

姫川水系浦川流域における斜面崩壊と土石流について — その4 —

青 木 滋^{*1}・佐 藤 修^{*1}・霜 鳥 重 雄^{*3}・藤 田 至 則^{*1}
茅 原 一 也^{*2}・早 川 嘉 一^{*3}・鈴 木 幸 治^{*1}・五 日 市 好 則^{*4}
北 出 一 郎^{*4}・加 藤 陽 一^{*5}・森 田 信 介^{*5}

Geological and geochemical studies on the slope failures and observation of debris flows in Ura river basin, Nagano Prefecture

—Part 4 —

by

Shigeru AOKI, Osamu SATO, Shigeo SHIMOTORI, Yukinori FUJITA,
Kazuya CHIHARA, Kaichi HAYAKAWA, Kōji SUZUKI, Yoshinori
ITSUKAICHI, Ichirō KITADE, Yōichi KATŌ, and Nobusuke MORITA

(Abstract)

This is the fourth of a series of papers on the Ura River basin (AOKI et al 1981, 1982 and 1983) and deals with the results of the research carried out in 1983. The results can be summarized as follows:

1. In order to analyze the possibility of landslide, a boring test with 80m depth was carried out in the hazardous slope as shown in Fig.1.
2. In the area of the lower stream of the Ura river, we found the distribution of pyroclastic flow derived from the Kazabuki volcano.
3. From July to October in 1983, we observed 21 debris flows in the Kanayama river by using T.V. cameras (Table 2). Observation data are shown in Table 3 and Table 4. The results of soil tests for debris flow deposit are shown in Tables 5 to 8 and Fig.3.
4. From the multivariate analysis on the relationships between the rainfall and the occurrence of debris flows, the results suggest that the occurrence of debris flows was related to not only the rainfall but also to other factors (Fig.9 and Table 12).
5. A change in the electrical conductivity of river water by recorder suggests the occurrence of flowing water with high electrical conductivity before the occurrence of debris flow as shown in Fig.11.

*1 新潟大学積雪地域災害研究センター *2 新潟大学理学部 *3 新潟大学農学部 *4 元新潟大学農学部 (学生)
*5 元新潟大学工学部 (学生)

I ま え が き

第3報（青木ほか，1984）につづいて，今回は，昭和58年度に行った調査・観測結果をのべ，これまでの研究結果のまとめは，最終報告でのべる。今回の主な調査内容は次のとおりである。

1. 浦川右岸域の地すべり性斜面の調査
2. 土石流の観測
3. 土石流含有土砂と堆積物の調査
4. 水質変動からみた土石流発生予知の研究
5. 河床変動状況に関する報告

調査にあたって御協力いただいた建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所の方々に心から御礼を申しあげる。

研究費の一部は，受託研究費（建設省）と科学研究費（文部省）を使用した。なお，報告のまとめは，青木，佐藤，霜鳥が行った。

II 斜面崩壊に関する研究

1. 中流域左岸側の斜面

通称お立ち台から，中流域にくだる緩斜面には，前年度にみとめられなかった亀裂が多数発達してきた。この斜面は，風化して粘性土化した蛇紋岩を後背地斜面から供給された崩土が被っているもので，末端に地下水が湧出し，中流域の河川水によって洗掘がすすんでいる。斜面内に分布する蛇紋岩のわれ目の幅を調査のたびに測定した結果が表－1に示したとおりである。

これによると，この斜面が，平均1.2cm/日の速度で，川側に移動していることがわかった。しかし，この斜面の状況や地質からみて，急激に崩落するとは考えられないが，中流域のダムアップや，土砂供給に影響をあたえていることは，十分考えられる。

表－1 亀裂幅の変化
Table 1 Change of width of crack.

月 日	亀 裂 幅 cm
7. 28	497
8. 8	530
8. 27	550
9. 23	563
9. 26	567
10. 6	583
10. 9	587

2. 浦川右岸域の地すべり性斜面

稗田山滑落崖と石坂部落間の地すべり性斜面について58年度には，松本砂防工事事務所によるボーリング（深さ80 m）調査が実施された。

この斜面は，最大幅 1.1 km，奥行き 0.5 km，平均傾斜20°前後で，冠頭部に深い亀裂地形が発達している。斜面内部には，大小の亀裂が走り，明らかな地すべり性斜面であり，明治35年に一部が地すべりをおこした（横山，1912）。昭和57年の10月頃には4回にわたって鳴動を生じ，もし，この斜面が崩壊をおこせば，稗田の大崩壊と同じ程度の規模となり，この地域では，最大級の要注意斜面である。

ボーリングは，亀裂地形の凹部に近いところで実施されたが，コアの鑑定結果は図－1に示したとおりである。結果を要約すると次の通りである。

- (1) コア全体は，中部安山岩類に属する安山岩熔岩と火山砕屑物の互層より成る。
- (2) この安山岩類には，稗田山の安山岩類とは，岩質が異なり，かんらん石を含んでいるので，中部安山岩類の上部層のものである。

図-1 ボーリング柱状図
Fig.1 Columnner section of boring.



(3) 全体的に完全な不動岩層とはいえないが、とくに18m付近より上位の部分は、移動岩塊と考えられる。

なお、この斜面の中部に中生代来馬層の分布がみつかったが、周辺の安山岩類に対して地畳状の構造を示しているものと考えられる。今後も、この点の調査と斜面中下部のボーリング調査が必要であろう。

また、57年の地鳴りは、この付近に発達する亀裂が、活動的で、あらたな岩盤の破壊が進行している可能性があり、震動調査も必要である。

3. 稗田山崩壊の再検討

稗田山崩壊は、明治44年8月9日（稗田山とそれ以东）、同45年4月26日（稗田山以西）、同45年5月4日（第1回の東端）の3回で、第1回がもっとも大規模であった。天気はいずれも晴であった。崩壊による土石流は、浦川谷を埋め、姫川をせき止めて長瀬湖が出現した。

崩壊の前兆としては、第1回崩壊の約2年前に浦川付近で怪しい大鳴動があった。崩壊物質は、一部に旧崩壊堆積物から成り、鳴動の当時、山体内部で岩塊の崩落があり、山体がゆるんで大崩壊に至ったと横山（1912）はのべている。町田（1964, 1975）によると、崩壊発生の4日前、8月4日から5日にかけて、台風が中部地方を横断し、松本で8月4日の降雨量155.9mm、南小谷で8月3日66mm、8月4日41mmの降雨が記録されている。町田は、長年にわたる地下の亀裂の発生や粘土化の進行していたところに、上記の記録的な降雨によって、地下水の多量の流入が引き金となって崩壊が発生したと推定している。

前年度までの報告でものべてきたように、この付近の地質、地下水の状況から、崩壊の素因を、中部安山岩類の変質・弱化に求めることはできない。ここで注目されることは、前述の稗田山北東方の地すべり性斜面の状態で、この斜面は、稗田山崩壊前の状況を示していると考えられる。ここには、前述したように、尾根部に深い亀裂が走っている。この亀裂は、山地の隆起などにもなって、山体内に起る重力を内因とする大規模破壊（いわゆるgravitation）によって生じたものと考えられ、稗田山斜面にも同様な亀裂が走っていた可能性が大きい。このような亀裂系の発達によって山体の岩盤が劣化し、地すべり性斜面に転化し崩壊にいたったものであろう。

金山沢－浦川右岸域に分布する段丘状地形を、町田（1964）は、稗田山崩壊にともなう土石流段丘としたが、筆者らの調査では、浦川橋までの河谷壁に露出している堆積物は、土石流堆積物ではなく、中部安山岩類の下部に相当することがたしかめられた。横山（1912）の写真を検討してみると、当時の土石流堆積物の大半は、現河谷を埋積したものと推定され、この点からも稗田山の崩壊量や土石流の堆積量も再検討する必要がある。

また、今回、浦川橋下流域に風吹岳より北野の河谷より流下した火砕流起源の土石流堆積物が発見され、長瀬湖の堆積物に被われているので、稗田土石流よりも古いものである。

Ⅲ 土石流観測結果

1. 土石流観測

観測期間中（昭和58年7月19日～10月15日）、センサー切断が23回発生し、うち、土石流を確認できたのは21回、金谷橋を通過したのが13回であった（表－2）。表－3には、月別の発生件数を示した。

つぎに、各センサー間の斜距離と各センサーの切断時刻より求めた土石流の流速を表－4に示す。かつて浦川では、昭和52年6月24日、7月1日、昭和53年7月10日の土石流で、平均2.1m/s、2.3m/s、

3.8m/sの流速が観測されている（松本砂防工事事務所，1979）。今回の土石流では，個々の区間の流速が18.33m/sから0.07m/sまで，かなりばらついている。が，個々の土石流では，上流側になると速くなる傾向がみとめられる。

金谷橋にもっとも近いセンサー14，15間では，最大3.60m/s，最小0.03m/sとばらつき，平均値は，1.27m/sである。

また，流下している土石流の観察（テレビカメラ）によれば，土石流が局所的に停滞をくり返しながら移動したり，センサーが必ずしも土石流の先端で切断されないこと（たとえば，下流側のセンサーが切れても，上流側のセンサーがきれない場合もある）もあるので，センサーの切断時刻と土石流先端部の通過時刻には，若干のずれがあるものと考えられる。

つぎに，今回発生した土石流のうち，VTRに録画できたものは約5回である。これらの記録やテレビカメラによる観察を含めて，土石流発生状況をのべると次の通りである。

- (1) 土石流は，すべて源頭部で発生しており，源頭部下流で発生したものは皆無に近い。これは，過去の例にもすべてあてはまる。
- (2) 土石流発生前（降雨時），無降雨時の流路筋がいくつかの筋にわかればじめ，さらに白くみえていた筋がにごりのためTVカメラではみえにくくなると，大体において土石流が上流側の方から流下してくる。

とくに，上記(1)の場合，発生源はTVカメラからはみえない位置にあるが，今後，源頭部を精査して，源頭部の谷壁崩壊が土石流の発生源なのか，源頭部の河床堆積物の移動が土石流発生のひきがねなのかを明らかにする必要がある。ちなみに，源頭部下流側の河床堆積物は，土石流の量を増加させる役割をもっていることは，ほぼたしかである。

2. 土石流含有土砂と堆積物

流下中の土石流含有土砂は，金谷橋上からポリエチレン容器をロープでたらし採取した。採取土石流は，7月20日，7月21日，7月25日，7月27日のもので，採取量は約1ℓで，採取時刻も記録した。

土石流堆積物は，7月21日，7月24日，7月28日，7月30日，7月31日，8月8日，8月10日，8月20日，9月23日，10月10日の計10回の土石流堆積物について，計31個の試料を採取した（図-2，表-5）。試料は，土石流通過後1日位のヘドロ状のものを，ビニール袋に1ℓ前後採取した。また，過去の土石流堆積物も比較のために採取した。

2.1 土質試験結果

各試料について，比重試験（JIS A1202-1978），粒度試験（JIS A1204-1980），液性，塑性試験（JIS A1206-1970）を行った。各試験から比重 G_s ，液性限界 w_L ，塑性限界 w_p ，塑性指数 I_p ，60%粒径 D_{60} ，30%粒径 D_{30} ，10%粒径 D_{10} ，均等係数 C_u ，曲率係数 C_g ，粒度組成などを求めた（表-6，図-3）。

また，土石流堆積物については，自然含水比 w_n から修正自然含水比（0.42mm以下の自然含水比） w_1 を求めた（表-7）。

表-8は，各採取日ごとの平均値を示したが，流下中の土石流と残存土石流堆積物をくらべると，前者の比重，液性限界，粘土，シルト含有率が，後者のそれらにくらべると大きい値を示している。このことは，流下中の土石流には細粒分を多く含んでいることを示す。

1983 年

表-2 センサー切断及び土石流発生状況

Table 2 Occurrence of debris flows during July and October in 1983.

土石流 回数	月 日	時 刻	センサー 切断 No	天 候	記 事
①	7. 20	14:25	不 明	雨	上流TVを観察していたところ土砂の移動が始まったのでハンドカメラを持って金谷橋まで行ったが、先端はすでに通過していた。降雨の異常に多い後に発生したらしい。橋よりサンプリング。ECは1299 μ s/cm W℃ 14.0℃
②	7. 21	6:21'59"	不 明	雨のち曇り	発見がやや遅れたため先端部分は通過。橋よりサンプリング。EC 796 μ s/cm W℃ 15.5℃ 降雨の異常に多い後に発生した模様。
③	7. 24	23:25'44" 不 明 不 明	13 14 15	雨のち曇り のち晴れ	0:10分サンプリングをおこなったがサンプラーが流された。
④	7. 25	15:18'		雨	上流部TVによる観察で9回の土石流を確認したが、いずれもすぐに止まった。(上流部のみ)
⑤	7. 27	8:56' 11:09' 11:43'40"		曇り時々雨	8:56 上流において土石流発生 9:01に金谷橋に到達 11:09 上流部TVによる観察で小規模土石流 11:43'40" " " "
⑥	7. 30	16:32'52" 16:35'31" 不 明 不 明	8 6 14 15	晴れのち雨	16時から雨が降り始め16時30分まで一定雨量で22mm。(金谷橋通過)
⑦	8. 1	7:38'09" 7:41'24" 9:45'30" 10:34' 10:36' 10:43'	不 明 " " " " "	雨	上流部TVによる観察 (金谷橋まで到達せず) " " " " " " " " " (金谷橋通過)

<p>⑧</p>	<p>8. 9</p>	<p>18:14'18" 18:14'21" 18:15'51" 18:16'24" 18:16'40" 18:17'05"</p>	<p>5 6 2 13 14 15</p>	<p>雨</p>	<p>15:30 頃、河川薄茶色、EC計ふらつき始める 17:20 頃よりEC上昇しはじめる 18:00 雷雨となる、上流TVを監視 18:07'30" 川道がすじ状に広がり土石流（第1波発生）上流部 18:09'11" （第2波）" 18:11'04" ガスがかかる、雨量計たち上る（第3波）" 18:14'07" （第4波）" 18:14'18" センサーNa5が切れる 18:14'21" センサーNa6が切れる 18:15'14" 土石流つづく 上流部 18:15'51" センサーNa2が切れる 18:16'24" " Na13 " 18:16'40" " Na14 " 18:17'05" " Na15 " 18:18'55" 上流土石流続く 18:19'00" 土石流金谷橋通過 ECセンサーあがる 18:19'60" （第5波） 上流部 18:21'05" （第6波） " 18:21'47" （第7波） " 18:30 頃、上流土石流とまる 19:15 頃、金谷標土石流ほとんど通過 上流発生 → センサーNa5まで 6分18秒 センサーNa5 → 金谷橋 5分42秒</p>	<p>土石流通過目撃 はじめに流れが早い水が、20mあ とから波しぶきをもったフロントが きた。色は茶色、土石流は川幅いっ ぱい。工事用道路洗掘される。フロ ントは、スリットダムのそでをのり 上げた。 直径3.5m位の石がmax。 石と石がぶつかりあうと火花がで た。</p>
<p>⑨</p>	<p>8. 10</p>	<p>16:52'50"</p>		<p>晴夕方雷雨</p>	<p>15:00 頃、雨が降りだす 16:00 上流部TVによると川筋が何本にもなる 16:46 雷雨ひどく雨量計立ち上がる（max 5mm/10分）TVモニター監視 16:50'55" 上流部TVの水流不明になる 濁ってきたためか 16:51'40" VTRスタート 16:52'51" 上流部土石流発生 16:55'50" 金谷橋VTRスタート 17:00 VTRそのまま金谷橋まで行く（濁流） 17:15 土石流は金谷橋までこないで帰る</p>	

