

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—

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^{*}

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

—part 2—

by

Shigeru AOKI, Osamu SATŌ, Yukinori FUJITA, Kazuya CHIHARA,
Shigeo SHIMOTORI, Kazuhisa ODAJIMA, Shin MATSUZAWA and
Kōji SUZUKI.

(Abstract)

This second paper as continued first paper (AOKI et al 1982) deals with the results of research in the Ura river basin carried out in 1981. The results can be summarized as follows:

1. Pyroclastic deposits exposed along the Kanayama river were hitherto recorded as the sliding mass from mt.Hieda in 1912. From our studies, these deposits are not the sliding mass but are the lowerest part of the andesite group exposed at the cliff of mt.Hieda, (Fig.1)
2. From the water content and consistency of soils, three types of soil can be recognized in this area. The soil of sliding mass occurred in 1981 (Fig.10 and Photos 11~16) belongs to the A-type as shown in Fig.3.
3. From the chemical analyses of spring water, the surveyed area is divided into 9 zones as shown in Fig.6.
4. During about 50 days in 1981, we could observe several debris flows by T.V. as shown in Fig.7, Table.2 and Phot.1. The observed data clearly shows the interrelation between the features of rain fall and occurrence of debris flows (Figs.8 and 9.)
5. In 1981, abnormal change of patterns of electrolyte of river water was observed during rain fall or before occurrence of debris flows as shown in Fig.11 to 16.

I まえがき

第一報（青木ほか、1982）につづいて、今回は昭和56年度に行なった調査・観測結果についてのべる。斜面崩壊の危険度については、前回の調査地域を再検討した結果、稗田山の大崩壊による土石流堆積物といわれているものについて、従来と異なる知見を得た。土石流については、TVカメラによる観測、雨量観測を行なったが、観測に入る前に、源頭部斜面に地すべりが発生し、それにともなう

* 新潟大学積雪地域災害研究センター, ** 新潟大学理学部, *** 新潟大学農学部,

**** 元新潟大学工学部（学生）

土石流が、姫川合流点にまで達した（昭和56年5月12日）。今回は、これに関して地すべり地の調査が行なわれた。また、前年度に気がついた土石流通過前の河川水の水質変化をくわしくたしかめるため、河川水の電気電導度の連続観測を行なった。

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、新潟大学農学部早川嘉一、森口康弘、渡辺淳一、堀川光久の諸氏に心から御礼を申し上げる。なお、報告のまとめは、青木、佐藤、霜鳥が行なった。

Ⅱ 斜面崩壊の危険度について

前回では、浦川流域一帯の地形、地質、地下水を調査し、崩壊危険地帯の概略の指摘を行なった。今回はそれらの結果にもとづいて、地域をしばった調査を行なった。昭和56年5月12日の土石流発生を考慮して、主に金山沢上流域の調査を行なったが、調査は、完全に終了してはいない。ここに中間的な結果を報告する。

1. 稗田山崩壊斜面

前回の報告で③とした斜面で、1911～12年に大崩壊をした斜面である。この斜面は、金山沢源頭部にくらべると比較的安定していると判断されたが、昭和55年度の状況にくらべて、地下水の湧出下がみとめられたこと、8月23日の降雨時に斜面側で崩壊または落石の音がしたこと、離れ山的な一見不安定な岩塊が、斜面中、上方に存在していること、崩落すると、観測小屋に影響を与えること等を考慮して調査を行なった。その結果、規模の大きい崩落はおきておらず、離れ山状の地形も、根があることがわかった。しかし、昭和56年には、それまではっきり気がつかなかった地下水湧出が、1ヶ所ではあるが、無降雨時にもみとめられる等、地下水の何らかの変化が生じた可能性はのこされているため、今後も、定期観察によって斜面上の変化に注意する必要がある。

2. 稗田山一石坂部落中間斜面

前回報告の②の斜面で、現状では安定しているが、将来稗田と同規模の崩壊が発生する素因のあるところである。昭和56年度には、ボーリングと各種観測を実施する予定であったが、5.12災害発生のため延期された。昭和56年度では、斜面下方のわさび畑の湧水地点付点で、間げき水圧（協和電業KK、3ヶ月巻）の連続測定を行なった。測定器は湧水近くの水路底の粘土中の深さ30cmのところに設置して7月27日より測定を開始した。当初、記録計の調子が悪く、8月15日までの期間の記録は、欠測に近いものであった。8月15日から9月4日、9月20日から9月27日までの記録では、水圧の日変化がみとめられた。相対的には、午前6時頃から、水圧が徐々に高くなり、日によって異なるが、10時から14時の間に最高値を示し、再び20時頃までの間に水圧が低くなる。日によっては、このような変化を示さない日もあった。8月の後半から9月にかけては、水圧の最高が、午前2時～6時の間に存在している。降雨などの気象条件との関係についてはよくわからず、計器自体にも若干問題があるので、今後さらに検討をすすめる予定である。

3. 金山沢上流一源頭部地域

前回の報告書の④の地域及び金山沢沿いの地域で、5.12の土石流の発生や、前述したように谷壁部に多発する小崩壊などでも示されるように、今後の砂防計画上重要な地域である。地質の精査結果はまだ完了していないが、今までの結果を図-1に示し、以下、いくつかの問題点を示しておきたい。

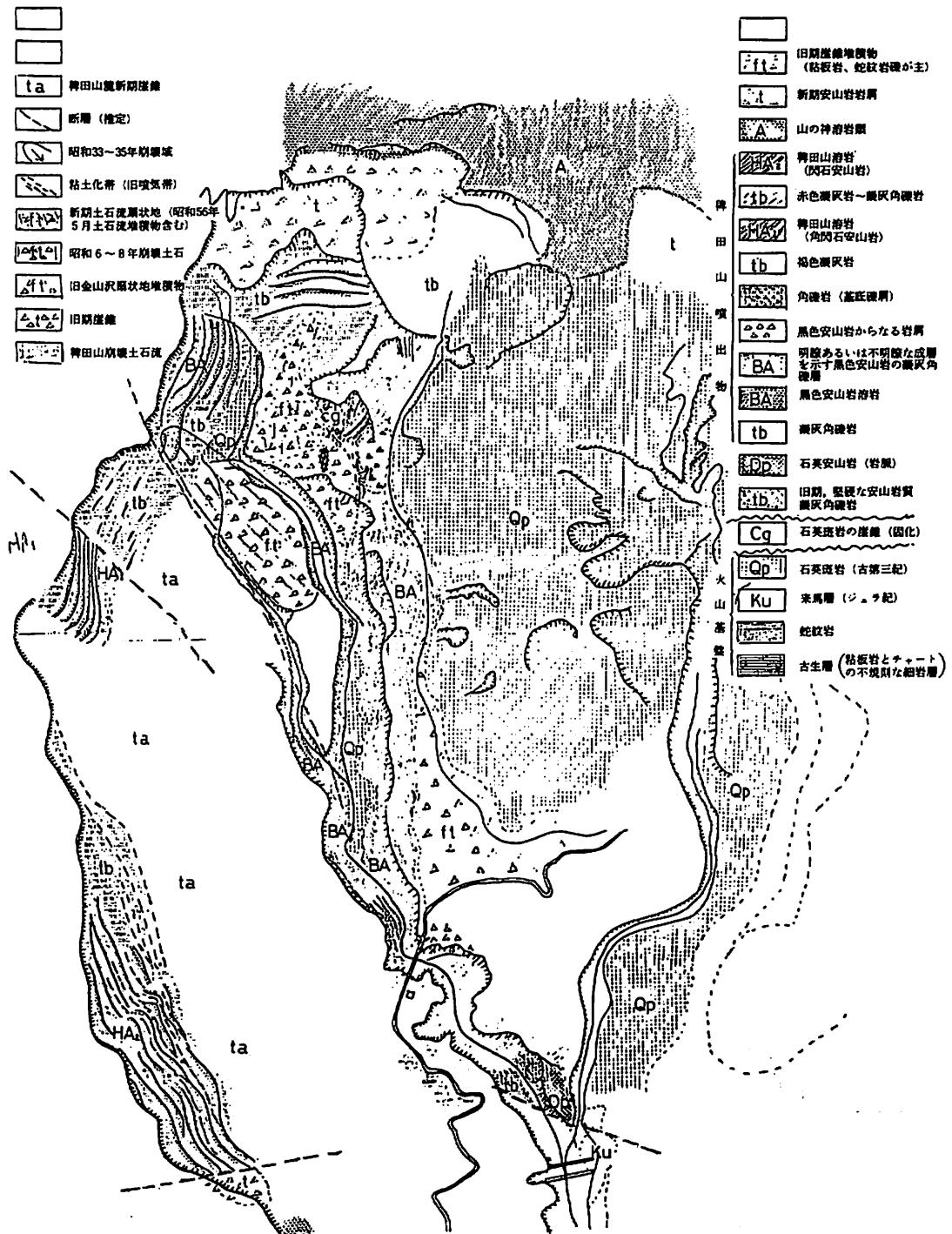


図-1 浦川・金山沢周辺地質図および崩壊堆積物分布図

Fig.1 Geological map along the Kanayama river

(1) 金山沢谷壁沿いの地質

金山沢沿いの地質は、前回では、稗田土石流堆積物、石英斑岩の分布を指摘しておいたが、土石流堆積物としたものに、かなり連続した安山岩熔岩層がみられることなどから、単純に稗田の大崩壊に由来する土石流堆積物とするには疑問がでてきた。また、やや上流域に旧河床堆積物と思われる礫層も観察された。これらの“土石流堆積物”が1つのものではなく、一部は稗田の斜面にでている安山岩類と同一のものがあり、それを被っていくつかの土石流または崩落ブロックがあるのか、いまだ明確な結論はでていない。金谷橋より上流部の谷壁崩壊や、砂防ダム築造計画を考える上に重要なので今後さらに精査をつづける予定である。

(2) 源頭部付近の地質

この付近一帯の地質は、前回の報告では稗田斜面に露出する中部安山岩類が連続して分布し、硫酸型の水によって強度に変質をうけた地域とした。しかし、源頭部一帯の斜面の上部には、厚さ数mと推定される褐色崩土が被っており、これらを欠く稗田斜面の安山岩類と同一のものかどうか疑問になった。これらの地帶、安山岩類の岩質、構造、変質状況については危険なため精査の機会が得られなかつた。また、古い噴気孔のあとと思われる変質帯も一部でみとめられていることや、この地域の変質、風化に後で述べるように、黄鉄鉱の微生物酸化の関与がわかつてきしたことから、旧噴気孔の跡という観点から精査をし直し、崩壊も含めて土砂生産特性を検討したい。

(3) 土質特性

崩壊に関係ある土の土質特性をみるために、金山沢流域でサンプリングを行ない、土の真比重、自然含水比、液性限界、塑性限界と粒度を求めた。比較のために5.12土石流を含め、河床堆積物のサンプリングと試験を行なった。サンプリング位置は図-2に、試験結果は表-1に示してある。

表-1 土 質 試 験 結 果

Table.1 Results of soil tests.

| 地点 | 試 料 | 比 重 | 自 然 含水比 | 修正 含水比 | L.L. | P.L. | I.P. | レキ分 | 砂 分 | シルト分 | 粘土分 | 粘土鉱物 |
|----|-------------|-------|------------|-----------|-------|-------|-------|-----|-----|------|-----|-------------------------|
| 2 | 5.12 土石流 | 2.774 | 32.3% | 56.2% | 51.7% | 28.4% | 23.3% | 41% | 36% | 13% | 10% | モンモリロナイト α-クリストベライト |
| 3 | 5.12崩土の赤色土 | 2.714 | 53.1 | 77.5 | 61.6 | 39.9 | 21.7 | 22 | 42 | 22 | 14 | モンモリロナイト-カオリין 混合層粘土 |
| 4 | “ 灰 色 粘 土 | 2.807 | 23.7 | 26.3 | 59.0 | 32.1 | 26.9 | 3 | 58 | 24 | 14 | モンモリロナイト |
| 5 | 5.12 以前の土石流 | 2.748 | 14.5 | 13.8 | 39.2 | 23.7 | 15.5 | 33 | 47 | 13 | 7 | - |
| 6 | 河床の粘土まじり砂 | 2.848 | 33.7 | 41.0 | 30.5 | 21.5 | 9.0 | 16 | 51 | 27 | 6 | - |
| 7 | 斜面崩土 | 2.801 | 20.1 | 28.8 | 39.0 | N.P. | - | 29 | 52 | 12 | 6 | - |
| 8 | 5.12 土石流 | 2.708 | 29.4 | 48.5 | 51.6 | 29.0 | 22.6 | 32 | 46 | 11 | 12 | - |
| 9 | 斜面崩土 | 2.859 | 13.9 | 11.6 | 36.3 | N.P. | - | 35 | 51 | 11 | 3 | - |
| 10 | 旧土石流(上部) | 2.721 | 48.6 | 50.0 | 73.8 | 31.5 | 42.3 | 0 | 10 | 65 | 25 | - |
| 11 | “ (下部) | 2.744 | 35.2 | 47.6 | 57.8 | 30.2 | 27.6 | 20 | 35 | 27 | 18 | - |
| 12 | 5.12 前土石流 | 2.764 | 21.5 | 35.3 | 39.6 | 22.2 | 17.4 | 51 | 33 | 10 | 6 | モンモリロナイト クロライト |
| 13 | 河 床 砂 | 2.762 | 39.1 | 68.6 | 34.5 | N.P. | - | 6 | 82 | 6 | 6 | - |
| 14 | 灰 色 粘 土 | 2.808 | 19.4 | 24.2 | 29.8 | 12.9 | 16.9 | 33 | 37 | 18 | 12 | - |
| 15 | 5.12 土石流 | 2.783 | 28.2 | 44.3 | 46.7 | 25.6 | 21.1 | 31 | 45 | 15 | 9 | - |

