HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	有珠山大有珠川における流出土石の組成とスリットダムの効果に関する考察
Author(s)	新谷, 融; 吉田, 勇; 橋本, 喜次 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 39(1), 95-125
Issue Date	1982-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21066
Type	departmental bulletin paper
File Information	39(1)_P95-125.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

有珠山大有珠川における流出土石の組成とスリットダムの効果に関する考察*

新谷　融** 吉田　勇** 橋本喜次***
坂本知己****南　哲行*****

Sediment Materials of Debris Flow in O-Usu River and Effectiveness of Slit-dam

By

Touru ARAYA**, Isamu YOSHIDA**, Yoshitsugu HASHIMOTO***
Tomoki SAKAMOTO**** and Noriyuki MINAMI*****

目　　次

はじめに …… 96
I. 大有珠川の土石流出概要 …… 96
1. 大有珠川の概要 …… 96
2. 土石流出の概要 …… 98
3. 土石流対策とスリットダム …… 99
II. 礫調査の方法 …… 101
III. 流出土石の堆積状況 …… 101
1. 堆積状況 …… 101
2. 堆積土石量 …… 103
IV. 流出土石の礫分組成 …… 104
1. 表面礫の階級区分 …… 104
2. 断面掘削とふるい分け試験 …… 106
V. 礫の流下とスリットダム …… 109
1. 階級別分布 …… 109
2. 礫量の推定 …… 110
VI. スリットダムの礫捕捉率 …… 112

* 1981年8月31日受理　Received Aug. 31, 1981.
** 北海道大学農学部砂防工学研究室
Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.
*** 新潟県砂防課
Sabo Division, Department of Civil Engineering, Niigata Prefectural Government.
**** 林業試験場北海道支場
Hokkaido Branch, Forestry and Forest Products Research Institute.
***** 建設省砂防課
Sabo Division, Ministry of Construction.

1. スリットダム通過率 …… 112
1) 表面礫量 …… 112
2) 推定礫量 …… 112
2. 捕捉率 …… 112
3. スリットダムの効果 …… 114
まとめ …… 116
文献 …… 117
Summary …… 118
付表 …… 119
付図 …… 125

はじめに

土石流出に関する研究は，量に関するものは多いが，質に関するものは少ない。また，河床堆積物の組成については多くの研究があるが[2,9,10,12,13,15]，土石流材料の組成についての実態調査は極めて少ない[3,7,11]のが実状である。

一方，砂防施設のなかには，土石流対策として試みられているものとしてネット工やスリットダム工などがある。これらは，土石流材料の大礫捕捉によってふるい分けを促進し，流動土石のエネルギー減殺をねらった，いわば土石流の質的変化を期待した工法である。しかし，実地渓流において，このスリットダムによる流出礫の構成変化についての調査報告はほとんどない。

有珠山東麓の大有珠川においては，1979～1980年に数回の土石流が発生し，設置されていたスリットダム（A型鋼製）を流過した。その際各流出ごとに除石工が行なわれたこともあって，筆者らは流出礫の実態調査を行なう機会を得た。そして，土石流形態での流出土石の構成状態を明らかにし，スリットダムの大礫捕捉効果の実態について検討したので，ここに報告する。

なお，現地調査においては，北海道土木部室蘭土木現業所洞爺出張所各位には多大の御援助をいただいた。また，国際航業（株）には一部資料[8]を提供していただいた。ここに記して感謝の意を表するしだいである。

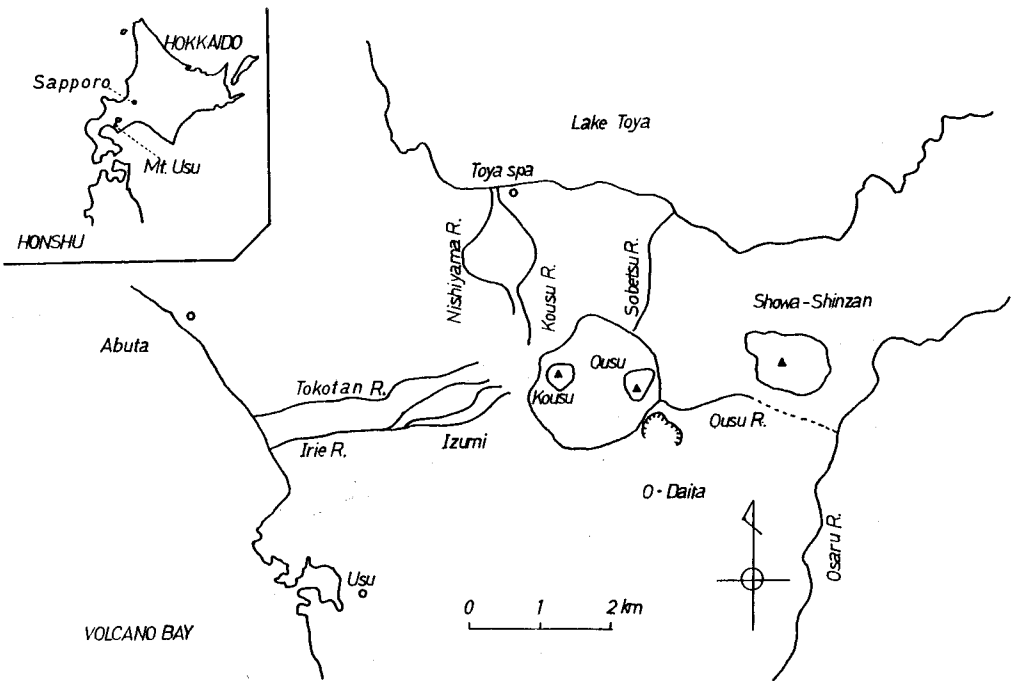
また，本研究には昭和55年度文部省科学研究費補助金「有珠山における泥流災害とその対策に関する研究」（自然災害特別研究（1），研究代表者　門村浩）をあてたことを付記する。

I. 大有珠川の土石流出概要

1. 大有珠川の概要

有珠山は，北海道南部噴火湾に面した，我国有数の活動性火山であり，その北方の洞爺湖に面した扇状地上には洞爺湖温泉市街地がひらけ，東方には昭和新山を有する一大観光地である（図-1）。この有珠山の活動記録は，以下のようである。

更新世末期に多量の火砕流噴出によって形成された洞爺カルデラの南壁において，完新世



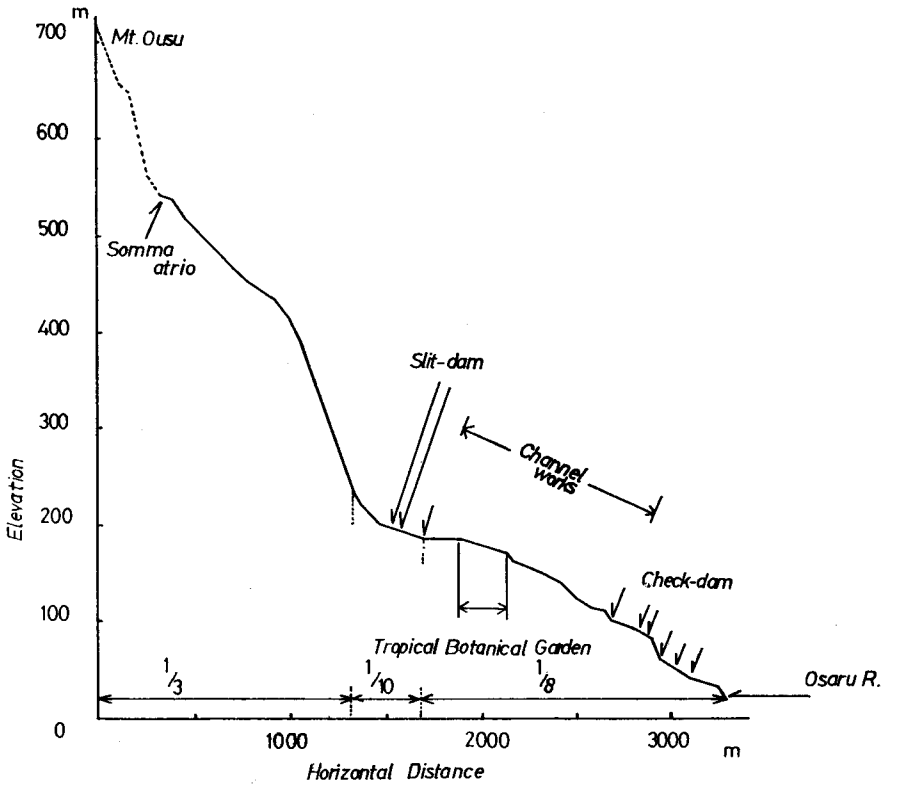
図—1 大有珠川位置図

Fig. 1. Situation of O-Usu River.

はじめに成層火山 (外輪山溶岩) が作られたが, これが爆発・崩壊し岩屑流が噴火湾方向に流下した (善光寺泥流)。そして 1663 年 (寛文 3 年 Us-b—小有珠円頂丘), 1769 年 (明和 5 年), 1822 年 (文政 5 年—文政熱雲), 1853 年 (嘉永 6 年—立岩熱雲・大有珠円頂丘), 1910 年 (明治 43 年—明治新山潜在円頂丘), 1943～1945 年 (昭和 18～20 年—昭和新山円頂丘) の活動が記録されている[19]。

そして, 1977 年 8 月 7 日から 14 日にかけては, 約 8×10^7 m^3 におよぶ軽石・火山灰の堆積のために, 有珠山の森林は枯死し, 山麓一帯は灰白色の裸地と化した。このため, 降灰直後から新規堆積物は, 周辺山麓おもに西南麓の入江川, トコタン川において, 少降雨によっても流出し始めた。さらに 1978 年 10 月 24 日には, 西山川と小有珠川から流出した泥流は, 洞爺湖温泉市街地を襲い, 大災害 (死者・行方不明 3 名) をもたらした。

1979 年以後になっては, 有珠新山が北東方向に移動し, このため変動の大きい大有珠川から壮瞥温泉川にかけては土石移動が激しく, とくに大有珠川においては土石流が頻発してきた。この大有珠川は, 有珠外輪山に源を発し有珠山東斜面を流下して 2 級水系長流川に流入する, 流域面積 0.436 km^2 (右支渓 0.181 km^2, 左支渓 0.255 km^2), 流路長 2.6 km, 平均約 1/6 の急勾配小渓流である (図-2)。そして標高約 530 m の外輪山壁から, 標高 220 m の滝までの間は約 1/3 の急勾配区間であり, 土石流の発生・流下区域となっている。滝から熱帯植物園までの間は勾配 1/10 の最緩区間であり, 流下してきた土石流の堆積区域となっている。熱帯植物園より下



図—2 縦 断 図

Fig. 2. Longitudinal profile of O-Usu River.

