

土石流の総合的観測

その1. 土石流計測システムの開発と焼岳東麓における 1970年の実測例

土石流研究グループ*

SYNTHETIC OBSERVATION ON ROCKY MUDFLOW

Part 1. Planning of New Observation System for Mudflow and Field Test at Eastern Slope of Mt. Yake in 1970

By Mudflow Research Group

synopsis

A new observation system for rocky mudflow was designed by the Mudflow Research Group. The system consists of a detector on mudflow arrival and automatic switch circuit for VTR, 35mm camera and firing of flare tube in order to record the state of moving mudflow. In addition to this system, rain gauges and water level recorder are necessary for the survey of hydrological character in a small mountainous basin. During last summer in 1970, the observation system and hydrological survey instruments had been set along Kamikamihori valley at eastern slope of Mt. Yake and tested in regard to the practical effectiveness. The front velocity (1-5 m/sec) of mudflow was measured correctly from the record obtained by the new system.

1. ま え が き

近年山間、山麓地域での人間活動の拡大（たとえば山間交通網の発達、山麓への居住域の接近など）にともない、崩壊災害による人命、財貨の損失が増大している。

とくに豪雨（ある場合には地震）にともなう土石流の発生は短時間に大量の土石を広い地域にもたらし、直接に人間活動に脅威を与えるとともに、間接には下流河床の上昇をひきおこして多くの災害の原因となっている。

このような土石流による災害を防ぐためには、科学的な調査、研究が充分行われ、その成果にもとづいて発生の予知、危険域の想定、効果的な対策が行われなければならない。

土石流の研究は現地観測、模型実験、数値シミュレーションおよび理論的解析が互いに密接な関連を保ちながら推進されてはじめてその進歩が実現されるものである。このような観点から防災研究所所属あるいは同所に関連の深い研究者で土石流の研究に従事している人、および土石流に関心を寄せる人が集まって「土石流研究グループ」を組織して総合的にこの研究にとり組むこととなった。

しかしながら具体的に研究を展開してゆく段階では、年次的に重点項目を設定して研究作業を進推することとし、当面現地観測法の総合化、近代化を対象とすることにした。

本報告は土石流の総合的観測に必要な新しい計測システムの開発の部分的経過と昭和45年度に焼岳東麓で行なった新計測法の現地テストについて概略を説明するものである。

* 1970年度グループメンバー奥田節夫、奥西一夫、横山康二、諏訪 浩、矢野勝正、大同淳之、奥村武信、中島暢太郎、枝川尚資

2. 土石流の総合的観測の意義

従来の土石流の現地調査は、多くの場合土石流の発生した後から現地に出かけてその痕跡を観察し、溪床、溪岸の浸食ならびに下流扇状地での堆積の状況を調べるもので、土石流の流動状態については単に推察する段階にとどまっていた。

また数少い土石流動態の観測記録としては土石流に襲われた地域の住民の目撃例、あるいは砂防関係の現場技術者が遭遇した土石流の撮影フィルムなどがあげられる。

住民の目撃した現象あるいは成功した避難法などはそれ自身がまことに貴重な記録でありまた防災の教訓になり得るが、非常に危険な極限状態での観察であって、その内容に定量的正確さを期待することは無理である。また現場技術者の撮影フィルムもあらかじめ周到な準備のもとで行なわれていない場合には時刻、長さのスケールが判明せず、定量的なデーターとしては利用し難い。

このような従来の観測、記録の欠陥をおぎない、観測者の生命の危険にさらされることなく、また非常に偶然なチャンスのみに頼らないで、安全にかつ確実に土石流現象を科学的に観察しようとするところみが、最近になって計画されるようになって来た。

すなわち土石流の発生頻度の高い地域をえらんで、あらかじめ組織的に測器類を配置しておき、土石流が実際に発生したら自動的にその測器類を作動させて必要な記録をとろうとする考え方である。

もちろんこの場合にも数百年に一回というような大規模土石流を確実にとらえることは出来ないであろうが、小規模土石流でもさまざまな条件の下で発生し、流動する形態が確実に観測されれば、その内容を解析して土石流の発生、流動の法則性を見出し、さらにその結果を利用して適当なシミュレーションによって大規模土石流の形態を科学的に推定することが出来るであろう。

したがって当面、局所的に発生する小規模な土石流を対象としていても、確実に土石流の形態を総合的に観察出来る方式が工夫されれば、その成果は広く土石流の本質の解明に役立つものと考えられる。

3. 新しい計測システムの開発

2で述べたような従来の観測法の欠陥をおぎない、総合的に土石流の動態を観察するためには、次のような条件を充分考慮しなければならない。

- (i) 土石流の発生、発達、減衰、停止の動的経過を一貫して追跡する。
- (ii) 模型実験、数値シミュレーションとの関連をあらかじめ考慮に入れて、最小限必要な要素をもれなく定量的に測定する。
- (iii) 観測者の安全、作業の軽減をはかるために、なるべく自動化、遠隔測定化を実行する。
- (iv) 僻地に設置され、技術的に不慣れた人が保守に当る場合も考えて、定期的点検が簡単に悪天候の下でも故障し難く、確実に動作するシステムにする。

このような一般条件の他に、さらに土石流固有の特殊な状態を充分考慮しないと、むやみに多くの精密機器類を配置しても有効な観測成果は期待出来ない。

つぎに土石流に関連の深い物理的諸要素、その要素を測るときにとくに留意すべき条件（一般的な河川の洪水観測などにくらべてとくに土石流について異なっている点）、およびその要素を測定（または観察）するために適当であると考えられる方法を検討してみると、Table 1 のようにまとめられる。

このような対象要素を総合的にとらえ、しかもなるべく量的な記録を正確にとるためには、単に従来の市販測器類を集めただけでは到底目的を果すことは出来ないので、新しい観点で設計された「計測システム」の開発が必要である。

しかしながら上述のような条件を完全に満たすシステムを一気に完成することは技術的にも、予算的にも困難であるから、本年度（昭和 45 年度）はまづ土石流の溪流最下流部における流動状況の記録、計測に重点をおいて、以下に説明するような小規模の計測システムを試作し、焼岳東麓においてその性能の現地テス

Table 1 Object element of mudflow observation, its special feature and proper measurement method.

