

# 長野縣北佐久郡小沼村土石流に関する一考察

大学院学生 山口 伊 佐 夫

Isao YAMAGUCHI

A Study of Mud and Rock Flow in Konuma-mura, Kitasaku-gun, Nagano Pref.

## 目 次

I 緒 言	65	B 土の力学的性質による原因	70
II 概 況	65	a. 降水量の推定	70
III 舟ヶ沢の地質状況	66	b. 崩壊と洪水発生との関係	73
IV 洪水誘発の原因	68	V 参考文献	75
A 地形的原因及び地質的原因	69	Résumé	75

## I 緒 言

山崩れ及び土石流は颱風の来襲毎に各地に発生している。特に土石流は辺鄙な山岳地に発生するため発生時期や発生個所の予知が困難で、直接土石流の流下状況及び流下直後の状況を観察する事が出来ない。従つて其れを究明するには多少複雑な問題に迄当面し、其の研究は容易に進捗し難い状態にある。筆者は幸い小規模の併も其の原因を究明するに比較的好条件な舟ヶ沢土石流を試料として得たのであるが、こゝに其の原因及び肥大状況を二、三の点より追跡し土石流一般に対する何らかの解決を得ようと試みた次第である。

本研究にあたり御懇切な御指導を仰いだ砂防教室教授荻原貞夫博士に対して深甚なる感謝を献ずる。又絶大なる御支援を承つた元岩村田営林署長山田昌一氏及び文部教官野口陽一氏に対して衷心より感謝する次第である。

## II 概 況

昭和 25 年 8 月 5 日未明舟ヶ沢に発生した洪水は岩村田営林署小沼村苗圃上方の千米林道に至り、橋梁を破壊して一気に同村塩野部落に押寄せ水田、畠、家屋に甚害を与え、次いで馬瀬口に至り、最後に南大井村字平原にぬけ出している。

其の間に於ける田畠、人畜の被害を概述すれば Table 1 の通りである。

なお此の他死者 3 名、重傷者 2 名、流出家屋 2 棟、床上浸水 8 棟、牛 1 頭、鶏 10 羽の損失があげられる。其の時の気象状況を山麓に於ける苗圃の観測によつて記する。

8 月 1 日	降水量	なし	風 力	強	方 向	E
8 月 2 日		2.6 mm		和		N

8月3日 3.0 mm 強 E  
 8月4日 8.1 mm 和 W

8月4日23時より5日6時迄の降水量は

23時00分	23 mm	4時20分	22 mm
23時50分	22 mm	5時25分	20 mm
1時55分	22 mm	5時50分	計 109 mm
4時20分			

であり、合計 109 mm の降水量を記録している。

Table 1

		Rice Field 水 田	Private Forest 民 有 林	National Forest 国 有 林	Crop land 畠
流 出	Erosion	10 hr	15 hr	25 hr	15 hr
埋 没	Covering	25 hr			
決 壊	Breakage	5 hr			

なお地形について見ると此の舟ヶ沢は浅間山の外輪を作る剣岳に源を發し石尊山の右を通つて此の小沼村に至つている。河谷はV字形で4~15mの深さを有し上流より下流迄1本の支流もなく殆んど直線的に流下している。従つて地質構造による地下水の影響を除けば、此の舟ヶ沢は剣岳頂上部分のみが集水面積と考えられる。

洪水そのものについてキャスリーン颱風時に於ける赤城山の土石流等と比較して見ても、其のスケールの点に於て殆んど問題にならぬほど小さい。併しスケールが小さいだけに侵蝕の模様が明瞭でサンプルとしての価値が大きい。

此の意味に於て筆者は其の各種の侵蝕形態に対する原因を究明し、以つて土石流現象解析を試みたわけである。

### Ⅲ 舟ヶ沢の地質状況

舟ヶ沢は剣岳に源を發し局部的には小さい急カーブを有しているが全体として略直線状に山頂部より塩野部落迄至つている。其の間支流と言うべきものは1個もなく頂上部から下流迄其の溪谷にそつた降水のみが此の沢を流下する事が一特色としてあげられる。地質は殆んど浅間山噴火によつて生じた熔岩及び其の上を被つた火山灰から構成され山体は河川のため深さ4~15mの侵蝕谷が出来ている。現在では丁度正規輪廻の中期の時代を過ぎつつある。