流は勾配 1/8 とまたやや急勾配となり，流水の流下区域となっており，さらに標高約 20 m 付近で長流川に流入している。

2. 土石流出の概要

1977 年 8 月の有珠山噴火以後，この大有珠川においては 1977 年に 3 回，1978 年に 5 回，1979 年に 7 回，さらに 1980 年には 2 回の土石流出が認められた。最近の大有珠川における土石流出の概要を，表-1 に示した。1979 年と 1980 年に流出した 9 回の土石流出は，その流出材料から火山灰・軽石の多い泥流タイプと礫分の多い土石流タイプに分けられた。流出土石量は，いずれも 10,000 m^3 以下の比較的小規模なものである。このうち本調査の対象としたのは，とくに量的に多く，また流出礫も大きなもの ($d$max≧200 cm) が多い，1979 年 7 月 2 日，同 9 月 5 日，同 10 月 1 日ならびに 1980 年 10 月 21 日の計 4 回の土石流である。これらの流出土石は，外輪山直下の火山灰 (軽石-Us-b 層) と有珠外輪山溶岩の大転石を含む礫から構成されていた。これらは約 1/2 の急勾配ガリーを流下後，滝を流入口として 2 号スリットダムの堆砂地 (Upper-U, 貯砂容量 700 m^3) に流入し，2 号スリットダム (Slit-S) をせき上げた (ダム間貯砂量 500 m^3)。2 号スリットダムを透過あるいは越流した土石の大半は，下流部の拡幅部 (Lower-L,

表—1 土石流出の概要

Table 1. General description of debris flows in 1979 and 1980

Date		Type of flow	Sediment discharge (m^3)	*Da* max. (cm)	Deposition discharge (m^3)				Precipitation (mm)	
					Upper	Slitdam	Lower	Checkdam	max./hr	total
Jun. 2	1979	Debris	2550	200	550	150	150	1700	12.0	22.5 (11～15)
Jun. 2		Mud	300	20	100			0	8.5	16.0 (5～17)
Aug. 2		Mud-Debris	1300	80	250	100	700	250	10.0	48.0 (前12～ 4)
Aug. 27		Mud	3500	20	300	200	1500	1500	15.5	75.5 (9～17)
Sept. 5		Debris	7200	270	700	500	4500	1500	15.0	48.5 (0～10)
Oct. 1		Debris	4000	260	500	250	2500	1000	9.0	72.5 (前20～ 9)
Oct. 20		Mud	2400	20	300	100	1000	1100	15.0	91.5
Aug. 31	1980	Mud	85	20	35	50	0	0	4.0	32.0 (前18～16)
Oct. 21		Debris	1200	280	100	200	900	0	15.0	36.5 (9～21)

勾配 1/8～1/10) に堆積したのであるが，火山灰からなる大半の細粒土砂は，より下流の治山ダム (Check dam-C) に流入堆積した。この 4 回の流出のうち最大規模のものは，1979 年 9 月 5 日のもので，流出土石量が 7,200 m^3，最大粒径は 270 cm であった。なおこの流出時の降雨量は，48.5 mm (9 月 5 日 0 時～10 時) で時間最大雨量は 15.0 mm であった。他の 3 回についても時間雨量で 9～15 mm，総雨量で 22～72 mm 程度と，さほど大きな降雨ではなかった。

3. 土石流対策とスリットダム

有珠山周辺の渓流では，土石流形態による流出が多いことから，土石流対策に重点がおかれている。すなわち ① 土石流材料の発生源での固定 (山腹工・実播工・植栽工) ② 渓床内での材料固定 (谷止・床固工群) ③ 流動土石，とくにフロントの大礫捕捉によるエネルギー減殺 (スリットダム工) ④ 流出土石の抑止 (ダム工) ⑤ 流出土石の遊砂 (遊砂地工) ⑥ 流水の誘導流下 (導流堤，流路工) ⑦ さらにダム堆積土石の排除 (除石工) などが，各渓流において流域全体に施設配置されている。

この大有珠川においても，1978 年 10 月 16 日と 10 月 24 日の流出を契機として，山麓下部に位置する観光みやげ物店・ロープウェイ駅・熱帯植物園さらには観光道路などを保全すべく砂防施設が配置された。そして 2 号スリットダム (鋼製 A 型 2 列) が右支渓流出口に，またこれより 100 m 下流の合流点に 1 号スリットダム (鋼製門柱型) が設置された (写真-1)。また 1 号スリットダム下流と左支渓には治山ダム (Check dam) が，またこれより下流部には導流工 (1,144 m) が設置されている (図-3)。

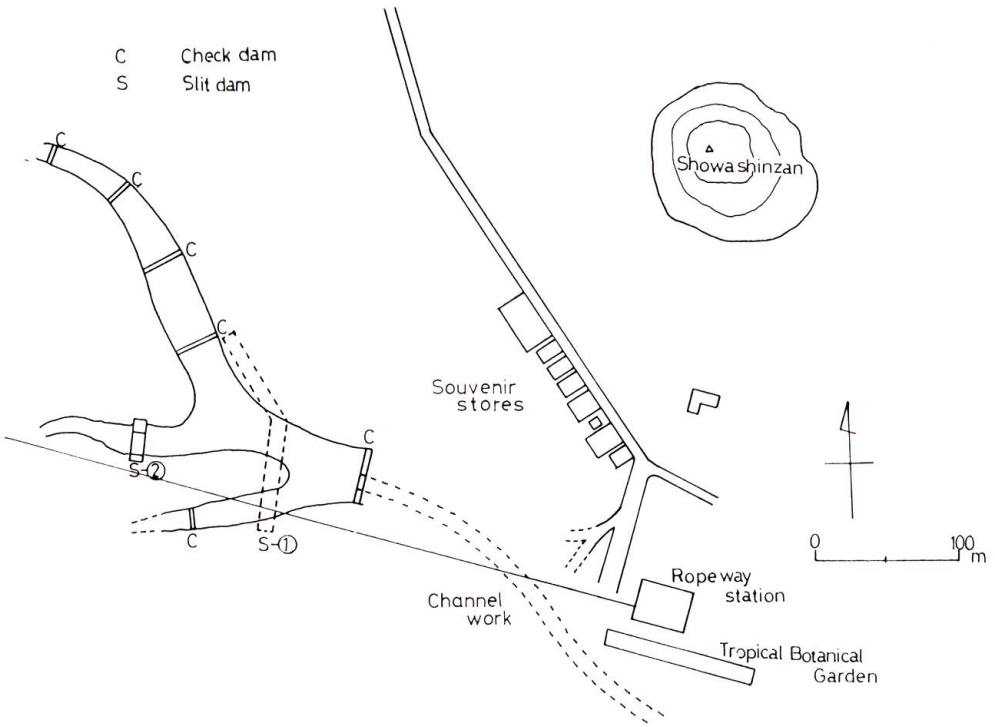
以上の各種工法のうち，本論文で対象としたのはスリットダム工である。有珠山麓には鋼製 A 型が，西山川，小有珠川，小有珠右の川，壮瞥温泉川，大有珠川に各 1 基，門柱型が大有珠川に 1 基，さらにコンクリートスリットが入江川に 1 基，計 7 基が設置されている。

スリットダムは，オーストリーでは多く施工されているようだが[1)]，我国での施工例は数

少ない。有珠山で施工例の多い鋼製A型は，信濃川水系梓川上流，姫川水系浦川上流において，松本砂防工事事務所によって試験施工されたものである[7]。一般にスリットダム（コンクリートスリット）の効果は，大規模流出時の堆積土砂を後続の中小規模流出時に洗掘・流下させる，という量的調節作用であるとされている。この量的調節作用は，一般の砂防ダムにも期待されているものであるが，大径礫を多く含んだ土石流に対しては，このスリットダムならびに大孔径水抜穴ダムはより強い機能を有していると考えられている。しかし，常流水のない火山性渓流にあっては，この量的調節作用よりも，むしろ大径礫の捕捉によるふるい分け効果，すなわち質的調節作用が期待される。そして，鋼製A型のようなくし型，パイル林型のスリットダムは，火山灰のような細粒土石を透過させ大径礫のみを捕捉する，といった質的調節作用に対する期待が強いものである。

写真—1　2号スリットダム（鋼製A型），下流は1号スリットダム（鋼製門柱型）

Photo 1.　The slit-dams in O-Usu R.



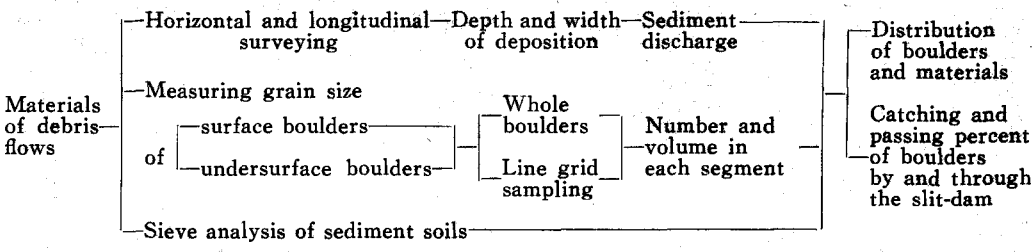
図—3　砂　防　施　設

Fig. 3.　Sabo works.

II. 礫調査の方法

1979～1980年の土石流出のうち，1979年7月2日，9月5日，10月1日ならびに1980年10月21日の計4回の流出（土石流タイプ）について流出礫の礫径調査を行ない，各流出の材料構成について調査した。すなわち，流出土石量については，縦横断測量による堆積土石量から求めた。また流出土石の礫構成については，表面礫のサンプリング（線格子法）[6,10,17]と全礫調査（毎石調査），掘削断面の線格子法によるサンプリング調査と同時に毎石法による礫径調査を行なった。さらに土石の組成をみるため，掘削土石（約8 m³）のふるい分け試験を行なった。そして，流出土石の礫構成を明らかにし，スリットダムによる大礫の捕捉効果をみようとした（図-4）。

礫径は，長（da）・中（db）・短径（dc）を測定した。そして個々の礫体積（V）を河村式[5] $V=(a\cdot b)^{1/2}\cdot c^2$ により求めた。また，礫径を，スリット捕捉効果を検討するため，平均径（d）の他に長径（da）によってもあらわすこととした。



図—4 研 究 方 法

Fig. 4. Study on the distribution of debris flow materials and effectiveness of the slit-dam.

III. 流出土石の堆積状況

1. 堆積状況

対象とした各4回の流出について，その堆積状況を調査した。すなわち各地点（スリットを中心とする10 m区間ごと）の堆積厚（D），堆積幅（W），最大粒径（d max：da と d）を求めた（付表-1）。

7月2日土石流においては，スリットをはさんで上流40 m，下流30 mまで堆積していたが，上列スリット部で最大2.7 mの堆積厚を示し，下流拡幅部にやや広く堆積していた（写真-2）。スリット上流部には礫がなく，最大礫径（da）はスリット部で130～150 cm，直下流で170 cmに達している。

9月5日土石流は，スリット上流50 m近辺からスリット下流90 m近辺までに堆積していた。堆積厚は，上列スリット背後で4.2 mとせき上がり（写真-3），下流部の50 m付近では1.5 mと厚く堆積した。また，スリット下流70 m近辺では，幅33 mに拡く堆積した。礫径は，スリ

ット上流部で270 cm と，対象土石流中最大で，下流でも 110～190 cm の礫が多く堆積していた。

10月1日土石流は，スリット上流部で2 m 内外の厚さに堆積し，上列スリット背後で2.6 m とせき上がった。スリット下流部においては，下流 70 近辺にて 1.5 m と再び厚く，また横幅拡く堆積した（写真-4)。また，最大礫径が 200 cm を超える巨礫が，スリット上流部と上列スリット背後に堆積していた。

1980年10月21日土石流については，最下流端の治山ダムまで流下し，全体に堆積厚が 0.1～0.5 m と薄く，上列スリット背後で1.2 m とせき上げていた。また，下流部 60 m 以降に横幅拡く堆積した（写真-5)。最大礫径は，スリット部で 280 cm，上流部で 200 cm と大きく，下流部ではやや小さく 100～150 cm となっている。また，この土石流は，100 cm 以上の礫が最も下流まで流下した事例である。

このように，1979年の各流出にあっては，ともに上列スリット部でせき上げられ，大礫がこの上流部で停止し，またスリット下流部 50～90 m 付近の拡幅部で再度大きな堆積が起ってい

写真—2　1979年7月2日の土石流出

Photo 2.　The debris flow on June 2, 1979.

写真—3　1979年9月5日の土石流出

Photo 3.　The debris flow on September 5, 1979.

写真—4　1979年10月1日の土石流出

Photo 4.　The debris flow on October, 1 1979.