⑩	8. 11	14:43'20" 15:35'47"		晴昼から雨	14:00 頃、やや強い雨 14:43'20" 上流部土石流発生 14:48 とまる 15:35'47" " " 15:42 とまる
11	8. 14	02:15'59"	7	晴	センサー№7が切れVTRがまわったが深夜のためみえず 河床に茶色の泥が合流部まで堆積。泥流の増水か（降雨なし）
⑫	8. 17	22:28'35" 不 明 22:33'32" 22:39'13"	8 13 14 15	曇りのち雨	14:45 大雨・洪水・強風注意報（長野県） 台風は午後6時現在静岡にあり時速20km、9時ころから雨が降り始める 22:28'35" 土石流発生（合流点まで行っている）
13	8. 22	03:24'17" 03:29'23"	13 14	雨	センサー№17が切れたが深夜のためなにもみえず
⑭	9. 5	15:03'	7	晴のち雨	14:55 頃、TV監視、源頭部土石流発生上流部にくる 15:03 センサー№7が切れる、金谷橋までこない
⑮	9. 8	06:45' 13:01' 不 明 13:06'	6 8 13 14	雨時々曇り	EC記録計がふれだす（雨が降る前） 12:45 上流雨が強く降る 12:56 源頭部カメラより土石流発生確認 12:57'20" 源頭部第1波発生 12:59'24" " 第2波 " 13:01 " 第3波 " 13:01 センサー№8切れる 13:05 源頭部第4波発生 13:06'30" センサー№14切れる 13:07 金谷橋に到る ・砂防ダム工事掘削現場すべて埋没 ・資材の一部流される
⑯	9. 12	06:52'		雨	午前中無人のため確認できず、デジタル8フィルムで見ると6時52分から8時頃まで泥流か土石流あり
17	9. 20	23:05' 23:22'	13 14	雨	センサー№13、14が切れたが夜のため確認できず（増水によると思われる）
⑰	9. 21	20:48' 不 明 23:15'	7 8	晴のち雨	センサー№7、8切れる。 23:15 金谷橋よりライトで確認するが泥流と思われる。

19	9. 22	02:31'51"	15	晴 の ち 雨	増水によると思われる。
20	9. 25	10:18'		晴	上流部TVより監視。土石流が発生するがすぐに止まる。
21	9. 28	11:00 頃		不 明	台風10号、センサー（相模組）が切れサイレンが鳴る。土石流はおそく助かったとのこと。 現場に泥がたまった。（泥流かもしれない）
22	10. 3	18:28'54" 18:34'54" 18:36'02" 18:37'16"	6 13 14 15	晴 の ち 雨	上流TV、左岸崩壊のため川筋かわる1本になる。 18:20 頃より雷雨、雨量計立ち上がる、センサー切れる。サイレン鳴る、金谷橋よりライトで見るが、泥流・ か増水と思われる。
23	10. 5	23:11'45"	2	曇り時々晴	落石と思われる。

※ 凡 例

土石流 回 数	
①	土石流金谷橋通過
②	金谷橋通過したと思われる土石流
③	モニターテレビ等で確認
4	センサーが切れたが確認できない

表－3 月別土石流発生件数

Table 3 Number of debris flows in respective months.

月	日	上 流 部	金谷橋通過
7	19 - 31	7	5
8	1 - 31	9	3
9	1 - 30	6	4
10	1 - 14	1	1
	計	23	13

表-4 センサー切断からの流速

Table 4 Average velocity of respective debris flow.

月 日	No	切 断 時 間	通 過 時 間	斜 距 離 m	流 速 m/s
7. 21	13 14 15	23 : 25' 44"			
7. 30	8 6 14 15	16 : 33' 52" 16 : 35' 31"	1' 39"		
8. 1	不 明 " " " " "	7 : 38' 09" 7 : 41' 24" 9 : 45' 30" 10 : 34' 10 : 36' 10 : 43'	3' 15" 4' 6" 8' 30" 2' 7'		
8. 9	5 6 2 13 14 15	18 : 14' 18" 18 : 14' 21" 18 : 15' 51" 18 : 16' 24" 18 : 16' 40" 18 : 17' 5"	3" 1' 30" 33" 16" 25"	55 1144 70 90	18.33 9.3 4.38 3.60
8. 10		16 : 52' 50"			
8. 11		14 : 43' 20" 15 : 35' 47"	52' 27"		
8. 14	7	2 : 15' 59"			
8. 17	8 13 14 15	22 : 28' 35" 22 : 33' 32" 22 : 39' 13"	 4' 57" 5' 41"	1033 90	3.48 0.26
8. 22	13 14	3 : 24' 17" 3 : 29' 23"	5' 60"	70	0.23
9. 5	7	15 : 3'			
9. 8	6 8 13 14	6 : 45' 13 : 01' 13 : 06'	5'	1033	3.44
9. 12		6 : 52'			
9. 20	13 14	23 : 5' 23 : 22'	17'	70	0.07
9. 21	7 8	20 : 48' 23 : 15'			
9. 22	15	2 : 31' 51"			
9. 25		10 : 18'			
9. 28		11 : 00'			
10. 3	6 13 14 15	18 : 28' 54" 18 : 34' 54" 18 : 36' 2" 18 : 37' 16"	6' 1' 8" 1' 14"	1144 70 90	3.18 1.03 1.22
10. 5	2	23 : 11' 45"			

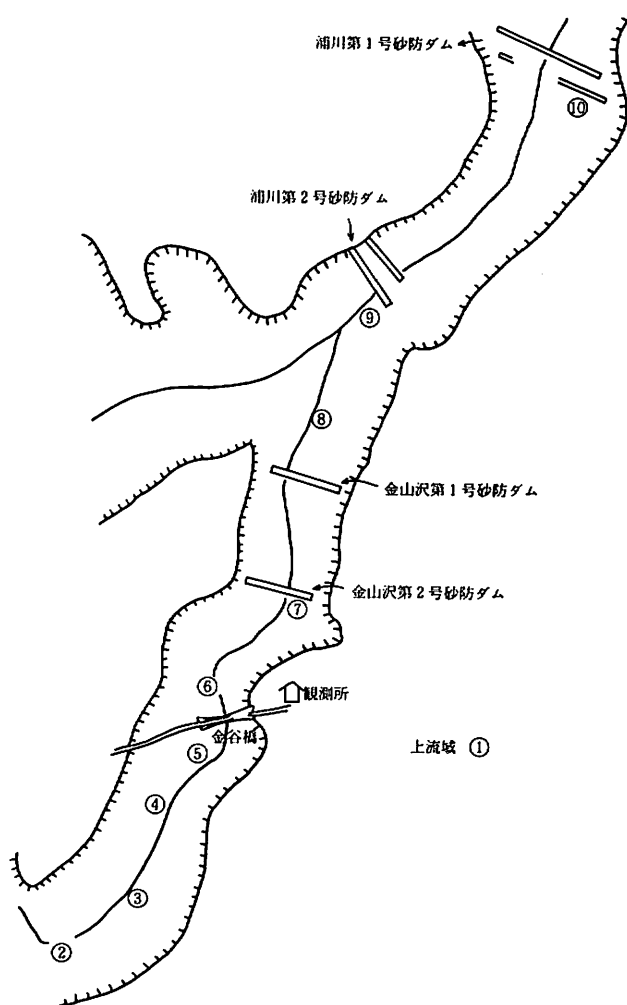
修正自然含水比と液性限界の関係（表－7）については、流動して堆積した土砂なので、修正自然含水比 \geq 液性限界を示すはずであるが、長期間ビニール袋に入れて試料を保管したので、含水比の低下をまねいたケースもみられる。

また、例は少ないが同一土石流堆積物において、金谷橋上、下流、合流点付近で試料の土質試験結果に、とくに差異はみとめられなかった。

2.2. 土石流堆積物のスケッチ

金谷橋を通過する土石流の巨礫の大半は、唐松沢と金山沢の合流点付近に堆積している。以下、堆積状態をみるためにスケッチを行った。

図－4は、8月1日に発生した土石流で、金谷橋下の舌端部をスケッチしたものである。ここでは、土石流の後続流である土砂流が数段の舌状部を形成している。



図－2 サンプルング地点

Fig. 2 Sampling localities for soil tests.

表-5 サンプルング表

Table 5 Collecting condition of the soil samples of the debris flow deposits.

No	DAY	TIME	WETHER	DOSEKI	POINT	ATC.
4	7. 20	14:25	R	7. 20	6	
5		17:05			6	
6	7. 21	7:11	R	7. 21	6	
10	7. 25	0:11	R	7. 25	6	
12		16:05			6	
13		16:15			6	
14	7. 27	9:09	R	7. 27	6	
15		9:11			6	
16		9:20			6	
17		9:50			6	
18		10:50			6	
19		12:12			6	
20		13:28			6	
21		16:57			6	
83072101	7. 21	P.M.		7. 21	5	
2					5	
4				旧土石流	5	
5					5	
6					9	
7					9	
8					9	
83072401	7. 24	P.M.		7. 21	4	
2					4	
3					5	
4					5	
83072801	7. 28	P.M.		7. 24	5	
2					5	
3					5	
4				旧土石流	4	
83073001	7. 30	P.M.		7. 30	5	
2					5	
83073101	7. 31	P.M.		7. 30	1	
83080801	8. 8	P.M.		8. 1	1	
2					1	
83081001	8. 10	P.M.		56. 5. 12	10	
2				56. 5. 12	10	
3				8. 9	8	
4					8	
5					9	
6					9	
7					6	
8					5	
9					5	
10					4	
11					3	
12					2	
83082001	8. 20	P.M.		8. 17	5	
83092301	9. 23	P.M.		9. 21	5	
83101001	10. 10	P.M.		10. 3	5	
83120301	12. 3	P.M.			安田町 笹神	
2					"	
3					"	

表-6 土質試験結果
Table 6 Results of soil tests.

No	G_s	w_l (%)	w_p (%)	I_p	D_{60}	D_{30}	D_{10}	C_u	C_c	SUNAKO	SILT (%)	NENDO (%)	0.002mm
4	2.69	41.2	27.	14.1	.31	.029	.001	310	2.7	58 62.3	20.1 21.6	15 16.1	
6	2.77	45.8	26.9	18.9	.12	.025	.001	120	5.2	44.8 45.4	35.9 36.4	18 18.2	
10	2.77	43.1	26.7	16.4	.64	.16	.001	640	40	62.4 73.8	9.2 10.9	13 15.4	10
12	2.8									36.1	35.9	28	22
14	2.75	42.7	25.9	16.8	.44	.65	.001	440	9.6	54.9 63.5	18.5 21.4	13 15	11
15	2.83	46.8	24.3	22.5	.25	.041	.001	250	6.7	61.3 62	20.5 20.7	17 17.2	12
16	2.83	42.4	29.9	12.5									
19	2.78	44.8	28.2	16.6									
83072101	2.72	39.4	24.2	15.2	1.6	.3	.0055	290.9	10.23	48.4 76.1	5.2 8.2	10 15.7	7
83072102	2.7	39.5	0.6	18.9	2.8	.64	.015	186.7	9.75	31.9 75.6	1.3 3.1	9 21.3	7
83072104	2.68	39.4	27.2	12.2	1.4	.25	.009	155.6	4.96	10.9 15.1	7.9 11.7	9 13.3	7
83072105	2.73	45.4	32	13.4	.7	.14	.0024	291.7	11.67	53.1 69.1	10.7 13.9	13 16.9	9
83072106	2.75	39.4	28	11.4	.88	.19	.0054	163	7.6	53.8 74.4	8.5 11.8	10 13.8	6
83072107	2.7	33.8	N. P.	-	.33	.11	.0033	100	11.11	72.4 73.7	14.9 15.2	11 11.2	9
83072108	2.76	39.5	30.2	9.3	.8	.14	.0078	102.6	3.14	51.2 68	15.1 20.1	9 12	7
83072401	2.72	41.9	25.9	16	.84	.14	.0035	240	6.67	47 64.8	13.5 18.6	12 16.6	8
83072402	2.7	33.3	N. P.	-	.9	.28	.045	20	1.94	60.3 80.2	9.9 13.2	6 5	6
83072403	2.71	38.5	26.9	11.6	1.2	.18	.003	400	9	66.2 68.4	9.3 13.8	12 17.8	8
83072404	2.74	N. P.	N. P.	-	.6	.35	.08	7.5	2.6	62.8 69.2	5 5.4	5 5.4	5
83072801	2.73	43.2	32	10.2	1.4	.2	.007	200	4.1	46 70	11 16.7	9 13.6	8
83072802	2.71	40	26	14	.2	.03	.001	200	4.5	41.2 47.2	20.1 34.5	16 18.3	12
83072803	2.71	41.5	29	12.5	.6	.12	.0028	214.3	8.57	57.1 68.9	13.8 16.6	12 14.5	9
83073001	2.7	40.1	20.2	9	.48	.063	.0048	100	1.2	53.5 62.1	20.7 13.9	12 15	8
83073002	2.63	38.4	28.3	10.1	.42	.0055	.0018	233.3	4	54.3 62.7	19.3 22.3	13 15	10
83073101	2.74	40	26.7	13.3	.5	.005	.0023	217.4	6.28	55.4 65.5	13.2 15.6	16 18.9	9
83080801	2.88	44.1	N. P.	-									
83080802	2.78	48.2	N. P.	-	.45	.1	.001	450	22.2	66.7 71.4	13.7 14.7	13 13.9	
83081001	2.71	46.8	27.5	19.3	.1	.15	.001	1000	22.5	45.9 66	9.6 13.8	14 20.1	12
83081002	2.66	43.6	30.1	13.5	.7	.1	.003	233	4.8	49.5 64.5	15.2 19.8	12 15.6	8
83081003	2.71	39.6	27.5	12.1	.2	.25	.006	333	5.2	41.5 68	9.5 15.6	10 16.4	8
83081004	2.73	38	26.2	11.8	2.5	.7	.003	83.3	6.5	35.2 73.8	6.5 13.6	6 12.6	5
83081005	2.69	37.9	24.1	13.8	.1	.2	.001	1000	40	82.5 63	1.9 1.9	15 15.1	12
83081006	2.71	39.4	28.7	10.7	1.5	.2	.01	150	2.7	48.6 69	13.8 19.6	8 11.4	6
83081007	2.72	38.9	28.9	10	.9	.18	.008	113	4.5	54.1 71.9	13.1 17.4	8 10.6	6
83081008	2.7	40.9	27.6	13.3	.65	.12	.002	325	11.1	55 68.1	11.8 14.6	14 17.3	10
83081009	2.77	43.9	33.4	10.5	1.1	.15	.003	367	6.8	45 64.6	13.7 19.7	11 15.8	8
83081010	2.75	40	29	11	1.3	.18	.005	260	5	46.1 67.9	11.8 17.4	10 14.7	5
83081011	2.7	40.6	27.5	13.1	.38	.052	.002	190	3.56	57.9 62.3	22 23.7	13 14	10
83081012	2.73	42.2	31	11.2	1.5	.22	.0054	277.8	5.98	45.8 70	9.6 14.7	10 15.3	7
83082001	2.65	94.6	35.1	59.5									
83082301	2.56	44.2	N. P.	-	.6	.14	.0045	133.3	7.26	61 70.2	14.9 17.1	11 12.7	5
83181001	2.6	42.5	27.4	15.1	.79	.14	.0026	303.8	9.54	47.8 65.2	12.5 17.1	13 17.7	8
83180301	2.54	28.9	N. P.	-									
83180302	2.59	41.3	36.1	5.2									
83180303	2.64	N. P.	N. P.	-	1.6	.6	.13	12.3	1.73	63.9 90.1	1 1.4	6 8.5	5

表-7 含水比と液性限界

Table 7 Natural water content and consistency of debris flow deposits.

