

大規模崩壊性地すべりについて」

(財) 砂防・地すべり技術センター ○森田 真一、松村 和樹
 建設省東北地方建設局新庄工事事務所 杉浦 信男、菅原 信雄
 アジア航測株式会社 前田 禎、小野田 敏

1. はじめに

最上川水系左支川立谷沢川は、月山に源を発し立川町清川で最上川に流入する流域面積 163.8km^2 の荒廃渓流であり、古くから最上川への土砂流出の元凶といわれている。同流域は瀬場堰堤地点を境にその上下流で、流域特性や土砂生産・流出特性が著しく異なり、下流域は広く谷底平野が発達するのに対して、上流域は月山火山活動に起因する地すべり地形が多く分布し、地すべり末端等には多くの崩壊地が分布する。

平成5年6月4日夜～5日未明、立谷沢川流域の左支濁沢上流部において大規模な崩壊性地すべりが発生し、大量の土砂が濁沢に流出した。変動した地すべりは幅約 500m 、長さ約 700m 、面積約 0.35km^2 、平均すべり面深さ約 33m の風化岩地すべりであり、地すべりに伴う総移動土砂量は 576万m^3 と推定される。また、このうち 128万m^3 の不安定土砂が濁沢河床に流出し、その内 8万m^3 が下流本川へ流出したと推定される。

本報告では平成5年6月に立谷沢川左支濁沢にて発生したこの大規模崩壊性地すべり及びその後の土砂流出に関する実態調査の結果を報告する。

2. 流域の概要

最上川水系左支立谷沢は月山山系を水源とする流域面積 163.8km^2 、本川流路延長 38.5km 、平均河床勾配 $1/25$ の荒廃河川である。月山山系は幼年期の休火山で、基盤は新第三紀中新世の風化、変質の進んだ凝灰岩、火砕岩、溶岩等からなり、これらの基盤を覆って第四紀層の月山火山噴出物が標高 $1,300\text{m}$ 以上にキャップロック状に分布している。このため、流域源頭部には多数の地すべり地形が認められ、また、山腹斜面には地すべり滑動により生じた崩積土が河床付近まで厚く分布している。

濁沢流域は立谷沢川の左支川であり、月山北東山麓を流下する流域面積 13.1km^2 、主流路延長 7.2km 、平均河床勾配 $1/6$ の急流河川であり、崩壊地面積率が約 10% と高く、立谷沢流域においては本沢上流域について荒廃の進んだ流域である。

3. 地すべり発生・移動状況

平成5年6月4日夜半から6月5日未明にかけて濁沢上流（本沢合流点より上流約 3km ）左岸の標高約 $750\text{m}\sim 1,050\text{m}$ の斜面において大規模な崩壊性地すべりが発生した。この地すべりにより発生した土砂は直下の河道を埋設し、下流約 2.5km で建設中の濁沢第5ダム（堤高 22m ）を瞬時に満砂させ、一部の土砂は立谷沢本川の潜岩ダムにまで達したと考えられる。また、これによる濁水は最上川本川にまで達している。

