

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5—

青木 滋^{*1}・佐藤 修^{*1}・藤田至則^{*1}・茅原一也^{*2}
霜鳥重雄^{*3}・早川嘉一^{*3}・仲川隆夫^{*1}・鈴木幸治^{*1}
池田伸俊^{*4}・五日市好則^{*5}・田中大輔^{*5}・白田卓広^{*5}
根本英典^{*6}・丸山浩一郎^{*6}

Geological and geochemical studies on the slope failures and observation
of debris flow in the Ura River Basin, Nagano Prefecture

—Part 5—

by

Shigeru AOKI, Osamu SATŌ, Yukinori FUJITA, Kazuya CHIHARA,
Shigeo SHIMOTORI, Kaichi HAYAKAWA, Takao NAKAGAWA,
Kōji SUZUKI, Nobutoshi IKEDA, Yoshinori ITSUKAICHI,
Daisuke TANAKA, Takuhiro SHIRATA, Hidenori NEMOTO
and Kōichirō MARUYAMA

(Abstract)

This is the fifth of a series of papers on the Ura River Basin (AOKI *et al.* 1982, 1983, 1984 and 1985) and deals with the results of the research carried out in 1984. The results can be summarized as follows :

1. From the precise geological survey in the Ura River Basin, we could estimate the volume of debris flow which occurred in 1911 as $3.16 \times 10^7 \text{ m}^3$.
2. The movement of the landslide slope near the upper-most Kanayama River could not be recognized in 1984 due to levelling.
3. From July to October 1984, we observed one debris flow in the Kanayama River. The reason for few occurrence of debris flows in this area was due to the small amount of rainfall during this season.

Key words : debris flow, slope failure, geology, the Ura River
キーワードズ : 土石流, 斜面崩壊, 地質, 浦川

*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 元新潟大学理学部(学生) *5 元新潟大学農学部(学生) *6 元新潟大学工学部(学生)

I ま え が き

第4報（青木ほか，1985）につづき，ここでは，昭和59年度に行なった調査・観測結果をのべる。今回の主な調査内容は次のとおりである。

1. 浦川流域の地質と土質の再検討
2. 稗田山大崩壊の再検討
3. 金山沢最上流部地すべり地の変動観測
4. 土石流の観測
5. 土石流堆積物の調査
6. 水質変動からみた土石流発生予知の研究
7. 土石流警報装置の開発

上記のうち，1，2，5，6，7は，災害研，理学部，工学部グループが，3は農学部グループが行ない，4は全員が交代で行なった。

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上げます。

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，この地域の陸水のトリチウム濃度に関する研究は，別に報告した（橋本ほか，1985，1986）。

II 斜面崩壊に関する研究

1. 浦川流域の地質の再検討

従来も，斜面崩壊の危険度を判定するために，浦川流域の地形，表層地質，基岩地質について調査を行ってきたが，今回は，浦川下流域を中心に調査した結果，2，3の新知見を得たので，それらを中心のべてみる。なお，新しい地質図と地質断面図は，図-1，2に示した。

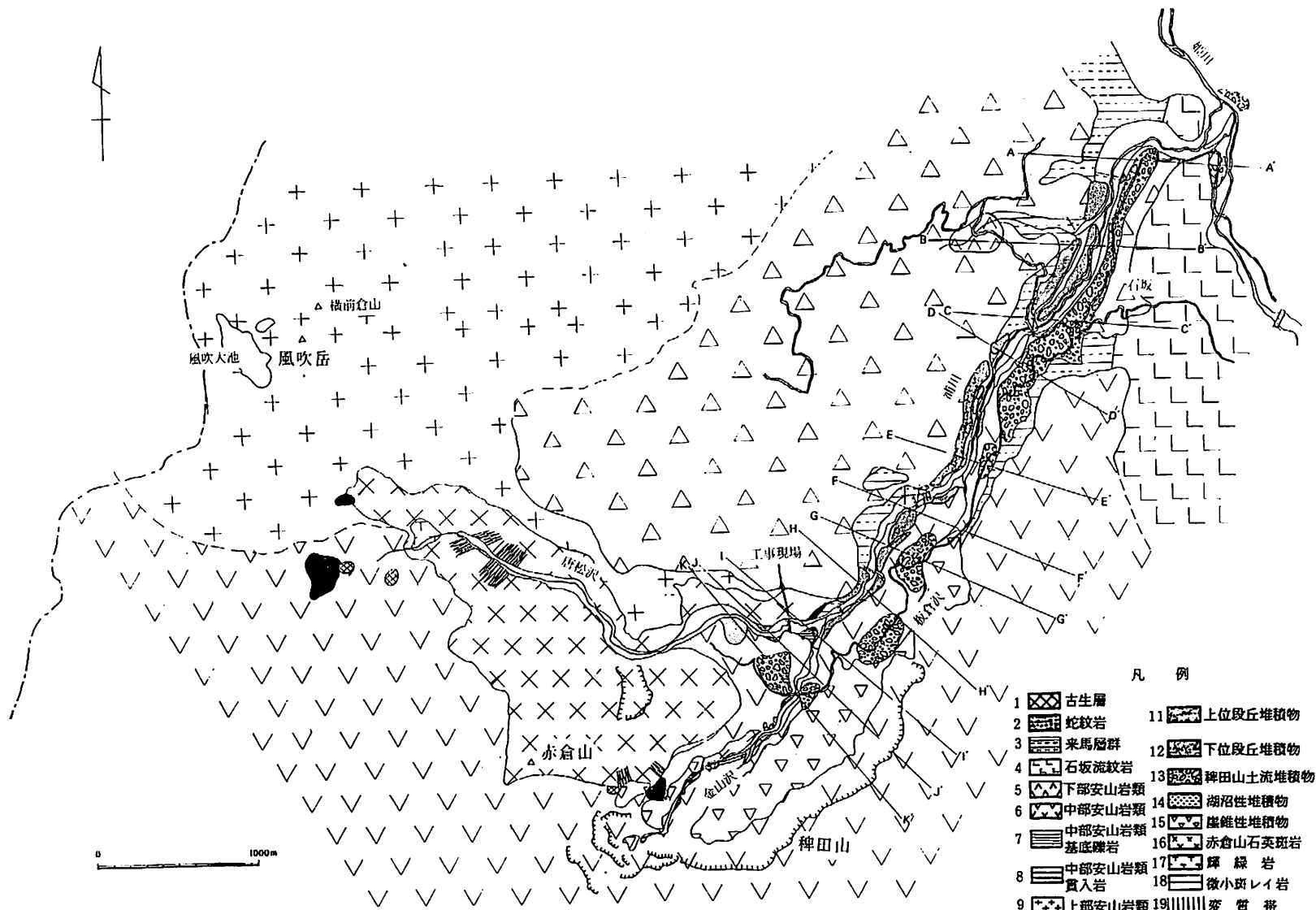
1.1 石坂南斜面の地質

昭和58年度にボーリングした地すべり性斜面（青木ほか，1985）を石坂南斜面とよぶ。この斜面には，安山岩類の溶岩と火山角礫岩の互層の基岩上に地すべり崩土と移動岩塊が被っていると考えてきたが，今回斜面下端に来馬層が帯状に分布しているのが明らかになった。図-2の断面に示したように，来馬層が“地塁”状に突出した上を，安山岩類が被っている。このような“地塁”の存在は，この斜面の安定性に対してより安全側の役割を果している。

1.2 火砕流堆積物

町田（1964）は，浦川右岸の平坦面を，土石流段丘とし，1911～12年の稗田山崩壊で発生した土石流が浦川河谷を埋積したものと考えた。この点については，青木ほか（1984）でものべたように，浦川河谷に露出するものは，稗田山一帯に分布する安山岩類の下部であることが更に明らかになった。そして浦川橋より下流には，別の火砕流堆積物が広く分布しており，この点からも，土石流段丘説は全く否定された。

ここでいう火砕流堆積物とは，火山より噴出した熱雲が堆積したもので，図-1に示したように，風吹岳に起源をもち，北野後背地の広い緩斜面を被って分布し，板倉沢の入口から浦川左岸に，来馬層を被って分布し，浦川橋下流では，両岸に分布し，姫川の合流点付近にまで及んでいる。火砕流は，風吹岳起源の含黒雲母，しそ輝石，普通角閃石安山岩の角礫を多数含み，赤灰色～黄褐色の粗粒火山灰の基質より成る。



- 凡 例
- 1 古生層
 - 2 蛇紋岩
 - 3 來馬層群
 - 4 石板流紋岩
 - 5 下部安山岩類
 - 6 中部安山岩類
 - 7 中部安山岩類
基底礫岩
 - 8 中部安山岩類
貫入岩
 - 9 上部安山岩類
 - 10 風吹岳
火砕流堆積物
 - 11 上位段丘堆積物
 - 12 下位段丘堆積物
 - 13 神田山土流堆積物
 - 14 湖沼性堆積物
 - 15 錐錐性堆積物
 - 16 赤倉山石英斑岩
 - 17 輝綠岩
 - 18 微小斑レイ岩
 - 19 變質帶

圖-1 浦川流域地質圖 (池田原図, 1985)
Fig.1 Geological map in the Ura River Basin

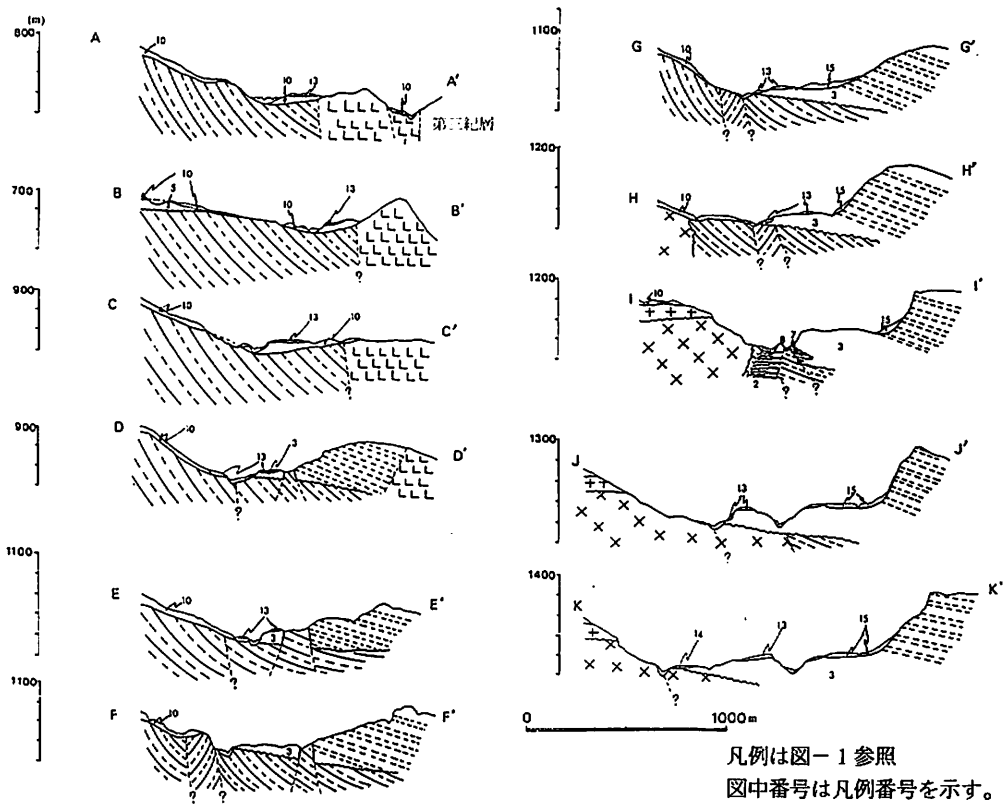


図-2 地質断面図 (池田原図, 1985)

Fig. 2 Geological profiles in the same area shown in Fig.1

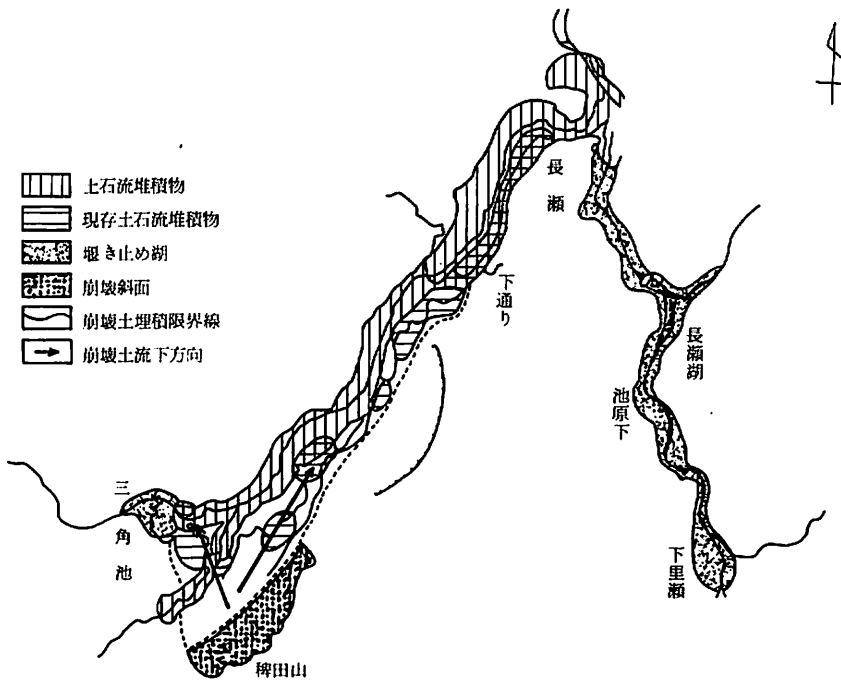


図-3 1911年稗田山崩壊土石流復元図

Fig. 3 Distribution map of debris flow occurred in 1911

この火砕流堆積物の時代は不明だが、浦川河谷が形成されたあと、河谷に流入し下流部でひろく堆積し、その後、浦川現河谷により浸食されたもので、少なくとも稗田山崩壊、土石流よりも以前のものである。

この堆積物の発見によって、浦川が崩壊、土石流地域の他に、風吹岳の熱雲にもおそわれる地帯であることがわかったので、今後、風吹岳の活動にも注意する必要があることを示している。

1.3 稗田山大崩壊と土石流について

1984年夏に、唐松沢と金山沢の合流点の上流約150 mの唐松沢ダム工事現場で斜面崩壊が発生し、作業員1名が死亡した。この崩壊現場には、基岩の石英斑岩の斜面に土石流堆積物がへばりついていて、中には、直径1 m以上の亜円礫を含み、礫には中部安山岩類の灰色安山岩や黒色安山岩が多く含まれ、唐松沢に多い風吹岳起源（上部安山岩類）の普通角閃石安山岩はほとんどみられない。したがって稗田起源のものと考えざるを得ない。また、現河床より60 mの高さまでへばりついているこの堆積物の上流側に、湖沼堆積物が分布している。