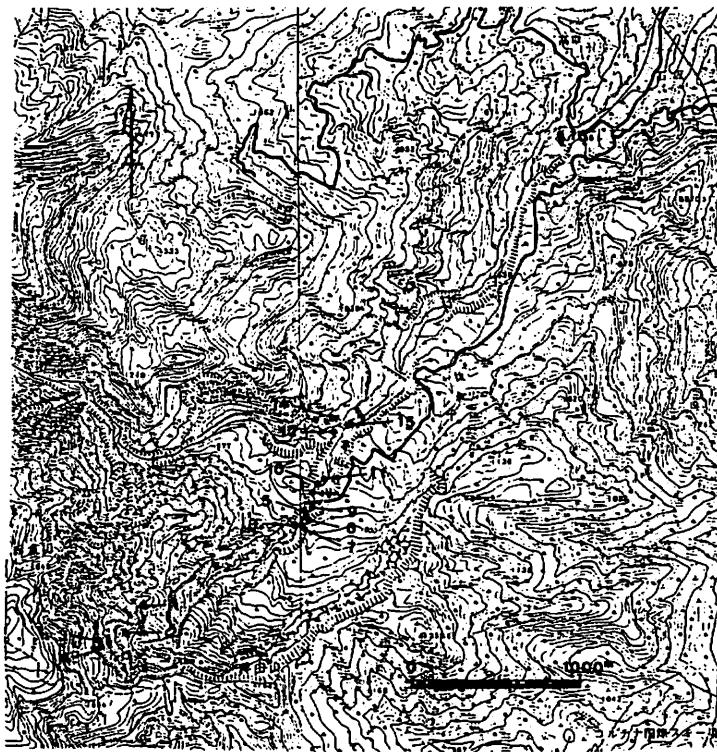


図-2 土質試験用サンプリング位置図

Fig.2 Sampling localities for soil tests.

この地域では、不かく乱試料の採取が困難で、力学的特性を得ることはむずかしいので、ここでは主として自然含水比とコンシステンシー特性を検討する。

J I S A 1205-70で求める液性限界は、0.42mm以下の土粒子について測定されるものであり、一方、自然含水比は、0.42mm以下の粗い粒子を含めて測定されるものである。土の液性限界は、粗粒子の含有量の増加とともに低下することが知られているが、粗粒子を多く含む自然土についての試験はむずかしいので、0.42mm以下の自然含水比を推定し、修正含水比とした（小川、青山、1978）。

全体の土の自然含水比を w_n 、0.42mm以下の土粒子の自然含水比を w_1 、0.42mm以上の土粒子の自然含水比を w_2 とし、各々の部分の土粒子の重量を W_n 、 W_1 、 W_2 とすると、

$$W_n \cdot w_n = W_1 \cdot w_1 + W_2 \cdot w_2$$

となり、0.42mm以下の土粒子の自然含水比は、

$$w_1 = \frac{W_n}{W_1} \cdot w_n - \frac{W_2}{W_1} \cdot w_2$$

で表わされる。ここに $W_n = W_1 + W_2$ である。

粒径加積曲線から、 W_n/W_1 、 W_2/W_1 は容易に求められ、 $w_2 = 15\%$ と仮定して求めたのが表-1 の修正含水比である。

修正自然含水比と液性限界の関係をみると、図-3 のようになり、0.42mm以下の土粒子の自然含水比が、A) 液性限界より高いグループ、B) 液性限界に近いグループ、C) 液性限界より低いグループ、に大別される。

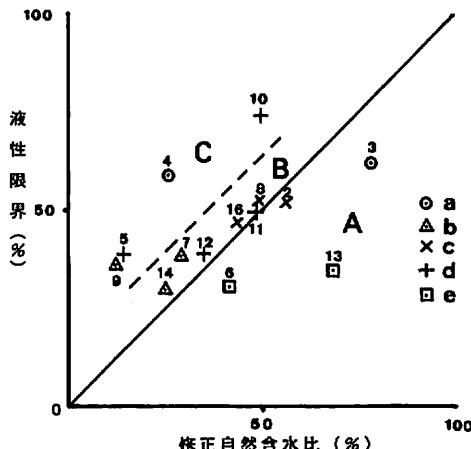


図-3 修正自然含水比と液性限界との関係
 a:5.12崩壊地 b:谷壁斜面
 c:5.12土石流, d:5.12前の土石流
 e:河床土

Fig.3 The interrelation between natural water content and consistency of soils

カオリン混合層粘土より成っている。モンモリロナイトがカオリン鉱物化したことは、かなり古い時代の風化によるものかも知れない。

4. 金山沢 浦川右岸側一帯の湧水 表流水の水質

金山沢右岸側一帯の水質は、昭和55年の調査結果から、アニオンの組成により、重炭酸型、硫酸・重炭酸型、硫酸型に分類した。重炭酸型は中部安山岩地帯（B区）の湧水、硫酸・重炭酸型は金山沢右岸の金谷橋より上流の地域の崩壊岩塊中からの湧水（H区）、硫酸型は、金山沢の上流部の湧水（E区）に相当していた。硫酸型、硫酸・重炭酸型の水の塩類濃度は高く、E区、H区では活発な化学風化が起っていると結論した。

各水質の形成の過程については、ほとんど研究が進んでいない。E区の硫酸型の水の硫酸イオンの生成については、黄鉄鉱の微生物酸化が関与していることはあとで述べる。B区とH区の水質の形成過程についてはまだ何も解っていない。本年は、B区とH区の分布を一層詳細に検討し、特に、E区の水の由来について知見を得ることを目的として調査を進めた。前回の報告で述べたように、E区の水質と崩壊との間に関係があるとすれば、中部安山岩地帯の未崩壊地帯の水質の調査により、この地域の崩壊の危険度についての新しい知見を得ることができるはずである。

(1) 調査地域と方法

金山沢、浦川の右岸側の図-4の地点で現地での電気伝導度、水温の調査および化学分析用の採水を行なった。次の3地域の湧水、沢水に調査の重点をおいた。

- (1) 金山沢中流域から浦川橋までの右岸側の河床近くの湧水と同区間に流入する沢水。
- (2) 金山沢右岸テレビカメラ設置場所への登山道に利用されている沢（以下テレビカメラへの沢と略す）の沢水と湧水。
- (3) 金山沢と稗田山の滑落崖との間の“土石流堆積物地帯”の湧水と沢水。

調査、分析方法は前回の報告と同じである。

定性的には、Aグループは流動化しやすいものと考えられ、ここでは、5.12崩壊の赤色崩土（3）と、流下堆積物（2）、河床堆積物（6.13）である。Bグループには、5.12土石流堆積物（8.16）、谷壁の崩土（7.14）5.12前の土石流（11.12）、Cグループには、5.12地すべり地の灰色粘土（4）、5.12前の土石流（5.10）、谷壁斜面（9）がある。なお、No.3の粘土の自然含水比は、前述したように、塑性限界以下である。

サンプル数が少ないので、これ以上のコメントはさしつかえたいが、修正自然含水比と液性限界の関係は、斜面崩壊危険度の判定の1手段として利用できる可能性がでてきたと考えられる。

また、5.12崩壊地の灰色粘土（4）、5.12土石流（2）、5.12前の土石流の粘土鉱物は、モンモリロナイトを主とするが5.12崩壊地の赤色崩土は、モンモリロナイト一

カオリン混合層粘土より成っている。モンモリロナイトがカオリン鉱物化したことは、かなり古い時代の風化によるものかも知れない。

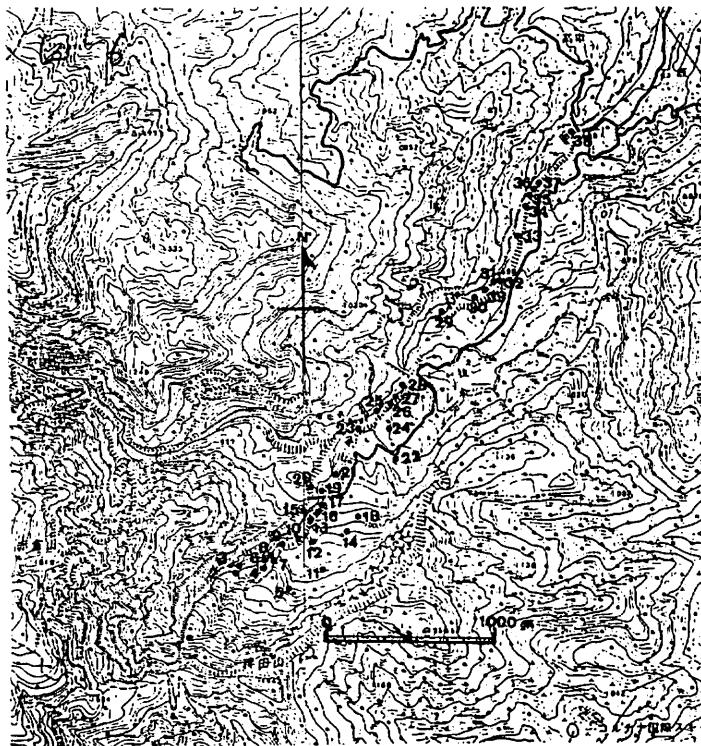


図-4 昭和56年水質調査地点

Fig.4 Sampling localities for chemical analyses of water.

(2) 水質と分布

水の分析結果はヘキサダイヤグラムとして図-5に示した。図中の番号は、図-4の採水地点と対応している。

今回の調査地域の水をアニオンにより、重炭酸型（アニオン中の重炭酸イオンの寄与が50%以上の水）と硫酸・重炭酸型（硫酸イオンの寄与が40%以上で、重炭酸イオンの寄与が49~15%の水）、硫酸型（硫酸イオンの寄与が80%以上の水）に分類した。

① 重炭酸型：11, 14, 16, 19, 32, 33, 37, 38。これらの水は、稗田山の沢水，“土石流堆積物”上の沢水、湧水で、昨年の調査のB区とほぼ一致する。水量は比較的多い。

硫酸・重炭酸型：5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 36, 39。表流水は5, 8, 18, 20, 21, 22, 28で、その他は湧水である。8は4に6と7が混合した水である。湧水はいずれも、金山沢、浦川右岸側の堆積物あるいは基岩のわれ目から湧出しており、水量は多い。

② 硫酸型：1, 2, 3, 4, 23, 26, 27, 35。この型の水の分布は2つに区分される。1群は金山沢のテレビカメラへの沢の上流部の水1、下流部の水4、およびこの沢より上流部に位置する基岩よりの湧水2、同じ位置の金山沢本流の水3で比較的水量が多い。2群は堆積物から浸み出すよう湧出する水、23, 26, 27, 35で水量は少ない。1群は重炭酸イオンの寄与が極めて小さいのに対して、2群は数パーセントの寄与がある。