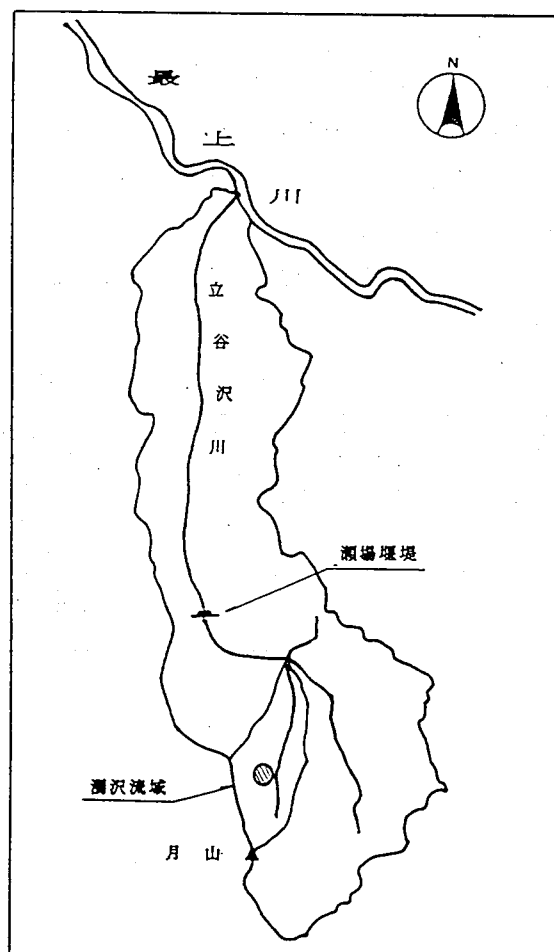


図1 流域位置図

3.1. 発生状況

空中写真判読及び現地調査によりこの崩壊性地すべりの規模は幅約500m、長さ約700m、面積約0.35 km²、移動土塊量576万m³と推定されている。

この地すべりは大きくはA、B、C 3ブロックに区分され、主要な変動はAブロックの中で発生しておりその規模は幅330m、長さ430m、平均すべり面深さ約33m、土砂量470万m³と推定される。