地質の構成は大體中央部より上部は安山岩帯、其れより下部は第四紀の洪積層と大體2つに分

(1) 塩野部落より少し上部附近

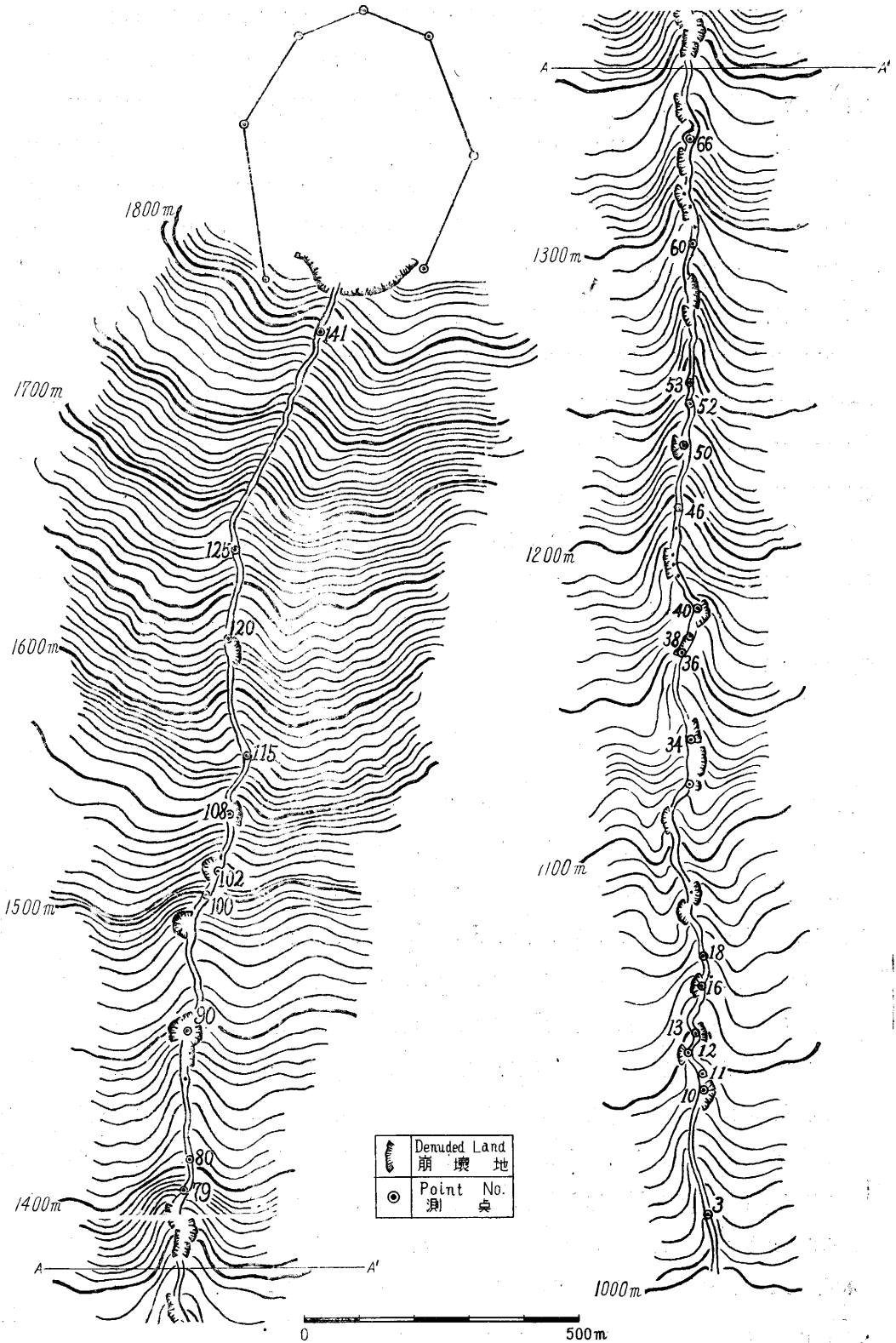


Fig. 1

けられる。併し局部的には種々の岩石、地層が錯雑に配置している。即ち大きさ 2~10 cm の安山岩屑から成る砂礫の堆積層及び浮石を含む浮石層、又 2~3 cm の浮石及び礫を含む集塊岩及び其の上部を被う表土層より成立っている。更に詳細に述べると砂礫の堆積層に於ては浅間山噴火に際して谷にそつて流下した礫が代々堆積して厚い層を作っている。中央部以下に於ては特に此等の堆積が洪水等によつて侵蝕され再び堆積したと思われる個所も存在している。なお上流部に於ても緩傾斜地帯は侵蝕された石礫が再び堆積したと思われる地点が各所に見受けられる。表土層は主として腐植土が占め、沢沿い斜面の上縁の所々に 1~5 m に堆積しているのが見られる。特に上流傾斜の急な地域に於ては腐植土層の堆積が薄くて、其のすぐ下に硬い安山岩が露われ流水によく洗い流された形跡さえ見受けられる。従つて此等流出土砂は下流に於て再び堆積し 4~5 m に迄厚い層を作っている。