要素		特 徴	方 法
発生条件	微 地 形	溪床，溪岸の形状の大きな変化	測量（地上または空中）
	堆 積 状 況	溪末堆積物の局所性，多様性	踏査，観察（堆積物質判定）
	降 水	小流域，急傾斜面，時間的变化にとむ強雨	強雨を対象とした雨量計の適正配置
	渓流水位，流量	短時間内の急激変化（掃流力強大）	支配断面への特殊水位計とりつけ または水位撮影
	地下水，伏流水	土の流動化をおこす臨界状態	間隙水圧計
流動状況	流 動 形 状	短時間に立体的に変化	撮影記録（連続，立体撮影，特殊標識，照明利用）
	流 動 速 度	場所的に大きく変化	撮影記録（同上）または多段センサー （土石流到着時刻記録）
	流 動 物	粒径範囲の著しい変化	特殊採取法（堰堤利用）
	構造物への作用	局所的に衝撃的な圧力	歪計，衝撃板とりつけ
堆積状況	堆積形状と堆積物分布	緩傾斜域（扇状地など）での広範囲分散，局所性，多様性	測量（地上または空中） 堆積物採取

トをこころみた。

4. 焼岳東麓における計測システムの設置

焼岳山麓はその火口から噴出した安山岩質の熔岩及び角礫を含む泥灰の堆積物で形成されており，特に東麓の4つの沢（上々堀沢，上堀沢，中堀沢，下堀沢）から，毎年の豪雨時に多量の土砂が土石流となって梓川及び大正池に流れ込んでいる。

そこで我々は，観測可能頻度と計器搬入の便を考慮して土石流計測対象地域として上々堀沢を選び，昭和45年6月21日より計測器の設置・計測に入った。

上々堀沢は前述の4つの沢のうち一番北側に位置し（Fig. 1 参照）その流路延長は約2.5 km 流域面積は約0.8 km²である。谷頭に，現在噴気している割れ目を持ち，谷は昭和37年6月の焼岳噴火の際，この割れ目から噴出物が流下し，火山堆積物を切り込んで形成したと推定される。従って，その断面は鋭いV字型を呈し，谷壁は泥流堆積物の不安定な物質から成り，夏期でも存在する雪と混って，岩屑，砂泥がかなりの厚みで粗放な堆積をなしており，常には水が無く，豪雨に初めて土石流と前後して表面流が見られる。

昨年度（昭和44年）の松本砂防工事事務所の記録によれば，7月から9月にかけて14回の土石流が記録されるほどの土石流多発地帯である。従って土石流による溪床の変動は甚だしいものがある。Fig. 2はこの沢の昭和37年10月と昭和45年10月の縦断形を比較したもので，その変動の激しさが察せられる。

今年は土石流の流動状態（先端の形状，大きさ，速度など）をとらえるために，第2号堰堤（Fig. 1のNo. 2，昨年度から工事中，昭和45年10月完成）のすぐ上流（Fig. 1のA）を被写域として選び，これを第2号堰堤直上左岸（Fig. 1のC）から写真撮影（35ミリ・カメラコマ撮りとビデオ・カメラ30分連続撮り）することにした。この地点は，これより上流に堰堤などの構築物が無いので，土石流の自然な流動状態がとらえられると考えたからである。

又，第8号床固め（Fig. 1のNo. 8）には，豪雨時の渓流の水位を記録するために触針型水位計を設置した。同地点には土石流の衝撃力を調べるために松本砂防工事事務所が歪計を設置している。