1911年の稗田山の崩壊で発生した土石流は、以上の堆積物の存在から、金谷橋下流左岸の小山をのりこえて唐松沢に流入堆積し、唐松沢をせきとめたと考えられる。

また、土石流段丘は前述したように否定されたが、稗田山のものと思われる土石流堆積物が、河谷壁上部に残存していたり、平坦面上にも点在しているので、崩壊土石流の主体は現河谷を埋積・流下し、一部は平坦面上も流下していったと考えられる。このような流下状況は、横山（1912）の“元来、崩壊

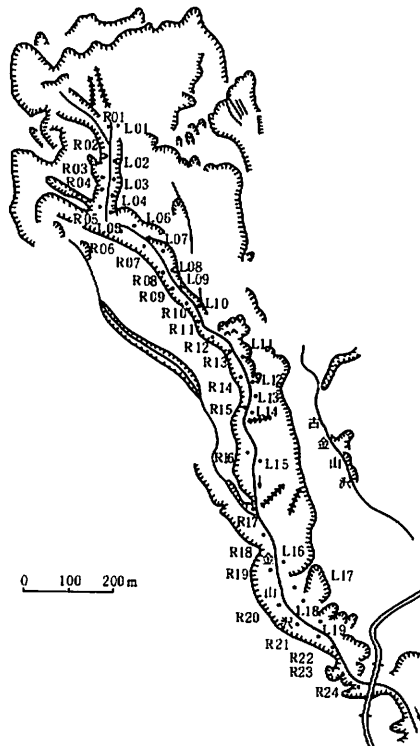


図-4 サンプルング地点
Fig. 4 Sampling localities for soil tests

物は、乾きたままおち来たりて、水を混じたる泥流に非ざりしを以て…”と述べているように、1984年の長野西部地震の時の土石流でも問題になったように、粉体流であった可能性も否定できない。

稗田山大崩壊のメカニズムは、まだはっきりしていないが、発生した土石流の運搬形式については、上記のような観点から検討することも必要であろう。

つぎに、石坂南斜面を崩壊前の斜面として稗田山の崩壊土量を計算すると、約 $3.16 \times 10^7 \text{ m}^3$ となり、この値は、旧河谷復元断面図から計算した土石流の量約 $3.2 \times 10^7 \text{ m}^3$ （渡辺，1984）とほぼ一致し、土石流段丘とした町田の $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ は過大な値となる。長野西部地震の御嶽山の崩壊土量も、約 $3.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ と推定されており、今後、浦川流域において発生する崩壊量は、 $3.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ 以下のものであろう。なお、図-3には、稗田山崩壊・土石流の復元図を示した。

2. 金山沢-浦川谷壁の土質と強度特性

本地域のような角礫を含む火山性堆積物の強度特性は、かく乱試料採取の困難さから、なかなかよい結果がえられない。そこで、河谷壁に露出する堆積物を対象に土質試験と硬度測定を行なった。

2.1 土質試験結果

試料土の採取地点を図-4、5に示した。試料土はいずれも地表または地表より5~15cmの深さより採取した。図の記号はつぎのとおりである。

R：金山沢右岸の谷壁斜面； L：金山沢左岸の谷壁斜面； U：合流点より下流の浦川兩岸の土石流堆積物； H：稗田山崩壊崖（H01-05）と崖錐性堆積物（H06-11）

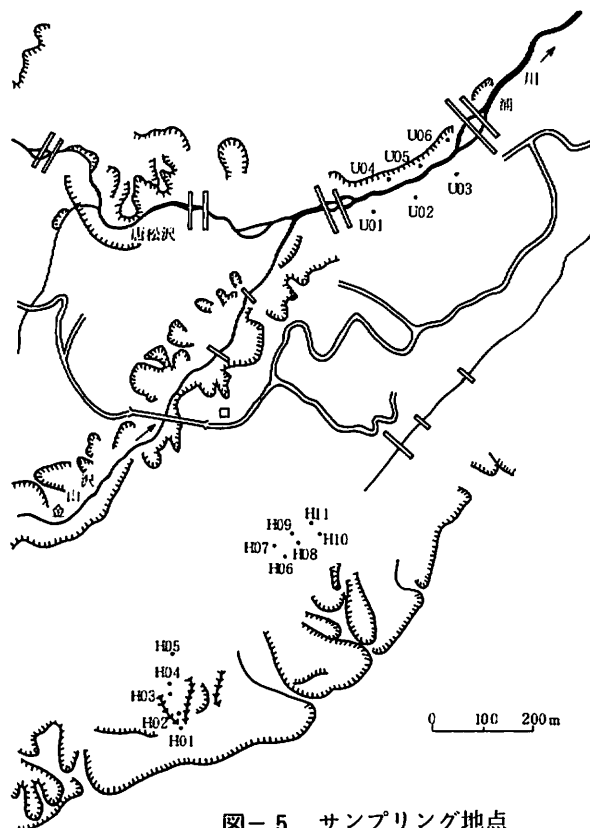


図-5 サンプルング地点
Fig. 5 Sampling localities for soil tests

(1) コンシステンシー限界

試料土のコンシステンシー試験結果を表-1に示す。図-6に、塑性指数と粘土分(2 μ 以下)との関係を示したが、金山沢兩岸ともに異なる直線上にのっていることがわかる。活性度をみると、直線①①'(タイプ1)は、12.6、直線②②'(タイプ2)は約6.1となり、金山沢谷壁斜面は2種類のタイプにわけられる。これを地質別にみると、タイプ1は、上流域中部安山岩類、タイプ2は、蛇紋岩、石英斑岩、下流域中部安山岩類に相当し、風化作用の程度のちがいに関係があると思われる。

つぎに、修正自然含水比と液性限界の関係をみると、図-7のようになる。修正含水比が液性限界を超えるかまたは近いものは、右岸に多くみられ、左岸にくらべて軟弱化がよりいちじるしいと考えられる。

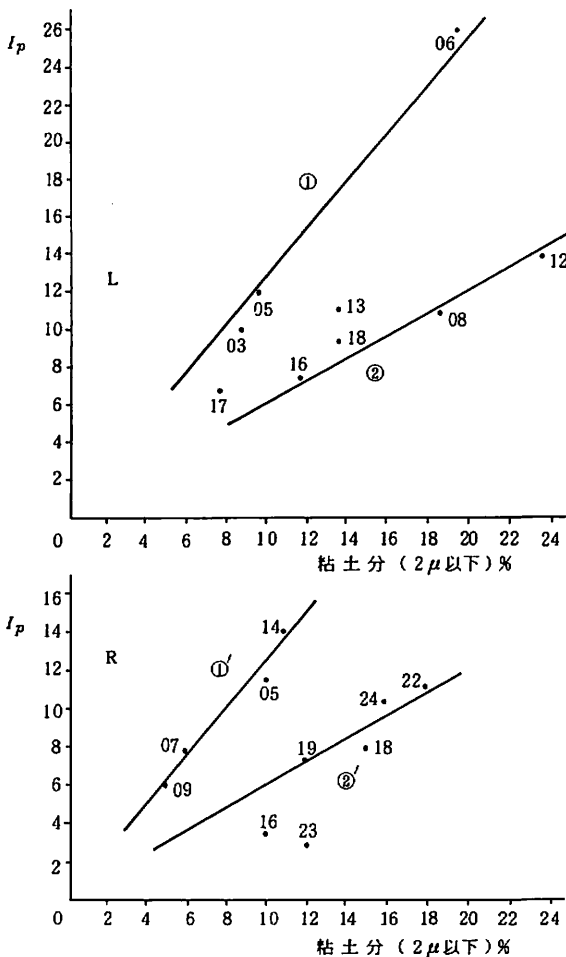


図-6 粘土分の含有量と塑性指数
L=左岸 R=右岸

Fig. 6 Interrelation between clay content and plastic index of soils
L=Left bank R=Right bank

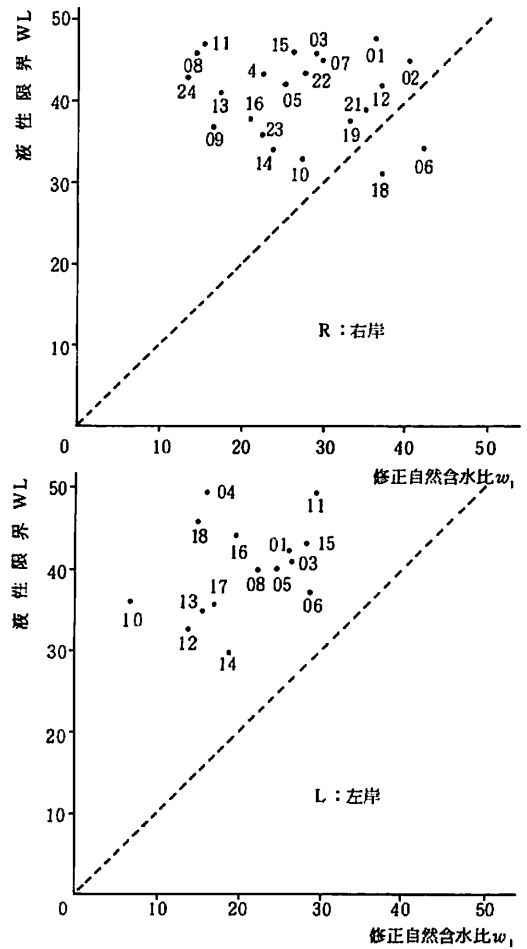


図-7 修正自然含水比と液性限界の関係

Fig. 7 Interrelation between natural water content and consistency of soil

表-1 コンシステンシー試験結果

Table 1 Results of consistency test of soils

試料	Wh	Wi	GS	WL	WP	IP	2 μ 粘土分
R 01	26.8	36.1	2.50	44.7	N. P	—	—
R 02	29.4	40.3	2.54	45.0	37.5	7.5	—
R 03	25.4	28.9	2.51	45.6	29.9	15.7	—
R 04	19.6	22.3	2.51	43.4	32.3	11.1	—
R 05	21.1	25.3	2.52	42.2	30.7	11.5	10
R 06	27.6	41.8	2.53	33.8	N. P	—	7
R 07	22.6	28.8	2.52	45.1	37.6	7.5	6
R 08	14.1	13.9	2.49	45.9	N. P	—	18
R 09	15.5	16.3	2.56	37.2	31.1	6.1	5
R 10	21.4	27.1	2.56	32.9	N. P	—	7
R 11	14.8	14.6	2.64	46.9	28.7	18.2	—
R 12	29.8	37.1	2.64	32.0	35.0	7.0	—
R 13	16.2	17.1	2.43	41.0	18.4	22.6	—
R 14	19.1	22.9	2.37	34.2	20.2	14.0	11
R 15	20.9	25.7	2.36	46.1	32.5	13.6	—
R 16	18.1	20.3	2.35	37.8	34.4	3.4	10
R 17	44.4	52.7	2.34	63.0	47.9	15.1	—
R 18	26.6	37.3	2.49	30.6	22.6	8.0	15
R 19	24.4	33.1	2.40	37.5	30.2	7.3	12
R 20	10.3	7.6	2.55	N. P	N. P	—	6
R 21	27.0	35.3	2.46	39.0	31.8	7.2	—
R 22	24.3	27.6	2.44	43.6	32.4	11.2	18
R 23	18.9	22.1	2.34	36.0	33.1	2.9	12
R 24	13.7	12.8	2.53	42.6	32.2	10.4	16
L 01	22.8	25.8	2.52	42.1	N. P	—	12
L 02	30.1	33.6	2.54	67.1	33.3	33.8	—
L 03	21.3	26.1	2.58	41.2	31.1	10.1	9
L 04	15.3	15.5	2.54	49.4	30.9	18.5	—
L 05	20.2	24.3	2.57	40.1	28.1	12.0	10
L 06	24.6	28.5	2.53	37.1	11.0	26.1	20
L 07	24.7	—	2.64	43.7	31.4	12.3	—
L 08	19.9	22.1	2.57	40.0	29.0	11.0	19
L 09	11.7	5.8	2.70	N. P	23.5	—	—
L 10	9.95	6.3	2.67	36.0	25.0	11.0	—
L 11	28.1	29.2	2.52	48.9	32.3	16.6	—
L 12	14.0	13.4	2.64	32.6	18.6	14.0	24
L 13	15.0	15.0	2.59	35.0	23.8	11.2	14
L 14	16.6	18.4	2.63	30.0	24.7	5.3	—
L 15	23.2	28.0	2.48	42.9	N. P	—	12
L 16	17.4	19.0	2.51	43.7	36.1	7.6	12
L 17	15.8	16.5	2.57	35.6	28.7	6.9	8
L 18	14.7	14.5	2.51	46.0	36.5	9.5	14
L 19	16.4	17.3	2.56	N. P	N. P	—	11
U 01	17.0	18.7	2.61	26.9	11.8	15.1	12
U 02	20.3	23.4	2.58	28.9	N. P	—	17
U 03	14.8	14.7	2.55	42.2	11.7	30.5	12
U 04	13.2	9.9	2.53	35.2	N. P	—	7
U 05	16.8	18.3	2.53	31.4	N. P	—	6
U 06	16.3	17.5	2.55	36.3	21.3	15.0	11
H 01	10.4	7.5	2.62	N. P	N. P	—	10
H 02	10.4	8.3	2.65	25.9	23.5	2.4	10
H 03	33.9	34.5	2.46	45.7	37.7	8.0	22
H 04	17.2	17.7	2.68	N. P	N. P	—	10
H 05	18.8	19.6	2.65	32.2	N. P	—	6
H 06	16.6	17.5	2.72	N. P	N. P	—	13
H 07	13.3	12.1	2.71	N. P	N. P	—	14
H 08	26.4	31.5	2.69	34.4	30.6	3.8	15
H 09	14.8	14.6	2.74	N. P	N. P	—	9
H 10	20.6	24.5	2.73	N. P	N. P	—	8
H 11	13.4	12.7	2.73	N. P	N. P	—	11

(2) 粒度試験結果

結果を表-2に示す。これから粒度分布の良否をみると、L19, H02, H11が“粒度が悪い”と判別され、L19, H02, H11は、“階段粒度”に分類される。

つぎに、各試料土を三角座標、日本統一土質分類法、AASHO分類法によって分類したのが表-3である。

2.2 硬度調査

硬度判定には、山中式土壌硬度計を使用し、1地点で任意に10ヶ所測定し、平均支持強度(Pkg/cm²)を求めた。

図-8は、金山沢両谷壁の測定結果と地質との関係を示したものである。両岸について平均支持力強度をみると、同一地質で、左岸にくらべて右岸のバラツキが大きく、平均支持力強度が4 kg/cm²を下回る地点も多い。このことは、上記の修正自然含水比と液性限界との関係の場合と類似している。

表-4は、上流域中部安山岩類、唐松沢との合流点よりの浦川兩岸の土石流の段丘堆積物、稗田山滑落崖の安山岩類および崖錐堆積物の地質別平均支持強度を示した。平均支持強度は、値が大きい順に、稗田山滑落崖、上流域中部安山岩類、浦川土石流段丘堆積物となっており、ほぼ生成年代や変質状態と対応しているのがわかる。ちなみに、前述の火砕流堆積物の平均支持強度は、24.68kg/cm²で(6地点の平均)、かなりしまっていることがわかる。