以上の各型の湧水地点と、沢水の流域とを考えると、各型の分布は図-6に示したようになる。

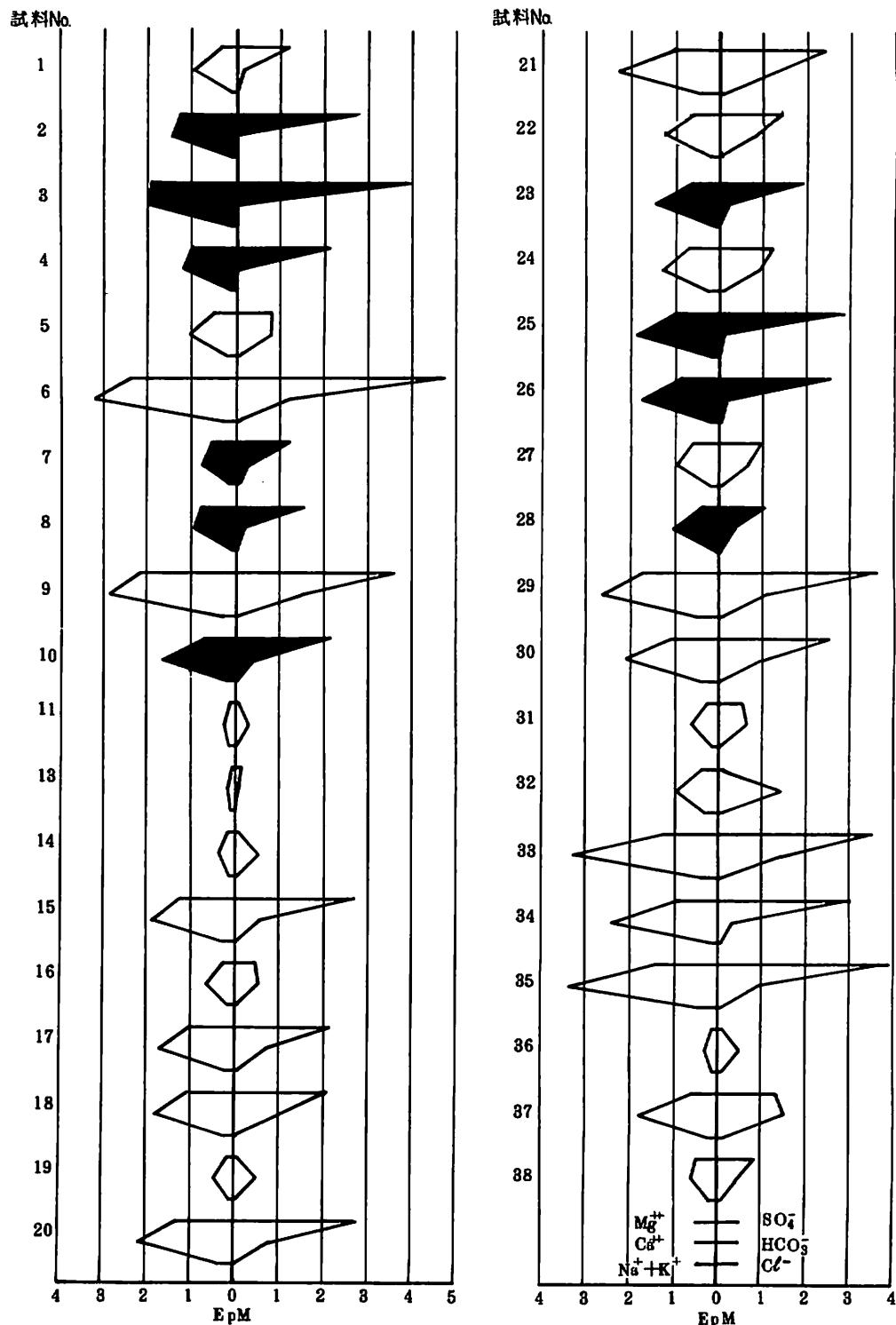


図-5 水質のヘキサダイヤグラム（黒は1／5縮小）

Fig.5 Hexadiagram of major ion constituents of water.

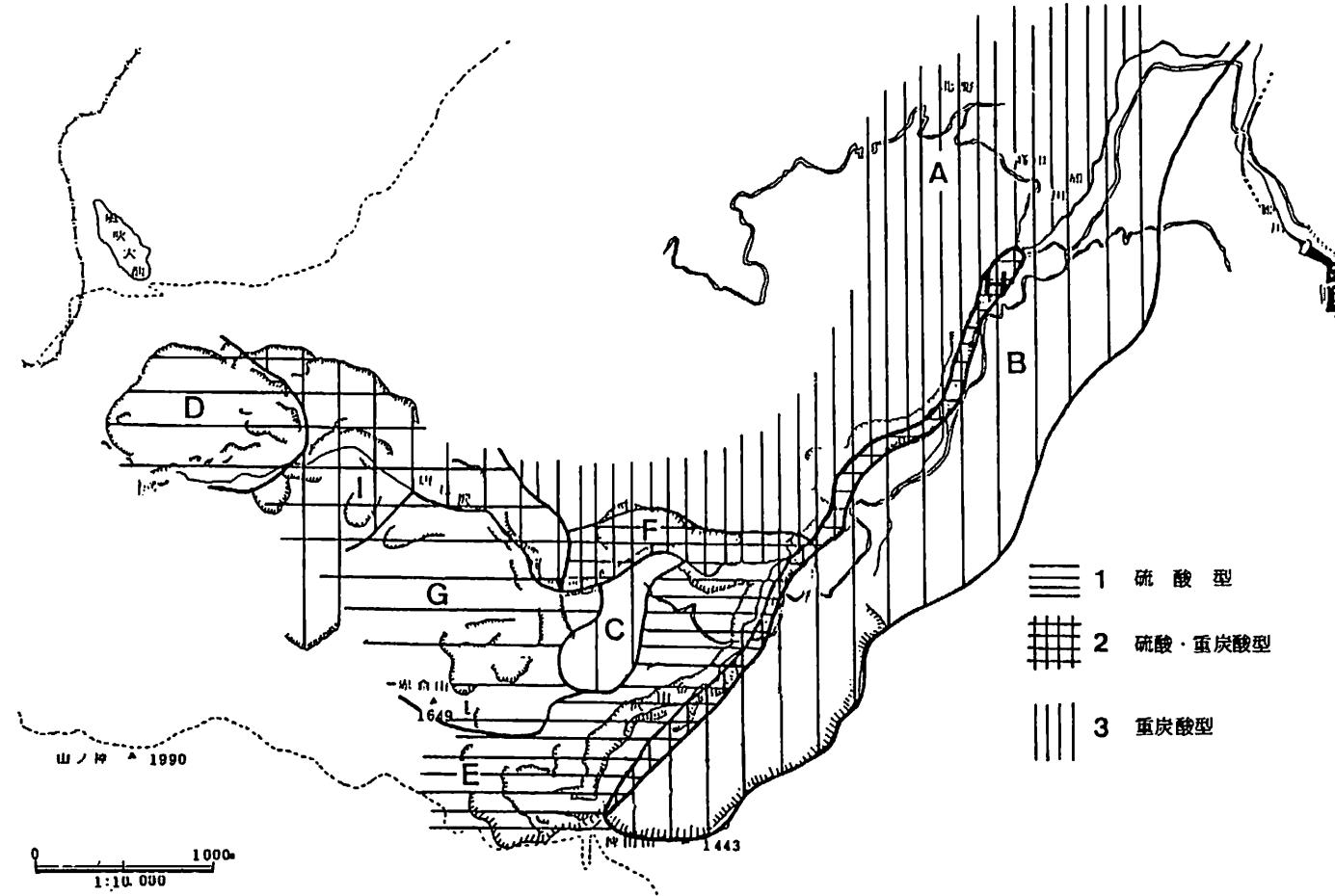


図-6 浦川流域地下水の水質

1 : 硫酸型 2 : 硫酸重炭酸型 3 : 重炭酸型

(A～Iは区域の名称である。詳細は青木ほか(1982)参照のこと)

Fig.6 Distribution map of 1:sulfate, 2:sulfate-bicarbonate and 3:bicarbonate type ground water in the Ura river basin.

酸性硫酸型の水の分布するE区は、テレビカメラへの沢の左岸側より上流に分布し、この沢がB区とE区の境界になっている。ただし、この沢の金山沢への合流点の直上で6、7の硫酸・重炭酸型の水がみられたように、金山沢の河床附近では、すなわち、堆積物の深部からは重炭酸イオンの多い水が出ることがある。

重炭酸型の水が主要なB区と、硫酸・重炭酸型のH区との境界は、E区とB区程明瞭ではない。図では堆積物の作る崖の下方10m程を目安にしてH区とB区の境界とすることにした。昨年と本年との最大の修正点は、H区が金山沢の中流域から浦川橋までの右岸一帯に広がったことである。

(3) 水質の特徴と崩壊の型について

① E区：硫酸型の水である。破碎された石英斑岩の割れ目に晶出している黄鉄鉱が酸化されて消失すると同時に、生成した硫酸が岩石を風化させるのであるから、岩石が次々と崩落して土石流の原因となる土砂を生産する。そのため、この地区では引き続き崩壊と土石流を繰り返すことになるであろう。

② B区：重炭酸型の水で、稗田山の未崩壊部、滑落崖の湧水、沢水である。この区の水は塩類濃度も低く、湧水地点も堆積物の浅い部分に位置している。地表近くで、大気および生物活動によって供給される炭酸ガスと水の作用による化学風化が起っている地帯である。6と32で硫酸イオンの寄与が大きくなっているのは、沢の流下の過程で一部少量のH区型の水の混入があるためであろう。

この区の水質から考えれば、この区の地表附近は特に化学風化が活発とはいえない。しかし、稗田山の崩落崖は、地形的に不安定な状態にあるから、化学風化の活発さとは関係なく、小規模な崩壊が発生するにちがいない。

③ H区：この区の水は硫酸・重炭酸型で代表されるが、一部、硫酸型の水が存在する。この区の硫酸イオン、重炭イオンの起源については、今回の調査でも手がかりはほとんど得られなかった。この区の水は稗田山の大崩壊と関係があると考えられている。今回の調査で、同じ水が未崩壊の稗田山と石坂部落の中間地域の下方部から湧出することが明らかになった。この地域の将来の崩壊の可能性を検討する上で有用な知見が得られたことになる。

この区の水の成因と、水の経路を明らかにすることが今後の課題である。現在までの調査では、硫酸・重炭酸型の水の出現する地域には、古い“土石流堆積物”が分布しており、この水が“堆積物”内部に由来している可能性も否定できず、中部安山岩地帯の風化に関係している水とは断言できない。したがって今後、この水の分布、水質変化を一層詳しく調査するとともに、未崩壊地でボーリングを行ない、ボーリング孔中の水の水質を検討することにより、“土石流堆積物”的影響のない水の性質を明らかにする必要がある。

5. 金山沢源頭部の土砂生産を促進する鉄・硫黄細菌

金山沢源頭部の湧水は大量の硫酸イオンを含み、多くがpH4程度の酸性を示す。硫酸の存在は、周辺における火山活動、または硫化鉱物の酸化を暗示している。金山沢の水の硫酸イオンの起源と、岩石の風化に及ぼす影響の究明が一帯の土砂生産量を推定するために必要である。

金山沢の河床には、黄鉄鉱の小結晶が礫の表面に晶出している例がみられ、この地区的硫酸イオンは黄鉄鉱の酸化により生成された可能性がある。調査地域内の大気の硫化水素、湧水中の硫化物イオンの調査により、唐松沢の源頭部には火山噴気に由来する硫化水素を認めたが、金山沢周辺からは検出できなかった。一方、黄鉄鉱の晶出した礫は、源頭部の石英斑岩が破碎されて出来たことを確認で

きた。したがって、金山沢湧水中の硫酸イオンは、唐松沢のような現在の火山活動が供給する硫黄ではなく、過去の活動により生成した黄鉄鉱に由来するものと推定できる。

金山沢から採集した礫から分離した黄鉄鉱について、硫酸の生成を観察した。礫、黄鉄鉱をポリエチレンビーカーに入れ、蒸留水を礫の半分が浸るまで加え、スチレンフィルムで覆をし、時々pHを測定しながら、14日間室温（23~30°C）に静置した。礫を浸した水のpHは、浸水時5.0~4.2であったが、しだいに低下して、14日後には3.9~3.4であった。分離した黄鉄鉱を浸した水は、当初pH 3.9で、14日後には2.9まで低下した。浸漬液に塩化バリウムを加えると白濁が生じ、pHの低下が硫酸の生成によることを確認した。

浸漬液のpHが4以下となる浸漬10日頃から、急に器壁や礫の水中部分が赤褐色に着色した。水酸化第二鉄が沈積するらしい。赤褐色の沈積物は実験室内のみならず、pH 4程度の水が湧出している金山沢源頭部の沢の水中の礫の表面にも見られた。この鉄は黄鉄鉱中の第一鉄が酸化されて沈殿したに違いない。しかし、pH 4以下では、第一鉄イオンの分子状酸素による化学的酸化速度は比較的遅く、空気による酸化のみが作用しているとすれば、沢水の中には第一鉄イオンが残っているはずである。沢水の第一鉄イオン量をO-フェナントロリにより測定したところ、第一鉄イオンは検出できなかった（ Fe^{++} は0.1ppm以下）。黄鉄鉱から硫酸が生成されるとき溶出する第一鉄イオンが検出できないのは、第一鉄イオンの酸化速度がきわめて速いと考えざるを得ない。