さらに，雨量をはじめとする気象観測を行なうために雨量計，風速計を設置し，また流動物の粒度分析を行なう目的で流域の各地点の土砂を採取した。

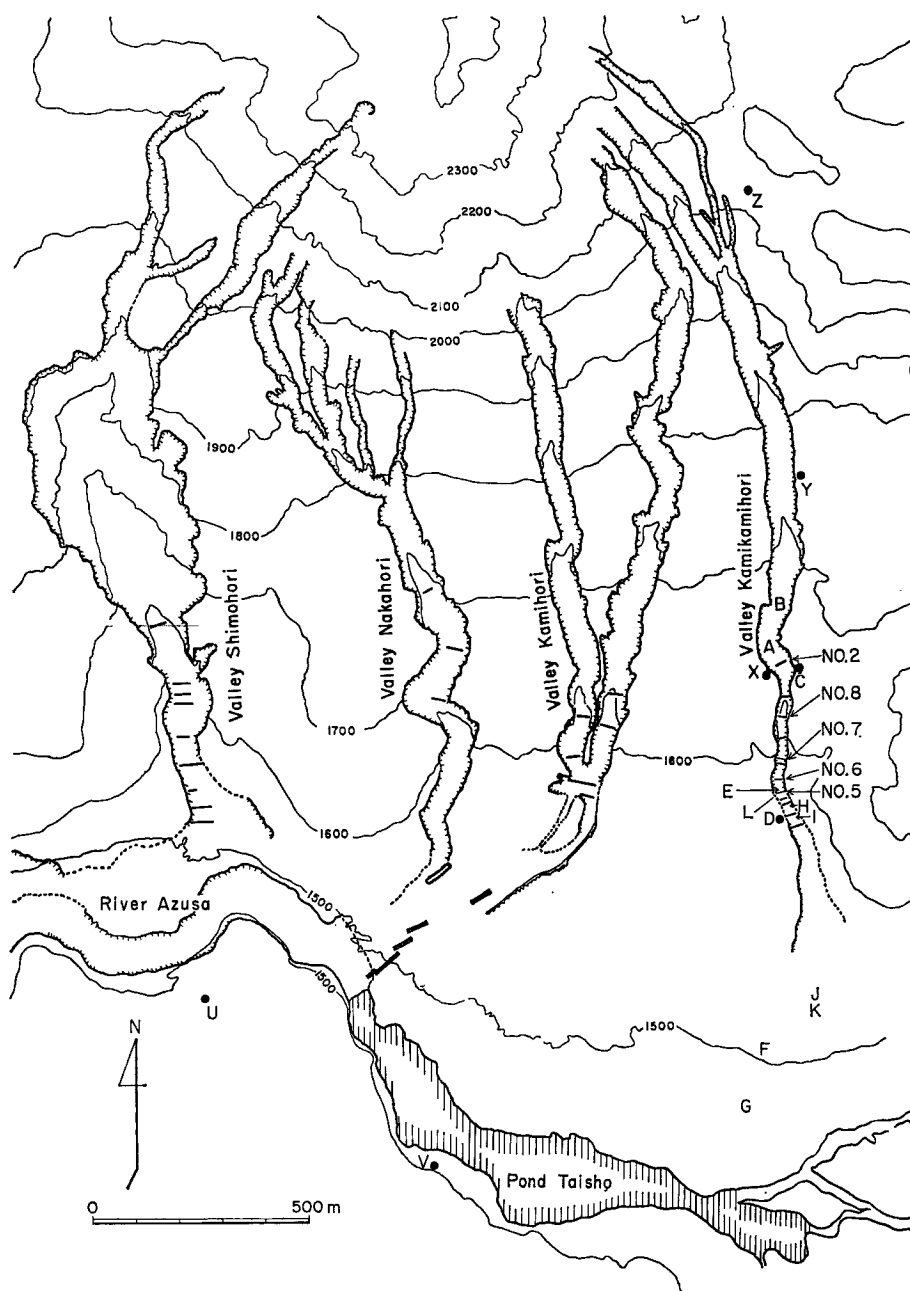


Fig. 1 Location of observation stations at eastern slope of Mt. Yake, A, B, C: Observation system; U, V, X, Y, Z: Rain gauge stations; A, No. 8, E, F, G: Sampling stations.

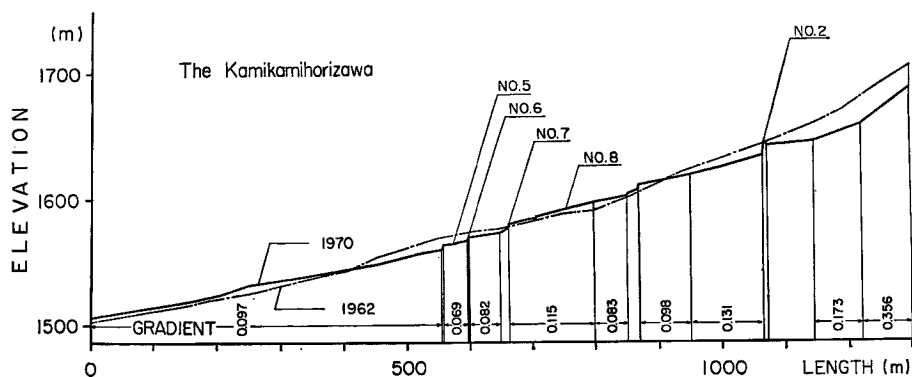


Fig. 2 Valley bed profiles along Kamikamihorizawa.

以下にこのシステムについて詳述する。

4.1 流動状況の撮影

土石流の写真記録を量的に意味のあるものとするため、谷底の巨礫に塗料を塗り、一定長の目盛をつけた標識を立てておくなどの工夫をこらし、量的な解析の準備をした。又、土石流がいつ発生しても各カメラが直ちに動くように装置の自動化をはかった。なおこの制御系統を模式的に示すと Fig. 3 のようになる。

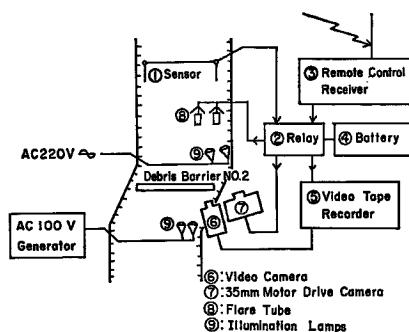


Fig. 3 Outline of the observation system to record the movement of mudflow.

a) VTR と 35 ミリ・コマ撮り装置

我々は現象の記録にビデオテープ（以下 VTR と略記）を利用することにしたが、その理由としては、土石流発生時から比較的長時間（30 分撮影可能）連続撮影できること、フィルムに比べて現像の必要がなく、記録直後に画像を再生できること、しかも反復使用が可能であることなどがあげられる。実際には VTR（ソニー AV(C) 3500）を（Photo. 1 の右のカメラ）のように固定してセットした（Fig. 3 の 6）。

さらにビデオだけでは解像度の点で充分でないので、これを補うためにニコンの 35 ミリモータードライカメラを 6 秒間隔で 1 コマずつ、連続して 250 コマ撮影できるようにして使用した（Photo. 1 の左のカメラボックス内、Fig. 3 の 7）。これら 2 台のカメラを Photo. 1 のような架台に据え付け、第 2 号堰堤直上の左岸（谷底からの高さが約 40 m）で見通しのきく地点に設置した。この架台から被写域を写すと Photo. 2 のような溪床が見える。晴れている限り両方とも画像は非常に鮮明であるが、実際に土石流が発生する場合は悪天候であることが多く、霧が発生した場合、谷底までの距離が長過ぎて良い画像が得られないばかりか、最悪の時は写らないことが後にわかった。