3. 金山沢最上流部地すべり地の変動観測

3.1 地形および変位置の測定

金山沢は、その流域山地と溪岸のいたるところで地すべり地形が見られ、過去に発生した土石流は、いずれも地すべり性崩壊が引金となっている。そこで、この地域においてもっとも土石流発生と結びつきやすいと思われる金山沢最上流部の台地状地すべり地に着目し、その地形と変動について計測・調査した。なお、この調査は、昭和59年度から昭和60年度にわたる予定である。

地すべり地内にNo1～No11の11地点を設置し、地すべり区域を囲む崖上の稗田山側に、不動点と思われる2点A, Bをとり、これより光波測距儀を用いて測点の位置関係とその変動を測定した。測定結果から、これらの測点と地すべり地内の地形を示したのが図-10である。光波測距儀の測距精度は1,800 mの範囲で5 mm + 5ppm × (測定距離)であり、測角は水平角、垂直角のいずれも20秒読みである。

測定は、ほぼ1ヶ月おきに8月19日、9月25日、10月18日の3回行なった。地形の細部については別に、8月20日に測量したものである。

測定結果と変動は、表-5に示すとおりである。

3.2 地盤傾斜計による測定

地すべりの活動性、将来における発生の可能性を検討するために、前項の測定と併せて地表面傾斜変動量を測定した。図-9の測点No6, No9, No11の3点にそれぞれ50×50×40cmのコンクリート台を打設し、その上に水管式地盤傾斜計を設置した。測定結果は図-10に示した。

3.3 測定結果の解析と考察

地盤傾斜変動についてみると、測点No11とNo6に設置した傾斜計の動きが比較的大きく、No9では動きが小さい。とくにNo11付近の斜面では谷頭の近くにかけて数条の引張クラックと思われる亀裂が見られ、ほぼ等高線に沿って幅3～5 cm、長さ3～10 cmにおよんでいる。

一般に傾斜変動は、地すべり運動の影響によるもののみでなく、気温変化・降雨その他の原因によっ

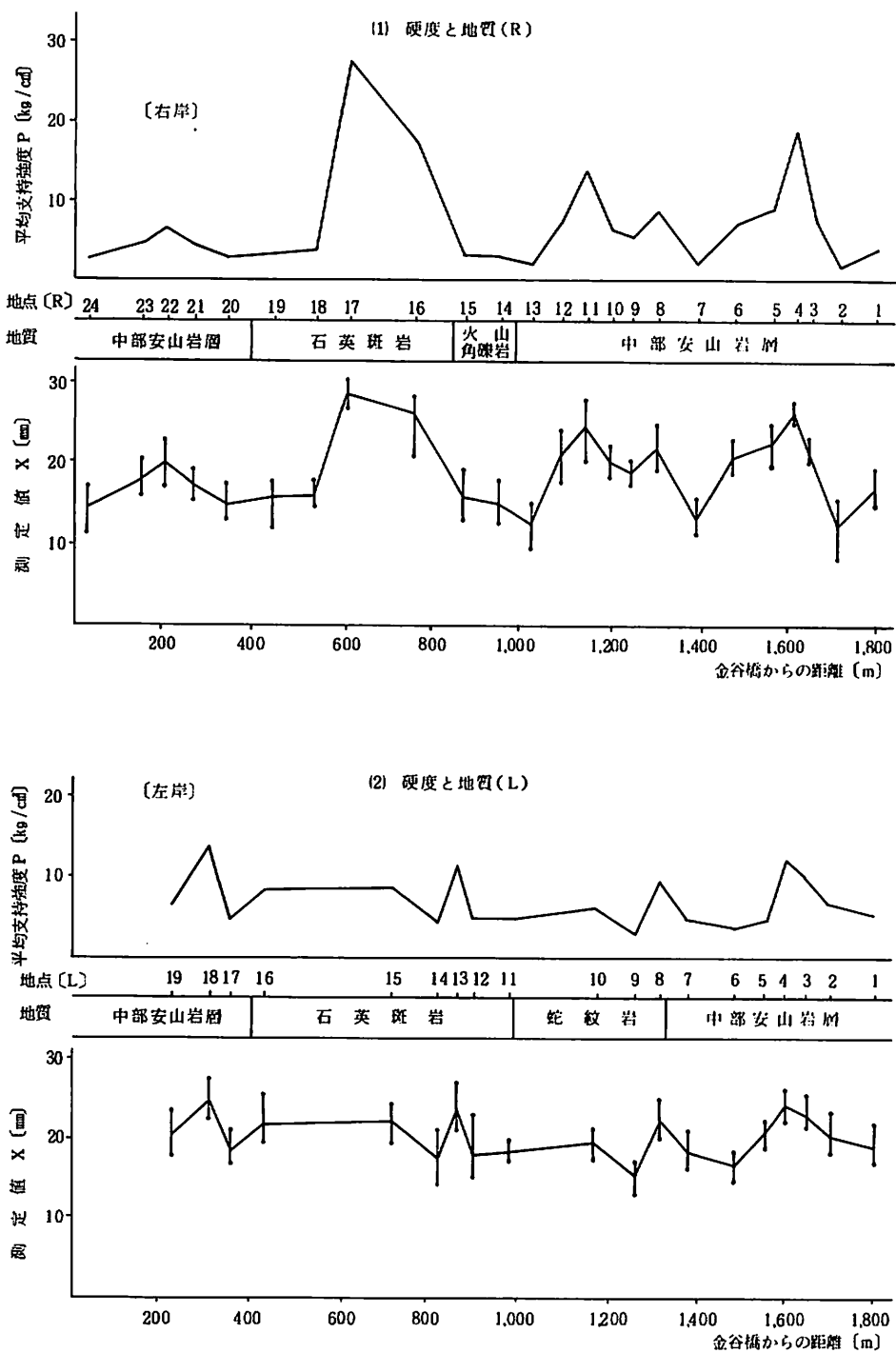


図-8 金山沢両岸の岩石の硬度
 Fig. 8 Hardness of rocks exposed along the Kanayama River

表-2 粒度試験結果

Table 2 Results of mechanical analysis of soils

試料	D 60	D 30	D 10	UC	UC'	砂レキ分	シルト分	粘土分
R 01	0.50	0.121	—	—	—	80	—	—
R 02	0.48	0.069	—	—	—	69	—	—
R 03	0.160	—	—	—	—	49	—	—
R 04	0.35	—	—	—	—	60	—	—
R 05	0.44	0.089	0.00212	207.5	8.5	72	16	12
R 06	0.72	0.142	0.0045	160.0	6.2	78	12	10
R 07	0.52	0.075	0.0073	71.2	1.5	70	22	8
R 08	0.176	0.0258	—	—	—	55	23	22
R 09	0.32	0.238	0.0219	60.3	2.0	82	12	6
R 10	0.57	0.135	0.0053	107.5	6.0	75	15	10
R 11	0.47	0.120	—	—	—	77	—	—
R 12	0.32	0.070	—	—	—	69	—	—
R 13	0.51	—	—	—	—	65	—	—
R 14	0.68	0.083	0.00100	680.0	10.1	71	17	12
R 15	0.60	—	—	—	—	68	—	—
R 16	0.46	0.091	0.00218	211.0	8.3	71	15	—
R 17	0.162	—	—	—	—	50	—	—
R 18	0.66	0.056	—	—	—	70	13	17
R 19	0.56	0.115	—	—	—	72	14	14
R 20	0.96	0.38	0.058	16.6	2.6	89	4	7
R 21	0.43	—	—	—	—	68	—	—
R 22	0.222	0.0135	—	—	—	56	22	22
R 23	0.51	0.142	—	—	—	76	11	13
R 24	0.43	0.046	—	—	—	69	14	17
L 01	0.30	0.0118	—	—	—	57	18	25
L 02	0.41	—	—	—	—	50	—	—
L 03	0.58	0.084	0.0035	165.7	3.5	71	18	11
L 04	0.44	0.110	—	—	—	74	—	—
L 05	0.52	0.094	0.00221	235.3	7.7	64	16	13
L 06	0.32	0.044	—	—	—	64	13	23
L 07	—	—	—	—	—	—	—	—
L 08	0.31	0.0265	—	—	—	61	14	25
L 09	1.40	0.251	—	—	—	80	—	—
L 10	0.51	—	—	—	—	64	—	—
L 11	0.096	—	—	—	—	44	—	—
L 12	0.40	0.0061	—	—	—	55	17	28
L 13	0.49	0.057	—	—	—	67	15	18
L 14	0.80	0.093	—	—	—	70	—	—
L 15	0.35	0.050	0.00100	350.0	7.1	69	18	13
L 16	0.39	0.037	0.00131	297.7	2.7	65	18	17
L 17	0.58	0.074	0.0051	113.7	1.9	70	20	10
L 18	0.46	0.043	—	—	—	65	19	16
L 19	0.41	0.148	0.00145	282.8	36.8	75	11	13
U 01	0.081	0.60	0.00102	588.2	10.7	70	15	15
U 02	0.036	0.34	—	—	—	63	18	19
U 03	0.041	0.33	0.0032	103.1	1.6	63	18	19
U 04	0.31	1.21	0.0230	52.6	3.5	82	10	8
U 05	0.128	0.48	0.0164	29.3	2.1	78	14	8
U 06	0.128	0.59	0.0069	85.5	4.0	74	13	13
H 01	0.087	0.41	0.00234	174.2	7.9	70	18	12
H 02	0.0200	0.240	0.00230	104.4	0.7	57	29	14
H 03	0.0036	0.0279	—	—	—	27	39	34
H 04	0.041	0.170	0.00160	106.3	6.2	57	29	14
H 05	0.047	0.180	0.0051	35.3	2.4	58	33	9
H 06	0.119	0.37	—	—	—	64	12	14
H 07	0.063	0.44	—	—	—	69	14	17
H 08	0.0181	0.249	—	—	—	60	23	17
H 09	0.121	0.50	0.00256	195.3	11.4	75	13	12
H 10	0.078	0.43	0.00271	159.3	5.2	70	16	14
H 11	0.110	0.32	0.00100	320.0	37.8	74	12	14

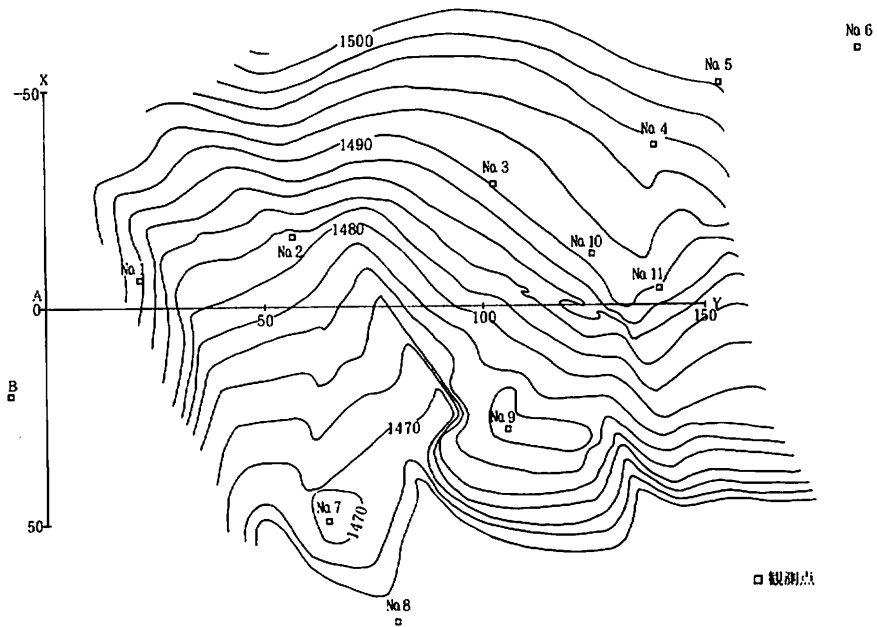


図-9 地すべり観測地の地形と観測点 (1984年8月19日)

Fig. 9 Topography of the landslide area and observation locations (Aug.19,1984)

表-3 土の工学的分類
Table 3 Textural classification of soils

試料	三角座標	統一分類法	AASHO分類法	試料	三角座標	統一分類法	AASHO分類法
R 01	—	S	A-2	L 07	—	—	—
R 02	—	S	A-2-5	L 08	粘土質砂	SC	A-6
R 03	—	ML	A-7	L 09	—	S	A-1-b
R 04	—	S	A-7	L 10	—	S	A-6
R 05	シルト質砂	SM	A-2-7	L 11	—	ML	A-7
R 06	シルト質砂	SM	A-2	L 12	粘土質砂	SC	A-6
R 07	シルト質砂	SM	A-2-5	L 13	シルト質砂	SC	A-2-6
R 08	粘土質砂	SM	A-5 or 7	L 14	—	S	A-2-4
R 09	砂	SM	A-2-4	L 15	シルト質砂	SM	A-2
R 10	シルト質砂	SM	A-2	L 16	シルト質砂	SM	A-2-5
R 11	—	S	A-2-7	L 17	シルト質砂	SM	A-2-4
R 12	—	S	A-2-5	L 18	シルト質砂	SM	A-2-5
R 13	—	S	A-2-7	L 19	シルト質砂	SC	A-2
R 14	シルト質砂	SM	A-2-6	U 01	シルト質砂	SM	A-2-6
R 15	—	S	A-2-7	U 02	シルト質砂	SC	A-4 or 6
R 16	シルト質砂	SM	A-2-4	U 03	シルト質砂	SC	A-7
R 17	—	MH	A-7	U 04	砂	SM	A-1-b
R 18	シルト質砂	SC	A-2-4	U 05	シルト質砂	SM	A-2
R 19	シルト質砂	SM	A-2-4	U 06	シルト質砂	SM	A-2-6
R 20	砂	SC	A-1-b				
R 21	—	S	A-2-4				
R 22	粘土質砂	SM	A-7	H 01	シルト質砂	SM	A-2
R 23	シルト質砂	SC	A-2-4	H 02	シルト質砂	SM	A-4
R 24	シルト質砂	SC	A-2-5	H 03	粘土	ML	A-5
L 01	粘土質砂	SC	A-5 or 7	H 04	シルト質砂	SM	A-4-7
L 02	—	CH	A-7	H 05	シルト質砂	SM	A-4 or 6
L 03	シルト質砂	SM	A-2-5	H 06	シルト質砂	SC	A-2
L 04	—	S	A-2-7	H 07	シルト質砂	SC	A-2
L 05	シルト質砂	SM	A-2-6	H 08	シルト質砂	SM	A-4
L 06	粘土質砂	SC	A-2-6	H 09	シルト質砂	SM	A-2
				H 10	シルト質砂	SM	A-2
				H 11	シルト質砂	SC	A-2