No	w_n	w_1 (%)	w_2 (%)	w_l	w_L	$w_l - w_L$
83072101	26.1	35.6	64.4	46.2	39.4	6.8
2	23.3	24.6	75.4	48.7	39.5	9.2
4	30.1	38.4	61.6	54.3	39.4	14.9
5	30.5	48.1	51.9	47.2	45.4	1.8
6	29.7	43.9	56.1	48.5	39.4	9.1
7	33.4	67.3	32.7	42.3	33.8	8.5
8	23.3	46.5	53.5	32.8	39.5	-6.7
83072401	27.3	59.7	40.3	35.6	41.9	-6.3
2	25.6	39.9	60.1	41.6	33.3	8.3
3	26.8	42.2	57.8	43	38.5	4.5
4	21.8	38.9	61.1	32.5	N. P.	-
83072801	22.5	40.9	59.1	33.3	43.2	-9.9
2	28.9	66.5	33.5	35.9	40	-4.1
3	27.7	52.7	47.3	39.1	41.5	-2.4
4	28.8	48.5	51.5	43.5	42.6	0.9
83073001	29.5	58.6	41.4	39.7	40.1	-4
2	24.7	59.7	40.3	31.2	38.4	-7.2
83073101	33.3				40	
83080801	39.6				44.1	
2	34.9	57.1	42.9	49.9	48.2	1.7
83081001	32	44.7	55.3	53	46.8	6.2
2	24.3	51.1	48.9	33.2	43.6	-10.4
3	19.4	37.8	62.2	26.6	69.6	-13
4	15.1	23.8	76.2	15.4	38	-22.6
5	25.9	39	61	42.9	37.9	5
6	18.1	39.9	60.1	22.8	39.4	-16.6
7	25.3	43.6	56.4	38.6	38.9	-3
8	30.3	51.1	48.9	44.9	40.9	4
9	19.7	44.3	55.7	25.6	43.9	-18.3
10	26.6	41.7	58.3	42.8	40	2.8
11	30.5	52.7	37.3	39.7	40.6	-9
12	24.3	39.7	60.3	38.4	42.2	-3.8
83082001					94.6	
83092301	38.4	49.6	50.4	62.2	44.2	18
83101001	28.3	47.5	52.5	43	42.5	0.5
83120301	12.4					
2	18.9					
3	12.5	20.8	79.2	3	N. P.	

表-8 平均値

Table 8 Average values of soil properties.

DATE	G_s	(%) w_L	(%) w_p	(%) I_p	粘土+シルト	4mm以下 粘土+シルト
7.20	2.69	41.2	27.1	14.1	35	37.7
7.21	2.7	45.8	26.9	18.9	53.9	54.6
7.25, 7.27	2.79	44	27	17	38.8	41.1
7.21	2.71	39.4	26	13.4	18.5	26.2
7.24	2.71	40.2	26.4	13.8	23.2	28.9
7.28	2.72	41.8	29.3	12.5	29	35.7
7.30	2.67	39.3	24.3	15	32.5	37.6
7.31	2.74	40	26.7	13.3	29.2	34.6
8.8	2.83	-	-	-	26.7	28.6
8.10	2.72	40.1	28.4	11.7	21.9	30.1
8.20	2.65	94.6	35.1	59.5	-	-
9.23	2.56	-	-	-	25.9	29.8
10.10	2.6	42.5	27.4	15.1	25.5	34.8
12.3	2.59	-	-	-	7	9.9

* 上3段は、流下中の土石流、他は堆積したもの

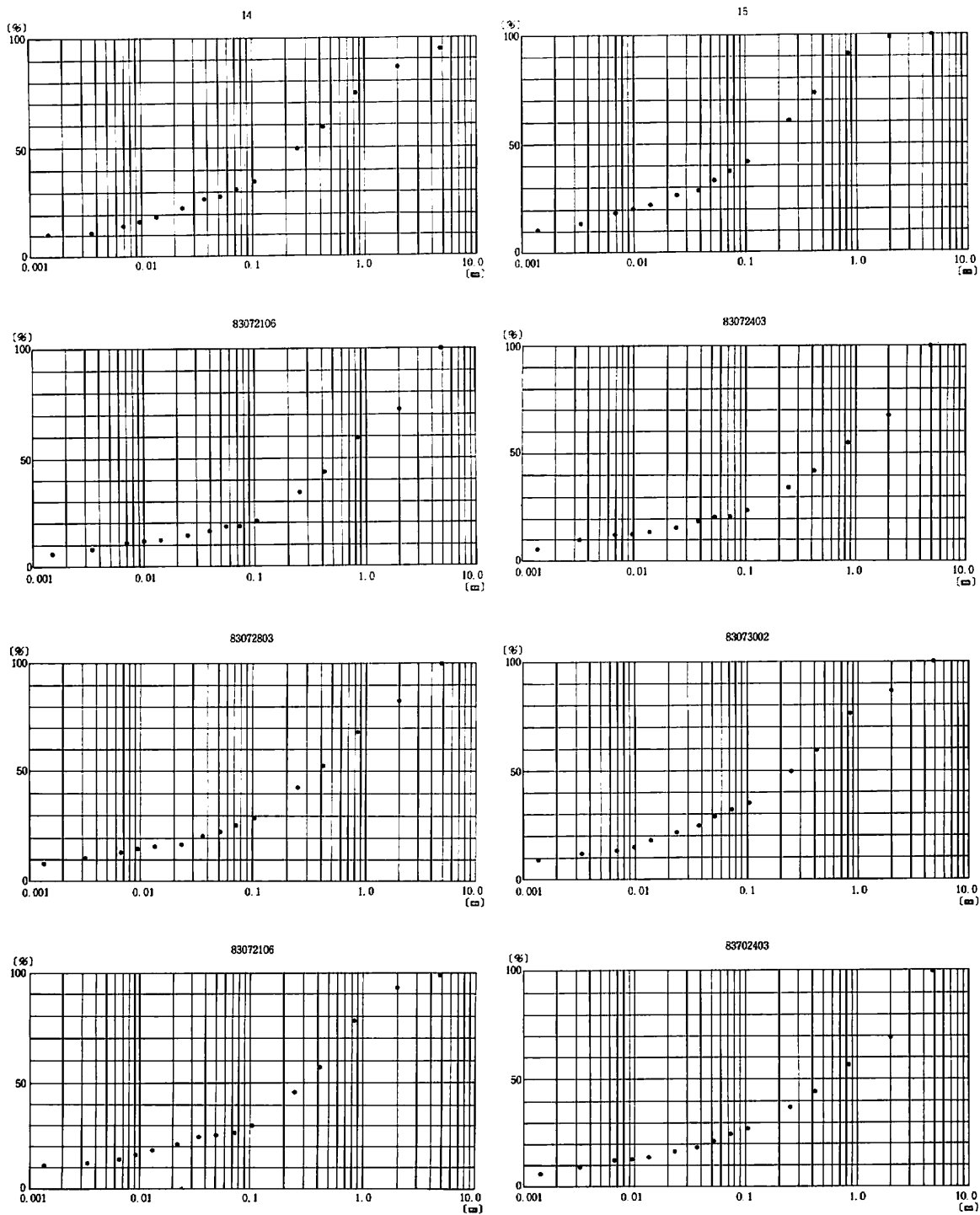


図-3 粒度試験結果
Fig. 3 Results of mechanical analysis of soil.



图-4 土石流堆積物 (金谷橋)
Fig.4 Figure of deposits of debris flow.



图-5 土石流堆積物 (合流点)
Fig.5 Figure of deposits of debris flow.

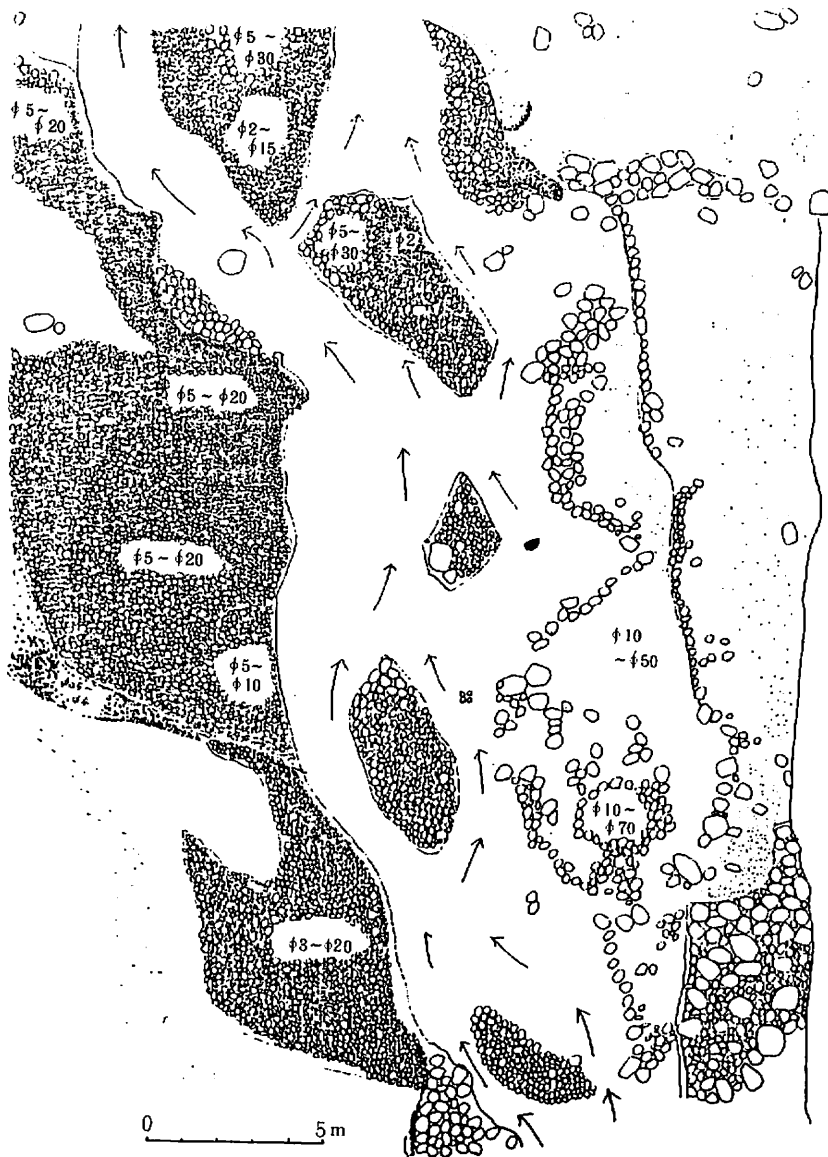


図-6 土石流堆積物（合流点）
Fig.6 Figure of deposits of debris flow.

図-5は、8月1日に発生した土石流で、金山沢と唐松沢の合流点付近をスケッチしたものである。ここでは、巨石は先端近くに散在しているが集中はしていない。また、横断的には中央部に盛り上がりが見られる。そして、巨石は一定方向に点在し、この方向が土石流の流下方向であろう。左岸には土石流の側堆積が見られるが、これは土石流フロントの巨石が堆積した後、後続流の土砂流により浸食された残りであることがわかる。

図-6は、8月17日に発生した土石流の合流点付近の堆積状況のスケッチである。8月1日の土石流にくらべ規模が小さく、巨石の変化はほとんどみられないが、土砂流による浸食はより明らかである。

3. 降雨量

降雨記録（時間雨量、日雨量）は省略する。図－7に日雨量と土石流発生の関係を示した。また、図－8には、主な降雨の10分間雨量強度（表－9）と累計雨量を示した。

3.1. 降雨量と土石流発生との関係

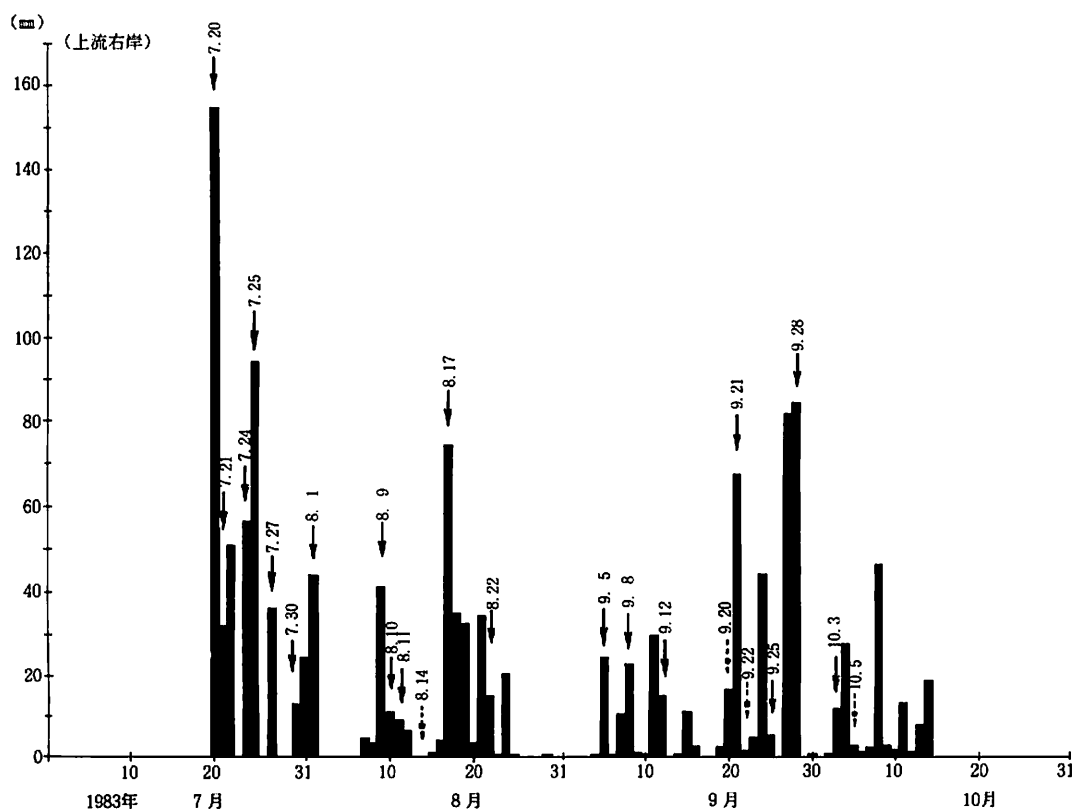
昭和58年の観測期間は、例年にくらべて降雨量が多く、土石流也多発した（表－10）。

この3年間で、金谷橋まで到達する規模の土石流はすべて降雨時に発生しているが、日雨量が10mm以下で発生する場合もあれば、80mm近くの場合で発生しないこともある。

降雨量と土石流発生との関係についての研究は、これまで数多く試みられている。これらの大部分は、集中豪雨時における土石流発生を対象としているため、降雨時間、雨量ともに浦川の場合よりも大きく、直接比較することには問題がある。

そこで、浦川流域に限定して降雨のデータから土石流の発生降雨と、発生しない降雨が区別できるかどうかを多変量解析によって検討した。

今回のセンサー切断23回のうち、土石流の確認できた19例を対象として、10分間雨量、20分間雨量、重みつき先行雨量、連続雨量、降雨継続時間、最大時間雨量を求めた（表－11）。