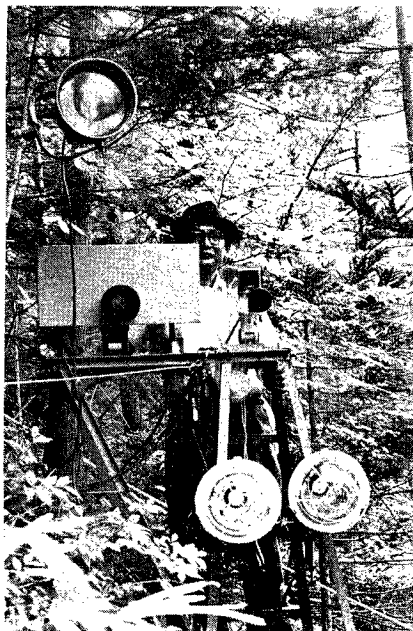


Photo. 1 Video camera (right), motor-driven camera (left) and 3 illumination lamps.



Photo. 2 Valley bottom looked down from camera position.

b) 自動制御系統

土石流が発生し、現場に流下してきたのを探知するために、第2号堰堤の上流約 150 m の谷底 (Fig. 1 の B) にビニールコードを渡しておいた (センサーと称する)。土石流がこれを切ると、流れていた微弱電流が止り、Fig. 3 の 2 のリレー装置が働いて、VTR 及び 35 ミリカメラが撮影を開始し、夜間の場合は 1 本 10 万カンデラパワーの光度を持つ照明筒 (Photo. 3 で空中につるされている) が自動点火され現場を照らすようにした。又、何らかの理由で遠隔操作の必要な場合を考慮して、リモートコントロール受信機をリレー系統に組み込み、臨機応変な措置がとれるようにした。これらの装置のうち、12V 鉛蓄電池、6V アルカリ蓄電池、リレー装置、VTR のレコーダーは鉄製の小屋に格納し雨露にさらされることを防いだ。

c) 撮影対象に対する措置

撮影現場の谷底には巨礫 (大きいものは長径が 5~6 m あり) が点在しているので、そのうち十数個を選



Photo. 3 Valley sides and illumination system. (3 flare tubes and 1 floodlight lamp)



Photo. 4 Painted large rock and pole for length scale.

び、これに蛍光塗料と反射塗料で番号を付し、夜間でも識別できるようにし (Photo. 4). その大きさ (三方向の径) と位置を記録しておいた。又、同様の塗料を塗った標識板 (Photo. 4) を数本、谷底に立てておき、その相互の位置を記録しておいた。これらは土石流の写真記録に座標を与えるためと、巨礫がどこまで流されるかを見るためである。

しかし、9月の土石流の後 (9月25日) に歩いて、流された礫のうち4個を Fig. 1 の H, I, J, K 地点で確認したが塗料がほとんど剥げてしまっている上に、割れたりしており、元のどの礫であるのか識別できなかった。従って巨礫の移動を調べるには、ペンキの色数を多くするなどの工夫がいるようである。

d) 照 明

現場の両岸から4mmφのワイヤーを谷渡しさせ、これに Photo. 3 のように照明筒を吊し、夜間には (b) のリレーにより自動点火できるようにするとともに、工事用 220 V 電源と 100 V 小型発電機によって合計 6 kW の照明ができるようにしたが、今年度は使用する機会がなかった。

以上の系統の中で一番大事な部分はセンサー部であるが、これは初めの方法では土石流以外の原因 (落石や単なる洗掘) で断線し易かったので、センサーを3本並列にするとともに、杭によって地上数十 cm の高さに張って確実性を高めた。

4.2 水位と衝撃圧の測定

上々堀沢では普通の雨では、晴天時と同様、谷には全く水が流れないが、豪雨時の急激な出水を感知記録するために第8号床固 (Fig. 1 の No. 8) に触針型水位計を設置した。Photo. 5 は8月16日に土石流が出たあと17日に撮影したもので、既に触針を誘導する鉄管の下半分がもぎ取られてしまっている。この結果、ここで触針型水位計を使うのは適切でなく、当面は水位や土石流の盛り上った土の高さを測るためには、堰堤などの構築物を利用してこれとの相対的な高さを撮影記録するなどの方法を考えねばならないであろう。

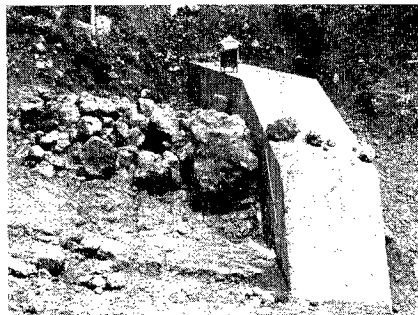


Photo. 5 Dam No. 8 after mudflow attack. White arrow shows the position of strainmeter and sensor of water level gauge was taken off from this position by scouring action of mudflow. Recorders are set is small boxes on the dam.

一方、同じ第8号床固には建設省松本砂防工事事務所が衝撃を測るために歪計を設置 (Photo. 5 矢印位置) したが、今年はいまうく動かせられなかった。

4.3 気象観測

土石流の発生及びその規模と降雨の関係を調べることは非常に重要である。今年は既設の雨量計3台 (建設省松本砂防工事事務所焼岳出張所・Fig. 1 のU, 大正池旅館・Fig. 1 のV, 木村小屋) のほかに、新たに3台、即ち、現場 (Fig. 1 のX) と中腹 (Fig. 1 のY) に電接型自記雨量計を、中尾峠東斜面 (Fig. 1 のZ) には貯水型雨量計を設置した。又、風向・風速計を第2号床固近くの広場 (Fig. 1 のD) に設置した。