浮石層は 1~4 m の白色の浮石からなり、其の上部を火山灰或いは腐植土が被っている。此等の浮石層は結合力が弱く上部の表土層と共に容易に崩壊すると考えられる。

集塊岩は比較的硬いのであるが、其の風化の進んだ所は粗鬆な崩壊し易い個所を作っている。従つて其の場所は洗掘に対しても非常に弱く、新鮮な部分を除いては流水のため次第に下刻作用を受けつつある。その結果、両岸に露出した未崩壊の部分は風雨によつて簡単に瓦解し易い状態にある。

#### IV 洪水誘発の原因

土石流誘発の原因として先ず次の 4 項をあげる事が出来る。(1) 気象的原因、(2) 地形的原因、(3) 地質的原因、(4) 森林理水機能の不良及び其れに伴う土砂扞止の不良。

(1) 気象的原因については山麓塩野苗圃に於て観測したデータに基いて考察するに降水量は 8 月 1 日、降水量 0 mm、2 日 2.6 mm、3 日 3.0 mm のように僅少であつたが、8 月 4 日に至つて 23 時頃より 5 日 6 時頃に至る迄に 109 mm とする強く且大きい降水量を記録した。浅間山に於ける標高と降水量との関係を求めるために林業試験場宝川試験地及び日光男休山のデータ<sup>(1)</sup>に基いて類推すれば、夏期に於ける上部山岳地帯の降水量は下部地帯のその 1.5 倍の増加と見られ、それを以つて本沢の山頂部の降水量を推測すれば 160 mm 程度であつたと判断し得る。即ち最初 3 日間の降水量は殆んど無視し得るが、その後<sup>(2)</sup>に於ける 160 mm の降水量が問題となるのである。其のような場合にも森林の理水機能及び土質的な条件が正常に近かければ水害は発生しないと考えられ、結局 (2) 地形的原因、(3) 地質的原因、(4) 森林理水機能の不良及び其れに伴う土砂扞止の不良等の条件が相当に影響したと想像される。

(1) 山田 昌一；宝川森林治水試験報告 昭和 18 年 12 月

(2) 玉手三葉寿；山地の雨量に就いて

さて(4)の森林の理水機能について考えるに、本沢は国有林 1034 班、1033 班に属しカラマツ、アカマツ、ナラ、ヒノキの壮令林が繁茂して、殆んど前記森林の諸機能は不十分であつたとは言ひ難い。併し頂上に約 17 ha の植生不能地が存在しているから、強いて森林に対して其の誘因の一端を負わせるならば、結局この山頂部に於ける禿地及び河谷の両岸に於ける崩壊地を問題にせざるを得ない。但し、洪水或いは土石流に於て必然的に伴う崩壊その他の痕跡が頂上禿地に於て認められないので、其の禿地が直接的な原因としてでなく、其の禿地に於ける過多の地表流下水が本沢を流下し、その際に両岸からの土砂を掘取つて次第に増大し洪水となつて行つたとの推論が有力になる。又降水量に原因を追求した場合に約 160 mm 程度の降水量は既に過去に於て再三訪ずれた事は明瞭であり、やはり今回洪水の発生は地形的条件、地質的条件、特に土の力学的な条件が予想以上に不利であつた事に帰せしめられる。なお此の事実を裏づけるものとして、本沢が何等の支流もなく粗鬆な砂礫の堆積層、集塊岩層の間を 5~10 m の溪谷を作つて流下している事もあげ得ると思う。

#### A 地形的原因及び地質的原因

前述したように此の附近に於ける地質は殆んど浅間山噴火の際に於ける熔岩或いは火山灰によつて構成されているが、此等は地形的輪廻に於ける下刻作用の最も甚だしい時代にあると云われる。以下此等を個々の岩石について詳述すれば、

