Ac）、火山灰とボラ（ash-pumice: A+P）火山灰と細れき（ash-rubble: A+R）、シルト（silt: S）、ボラ（pumice: P）、細れきすなわち掃流堆積物（rubble: R）、集合堆積物（massive load: ML）に大きく区分できる。AfとAcとは fall type, A+PとA+Rとは fall typeまたはその二次堆積物、Sは水中沈澱物、Pは後続流により定着した堆積物、Rは掃流移動、MLは集合移動による堆積物とそれぞれ考えられる。

fall type のAfとAcとは、ひとつの溪流では短い区間では同じ種類のものによって覆われていると推定できるから、これらを key bedにして flow typeの堆積過程を再現することができる。さらにサンプルの粒度分析をおこなえば、fall type もflow type も、ほぼ確実に層間の同定をおこなうことができる。このようにして、作成したのが図2である。

4. 堆積層の浸透能と排水特性

図9は、堆積層の一層ごとについて現場浸透試験をおこない、鉛直方向での最終浸透強度（以下、浸透能）の変化を示したものである。f: t時における浸透強度、 f_0 : 初期浸透強度、 f_c : 最終浸透強度、k: 土地によって決まる定数、t: 時間とすると浸透能は、

$$f = f_0 + (f_c - f_0) \cdot e^{-kt}$$

で表される。浸透能の鉛直方向での変化は、3つのTypeに分類することができる。Type1は野尻川と持木川、Type2は有村川と黒神川扇状地、Type3は西道川と西元川が適合する。Type1は表層の少し下方に浸透能の低い層の現われるもの、Type2は浸透能の低い層と高い層とが交互に現れるもの、Type3は表層で最も低い浸透能を示しそれ以下の層で徐々に浸透能が高くなるものである。

Type1からType3までの区分は、それぞれの溪流での土石流発生頻度とよく対応する¹⁾。実験室における火山灰の浸透能と侵食機構の研究は山内ら²⁾が詳しい。火山灰の最終浸透能を0.5~6.0mm/minと報告しており（本報では火山灰については1.0~8.0mm/min）、これを用いて間隙水圧の発生による崩壊実験をおこなっているが、実験には野尻川の1種類の堆積層しか用いていない。現地調査に基づいてflow typeの含めた堆積層をType1~Type3の様に組み合わせれば、さらにより結果が得られると思われる。

図10は、堆積層を一層ごとサンプリングし、恒温恒湿状態において水で飽和させたのち、吸湿板上で一定負圧で浸透水を引き続けたものである。約1週間にわたり、数分~数時間間隔でサンプルの重量測定をおこない、排水特性を調べた。いずれも飽和後約1時間で急激に排水するが、その後もほぼ一定速度で24時間以上排水し続ける（長いものでは1週間後も一定割合で排水を続けていた）。多くは排水がほぼ終わるまでには数日以上かかるので、図には、飽和および排水開始後24時間たったときの重量を基準として、これと排水開始後1分後、10分後、60分後の重量との比を示した。

排水特性は火山灰の結果のみを示したが、a, b-2, c/d-1,2, e, f, g, h, i, j-1,2/3,6は類似しており、火山灰の一般的な排水パターンと考えられる。しかし、中にはb-3のように急激に排水するものや、j-4のようにきわめて排水の悪いものも含まれる。密度は、全体で0.927~0.855であるのに対して、b-3が1.038、j-4が1.394であるから、それほど特異な値でもない。また、h-2のように水中で沈澱したシルト層が止水面（調査時に水溶層を形成）となっているものもあるので、実験室で1層だけの排水特性をみても結論は下せない。春山ら³⁾はセメンテーション層と不透水層を含む崩壊実験をおこなっているが、試料の粒度組成からみれば、1種類の火山灰での実験と見なされる。このように、堆積物は噴火口を基準にして地域的に偏り、さらにガリー内の一部に特異な層を形成することもあるので、現地での体系だった分類を基礎にtype別に実験をおこなう必要がある。

5. 堆積層序とガリーの形成

これまでの実験室での単一層の侵食実験ではその層の土質力学的強度はわかるが、それらが組み合わせられた状態での侵食過程または堆積過程がわからなければ火山体の解体やハザードマップへの展開はできない。堆積層一層ごとの浸透能および排水特性はきわめて多様であり、火山灰としてひとつの性質にくくることができないことがわかった。今回はふれなかったが、これに集合堆積物や掃流堆積