5. 本年度の観測成果

本年度(昭和 45 年)夏の観測期間中は例年になく豪雨が上高地付近を襲う機会が少く、設置した計測システムのテストが充分出来なかったが、雨量と土石流発生との関係と部分的な計測システムで得られた成果について中間的な報告を行なう。

5.1 雨 量

a) 統計的考察

土石流が起こるかどうかについては降雨の方からは二つのことがらを分離して考えるべきである。その第一は流域の表面土壌が充分湿るための基礎降雨でありこのためには発生前数日ないし十数日の降雨が問題である。第二は土石流発生時の引金となる強雨である。集中豪雨のような場合には両者は同時に満されることもある。われわれは建設省松本砂防工事事務所焼岳出張所が作成した焼岳蝕溪土石流発生状況調を用いて基礎的な考察を行なった。Fig. 4 はこの資料に基づいて上堀沢と上々堀沢において昭和 44 年 6 月から 10 月の間に発生した 14 回の土石流について日雨量の階級別に発生率(ある階級に属する降雨日数で土石流の発生した日数を割ったもの)を示したものである。日雨量 20 mm を越えると 50% 以上 80 mm を越えると 100% の発生率になることがわかる。しかし期間が短いこともあってグラフにかなりのバラツキが見られる。Fig. 5 は同じ資料を用いて日最大 1 時間降水量の階級別に土石流発生率を示したものである。この方がグラフに規則性がみられ、この種の調査には日降水量よりも 1 時間降水量を用いた方が適当であることがわかる。さらには土石流の引金作用としては短時間の強雨が重要であることを示している。この図に示されているように 1 時間 10 mm 程度の強雨が充分土石流の引金作用として役立つことは興味深い。

Fig. 6 は横軸に日雨量、縦軸に 1 時間雨量をとって上と同じ資料を図示したものである。土石流の発生した場合は黒丸、しなかった場合を白丸で表した。この図から土石流発生の危険度を A, B, C 3 領域に分類してみた。A 領域は降雨が土石流発生の支配的条件でこの領域に属する降雨があれば土石流は発生する。B 領

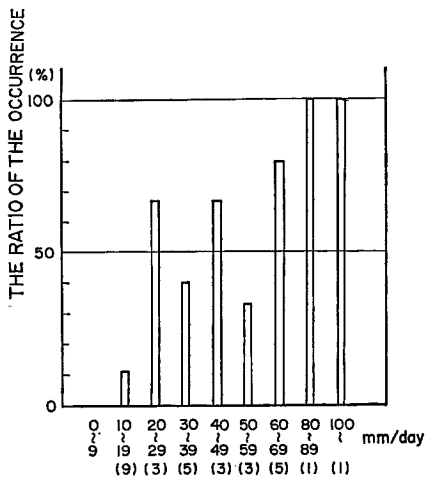


Fig. 4 The occurrence ratio of mudflow for each grade of the daily amount of precipitation. The number of rainy days for each grade (from June to October in 1969) is shown in the brackets.

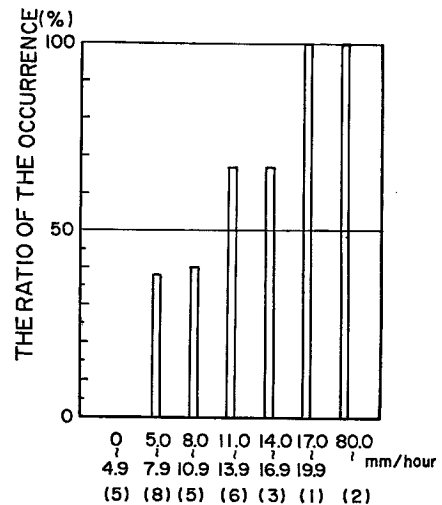


Fig. 5 Same as Fig. 4, but for the maximum hourly amount of precipitation.

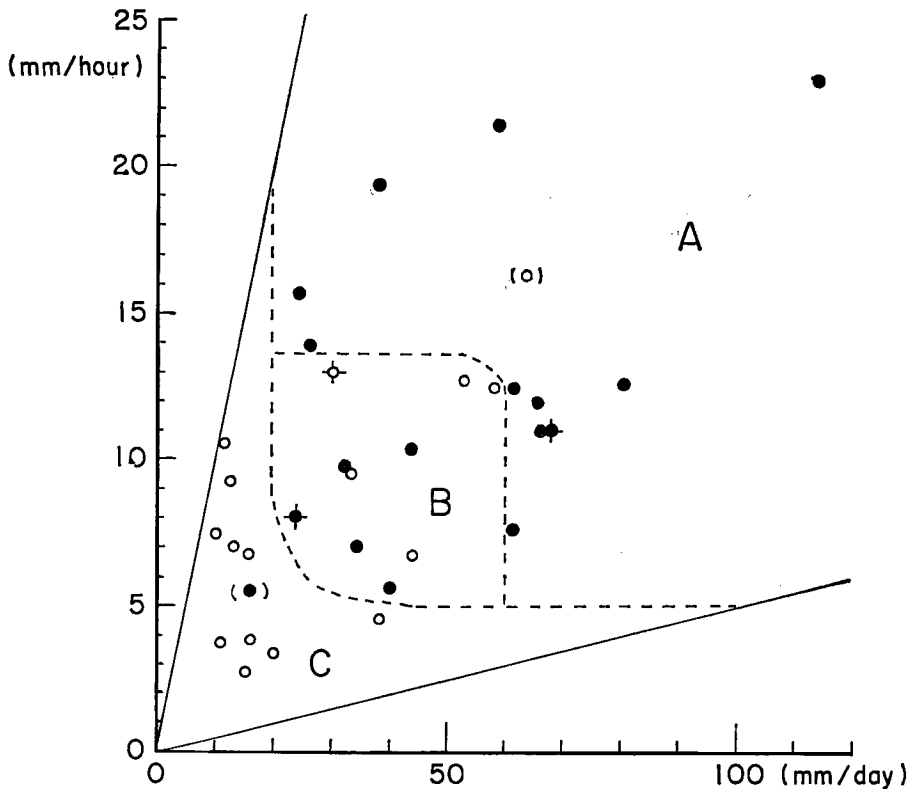


Fig. 6 The distribution of the occurrence of the mudflow for the various daily amounts of precipitation and the daily maximum hourly precipitation.