てもおこり、どの地域においても常時地盤にわずかな変動がみられるもので、これをその地域の基底変動量と呼んでいる。基底変動量は、その地域内でも一様ではなく、これを正確に把握することは困難であるが、経験的な値として、平地では日平均変動量が3秒以内、丘陵地・山地では5～6秒内外といわれている。したがって、その地点の日平均変動量が基底変動量を越えている場合には、一応地すべりの影響があると考えてよい。

表-4 地質別の硬度 (kg/cm²)
Table 4 Hardness of various rocks

	稗田山滑落崖	上流域 中部安山岩層	浦川 土石流堆積物	稗田 崖錐性堆積物
地質平均支持強度P'	49.21	7.38	4.02	3.76
地質標準偏差O'	44.40	4.09	1.25	0.26

さらに、地すべりによって生ずる地盤変動のもう一つの特徴は、傾斜変動量の累積性ということであり、ほぼ一定の傾斜運動方向をもっている。すなわち、斜面の山側に傾斜する引張変動と地すべり方向と直交あるいは斜交する圧縮変動がある。引張変動は、地すべり頭部地区にあらわれ、圧縮変動は末端地区にあらわれるものである。

これらのことを、表-5および図-10についてみると次のようである。

№6地点では、E-W方向の傾斜変動が方向性をもって累積しているが、N-S方向の変動はプラス・マイナスを交互に繰返して、累積性はほとんどみられない。E-W方向に変動の累積が認められるのは、この地点の東側が急な崖に連なっており、この方向に向かう動きが考えられる。また、これを光波測距による変位位置についてみても、8月から9月にかけてE方向に4cm、9月から10月にかけて同じ方向に3cm動いている。さらに、垂直変位も8月～9月が-1cmの変動がみられる。

このような変動状況を傾斜変動解析結果からみると、日平均変動量は基底変動量を越えない1.70秒、合成変動量は47.7秒/月となり、傾斜ヒズミの集積性が認められるので、潜在変動と判定される。なお、傾斜運動方向はS76°55'Wであり、斜面の山側に傾斜することを示している。すなわち、地すべり頭部にみられる引張変動に当る。

次に、№9地点では大きな動きは認められず、ヒズミの集積性も顕著には現われていないが、N方向とE方向に向かってわずかな地盤の上昇が観測されている。また、水平変位について、8月から10月にかけてE方向に1cm動いている。傾斜変動解析結果では、傾斜運動方向はS12°29'Wとなり、斜面山側に傾斜し、日平均変動量は基底変動量を越えない1.01秒、合成変動量は22.82秒/月であり、一応潜在変動と判定される。

№11地点はE-W方向の傾斜変動が大きく、とくに観測開始後3週間でE方向に166.46秒の累積変動がみられ、その後も累積を続けている。N-S方向については、プラス・マイナスを交互に繰返しながらも、S方向に累積を続けているとみられる。このように、地盤傾斜計による観測結果からみると、№6、№9と比べて変動が顕著であるといえるが、光波測距による水平変位の観測結果は、むしろ小さい変動を示している。すなわち、8月～9月はW方向に3cm、9月～10月はE方向に3cm、N方向に1cmとなり、W-E方向の動きが打消し合うように現われている。

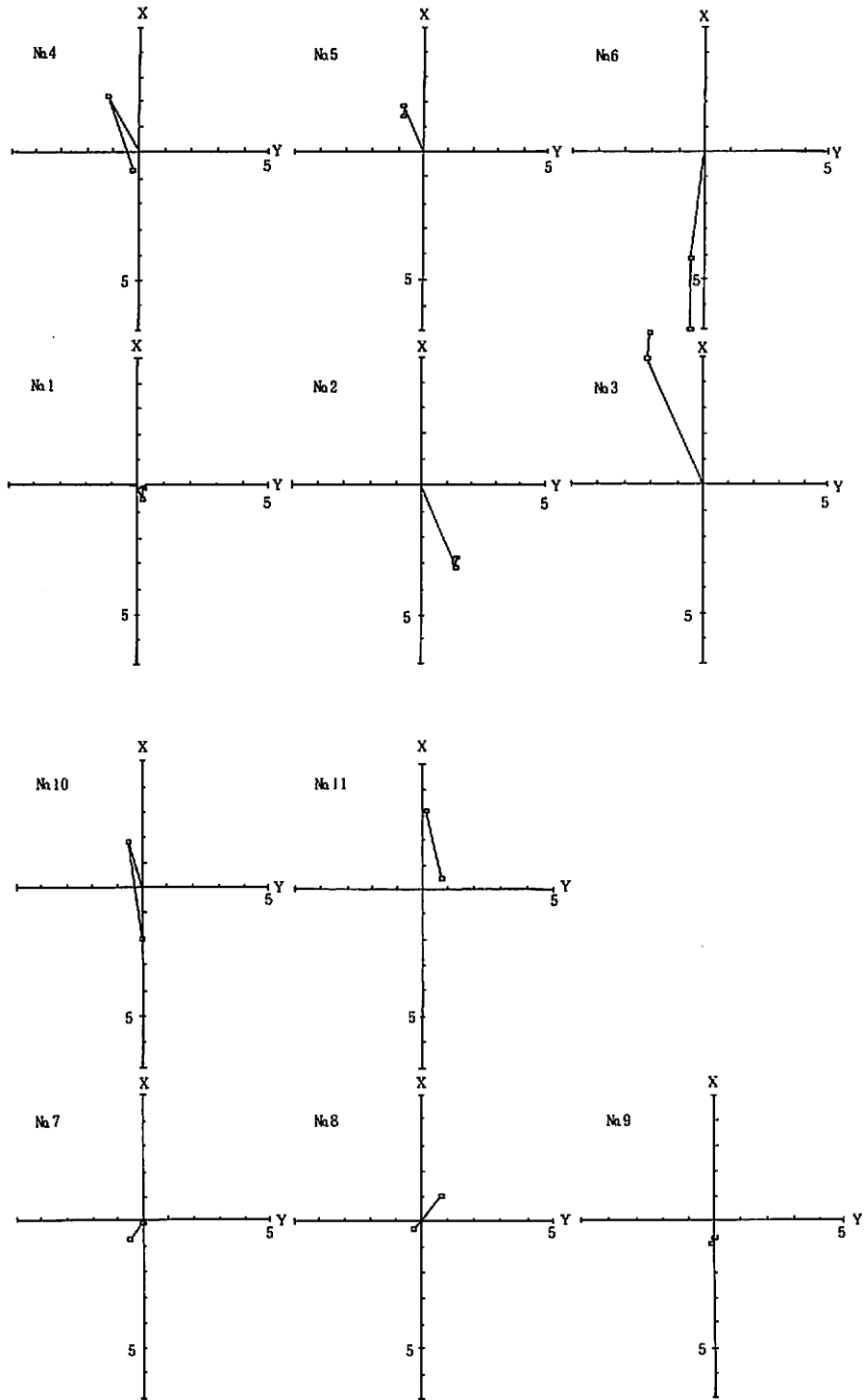


図-10 測点の変位図
 Fig.10 Displacement of observation locations

表-5 測点の変位量

Table 5 Displacement of observation points.

水平変位 Horizontal displacement

測点	1984.8.19測定		1984.9.25測定				1984.10.18測定					
	N・S 方向 座標値	E・W 方向 座標値	N・S方向		E・W方向		N・S方向			E・W方向		
			座標値	変位量	座標値	変位量	座標値	変位値	累計 変位量	座標値	変位値	累計計 変位量
m												
No.1	21.84	-6.51	21.85	0.00	-6.50	0.01	21.85	0.00	0.00	-6.51	0.00	0.00
No.2	56.85	-16.01	56.86	0.01	-13.98	0.03	56.86	0.00	0.01	-15.99	0.00	0.03
No.3	102.83	-27.92	102.81	-0.02	-27.97	-0.05	102.81	0.00	-0.03	-27.96	0.01	-0.04
No.4	139.08	-36.84	139.07	-0.01	-36.86	-0.02	139.08	0.01	0.00	-36.83	0.03	0.01
No.5	153.68	-50.98	153.67	-0.01	-51.00	-0.02	153.67	0.00	0.01	-51.00	0.00	-0.01
No.6	185.16	-58.90	185.15	-0.01	-58.85	0.04	185.15	0.00	-0.01	-58.83	0.03	0.07
No.7	64.09	49.23	64.09	-0.01	49.21	0.01	64.09	0.01	0.00	49.23	-0.01	0.00
No.8	79.81	72.41	79.82	0.01	72.40	-0.01	79.81	-0.01	0.00	72.42	0.01	0.00
No.9	105.52	28.27	105.52	0.00	28.28	0.01	105.52	0.00	0.00	28.28	0.00	0.01
No.10	125.08	-11.79	125.08	-0.01	-11.81	-0.02	125.08	0.01	0.00	-11.77	0.04	0.02
No.11	139.94	-3.64	139.94	0.00	-5.67	-0.03	139.95	0.01	0.01	-3.64	0.03	0.00

注) 座標値は基点(A)を原点としたN・S方向およびE・W方向の直角座標の値である。

垂直変位 Vertical displacement

測定	1984.8.19測定		1984.9.25測定		1984.10.18測定		
	机高		机高	変位量	机高	変位量	累計変位量
m							
No.1	1488.74		1488.74	0.00	1488.74	0.00	0.00
No.2	1481.39		1481.39	0.00	1481.39	0.00	0.00
No.3	1490.19		1490.19	-0.01	1490.19	0.01	0.00
No.4	1495.28		1495.28	0.00	1495.28	0.01	0.00
No.5	1500.26		1500.27	0.00	1500.27	0.00	0.00
No.6	1503.93		1503.90	-0.03	1503.89	-0.01	-0.04
No.7	1471.58		1471.58	0.00	1471.58	0.00	0.00
No.8	1464.07		1464.07	0.00	1464.07	0.00	0.00
No.9	1478.91		1478.91	-0.01	1478.91	0.01	0.00
No.10	1491.17		1491.17	0.00	1491.17	0.00	0.00
No.11	1489.91		1489.90	-0.01	1489.90	0.00	-0.01

注) 机高は基点(A)を1500.00mとした値である。

表-6 土石流観測記事

Table 6 Occurrence of debris flow during July and October in 1984

1984年

月日	センサー切断		降 雨 mm		天 候	土石流 発 生	状 況
	時 刻	No.	観測所	上 流			
7.25	18:26'32"	14	50.0	47.0	曇りのち雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 6時頃より雨降りだす。6時から7時までの降雨(21.0mm/時)激しい雷雨 センサーは一本切れるが土石流の発生なし(増水?) ECは低下しただけで上がらない。
7.26			32.0	35.0	雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 12時30分頃から激しい雨がふる。(30分間続く) 15時40分頃からまた激しい雨(15時~17時) 26.5mm 16時54分 電導度が上がり、その後も変動やまない。 17時20分 上流で“ゴー”という音が10分位続く。 19時14分 源頭部で“ガラガラ”と音がする。それと同時に水煙が3回上がる。
8.1	4:15'17"	5	0	0	晴れ	?	<ul style="list-style-type: none"> ビデオモニターにセンサーNo.5が切れている表示がある。(不明)
8.27			5.0	39.57	晴れのち雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 上流と観測所との降雨量が違いすぎる。(雨量計のマスに枯葉などが詰まり、何かのショックでとれたのか?)
9.1	21:42'15"	1	0	0	晴れ時々曇り	?	<ul style="list-style-type: none"> ビデオモニターにセンサーNo.1が切れている表示がある。(不明)
9.3			24.5	37.0	雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 一日中雨が降り続く。 20時25分 激しい雷雨となるが、泥流のみで、土石流発生まで至らず。
9.4			48.0	60.0	雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 13時26分 雨激しく降りだす。電導度は、少しづつ下り始める。 16時20分 電導度上り始める。 17時 また激しく降りだし流量が増大する。(電導度ふらつく)
9.14			0.5	1.5	雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 8時49分 金谷橋の上で観測中に、揺れを感じた。(長野県西部地震)橋の上からの観察では、崩壊及び土石流の発生は認められなかった。また、金谷沢では、沢が濁ることもなく変化は感じられなかった。
9.18			0	0	晴れ	?	<ul style="list-style-type: none"> 昨夜、電導度がかなりふらついていた。 河床に土石流?らしい濡れた堆積物があり、電導度センサーが埋まっていた。
10.3			(2日) 27.0 (3日) 16.0	(2日) 55.0 (3日) 48.0	雨	×	<ul style="list-style-type: none"> 雨が降り続き時々激しく降る。 4時20分 電導度が突然上がり始めたのでビデオ等の準備を整えるが、土石流の発生までは至らなかった。 21時42分 稗田方面で、落石の音。

傾斜変動解析結果からみると、この地点の日平均変動量は5.01秒、合成変動量は123.42秒/月となり、ヒズミの集積性が顕著で、傾斜運動方向はN71°54' Wと地形との関係では引張変動を示している。この傾斜変動は、準確定変動と判定されるので、崩壊型地すべり発生の可能性も考えられる。

なお、1984年8月から10月にかけて、例年になく降雨が少なく、これらの地表変動に対する降雨の影響はほとんど認めることができない。

この地すべり地は、1981年5月12日の土石流において約40万 m^3 の土砂を出したといわれる地域で、金山沢流域の中でも、ガリーなどの表面浸食を含めてもっとも地形変動の激しい地域といえる。今回の調査結果は中間結果という段階であるが、今後、融雪の状況や強い降雨などが重なったりすると、大きな土砂生産が予想される。とくに1984年は降雨が少なく、大きな流出もなく、土石流らしいものが見られなかったあとだけに、土石流発生のポテンシャルが高くなったものとみななければならない。実際に、最上流部から中流部にかけて、1983年に比べて3～5 m以上の溪床堆積がみられる区間がある。

Ⅲ 土石流観測結果

1. 土石流観測

観測期間中（1984年7月21日～10月22日）、金山沢で土石流の発生を確認したのは、7月26日の1回だけである。この時は、12時30分頃から降りはじめた降雨が、17時すぎに降りやんだあと、源頭部付近でゴーという音が10分間位続き、19時14分ガラガラと音がすると同時に、水煙が3回以上あがった。センサーは切断しなかった。翌日上流域まで行ったところ、センサーNo.5が新しい土石流堆積物で埋もれ、センサーNo.6の直前で止まっていた。このような発生状況は、従来の例でもきわめてめずらしいものである。

その後、土石流が発生してもおかしくない降雨があったが（表-6）、金谷橋まで流下する土石流は1回も発生しなかった。このことは、あとでも述べるように、期間中の降雨量が、例年に比べてきわめて少なかったためと考えられる。また、金山沢の河川水は、例年だと晴天時でも白濁していたが、今年度は底がみえる位すんでおり、これも過去にみられない特徴である。

2. 土石流堆積物

2.1 センサーNo.6付近

図-11は、上述した1984年7月26日に発生した土石流のフロント部分を示した。この堆積物の礫分布状況を測定するため、1 mのポール4本をつなぎあわせ、1 m^2 の正方形をつくり、上方より写真撮影を行なった。図-12は写真をスケッチしたものである。