##### 安山岩

本沢に於ける安山岩は熔岩の流出によつて生じたのであるが、特に目立つのは熔岩流出時か又風雨化によつてか明らかでないが大巾に涉つて龜裂が生じている事である。なおその龜裂に従つて角ばつた岩塊が離れ落ち、又落ちそうな状態にあるものが間々見受けられる。そして既に離れ落ちた岩塊<sup>(1)</sup>は河床の各地に点在しているが、これらの岩石が本洪水によつて河床及び河岸を破壊しつゝ流下した事が現地に於て明瞭にうかがわれる。特に上流部に於ては薄い表土層<sup>(2)</sup>のすぐ下を安山岩が占め、水は硬い安山岩迄侵蝕し得ず其の表土のみを底浅く巾広く侵蝕している。従つて其の附近に存在するカラマツ或いはナラ其の他の樹木は容易に表土と共に持ち去られた感がある。

##### 集塊岩

一般に集塊岩及び砂礫堆積層の露出個所では長年の風雨によつて其の凝集力が非常に小さくなつている。そして河床に於ても其の侵蝕状況が明かに見られ、又両岸に於ても降水毎に表土が崩壊しつゝある事が明瞭にうかがわれる。なお又中流部に於ては安山岩と他の集塊岩層或いは砂礫堆積層との変化が甚だしく、山脚部の集塊岩は侵蝕を受け堅固な安山岩のみが残つて安山岩の断

(1) 岩塊の大きさは 0.5~2 m 程度である。

(2) 厚さは 0.5~1.5 m 程度である。

崖を生じ、従つて流水の動力は増加し集塊岩、砂礫の堆積層或いは安山岩の侵蝕を一層促進せしめてゐる。以上の様な崩壊の過程にあるが河川自体に於ても安山岩、集塊岩等の錯雑な存在によつて局部的な急カーブが相当数見受けられる。特に集塊岩、砂礫堆積層に於ては長年風雨化された個所と新鮮部とによつてこの現象が著しく目立つてゐる。なお兩岸に露出しているものは降水のため甚だしい侵蝕を受けて崩壊し、其の崩壊土壌が斜面基部に堆積してゐる。其等は降水によつて容易に侵蝕され或いは其の斜面上で小さい迂りを生じたり又崩壊したりする事が想像される。砂礫堆積層に於ては集塊岩に似た堅い状態のもの一応崩壊して其れが再び堆積して生じたと思われるものがある。前者は特に上流山岳部に見られ崩壊は殆んど見られないが溪水による下刻作用及び側方侵蝕はやはり行われている。後者は下流部に多くこれは各所に崩壊となつて見られる。又部分によつて礫と粘土質との混合土砂と言つたような感じの所が相当あるが此等は降水に対して不安定性を持ち降水毎に崩壊を生じ又流出する事は現場に於ても容易に想像し得る。

## B 土の力学的性質による原因

### a. 降水量の推定

山麓苗圃に於ける降水量は前述したが、山地上方部に於ける降水量はこれより遙かに異つてゐる。即ち山の傾斜或いは山の高さ風の速度、又高さに対する地上空気の密度、及び水蒸気の混合比等に影響されるものである。従つて気流の状態が標高に対して或る一定の方向に決定づけられてゐるとすれば降水量は高さと共に増加するという事が考えられる。宝川森林治水試験報告によれば、海拔高を  $Xm$  とし降水量を  $Ymm$  とすれば谷に於て

$$Y = 15.3 + 0.0966 X$$

の実験式が算出してある。試みに此の苗圃に於ける 8月4日より8月5日迄の降水量 109 mm を上式に代入すれば標高  $X$  は 937 m となり本苗圃に於ける標高と殆んど一致する。多少の相異はあるとしても大体妥当と認め本洪水を誘発するに至つた降水量を本式で推算しよう。