- mudflow (in 1969)
- ◆ mudflow (in 1970)
- rainy days without mudflow (in 1969)
- ◇ rainy days without mudflow (in 1970)
- A: Frequent mudflow area
- B: Intermediate area
- C: Mudflow free area

域は他の発生条件もきいており降雨だけから土石流の発生を決定することができない。C領域は降雨が問題とならない領域である。C領域に黒丸が一つある。このときの土石流の規模は他の場合に比べて著るしく小さい。A, B, C の厳密な境界を定めるためには更に多くの例を集めることの他に土石流の規模も考慮に入れなければならない。

b) 1970 年 9 月 18 日および 9 月 23 日の例

Fig. 7 には 1970 年度にわれわれが実際に土石流を観測した 9 月 23 日の例について毎時雨量の時間経過が示されている。23 日 15 時 45 分の土石流発生までの前期降雨と引金作用となった 13 mm, 14 mm の連続毎時雨量のようが示される。この土石流の状況については次節で述べる。

23 日に先立ち 18 日の朝にも土石流を観測した。この場合焼岳出張所の記録では朝 3 時から 8 時までの 5 時間に 9 mm の雨が断続して降り 8 時から急に強くなって 9 時までに 8 mm 次の 10 時までの 1 時間に 6.5

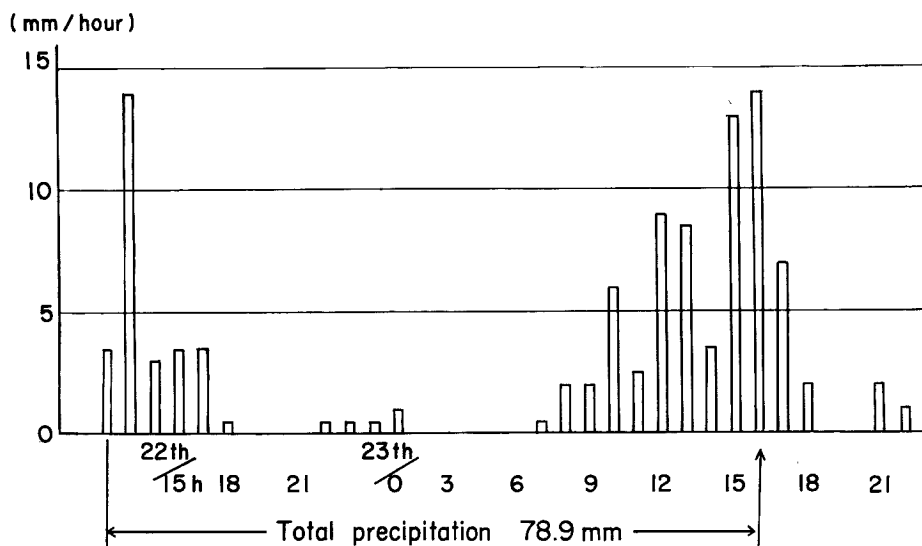


Fig. 7 Time sequence of the hourly precipitation in September 22, 23, 1970 at station X. Mudflow occurred at 15 h: 45 m.

mm を記録した。この最後 2 時間の雨が引金作用となり 9 時 3 分に土石流が発生した。

c) 今後の問題点

第 1 年度で引金作用としての強雨の性格がかなりはっきりつかめたので第 2 年度はこの種の精密な現場観測をさらに続けて基礎降雨と引金作用との性格をはっきりさせると共に予報の立場から焼岳周辺の降雨の局地性を明らかにするためいろいろな風向風速の場合の焼岳周辺の降雨分布を調査する予定である。

5.2 流動状況

4 で述べたように、45 年 6 月下旬より土石流計測のため計器を設置し、土石流の発生に備えていたが、7 月中は雨に恵まれず、土石流は一度も発生しなかった。8 月は経費、人員その他の理由で現地連続待機を中止し、台風等の天気予報によって臨時観測を開始するような体制にして観測を続けた。しかし、8 月 16 日夜間に発生した土石流は観測することが出来ず、9 月に入って初めて、我々は二度の土石流を直接観測できたに過ぎない。最初の土石流は 9 月 18 日、二度目は 9 月 23 日に発生した。以下にこれらの計測された模様について述べる。

a) 9 月 18 日の土石流について

土石流の発生時刻は午前 9 時 3 分であった。観測地点に設置してあった自動御装置は作動することができなかったが、第 5 号床固右岸 (Fig. 1 の L) から 8 ミリカメラで土石流の流下状況を撮影することが出来た。なお 8 ミリ撮影は松本砂防工事事務所と協力して、固定位置からと移動しながら 2 台で行なったが、ここに掲げた写真は固定位置から撮影した松本砂防工事事務所 焼岳出張所長牧野氏のフィルムの一部を使用させてもらったものである。Photo. 6 は土石流先端が第 5 号床固にかかる瞬間の状態をとらえた 8 ミリフィルムの一コマである。この時の土石流の流速を 8 ミリフィルムを利用して求めると、第 6 号床固 (Fig. 1 の No. 6) から第 5 号床固 (Fig. 1 の No. 5) までの平均流速は 1.0 m/sec であった。なおこの区間における平均河床勾配は 6° である。