以上の観察の結果、この沢には黄鉄鉱の硫化物イオンを酸化して硫酸を生成すると同時に、第一鉄イオンを急速に酸化する機構が存在すると推論できる。このような作用を有する微生物、*Thiobacillus ferrooxidans*等の鉄・硫黄細菌が知られている。実験に用いた礫、黄鉄鉱上にこの種の微生物の生育が認められれば、金山沢にこの種の菌が生育していることになる。新潟大学農学部、加村崇雄教授に礫、黄鉄鉱との鉄・硫黄細菌の計数を依頼した。黄鉄鉱には400個／1g、礫は定量的に表現できないが、鉄・硫黄細菌が存在するとの結果が得られた。金山沢源頭部では、黄鉄鉱の微生物酸化により、硫酸が生成されているにちがいない。

破碎された岩石のわれ目に存在する黄鉄鉱が酸化消失すれば、礫が移動しやすくなることは明らかである。さらに生成した硫酸の化学風化作用も加わって、この一帯の礫の生産は速いものと予想できる。土砂、礫の生産に微生物が関与する程度を明らかにするためには、金山沢周辺の黄鉄鉱の分布、細菌の分布活性等の調査を行なう必要がある。

III 土石流観測結果

1. 土石流観測

土石流の観測は、昭和56年7月から10月の約50日間行なった。この期間に発生したセンサ切断状況は、表-2に示した。これらのうち、土石流の発生をテレビや肉眼観察によって確認できたのは、④8月27日、⑦9月12日、⑨10月8日の3回で、ビデオテープに録画できたのは、④8月27日と⑦9月12日（ただし源頭部）の2回である。台風15号の影響下の③8月23日は、夜間のため確認できなかつたが、電導度計を固定した巨岩が翌朝流失していたことから、土石流が発生したと考えられる。

土石流のうち、金谷橋まで流下してきたものは、③8月23日、④8月27日、⑦9月12日の3回で、8月27日のV.T.Rによると、速度等については未解析であるが、粘稠性の流れがゆっくりと流下し、そのあとを1分おき位に段波が比較的早く流下する状況がみられた（写真-1）。なお土石流通過中

表-2 センサ切断および土石流発生状況

Table.2 Occurrence of debris flows during July and October in 1981.

| No | 月日 | 時 刻 | センサ 切 断 サ ン ク ト ン ナ ム | 降 雨 量 | | 天 候 | 発 生 状 況 |
|----|-------|--|--|------------------------|------------------------|-------------|---|
| | | | | 観測所 | 上流右岸 | | |
| 1 | 8. 5 | 6:30'以前 | 6 15 17 | 4日 mm (64.5) 5.5 | 4日 mm (62.0) 5.0 | 雨 | 土石流で切れたのではないことを確認。 |
| 2 | 8.19 | | 5 | 8.0 | 9.5 | 雨のち曇 | |
| ③ | 8.23 | 0:49'50" 3:44'49" | 5 7 8 14 15 16 17 6 | 22日 (127) 6.5 | 22日 (130) 11.5 | 雨 | 台風15号の影響で雨量増加。土石流と思われる。 連続電導度計 1:30引きあげる。 8:30 稚田山側崩壊の音。 金谷橋上流、右岸谷壁崩壊土、ほとんどもち去られた。 |
| ④ | 8.27 | 16:05' 16:11'13" | 16 17 | 56.0 | 56.5 | 雨 | 土石流発生。金谷橋取付カメラよりその状況を録画。 非常にゆっくり流下してくるのがわかる。 連続電導度計こわされる。 |
| 5 | 8.31 | 19:13' 19:14' 21:23' | 13 15 16 | 24.0 | 18.5 | 曇時々晴 | 雷雨による増水。 |
| 6 | 9. 4 | 12:17'45" | 16 | 45.0 | 47.0 | 雨 | 増水による。上流右岸テレビによってみると、かなり崩壊があり土石流のおこる時期はせまっていると考えられる。 |
| ⑦ | 9.12 | 11:36'35" 20:31'53" 20:36'06" 20:36'31" 20:37'03" 20:39'57" | 5 7 14 15 16 17 | 44.5 | 47.0 | 雨 一時強く降る | 11時31分過ぎにカラービデオカメラで観察していた時土砂(河床)が動き出し36分に土石流発生。しかし小規模であった。 しかし12時30分過ぎには、また動き出しが数分(5~6分)でおさまる。 18時頃からまた雨が強くなりだし20時30分過ぎにNo.7,14,15,16,17のセンサーが次々に切断され大規模な土石流が発生する。 金谷橋の下では河幅いっぱいに土石流が流下し、1m位の石がどんどん流されてくる。粘性があり、しかも進度が大きく、海岸に打ち寄せる波のようだった。残念ながら、外は暗くビデオ撮影はできなかった。 この状況は金谷橋からサーチライトで見た状況である。 音をたて、あとからあとから土石流があつという間に流下していった。 (観測日誌より) |
| 8 | 9. 26 | 15:04' | 5 | 11.5 | 23.0 | 曇時々雷雨 | 金谷橋下の支流は赤濁、金山沢の水量多し。 |
| ⑨ | 10. 8 | 14:10' 14:59'06" | 5 6 | 66.5 | 80.0 | 雨 | 雨がはげしくなったのでテレビの前で待機。 14:07土石流発生。カメラでキャッチしたが残念ながら録画されていなかった。(上流) 下流まではこなかった。 |
| 10 | 10. 9 | 6: 3'19" | 7 | — | — | 雨 | カメラでは異常がみられなかった。 |

注) ○印は土石流発生が確認された。

降雨量は(8時~8時)

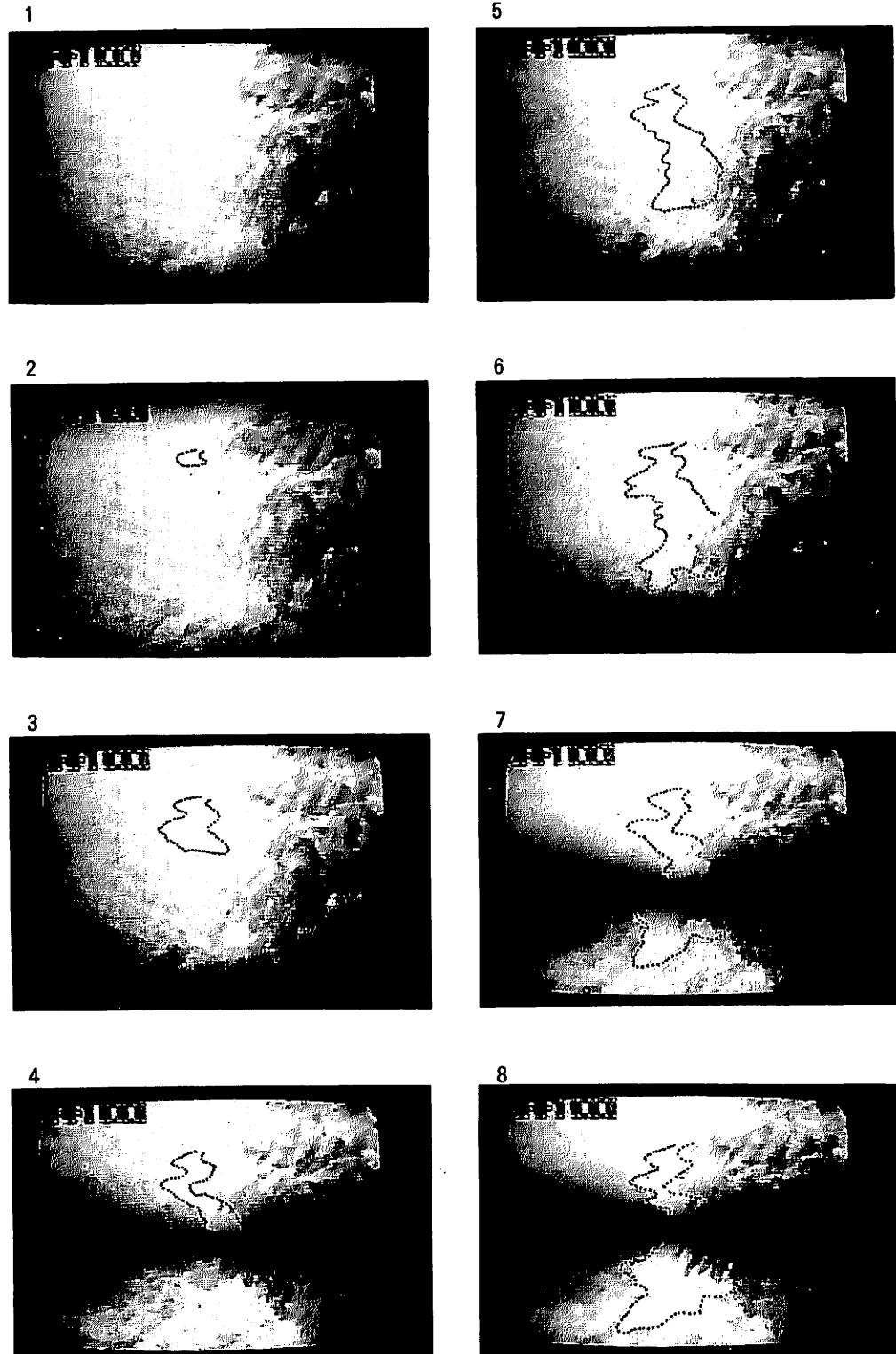


写真-1 昭和56年8月27日の土石流（金谷橋のカメラ）

Photo.1 V.T.R. picture of debris flow occurred in August 27, 1981.

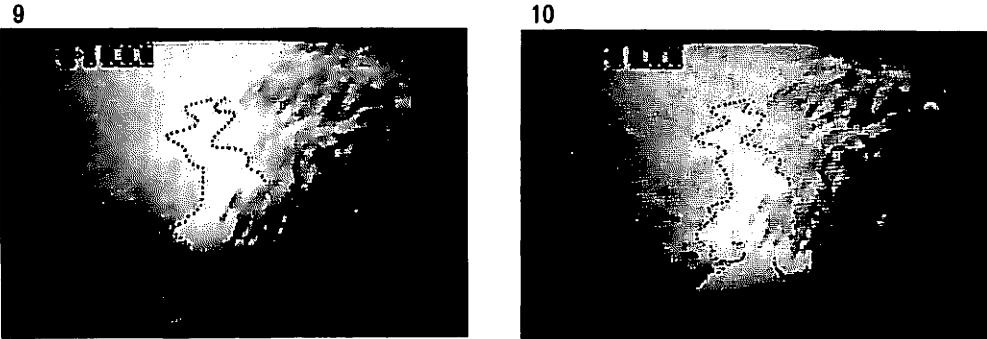


写真-1-2

でも画面の木の葉はあまり動いていない。⑦9月12日では金谷橋上からのライトをてらした観察によると、粘性のある土石流のあとから、その都度、音をたてながら水っぽい段波が次から次へとおしよせてきたという。

源頭部の土石流の発生は、⑦9月12日午前11時30分～12時30分頃、⑨10月8日午後2時～3時に観察された。

センサ切断による土石流の流速は、センサの位置が不明瞭なので、次回に報告する。

雨量計は、上流右岸と観測所に設置してあるもので、後者では、長期巻（8月22日から使用）と日巻を併用してある。長期巻は、9月24日頃より時間的なずれがみられた。日巻については、ペンがうまく作動しない点がみられた。

図-7には、期間中の日降雨量（当日8時～翌日9時）分布とセンサ切断と土石流発生時期を示した。降雨量と土石流の関係についてはあとで述べる。

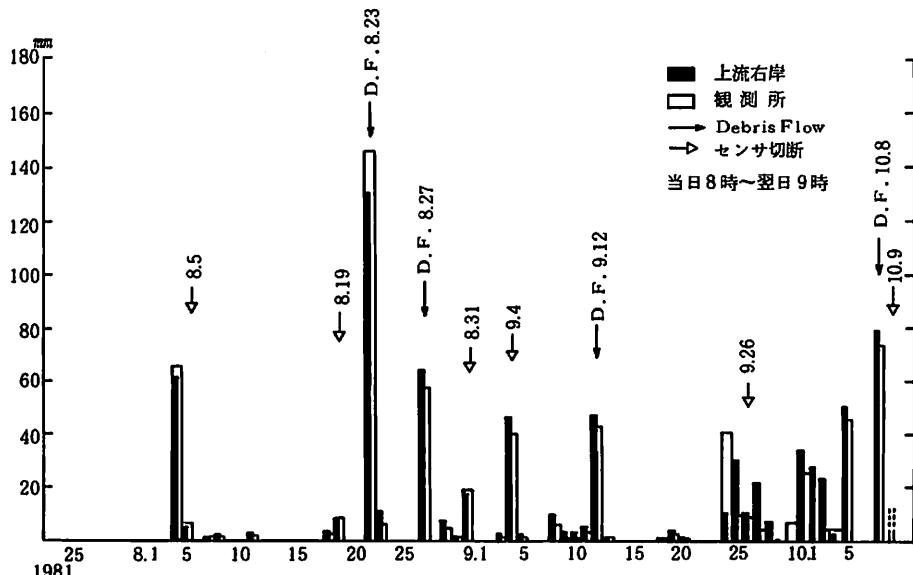


図-7 観測期間の日雨量と土石流

Fig.7 Observed rain falls and debris flows during July and October in 1981 in the Ura river basin.