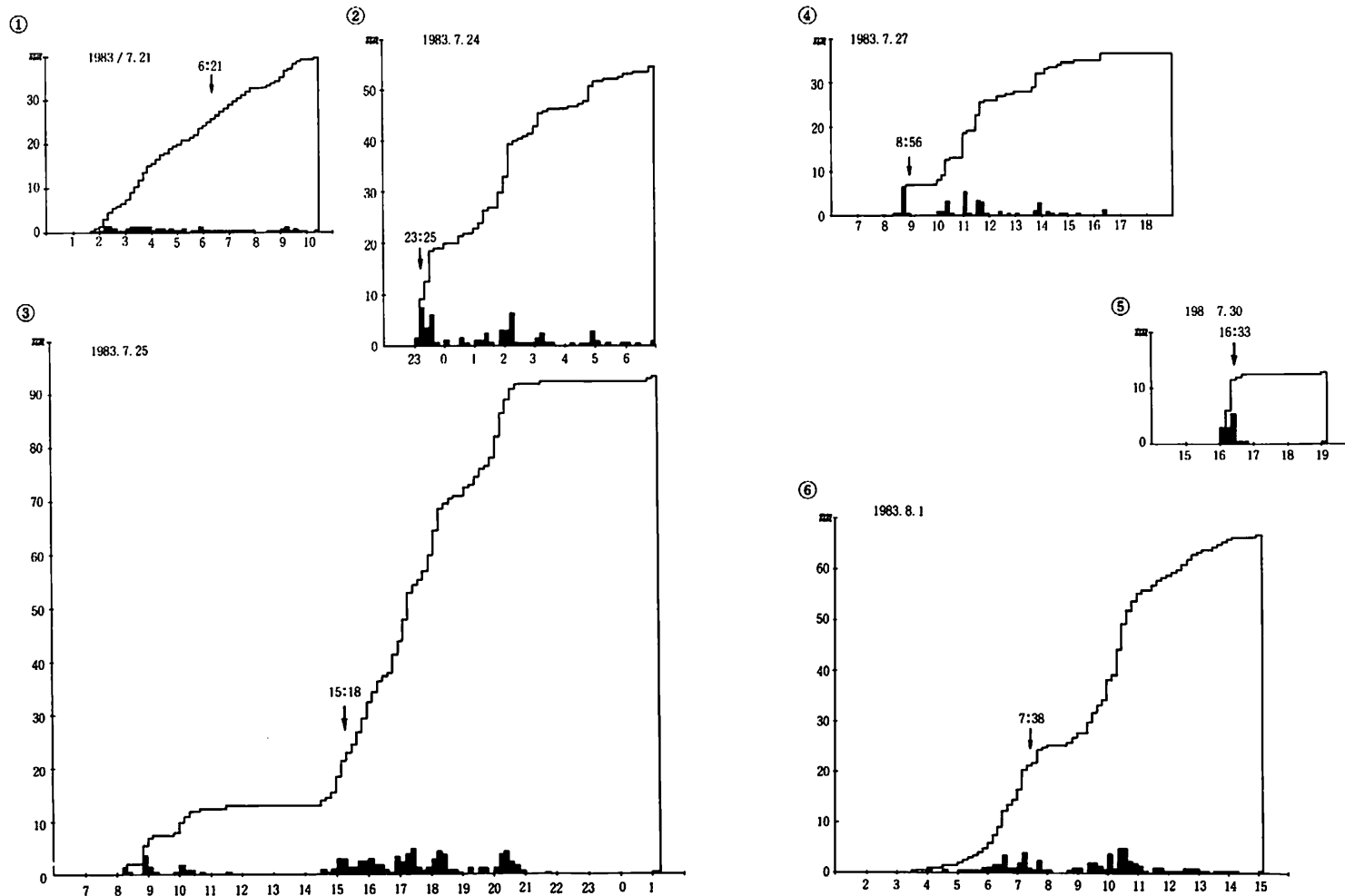
図－7 観測期間の日雨量と土石流発生状況

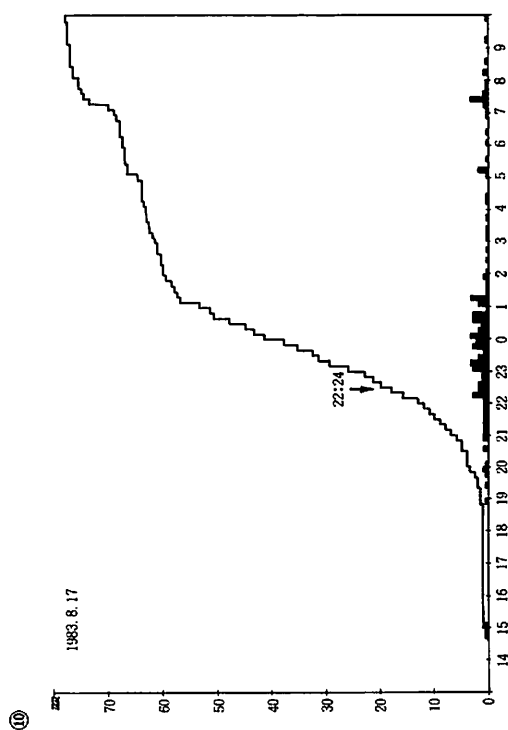
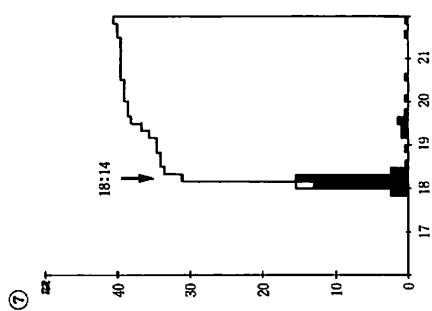
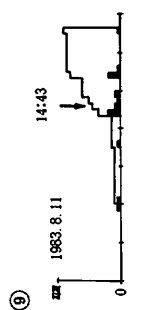
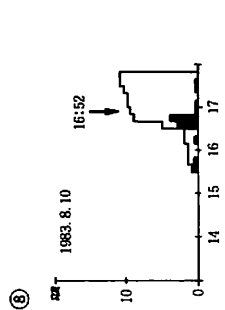
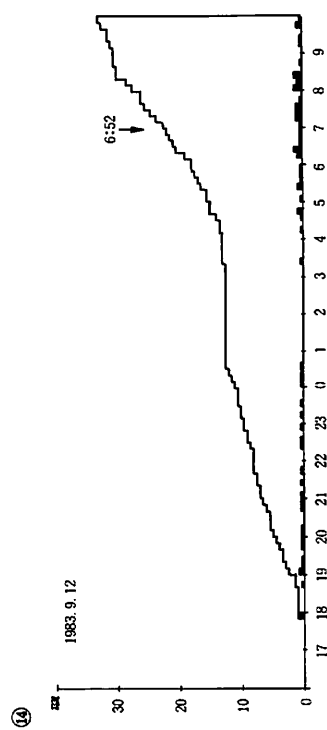
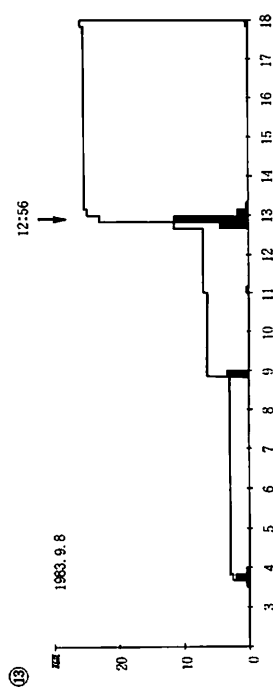
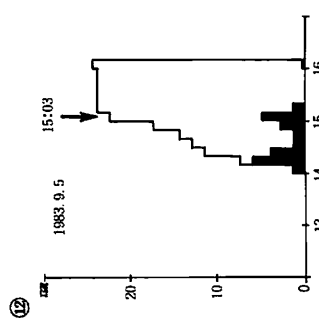
（矢印は土石流発生を示す。点線の矢印は未確認）

Fig.7 Observed rainfalls and debris flows during July and October in 1983 in the Ura River basin.

図-8 センサー切断時前後の10分間雨量と累計雨量
(矢印は、土石流発生を示す)

Fig. 8 The amount of rainfall in 10 minutes and the cumulative rainfall at the time of the debris flow (or warning time by debris flow detective sensor) and of sensor cut in the Kanayama River.





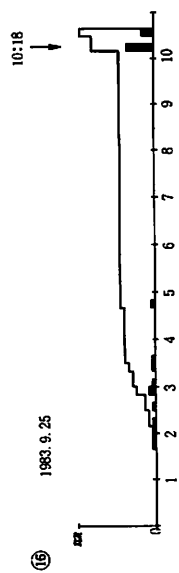
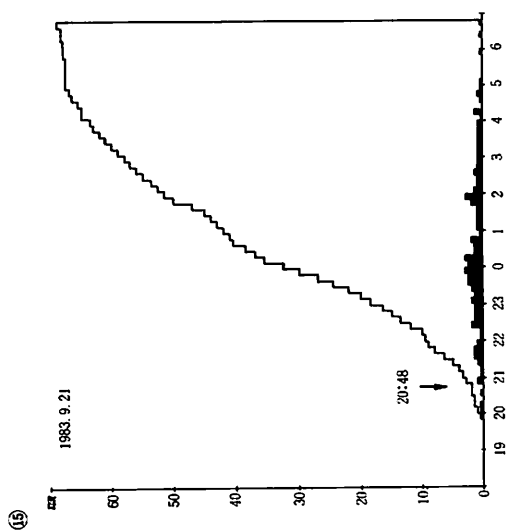
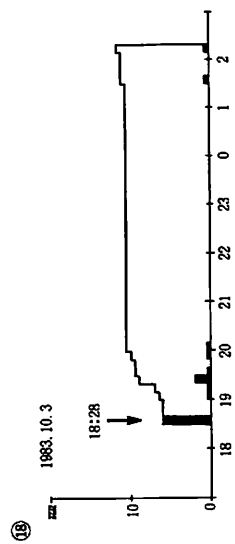
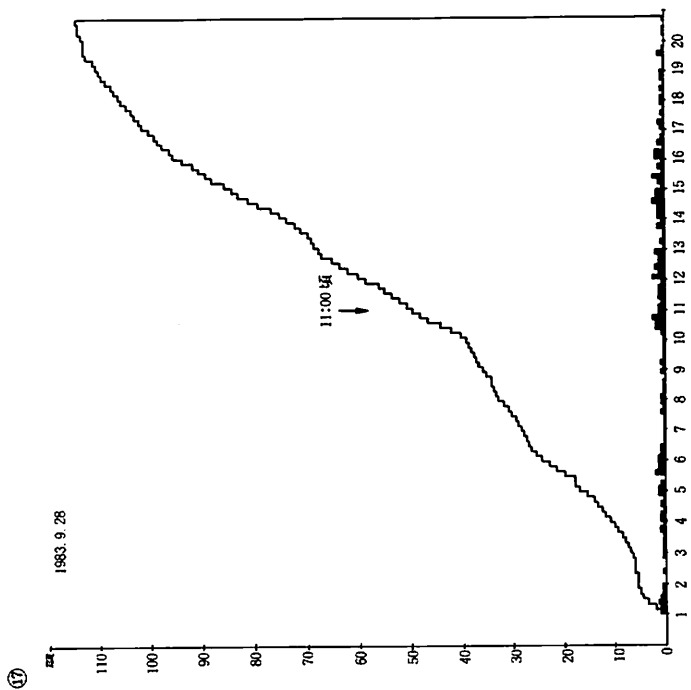


表-9 10分間雨量強度
Table 9 Amount of rainfall in 10 minutes.

① DATE : 1983. 7. 21 START TIME : 1:40							④ DATE : 1983. 7. 27 START TIME : 7:60						
TIME	0	10	20	30	40	50	TIME	0	10	20	30	40	50
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.5	1.5	1.5	1.0	0.5	0.5	8	0.0	0.0	0.5	0.0	6.0	0.5
3	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	10	1.0	1.0	3.5	0.5	0.0	0.0
5	0.5	1.0	0.0	0.5	0.5	1.5	11	5.5	0.5	0.0	3.5	3.0	0.5
6	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	12	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0
7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	13	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0
8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	14	0.0	1.0	0.5	0.0	0.5	0.5
9	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	0.5	15	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.5				16	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
							17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
							18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
② DATE : 1983. 7. 24 START TIME : 23:0							⑤ DATE : 1983. 8. 9 START TIME : 17:50						
TIME	0	10	20	30	40	50	TIME	0	10	20	30	40	50
23	1.5	7.5	3.5	6.0	0.5	0.0	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
0	1.0	0.0	0.0	1.5	0.5	0.0	18	13.0	15.5	2.5	0.5	0.0	0.5
1	1.0	1.0	2.5	0.5	0.0	3.0	19	0.0	1.0	1.0	1.5	0.5	0.0
2	3.0	6.5	0.5	0.5	0.5	0.5	10	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
3	1.5	2.5	0.5	0.5	0.0	0.0	11	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
4	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	3.0							
5	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5							
6	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0							
③ DATE : 1983. 7. 25 START TIME : 7:50							⑥ DATE : 1983. 7. 30 START TIME : 15:0						
TIME	0	10	20	30	40	50	TIME	0	10	20	30	40	50
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	1.5	0.5	0.0	0.0	3.5	16	3.0	3.0	5.5	0.5	0.5	0.0
9	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	2.0	1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	19	0.5					
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
14	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	1.0							
15	3.0	3.0	1.5	1.5	2.5	2.5							
16	3.0	2.0	2.0	1.0	0.5	3.5							
17	2.5	4.0	5.0	1.5	1.0	1.5							
18	3.0	4.5	4.0	1.0	1.0	0.5							
19	0.0	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5							
20	1.5	4.0	4.5	2.5	2.0	1.0							
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0							
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
1	0.5	0.5											
⑦ DATE : 1983. 8. 1 START TIME : 2:0													
TIME	0	10	20	30	40	50	TIME	0	10	20	30	40	50
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
4	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	4	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
6	1.0	1.5	1.5	3.5	1.0	1.0	6	1.0	1.5	1.5	3.5	1.0	1.0
7	2.0	4.0	1.0	0.5	2.5	0.5	7	2.0	4.0	1.0	0.5	2.5	0.5
8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0
9	1.0	0.0	2.0	2.0	1.5	1.0	9	1.0	0.0	2.0	2.0	1.5	1.0
10	4.0	1.0	5.0	5.0	2.5	2.0	10	4.0	1.0	5.0	5.0	2.5	2.0
11	1.5	0.5	0.0	1.0	1.0	0.5	11	1.5	0.5	0.0	1.0	1.0	0.5
12	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	12	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
13	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	13	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5
14	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	14	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.5						15	0.5					

⑧

DATE : 1983. 8. 10 START TIME : 14:50

TIME	0	10	20	30	40	50
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0
16	0.0	0.5	0.0	3.0	4.0	0.5
17	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	

⑨

DATE : 1983. 8. 11 START TIME : 11:50

TIME	0	10	20	30	40	50
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
12	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
14	0.0	0.0	2.0	1.0	0.5	1.0
15	0.0	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.5		

⑩

DATE : 1983. 8. 17 START TIME : 14:40

TIME	0	10	20	30	40	50
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
15	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
19	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0
20	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
21	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
22	1.0	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5
23	3.0	3.5	2.0	1.0	3.0	2.5
0	3.5	2.0	1.5	3.0	3.0	0.5
1	2.0	3.5	0.5	0.5	0.5	1.0
2	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
3	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0
4	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
5	0.5	2.0	0.0	0.5	0.0	0.0
6	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
7	0.5	1.0	3.5	1.0	0.5	0.5
8	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0
9	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5

⑪

DATE : 1983. 8. 22 START TIME : 20:40

TIME	0	10	20	30	40	50
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0
21	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
2	1.5	1.0	1.0	0.0	1.0	2.5
3	3.0	1.5	2.0	0.0		

⑫

DATE : 1983. 9. 5 START TIME : 13:50

TIME	0	10	20	30	40	50
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.5	6.0	4.0	1.5	1.5	3.0
15	5.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.5					

⑬

DATE : 1983. 9. 8 START TIME : 3:30

TIME	0	10	20	30	40	50
3	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0	0.5
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	11.5
13	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5

⑭

DATE: 1983. 9. 12 START TIME: 17:50

TIME	0	10	20	30	40	50
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
19	1.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5
20	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5
21	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
22	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5
23	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0	0.0
5	0.5	0.0	1.0	0.5	0.5	0.5
6	0.0	1.0	1.5	0.5	0.5	0.5
7	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.0
8	1.5	1.0	1.5	0.0	0.5	0.0
9	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	0.5

⑮

DATE: 1983. 9. 21 START TIME: 19:50

TIME	0	10	20	30	40	50
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
20	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	1.0
21	0.5	0.5	1.0	1.5	1.5	1.0
22	0.5	0.5	2.0	1.5	1.5	1.5
23	2.0	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0
0	2.5	3.0	1.5	1.5	2.0	0.5
1	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0
2	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	0.5	1.5	0.0	0.5	1.0	0.5
5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
6	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	

⑯

DATE: 1983. 9. 25 START TIME: 1:40

TIME	0	10	20	30	40	50
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
2	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	1.0
3	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	3.5	0.0	1.5		

⑰

DATE: 1983. 9. 28 START TIME: 1:0

TIME	0	10	20	30	40	50
1	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	0.5
2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
3	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5
4	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	1.5
5	1.5	1.0	0.0	2.0	1.5	1.5
6	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
7	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
8	1.0	0.5	0.5	0.5	0.0	1.0
9	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
10	0.5	1.0	2.0	2.0	2.5	1.5
11	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0
12	2.5	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0
13	0.5	1.0	0.5	0.5	1.5	1.0
14	1.5	1.5	1.5	2.5	2.0	2.0
15	1.0	1.5	2.5	1.0	1.5	1.0
16	2.0	2.0	0.5	1.5	1.0	0.5
17	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0
18	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0
19	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.0
20	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	

⑱

DATE: 1983. 10. 3 START TIME: 18:30

TIME	0	10	20	30	40	50
18	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0
19	0.5	0.5	2.0	0.5	0.0	0.5
20	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
2	0.0	0.5				

表-10 土石流発生率(1981~1983)

Table 10 Occurrence ratio of debris flows from 1981 to 1983.