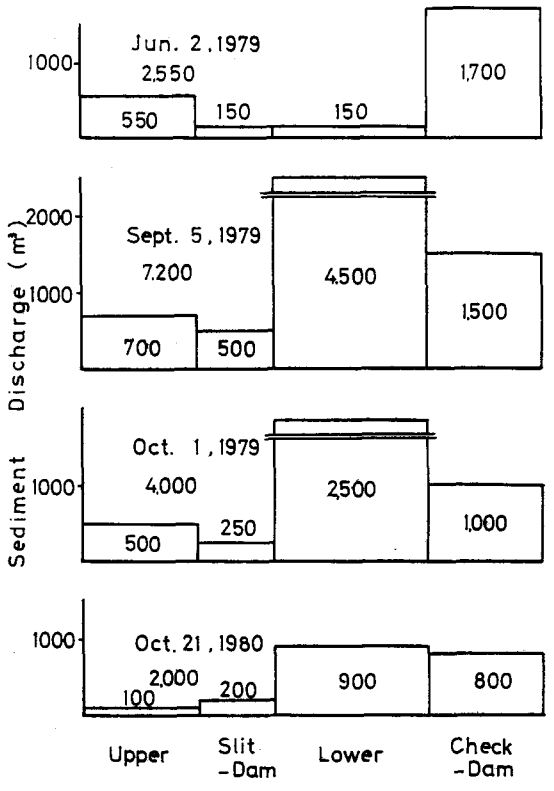
写真—5　1980年10月21日の土石流出

Photo 5.　The debris flow on October 21, 1980.

る。そして下列スリット部直下の0～50 m近辺は，比較的堆積厚が薄く，流下域となっている。一方1980年の流出にあっては，100 cmを超える巨礫がスリット下流部の下流端にまで流下しているのが特徴的であった。

2. 堆積土石量

つぎに縦横断測量によって測定した堆積土石量について，2号スリット上流部 (U)，スリット部 (S)，スリット下流部 (L)，治山ダム (C) の4区間に分けて，それぞれの堆積土石量を図示した (図-5)。1979年7月2日土石流は2,550 m³，9月5日は調査期間内の最大で7,200 m³，10月1日は4,000 m³，そして1980年10月21日は2,000 m³であった。Uの最大貯砂容量は約700 m³ならびにSの貯砂容量が500 m³程度であり，各流出ともにこの2～6倍の土石流出量がみられたため，流出土石の大半はスリット下流に流下した。この下流に流出したL+Cの量比率についてみると，7月20日については全流出土石量の73%，9月5日は83%，10月1日は88%，そして10月21日は85%というように，スリット上流部ならびにスリット部に堆積した土石量は極めて少なく，大半がスリットを透過あるいは越流 (9月5日) したのである。しかし，このことからスリットの量的調節機能を確認できるにしても，細粒土石 (火山灰・軽石) の透過と大礫捕捉による質的調節機能について論じることはできない。このため，礫構成とその分布について検討することとした。



図—5 堆積土石量

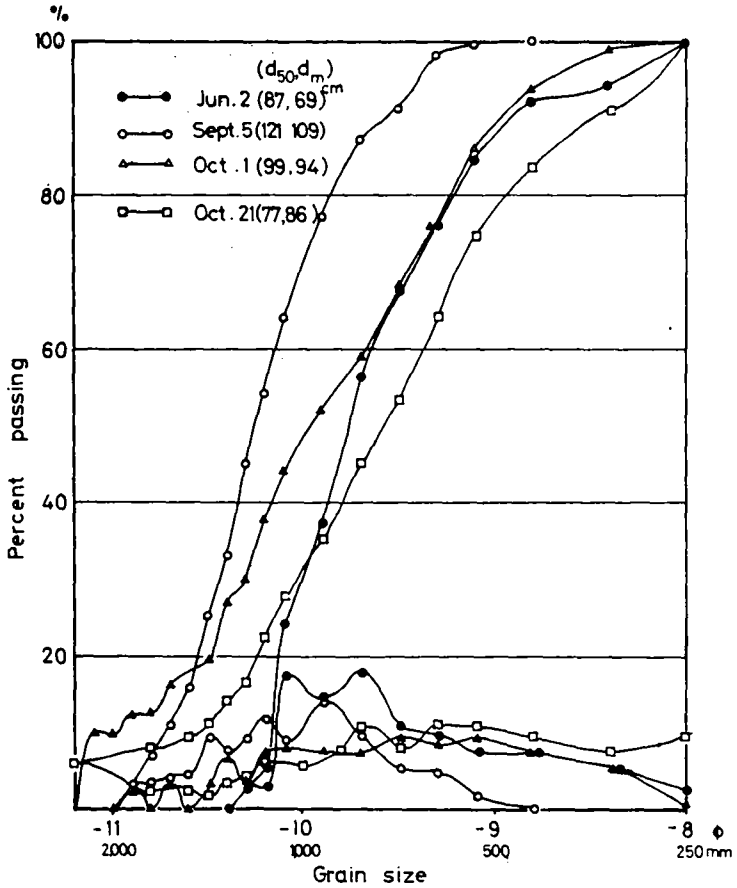
Fig. 5. Sediment discharge of each segment.

IV. 流出土石の礫分構成

1. 表面礫の階級区分

4回の各流出について，表面礫 (20 cm以上) 調査によって礫径 (10 cm単位，da と d) の個数と体積を求めた (付表-2)。

7月2日土石流については表面礫380個を採取したが，長径 da 20～60 cm以下のものが65%を占め，個数 (N) では小粒径のものが多いが体積 (V) でみると da 80～120 cmのものが55%を占めていた。一方，平均径 d ではこれより若干低い値となり，個数で20～40 cmが63%，



図—6 表面礫の粒径加積曲線

Fig. 6. Cumulative curve of surface boulders.

体積で60～100 cm が68% と過半を占めることとなった。

9月5日土石流については，個数では *da* と *d* ともに60～100 cm が56%，67%，体積では *da* 90～130 cm が68%，*d* 80～140 cm が75% と大半を占めていた。

10月1日土石流については，個数では *da* 30～60 cm が65%，*d* 20～50 cm が76% と過半を占め，体積ではとくに集中することなく全般にばらついていた。

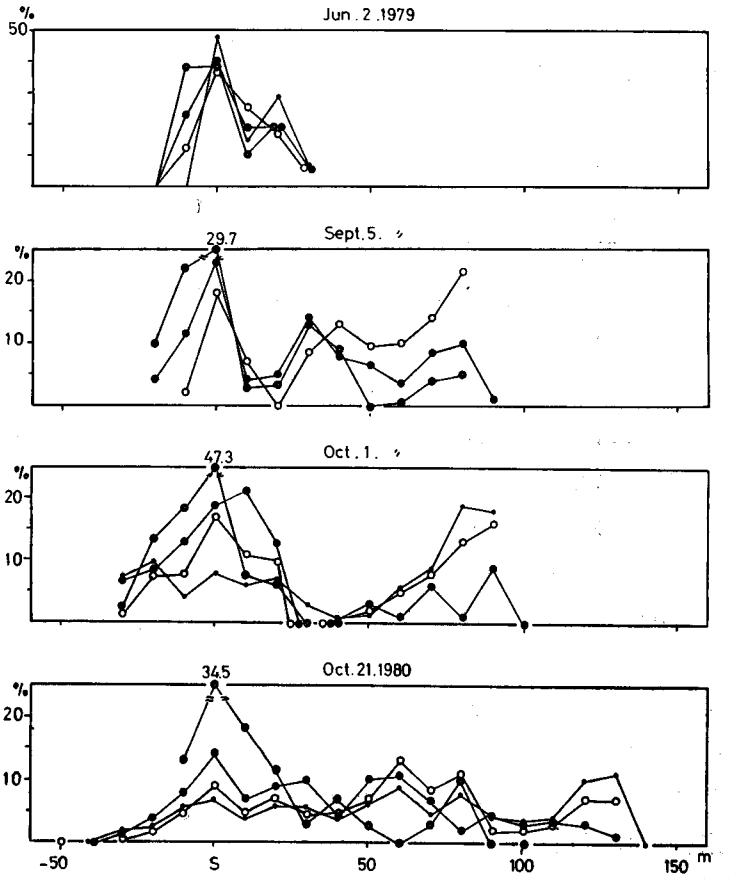
また1980年10月21日は，個数では *da* 20～40cm が66%，*d* では20～30cm が72% と過半を占め，体積については *da* が10月1日と同様にばらついていたが，*d* 20～80 cm が65% と過半を占めていた。

このように，9月5日は60 cm 以上の大径礫個数が多く，また体積からみても80 cm 以上のものが多いことがみとめられるが，7月2日と10月1日は50 cm 以下，また10月21日は40 cm 以下の小径礫個数が多い。また，体積については7月2日は9月5日にくらべやや小さい60

cm 以上が多く，10 月 21 日は 80 cm 以下の小径礫が多いのであるが，10 月 1 日とともに 9 月 5 日のように特定粒径に集中している状況は呈していない (付図-1, 2)。

そして，表面礫の礫径個数分布のピークは，10 月 21 日は da 30 cm (d 20 cm)，7 月 2 日と 10 月 1 日は da 40 cm (d 30～40 cm)，9 月 5 日は da 70 cm (d 80 cm) 近辺にあらわれている。また体積についてみると，7 月 2 日は 80～120 cm，9 月 5 日は 80～150 cm，10 月 1 日は50～80 cm の近辺にそれぞれピークがみられる。

礫の体積と重量との関係は，付図-3 に示したように相関は高いのであるが，同一体積でも重量が 2～3 倍の較差があるために，そうとうのバラツキがある。しかし，ここでは礫比重 (単位体積重量) を一定と仮定し，体積 (加積) が重量 (加積) を表現するものとして，粒径頻度・加積を表現した (図-6)。これによると，それぞれの礫分のみの $dm \cdot d_{50}$ は，7 月 2 日が 69・87 cm，9 月 5 日が 109・121 cm，10 月 1 日が 94・99 cm，さらに 10 月 21 日では 86・77 cm であった。



図—7 表面礫の階級別堆積分布

Fig. 7. Distribution of surface boulders in each class.

したがって，以上のことから表面礫の分布について，20～50 cm (小)，50～80 cm (中)，80～120 cm (大)，120 cm～(巨) の4階級に礫径を区分することとした。そして位置的な礫の堆積分布状況を個数と体積について求めたのであるが(付表-3)，とくに体積については図-7に示した。

これによると，7月2日にあっては小～巨礫はほぼ同様の分布を示し，礫量の大半 (とくに大～巨礫) はスリット部とスリット上流部に多く堆積しており，またスリット下流 20 m 近辺において再度堆積しいる。

9月5日は20～50 cm の小礫がなく，中～巨礫の堆積状況はほぼ同一の分布を示しており，スリット部とスリット上流部に多く堆積し，下流では30～40 m 近辺と70～80 m 近辺に多い。