2. 地上写真による金山沢の渓床変化

昭和54年より、調査地域に定点をもうけて写真撮影を行なってきた。昭和56年には、金谷橋上流側2ヶ所、下流側1ヶ所、観測所2階ベランダの4地点を定点とし 観測期間中毎日写真撮影を行なった。また、通称お立ち台には、こまどり8mmカメラを設置し、主として斜面に対して5分間隔のこまどりを行なった。また、中流域、源頭部については、調査の都度、写真撮影を行なった。

ここでは、昭和54年～56年の主な写真について述べる。

(1) 金谷橋上流（写真－2，3）

昭和54年7月～55年10月までは、あまり大きい渓床の変化はみとめられないが、昭和56年の5.12土石流以後、それまでみられなかった巨石（8m×6m×5m）が右岸側に出現し、河道の洗掘もいちじるしくなる。この巨石は、蛇もん岩より成り、名古屋大学農学部の片岡、竹田らによって撮影された写真などを参考にして追跡してみると、昭和51年7月19日発生の土石流によって（あるいは、渓崖崩壊によって）転落したものかもしれない。現位置より約150m上流に出現し、それが昭和55年までに流送土砂によって埋没してわずかに頭だけ出していたものが、5.12土石流によって移動し現在の位置にあるものであると推定された。

(2) 金山沢中流域（写真－4，5）

昭和56年5月～9月の期間であるが、渓床の堆積、洗掘や巨礫の移動はかなり変化している。右岸側谷壁の崩壊もいちじるしい。

(3) 金山沢最上流域（写真－6，7）

現在、テレビ・カメラがねらっている沢で、昭和56年7月と9月で、渓床の変化が比較的いちじるしい。

(4) 金山沢源頭部（写真－8～10）

かって、白黒テレビ・カメラがねらっていたところで、源頭部の土石流発生地点である。渓床の変化もいちじるしく、谷壁の崩壊も進行している。降水時には、上部の穴状のところから地下水が湧出する。

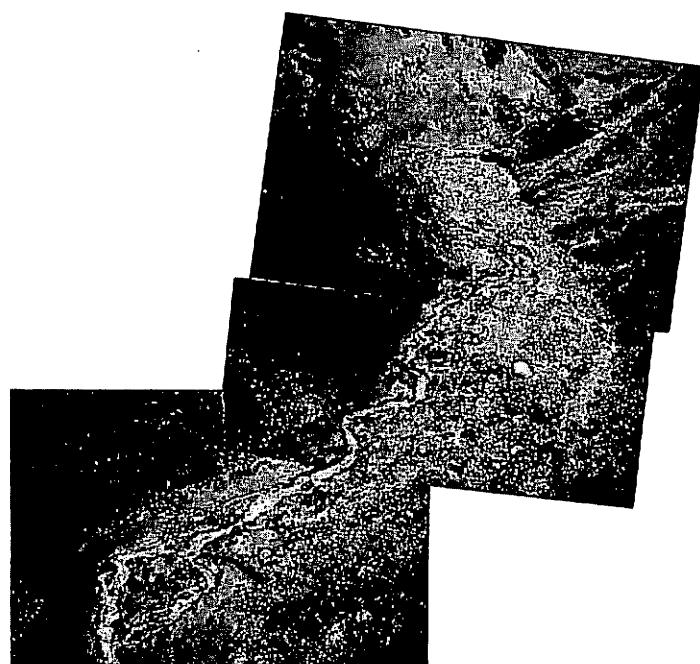
3. 降雨について

土石流の発生には、降雨（連続雨量、10分間雨量などの雨量強度）の影響が大きい。降雨のみによって土石流の発生を予測することには無理があるとしても、地域によっては有力な目安となり得よう。ここでは、金山沢流域の降雨の特徴をみるとことによって、そのときの土石流の発生状態から、土石流と降雨の関係を調べた。

降雨量の計測は、上流右岸日巻自記雨量計のデータによった。このデータより、降雨時間のすべてについて、10分間隔で雨量を求めた。

昭和56年7月下旬から8月下旬にかけては降雨らしい降雨ではなく、8月下旬以降9月中旬にかけては、台風、秋雨前線などの影響で、ほぼ1週間に1度の割合で日雨量50mmを超える降雨量を記録している。また、9月下旬から10月上旬にかけては、ほとんど毎日のように降雨があり、降雨量も9月25日から10月8日までに300mm以上に達している。

図-7の実線矢印で示された土石流の発生した日の日雨量についてみると、8月22～23日は141.5mm、8月27日は56.5mm、9月12日は2度発生しているが、47.0mm、9月26日（センサ切断）は23.0mm、10月8日は80.0mmとなっている。



写真－2 金谷橋上流(1)（昭和55年9月22日）

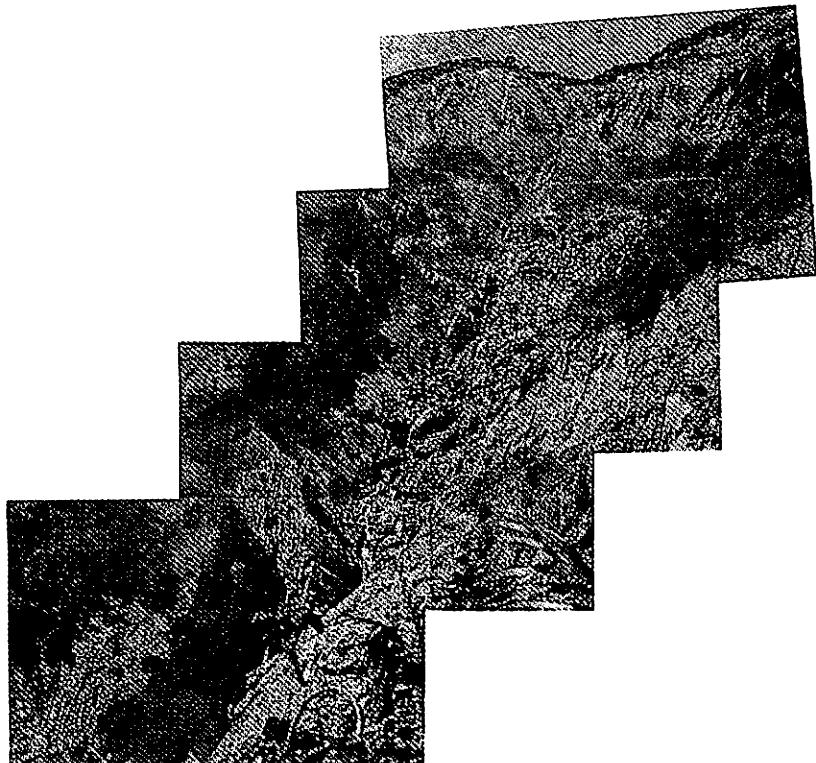
昭和55年9月11日発生土石流

Photo.2 Picture of the upper stream of Kanaya bridge in 1980.



写真－3 金谷橋上流(2)（昭和56年7月30日）

Photo.3 Picture of the same place as Photo.2 in 1981.



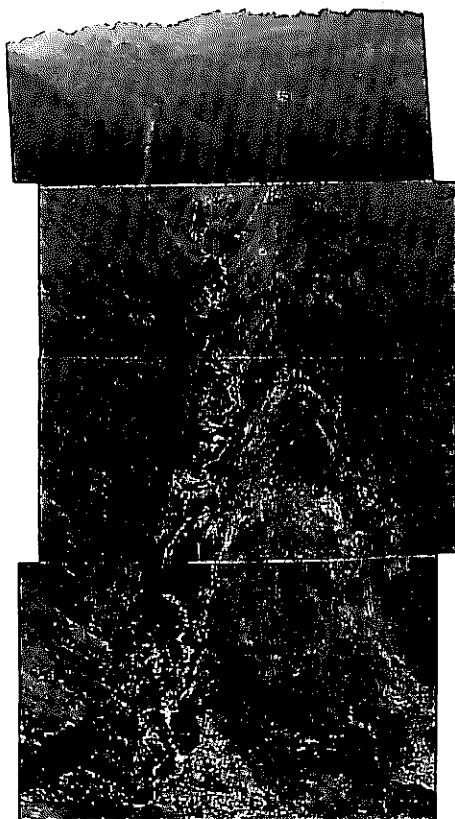
写真－4 金山沢中流域(1)（昭和56年7月30日）

Photo.4 Picture of the middle stream of Kanayama river (July, 1981)



写真－5 金山沢中流域(5)（昭和56年10月7日）

Photo.5 Picture of the same place as Photo.4 (October, 1981)



写真－6 金山沢最上流域(1)
(昭和56年7月23日)

Photo.6 Picture of the upper stream
of Kanayama river (July, 1981)



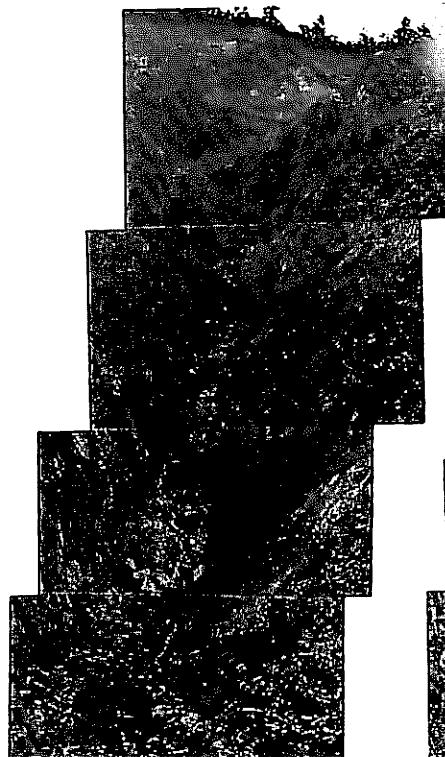
写真－7 金山沢最上流域(2)
(昭和56年9月17日)

Photo.7 Picture of the same place as
Photo.6 (September, 1981)



写真－8 金山沢源頭部(1)
(昭和54年7月18日)

Photo.8 Picture of the upper-most stream of Kanayama river (July, 1979)



写真－9 金山沢源頭部(2)
(昭和55年7月23日)

Photo.9 Picture of the same place as Photo.8 (July, 1980)



写真－10 金山沢源頭部(3)
(昭和55年10月10日)

Photo.10 Picture of the same place as Photo.8 and 9 (October, 1980)

9月26日を除いて日雨量だけについて考えると、日雨量がほぼ50mmのところで、土石流発生・非発生の境界があるように思われる。9月26日の場合は、前日、前々日の雨量がそれぞれ28.5mm, 12.0mmと連続雨量にして55mm程度になっていた。

また、8月5日、9月4日のように、日雨量が45mmを超える場合センサが切断されており、土石流発生までは至らなかったものの泥流の発生あるいは、土石流の発生限界付近にあったと推測してもよいと思われる。

図-8は、観測期間のうち土石流の発生が確認された5例（内1例は不明）について、10分間雨量強度と土石流の発生を示している。図中の矢印は土石流の発生と、その発生した時刻を示している。

8月22日～23日、9月12日、9月26日など、10分間雨量が3.0mm/10min程度を超えたとき、かなり大きな土石流が発生していることもあり、その逆もある。

土石流発生についての降雨因子として、ここでは、日雨量と10分間雨量をとり上げたが、降雨だけを考えても、連続雨量、先行降雨などの影響が大きく作用するものであろう（表-3・1～3）。

図-9は、最大時間雨量3.0mm/h以上を含む連続雨量 x_1 と、10分間雨量 x_2 に関して、土石流の発生・非発生およびセンサは切断されたが土石流を確認できなかったものを示したものである。図中の○印は土石流の発生を示し、×印は非発生、△印はセンサが切断されたが土石流の確認できなかったものを示している。ここで、連続雨量 x_1 は、その両端に3時間以上の無降雨をもつものとし、10分間雨量 x_2 は、連続雨量内の最大値をとった。

このようにして、連続雨量 x_1 と10分間雨量 x_2 を変量にとり、土石流の発生、非発生、センサは切断されたが土石流の確認できなかったものをそれぞれ母集団として判別関係法により、判別式を求めてみた。

表-3

Table.3 Interrelation between rain fall conditions and occurrence of debris flows.