当該地域では以前からCブロックで慢性的な変動（林道の変形等）が生じており、また、Aブロック頭部には開口亀裂が発生していたと考えられる。

本地すべりの発生状況、素因、誘因、移動順序等は表1のように整理される。

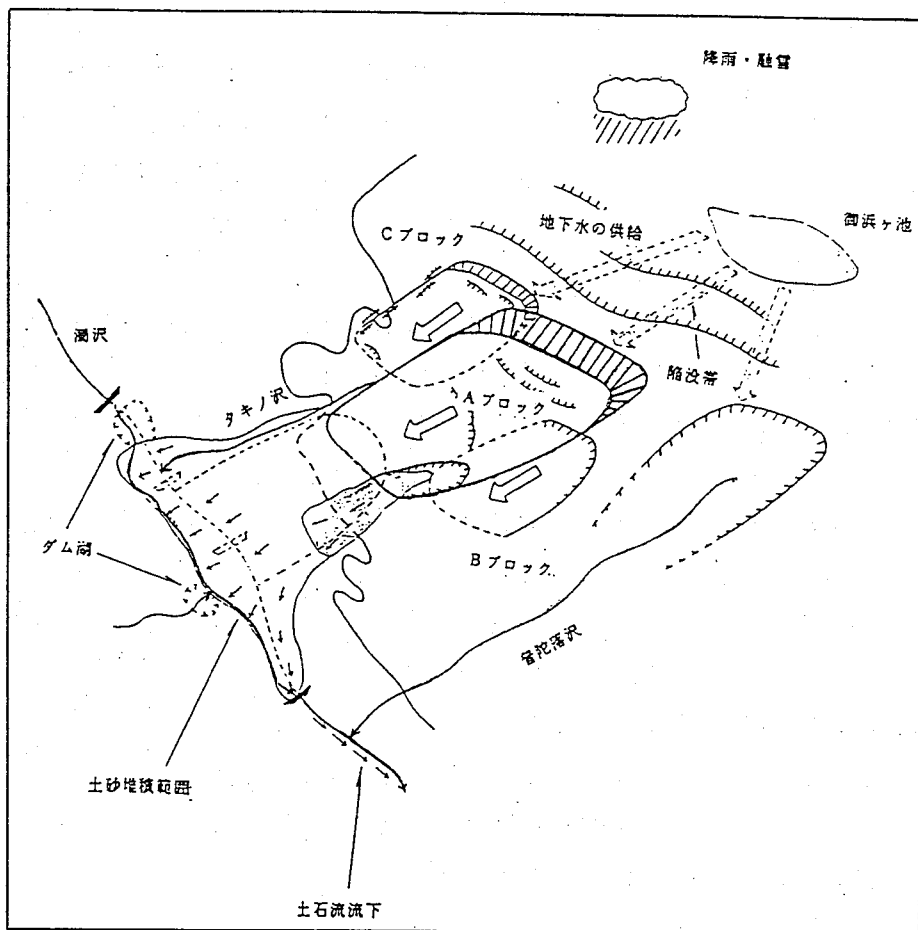


図2 地すべりブロックの概念図

表1 調査結果一覧表

調査項目	内容	結果	考察
①崩壊発生前後地形判読 ②斜め写真撮影 ③現地調査 ④聞き取り調査	空中写真（斜視）撮影S=1:8000~1:10000 平面図図化S=1:2500 (H4.11, H5.8) 地表踏査 (H5.6, H5.10, H6.7) 現地作業員、住民等に聞き取り (H5.11~12)	地すべりブロック区分 (A-1~5, B, C) 主要な変動はA-1ブロック (幅330m、長さ430m) で発生 変動発生直後 (H5.6時点) では土砂含水大きく踏査困難、 約4ヵ月後 (H5.10) では地表は乾燥していた。 他対岸への崩壊土砂の乗上げ、上流ダム湖跡 (50m×70m) を確認 斜め写真 (変動後2週間以内に撮影) ではダム湖 (湛水) と新河道 が認められる。変動は6/4夜~6/5未明間に発生 (6/5濁沢第5ダム が一晩で満砂した事を作業員が確認) 変動の1日前 (6/3夜~6/4朝) には小崩壊 (位置不明) が発生 (先行現象?)	樹木の破損等から土砂の移動は急速であったと推定される。変動直後の状態から地下水位は変動時極めて高かった (ほぼ満水) のものと考えられる。→ (融雪、6/3:60mm/8の降雨) A-1ブロック末端は標高840m付近 (濁沢河道との比高100m前後) と推定→ (樹木の位置測定) 土砂の移動速度は平均0.4m/日 に達したと推定→ (約300m/12日) 濁沢河道での土砂堆積厚は20~30m程度 土砂堆積は発電所取水口までは確認される。 (土塊状の堆積物は濁沢第3ダム上流200mまで確認?)
⑤発生移動機構解析	①~④のまとめ	素因: 月山によるキャップブロック構造 緑色凝灰岩の鉱化・変質 (著しいベントナイト化) 断層等弱線の存在 誘因: 上方陥没帯 (池) からの地下水の供給 急速な融雪 (気温の上升) 降雨 (6/3:60mm/日:大蔵村観測点) 地下水による風化の促進 発生・移動の順序: H5.6.3以前 : Aブロック頭部開口亀裂発生 H5.6.3夜~4朝 : 最初の小崩壊発生 H5.6.4夜~5朝 : Aブロック変動・土砂押出・堆積・ダム形成? 決壊? H5.6.5~以降 : Aブロック滑落崖の後退、濁沢河道の再侵食 H6.7.28 現在 : 大巾な地形変化 (特に濁沢河道は認められない)	*地すべり変動時の土砂の移動形態は不明 (含水比、土塊強度、単体重量等不明) (6/4夜~6/5朝に土砂流等流下か?) 天然ダム決壊の時期不明 (濁沢第5ダムは6/5朝満砂) 新河道 (巾20m、深さ20~30m) は比較的早い時期に形成されたと思われる (斜め写真より) 変動後一年間に地すべりの著しい再変動 (土砂の押出し等) は起こっていない。 河道での侵食量 (速度) は不明
⑥安定解析	地形図、断面図S=1:2500の精度 変動発生前後 (H4.11とH5.8~10の時点) で安定計算 地下水位、すべり面は踏査より推定 c、φは逆算法により決定	初期安全率Fs=1.00の場合: A-1~5で変動後Fs=1.4~2.5 未対策の場合: 将来土塊侵食後にFs=1.03~1.33で地すべりの再度の不安定化もあり得る。	地下水位 (H5.6変動時満水、H5.8~10変動後1/2D)、すべり面深さ、形状は全て推定。 すべり面強度 (A-1: c'=5t/m, tanφ'=0.48) も上記条件により決定している
⑦不安定土塊の把握 ⑧土砂収支	地形図S=1:2500を基に縦断面図作成 平均断面法により土量計算	変動発生前の地すべり全土量 490万m ³ (変動後の全体土量 576万m ³) 河道に堆積した土量 127万m ³ (内既に出した土量は12.5万m ³) (斜面上に堆積した土量も含めて) 最終的な流出土量は 168.5万m ³ と推定	変動前後で全体土量は1.18倍に増加→はぐれ率 (体積増加率) だけでは説明できない (ex. 地すべり土塊は剛体として運動) 既に出した土量12.5万m ³ (再侵食による) の他 変動時直接に流下した (土砂流等として) 土砂がどの程度あったかは不明