年 度	連続降雨の数	土石流発生の連続降雨の数	発生率 (%)
昭和 56	38	16	42.1
57	19	7	36.8
58	32	20	62.5

表-11 昭和58年度における土石流発生と降雨状況との関係

Table 11 Relationships between rainfall conditions and occurrence of debris flows in 1983.

	月 日	10分間雨量	20分間雨量	重み付き 先行雨量	連続雨量	降雨継続時間	最大時間雨量
土 石 流 発 生 の 降 雨	7. 20	3.5 mm	6.5 mm	36.35 mm	38.0 mm	5.50 h	14.0 mm
	7. 21	4.0	7.5	50.70	159.5	21.35	17.0
	7. 24	7.5	11.0	32.40	69.5	14.40	19.0
	7. 25	3.0	6.0	22.05	77.0	16.33	14.0
	7. 27	5.5	6.0	22.80	18.5	2.83	12.5
	7. 30	5.5	8.5	12.50	12.0	0.83	12.5
	8. 01	5.0	10.0	41.85	48.5	7.17	19.0
	8. 09	13.0	15.5	34.25	15.5	0.33	32.0
	8. 10	4.0	7.0	9.35	9.5	1.50	8.0
	8. 11	2.0	3.0	7.60	8.5	3.83	4.5
	8. 17	3.0	5.0	20.35	18.0	7.83	11.0
	8. 22	3.0	5.5	14.80	15.0	6.83	7.5
	9. 05	6.0	10.0	17.50	17.5	1.00	17.5
	9. 08	11.5	16.0	18.55	20.0	4.17	16.0
	9. 12	0.5	1.0	10.20	24.5	13.17	4.0
	9. 21	1.5	3.5	27.10	20.0	3.50	13.5
	9. 25	3.5	3.5	5.00	5.0	0.50	5.0
	9. 28	2.5	4.5	31.95	100.0	25.17	8.0
	10. 03	6.0	6.0	6.00	6.0	0.10	6.0
非 発 生 の 降 雨	7. 22	5.0	9.5	32.40	69.5	14.67	17.0
	7. 24	3.0	4.5	8.75	9.0	2.50	7.0
	8. 08	2.0	3.5	3.50	3.5	0.33	3.5
	8. 12	3.0	5.0	6.00	6.5	1.50	6.0
	8. 17	3.5	4.0	14.50	36.0	19.00	5.0
	8. 21	2.5	3.5	5.50	8.5	3.17	5.5
	8. 25	1.5	3.0	10.80	12.5	3.17	7.5
	9. 07	4.0	5.0	5.00	8.0	2.83	5.0
	9. 15	1.5	3.0	7.30	11.0	8.33	5.5
	9. 24	1.0	2.0	19.25	48.5	24.00	5.0
	10. 05	1.5	2.5	12.55	27.5	15.17	4.0
	10. 09	1.0	1.5	13.15	47.5	26.00	3.5

1つの降雨の単位としては、前後に3時間以上の無降雨があり、時間雨量3mm以上のものとした。主成分分析をおこなった結果を図-9に示した(仲川, 1985)。

土石流発生群については、危険率1%の棄却楕円を示した。なお、第2主成分までの累積寄与率は、88.9%である。土石流非発生群(○印)は、いずれも発生群の棄却楕円内に存在している。

次にベクトル棄却検定法によって、土石流発生群全体の母集団に対して、非発生群の個々の降雨との関係をしらべて結果を表-12に示す。この場合は、 F_{obs} を危険率に対応したF-分布の値 F_0 と比較すると、棄却できるかどうか定まる。危険率1%の F_0 の値は4.620で表-12に示した F_{obs} の値から、いずれも危険率1%以下で棄却できないことがわかる。また、各変量が0の場合(すなわち無降雨で重みつき先行雨量も0)、 F_{obs} は0.8339となり、発生群から棄却できず、数値の上では無降雨でも土石流が発生してもよいことになる(過去に1例あった)。

以上のように、主成分分析法とベクトル棄却検定法を行った結果、降雨のデータからは土石流発生と非発生の降雨の区別はできなかった。このことは前述したように、土石流発生が崩壊によるものらしいこと、後述するように地下水の挙動と関係していることと関係があるかも知れない。

表-12 ベクトル棄却検定の結果

Table 12 Results of test for rejection of vectors.

DATE	F_{obs}
7. 22	0. 492
7. 24	0. 228
8. 08	0. 653
8. 12	0. 467
8. 17	2. 014
8. 21	0. 284
8. 25	0. 370
9. 07	0. 281
9. 15	0. 370
9. 24	2. 439
10. 05	0. 914
10. 09	3. 074

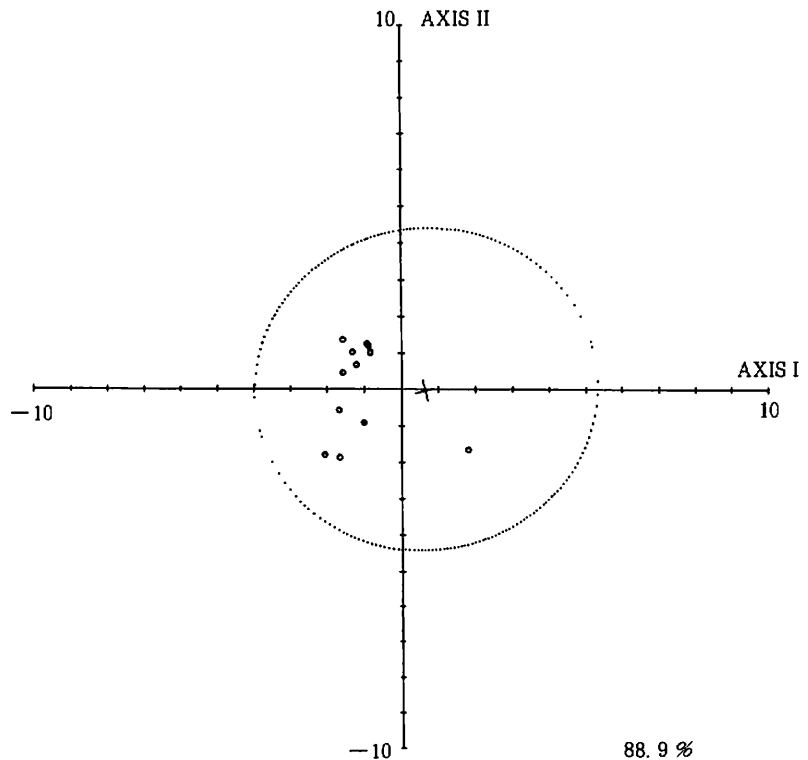


図-9 主成分分析結果

Fig. 9 Results of principle component analysis.

IV 水質変動からみた土石流発生の予知

1. 観測方法

金山沢下流金谷橋上より、一日2度（9時、17時）採水し、YEW SC-51型導電率計により、河川水の導電率（E.C.）と水温の測定を行った。別に自記導電率計による連続観測を行った。また土石流流下時に採取した試料の水について化学分析を行った。

2. 定時測定結果

E.C.と水温の定時測定結果を表-13と図-10に示す。本年は昭和57年に比べてE.C.の変動は小さく、平常時は850～910 $\mu\text{s}/\text{cm}$ である。8月2日から8日は好天が続きE.C.が高く、雨が続いた後の8月25日から9月1日には、雨によって低くなったE.C.がしだいに高くなる傾向がみられる。9月中旬、10月の初旬の比較的平静な気象条件の下ではE.C.の変動は小さい。

表-13 金山沢の水温と電気導度（E.C.）の定時測定結果

Table 13 Results of observation of water temperature and electrical conductivity of the Kanayama-bridge from July to October in 1983.

①

DATE	TIME	TEMP	W. TEMP	EC	WETHER	COLOR	EC(25°C) $\mu\text{s}/\text{cm}$
1983. 7. 20	14:35	16	14	1299	F	B	1665
	17:05	16	15.2	1069	F	B	1329
7. 21	6:35	18.5	15.5	796	B	B	982
	10:09	20.7	12.9	580	B	B	765
	16:55	22.9	13.5	698	B	PB	906
7. 22	8:30	-	12	600	C	BB	810
	11:50	-	12.5	586	C	PB	781
	17:10	20.3	13.3	607	C	PB	792
7. 23	9:40	24.3	12.3	622	C	WB	833
	17:05	20.5	12	598	C	PB	808
7. 24	9:00	18.7	12.6	675	R-C-F	B	897
	17:00	27.4	12.4	595	R-C-F	PB	795
7. 25	0:10	20.4	14.2	1073	F	BB	1368
	9:00	23.4	14.2	673	F	BB	858
	15:25	18.6	14.6	612	F	BB	772
		18.6	14.2	520	F	BB	663
	15:50	21.7	16	1006	F	BB	1226
	16:05	19.6	15.2	605	F	BB	752
	16:15	21	15.3	769	F	BB	954
7. 26	9:26	23	13.7	774	F-R	B	1000
	17:38	-	13.1	742	F-R	B	973
7. 27	9:00	22.9	14.4	603	C-R	B	765
	9:10	-	15.7	1269	C-R	B	1558
	9:11	-	16.5	1525	C-R	B	1837
	9:20	-	14.3	1492	C-R	B	1898
	9:30	-	14.5	937	C-R	B	1186
	10:50	-	13.8	914	C-R	B	1177
	12:12	24.4	15.3	1300	C-R	B	1612
	13:28	-	14.7	930	C-R	B	1171
	16:57	-	13.3	770	C-R	B	1005
	17:30	21.1	12.8	815	C-R	PB	1078
	7. 28 8:45	22.3	12.7	686	F	PB	909
	17:58	20.8	12.4	710	F	G	949
7. 29	-	24.9	14	716	F	PB	917
	17:50	24.7	13.5	720	F	PB	935
7. 30	9:05	25.5	14.6	722	F-R	PB	911
	18:19	24.9	14.2	848	F-R	B	1081
7. 31	9:00	22	13.8	748	F	PB	963
	17:00	26.5	13.9	743	F	PB	955

②

DATE	TIME	TEMP	W. TEMP	EC	WETHER	COLOR	EC(25°C) μ s/cm
1983. 8. 1	9:00	-	15.6	761	R	B	937
	10:38	-	17.3	1045	R	B	1235
	16:45	-	17.5	1244	R	B	1463
	17:17	19.8	13.8	762	R	B	981
8. 2	9:40	23.7	14.6	718	F	B	906
	17:20	27	12.8	706	F	B	933
8. 3	10:05	26.7	15.5	758	F	PB	935
	17:25	-	13.7	725	F	PB	936
8. 4	9:25	26.5	15.1	736	F	PB	917
	-	24.9	12.4	683	F	PB	914
	-	30.4	14.3	713	F	PB	907
	18:00	21	13.3	703	F	PB	917
8. 6	9:00	28.9	15.4	738	F	G	913
	17:20	27	14.1	717	R	PB	916
8. 7	8:40	25.5	14.9	732	F	PB	917
	17:00	26.8	14.9	731	R	G	916
8. 8	7:55	23.8	14.4	721	F	-	914
	16:42	25.4	14.7	705	R	-	887
8. 9	8:30	22.3	14.8	726	C	GW	912
	17:15	24.6	15.2	742	R	GW	922
	18:12	-	16.8	728	R	-	870
	18:17	-	17.8	502	R	-	586
	19:00	-	16.7	736	R	-	882
8.10	9:10	29.6	16.3	791	F	GW	957
	17:36	24.3	16.9	682	R	-	813
8.11	8:50	28.7	14.9	711	F	DG	890
	15:50	23.4	16.9	709	R	DG	846
8.12	8:30	25.4	14	668	F	G	856
	-	-	-	-	-	-	-
8.13	9:45	32.3	16.6	685	F	GB	823
	17:40	25.7	14.7	709	F	WB	871
8.14	8:15	28	16.6	717	F	B	905
	16:45	29.5	14.6	717	F	B	883
8.15	-	29.7	15.9	741	F	PG	863
	17:40	23	16.8	696	R	PG	852
8.16	8:55	23.8	16.2	712	C	PG	864
	17:28	20.5	16.8	701	C	PG	838
8.17	9:18	26	15.2	697	C	PG	845
	17:06	22.5	18.6	693	R	PB	853
8.18	9:14	23.3	17.5	697	R	B	801
	17:10	20.9	15.3	852	R	B	1007
8.19	8:48	22.9	16.7	715	R	B	878
	16:40	20.5	15.1	672	R	B	817
8.20	9:40	21.8	14.3	945	R	B	1172
	17:00	23.3	14.3	658	F	G	837
8.21	9:20	23.4	14.6	527	C	G	668
		21.3	14.1	641	R	B	819
8.22	9:30	19.1	14.1	655	R	B	837
	18:02	17.3	13.5	657	R	PB	853
8.23	9:23	24.6	14.4	636	F	PB	807
	16:35	22.4	14	678	C	PB	869
8.24	9:00	19.3	13	607	R	PB	798
	17:25	18.9	13	628	C	B	826
8.25	9:00	20.5	14.2	575	R	B	733
	17:20	22.5	14.2	705	C	B	899
8.26	9:45	32.8	16	667	F	WB	813
	18:05	25	13.9	675	C	WB	867
8.27	8:45	28.4	13.9	659	F	WB	847
	17:40	24.6	14	672	F	WB	861
8.28	9:40	25.5	14.5	683	F	PB	864
	18:21	24.1	14.4	687	F	PB	871
8.29	9:05	25.8	15.6	707	F	C	870
	16:54	26	14.9	698	C	C	874
8.30	8:41	25.2	14.2	688	F	C	877
	17:21	23.3	14	687	F	C	880
8.31	8:50	20.8	13.1	675	C	C	885
	17:03	22.7	13.7	688	C	C	888