さらに土石流先端が第 5 号床固を流下しているところを撮影した 8 ミリフィルムの一コマから土石流の先

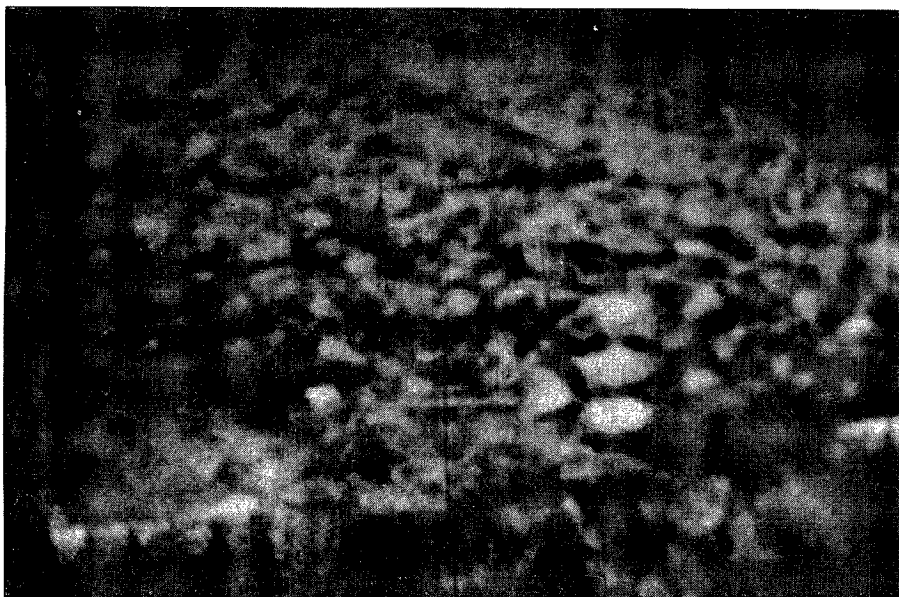


Photo. 6 Mudflow front passing over dam No. 5. Photo lacks clearness because this is one frame from 8 mm cine film.

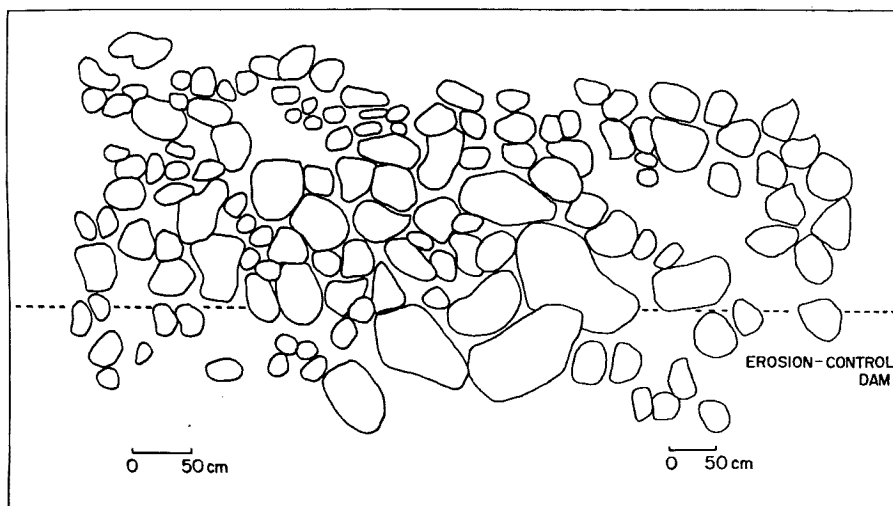


Fig. 8 Distribution of large stones on the mudflow front passing over dam No. 5. This figure was pictured from one frame of 8 mm cine film.

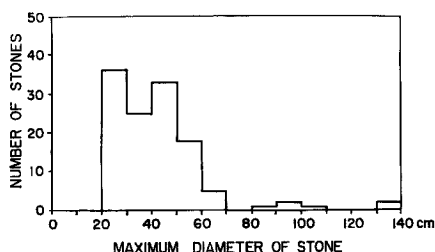


Fig. 9 Number of large stones (larger than 20 cm diameter) for each grade of maximum diameter from Fig. 8.

端を構成する礫の長径分布を調べた。Fig. 8 はその一コマを模写したものであり、Fig. 9 はそのうち長径が 20 cm 以上の礫 123 個について集計したものである。

b) 9月23日の土石流について

土石流の発生時刻は午後3時45であった。この場合は自動装置が整備されており、センサーが土石流により切断され、自動的に作動した VTR が土石流の流下状況をとらえたが、おりから発生した深い霧のため画像が悪く、やっと流下速度の測定ができる程度で礫の分布状況、その他の解析は出来なかった。VTR の映像から求めたこの土石流の第2号堰堤 (Fig. 1 の No. 2) 上流 70~30 m 区間における土石流の平均流速は 5.0 m/sec であった。なおこの区間の平均河床勾配は 12° である。

又この土石流が下流の第7号床固 (Fig. 1 の No. 7) を流下している状態を普通カメラで撮影することができた。Photo. 7 は土石流が第7号床固の右そでを乗り越えているところ (白矢印で示す) であり、Photo. 8 はその下流を流下している状況である。

さらにこの土石流の先端が通過 10 分後に泥水を採取し (採取場所は Fig. 1 の E)、その浮遊泥の粒度分析をした結果は Fig. 10 の下のグラフである。Fig. 10 の上のグラフは同年7月3日と6日にこの東麓において採取した土壌の粒度分析結果である。採取場所は下記に示す。

- 1: 第2号堰堤 (Fig. 1 の No. 2) 上方の溪床の崖錐状堆積物
- 2: 同じ場所の溪岸の火山堆積物
- 3: 8号床固 (Fig. 1 の No. 8) 上流約 10 m 左岸、土石流段丘の崖面
- 4: 大正池の上々堀沢による扇状地来端近くで、礫地帯から砂地帯に変化しているところ (Fig. 1 の F)
- 5: 4より少し下流の砂質帯 (Fig. 1 の G)