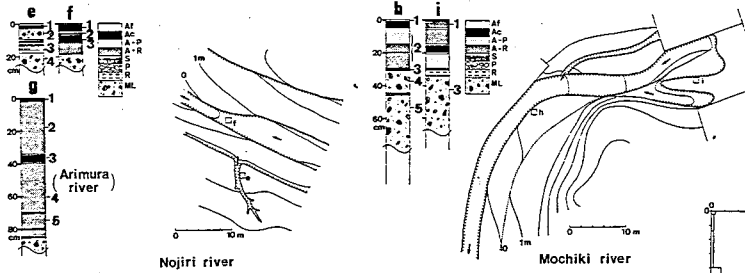
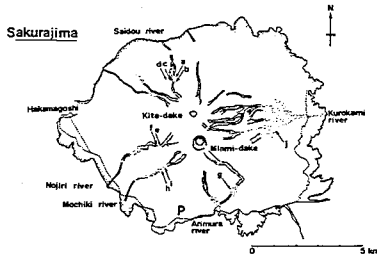
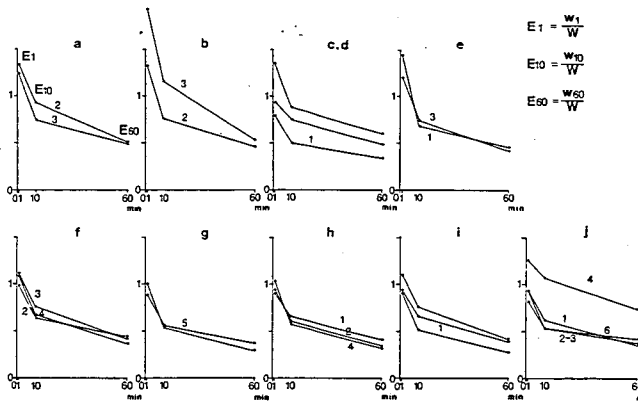


図5、図6 堆積層序と調査地点の周囲の地形

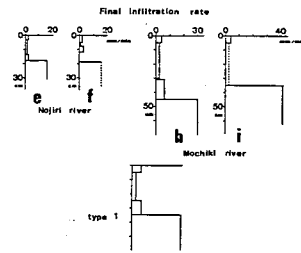
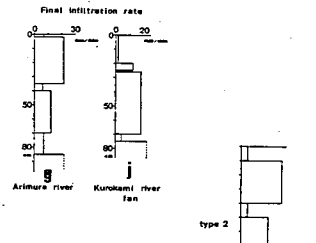
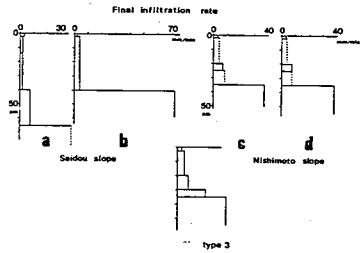


← 図8 桜島の荒廃溪流と調査地点の位置

↓ 図10 採集土層の排水特性 (縦: W_n/W , 横: 時間)



↓ 図9 鉛直方向での最終浸透強度の変化パターン (縦: 深さまたは層厚cm 横: 1分当り浸透強度)



物の分布と性質をいれるとさらに複雑なものとなる。

この現象を解く鍵は、現地での堆積層の調査に基づいて方向別、溪流別の層序のパターンを見いだすことである。幸い活火山では、fall type の堆積層は噴火口を、flow type の堆積層は溪流上流を起点として供給される。したがって、噴火口を基準とする座標軸と、溪流の土砂生産源からの距離とをもとにして、堆積層序をパターン化すれば、溪流ごとのハザードマップの作成と火山体の解体過程の予測に使えるであろう。これについては現在調査中しているので、次回報告する予定である。

引用文献

- 1) Marutani T. (1988): An Infiltration Effect on the Occurrence of Debris Flow. Proceedings of Kagoshima International Conference on Volcanoes, 626-629.
- 2) 山内豊聡・村田秀一・岡林 巧 (1984): 降雨下における桜島降下火山灰斜面の侵食崩壊機構に関する実験的研究。桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 133-148.
- 3) 春山元寿・北村良介・城本一義・下川悦郎 (1984): 桜島降下火山灰砂の崩壊・流出機構。桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 119-132.