③

DATE	TIME	TEMP	W. TEMP	EC	WETHER	COLOR	EC(25℃)μs/cm
1983. 9. 1	8:44	21. 8	13. 7	689	C	C	890
	17:05	24. 1	13. 8	675	C	CB	869
	20:15	21. 6	13. 5	-	C	CB	-
9. 2	9:24	25. 6	14. 4	664	C	C	791
	16:58	23. 1	13. 8	696	C	C	896
9. 3	9:18	24. 3	15. 2	716	F	RB	890
	17:33	22. 7	14. 7	710	F	B	894
9. 4	9:00	24. 1	15. 5	698	F	DRB	861
9. 5	9:05	22. 8	15. 6	726	F	PB	894
9. 6	11:06	25. 3	16. 5	746	F	PB	898
9. 7	9:30	23. 3	15	724	F	PB	905
	17:47	19. 8	12. 7	655	R	B	868
9. 8	9:58	23. 6	14. 4	581	R	B	737
	14:14	17. 7	15. 5	789	R	B	974
9. 9	16:20	20. 3	13. 7	719	C	PB	928
9.10	9:10	23. 8	13. 4	716	F	PB	932
	17:43	21. 7	13. 2	680	C	B	890
9.11	8:45	20. 3	14. 5	710	C	PB	898
9.12	17:40	23. 4	14. 6	749	R	PB	945
9.13	9:50	24. 2	13. 3	703	C	PB	917
	17:00	-	14. 5	709	R	PB	897
9.14	9:40	22. 5	13. 1	710	C	PB	931
	17:14	18. 6	13. 4	694	C	B	903
9.15	9:40	18. 3	12. 8	652	C	B	862
	17:20	-	12. 2	639	R	B	858
9.16	9:54	25. 3	13. 8	671	C	PB	864
	17:30	18. 1	12. 7	669	R	B	887
9.17	9:20	21. 1	12. 4	680	F	PB	909
	17:00	18. 4	12. 5	679	F	PB	905
9.18	10:00	23. 6	14. 6	705	F	G	890
	17:30	17. 3	12. 2	666	F	G	895
9.19	9:00	21	12. 8	667	F	C	882
	17:40	19. 4	12. 6	678	F	WB	901
9.20	9:27	17. 4	12. 1	692	R	B	932
	16:22	17. 9	12. 5	582	R	PB	776
9.21	9:27	20. 6	14. 1	761	F	B	973
	17:06	19. 4	13. 8	713	R	B	918
9.22	8:57	22. 2	14. 3	873	F	PB	1110
	17:10	16. 7	13. 5	712	R	PB	924
9.23	10:23	20. 3	13. 1	695	F	WB	912
	16:05	19. 1	13. 1	707	F	WB	927
9.24	10:09	16. 7	12. 8	588	R	B	777
	17:08	13. 7	13. 5	607	R	-	788
9.25	10:20	17. 4	12. 7	631	F	PB	836
	16:50	19. 4	12. 6	618	F	PB	821
9.26	9:54	20. 9	13. 3	653	F	PB	852
	16:10	18. 2	12. 4	618	F	PB	826
9.27	9:40	16. 8	11. 4	618	R	PB	848
	17:26	13. 2	11. 9	432	R	PB	585
9.28	8:10	13. 3	11. 5	424	-	DB	580
9.30	9:53	15. 1	10. 7	477	C	WG	668

E.C.の変動が大きいのは、土石流の発生、センサー切断の前後であり、変動の原因は降水、土石流によるものである。雨、土石流による直接的変動の他、増水、土石流により金山沢本流のE.C.の高い水と、観測点近傍の沢水湧水等のE.C.の低い水との混合状態に変動が生じることにより、二次的にE.C.の変化が観測されることがある。本年度は、下流部における砂防ダム建設のため、しばしば水路の開削が行われ、混合の状態は比較的好かったため、土石流時を除けばE.C.の変動は小さかった。

④

DATE	TIME	TEMP	W. TEMP	EC	WETHER	COLOR	EC(25℃)μs/cm
1983. 10. 1	9:46	16.3	10.5	511	F	WB	719
10. 2	10:00	15.9	10.5	605	F	WB	852
10. 3	8:10	17.4	10.2	594	F	WB	843
10. 4	8:05	18	10.9	616	C	WB	857
	17:40	18.4	11.1	607	C	WB	840
10. 5	8:30	15.7	10.7	583	C	WB	816
	17:12	12.5	9.9	581	C	WB	832
10. 6	8:35	12.8	8.8	574	F	WB	849
	17:26	10.2	8.4	572	F	WB	856
10. 7	9:50	12.4	9.1	588	R	WB	862
	17:20	8.8	8.1	578	R	WB	873
10. 8	9:30	13.5	9.2	596	R	WB	871
	18:05	13.9	9.9	497	R	PB	712
10. 9	10:00	17.3	12.7	585	R	PB	775
	17:00	18.3	11.7	619	R	WB	843
10.10	9:30	19.4	11.5	633	F	WB	867
	16:55	16.7	11.1	630	F	WB	872
10.11	8:00	12.9	10.7	617	R	WB	864
	17:00	7.8	8.8	512	R	WB	757
10.12	7:40	9.5	7.8	572	F	WB	871
	17:12	11.7	8.5	587	F	WB	876
10.13	8:10	13.4	9.3	598	C	WB	871
	17:30	11.2	10.1	614	C	WB	874
10.14	7:15	12.2	8.6	570	F	WB	848
	17:25	12.1	8.4	579	F	WB	866
10.15	9:29	12.9	8.9	597	F	WB	880

3. E.C.連続観測結果

土石流発生時の河川水のE.C.の連続観測に5回成功した。

- (1) 7月29日(図-11-①)：降雨のない日で土石流は発生していない。図中A時点では薄い白濁であったが、B時点では赤色に濁っていた。その時期のE.C.の変化は微小であり、以下に述べるE.C.の変動は、河川水に泥が混入する程度の変化によっては生じないことを示している。
- (2) 8月1日(図-11-②)：3時から雨が降りはじめたが、E.C.の変化はない。6時頃より雨が強くなり、E.C.の低下がみられた。7時38分に上流で土石流が確認され、そのころよりE.C.センサーが石に当たったためか測定値が振れた。10時43分土石流がE.C.センサー部を通過した。
- (3) 8月9日(図-11-③)：15時30分頃から降雨がない時にE.C.が振れはじめた。17時頃より雨量は記録されないのにE.C.が振れはじめ、同20分頃よりE.C.が急上昇した。やがて下流部から雷雨となった。18時7分上流部に最初の土石流が発生し、E.C.の変動が観測された。上流部で何度か土石流が発生した後、18時19分に金谷橋下を通過し、E.C.センサーを上げた。
- (4) 9月8日(図-11-④)：8時上流に雨が降って9時頃E.C.が上昇しはじめ、12時頃より一層激しくE.C.が変動した。12時56分源頭部に土石流が発生した。数波の土石流が上流部で発生した後、13時7分に金谷橋下を土石流が通過し、E.C.のセンサーは測定不能状態になった。

E.C.の変動が認められた12時頃から、テレビカメラによる観測体制に入り、12時56分源頭部カメラにより土石流の発生を確認して、北野組に土石流発生を通報し、サイレンを鳴らし、作業員、機械類の避難に成功した。

- (5) 9月12日(図-11-⑤)：夜間にE.C.が変動したが、土石流の発生の確認は困難であった。中流

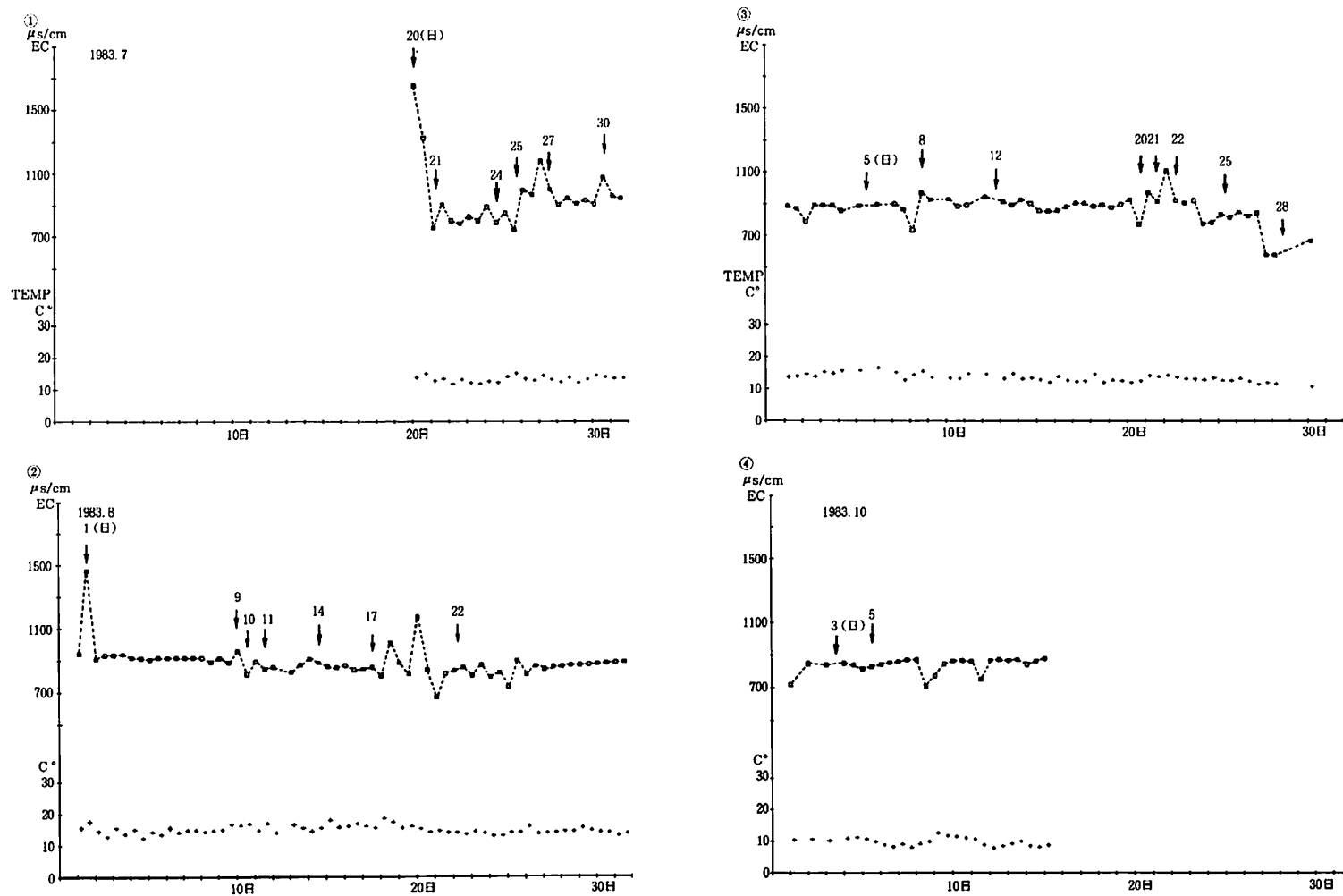


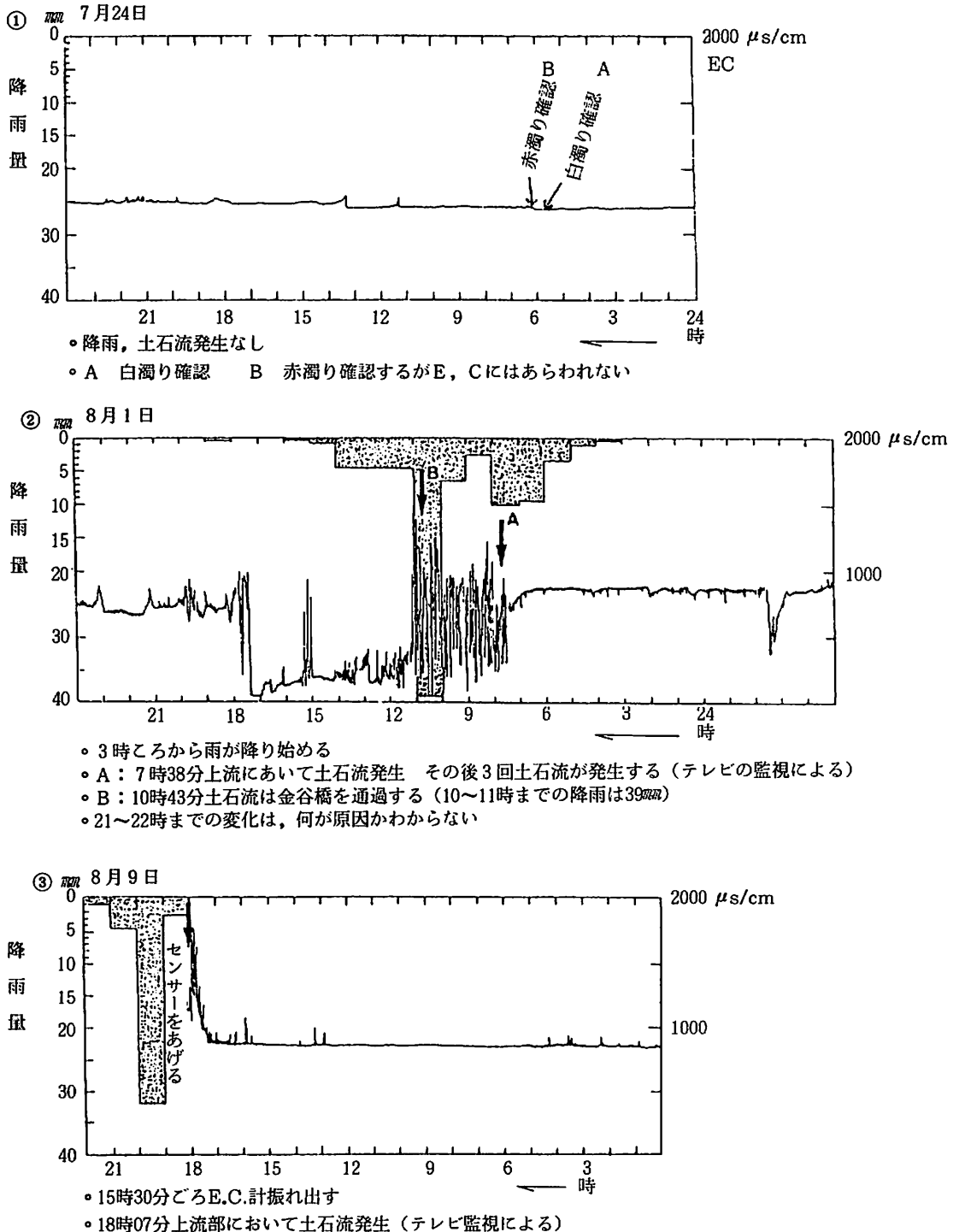
図-10 金山沢の水温と電気電導度 (E.C.) の変化
(矢印は、土石流発生を示す)

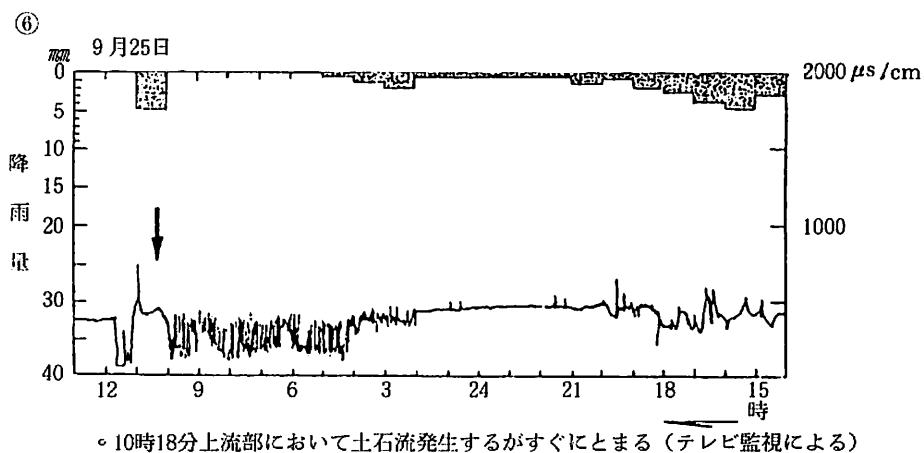
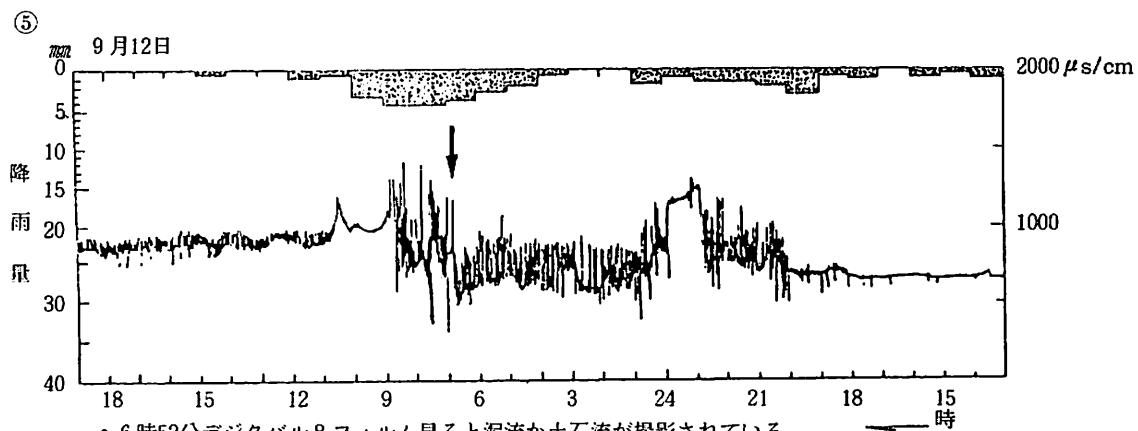
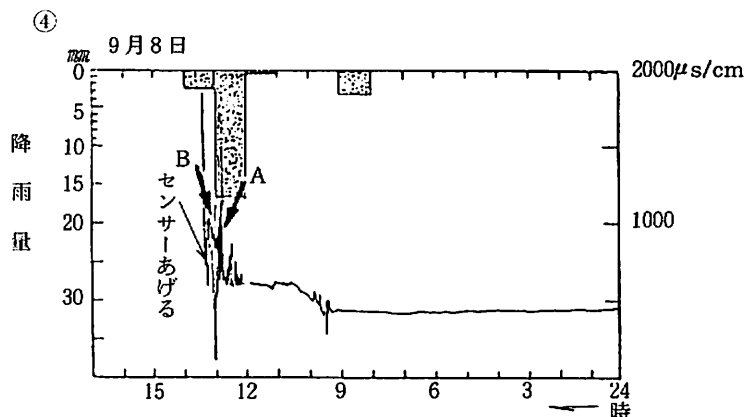
Fig.10 Variation of water temperature and electrical conductivity of the Kanayama river water at Kanaya bridge.