この結果から流水中の浮遊泥は平時の河床堆積物にくらべてかなり小さい粒径であることが認められるがその起源は現在のところ明らかでない。

以上述べて来たが、土石流の発生に伴い、深い霧が発生し、流動状態がはっきり VTR で撮影できず、又、土石流先端部の幾何学的形状も計器の設置場所の関係もあり測定できなかったのは残念である。又、土石流の流下に際しては、大きな振動が発生し、溪岸付近においては、デリケートな記録計は使用できないものと思われる。来年度における観測にはこのような点に留意して、横水平方向からの 8 ミリ映画撮影、自動的な立体写真撮影、多段センサーによる溪岸沿い多くの地点での流速測定、先端盛り上り部分の幾何学的形状、礫の分布状況、移動状況等の計測を計画している。又、流動物質を調べるために、土石流先端部から後に続く泥水まで対象にして連続的採泥を行なう予定である。



Photo. 7 Mudflow front flowing over dam No. 7. Dense fog flows down with the mudflow.



Photo. 8 Muddy stream flowing over dam No. 6 (lower dam) immediately after passing of mudflow front.

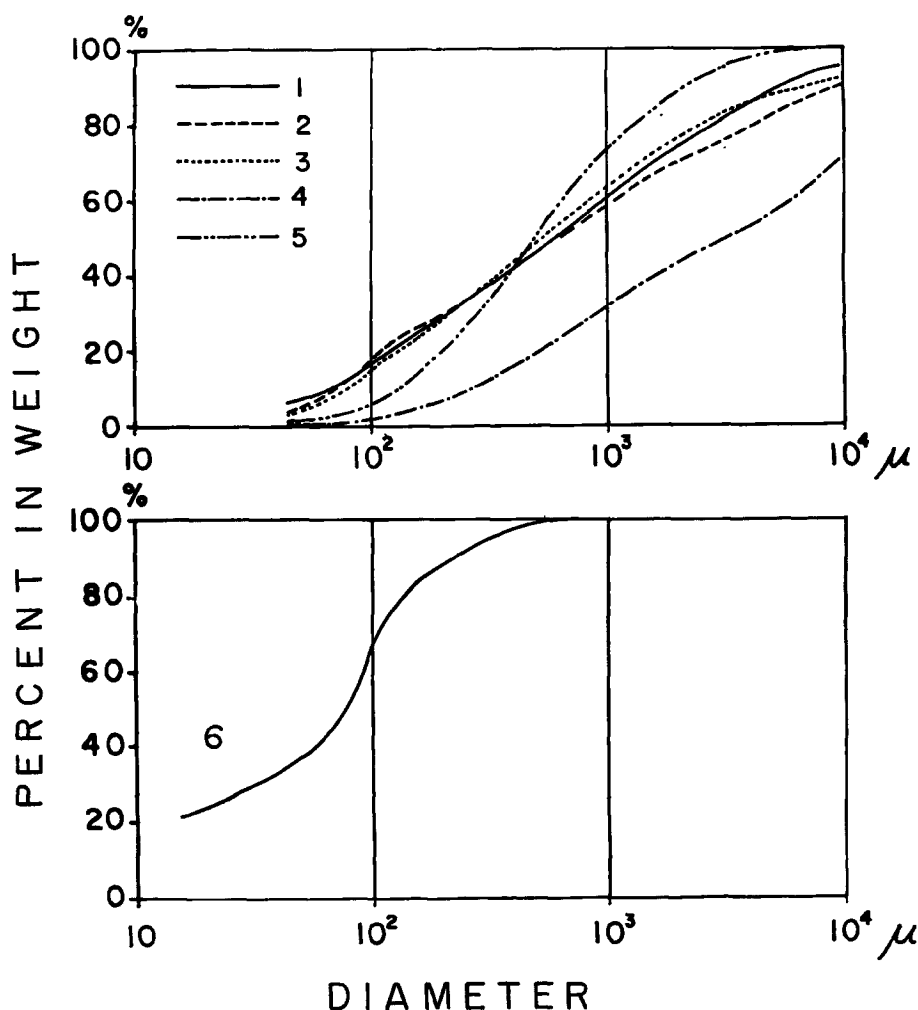


Fig. 10 Accumulation curve of particle size distribution. Upper 5 samples are taken from deposits on valley bed or valley side, and lower one is mud suspended in flowing water sampled immediately after passing of mudflow front.

Curve numbers 1, 2, 3, 4, 5, 6 correspond to the sampling position A (bed), A (side), No. 8, F, G, E shown in Fig. 1.

6. あとがき

以上説明して来たように本年度は総合的であるべき計測システムの一部分を試験的にセットした段階であり、しかも設置場所での土石流発生頻度が例年にくらべて異常に低かったために、計測システムの機能の十分なテストは行ない得なかった状態である。

しかしながら、小規模ではあるが実際の土石流を肉眼で観察し、また計測システムでとらえることも出来たので、この貴重な経験を生かして来年度さらにシステムを改善、拡大し、より確実に土石流の動態を観察し得る自信が得られた。とくに本年度の観察で得られた強い印象として、土石流は「山津波」と通称される

にふさわしく、極めて短時間に（一地点の通過時間はたかだか1分以内）異常な土石の盛り上りが流下する現象であることが明らかになり、今後、計測法あるいは解析法を検討するとき、あくまで transient な特性に重点をおくべきことが認識された。

謝 辞

本年度の現地観測に際して特別の御援助をいただき、また貴重な資料を提供していただいた建設省松本砂防工事事務所榎本所長、林工務課長、牧野焼岳出張所長ならびに同所員に感謝する。また現地での撮影に御助言いただき 器材の一部を貸与された NHK 科学産業部の諸氏、ならびに 現地作業に直接協力された松本土木建設 K.K. の諸氏に謝意を表する。