表-8は、粒径5 cm以上の礫の5 cmきざみの度数分布を示したものである。堆積物の先端部であるNo.1の平均粒径は17.7 cmで、粒径が15.0～19.9 cmのところを最大ひん度（33.3%）を示す。

中間部としてのNo.2, 3, 5, 6では、粒径が5.0～9.9 cmのところを、最大のひん度（50～60%）を示す。また、土石流流下方向のNo.1～3の平均粒径、最大粒径を見ると（図-13）、先端部に近いほど最大粒径が大きくなっている。

2.2 唐松沢・金山沢合流点付近

唐松沢・金山沢合流点付近は、金山沢を流下した土石流の大半が停止、堆積するところである。スケッチを図-14に示す。表-9に礫粒径の度数分布状況を示した。

平均粒径は17.3cmで、ほぼ5～20cmの礫で構成されている。最大粒径は92.6cmと上流部のそれよりも大きく、最先端部付近に集中している。表-10に最先端部の巨礫の度数分布を示したが、平均粒径55.0cm、最大粒径92.6cm、最小粒径28.7cmである。なお、これらの粒径は、地表に露出した礫表面で測定したものである。

つぎに、礫の岩種を蛇紋岩、石英斑岩、安山岩の3種類にわけて、その度数分布を示したのが表-7である。

安山岩が全体の60.8%を占め、石英斑岩が26.1%とこれについている。金山沢流域の地質は、源頭部、上流域が安山岩、中流域が蛇紋岩、石英斑岩で構成されており、安山岩は土石流発生域の源頭部のもので、石英斑岩、蛇紋岩は、土石流流下中に付加されたものであろう。

3. 降雨量

観測期間中の降雨量（日雨量）は図-15に示す。

観測期間中の連続降雨は、表-6に示したように7回あった。図-16にこれらの10分間雨量強度と累計雨量を示した。（ただし、8月27日は計器故障のため省略）

3.1 降雨量と土石流発生との関係

表-12に、1980～1984年の月別の雨量と日平均雨量と土石流発生のパターンを示した。これからみても、1984年には、他の年に比べて降雨量がきわめて少なかったことが指摘できる。図-17をみれば、過去5年間の平均日雨量よりも59年のそれは少なかったことが明らかである。土石流発生は総雨量と密接に関係している。

つぎに、1984年の降雨パターンが土石流発生のパターンと考えて、1975～1984年（1978年のデータはのぞく）の過去10年間の10分間雨量、20分間雨量、重み付き先行雨量と土石流発生率との関係を検討した。結果を表-13に示す。このうち即断はできないが、重み付き先行雨量は値が大きくなるにつれて、土石流発生率が高くなっている。このことは、土石流発生に先行雨量がきいてくるとすると、今までの観測を通して得られた次の特徴とも関連してくる。

- (1) 金山沢の土石流は、過去例外なく源頭部で発生している。
- (2) 河床堆積物の移動による土石流は観察されていない。
- (3) 土石流発生箇所付近には、地下水の湧出口が分布し、晴天時発生した土石流では湧出口のまわりに泥水のふきだしたあとがみられた。
- (4) あとで述べる河川水の水質変動のパターンからみても、土石流発生前に雨水、河川水とは異なる水（多分地下水）の湧出か流入が考えられる。

以上のことから土石流発生には、単なる降雨だけでなく先行降雨に関係した地下水貯留と水圧増加が関係あると考えられる。1984年のように、降雨量の少ないことは地下水貯留量の減少とむすびつき、水圧上昇のポテンシャルが不足していたため、土石流発生の激減とむすびついているものと考えられる。

表-7 岩種別頻度
Table 7 Composition of rock species

	個数	%
蛇紋岩	7	2.9
石英斑岩	64	26.1
安山岩	149	60.8
不明	25	10.2

表-8 粒径5 cm以上の礫の度数分布

Table 8 Frequency distribution of pebbles (diameter > 5 cm)

D (cm)	No. 1		No. 2		No. 3		No. 5		No. 6	
	個数	%	個数	%	個数	%	個数	%	個数	%
5.0 ~ 9.9	8	17.9	39	52.0	40	58.0	48	55.8	46	54.7
10.0 ~ 14.9	11	24.5	23	30.7	14	20.3	21	24.4	22	26.2
15.0 ~ 19.9	15	33.3	4	5.3	11	15.9	9	10.5	11	13.1
20.0 ~ 24.9	5	11.1	7	9.3	3	4.3	5	5.8	4	4.8
25.0 ~ 29.9	2	4.4	1	1.3	0		0		0	
30.0 ~ 34.9	1	2.2	0		1	1.4	2	2.3	1	1.2
35.0 ~ 39.9	0		1	1.3			1	1.2		
40.0 ~ 44.9	2	4.4								
45.0 ~ 49.9	0									
50.0 ~ 54.9	0									
55.0 ~ 59.9	0									
60.0 ~ 64.9	1	2.2								
計	45	100.0	75	100.0	69	100.0	86	100.0	84	100.0
平均粒径 (cm)		17.7		11.5		11.1		11.5		11.2
最大粒径 (cm)		60.1		36.6		31.2		36.7		31.5

表-9 礫の度数分布

Table 9 Frequency distribution of pebble diameter

D (cm)	個数	%
5.0 ~ 9.9	69	28.2
10.0 ~ 14.9	75	30.6
15.0 ~ 19.9	45	18.4
20.0 ~ 24.9	19	7.8
25.0 ~ 29.9	10	4.1
30.0 ~ 34.9	12	4.9
35.0 ~ 39.9	2	0.8
40.0 ~ 44.9	5	2.0
45.0 ~ 49.9	3	1.2
50.0 ~ 54.9	1	0.4
55.0 ~ 59.9	0	
60.0 ~ 64.9	0	
65.0 ~ 69.9	0	
70.0 ~ 74.9	0	
75.0 ~ 79.9	0	
80.0 ~ 84.9	0	
85.0 ~ 89.9	1	0.4
90.0 ~ 94.9	3	1.2
計	245	100.0
平均粒径 (cm)		17.3
最大粒径 (cm)		92.6

表-10 最先端部の礫の度数分布

Table 10 Frequency distribution of diameter in debris front part

D (cm)	個数	%
25.0 ~ 29.9	1	8.3
30.0 ~ 34.9	3	25.1
35.0 ~ 39.9	1	8.3
40.0 ~ 44.9	1	8.3
45.0 ~ 49.9	1	8.3
50.0 ~ 54.9	1	8.3
55.0 ~ 59.9	0	
60.0 ~ 64.9	0	
65.0 ~ 69.9	0	
70.0 ~ 74.9	0	
75.0 ~ 79.9	0	
80.0 ~ 84.9	0	
85.0 ~ 89.9	1	8.3
90.0 ~ 94.9	3	25.1
計	12	100.0
平均粒径 (cm)		55.1
最大粒径 (cm)		92.6
最小粒径 (cm)		28.7

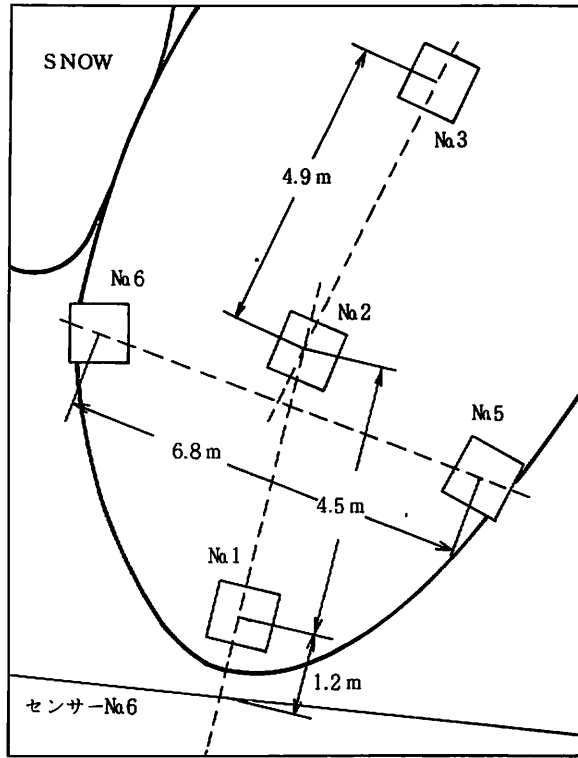


図-11 土石流堆積物の位置
 Fig.11 Front of the debris flow
 occurred at July 26, 1984

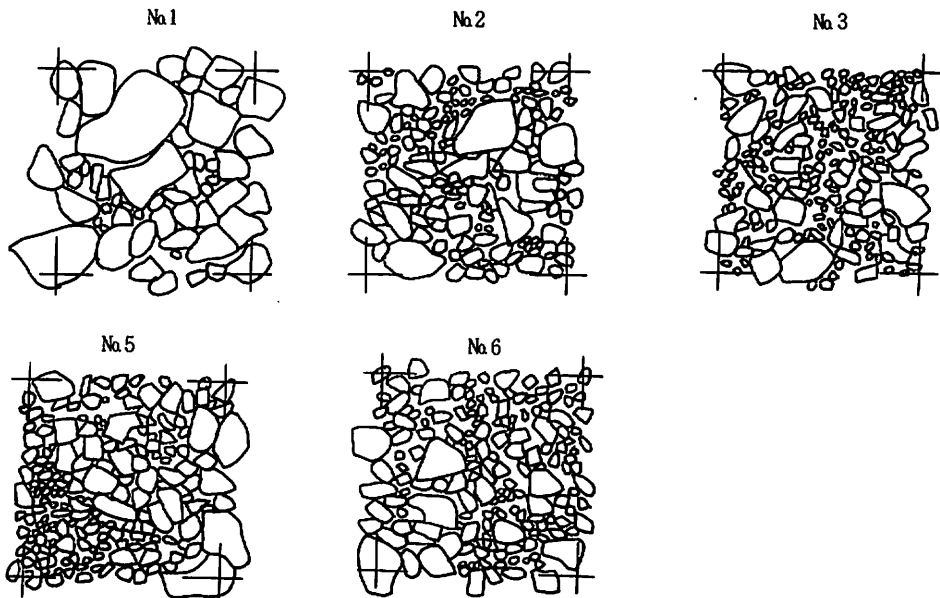


図-12 土石流堆積物の礫の分布状態
 Fig. 12 Distribution of pebbles in deposits of debris flow

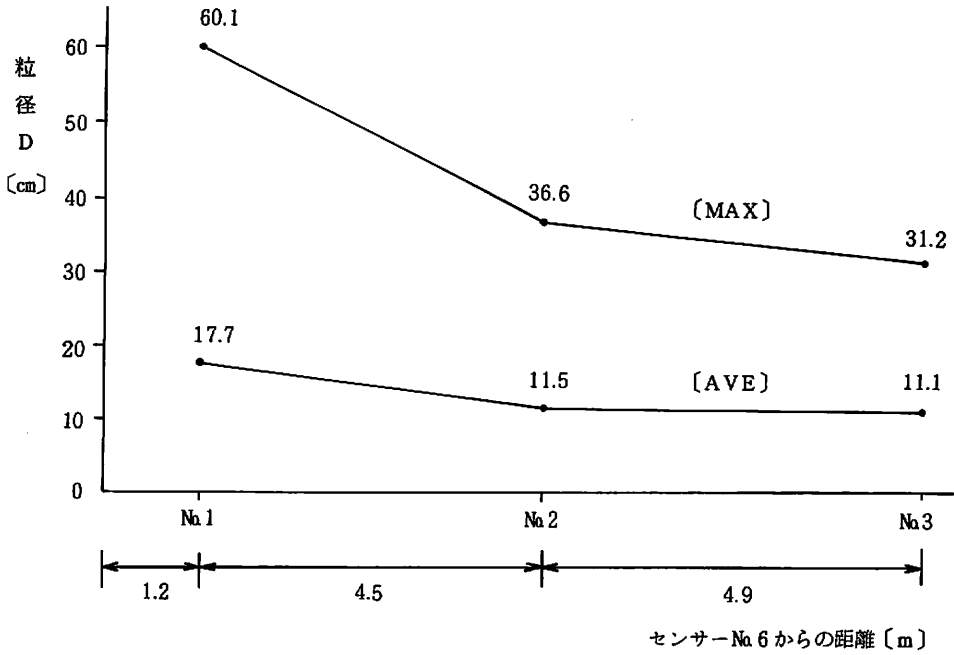


図-13 位置別の礫の粒径 [MAX]は最大粒径 [AVE]は平均粒径
 Fig.13 Change of diameter of pebbles

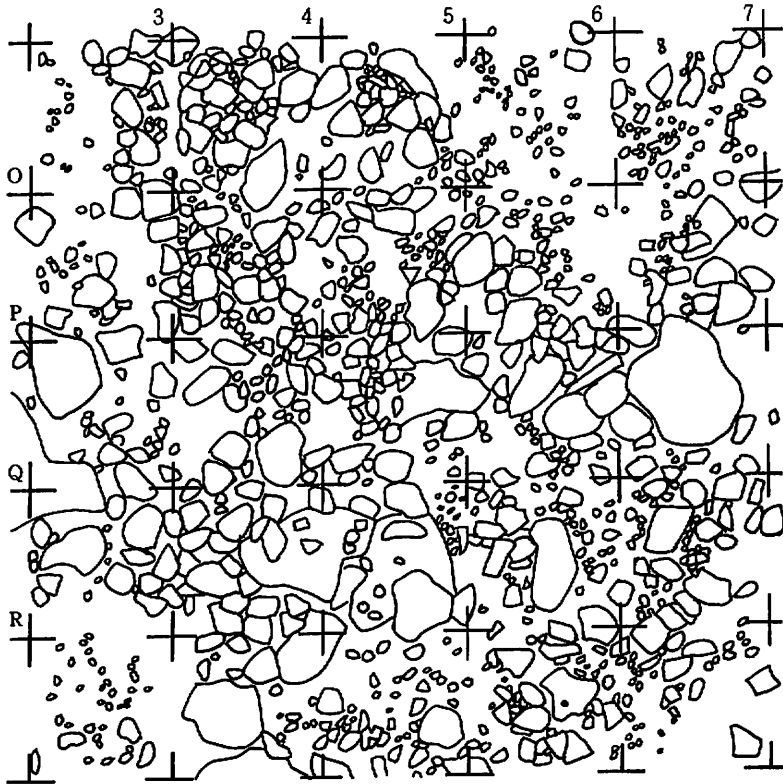


図-14 唐松沢・金山沢合流点付近の土石流堆積物の礫の分布
 Fig.14 Distribution of pebbles in deposits of past debris flow