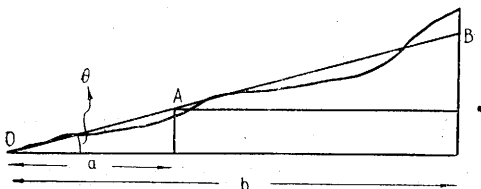


Fig. 2

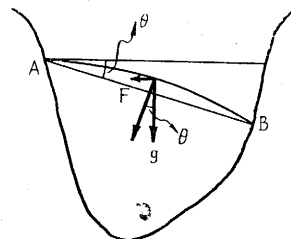


Fig. 3

今山の平均傾斜角を  $\theta$  とし原点  $O$  からの水平距離を  $x$  とすれば

$$X = x \tan \theta \quad \text{従つて} \quad Y = 15.3 + 0.1 x \tan \theta$$

故に水平距離  $am$  より  $bm$  迄の降水量の総和  $Q$  は上式を積分する事によつて求め得られる。

$$Q = \left[ 15.3x + \frac{0.1}{2} x^2 \tan \theta \right]_a^b$$

$$= (b-a) \{ 15.3 + 0.05 \tan \theta (b+a) \} \quad (1)$$

$(b-a)$ …… $a$  点より  $b$  点迄の水平距離

$(b+a)$ ……原点より  $a$  点迄と原点より  $b$  点迄の距離の和

従つて全降水量は( $Q \times$  集水面積の中)によつて算定出来る。こゝに $a$ 及び $b$ は平面図によつて算出する事が出来、勾配は縦断面によつて算出する事が出来る。故に式(1)によつて大体山岳地に於ける降水量を算出し得る。勿論山地の勾配に関しては一般に凹曲線を描くもので  $X = x \cdot \tan \theta$  は多少の無理が考えられるが、式の複雑性を除く意味から用いたのである。特に本洪水に於ては舟ヶ沢が支流のない一本沢であり上流より殆んど直線的に下流迄至り併も其の最上部の約 17 ha を除いては谷巾 200~260 m を流下しているから全降水量は容易に算定されるのである。今集水区域の水平距離を  $(5144+2725)^{(1)}$  m から  $(5144+4650)$  m とすれば、(1)式に代入して一縦断面に於ける降水量を求めると、平均勾配  $\theta = 11^\circ$  ( $b-a$ ) = 1925 m ( $b+a$ ) = 17663 m 従つて  $Q = 1925 \times 187.0$  mm となる。故に平均巾を Fig. 1 により求めて 250 m とすれば総降水量は  $90,000 \text{ m}^3$  が推定される。従つて平均雨量はこれを面積で除して 187 mm となり苗圃に於けるものと比較すれば大体 1.71 倍になる。なお降水時間は苗圃と同様に 6 時間とすれば問題の区域内には毎秒  $4.17 \text{ m}^3$  が降つたことになる。

次に本沢上流部 120 点附近に於て見ると河床巾  $3 \text{ m}$ <sup>(2)</sup>、水位 1~1.5 m<sup>(3)</sup>、水面巾 5 m であるから流量は  $4 \sim 6 \text{ m}^2 \times v \text{ m/sec}$  として得られる。今此の附近に於ては土砂の混入が少いものとして其の流速をバザン式より計算すれば、

$$v = \frac{87}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad \begin{array}{l} R; \text{径深}; 0.8 \sim 1 \text{ m} \\ J; \text{勾配}; 0.1 \\ n; 1.75 \end{array}$$

$$\therefore v = 8.4 \sim 9.6 \text{ m/sec}$$

故に流量  $(33.6 \sim 57.6) \text{ m}^3/\text{sec}$  が算出出来る。

降水量の変化が如何に局部的に差異があるにしても山頂部に於ける降水量が山麓の降水量の 2 倍になる事は殆んど考えられない。平均雨量が 187 mm としても其の毎秒の降水量は  $4.17 \text{ m}^3/\text{sec}$  に相等するから上述の Fig. 1 120 点附近に於ける流出量  $33.6 \sim 57.6 \text{ m}^3/\text{sec}$  との間に矛盾を生ずる。そこで 120 点の上流に於て流量の一時的な停滞があつたのではないかの想像が可能

(1) 5144 m は塩野苗圃 1000 m 林道を基準として平均勾配  $11^\circ$  とした時に於ける原点 0 より塩野苗圃迄の水平距離。

(2) Fig. 1 参照。

(3) 水位及び水面巾は河岸に於て洪水流下によつて草木が伏し土砂が附着して明瞭に見分け得る。

(4) 水位或いは水面巾等は概測によるもので決定的数値に非ず。

になつて来る。試みに 120 点より上流に於ける地質状況を見るに 141 点附近に於て湧水地帯が存在している。これは上部禿地より 100 m 位下方であるが其の附近は粗鬆な火山灰及び腐植土壤が 3~4 m に堆積して 150 m 位の距離に続いている。即ち地下水によつて常時不安定になつてゐる此等腐植土壤は急激な降水によつて崩壊して流水の停滞を加重し、遂に耐え切れなくなつて一気に決壊し多量の土砂を含んだ型で流下したものと判断される。

今各点の流水の断面積，水位，流速，流量を列記すれば

Table 2

Point No. 測 点	2	13	17	18	34	52	53	65	115	120
Sectional area 断面積 m <sup>2</sup>	32.5	32.0	33.0	35.0	15.0	15.0	9.0	7.5	8.0	6 ~ 4.0
Water level 水 位 m.	5.3	8.0	6.0	7.0	3.0	2.7	3.0	3.0	2.0	1.0~ 1.5
Velocity 流 速 m/sec			4.2	5.2	4.2	5.2	5.2			8.4~ 9.6
Discharge 流 量 m <sup>3</sup> /sec			138.6	182.0	63.0	78.0	46.8			33.6~57.6