表-3・1 10分間雨量と土石流発生

| 10分間雨量 (mm) | 土石流発生回数 | 土石流非発生回数 | 発生率 (%) |
|-------------|---------|----------|---------|
| 0 < P ≤ 1 | 5 | 6 | 45 |
| 1 < P ≤ 2 | 4 | 9 | 31 |
| 2 < P ≤ 3 | 3 | 5 | 38 |
| 3 < P | 4 | 2 | 69 |

表-3・2 20分間雨量と土石流発生

| 20分間雨量 (mm) | 土石流発生回数 | 土石流非発生回数 | 発生率 (%) |
|-------------|---------|----------|---------|
| 0 < P ≤ 2 | 3 | 6 | 33 |
| 2 < P ≤ 4 | 5 | 13 | 28 |
| 4 < P ≤ 6 | 5 | 1 | 83 |
| 6 < P | 3 | 2 | 60 |

表-3・3 重み付き先行雨量と土石流発生

| 重み付き先行雨量 | 土石流発生回数 | 土石流非発生回数 | 発生率 (%) |
|---------------|---------|----------|---------|
| 0 < W.P ≤ 10 | 6 | 16 | 27 |
| 10 < W.P ≤ 20 | 3 | 4 | 43 |
| 20 < W.P ≤ 30 | 5 | 1 | 83 |
| 30 < W.P | 2 | 1 | 67 |

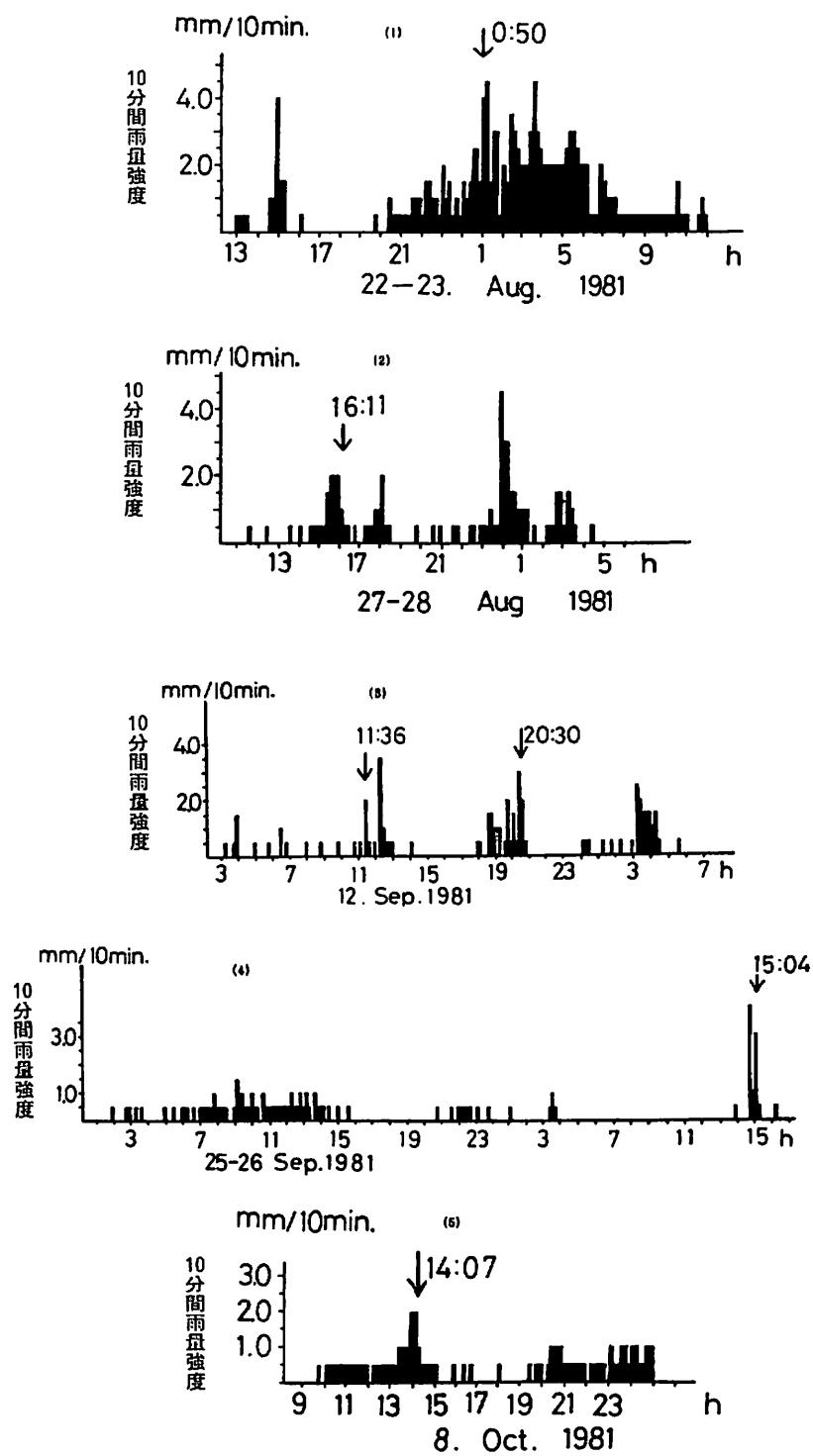


図-8 10分間雨量強度

Fig.8 Amount of rain fall in 10 minutes of several rain falls.

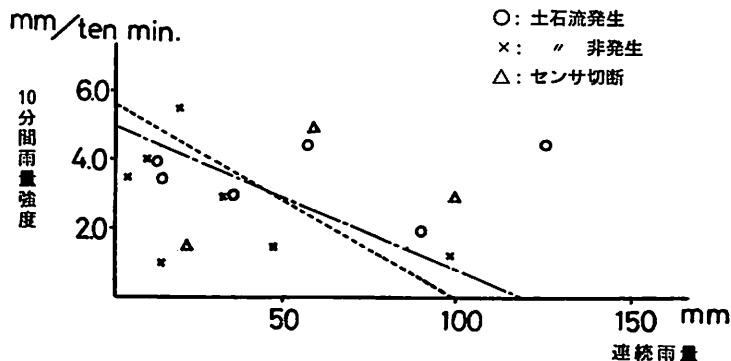


図-9 土石流発生と雨量
Fig.9 Interrelation between occurrence of debris flows and amount of rainfall

図-9中に1点鎖線で示したものは、土石流と確認できなかった△のプロットを除いて計算した結果で、判別式 z_1 を示す。

$$z_1 = 0.0154 x_1 + 0.357 x_2 - 1.818$$

$(z_1 \geq 0 \text{ のとき発生})$

また破線で示したものは、土石流と確認できなかった△のプロットを含めた判別式 z_2 である。

$$z_2 = 0.0175 x_1 + 0.3081 x_2 + 1.7415$$

これらは、土石流の発生を降雨量のみから検討したものであるが、その他にも多くの要因があり、たとえば、大規模な土石流が発生した直後には、土石流が発生しにくいといったことも考えられる。

これまでの調査結果などからみると、例年6月、7月の梅雨期に土石流が集中するようである。そして8月、9月には土石流の発生が少ない。これは、4月～6月にかけて渓床に堆積する土砂混りの雪塊や融雪にともなう渓岸崩壊、山腹崩壊による不安定土砂の供給が、土石流の発生しやすい状態をつくり、比較的小さい降雨でも6月、7月頃土石流を頻発しやすいといえよう。さらに、このことによって8月、9月頃は渓床に不安定土砂の堆積が少なくなるため、多量の降雨にも大規模な土石流の発生が比較的みられないということも考えられる。

昭和56年の場合は、これが5月12日に大規模土石流を発生したため、6月、7月には土石流がほとんど発生せず、8月～10月にかけて小土石流が発生するという結果になったと思われる。

IV 昭和56年5月12日に発生した土石流について

1. 発生状況

石坂部落の住民の話によると、昭和56年5月12日午後10時40分頃地鳴りとともに戸障子がビリビリと鳴り、以下10分間隔で大砲のような音が4、5回くり返したという。今回の土石流は、ここ数年間では最大規模のもので、5月20日の調査時点においても、姫川の合流点まで褐色の土石流堆積物（砂質泥）を観察することができた。^{*}この土石流によって、砂防ダムのスリットの破損や流失、ダム袖部破壊などの被害が発生した。

土石流発生時の気象状況は、5月11日21時から降り出した雨は、12日午後6時でピークとなり、11

* 土質や堆積状態は、昭和53年5月18日の妙高災害時の土石流堆積物に類似していた。

時まで降りつづいて、総降雨量56.8mm、時間最大雨量10mmであった。気温は、昭和50～55年とくらべると、昭和56年の3、4月は平均気温が低く、5月の土石流発生時には、最高気温が24℃、最低気温が17℃であった。降雪量は、昭和56年には2,058cm、昭和50～55年の5ヶ年平均1,523cmの1.4倍の豪雪であった。当時の積雪量は、稗田山で90cmと推定されている（土井、1981）。

2. 発生源としての斜面崩壊

松本砂防工事事務所の連絡により、5月20日に発生源の調査を行なった。残雪で埋積された旧金山沢をのぼり、通称お立ち台までくると、正面（金山沢左岸側）の斜面上に、褐色の土砂が堆積し、その先端は金山沢に流下していた。この状況は、写真-11、12でもわかるように、前年度の写真と比較すると明らかで、土砂の供給源は右側斜面であることがたしかめられた。しかし、土砂は、まだ非常にルーズで、これ以上の調査は不可能であった。

7月に現地に入り、観測小屋2階ベランダから過去に撮影したものとくらべてみると、正面の斜面に変化がみとめられた（写真-13、14）。昭和55年では、上方の滑落崖の途中にあった土塊が昭和56年には消失していた。

昭和56年7月30日に、問題の斜面を調査した（図-10）。その結果、地すべり性の崩壊であることがわかり（写真-15），崩壊土塊は赤褐色の角礫まじりの旧崩土であり、土質は前にも述べたように、真比重2.714、自然含水比53.1%，L.L.61.6%，P.L.39.9%，I.P.21.7%，粒度は砂レキ分64%，シルト分22%，粘土分14%である。この崩土の下位および滑落崖に、岩石の変質に由来した灰色粘土が分布し、その土質は、真比重2.804、自然含水比23.7%，L.L.59.0%，P.L.32.1%，I.P.26.9%，粒度は砂レキ分61%，シルト分24%，粘土分14%である。赤褐色崩土の自然含水比が液性限界に近いのに対して、灰色粘土の自然含水比は、塑性限界以下である。現地の北側では、地下水の湧出がみられ、その水質は水温が25℃と高く、pHは7、電気伝導度が $74\mu\text{s}/\text{cm}$ と低い。

地すべり性崩壊斜面のものとの面積は、地形図から、幅100m×斜面長140m=14,000m²で、すべり面深度は野外観察ではそれほど深くなく、今平均20mとすると、移動土量は280,000m³と推定される。写真-15でもわかるように、滑落崖下の斜面上には、傾いた樹木をのせた残存土塊がある。この厚さを平均5mとすると、この斜面に残存している土量は、約70,000m³と推定され、この斜面からの流出土砂量は約21万m³となる。

この斜面の地すべりは、前年度の写真13でもわかるように、変質岩石を被って不安定土塊（旧崩土）に、急激な気温上昇にともなう大量の融雪水の浸透によって発生したものであろう。

3. 土石流への転化

図-6でもわかるように、前記の崩壊地からの土砂は、斜面脚部の急斜面や、北側支谷を通して流下し金山沢に流入している。この間にも土砂が残存し、積雪を被って分布している（写真-16）。この残存区間の面積は概算35,000m²で、層厚を平均2mとすると、残存土砂量は70,000m³と推定され、 $210,000\text{m}^3 - 70,000\text{m}^3 = 140,000\text{m}^3$ が金山沢に流入したものと考えられる。

金山沢に流入した土砂は、一時、谷底に埋積し、ダムアップした形跡がある。ダムアップが切れて河床の土砂をまきこみながら土石流に転化していったと考えられる*。

なお、上記緩斜面に残存している土の自然含水比は、液性限界値に近く（前述）、8月現在でも流动化しやすい状態であった。

* かなりラフな求め方をしてある。ちなみに、昭和53年5月18日の妙高災害では、1次土石流に転化した初期崩壊流出土砂量は158,000m³と推定されている（茅原ほか、1979）。



写真-11 56.5.12災害前の金山沢源頭部付近の状況
(昭和55年7月23日“お立ち台”より)

Photo.11 Picture of the slope near the uppermost stream of
Kanayama river before landslide (July 23,1980)



写真-12 56.5.12災害後の金山沢源頭部付近の状況
(昭和56年7月24日“お立ち台”より)

Photo.12 Picture of the same place as Photo.11
after landslide (July 24,1981)