3.2. 地すべりの移動状況

地すべり発生により生じた河道部の土砂移動は航空写真より以下のように整理される。

①地すべり発生後河道に土砂が堆積し、上流に湛水池を形成

堆積範囲は上流側に約100m、下流側に約300m広がっており、上下流端を除く約500m区間で20～30mの厚さで堆積。なお、下流側への広がりについては左翼からの土石流による。

②河道に堆積した土砂の内下流端付近の土砂が流出し、建設中の下流ダムを満砂

地すべり発生後大きな降雨はなく、湛水池から流出してくる水及び堆積土砂に含まれる水により流出現象が発生。

③直下部の治山ダム下流側の侵食が進行

④さらに河道侵食が進み、地すべり地末端まで進行

4. 土砂流出状況

4.1. 河道粒径調査結果

河道部の粒径調査結果より以下の点が明らかになった。

- ・地すべり直下は粒径1mm以下の細粒分の割合が24%～34%高い。
- ・地すべり近傍も粒径1mm以下の細粒分の割合が22%～34%が高く生産源と同様の傾向を示し、元々あった堆積物とは混在していない。
- ・濁沢第1～第5ダムの区間は粒径1mm以下の細粒分の割合が小さく、元々あった堆積物と混在している。
- ・濁沢下流部は土石流、土砂流形態で流送され堆積した土砂がその後の中小出水により運搬され堆積。

4.2. 土砂堆積状況調査

地すべり地直下から本川合流点までの約3,800m区間で土砂堆積状況の調査を行いこれより以下の点が明らかになった。

- ・地すべり直下の下流河道には狭窄部で侵食が激しい区間を除くほぼ全区間で暗灰色の土砂が堆積しており、河道に堆積している土砂は今回の地すべりにより生産されたものと考えられる。
- ・濁沢中流域（調査地点33：河床勾配4度以下）より下流では

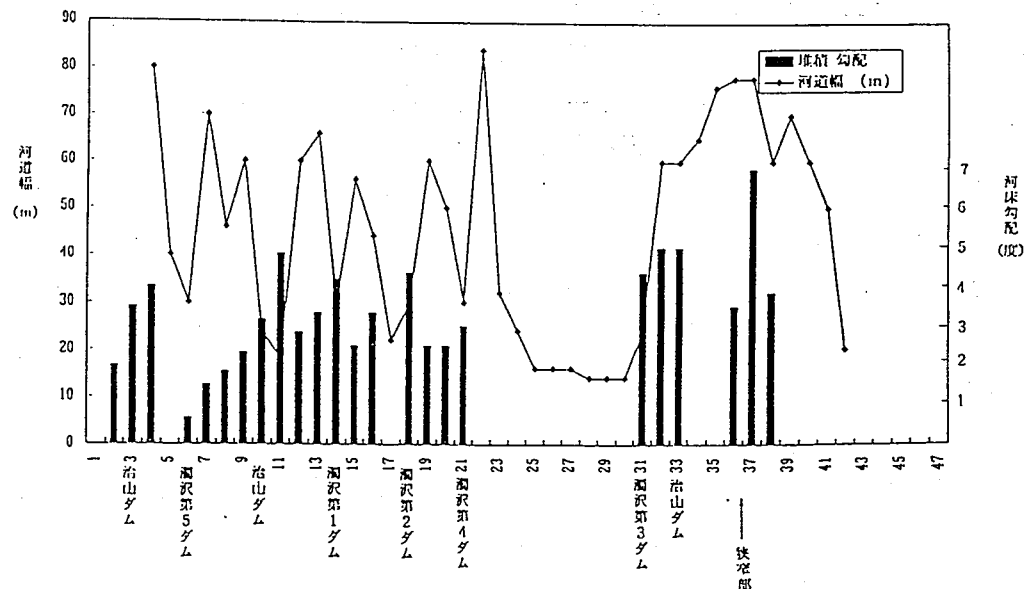


図3 河道幅と河道勾配の関係

a)堆積土の堆積勾配 が概ね3度以下、b)横断形状が平坦、c)段丘を生じている場所では層理が明瞭であるとの特徴を持っており、濃度の低い泥流状の流水が通過したと考えられる。