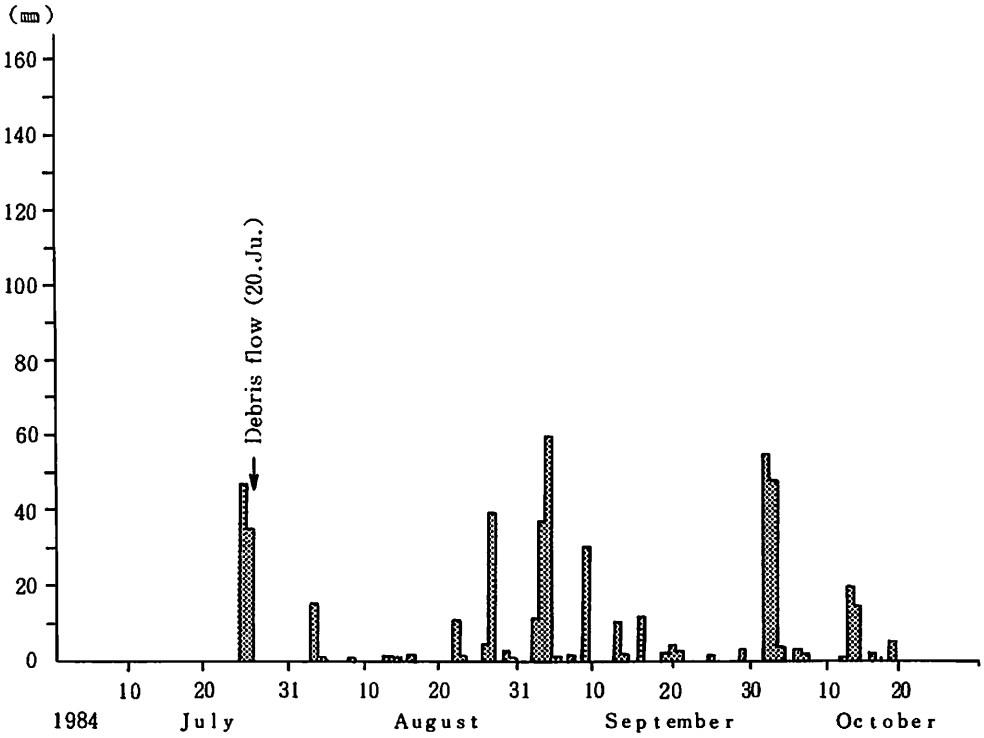
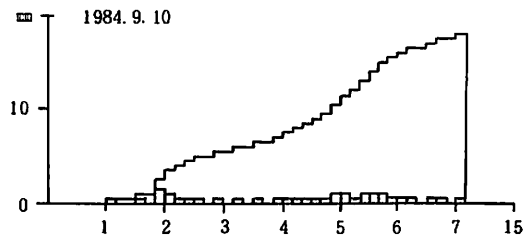
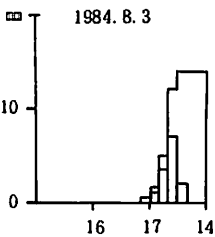
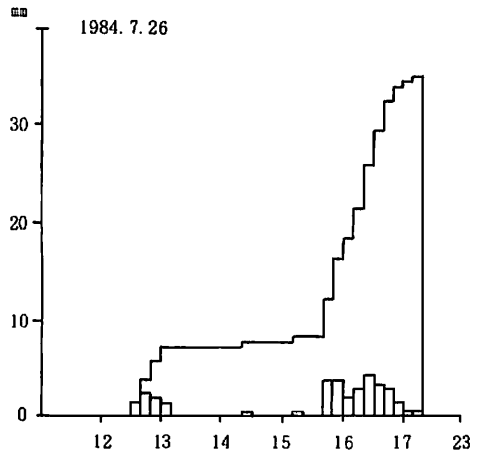
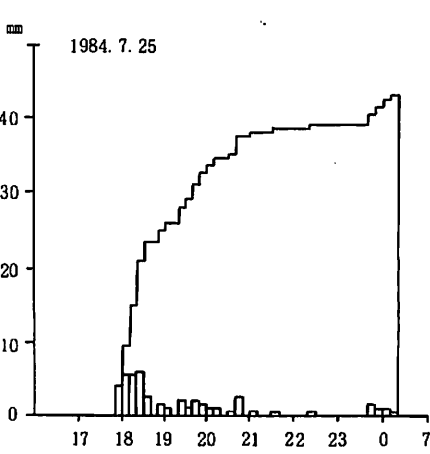


図-15 1984年の日雨量と土石流発生

Fig.15 Observed rainfalls and debris flow during July and October in 1984 in the Ura River Basin



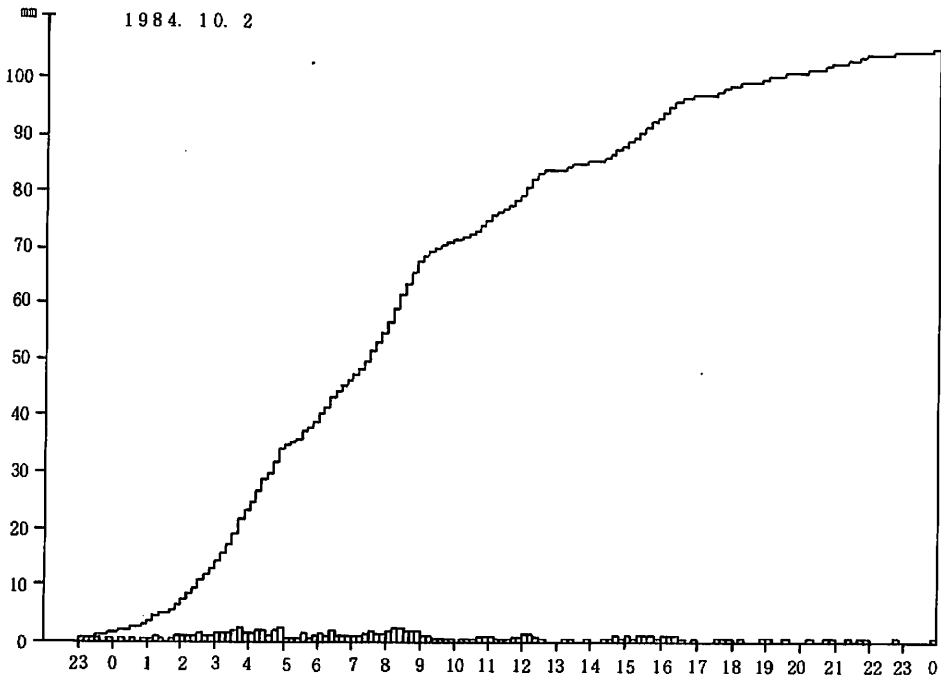
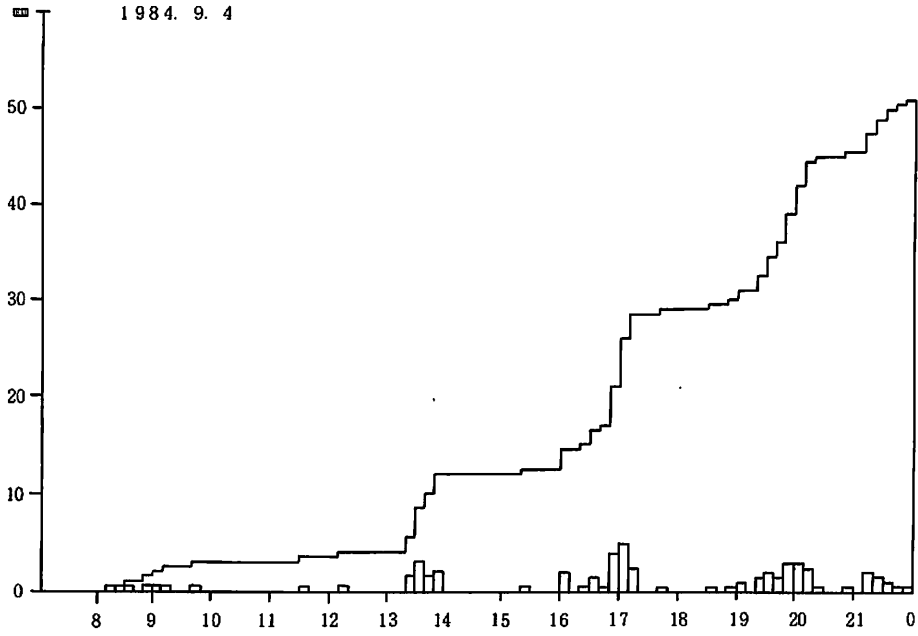


図-16 連続降雨の10分間雨量強度

Fig.16 The amount of rainfall in 10 minutes and the cumulative rainfall

表-12 過去5年間の月雨量と日平均降雨量
Table 12 Average daily rainfall during 1980 and 1984

年 \ 月	7 月	8 月	9 月	10 月	計	土石流回数
月雨量 1980年	23 ~ 31 日 244.5	396.0	159.0	86.5	(mm) 884.0	9
日平均降雨量	27.16	12.77	5.84	12.07		
月雨量 1981年	欠 測	309.5	211.5	1 ~ 7 日 228.5	749.5	4
日平均降雨量		9.98	7.05	25.35		
月雨量 1982年	14 ~ 31 日 298.5	294.5	347.5	1 ~ 16 日 11.0	951.5	6
日平均降雨量	16.58	10.90	11.58	0.68		
月雨量 1983年	20 ~ 31 日 462.5	340.5	432.0	1 ~ 10 日 95.5	1330.5	19
日平均降雨量	38.54	10.98	14.10	9.55		
月雨量 1984年	23 ~ 31 日 82.0	78.5	176.5	1 ~ 21 日 157.0	493.5	1
日平均降雨量	9.11	2.53	5.69	7.47		

表-13 1975~1984年の雨量と土石流発生との関係
Table 13 Relationships between rainfall conditions and occurrence of debris flows during 1975 and 1984

(1) 10分間雨量と発生率

10 分間雨量	発 生	非 発 生	発生率 (%)
$0 < P \leq 2$	14	15	48.3
$2 < P \leq 4$	11	22	33.3
$4 < P \leq 6$	12	21	36.4
$6 < P$	23	18	56.1

(2) 20分間雨量と発生率

20 分間雨量	発 生	非 発 生	発生率 (%)
$0 < P \leq 1$	10	15	40.0
$1 < P \leq 2$	17	37	31.5
$2 < P \leq 3$	15	15	50.0
$3 < P$	18	9	66.7

(3) 重み付き先行雨量と発生率

重み付き先行雨量	発 生	非 発 生	発生率 (%)
$0 < W.P \leq 10$	15	47	21.2
$10 < W.P \leq 20$	21	18	53.8
$20 < W.P$	24	11	68.6

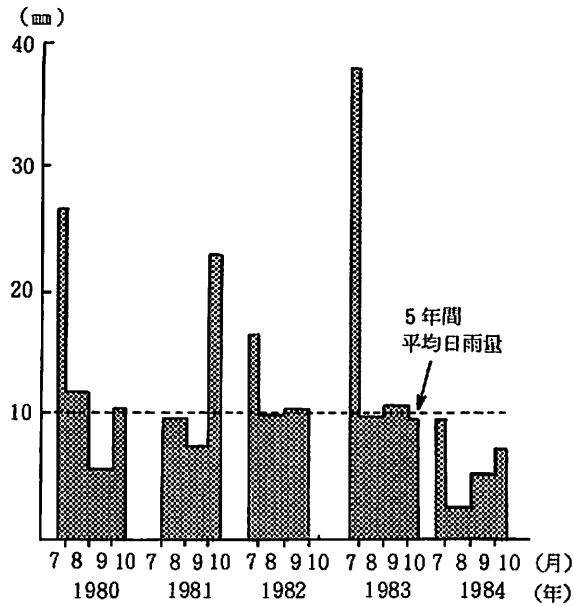


図-17 過去5年間の日平均降雨量
 Fig.17 Average daily rainfall during 1980 and 1984

IV 水質変動からみた土石流発生の予知

1. 観測方法

今回も従来と同じように、電導度の定時観測、連続観測を行なった。定時観測は金山沢下流金谷橋上より、1日2回(9時、17時)採水し、YEWSC-51型導電率計により、河川水の電導度、水温の測定を行なった。連続観測は、大倉電気の液体導電率計セルCI-053S型、2線式導電率伝送器SC3100、電子式自動平衡記録計RE-10型を用いた。別に伝送器からの信号を後述のパーソナルコンピュータを使用した。土石流観測、警報システムに送り、即時、記録、演算処理した。

2. 電導度観測結果

1984年は雨量が少なく土石流が7月26日に1回発生したにすぎず、1日2回採水した水についての電導度も自記電導度計による電導度の値も変動は極めて小さく、単調な増大傾向が認められた。定時観測の結果(図-18)では、比較的雨量の多かった7月は平均794 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、雨量の少なかった8、9月はそれぞれ896、904 $\mu\text{s}/\text{cm}$ であった。このような変化が生じるのは、降雨量によって影響を受けやすい地下水は比較的電導度が小さく、基底流量に相当する水の電導度が高い場合である。蒸発による濃縮も考えなければならないが、従来の化学分析の結果を見ると雨に由来する塩化物イオン濃度の変動は極めて小さく、この河川水の電導度の変化には、蒸発による濃縮は無視しうる。

電導度の連続測定の結果も大略は定時観測の場合と同じ傾向を示したが、その他降雨による電導度の変化が若干記録されている。1984年は降雨によって、電導度が低下する例のみが記録され(図-19)、雨により電導度が顕著に上昇した例はなかった。

小規模な土石流が発生した7月26日は自記電導度計のセンサーが前夜の雨で測定位置から外れたため連続記録は得られなかった。そこで橋の上から採水して測定した水温、電導度の記録を雨量記録と併せて整理した(図-20)。

表-14 金山沢の水温と電導度の定時測定結果

Table 14 Results of observation of water temperature and electrical conductivity of the Kanayama river at Kanaya bridge