図-11 金山沢電気電導度等 (E.C.) の連続記録

(矢印は、土石流)

Fig.11 Record of rainfall (upper part) and electrical conductivity of the Kanayama river water before and after passing through of debris flow under Kanaya bridge.
(arrow : passing time of debris flow)





域の土石流を記録している 8 ミリカメラによれば、6 時52分に土石流（または泥流）が撮影されている。E.C.の変動からも土石流があったと考えられる。

- (6) 9月25日（図-11-⑥）：前日からの雨による増水のため、E.C.がしきりに変動した。奇妙なことに、雨が上がった朝方からE.C.の変動がはげしくなり、10時の少量の雨で上流部に小土石流が発生し、E.C.の変動が記録された。

4. 土石流の水の化学組成

土石流流下中の水のE.C.が上昇することは、連続観測結果でもうかがえるが、採水した水についてE.C.を測定し、E.C.の上昇を確認した。表-14に示すように、土石流流下中、水のE.C.は 2 ms/cmに達し 1～2 時間で 1 ms/cmに低下する。その間の化学組成の変動は小さく、わずか土石流時の方が

表-14 土石流時の水の水質
Table 14 Chemical values of water quality data in debris flows.

土 石 流	EC	PH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	陰イオン	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	陽イオン	
月日 時分	ms/cm		epm	epm	epm	合計epm	epm	epm	epm	epm	合計epm	
7.20 14:25	2.97	6.89	2.73	39.3	0.09	42.1	1.26	0.11	29.6	10.4	41.4	土石流
17:05	1.64	5.90	0.26	19.4	0.02	19.7	0.61	0.08	13.2	4.94	18.8	土石流 通過後
7.21 9:11	1.50	6.39	1.50	17.1	0.02	18.6	0.69	0.10	12.9	4.31	18.0	土石流
7.25 12:11	2.17	6.69	2.15	28.0	0.04	30.2	1.06	0.11	21.2	6.41	28.8	土石流
16:05	1.59	6.68	0.32	20.3	0.02	20.6	0.57	0.07	14.8	4.22	19.7	土石流 後
7.27 16:15	1.12	6.27	0.04	12.0	0.02	12.1	0.43	0.07	8.42	2.68	11.6	土石流 後
9:11	2.76	6.84	0.57	37.8	0.03	38.4	1.44	0.10	27.1	8.69	37.3	土石流
9:20	2.77	7.09	0.54	37.7	0.03	38.3	1.28	0.10	27.0	8.33	36.7	土石流
9:50	1.57	6.35	0.05	17.9	0.02	18.0	0.69	0.08	12.3	4.27	17.3	土石流 後
10:50	1.37	6.40	0.40	16.3	0.02	16.7	0.68	0.07	11.2	4.05	16.0	土石流 後
12:12	2.63	6.64	2.11	34.2	0.02	36.3	1.06	0.10	26.9	7.95	36.0	泥 流
13:28	1.51	6.59	0.02	17.8	0.02	17.8	0.74	0.09	11.5	4.70	17.0	泥流後
16:57	1.13	6.79	0.03	13.0	0.02	13.1	0.51	0.06	8.38	3.62	12.6	泥流後
8. 1 8:10	2.98	8.28	3.90	36.4	0.03	39.3	1.45	0.10	30.6	10.1	42.3	土石流
8. 9 8:12	0.86	6.56	1.70	9.2	0.02	9.39	0.35	0.03	5.54	3.08	9.00	土石流 通過前
18:17	0.94	5.11	0	9.8	0.02	9.82	0.27	0.09	6.27	2.80	9.43	土石流 通過前
18:42	2.26	8.38	4.05	27.4	0.03	31.5	1.27	0.09	21.8	6.93	30.1	土石流
18:45	1.98	8.01	2.10	24.6	0.03	26.7	1.13	0.09	19.0	5.75	26.0	土石流 後
19:00	1.30	7.74	1.51	13.9	0.02	15.4	0.72	0.07	10.6	3.35	14.7	

重炭酸イオンが増加する傾向があるにすぎない。本年度は、試料の採取から分析までに4ヶ月程の時間が経過しており、その間の水質変化の有無を判定する資料が得られないため、組成の詳細の論議はしない。この分析結果から推測されるのは、土石流発生時にも平常時と同じような硫酸カルシウム、マグネシウムに富んだ水が、平常時より濃度の高い状態で湧出することである。

5. 水質変動による土石流の予知の可能性

以上のE.C.の測定と水の化学成分の分析結果から、土石流発生直前、あるいは土石流時、電解質濃度の高い水が出現することは確実である。8月9日のように、上流部、観察小屋で降雨が記録されない時にE.C.が上昇する例があり、また他の例では、降雨時に発生する土石流の水のE.C.は高くなっている。雨のE.C.は0.01ms/cm程度であり、雨が表流水となって沢に入るとすれば、E.C.は著しい低下が生ずるはずであるが、現実には逆にE.C.の上昇を示す。

近年の水の同位体の研究によれば、地表水の大部分は一度地下に滞留した地下水が地表に出てきたものであり、大雨などで急に河川水の水位が上がった場合でも、増加した水の大部分は地下の水圧が高くなったため出てきた地下水であることが知られている。金山沢でも同様のことが起こっていると考え、上に述べたE.C.の上昇が理解できる。

金山沢源頭部には、硫酸カルシウム、マグネシウムに富む地下水が滞留しており、平常時はその一部が湧出し、土石流が発生するような降水時には、平常は湧水していない濃度の高い地下水が湧出するのであろう。上流部、観測小屋に雨量が記録されない時にE.C.が上昇するのは、両雨量計により観測されないが、地下水位に影響を与える場所で降雨があったと考えるべきである。したがって、E.C.による土石流の予知は、金山沢の雨量計からは土石流が予知できないが、金山沢の湧水量に変動を与えるような降雨による土石流について特に有効と考えられる。

V 土石流避難警告について

今年度は、金谷橋のすぐ下流で砂防堰堤工事が施工された。この工事関係者の避難についていろいろと検討したことを述べる。

当初、センサー切断による警報を主に考えたが、最上流のセンサー（No 5）切断時から金谷橋に土石流が達する時間が、わずか5分前後であることがわかった。避難には少なくとも10分以上が必要なので、発生危険時には次のような監視体制をとった。

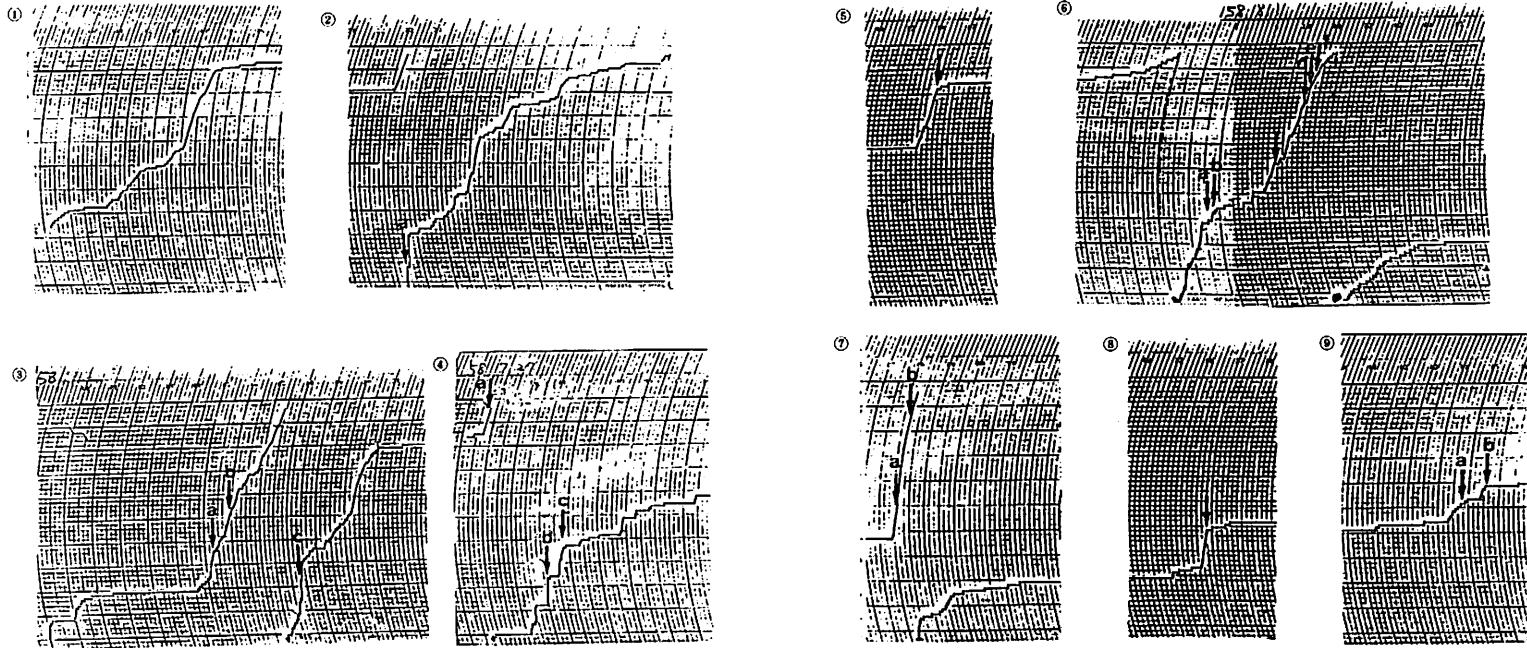
1. E.C.記録計の監視：降雨がはじまると、もっとも早く反応するのが河川水のE.C.の記録であった。E.C.がふれだすと直ちに、モニターTVカメラを写した。
2. 降雨計の監視：土石流発生時の記録は図-12のとおりである。降雨計のペンの立ち上がりが70°～90°（20分間雨量で5mm以上）角度のときに土石流が発生しやすい。
3. 警報発動：降雨がつよくなってきたら、1人専属の人間がTVの前にすわり、降雨計、TV、E.C.をたえず監視し、源頭部で土石流が発生したら、ただちにサイレンのスイッチを入れた。他は金谷橋で待機し、避難の確認、土砂採取、カメラどりを行った。

当初は、サイレンの音が小さかったが、最悪の場合は橋の上から自動車のクラクションをならすよくきこえた。

期間中には、上記の方法で4回の避難に成功した。

図-12 降雨計の記録

Fig.12 Record of rain gauge.

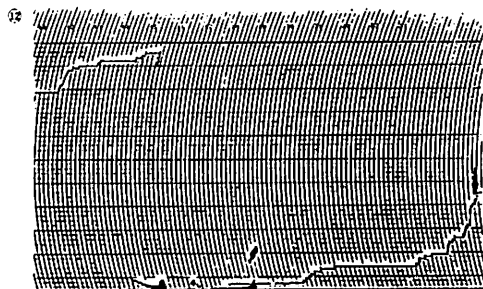
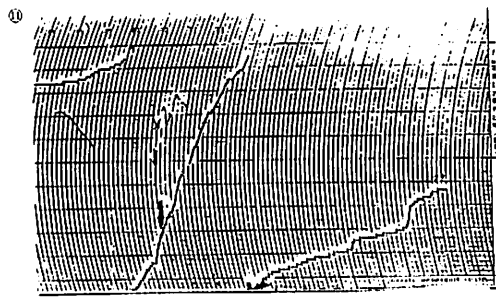


- mm/10分*
- ① 7月22日 (5.0)** (4.5)** 強降雨があるが土石流は確認できなかった。
- ② 7月24日 a : (7.5) (3.5) 23時25分44秒 センサーNo13が切れる。土石流発生
- ③ 7月25日 a : (3.0) (3.0) 15時18分 上流部に発生第1波, 第2波
b : (2.5) (3.0) 15時53分 第3波その後, 約2時間で第8波まで発生
c : (3.0) (4.5) 18時16分 第9波, その後は未確認
- ④ 7月27日 a : (6.0) (0.5) 8時56分 上流部に土石流発生, 9時01分 金谷橋通過
b : (5.5) (0.5) 11時09分 上流部に発生, 上流部でとまる
c : (3.5) (3.0) 11時43分 " "

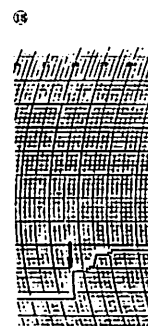
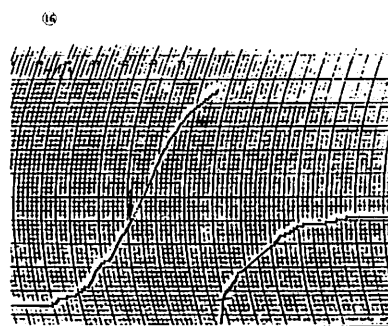
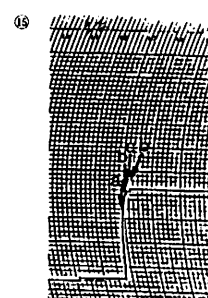
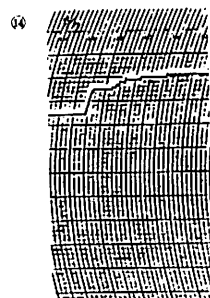
* この10分間雨量については1日値の値を機械的によみとったものである。

** () の左が上流右岸, 右が観測所の記録。

- ⑤ 7月30日 (3.0) (5.5) 16時33分 上流部において発生, 金谷橋到達
- ⑥ 8月1日 a : (0.5) (2.5) 7時38分 上流部土石流発生
b : 7時41分 " "
c : (2.0) (1.5) 9時45分 " "
d : (5.0) (5.0) 10時34分 " " 第1波 金谷橋到達
e : 10時36分 " " 第2波
f : 10時43分 " " 第3波
- ⑦ 8月9日 a : (2.5) (13.0) 18時07分 上流部において第1波発生 金谷橋通過 (18時19分)
b : (15.0) (2.5) 18時09分 " 第2波発生
(第1波~第7波まで約1時間続く)
- ⑧ 8月10日 (3.0) (4.0) 16時52分 上流部において土石流発生
- ⑨ 8月11日 a : (1.0) (0.5) 14時43分 上流部において土石流発生
b : (2.0) (1.0) 15時35分 " "



- ⑩ 8月12日 一時的な降雨があるが土石流は発生しなかった
 ⑪ 8月17日 (3.0) (2.0) 22時28分 センサーNo.8が切れる。土石流発生(台風)
 ⑫ 8月22日 (2.5) (3.0) 3時24分 センサーNo.13が切れるが、深夜のため確認できず
 (ビデオのタイマーより)
 ⑬ 9月5日 (3.0) (5.0) 14時55分 源頭部に土石流発生上流部まででくる