Table 2 の中各点に於ける流速は流水の比重或いは流水と含有土砂との関係等が明らかでないため算出が困難である。よつてカーヴ地点に於ける 兩岸水位の差から算出した流速を用いた。

Fig. 3 の水平方向分力を  $F$  とし重力を  $g$  とすれば

$$\tan \theta = \frac{F}{g}$$

曲率半径を  $R$ ，速度を  $v$  とすれば

$$F = \frac{v^2}{R} \quad \therefore v = \sqrt{\tan \theta \cdot g \cdot R} \quad (2)$$

(2) 式によつて各カーヴに於ける速度を求めると

Table 3

Point No. 測 点	17	18	34	52	53
Radius of Curvature 曲 率 半 径 m	12	10	10	30	30
Tangent $\theta$ 勾 配	0.15	0.3	0.2	0.09	0.09
Velocity 流 速 m/sec	4.2	5.14	4.2	5.2	5.2

Table 3 の流速を各点にあてはめると Table 2 のような流量が算出される。Table 2 によつて河谷の各点に於ける流量を算出するに 120 点附近に於て 33.6~57.6 m<sup>3</sup>/sec で 34, 52, 及び 53 点附近で 47~78 m<sup>3</sup>/sec の流量であり 18 点に於て 182 m<sup>3</sup>/sec, 17 点附近に於て 138 m<sup>3</sup>/



sec となる。

以上のような降水量及び流量が推定され此等によつて洪水の発生に至つた誘因及び流下状況の判断が下される。

#### b. 崩壊と洪水発生との関係

地質状況は前述の通りであるが本洪水に於ける最大の原因はやはり河谷をなす兩岸の崩壊に帰結されると思う。其等の崩壊に対する原因は大體次ぎの二つとなる。

##### (1) 地下水の影響による崩壊

##### (2) 2種の土層間の透水性差異による崩壊及び降雨のため土壌凝集力の低下による崩壊。

併し何れにしても上流部より下流部迄兩岸の地層が長年月間の風雨化によつて極めて疎鬆になつている事が此等の最も根本的な原因として考えられるのである。

##### (1) 地下水の影響による崩壊

本沢全般を通じて 43~44 点 (集塊岩及び腐植土壌) 90 点 (腐植土壌) 141 点 (腐植土壌) の 3ヶ所に地下水湧出地点が見出された。特に 90 点及び 141 点附近に於ては火山灰及び腐植土の堆積層になつており此等の土壌は乾燥時に於ては団粒構造のまゝ径 1~4 mm 程度の粒径を作つてゐるが、水に浸潤されると直ちに其の構造が破壊されて、粘性の不安定なものになつてしまふ。従つて其処に湧水があれば透水性は不十分となり又排水も困難となつて湧水は土壤間に保水されずぶずぶの状態となつて兩岸に存在しているのである。加えて上部の乾燥した土壤 A は団粒構造のまゝころころ崩壊して基部の浸潤された土壤 B の上に堆積し、従つて此等の堆積土は最も不安定なまゝに存在していたのである。

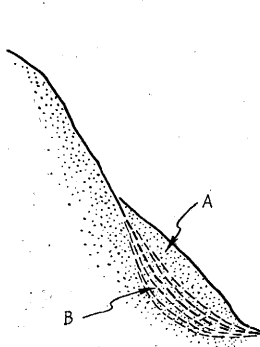


Fig. 4

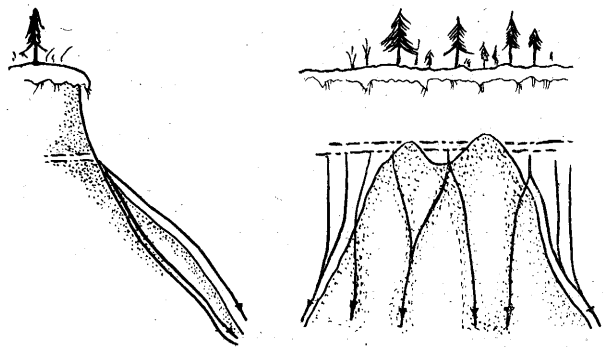


Fig. 5

43~44 点附近は主に集塊岩によつて占められているが凝集力を失つた集塊岩は Fig. 5 の様に長年月間の風化によつて小刻みの崩壊を生じている。従つてそれら崩壊土壌は斜面にそつて堆積し底部を占む集塊岩とは明らかに異つた力学的性質を有しているわけである。湧水は当然旧層と堆積土体との間をくぐつて河川に注ぐか或いは堆積土体の上部を細谷を作り浸透しつゝ流下し河