月・日	時間	気温 ℃	水温 ℃	電導度 μs/cm	天候	川の色	電導度 (25℃) μs/cm	気圧 mb
1984. 7. 24	11:03	26.0	16	655	C	W. B	798	905
	14:30	25.0	14.7	628	C	W. B	790	902
	18:45	23.3	14.7	651	C	W. B	819	903
7. 24	9:08	24.2	15.6	654	F	W. B	805	905
	16:50	22.8	13.9	637	R	W. B	818	904
7. 26	8:48	23.1	13.4	569	C	B	740	905
	17:08	17.5	16.3	606	C	B	733	905
7. 27	8:49	22.0	14.4	646	F	W. B	819	905
	17:05	24.2	14	639	F	W. B	819	905
7. 28	8:54	26.4	15.1	646	F	W. B	805	908
	16:50	23.3	15.2	642	F	W. B	798	906
7. 29	9:18	24.1	15.5	640	F	W. B	790	909
	17:32	25.5	14.1	619	F	W	791	908
7. 30	9:06	24	14.8	629	F	W	790	909
	17:40	24.4	14.2	620	F	W	790	908
7. 31	7:42	20.9	12.8	601	F	W	794	910
	17:00	23.2	14.2	629	F	W	802	909
8. 1	7:07	21.9	12.8	612	F	W	809	910
	17:07	24.4	14.1	636	F	W	813	908
8. 2	7:07	23.5	12.4	611	F-C	W	816	910
	17:01	20.1	13.1	624	R	W	818	
8. 3	5:53	19.5	12.2	615	F-C	W	826	910
	16:55	21.9	14.2	654	R	W	834	910
8. 4	18:20		15.2	850	R	B	1057	910
	8:28	21.5	13.9	679	F-C	W. B	872	910
8. 5	17:02	21.9	14.4	685	R	W	869	910
	8:40	24.3	15.6	704	F	W	866	910
8. 6	17:00	23.7	14.6	685	C	W	864	910
	9:17	24	14.3	680	F	W	865	910
8. 7	16:52	23.4	14.4	678	C	W	860	910
	8:20	23.8	14.3	683	F-C	W	868	910
8. 8	17:10	24.3	14.4	681	C	W	864	910
	8:11	24.5	14.1	676	F-C	W	864	910
8. 9	17:07	24.8	15.2	699	C	W	869	909
	8:41	23.3	14.7	694	F	W	874	910
8. 10	16:30	23.6	15.4	706	F	W	873	908
	9:20	27.5	15.4	706	F	C	873	910
8. 11	17:03	22.4	15	701	F	C	876	910
	9:05	22.5	15.3	709	F	C	879	910
8. 12	17:00	25.1	15.1	713	F	C	889	908
	8:37	24.1	14.9	706	F	C	884	908
8. 13	17:02	23.9	15.9	727	F	C	888	908
	9:05	23.7	16.6	730	F	C	877	910
8. 14	18:08	23.3	15.5	715	R	C	882	907
	9:20	20.4	15.5	702	C	C	866	909
8. 15	17:00	24.7	16.1	739	C	C	899	908
	8:19	23.2	15.8	714	F-C	C	875	910
8. 16	17:01	26.9	16.4	747	R	C	902	908
	8:06	23.8	15.4	704	F	C	871	910
8. 17	16:52	24.5	16.7	753	F	C	902	912
	9:14	26.5	16.6	759	F	C	912	912
8. 18	16:48	25.1	16.8	751	F	C	898	912.5
	8:30	23.5	16.1	754	F	C	917	912
8. 19	17:30	24.5	15.9	736	F	C	899	911
	8:54	24.2	16.3	747	F	C	904	912
8. 20	17:05	22.9	16.4	748	F	C	903	910
	8:40	22.0	16.6	752	F	C	903	911
8. 21	17:00	23.4	16.2	752	F	C	912	909
	8:34	22.9	16.1	734	F	C	892	908
	17:13	23.4	16.7	717	C	C	859	905

月・日	時間	気温 ℃	水温 ℃	電導度 μs/cm	天候	川の色	電導度(25℃) μs/cm	気圧 mb
1984. 8. 22	8:40	24.5	17.3	775	C	P. B	916	898
	16:33	21.7	16.8	742	F	W. B	887	899
8. 23	8:38	22.8	15.1	734	C	C	915	905
	16:35	18.0	14	707	R	C	906	906
8. 24	8:23	20.3	13	696	F	C	915	909
	16:49	21.0	15.3	736	F	C	913	
8. 25	8:53	21.2	14.9	733	F	C	918	911
	17:07	24.3	15.6	754	F	C	928	910
8. 26	8:25	23.8	15.2	736	C	C	915	910
	17:05	22.5	15.8	751	C	C	920	911
8. 27	8:41	19.9	17.1	460	R	B	546	909
	17:05	20.5	15.6	936	C	B	1152	910
8. 28	9:30	24.2	16.7	864	F	P. B	1035	920
	17:05	23.1	15.2	824	C	P. B	1024	910
8. 29	9:10	21.5	14	768	F	C	984	910
	16:45	21.3	14.8	779	C	C	978	910
8. 30	8:56	20.0	14.8	765	R	G	961	910
	16:32	21.2	15.7	782	R	C	960	909
8. 31	9:08	19.3	14.4	756	F	W	959	910
	16:58	20.5	15.8	782	C	W	958	
9. 1	8:29	20.7	14.7	759	F	W	955	910
	16:48	23.8	16.3	790	F	W	956	908
9. 2	8:15	19.8	14.2	746	R	C	951	908
	16:20	20.6	15.1	730	R	W	910	908
9. 3	8:25	21.5	14.8	733	R	P. B	920	906
	17:07	21.3	16.1	796	R	W. B	968	906
9. 4	9:17	18.6	14.3	786	R	B. B	1000	907
	17:23	16.9	16.2	503	R	B. B	610	906
9. 5	9:12	19.0	13.8	748	C	B	963	909
	16:57	16.0	13.3	743	C	W. B	969	910
9. 6	9:28	16.6	13.3	742	F	W	968	912
	16:52	17.7	12.8	736	F	W	973	912
9. 7	8:40	16.0	12.4	721	C	C	963	913
	16:46	18.4	13.7	751	C	C	970	912
9. 8	8:32	15.6	12	700	C	C	945	912
	16:52	18.7	12.4	691	F	C	923	910
9. 9	8:13	15.8	12.5	697	R	C	929	906
	17:49	14.2	13.1	654	R	B	858	902
9. 10	8:50	16.7	13.5	700	R	B	909	902
	16:43	17.7	13.7	712	R	W. B	919	904
9. 11	8:53	17.3	13.8	695	C	W	895	904.5
	16:58	17.2	12.4	692	F	W	925	904
9. 12	8:17	13.7	11.2	678	C	W	936	907
	16:31	16.6	11.8	683	F	W	927	908
9. 13	8:16	14.1	11.7	677	C	W	922	909
	16:33	15.9	12.8	700	C	W	925	908
9. 14	8:45	16.5	12	654	R	B	883	909
	16:47	16.8	12	683	C	B	922	910
9. 15	8:40	16.0	11.7	677	C	W	922	910
	16:45	17.8	13.3	723	C	W	943	914
9. 16	9:10	17.0	12.5	703	C	G	937	912
	16:25	16.8	13.9		R	B	0	912
9. 17	9:15	17.3	13.1	680	C	W	892	912
	16:35	15.3	12.3	689	C	W	923	912
9. 18	9:07	15.3	12	686	C	W	927	912
					C		0	
9. 19	8:14	15.7	12.4	702	C	C	938	911
	16:53	16.9	13.2	717	C	C	938	911
9. 20	9:25	18.3	12.4	704	C	C	941	914
	16:36	16.2	12.3	683	R	W	915	914
9. 21	9:04	20.1	12.8	706	F	C	933	916
	16:18	16.2	12.7	712	C	C	944	915
9. 22	8:42	14.1	11.3	696	F	C	958	916
	16:35	16.1	12.6	708	C	C	941	914

月・日	時間	気温 ℃	水温 ℃	電導度 μs/cm	天候	川の色	電導度 (25℃) μs/cm	気圧 mb
1984. 9. 23	8:40	16.2	11.3	695	F	C	957	914
	16:23	15.9	12.3	714	F	C	957	912
9. 24	8:38	14.4	10.4	682	F	C	963	
	16:50	17.9	12.5	712	F	C	949	911
9. 25	7:12	13.7	10.4	672	F	C	949	912
	17:37	16.6	11.7	694	C	C	945	911
9. 26	8:38	14.1	10.6	675	C	C	948	914
	17:14	13.0	9.1	651	C	C	954	
9. 27	9:02	11.2	8.6	645	F	C	959	919
	17:25	13.0	9.5	658	F	C	953	918
9. 28	9:00	14.4	9.1	658	F	C	964	918
	16:25	13.6	11	690	F	C	958	916
9. 29	11:48	16.8	14.4	752	F-C	C	954	914
	16:52	15.6	11.7	704	R	C	959	912
9. 30	9:58	16.5	12.6	731	C	C	972	913
	16:00	18.7	13.5	743	C	C	964	910
10. 1	9:10	17.0	12.5	728	F	C	970	912
	16:35	16.9	12.6	714	F	C	949	912
10. 2	9:53	18.3	13	736	F	C	968	912
	17:07	17.7	12.3	719	F	C	963	912
10. 3	9:22	17.7	15.2	433	R	B	538	906
	16:05	11.2	9.6	454	R	B	656	906
10. 4	9:55	15.1	13.8	860	F	W	1108	909
	16:30	14.5	10	253	F	W	361	908
10. 5	9:09	12.7	11.8	667	C	W	906	912
	15:29	14.9	11	660	C	W	916	913
10. 6	9:26	11.1	9.2	635	F	W	928	916
	16:35	13.0	10.2	641	F	W	910	915
10. 7	8:30	8.9	7.6	604	C-R	W	926	916
	16:17	8.7	7.2	597	C	W	927	906
10. 8	8:38	8.0	7.4	596	F	W	919	919
	16:50	8.8	8.8	616	F	W	911	919
10. 9	9:19	10.5	8.6	612	C	C	910	919
	16:21	11.1	8.8	614	C	C	908	918
10. 10	9:24	11.5	8.9	625	F	C	921	918
	16:25	12.5	9.2	619	F	C	904	918
10. 11	9:00	10.8	8.8	624	F-C	C	923	920
	16:57	12.0	9.3	623	F-C	C	908	
10. 12	9:12	13.4	10	650	C-R	C	928	918
	16:28	13.1	10.4	566	C-R	C	799	914
10. 13	9:23	13.7	10.5	661	R	C	930	911
	16:37	13.2	7.8	227	R	W	346	908
10. 14	8:55	12.4	10.1	619	R	W	881	909
	16:34	10.2	9.8	540	R	B	798	910
10. 15	9:10	8.5	7.3	599	F	W	927	
	17:08	5.5	7.7	609	F	W	931	918
10. 16	8:45	9.1	7.4	610	C-F	W	941	917
	16:48	11.8	8.7	632	C-F	W	937	918
10. 17	9:50	12.5	9.5	630	C-R	W, B	913	914
	16:56	12.6	7.7	223	C-R	W	340	910
10. 18	8:40	11.6	8.6	632	F	W	940	
	17:46	10.6	8.9	636	F	W	938	914
10. 19	9:30	9.7	9.3	645		W	940	916
	17:00	10.2	8.9	627		W	924	918

凡 例

天 候		色	
晴れ	F	透明	C
曇り	C	赤	R
		白	W
雨	R	暗	D
		茶	B
		灰	G
		濃い茶	BB
		薄い	P

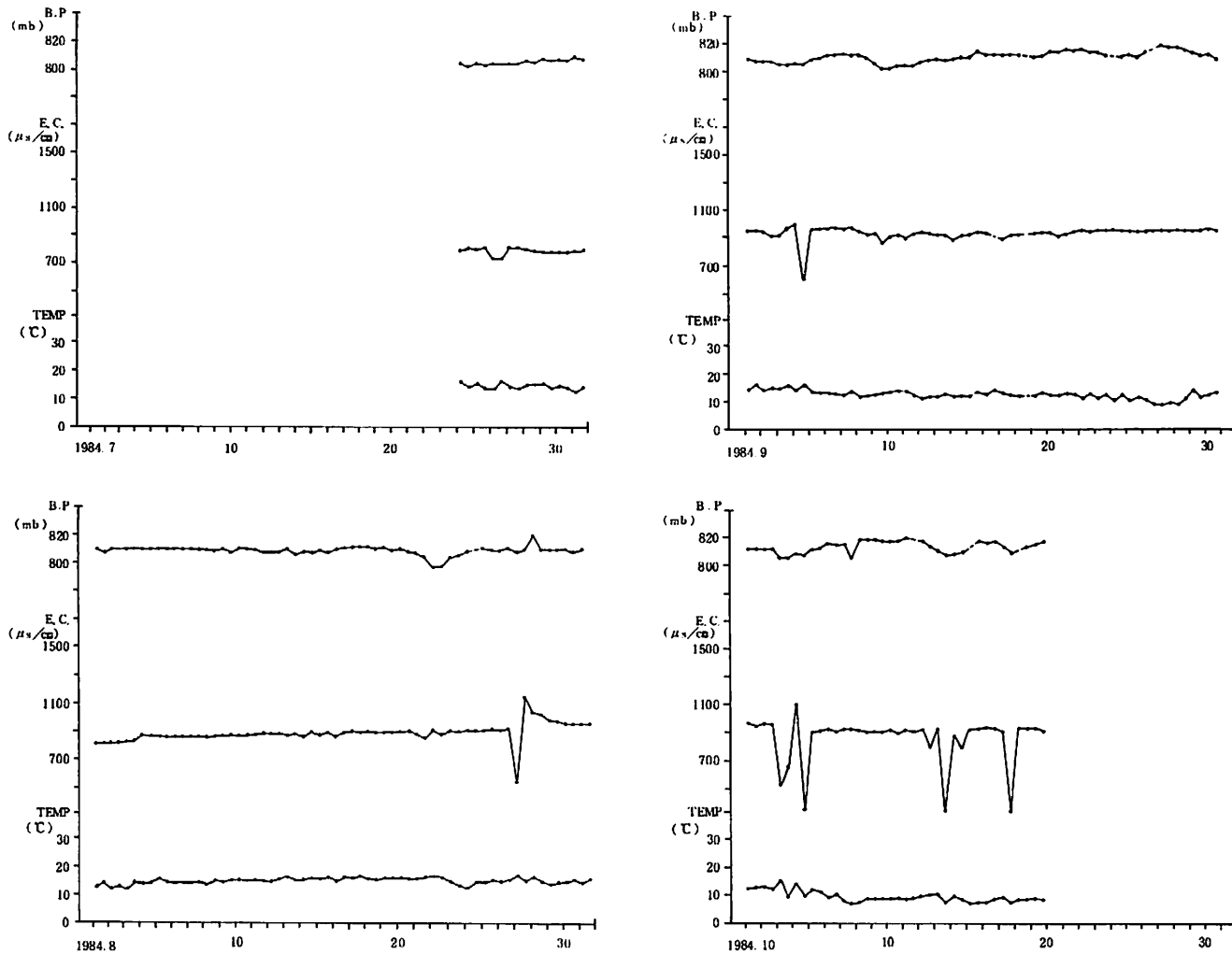


図-18 金山沢の水溫 (TEMP), 電導度 (E.C.) および氣圧 (B.P) の變化
Fig.18 Variation of water temperature and electrical conductivity
of the Kanayama river at Kanaya bridge

この土石流の発生状況についてはすでに述べたが、ここでは雨量、水質の変動に注目して発生機構を考察する。降雨中の16～17時には雨水の混入によって電導度が低下し、水温は上昇の傾向を示した。雨水の電導度は金山沢の河川水より常に低いが、この雨の温度は河川水より高かったと予想している。17時に雨足がやや弱まり、電導度は740 $\mu\text{s}/\text{cm}$ まで急上昇した。水温は16時44分に最高を記録した後やや低下の傾向を示した。19時14分源頭部付近で土砂崩壊によると思われる音がした。すでに雨はあがっていたが、再び観測を始めた。