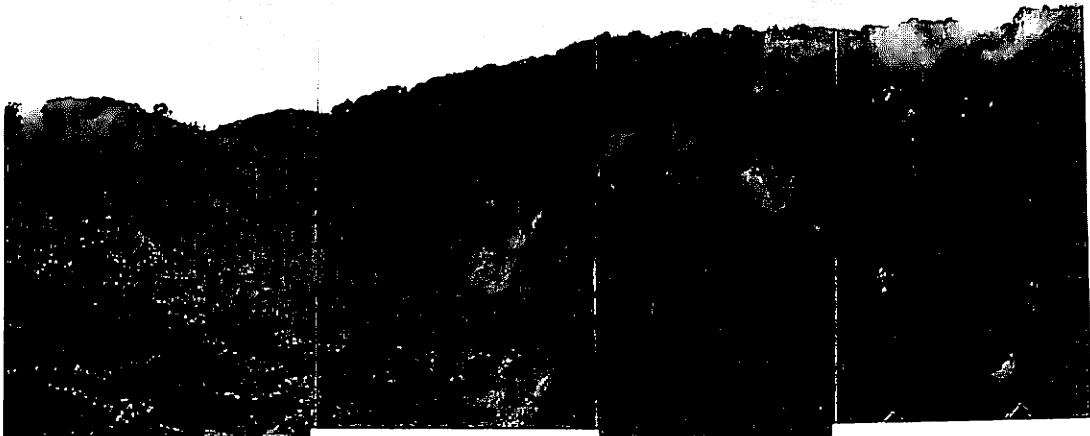


写真-13 金山沢源頭部斜面(1)

(昭和55年8月21日, 観測所より)

Photo.13 Picture of the slope of the uppermost stream of
Kanayama river before landslide (August 21,1980)

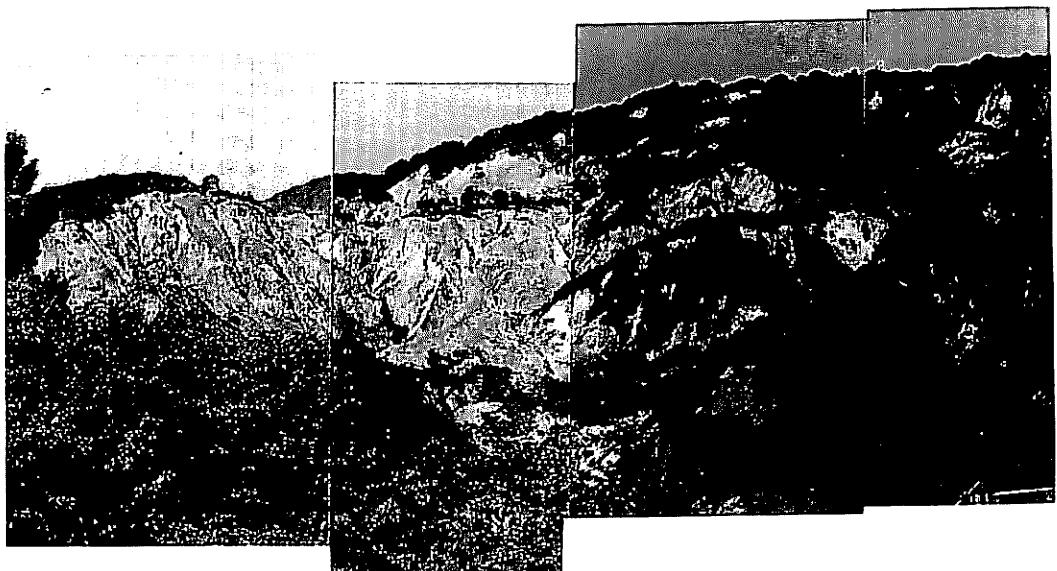


写真-14 金山沢源頭部斜面(2)

(昭和56年7月24日, 観測所より)

Photo.14 Picture of the same place as Photo.13 after landslide
(July 24,1981) . Note change of the front slope



写真-15 56.5.12地すべり性崩壊地

(昭和56年7月30日)

Photo.15 View of landslide mass occurred in May 12, 1981

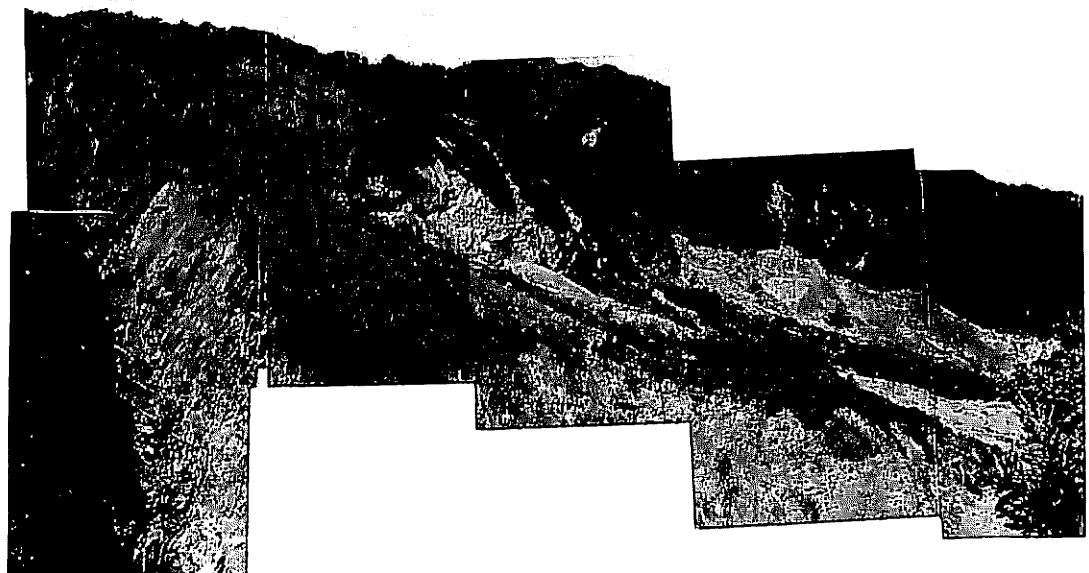


写真-16 56.5.12崩壊の残存土砂

(昭和56年9月13日)

Photo.16 Slope covered by soil debris derived from
sliding mass (September 13, 1981)



図-10 5.12崩壊と流出土砂分布

Fig.10 Distribution map of flow down soil related landsliding occurred in May 12, 1981.

V 水質変化からみた土石流発生の予知について

昭和55年夏期の金山沢の水質の定点観測の結果から、金山沢の水質は、(1)姫川の水質より降雨によって影響され難い、(2)唐松沢、高倉沢、板倉沢等の水質がほぼ同一の変化パターンを示すのに対し、異なったパターンを示す、(3)土石流の前後では電気伝導度が高くなることがあることを指摘した(青木ほか, 1982)。

土石流の前後の沢水の電気伝導度(以下ECと略す)の変化は、降雨による表流水や地下水の流出状況の変化を反映していると考えられる。今回は、この点に注目して1日2回のECの観測を行ない、さらに土石流発生時には、数回のECの連続観測を試みた。また、これとは別に、自記記録装置による沢水のECの連続観測を行なった。

1. 観測点および観測方法

金谷橋下を観測地点とした。

橋の上からロープを付けた1ℓポリエチレン瓶を金山沢水に投げ入れて採水を行なった。得られた水について、携帯用水質計(東邦電気KK製)により、ECと水温を測定した。

ECの自記記録には、大倉電気KK製の二線式導電率伝送器SC3100131S型のECセンサに、同社製の自動平衡記録計をつないで用いた。なお、この記録は、図の右から左へ時間が進行している。

2. 観測結果

観測したECは25°Cの値に換算して、図-11に示した。同図の黒の矢印は確認された土石流を示し、白抜きの矢印は橋の上からは土石流は確認できない場合で、金山沢のセンサの切れた時を示す。

多くの観測値は850~900 $\mu\text{s}/\text{cm}$ の間にあり、全体を通してみると9月中旬から値が高くなる傾向がある。自記記録の結果によれば、8月16~21日の間は、19日の降雨の時に図-12に示したような微小な変化をみせたのを除けば、ほぼ840 $\mu\text{s}/\text{cm}$ の一定の値を示している。同時期に図-11では変動があるが、これは測定に使用した水が1ℓ以下であり、外気の温度の影響をうけて温度測定時とEC測定時の温度が一定しなかったのが一因である。しかし、図-11の変動には測定誤差を越えるものである。

8月4日に60mm程の降水があり金山沢上流のセンサが切断した。この後でわずかながら高いECを観測した。

8月5日に、降雨の影響を見るため、約2時間ごとのECの測定をした。図-13の黒点がECの値を示し、上のカラムは雨量を示す。4日夜半からの雨が上がって小雨になった12時頃にECの値が平常値よりも高くなっている。

8月19日の小量の降雨時のECの変化は先に図-12に示した。この場合は降雨が激しくなるに従ってECがゆるやかに低下し、降水量が減れば、ゆるやかに回復している。

金山沢の水のECは比較的高く、ECの低い雨水が加わればECが低くなり、雨が止めばもとに復するものと予想できる。この変化はこの予想と合致している。

8月22日には台風15号の影響で100mmを越える雨が降った。この時のECの変化も自記記録計により刻明に記録されている(図-14)。15時頃の雨でECは徐々に低下し、降雨中一度値が急落した後、突然上昇に転じ、一定の値を保った後、再び急上昇し、雨の前後の値を越える高い値を記録して急速に平常値にもどっている。降雨中にもECの高い水が不連続的に供給されることを示している。

同日の20時頃からはしだいに激しい雨が降り、ECはしだいに低下した。23日0時50分頃河川のセンサが切れたが同時にその前後のECは激しい上下変動を示している。高い値はこの時の土石流のECであり、低い値は土石流によりECセンサがはねあげられた状態を示すと考えられる。午前1時30分頃、計器の破損防止のため、沢より計器(センサ)を引き上げた。

同日午前11時にECセンサを設置した。記録(図-15)はその10分後に、またしてもECは急上昇し、1,250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ を記録し、0時の時と類似の過程をへて約1時間後、土石流あるいは泥流によると考えられる激しいECの変動を示している。15時20分頃にECセンサが変調をきたしたことでも記録されている。この時は、金山沢のセンサが切断されたままであったため、土石流の有無は確認されていない。したがって図-11にセンサの切断の記号も入っていない。雨の降らなかった翌24日にも高いECを測定した(図-11)。多量の降雨の時、その後の地下水の流出状況の複雑さをうかがわせる。

8月27日16時に土石流が発生した。土石流の模様は詳しく記録されている(写真-1)。この土石流の後のECの測定結果を図-16に示した。土石流の最後の部分が流れている時のECは1,400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ で、8月23日の1時のECの値と一致している。この時の降水量は10mm/時で、ECの低下が期待される時である。その数時間後にも平常時より高いECが観測された。

9月初旬および下旬に時々低いECを観測した(図-11)。9月4日の低い値は、1時間間隔のECの測定時に得られた値で、この日の増水に関係があると考えられる。

現段階では、記録にみられる電気伝導度の変化を、合理的に解釈できない。しかし、土石流の直前

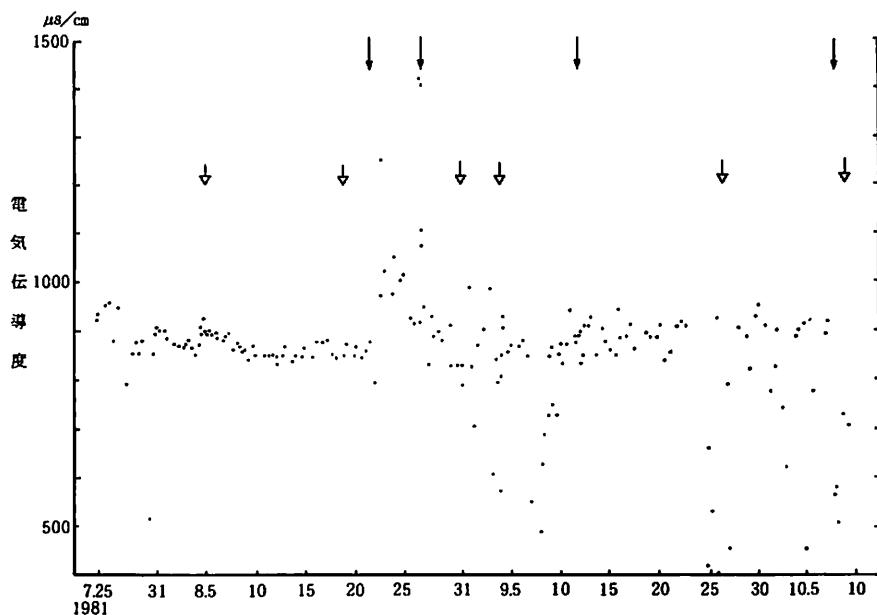


図-11 電気伝導度定点観測結果
Fig.11 Variation of electric conductivity of Kanayama river water at Kanaya-bridge.