10月1日は，巨礫のみがスリット部に多く，小～中礫の分布はほぼ同様であって，スリット部周辺と下流80～90 m 付近に多くなっている。

10月21日は巨礫がスリット部に多いほかは，他の3クラスはともに同様の傾向を示し，全域を通してまんべんなく堆積している。

2. 断面掘削とふるい分け試験

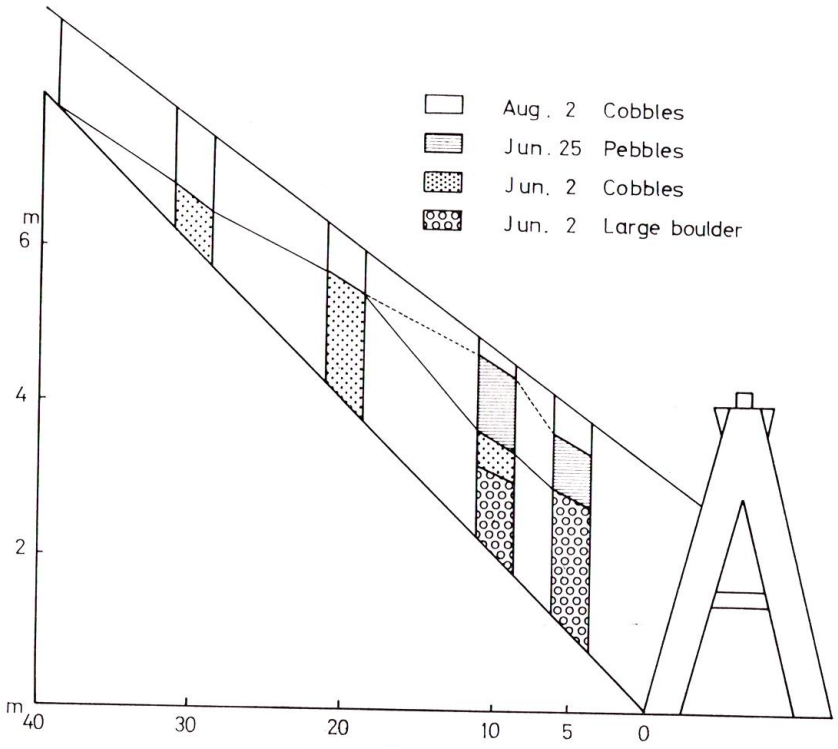
つぎに，全土石量のうちに占める礫量をそれぞれ階級別に求めるために，掘削断面の観察と掘削断面の線格子法による礫径分布調査を行ない，また土石流材料の組成をみるために，ふるい分け試験を行なった。

断面掘削は，スリットダム上流 5, 10, 20, 30 m の各地点で行なった。断面観察による土石の堆積状況を，図-8に示した。大～巨礫はスリット背後部に集中し，約 20 m にわたって下層に堆積しており，また，ダム近辺ほど礫密度は高くなっていた (写真-6, 7)。

この掘削にともなって，スリット背後部 (Plot ①)，スリット上流 20 m 地点 (Plot ②)，スリット下流 20 m 地点 (Plot ③) において，それぞれ 7,450 kg, 7,750 kg, 7,300 kg の土石をバックホーバケットで採取し，礫の重量測定を行なった。重量は，大～巨礫についてはダンプ積載荷重の測定によって，また，小～中礫は台ばかりによって測定した。なお 5 cm 以上の礫径については個々に重量を測定したが，これ以下についてはふるい分け試験を行なった。

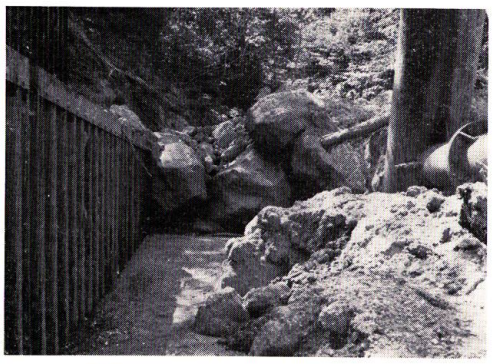
図-9はこのふるい分け試験の結果である。それぞれの Plot は -8～-4ϕ と -4～$+2\phi$ にゆるいピークを示しているが，-10～-8ϕ の大礫については Plot ① のみが少なく，他と異なっていた。また Plot ②・③ の組成はほとんど類似していた。一方，Plot ① は 20 cm 以上について他と異なっているのであるが，これはスリット内部であることから，スリット内にはさまっている礫を採取しづらかったことによるものと思われる。いま，これらの dm を求めると，それぞれ Plot ①・②・③ は，7.4・12.5・10.9 mm であった (付図-4)。

一方，河床堆積物の粒径の既往データ[7,13]をみると，41.3 mm (安部川)，94.4 mm (黒部川)，56.3 mm (常願寺川)，81.4 mm (手取川)，39.3 mm (荒川)，50～100 mm (富良野川) などとなっており，これにくらべ本流出材料はきわめて細粒分が多い。



図—8 掘 削 断 面

Fig. 8. Soil profile of the slit-dam deposits.

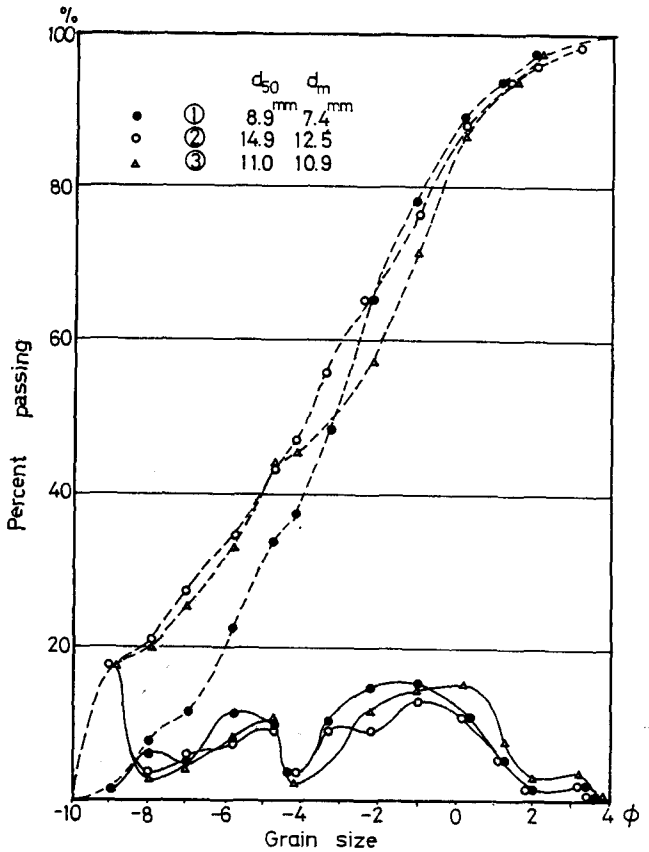


写真—6 スリット背後部の大転石

Photo 6. Very large boulders caught by the slit-dam.

写真—7 掘削断面 (スリット上流 5 m)

Photo 7. Soil profile excavated at five meters behind the slit-dam.



図—9 堆積土砂の粒径加積曲線

Fig. 9. Size frequency curve of the slit-dam deposits.

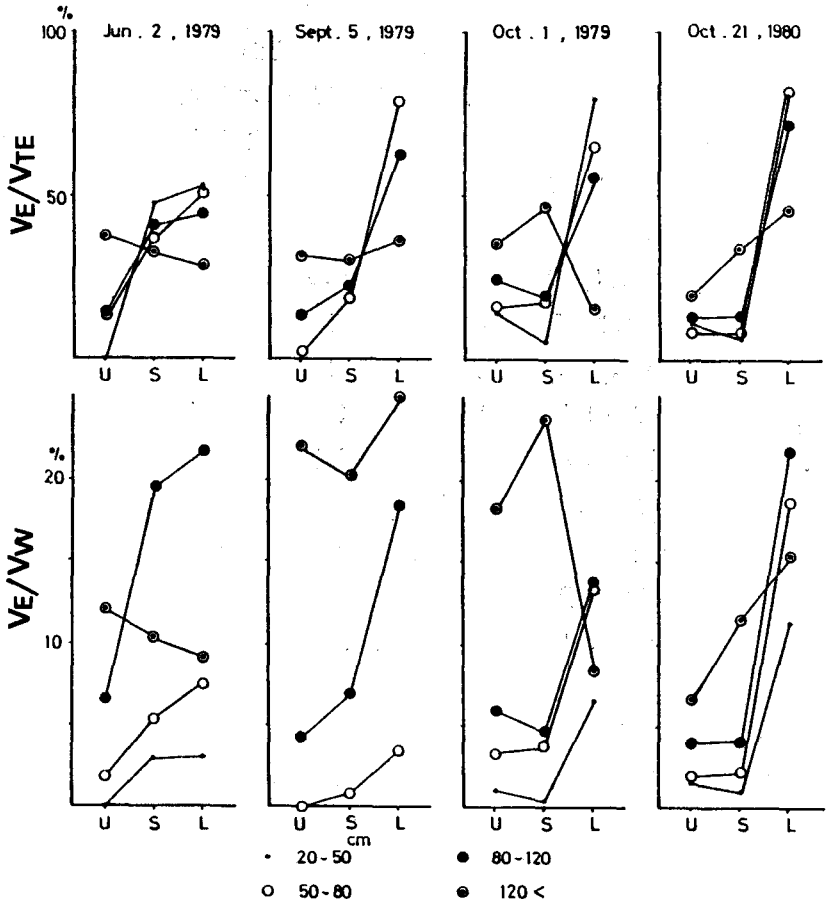
また，土石流材料に関するデーター[7]は少ないが，浦川金山沢で85.6 mm (150 mm) と高い値となっている。また十勝岳 (600 mm)，濁沢 (54 mm)，赤城山沼尾川 (40 mm) などとくらべるとかなり細粒であり，有珠山の土石流が火山性の泥流タイプであるということができる（なお，焼岳のデーターには，0.6～2.8 mm と小さい値もみられるが，これは採泥管によるもののためである)。

スリットダムを通過する礫の径は，短径 (c)～中径 (b)，また逆にスリットダムを閉塞する径は中 (b)～長径 (a) が関与してくると考えられるのであるが，有珠山の外輪山溶岩からなる大きな礫は長方形状を呈し，小さな礫は球径に近くなってる。すなわち，本調査対象礫の球形率 (Sneed)[14] は，巨礫にあっては，0.48～0.98，大礫では 0.56～0.98，中礫では 0.64～0.97，小礫では 0.79～1.00 であった。

V. 礫の流下とスリットダム

1. 階級別分布

いま，表面礫の堆積状況について，上部 (U)，スリット部 (S)，下流部 (L) の 3 区間ごとに各階級ごとの礫個数・礫体積を求めた (付表-4)。これをさらに，礫体積比すなわち各階級の表面礫総量に対する各区間の礫堆積量 (上) および表面礫総量に対する各階級の区間別礫比率 (下) を図-10 にあらわした。この上図によると，小～大礫にあってはいずれの流出においても各階級ともに，礫堆積比率は同様の傾向を示しているのに対して，巨礫の分布のみが異なっている。そして，とくに 1979 年 9 月 5 日～1980 年 10 月 21 日の 3 流出については，小～大礫の分布がほとんど類似していた。巨礫については，上流部に多くて下流にゆくにしたがって漸減するもの，



図—10 各階級礫の区間別堆積比率

Fig. 10. Distribution of each size surface boulders.

V_E: Each class boulders' volume in each segment.
V_{TE}: Total volume of each class boulders.
V_W: Whole boulders' volume.