- ⑭ 9月7日 (5.0) (0.5) 11時20分 ところから強降雨量があるが土石流は発生しなかった
 ⑮ 9月8日 a : (4.5) (11.5) 12時56分 源頭部において第1波土石流発生
 b : 12時59分 " 第2波発生
 c : 13時01分 " 第3波発生
 d : 13時05分 " 第4波発生
 (13時07分 金谷橋通過)
 ⑯ 9月20日 (1.5) (2.0) 23時05分 センサーNo.13, 14が切れたが深夜のため確認できず
 ⑰ 9月25日 (3.5) (0) 10時18分 上流部において土石流が発生するがすぐにとまる
 ⑱ 10月3日 (6.0) (0) 18時28分 センサーNo.6が切れる 金谷橋よりライトで見えるが
 泥流が増水かは確認できず

期間外の場合は、現場に雨量計を設置しておくことがのぞましい。

また、上記のような方法では、TVカメラのトラブルとセンサーの修理をなるべく早く実施する必要がある。

VI 河 床 変 動 調 査

1. 河床横断形の変動調査

金山沢第2号砂防ダムの天端右岸から中央に向って、3.19mの点をB.M（標高905.800m）とし、上流に向って約960mの区間について測線を設け縦断測量を行った（図-13）。この結果を表-15、図-14(1)~(13)に示す。

なお、No26地点の滝を境として中流域と下流域とよんでおり、図-13は下流域の平面図を示す。図-14の実線は昭和58年の河床、点線は昭和57年の河床を示している。表-16は中流域の縦断測量結果である。

図-14(1)~(13)によると、最低河床高が昨年にくらべてほとんど上昇しており、平均値は0.72mであった。しかし、変曲点付近のNo17~19では左岸が浸食され、No12、14では兩岸ともに浸食されている。

測量結果から、中流域の平均勾配は10.5°で、下流域のそれは、約8°であった。このことから、中流域と下流域のNo21付近までが土石流流動区間、No21より下流が堆積区間と考えられる。

2. 巨石分布調査

下流域において、巨石の長径と短径を計測し、その平均を直径とし、直径1m以上の石を対象として、横断測線ごとの個数を調べた。結果を表-16に示す。堆積区間の巨石が多いことがわかる。

今回は、巨石にペンキでマーキングしてあるので、来年度以降、巨石の移動調査を行う予定である。

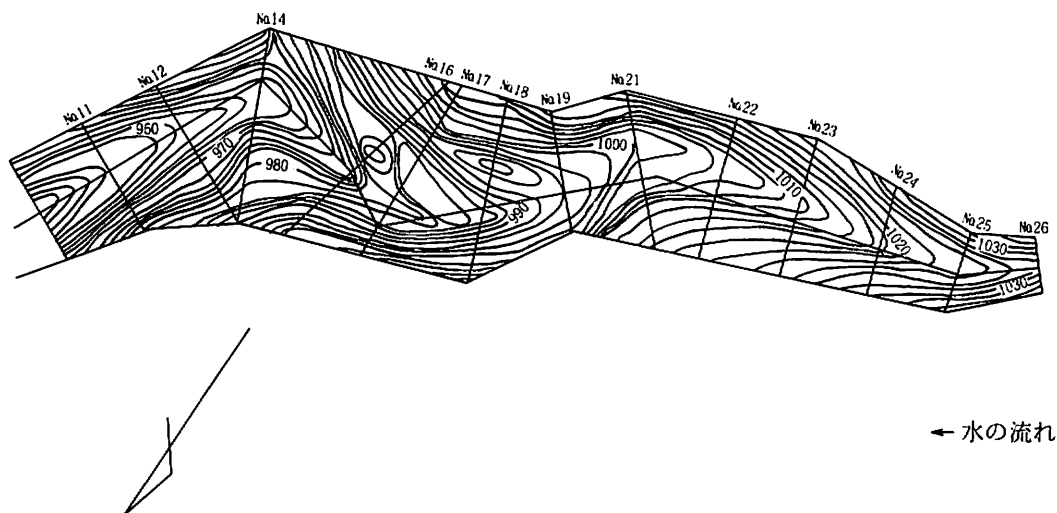
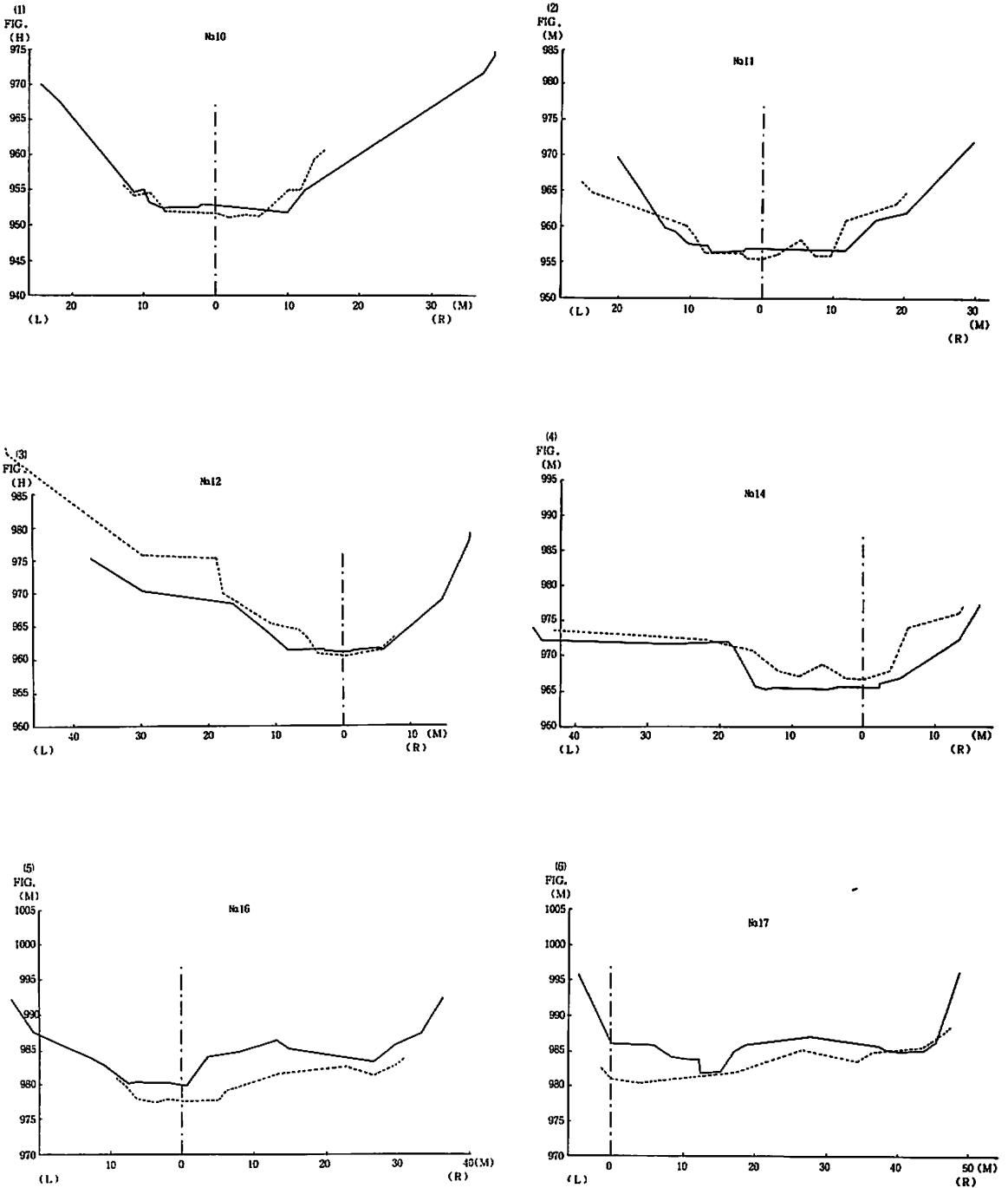


図-13 金山沢測線位置図
Fig.13 Course of surveying in the Kanayama river.

圖-14 河床測量結果

Fig.14 Results of repeated traverse leveling of river floor along the Kanayama river.



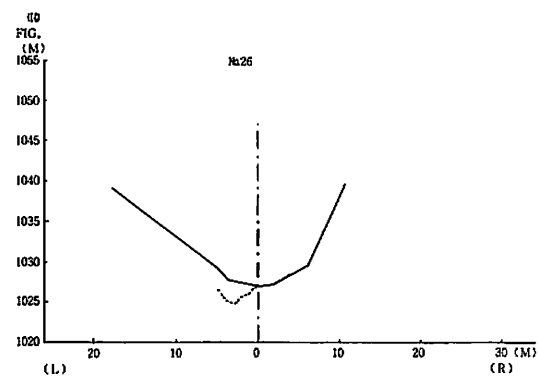
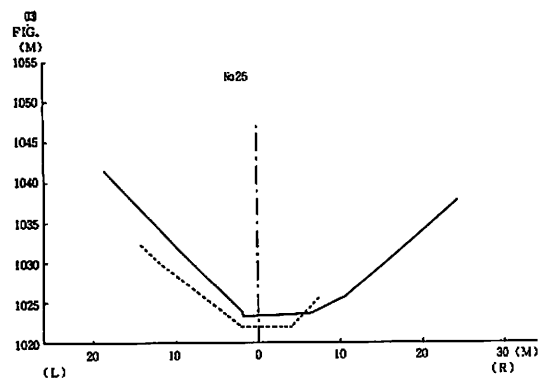
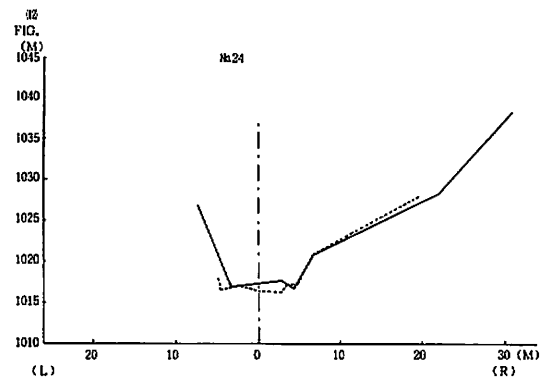
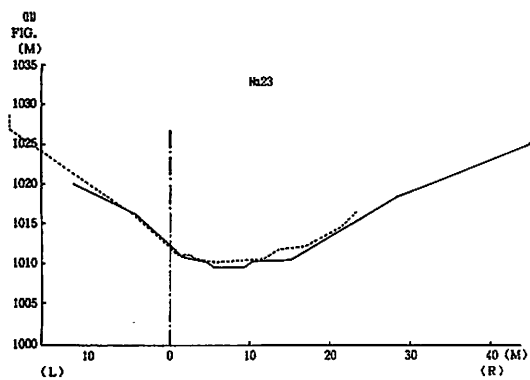
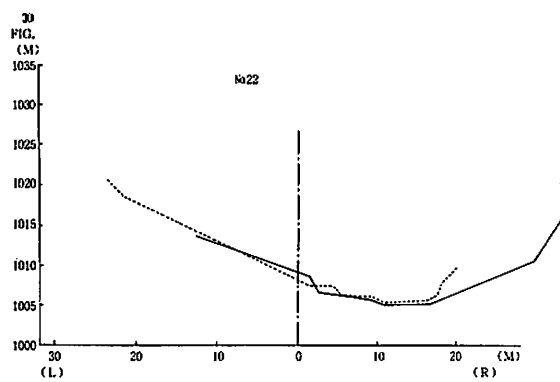
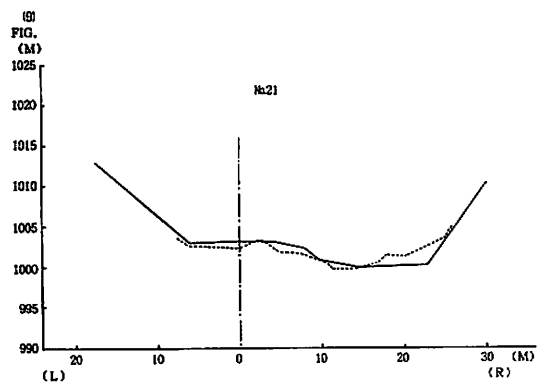
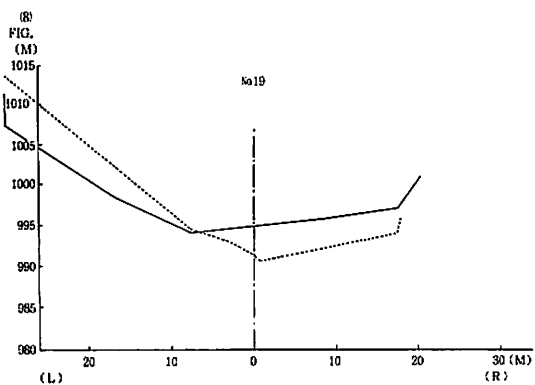
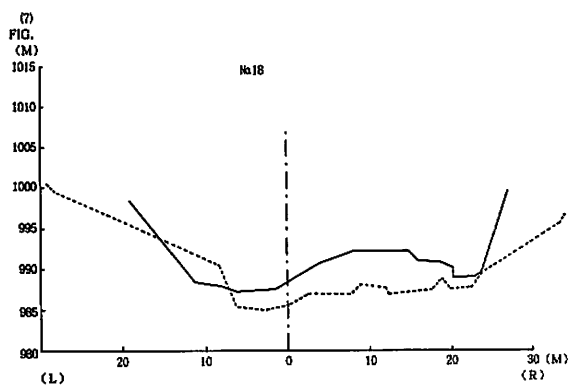


表-15 中流域縦断測量結果
Table 15 Results of levelling in
the Kanayama river floor.

No	標 高 (m)	距 離 (m)	累加距離 (m)	勾 配	勾 配 (°)
	1037		0		
1	1049.8	104.2	104.2	1/8.1	7
2	1060.7	38.5	142.7	1/3.5	15.9
3	1072.2	27.7	170.4	1/2.4	22.6
4	1081.6	44	214.4	1/4.7	12
5	1090.2	25.6	240	1/3	18.4
6	1100.3	34.2	274.2	1/3.4	16.4
7	1113.8	88.5	362.7	1/6.6	8.6
8	1118.3	43.8	406.5	1/9.8	5.8
9	1120	12.9	419.4	1/7.6	7.5
10	1131.3	61	480.4	1/5.4	10.5
11	1139.6	52.3	532.7	1/6.3	9

表-16 巨石分布調査結果
Table 16 Distribution of large boulder
in the Kanayama river floor.

	直径 1-2(m)	直径 2-3(m)	直径 3(m)	TOTAL	
TAKI-No26	0	1	0	1	平均 16.8 個
No26-No25	15	6	3	24	
No25-No24	5	3	10	18	
No24-No23	5	5	1	11	
No23-No22	18	4	2	24	
No22-No21	16	7	3	23	平均 53.2 個
No21-No19	23	9	10	42	
No19-No18	19	10	15	44	
No18-No17	30	12	10	52	
No17-No16	15	6	2	23	
No16-No14	64	28	13	105	平均 21.7 個
No14-No12	12	3	2	17	
No12-No11	14	1	0	15	
No11-No10	26	4	3	33	
TOTAL	262	99	74	435	

文 献

- 青木 滋・佐藤 修・霜島重雄・藤田至則・茅原一也・早川嘉一・小林裕幸・田村 尚・一条芳浩・石本伊佐雄・鈴木幸治（1984）：姫川水系浦川流域における斜面崩壊と土石流について－その3－．新潟大災害研年報，6，1－38.
- 町田 洋（1964）：姫川流域の一溪流の荒廃とその下流部に与える影響．地理学評論，37，477－487.
- （1975）：建設省松本砂防工事事務所，焼岳浦川における土石流関係資料集，1－272.
- 仲川隆夫（1985）：姫川水系浦川における土石流発生と降雨の関係－多変最解析による検討－．新潟大災害研年報，7，157－162.
- 横山又次郎（1912）：長野県下南小谷村山崩視察報告．地学雑誌，24，608－620.