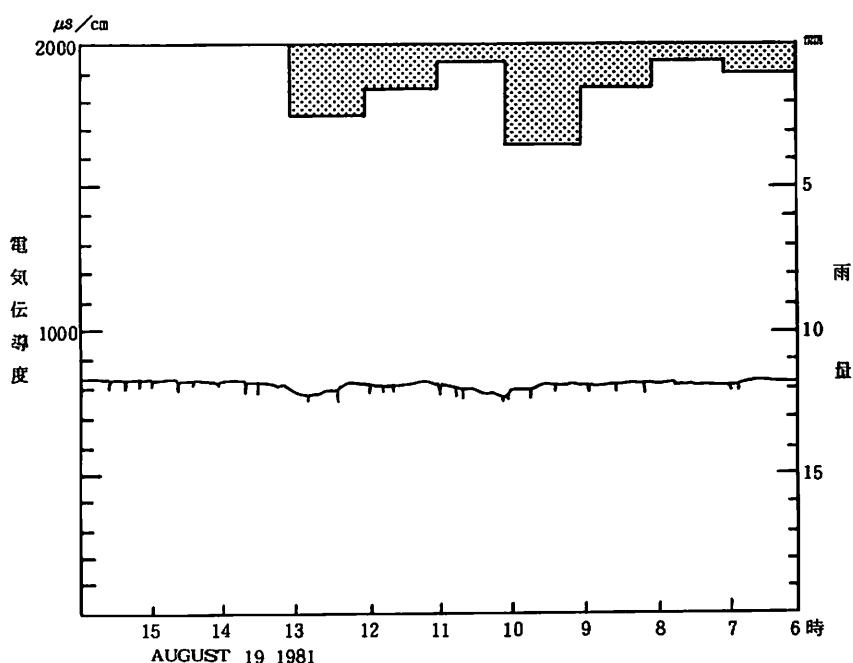


図-12 1981年8月19日の電気伝導度と雨量
Fig.12 Record of rain fall (upper part) and electric conductivity of Kanayama river in August 19, 1981.

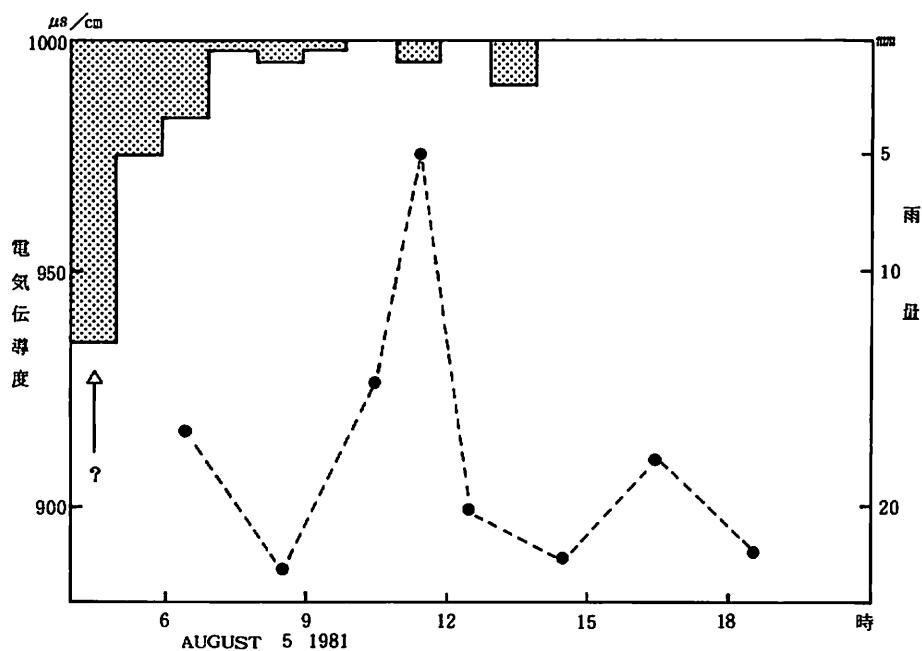


図-13 1981年8月5日の電気伝導度と雨量

Fig.13 Record of rain fall and electric conductivity of Kanayama river, in August 5 ,1981.

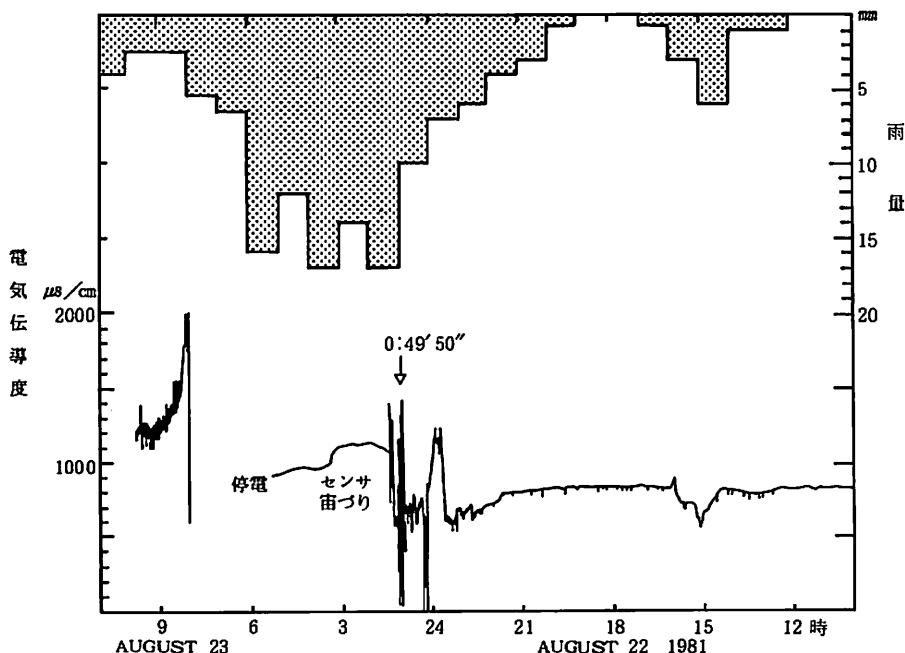


図-14 1981年8月22～23日の電気伝導度と雨量

Fig.14 Record of rain fall and electric conductivity of Kanayama river in August 22–23,1981.

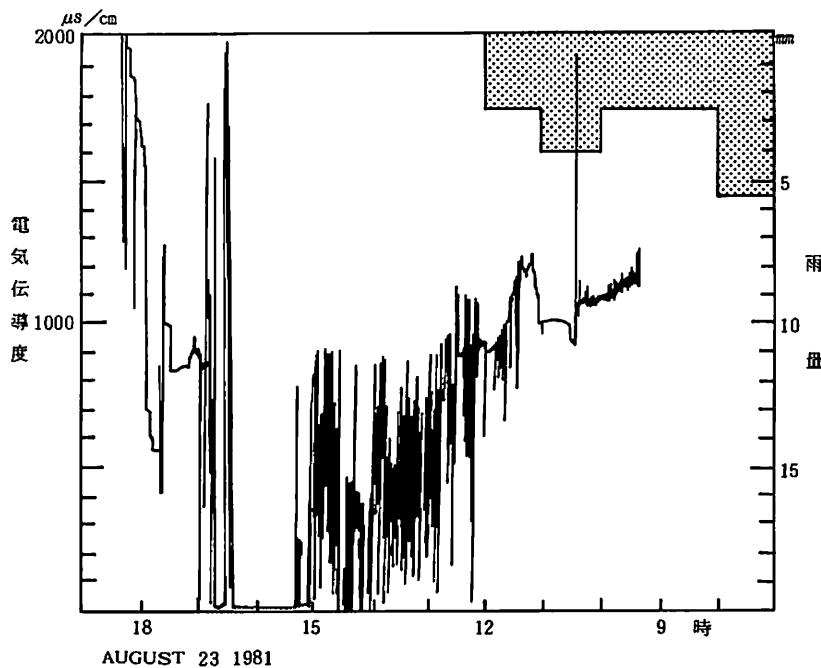


図-15 1981年8月23日の電気伝導度と雨量

Fig.15 Record of rain fall and electric conductivity of Kanayama river in August 23,1981.

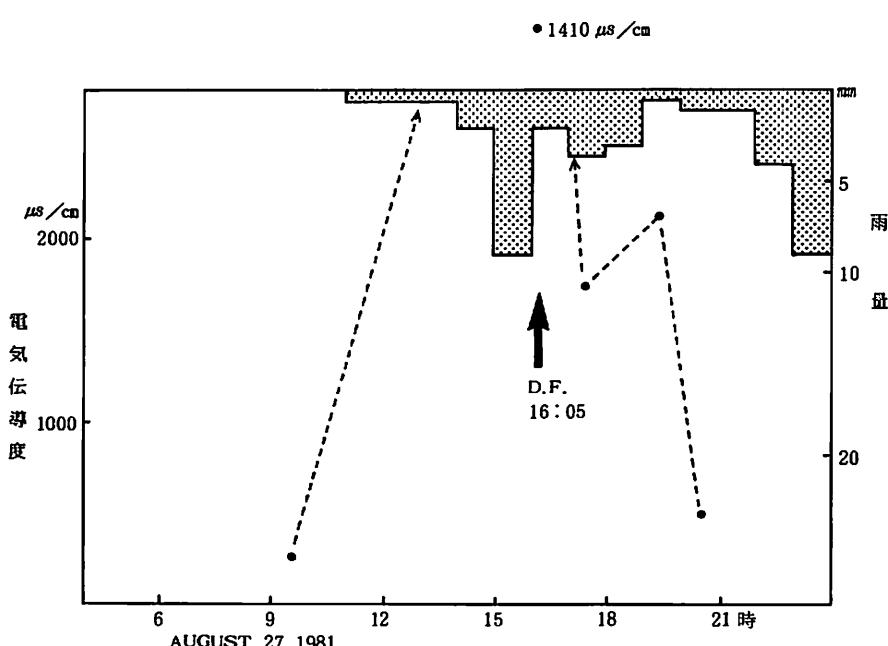


図-16 1981年8月27日の電気伝導度と雨量

Fig.16 Record of rain fall and electric conductivity of Kanayama river in August 27,1981.

に金山沢の水流に異常がみられるという観察があり、電気伝導度の急変との関連で注目すべき点である。

1つは浦川で、工事に従事している人々の観察である。土石流の発生前に、降雨中にもかかわらず、沢の水量が減少したことがあり、彼等は、沢水の急な減少を土石流の予徴として作業を中止しているという。

他は9月12日の土石流の発生前に源頭部のテレビカメラにより観測された、源頭部の土石流開始時の状況である。沢のセンサが切れ、テレビに映し出された源頭部では、上部から流下した土砂によって谷がせき止められ、やがて水が土砂をのりこえて溢れだし、次いで土石流となって水と土砂が流れだしたという。

これらの証言によれば、谷の水が一度せき止められる場合があり、この水のECが高いとすれば、土石流の前に高いECが観測され得る。高いECの観測された後ECが低下し、しばらくしてECセンサに土石流が衝突しているような記録は、溢流したECの高い水と、土石流の流速の差によるもので、ECの高い水の後に再び表流水の影響でECが低下し、続く土石流で再びECが上昇したと考えられる。

以上は、記録紙上のECの変化の様子と、土石流時の水の流れに関する乏しい観察からの想像にすぎない。しかしながら、ECの連続観測と土石流のテレビモニタリング、他の観察と併せておこなうことにより、土石流時の水の動きについてのより正確な知識の獲得が期待できる。

ECの変動の機構は不明であるが、土石流通過の前のECの急上昇が普遍的なものであれば、ECの急上昇を感知し土石流の警報を出すことも可能である。今回は連続観測の可能性を探る段階であり、土石流時のECの変化の記録が少なく、今後多数の例を集めて予知の可能性を検討したい。

土石流発生時のECの連続観測は、極めて困難であることも今回の試験的観測により確認された。今後、土石流によって破壊され難い、ECの連続観測システムの開発と併せて、降雨時、降雨後の金山沢源頭部での地下水の質、量の変動を調査、研究する方法をも開発する必要がある。

参考文献

- 青木 滋・佐藤 修・藤田至則（1981）：長野県浦川流域の斜面崩壊について、日本応用地質学会、56年度シンポジウム及び研究発表会予稿集、40-43。
- 青木 滋・藤田至則・茅原一也・佐藤 修・横堀正純・土屋 泉・宇都宮真・鈴木幸治（1982）：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1—、新潟大災害研年報、4、1-34。
- 茅原一也・藤田至則・植村 武・小林巖雄（1979）：1978年5月18日妙高災害2)土石流について、新潟大災害研年報、1、1-22。
- 土井 功（1981）：融雪にともなう土砂災害、（姫川支浦川の土石流災害を中心にして）、第14回砂防学会シンポジウム概要集、41-59。
- 藤田至則・青木 滋・茅原一也（1983）：白馬岳東麓の浦川流域で発見した火山活動に先行して生じた陥没構造の発見、火山、28-2、180。
- 小川正二・青山清道（1978）：地すべり地の土の土質試験法の問題点、土と基礎、26-6、51-56。