スリット部に多いもの，下流部にゆくにしたがって漸増するもの，そしてあまり変化のないものに分けられた。

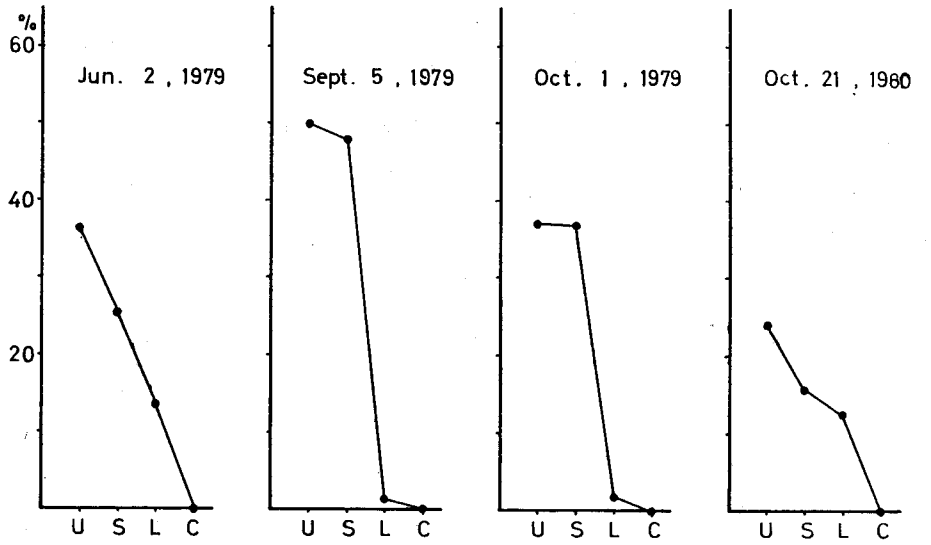
また，下図によって表面礫総量に対する各階級の区間ごとの礫比率をみると，1979年7月2日は大礫含有量が多く，しかもスリット部と下流部に多いのが特徴的である。9月5日は全体に巨礫が多く，しかも大～巨礫がスリット下流部に多い。また10月1日も巨礫含有量が多いのであるが，その大半は，スリット部で停止し下流部までにはいたっていない。これに対し，1980年10月21日は階級ごとの区間別比率がほぼ一様であり，しかも下流部に一様に多く流出していることに特徴がみられた。

2. 礫量の推定

さて，以上は表面礫を対象に記述してきたのであるが，つぎに各区間における全堆積土石量に占める礫量を推定し，この推定礫量の分布について検討するこるととした。すなわち，表面礫の分布のみでは各階級ごとの堆積状況を示し得ないことから，とくに堆積厚・量から各区間の礫含有率を求め，これに各区間の表面礫の階級比率を乗じて礫量（体積・個数）を推定した（付表-5)。ここで，堆積物は表面礫礫径構成比率と一様に下層に堆積しているものと仮定した。この方法によって算出した結果から，図-11に各区間堆積土石量に占める各区間ごとの推定礫含有率（体積）をあらわしたものである。これによると礫含有率は，それぞれスリット上流部(U)で最大を示しており，9月5日が50%，7月2日と10月1日が38%，10月21日が25%となった。また，スリット部では15～47%であり，下流になるにしたがって減少し，下流部（L)では15%以下となっている。そして，7月2日と10月21日は含有率が漸減しているが，9月5日と10月1日では，スリット上流部で含有率が高く，下流部で激減している。なお，この礫含有率最大50%という値は，スリット部の礫堆積断面観察と堆積地の掘削断面観察から推定されたものであって，巨礫のみの堆積比率が最大50%程度（礫の形状を球形とした場合，他の細粒土砂が礫間充てん物となる）であることを意味している。またこれらの含有率は，直接スリットの影響を受けない代表的な構成状況（Plot ②・③）にあっては，ふるい分け試験によって礫分が20%であったことから，ほぼ実態に近い値であろうと考えた。

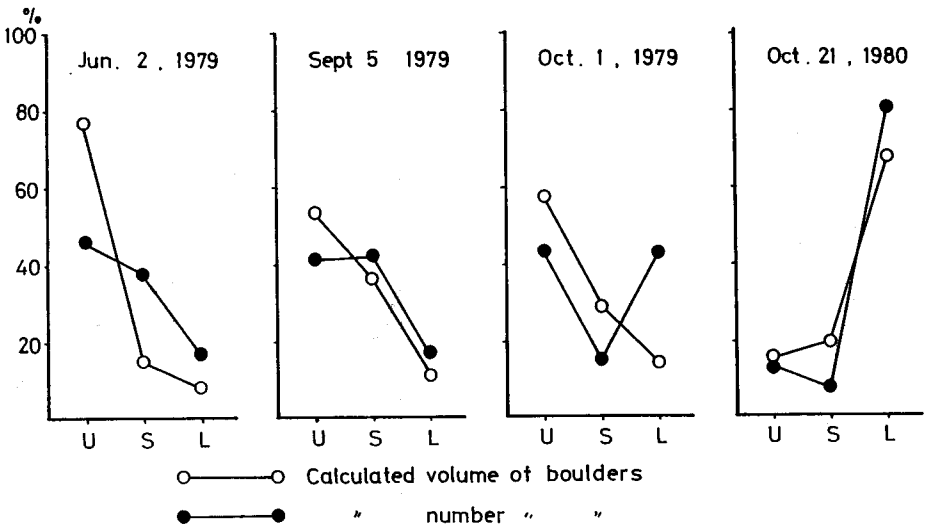
図-12は，この礫含有率をもとに各区間ごとに礫の個数比率と体積比率を求めたものである。体積比率についてみると，7月2日は上流部で礫量が多く，スリットより下流で激減していた。また9月5日と10月1日はほぼ同様に漸減している。しかし，10月21日のみは下流ほど高くなっている。これをまた個数比率でみると，10月1日と10月21日は下流部でも高い値を示しているが，他は下流部で減少している。10月21日は体積・個数比率とも下流で増加していることは，礫構成比率がほぼ同様であることを示している。

しかし，10月1日は体積で減少している一方，個数で増加していることは巨礫が下流で少ないことをあらわしている。また7月2日と9月5日は下流でそれぞれ漸減しており，スリットより上流部で個数比・体積比ともに大半が停止している状況をあらわしている。



図—11 各区間の推定礫含有率

Fig. 11. Boulders' volume content of sediment discharge.



図—12 推定礫の堆積比率 (体積, 個数)

Fig. 12. Calculated volume and number of boulders.

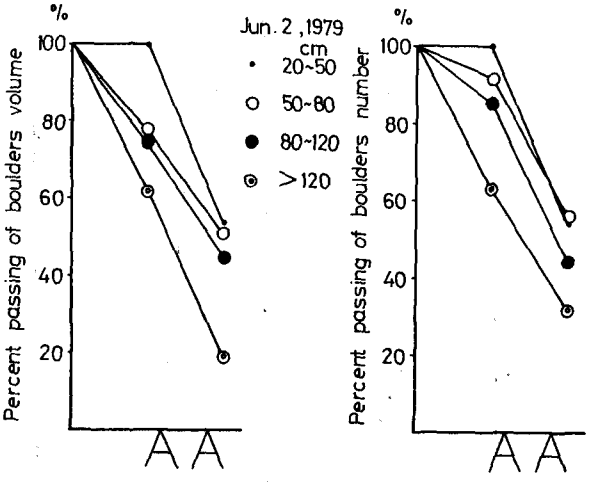
VI. スリットダムの礫捕捉率

1. スリットダム通過率

1) 表面礫量

つぎに礫のみを対象とし, スリットダムの断面通過率 (上列・下列) を求めた。図-13 は, スリット部への流入表面礫を各階級ごとに 100% とし, このときの各階級ごとの通過率 (左: 体

積，右：個数）をあらわしたものである。ここでは，1979年7月2日の礫体積と個数についてあらわしたのであるが，各階級の礫は体積・個数ともに同様の傾向を示し，体積では小礫以外が漸減し，個数では大礫以下がスリット間での減少率が高くなった（この傾向は他の流出についても同様であった)。この流出にあっては，下列スリット下流部で巨礫のみが大きく減少(体積20%，個数30%)しているが，他の3階級については，さほど大きく減少しておらず，個数・体積ともに50%内外であった。また，小礫は個数・体積ともに上列から下列にかけたスリット間で落ち込んでいるが，他の階級はほぼ同様な減少率である。これは，表面礫によっているためで，とくにスリット上流部の堆積地の下層礫を除外していることからくるものであって，上流部の礫量が過少となっているためである。

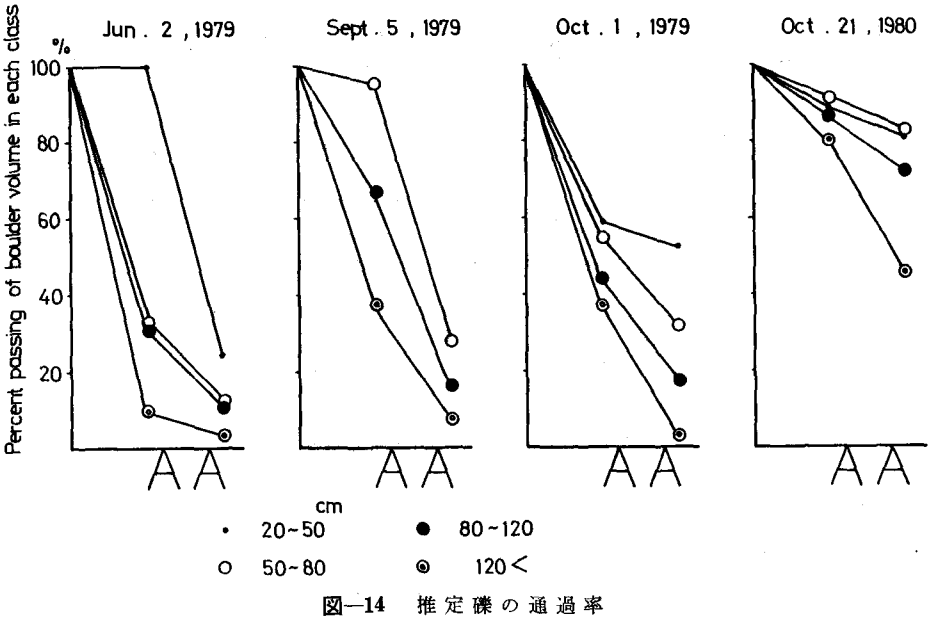


図—13　表面礫の通過率

Fig. 13. Percent passing of boulders through the slit-dam.

2) 推定礫量

そこで，すでに推定した礫量にもとづいて礫の通過率をそれぞれの流出についてあらわし



図—14　推定礫の通過率

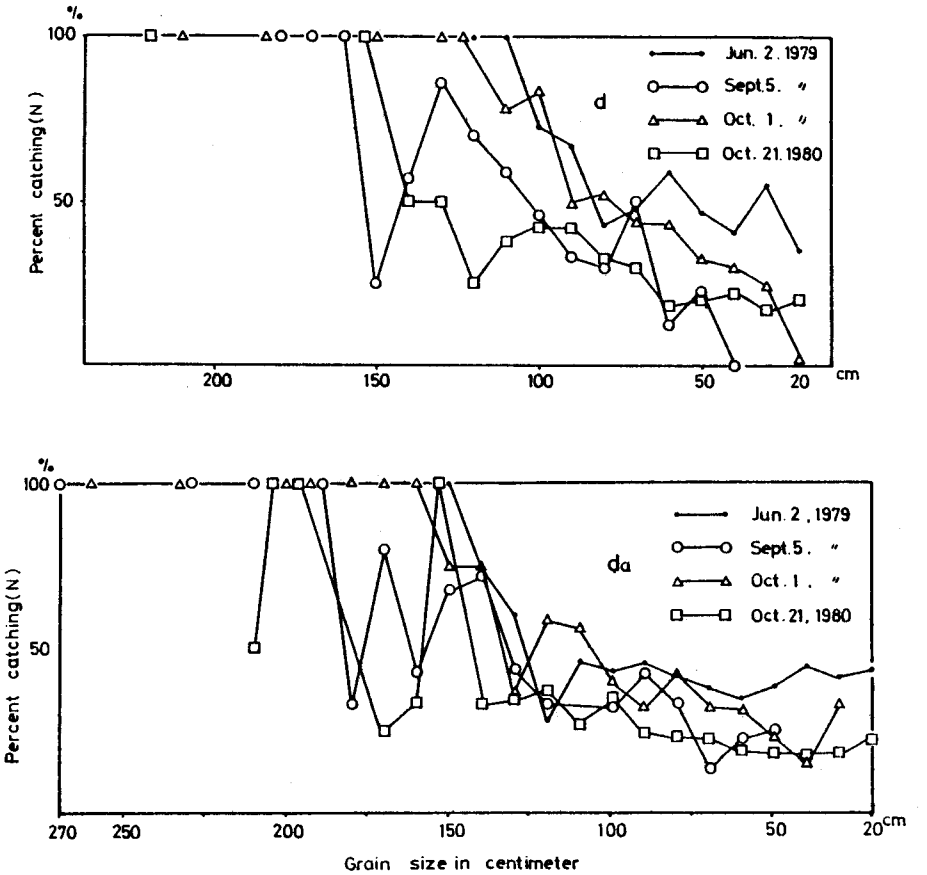
Fig. 14. Percent passing of boulders' volume calculated.