川と合流する。此の堆積土体と旧層との間には当然摩擦係数の小さな潜流区域が存在する事は容易に推察される。

湧水地帯の土壤及び地層は以上の様な状態におかれていたのであるが、急激に襲つて来た降水は此の不安定なまゝの腐植土及び集塊岩堆積土体を崩壊し、崩壊した土塊は河川に横たわつて流路を閉塞したのである。勿論地下水の影響による崩壊は集水区域の降水が本格的に流去し始めるよりも又後述する(2)(3)の崩壊よりも時間的に早く行われた事は今迄の説明でも明らかに知る事が出来ると思う。

(2) 地層の透水性差異による崩壊及び降水のため凝集力消失による崩壊。

上部を浮石層の風化層が占め下部を集塊岩等が占めているような場合に其等の層の間には当然降水によつて潜流が生じて来る。即ち土体の重量を  $W$  とした時

$$\text{崩壊を起す力} \cdots W \sin \alpha \quad \text{崩壊を止める力} \cdots fW \cos \alpha + c$$

$$\alpha; \text{傾斜角} \quad f; \text{摩擦係数} \quad c; \text{凝集力}$$

静止の場合に於て

$$W \sin \alpha < fW \cos \alpha + c$$

の式が成立するが降水によつて  $W$  は増大し摩擦係数は減少し凝集力も減少して来る。特に潜流が生じた場合は其れが急激に

$$W \sin \alpha > fW \cos \alpha + c$$

となり其処に崩壊が行われる。なお本項に就ては特に現在実験中である。

其等は(1)と比較した場合相当時間的なずれがあり直接洪水誘発の原因とならなくても洪水が其の部分を下流する際に其の衝撃によつて崩壊を起し或いは流下後に崩壊する。従つて此等の崩壊は洪水を肥大せしめるのに役立つている。併し下流部附近に於ては洪水の発生から下流へ到達する迄に多少の時間的経過があり、本項のような崩壊によつても洪水流を堰止めたと思われる箇所が存在している。即ち 21 点附近に於ては新しい崩壊が特に目立ち、カラマツ、カン、コナラ等の樹木が土塊と共に流路に横たわり一時堰止めた形跡が顯著である。又 Table 2 によつて見ると 18 点の横断面を下流する流量は急激に増加し、17 点に於て減少の状態が見られるがこれによつてもこの推論が可能である。<sup>(1)</sup>特に著しいのは集塊岩及び砂礫の堆積層に於てであるが、兩岸の其等が風雨によつて凝集力を失い小刻みの崩壊を起し堆積が生じている所に、急激な降水があり堆積土体と旧地層との間に潜流を起して崩壊したと判断されるものがある。勿論此等の崩壊と洪水の流下との間には色々な時間のずれが考えられるが流下以前の崩壊或いは流下の際の衝撃による崩壊は洪水と合流しその勢力を増して流下している。又洪水の流下後に崩壊或いは地入りし

(1) 18 点で流量が大で 17 点で流量が小であるのは制水扉を開放した際に於ける流水の背水曲線と同様の理である。

たものはその堆積体にヤシブシ、クヌギ、雑草等を有し、土体と共に河床に落ち込み河床に於て根を張っている。又砂礫の堆積層及び火山灰或いは腐植土層と礫との混合層に於ては降雨により其の疎鬆性が強まり小規模の崩壊を来している。従つて一気に多量の石礫を崩壊させる事は少く、洪水に対してさほどの影響も考えられないが小降雨によつて常に崩壊しているようである。

特に上流部に見られるのは此等の上を安山岩が存在し、其の長期間の侵蝕によつて深い崖が作られている。又安山岩の上部に 0.5~1.5 m の腐植層があつて其れが 100~150 m の長さに続いている個所があるが、此等は降水によつて其の凝集力が弛むと同時に流水の動力によつて横侵蝕を受け相当量の土壌が流出されている。此のような場合には根系の緊縛も無意味で土塊と共に流水に洗い流されてしまつている。