- ・濁沢上流域（調査地点33より上流：河床勾配5度以上）ではa)粒径が大きくマトリックスを多く含む、

b)中央部が盛り上がって堆積している、c)堆積土の堆積勾配が7度と急勾配であるとの特徴を持っており、土石流状の流送形態で流下したと考えられる。

5. 土砂生産・流出機構の考察

地すべり地内の実態調査および河道部の調査より今回発生した地すべりの土砂生産・流出機構は概ね次のように推定される。

- ①地形、地質的素因、気象的誘因により地すべりが発生（Aブロックの滑動）
- ②地すべりからの崩落土は一旦河道をで停止し、直下の河道を閉塞
- ③両翼で土石流が発生（これについては地すべり下流300m程度で停止）
- ④地すべり堆積土砂上流端に湛水池形成
- ⑤湛水池からの流水により堆積土砂下流端の侵食が開始
- ⑥表流水、堆積土砂中の水分により堆積土砂下流端の侵食土砂が土石流形態で流出
- ⑦調査地点33（地すべり直下から下流約1500m）付近までは土石流形態で流下
- ⑧調査地点33より下流では濃度は低くなり土砂流的な形態で流下

また、この一連の土砂生産・移動現象による土砂収支は以下のように推定される。

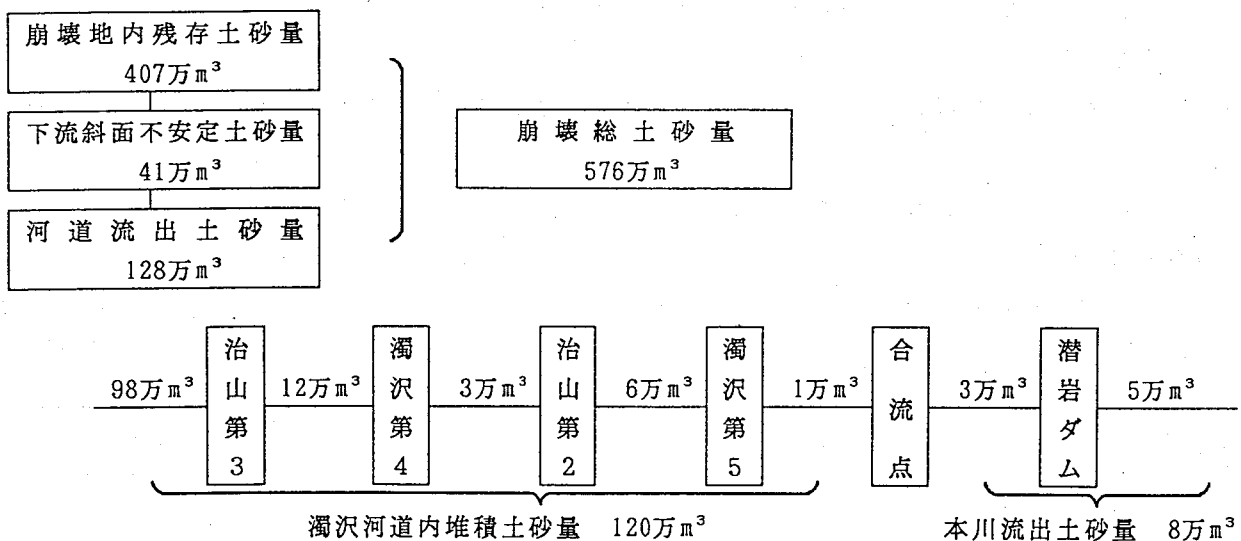


図4 土砂収支模式図

6. 今後の課題

立谷沢川流域は崩壊面積率2%を超える東北地方でも有数の荒廃流域であり、溪河床には合計690万 m^3 (7.7万 m^3/km^2)の土砂が堆積していると考えられてる。今回発生した地すべりはこれら流域全体で想定された土砂とほぼ同量の土砂が変動し、斜面および河床部に不安定な状態で堆積している。

このような土砂移動現象は記録にあるだけでも立谷沢川流域で過去120年の間に8回ほど発生しており、流域内には同様の地形、地質条件を有する地すべり地形が多数分布することから、今後同流域で砂防計画を検討する上でも無視できない現象となっている。

今回かなり綿密な調査によりこの地すべりにともなう土砂生産・流出機構について把握することができた。

今後はこの調査結果を用いて物理モデルによる現象の再現を試みると共に、このような大規模な土砂生産・移動現象を砂防計画へどのように反映して行くかを検討することが望まれる。