た（図-14）。これによれば，巨礫通過率が最も小さく，つぎに大礫・中礫・小礫の順に大きくなっている。また，上列スリットの通過率は巨礫で10～40％であるが，10月21日のみは80％であった。大礫では，30，66，45，87％と大きなばらつきがある。下列スリットにあっては，巨礫では10月21日が50％と高く，これ以外は10％以下となっていた。そして，7月2日と9月5日では，それぞれが30％以下であったが，10月1日は5～55％とばらつき，10月21日は55～85％と全体的に通過率が高いものであった。

2. 捕 捉 率

つぎに，スリットによる礫（表面）の捕捉率を求めた。図-15（d, da）は，各礫径ごとのスリット捕捉率を各流出ごとにあらわしたものである。これでは，7月2日では$d \geqq 110$ cm（$da \geqq 150$ cm）が捕捉率100％で，$d \leqq 80$ cm（$da \leqq 130$ cm）では60（50）％以下となる。

大礫の多い9月5日では，$d \geqq 160$ cm（$da \geqq 190$ cm）は捕捉率100％であるが，$d \leqq 100$ cm（$da \leqq 130$ cm）では50％以下となる。



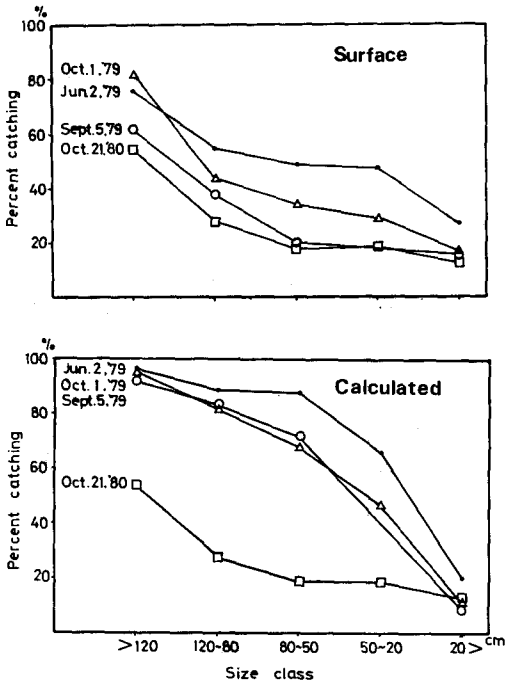
図—15 礫径と捕捉率

Fig. 15. Percent catching of boulders and grain size.

10月1日についても，$d \geqq 120$ cm ($da \geqq 160$ cm) は捕捉率100%であるが，$d \leqq 90$ cm ($da \leqq 110$ cm) では50%以下となっている。

また，10月21日にあっては $d \geqq 150$ cm で100%，$d \leqq 140$ cm で急激に捕捉率50%以下となったのであるが，$da = 150 \sim 210$ cm でも捕捉されず通過したものもあって，極めて特徴的であった。

これらの捕捉率を各礫径階級別に，各流出ごとに示すことにした。図-16は，上が表面礫，下が推定礫による捕捉率である。表面礫による捕捉率をみると120 cm以上の階級(巨)においては50～80%，80～120 cm (大) では30～55%，50～80 cm (中) ならびに20～50 cm (小) では20～50%，そして20 cm以下(細)では13～30%というように，捕捉率は礫径階が小さくなるにしたがって減少してくる。



図—16　階級別捕捉率

Fig. 16. Percent catching to size class.

さらに，推定礫による捕捉率についてみれば，1979年の3回の流出は全体に捕捉率が高くなり，ともに同様な傾向を示しているが，1980年10月21日のみは全体に捕捉率が低く，他とは傾向が異なっていた。1979年の捕捉率は120 cm以上の巨礫では92～97%と極めて高く，中礫においても65%以上となった。一方，10月21日だけが全体に55%以下と低い値を示し，大礫で30%弱，中～小礫で20%となっている。そして1979年の3回の流出にあっては50 cmより大きい中礫以上の礫は，捕捉率60%以上の高い値を示している。

3. スリットダムの効果

スリットダムの効果は，流出土石の量的・質的調節効果であるといわれている。そして本研究事例のように，大径礫カット効果のみを期したものもある。一般の砂防ダムにあっても，この量的・質的調節効果は認められているのであるが，このスリットダムが他のコンクリート砂防ダムにくらべてより大きな調節効果を発揮し得るかどうかについては，疑問のあるところである。これに関しては池谷らの実験[4,16]があるが，これによるとさほど期待できるものではないらしい。しかし，質的調節のなかでも，この大径礫のカット効果については，本研究結果からみて，ある程度の効果は期待できそうである。

スリットによる礫捕捉率は，流出土石の総量・流出礫の礫径構成状況，流下形態とフロントの大きさ，あるいは流速などの流出土石の条件と後続流の量・回数などの流水の条件，さらにスリットダムの貯砂容量とスリット間隔・配列数などの施設側の条件とによって決ってくると考えられる。

スリットダムの設計にあっては，とくにスリット間隔 (b) が問題とされてきた。そして最大礫径 (d max) との間で，スリット部の閉そく条件が b/d max≦1.5 とされている[4]。いま本調査で対象とした土石流出についてみると，各流出のスリット通過最大礫径である da max（最大長径）と d max（最大平均径）が，170・120（7月2日），195・158（9月5日），180・137（10月1日），210・141（10月21日）であって，また2号スリットダムのスリット間隔が b=190 cm であったことから，b/da max と b/d max は，1.1・1.6（7月2日），0.9・1.2（9月5日），1.1・1.4（10月1日），0.9・1.3（10月21日）となった。また，スリット上部に堆積した最大礫径 da max と d max は，145・113（7月2日），270・182（9月5日），260・217（10月1日），280・227（10月21日）であったことから，b/d max と b/da max はそれぞれ 1.3・1.7，0.7・1.0，0.7・0.9，0.7・0.8 となった。

このように，スリット間隔と礫径とからは7月2日以外，各流出ともに実験によるスリット閉塞条件に適合しているが，実際に閉そくしていたのは9月5日のみであって，これは「せき上げ—閉塞—越流型」であった。また7月2日と10月1日はスリット部でせき上げ，後続流によって透過した「せき上げ—透過型」であった。とくに10月21日にあっては，ほとんどせき上げ—閉そくせずに流下した「透過型」であった。

また，礫の捕捉率からみればスリット通過率は1979年の3流出は20% 以下と大半を捕捉したのであったが，10月21日にあっては通過率が70% を超えていることから，スリットの閉そく条件は，土石の流下形態の違いに強く影響されているものと考えられる。すなわち10月21日の透過型にあってはフロント波高が低く，流下速度が遅く，後続土石流段波あるいは後続流水がないなどによって，捕捉率が小さくまた捕捉最小径も大きくなったものと考えられる。

一般の砂防ダムにあっては，貯砂容量以上の流出に際しては，満砂・越流することになるが，今回の流出にあっては，越流したのは9月5日のみで他は透過しており，他の堆砂率も 58, 63, 25% であった。したがってこの透過分である 42, 37, 75% が量的調節に相当するということもできる。

これらの各流出にあたっては，除石工によってダム容量が空の状態となっていたために，量的調節率と大粒径カット効果あるいは礫捕捉率を高める質的調節を現出させることができた。しかし，満砂後のスクリーン式ダムは，一般の砂防ダムと変りがないことについては経験的に知られており，スリット効果についても同様であることが実験的に知られている。したがって，有珠山のように，常流水がなく大径礫流出頻度の高い渓流にあっては，スリットの大径礫捕捉効果を高めるためには，常時空容量のまま流出を待ち受けていなければならないものである。

また，流出土石量が多くしかも礫含有率の高い場合には，全流出礫に対するスリット効果は相対的に減少することになり，フロント部の大径礫のカット効果に期待がかけられることとなる。すなわち，このスリットダムによる大径礫カット効果も，全流出土石の流下—堆積にいたる過程を規制するものであることから，これに過大な期待をかけることはできない。すでに述べたように，土石流頻発渓流における基本的な土石流対策は，渓床内にある大径礫からなる有害土石を渓床内(下)に固定させることであって，この意味から有珠山麓で施工されている床固(谷止)工群が，現時点での土石流対策に最も効力を発揮しているといえよう。

もちろん，今まで流下した規模以上の流出に対しては，下流砂防ダムが効力を発揮するであろうし，より大規模流出時にあっては，遊砂地工・導流堤工が有効に機能するであろう。

そして，柵工・実播(植栽)工などによる山腹土石の扞止は，渓床内への有害土石供給を停止させ，床固工群とともに土石流材料を発生源において固定することとなり，西山川にみるように他の一連の施設配置にともなって安定的渓流空間が創出されつつあるのである。

ま　と　め

1)　大有珠川の流出土石(土石流形態)を対象として，その材料組成の実態を明らかにし，またスリットダム施工による組成変化とくに大径礫カット効果を明らかにしようとした。

2)　大有珠川は1979～1980年にかけて9回の流出があり，この間では周辺流域にくらべ最も流出頻度の高い渓流であった。流出土石量は0.1～7.2×10^3 m^3と大小様々で，また流出形態も大径礫の多い土石流タイプと細粒火山灰・軽石からなる泥流タイプが認められた(表-1)。

3)　本研究は1979年7月2日，9月5日，10月1日と1980年10月21日の計4回の土石流タイプの流出例を対象として行なった。

4)　堆積土石の組成をとらえるために，主に簡便な線格子法と全礫調査により表面礫径を測定し，また測量によって土石量を求めた。また堆積物の掘削断面における礫径測定と，掘削土石のふるい分け試験を行なった。

5)　礫については，20 cm以上のものについて個数とそれぞれの径(長・中・短)を測定した。また，ふるい分け以外の表面礫重量については，体積によって表現した。

6)　表面礫径の個数・体積頻度分布から，礫径について20～50 cm(小)，50～80 cm(中)，80～120 cm(大)，＞120 cm(巨)の4階級に区分した(図-6)。

7)　ふるい分け試験によって求めた礫(20 cm以上)含有率は10～20%(ただし2 mm以上の礫分は76～82%)，掘削断面から推定した最大含有率は50%であった。また平均粒径は7.4～12.5 mmであって細粒分の多い泥流タイプであった(図-9)。

8)　表面礫の分布から各階級の位置的堆積比率についてみると，小～大礫にあっては，各流出ともに似た傾向を示したが，巨礫にあっては各流出ともに特徴的であった(図-10)。

9)　各区間の堆積厚をもとに礫量(個数・体積)を推定した。礫含有率はスリット上流部と

スリット背後部では高い値(25～50%)を示すが,下流に行くにしたがって漸減するものと,激減するものとがみられた。そして,1980年10月21日のみが下流への透過が多かった(図-11, 12)。

10) 礫のスリット通過率と捕捉率を求めた。通過率は個数・体積ともに礫径の大きいものほど低く,小さいものは高い。1979年の3流出では,巨礫通過率が上列スリットで40%以下,下列スリットで10%以下であったが,透過型の1980年10月21日は,上列で80%,下列で45%であった(図-14)。

11) また,捕捉率は礫径の大きいものは高く,小さいものは低い。とくに各流出ごとにスリット捕捉率100%の最小礫径についてみると,それぞれ110, 160, 125, 150 cmであった(図-15)。また各階級ごとの捕捉率をみると,表面礫のみの120 cm以上については55～83%であるが,推定礫量によれば90%を超えることが明らかとなった(図-16)。