以上の事柄が直接洪水の原因として考えられるが、最も大きく影響しているのはやはり兩岸の基部にある堆積土体であり、地下水の湧出に帰結せられる。即ち総合的に考察すると先ず降水によつて常時不安定な状態にあつた最上流部の湧水地帯が崩壊を来し、其のため集水地区からの流水は堰止められ此の貯水量が増加すると共に水圧に耐えられなくなつて一気に流下して行つたと考えられる。即ち Fig. 1 に於ける 141 点である。従つて其の混合土砂の割合及び流量も特に大きく普通の流水よりも数倍の動力で流下して行き兩岸及び河岸を侵蝕し洗掘して益々増大して行つたのである。其の上 18 点附近に於ては洪水の流下時間が 141 点附近に於ける洪水の発生より数分おくれて到着するのであるが、其のため洪水の通過以前に於て大規模の崩壊が生じ再び流水の留止が行われて流量は増大している。<sup>(1)</sup>そして最後に 1,000 米林道の二つの橋梁に於ても洪水は停滞し橋梁の決壊と同時に塩野部落に來襲したのである。

## V 参 考 文 献

1. 山田 昌一；宝川治水試験地に於ける地形に基く受光係数、立木分布状態及び降水量と流出量との關係に就いて。(宝川森林治水試験報告 昭和 18 年 12 月)
2. 大道寺重雄；洪水特論Ⅱ雨(2)(土木学会誌 35—9)
3. 物部 長穂；水理学(p 19 及び p 333)
4. 玉手三稜寿；山地の雨量に就いて
5. 佐伯 秀章；農林地質学

## Résumé

In relation to the mud and rock flow in the Funagasawa, Konuma-mura, Nagano Prefecture on 5 Aug. 1950, the causes of its occurrence and expansion are

(1) Table 2 参照。

sumarized as follows :

### 1. Geological Condition

The watershed of the Funagasawa consists mostly of lava and volcanic ashes produced by the eruption of Mt. Asama. It is now in the most accelerated stage of the normal erosion cycle. Other geological formations found in this area are andesite, agglomerate sand and gravel strata and humus. Andesite has large cracks and is easily broken along these cracks. Broken rocks of andesite, when carried by water, increase the destructive power of flood and are scattered in places on the stream bed.

In some parts of the up-stream area andisite is covered with thin layer of humus (0.5—1.5 meter deep) which suffers mostly from lateral erosion. In the mid-stream area agglomerate and sand and gravel strata lie beneath andesite. Since erosion is severe on these under layers, stream banks form nearly perpendicular walls.

Owing to weathering abrasion of many years, cones of debris have been formed in many spots along the banks of the stream. By the heavy rain on 5 Aug. many these cones were collapsed into the stream helping the expansion of the torrent.

Underground water gushes out at 3 places along the stream as shown with No. 43—44, 90 and 141 in Figure 1. Agglomerate and humus layers are very unstable when affected by underground water. The heavy rain caused collapse of these ground into the stream. This caused the damming-up of the stream water. When the temporary dam thus made was broken, the stored water ran down at a time, increasing the amount of discharge several times as much as the amount estimated by ordinary calculation.

In short, collapse of andesite did nothing more than increasing dynamic power of running water but the weathered products of sand and gravel strata and agglomerate together with humus had a closer relation with the occurrence and expansion of the mud and rock flow.

### 2. Precipitation Condition

The rainfall of 109 mm was observed in the nursery at the foot of the mountain. Since it is known in most cases that the higher the altitude, the more the

amount of rain, the total amount of rain in the watershed was calculated from the formula by Mr. Masaichi YAMADA. (Journal of the Takaragawa forest hydrological experiment, Aug. 1943.)

The formula is

$$Q=(b-a)\{15.3+0.05 \tan \theta (b+a)\}$$

Where  $Q$ =Total amount of rain,

$a$  and  $b$ =Horizontal distances from a given origin to points  $a$  and  $b$ ,

$\theta$ =Average slope of the ground surface.

From  $Q$  the intensity of rainfall is calculated as 187 mm which is 1.71 times as much as the rainfall in the nursery.

Discharges at several points along the stream are shown in table 2. From the above table we may find the spots where land collapses occurred.

In the up-stream area unstable hillsides due to gushing water caused slides under the heavy rain and dammed-up the stream water. The stream water thus checked became so large in volume that it ran down with a velocity as much as 120—80 m/sec when the dam was broken. It is clear that the speedy flow like this caused vertical as well as lateral erosions.

Near the point No. 17 there occurred a large land collapse of agglomerate which might have caused the damming-up of the stream water. At two bridge sites along the "1,000 meter Forest Road" the mud and rock flow was checked. With the collapse of these checks the stored mud and rock flow attacked Shiono hamlet and others.