観測再開直後の電導度は735 $\mu\text{s}/\text{cm}$ であり、17時の値と同じであったが、水温は7月の平均水温14.6 $^{\circ}\text{C}$ に近い14.3 $^{\circ}\text{C}$ に低下した。この時点に金谷橋の下を流下していた水は、おそらく、雨のない平常時にみられる湧水が大部分を占めていたと予想出来る。

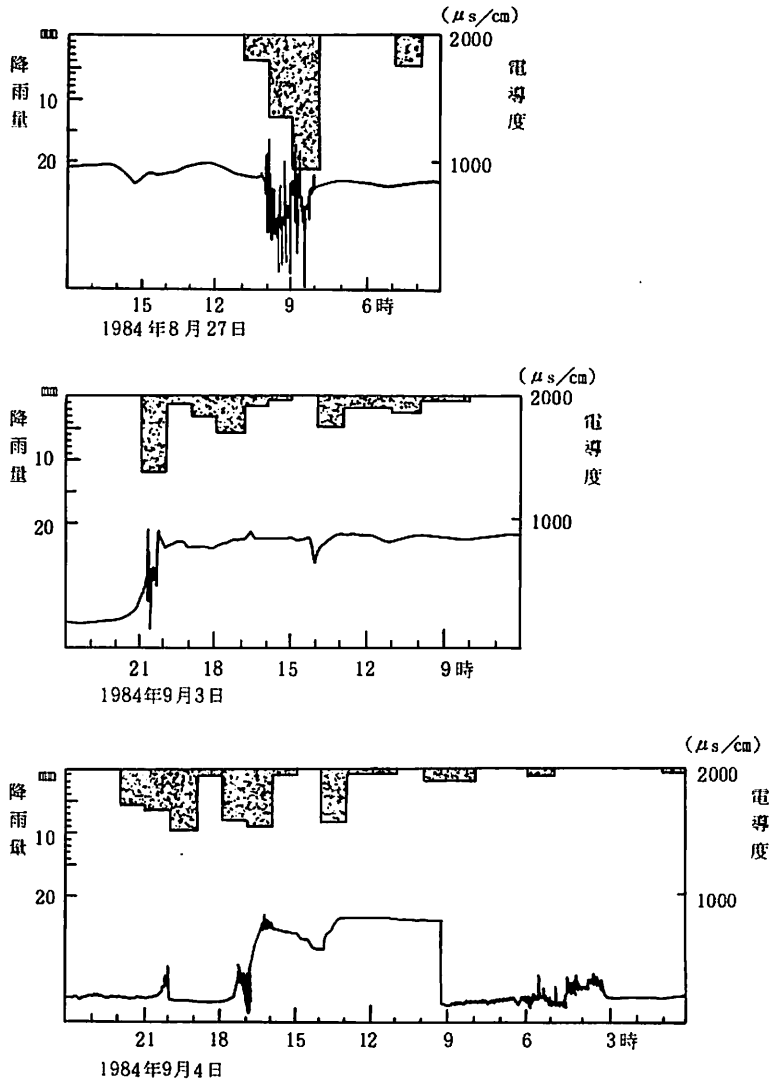


図-19 金山沢の沢水の電導度の連続記録
 Fig.19 Record of rainfall (upper part) and electrical conductivity of the Kanayama River water under Kanaya bridge

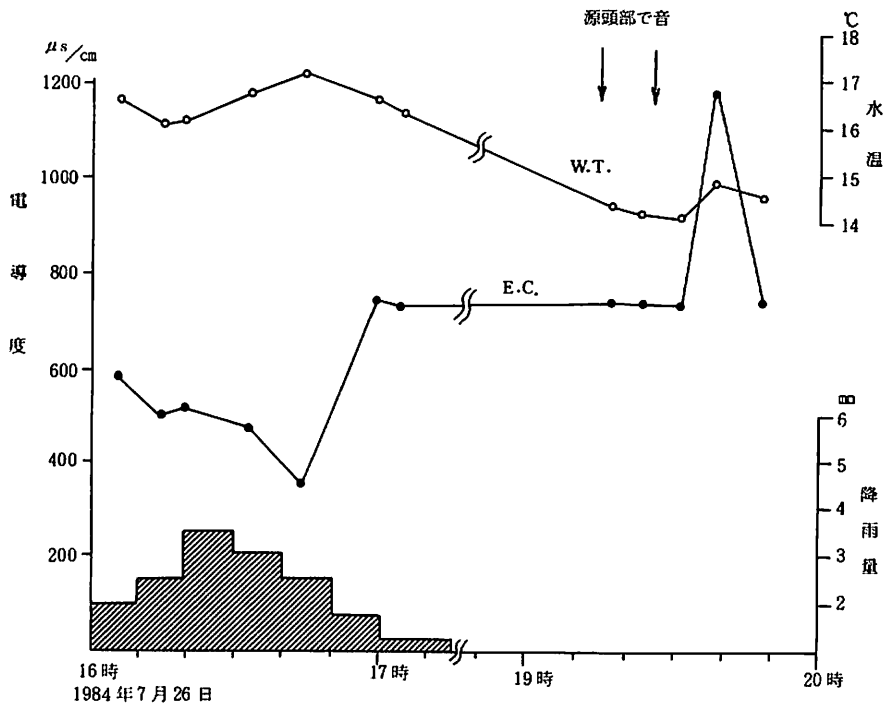


図-20 土石流発生前後の電導度 (E.C.), 水温 (W.T), 降雨量
 Fig.20 Electrical conductivity and temperature of river water and rainfall before and after occurrence of debris flow

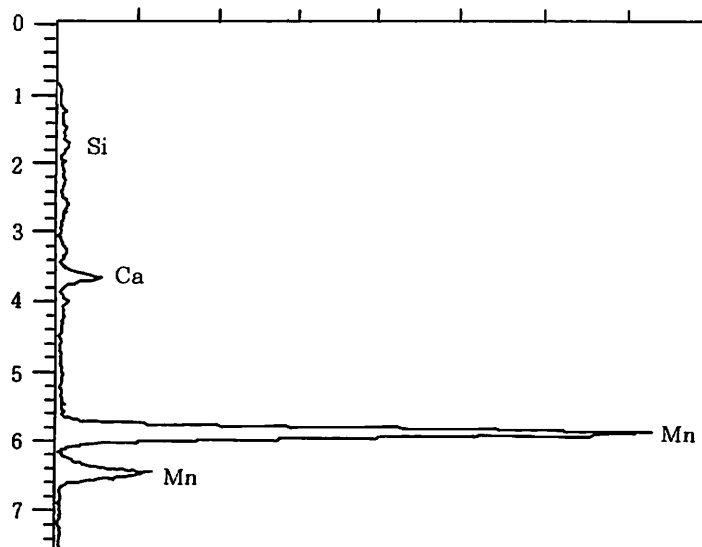


図-21 XMAチャート
 Fig.21 XMA chert of black material

19時24分に落石の音が聞こえ、橋の上から源頭部に水煙の発生が観察された。橋の下の水の濁りが強くなり、19時58分に電導度が1,180 $\mu\text{s}/\text{cm}$ と急上昇した。10分後には、電導度は739 $\mu\text{s}/\text{cm}$ に低下した。この間に水温が若干上昇した。

電導度が1,180 $\mu\text{s}/\text{cm}$ で、水温が平時より若干高い水が水煙りをともなって突出し、その際崩壊が生じ、土石流に転化したにちがいない。これらの現象が起こったのは雨が止んでから約1時間たってからであり、さらに、降雨時とは違った水が流れていることから、この土石流は、直接降雨によって生じたものではなく、地下水圧の変化が生じ、その結果古い滞溜水が突出して発生したと推定し得る。

3 水質変動の異常現象

金山沢の水の電導度測定はすでに4年続けているが、本年はじめて、センサーが黒褐色に着色する現象を認めた。この物質をけずりとしてXMAにより分析したところ(図-21)、主成分はMnで一部Caが含まれていた。従来と特に変わった湧水が入った様子もなく、主成分にも大差はないから、このMnの沈着の理由は今後の説明が必要である。

V 土石流警報装置について

降雨データと土石流発生・非発生についての資料を用い多変量解析をおこなった結果、降雨データのみでは、土石流発生群の降雨と非発生群の降雨を区別できないことが判明した(仲川, 1985)。さらに解析を進めるには、時間についてより高精度の降雨データが必要と考えられる。従来の観測システムでは、日巻の雨量計を使用し、さらに個々の観測機器が時計を内蔵しているために、土石流発生(センサー切断)の時間と降雨データや金山沢の沢水の電導度の変動等の記録について時間を分・秒の単位で一致させ、解析・検討することは困難であり、少なくとも、同一の時計を用い記録する観測システムが新に必要となった。

降雨データのみに基づいて危険度を判定する土石流警報システムの開発・設置が建設省により進められている。一方、金山沢においては沢水の電導度の変動によって、土石流予知のできる場合があることが指摘されている(青木ほか, 1983, 1984, 1985)。これらの点に留意し、パーソナルコンピュータを用い、土石流観測・警報システムを開発した。主な開発項目は次の通りである。

- ① 土石流発生及びその前の降雨データ、沢水の電導度の変動を同一の時計を用い前後関係を明確にする。
- ② 雨量計の時間の読み取り精度を向上させ、降雨データによって、土石流発生群の降雨と非発生群の降雨の区別が可能か否かを検討する。
- ③ 沢水の電導度の変動と降雨データによる土石流システムをめざす。当面は、警報を出すための条件(雨量、電導度の変動の限界値)を定める事と警報によって観測者が観測体制にはいることを目的とする。
- ④ 観測データをデジタル化し、解析・図化を容易にする。

1. システムの概要

1.1 ハードウェア

上記の目的を達成するように、図-22に示すシステムを作成した。パーソナルコンピュータにApple IIを選定した理由は、①新潟大学積雪地域災害研究センターには、既にApple IIのシステムが設置されており、観測データの解析・図化にフロッピーディスクに収められたデータをそのまま使用でき、故障の際にはシステムの差し替えができる。②Apple IIには拡張スロットが多く、この種のシステムに転用し易い。③観測所に電源としてAC100Vが供給されていることによる。

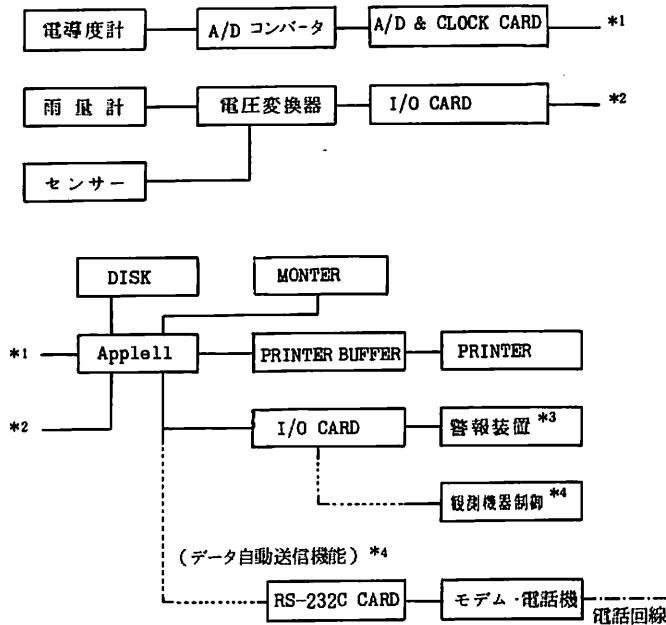


図-22 土石流観測・警報システム (*4 増設予定)

Fig.22 System for warning of debris flow

A/Dコンバータは7チャンネルの入力ができる12ビットタイプのものであるが、現在は1チャンネル(DC-4~20mA入力)のみ使用している。雨量計とセンサーに接続される電圧変換器は、雨量計用のDC12V入力、2チャンネルとセンサーに接続される無電圧接点入力12チャンネルからなり、接点入力信号があるとラッチされ、読み取り後リセットするようになっている。観測データは全てモニタの画面上に表示され、一定時間ごとにフロッピーディスクに収められる。プリンタは土石流発生時、ディスクにトラブルがあった時等に観測データを打ち出すためのものである。アナウンサータ出力には現在ブザーが接続されているが、リレーの増設によって警報装置(サイレン)の駆動が可能である(図-22の*3)。設置された雨量計やセンサー等とAC100Vラインはそれぞれ1個のコネクタで接続され、落雷等の緊急時には容易に切り離しができる。停電対策として、停電時にシステム全体が停止し、その後通電が開始されても操作しなければ、作動しないようになっている。

1.2 ソフトウェア

プログラムはBASIC (Applesoft II) を主体とし、一部はパーソナルコンピュータのモニターにある機械語のサブルーチンを利用している。無人時のトラブルやコンピュータに不慣れた観測者が使用する事を考慮し、強力なエラー処理ルーチンを組み込んだ事が特徴である。土石流警報は、過去の例を参考に、10分間雨量2mm、連続雨量15mm、電導度1000 μ s/cmのいずれかが値を超えると発令される(ブザーが鳴る)ように定めた。

2. 観測結果

1984年の8月14日から10月19日までの約2ヶ月間本システムを用いて観測を行った。雷・停電・調整等の短時間の中断を除いて、ほぼ連続的に使用したが、著しいトラブルを生じることなく、雨量・金山沢の沢水の電導度の観測を行うことができた。しかしながら、今年度は土石流が発生しなかったため、土石流発生条件の決定および警報装置としての有効性を検討することはできなかった。

文 献

- 青木 滋・佐藤 修・藤田至則・茅原一也・霜鳥重雄・小田島一久・松沢 伸・鈴木幸治（1983）：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2－，新潟大災害研年報，5，1－32.
- 青木 滋・佐藤 修・霜鳥重雄・藤田至則・茅原一也・早川嘉一・小林裕幸・田村 尚・一条芳雄・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.
- 青木 滋・佐藤 修・霜鳥重雄・藤田至則・茅原一也・早川嘉一・鈴木幸治・五日市好則・北出一郎・加藤陽一・森田信介（1985）：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－，新潟大災害研年報，7，115－155.
- 橋本哲夫・樋口 靖・酒井裕二・佐藤 修・青木 滋・外林 武（1985）：湧水・地下水のトリチウム濃度の測定－姫川水系浦川流域および新潟地区水溶性天然ガス井からの天然水中のトリチウム濃度－，新潟大災害研年報，7，163－172.
- ・樋口 靖・酒井裕二・仲川隆夫・青木 滋・佐藤 修（1986）：地すべり多発地帯からの湧水中のトリチウムと溶存イオン濃度の年間変動－姫川水系浦川流域金山沢について－，新潟大災害研年報，8，
- 池田伸俊（1985）：浦川地域の地質と斜面崩壊について，新潟大学理学部地鉱科卒論（手記）.
- 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，地理評，37，477－487.
- 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，新潟大災害研年報，7，157－162.
- 渡辺正幸（1984）：浦川流域における1911年巨大崩壊と現在の砂防計画，地形，5，215－230.
- 横山又次郎（1912）：長野県小谷村視察報告，地学雑誌，24，608－620.