12) 以上のように,土石流のフロント部に対するスリットの大径礫捕捉効果が認められたが,とくに土石の流下形態が捕捉率に影響しているものと考えられ,他施設の連続的配置によって,よりスリットダムの機能が発揮されるものと考えた。

文　献

1) AULITZKY, H.: Vergleichende Betrachtung der Wildbach-und Lawinenverbauung in Japan und Österreich 新砂防, Vol. 28, 1976.
2) 榎本政雄・佐藤昭夫・山本兼次・岡田勝彦: 神通川流域における河床堆積砂礫岩種別分類. 新砂防, 67, 1967.
3) 橋本喜次: 大有珠川2号スリットダムの砂防効果に関する考察. 北大卒論, 1980.
4) 池谷　浩・上原信司: 土石流対策砂防施設に関する検討. 新砂防, 114, 1980.
5) 河村三郎・小沢功一: 山地河川における河床材料のサンプリング方法について. 第6回災害科学総合シンポジウム論文集, 1960.
6) 河村三郎・小沢功一: 山地河川における河床材料のサンプリング方法と粒度分布. 土木学会誌, 55-12, 1970.
7) 建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所: 焼岳・浦川における土石流調査関係資料集 I (1975), II (1977), III (1978), IV (1979), V (1980).
8) 国際航業(株): 大有珠川砂防導流提工事の内工作物変動調査報告書及び資料, 1980.
9) LANE E. W. and CARLSON E. J.: Some observation on the effect of particle shape on the movement of coarse sediments. Trans. A. G. U. 35-3 1954.
10) LEOPOLD L. B.: An improved method for size distribution of stream bed gravel. U. S. G. S. 6-5. 1970.
11) 南　哲行・坂本知己・新谷　融・橋本喜次: 大有珠川における土石流と鋼製スリットダムの効果. 昭55, 砂防学会概要集, 1980.
12) 村野義郎・高野雄介: 鳥取県日野川流域の砂礫流出比率. 新砂防, 41, 1980.
13) 清水　宏: 線格子法による河床礫の分布特性の解析. 新砂防投稿中, 1981.
14) 高山茂美: 河川地形. 共立出版, 1974.
15) 武居有恒ほか: 地すべり・崩壊・土石流. 鹿島出版, 1980.
16) 土屋義人・西平福宏: 砂礫床面における砂礫の二, 三の特性について. 土木学会論文集, 94, 1963.
17) 渡辺正幸・水山高久・上原信司: 土石流対策砂防施設に関する検討. 新砂防, 115, 1980.
18) WOLMAN M. G.: A method of sampling coarse river-bed material. Trans. A. G. U. 55-6, 1954.

19) 横山 泉・勝井義雄・大場与志男・江原幸雄：「有珠山」—火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策. 北海道防災会議, 1973.

Summary

We report the results of actual investigation for the grain size distribution of debris flow materials and of analysis on the effectiveness of slit-dam for changing the distribution.

The results are as follows:

1) The grain size distributions of surface boulders of the four debris flows were investigated which occurred from June 1979 to October 1980 in O-Usu River at the hillside of Mt. Usu in southern Hokkaido, Japan (Fig. 1-3). The grain sizes of whole boulders and of excavated soils were measured with line grid sampling and sieve analysis, longitudinally and horizontally surveying the deposited depth, width and volume in each segment.

2) Measuring the boulders' number and volume of the debris flows which occurred on June 2, September 5, October 1 in 1979 and October 21, 1980 in discharge of 2000-7200 m^3 (Fig. 5, Table 1), and cumulating size frequency the boulders were classified into the four classes of size as small (20-50 cm), medium (50-80 cm), large (80-120 cm) and very large (over 120 cm) (Fig. 6 and 7).

3) Sediment materials of the flows were analyzed and the mean diameters were indicated among 7-13 mm as shown in Fig. 9.

4) Analyzing of sediments ratio at each size class in each segment from the distribution of the surface boulders, each size class except the very large showed the same tendency at each flow (Fig. 10).

5) Boulders' volume contents with the sieve analysis were amounted from 10 to 20% and its maximum content estimated from excavated profile reached 50%.

6) Estimating the boulders' volume based on the thickness of sediments, the boulders were included at high density in the slit-dam and its upper segment (Fig. 12), but decreased gradually according to going to downstream.

7) As for the rate of passing and catching boulders by the slit-dam, the small boulders can more easily pass through than the large ones (Fig. 13 and 14), but the larger boulders were apt to be caught more than the smaller and the critical grain size diameters of the four debris flows caught by the slit-dam were 110, 160, 125 and 150 cm (Fig. 15).

8) Particularly about the surface boulders, the catching percentage of large boulders whose size was more than 120 cm, was from 55 to 83%, but it seemed to be more than 90% with estimating the volume of boulders (Fig. 16).

表—A1 堆 積 状 況

Table A 1. Deposition of each segments

Site.	1979												1980			
	Jun. 2				Sept. 5				Oct. 1				Oct. 21			
	D	W	d max(cm)		D	W	d max(cm)		D	W	d max(cm)		D	W	d max(cm)	
(m)	(m)	(m)	da	d	(m)	(m)	da	d	(m)	(m)	da	d	(m)	(m)	da	d
−60															60	40
−50					1.5	2.0			2.2	1.3			0.5	4.5	50	45
−40	0	3.6			1.7	2.4			2	3			0.1	3	65	54
−30	0.5	6.8			2.5	7.2			1.6	6	190	117	0.1	4	115	94
−20	1.4	13			2.4	15.6	270	173	2	11.7	260	183	0.1	7	200	130
−10	2.0	10.4			3.2	20	270	175	2.3	16.3	170	140	0.1	6.5	210	158
0	2.7	15	130	113	4.2	15	230	182	2.6	15	240	217	1.2	15	122	96
S	1.3	15	145	100	3.0	15	230	182	1.4	15	120	80	1.2	15	280	227
0	0.5	15	150	120	0.2	15	210	162	0.4	15	180	137	0.3	15	188	141
10	0.7	16.3	170	100	0.3	25.7	171	145	0.3	24.7	150	117	0.2	28		130
20	0.3	11.1	140	93	0.6	28	157	109	0.3	26.7	130	107	0.1	22	145	128
30	0	4.5	110	83	0.9	27.3	195	158	0.3	26.7	140	83	0.1	25	160	112
40					0.7	16.3	168	129	0.3	26.7	120	93	0.1	28	210	115
50					1.5	18.2	110	88	1	30	100	77	0.1	32	130	94
60					0.5	28	130	95	1.2	37	90	77	0.1	52	110	86
70					0.1	33.8	180	141	1.5	32.5	100	93	0.1	39	160	113
80					0.1	28	190	120	1.3	28	90	67	0.1	52	130	103
90					0.1	27	110	85	0.9	30	80	60	0.2	38	95	90
100													0.5	40	130	84
110													0.3	40	110	90
120															100	82
130															110	82
140															40	29

表—A2 表面礫の

Table A 2. Number and volume of

Size	Jun. 2								Sept. 5							
	da				*d*				*da*				*d*			
(cm)	*N*	(%)	*V* (m³)	(%)	*N*	(%)	*V* (m³)	(%)	*N*	(%)	*V* (m³)	(%)	*N*	(%)	*V* (m³)	(%)
20	3	2.1	0.08	0.2	83	21.8	0.95	1.9								
30	71	18.7	1.05	2.1	95	25	2.2	4.5								
40	81	21.3	1.84	3.8	62	16.3	3.16	6.5	4	1.7	0.36	0.3	3	1.3	0.18	0.1
50	49	12.9	1.93	3.9	36	9.5	3.33	6.8	9	3.8	1.18	0.8	23	9.8	2.6	1.8
60	38	10	2.45	5.0	32	8.4	4.93	10.1	28	11.9	5.34	3.7	32	13.6	5.91	4.1
70	29	7.6	2.81	5.7	21	5.5	5.47	11.2	31	13.2	7.53	5.2	32	13.6	9.42	6.6
80	24	6.3	4.66	9.5	23	6.1	8.87	18.1	27	11.5	8.36	5.8	36	15.3	14.28	9.9
90	15	3.9	3.91	8.0	12	3.2	5.61	11.5	23	9.8	12.14	8.4	30	12.8	19.32	13.4
100	24	6.3	8.23	16.8	11	2.9	8.48	17.3	24	10.2	13.23	9.2	28	11.9	22.36	15.6
110	14	3.7	5.78	11.8	2	0.5	1.83	3.7	22	9.4	16.45	11.4	17	7.2	14.62	10.2
120	10	2.6	4.46	9.1	3	0.8	4.06	0.8	12	5.1	9.83	6.8	10	4.3	12.21	8.5
130	7	1.8	3.99	8.2					17	7.2	16.46	11.4	7	3.0	11.01	7.7
140	5	1.3	2.94	6.0					7	3.0	6.48	4.5	7	3.0	14.58	10.1
150	3	0.8	3.38	6.9					6	2.6	5.19	3.6	4	1.7	3.76	2.6
160									6	2.6	8.06	5.6	2	0.9	5.18	3.6
170	1	0.3	0.39	0.8					10	4.3	12.66	8.8	2	0.9	4.12	2.9
180									3	1.3	6.55	4.6	2	0.9	4.21	2.9
190									2	0.9	3.01	2.1				
200	1	0.3	0.95	1.9					1	0.4	2.6	1.8				
210																
220									1	0.4	4.21	2.9				
230																
240																
250																
260									2	0.9	4.12	2.9				
270																
280																
Total	380	100	48.89	100	380	100	48.89	100	235	100	143.76	100	235	100	143.76	100

個 数 と 体 積

surface boulders in each size

Oct. 1								Oct. 21							
da				*d*				*da*				*d*			
N	(%)	*V* (m^3)	(%)	*N*	(%)	*V* (m^3)	(%)	*N*	(%)	*V* (m^3)	(%)	*N*	(%)	*V* (m^3)	(%)
				62	10.4	0.66	0.8	464	20.4	4.72	2.8	1197	52.7	15.07	9.1
76	12.8	1.42	1.7	82	30.6	4.65	5.5	634	27.9	8.16	4.9	442	19.5	12.68	7.6
137	23.0	3.33	4.0	20	20.2	6.36	7.6	420	18.5	10.09	6.1	254	11.2	14.88	9.0
96	16.1	4.74	5.6	93	15.6	8.66	10.3	202	8.9	9.56	5.8	153	6.7	17.62	10.6
80	13.4	5.55	6.6	42	7.1	7.33	8.7	176	7.7	14.21	8.6	91	4.0	17.78	10.7
59	9.9	6.95	8.3	34	5.7	8.02	9.5	121	5.3	14.28	8.6	46	2.0	13.67	8.2
43	7.2	6.39	7.6	21	3.5	7.08	8.4	83	3.7	14.17	8.5	38	1.8	16.76	10.1
26	4.4	5.57	6.6	18	3.0	7.81	9.3	53	2.3	13.39	8.1	19	0.8	11.94	7.2
20	3.4	6.04	7.2	6	1.0	4.39	5.2	37	1.6	12.94	7.8	12	0.5	9.05	5.5
10	1.7	2.64	3.1	9	1.5	7.6	9.0	24	1.1	10.00	6.0	8	0.4	9.22	5.6
12	2.0	4.77	5.7	4	0.7	5.57	6.6	19	0.8	12.60	7.6	4	0.2	4.50	2.7
10	1.7	3.76	4.5	1	0.2	2.74	3.3	14	0.6	8.17	4.9	2	0.1	4.84	2.9
8	1.3	6.73	8.0					6	0.3	4.97	3.0	2	0.1	2.65	1.6
4	0.7	3.07	3.7	1	0.2	3.02	3.6	1	0	0.39	0.2	1	0	2.94	1.8
2	0.3	2.56	3.0					3	0.1	2.41	1.5				
5	0.8	3.7	4.4					4	0.2	4.84	2.9	1	0	3.29	2.0
2	0.3	2.14	2.5	1	0.2	1.85	2.2	1	0	1.38	0.8				
2	0.3	1.51	1.8					3	0.1	4.09	2.5				
1	0.1	3.02	3.6					2	0.1	4.77	2.9				
				1	0.2	8.3	9.9	2	0.1	1.75	1.1				
												1	0	8.96	5.4
1	0.2	8.3	9.9												
1	0.2	1.85	2.2												
								1	0	8.96	5.4				
595	100	84.04	100	595	100	84.04	100	2217	100	165.85	100	2217	100	165.85	100

表—A 3　表面礫の階級別堆積分布状況

Table A 3. Distribution of surface boulders in each class

Site	Jun. 2, 1979								Sept. 5, 1979						Oct. 1, 1979								Oct. 21, 1980							
	20–50		50–80		80–120		120<		50–80		80–120		120<		20–50		50–80		80–120		120<		20–50		50–80		80–120		120<	
	V	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*
−60																														
−50																							0.08	6	0.07	1				
−40																							0.10	8	0.07	1				
−30															0.36	11	0.28	5	1.37	7	1.07	3	0.44	34	0.18	4	0.76	3		
−20											1.62	5	9.95	9	0.47	14	1.25	12	1.61	8	5.82	10	0.57	42	0.89	16	2.09	11	3.95	6
−10			0.90	9	3.2	11	5.8	9	0.13	1	4.4	9	20.94	16	0.18	6	1.37	13	2.69	11	7.87	8	1.5	109	2.04	35	3.99	13	7.22	6
S	1.42	73	2.60	42	9.3	30	5.75	9	1.26	6	9.6	23	28.37	24	0.39	13	2.92	36	3.78	15	20.04	12	1.63	87	3.5	40	7.1	24	19.3	12
10	0.46	20	1.81	27	4.33	16	1.68	3	0.51	4	1.72	4	2.48	1	0.29	12	1.92	24	4.34	18	3.34	6	1.01	51	1.84	23	3.60	16	9.95	9
20	0.87	49	1.23	30	4.5	15	2.88	6			2.18	5	3.11	2	0.33	13	1.79	31	2.67	14	2.82	7	1.44	98	2.59	31	4.44	18	6.49	3
30	0.22	18	0.47	8	1.36	4			0.59	2	5.88	12	12.92	10	0.14	10	0.02	1			0.16	1	1.39	93	1.68	26	5.01	14	1.69	3
40									0.91	5	3.39	9	7.39	8	0.05	3	0.04	2	0.06	1	0.29	1	0.93	60	1.89	30	2.36	9	4.04	6
50									0.66	5	2.62	7			0.04	4	0.36	4	0.66	4			1.51	85	2.61	32	4.93	20	1.71	4
60									0.69	5	1.43	6	1.21	3	0.28	16	0.83	18	0.23	1			2.11	143	4.88	55	5.50	25		
70									0.99	5	3.57	9	3.71	7	0.44	21	1.41	22	1.16	4			1.11	78	3.21	39	2.55	11	1.75	2
80									1.14	8	4.39	14	4.54	9	0.92	48	2.3	32	0.24	2			1.82	118	4.17	51	1.06	6	3.24	5
90											0.46	2			0.86	42	2.75	35	1.83	14			0.97	65	0.7	8	2.03	8		
100																							0.56	38	0.78	8	1.27	5	0.13	1
110																							1.03	79	1.07	22	1.95	6		
120																							2.28	166	2.81	44	1.45	8		
130																							2.64	166	2.91	38	0.37	2		
140																							0.07	6						

表—A 4 表面礫の階級別分布

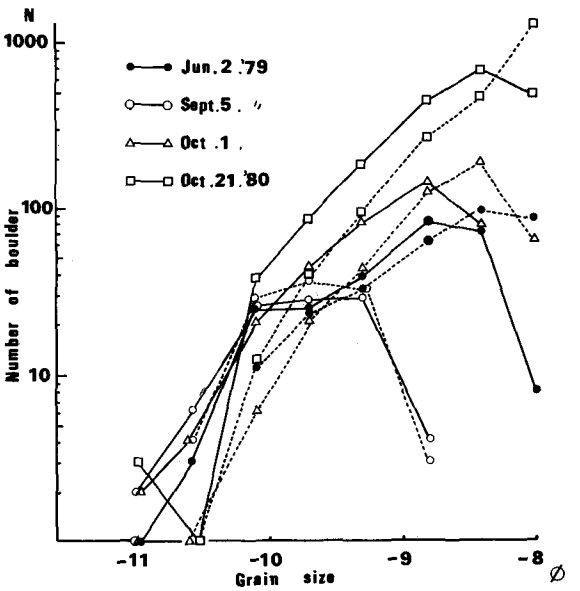
Table A 4. Distribution of surface boulders in each class

	Segment	V.S (m^3)	20> (m^3)	20–50		50–80		80–120		120<		Total	
				V	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*
Jun. 2	Upper	550	540.1			0.9	9	3.2	11	5.8	9	9.9	29
	Slit	150	131.5	1.42	73	2.6	42	9.3	30	5.75	9	19.07	154
	Lower	150	130	1.55	87	3.69	65	10.12	36	4.56	9	19.92	197
	Check	1,700	1,700										
	Total	2,550	2,501.6	2.97	160	7.19	116	22.62	77	15.2	27	48.89	380
Sept. 5	Upper	700	663			0.13	1	6.02	14	30.9	25	37.05	40
	Slit	500	460			1.26	6	9.6	23	28.37	24	39.23	53
	Lower	4,500	4,434			5.49	34	25.64	68	36.35	40	67.48	142
	Check	1,500	1,500										
	Total	7,200	7,057			6.88	41	41.26	105	95.62	89	143.76	235
Oct. 1	Upper	500	475.7	1.01	31	2.9	30	5.08	26	14.76	21	23.75	108
	Slit	250	223	0.39	13	2.92	36	3.78	15	20.04	12	27.13	76
	Lower	2,500	2,467	3.35	169	11.42	169	11.19	58	6.61	15	32.57	411
	Check	1,000	1,000										
	Total	4,250	4,165.7	4.75	213	17.24	235	20.05	99	42,35	48	83.45	595
Oct. 21	Upper	100	75.9	2.74	203	3.3	58	6.8	27	11.2	12	24.04	300
	Slit	200	168.5	1.63	87	3.5	40	7.1	24	19.3	12	31.53	163
	Lower	900	787.9	18.87	1,245	31.2	407	36.5	148	25.5	33	112.1	1,833
	Check	800	800										
	Total	2,000	1,832.3	23.24	1,535	38	505	50.4	199	56	57	167.67	2,296

表—A5 推 定 礫 量

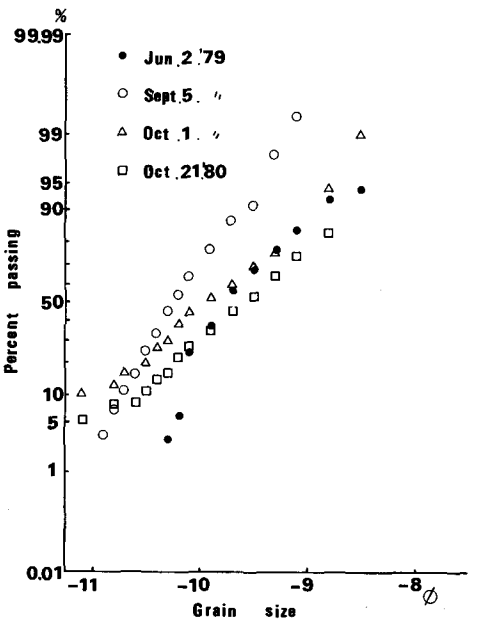
Table A 5. Volume and number calculated of boulders in each segment

	Segment	V.S (m^3)	20> (m^3)	20–50		50–80		80–120		120		Total	
				V	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*	*V*	*N*
Jun. 2	Upper	550	350			20	198	60	206	120	186	200	590
	Slit	150	111.9	5.9	316	6.2	102	17.2	54	8.7	13	38	485
	Lower	150	129.6	2.1	107	3.7	65	10.1	36	4.6	9	20.5	217
	Check	1,700	1,700										
	Total	2,550	2,291.5	8.0	423	29.9	365	87.3	296	133.3	208	258.5	1,292
Sept. 5	Upper	700	350			1	8	57	133	292	236	350	377
	Slit	500	261			14.8	70	86.1	202	138.1	118	239	390
	Lower	4,500	4,429.2			6.2	39	28.3	75	36.4	40	70.9	154
	Check	1,500	1,500										
	Total	7,200	6,540.2			22	117	171.4	410	466.5	394	659.9	921
Oct. 1	Upper	500	315	7.9	241	22.6	234	39.5	203	115	164	185	842
	Slit	250	157.6	1.1	38	11.9	155	18.7	56	60.7	42	92.4	291
	Lower	2,500	2,454.7	10.1	516	16.3	245	12.4	62	6.6	15	45.4	837
	Check	1,000	1,000										1,970
	Total	4,250	3,927.3	19.1	795	50.8	634	70.6	321	182.3	221	322.8	



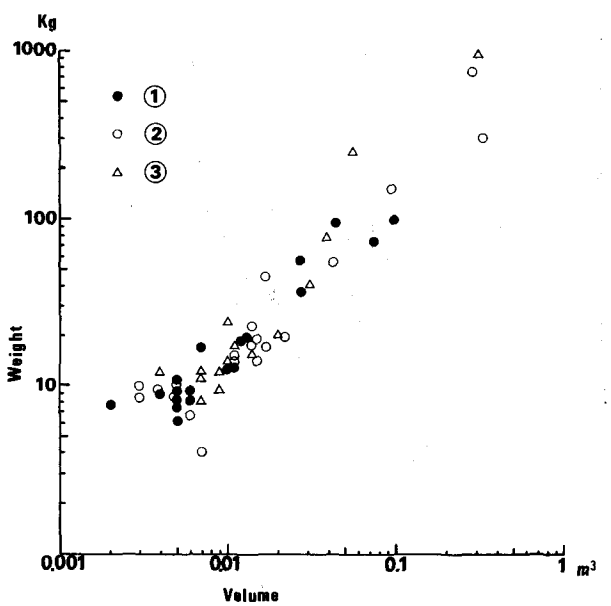
図—A 1　表面礫の個数ヒストグラム

Fig. A 1. Size frequency of the surface boulders' number.



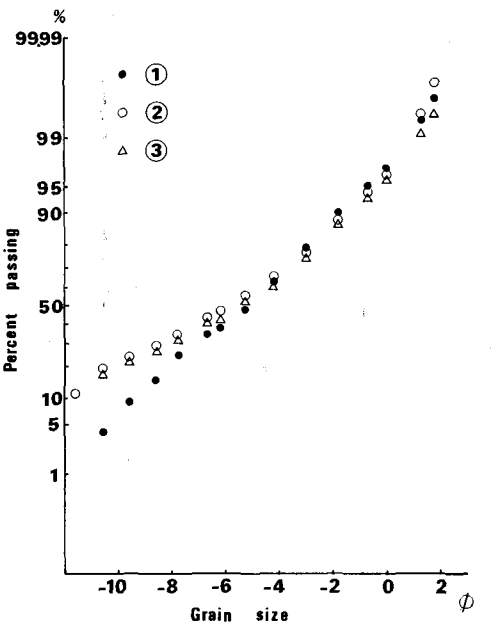
図—A 2　表面礫の粒径加積曲線

Fig. A 2. Cumulative curve of the surface boulders.



図—A 3　堆積土砂の体積と重量

Fig. A 3. Volume and weight of the boulders.



図—A 4　堆積土砂の粒径加積曲線

Fig. A 4. Size frequency curve of the slit-dam deposits.