

3. 山崩および治山一般対策

渡 辺 隆 司⁽¹⁾

(1) 地質、土壌、地表植物概況

調査地の大部分が中生層に属する砂岩と頁岩の互層である。球磨川上流の市房山付近には花崗岩地帯が現われている。中流部には石灰岩の現われている地帯があるが、調査地域内には現われていなかった。

土壌はローム状の赤土が大部分で多くは破碎された砂岩、頁岩の角礫を含むものであつたが、湯山川流域の花崗岩地帯にはスポンジのような感のする極微砂質の土壌があり、小丸川上流の木浦谷の奥にも同様の土壌がみられた。球磨川上流の平谷と、小丸川上流の神山谷に黒色沼泥状の粘土の見られる部分があつた。

当地方の森林は天然生林はもとより、おもな造林木であるスギ林地にも下木として灌木類や雑草がよく入りこんでおり、林地でないところは採草地あるいは畑地であるが、地表植物の無いというところは見られなかった。天然林も老令林は無かつたが、アカガシ、アラカシ、ウバメガシ、シヤシヤンボ、アセビ、サルトリイバラ、ヤマテヤ、ウラジロノキ、ツガ、カヤ、シデ、ミズナラ、ニガナ、ヨモギなどが密生した壮令林であつた。

(2) 崩壊状況

従来までに調査した昭和 22 年カスリン台風による群馬県赤城山の山崩、28 年 13 号台風による紀伊の山崩では、崩壊は谷頭侵蝕の型式で起つており、各沢の一番奥は掌状をなして尾根までつづく大崩壊がみられ、沢の両側の崩壊も溪岸崩壊、中腹からの崩壊、尾根からの崩壊とさまざまなものが見られたのであつた。ところが、今回調査した球磨川上流および小丸川上流上渡川流域では沢沿いの崩壊も大多数は溪岸崩壊であり、中腹からの崩壊はわずかで、尾根からというのはほとんどなく、しかも沢の奥になり標高 1,000 m を超えると、1,000 m 以上の地域も相当あるにもかかわらず、崩壊は花崗岩地帯の市房山付近に大きなものが 1 箇所みられただけで他には見あたらなかつた。

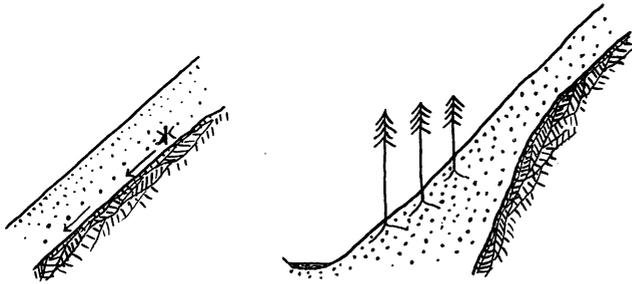
このことは地質的にいつて九州地方の現在の標高 1,000 m までは以前は海中にあつたものが、隆起して現在のごとくなつたものであるといわれているが、隆起の際海中にあつた部分の層が乱れて崩壊しやすいような構造になつていたものかもしれない。

あるいはまた九州地方は台風の通過地であるので、山地もある程度雨水に対する訓練を経ており割合に崩れにくい、水源の水がある程度集まつて勢いを増して流れる辺りから溪谷に対して縦侵蝕、横侵蝕をはじめ、山脚を奪い、加うるに 6 月以来 12 号台風までに古屋敷の観測では合計雨量 2,000 mm を越えて呉り、7 月はほとんど連日の雨であり地盤が弛んでいたため山脚を侵蝕されて容易に崩落する状態にあつたと考えられ、山脚を浸蝕するだけの水勢をもつのが、標高 1,000 m 以下のところであつたと考えても復

(1) 防災部防災第一科治山第二研究室長

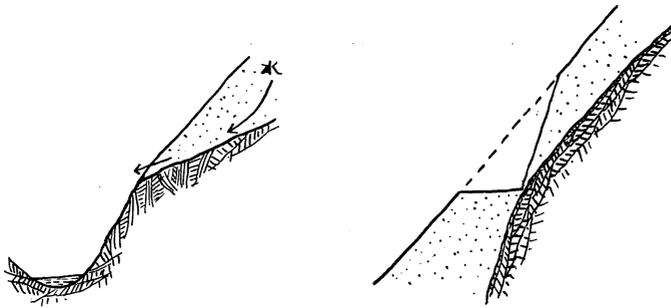
旧対策を考える場合にはさしつかえないようである。9月の12号台風の時は古屋敷で雨量 600 mm を観測しているが、土地の人々の話によると従来に比べ雨量の割に川の増水出水が早かつたということであるが、このことは、上流山間部では推定降雨 1,000 mm に達しているかもしれないということもあるが、雨水を過飽和に含んだ土砂が崩れ、これが、台風時の雨量に加わつて出水を早めたということもあろう。

崩壊状況で特に目だつた点は、山腹、または山脚に地形に順層の岩盤があり、その面を浸透水が流れて崩壊を誘発し、あるいは岩盤上で雨水の飽和した土壌が自重をささえきれずに崩壊したと思われるものが



第 1 図

第 2 図



第 3 図

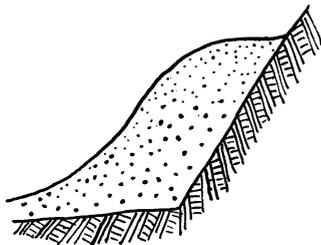
第 4 図

多かつた点である。すなわち、中腹の場合は第 1 図のごとく岩盤が順層であることわりやすいわけであるが、この場合でも第 2 図のごとく、その脚部がしつかりしておれば、上部上面のところまで浸る限界になつても脚部がささえとなつてはたらないで済んだところもあつたと思われるが、このようなところでも溪床侵蝕によつてささえとなる土塊が流されて上部山腹の崩壊をささえるに至らなかつたものであろう。山腹に亀裂があり、こぼれ落ちそうな地塊がその

まま崩れないでとどまつているように見えるところも数箇所見られたが、山脚がしつかりしていたと考えられるところもあつたのではなからうか。

第 3 図のごとく脚部で岩盤が地表に近いかあるいは地表に現われていて、ここから水が湧出して崩れたとみられる場所もあつた。また、林道が崩壊を誘発したとみられる点では、第 2 図のごとく脚部がささえとなるようなところでも切取を行つて第 3 図と同様の結果となつてこぼれ落ちているところもあつた。

以上の順層上の表土はいずれもあまり厚くなく、したがつて表層の型が多く、崩壊は地層の関係から川の片側に特に多いという結果がみられた。しかも上層が風化の進んだ土の場合は土のこぼれとなり、極度に破碎された岩層で風化のあまり進まないところでは岩崩れ、石崩れとなつている。



第 5 図

土層のみで深く崩れたものとしては、小丸川の水源槇鼻峠下の崩壊、同じく小丸川上流の上渡川筋のアヅキ谷との合流点の下流に見られた崩壊(写真 5)、球磨川白水の上流の平谷の黒色土の崩壊(写真 4)などがみられた。槇鼻峠下のものは急斜溪床に堆積した土砂が流出したとみてもよいようで、上渡川筋のものとは平谷のものは山

腹の凸部が崩れたもので第5図のように崖錐状の堆積地が水を過飽和に含んで抜け落ちたとみてよいであろう。

神山谷の黒色沼泥のごとき土壌は地中に層をなしてあり、この土は水に対してきわめて弱く、水にあえばすぐ泥流となつて流れ出るので、6月以来の多雨を吸収している上に、台風時の雨が加わり崩壊を促したものであろう。

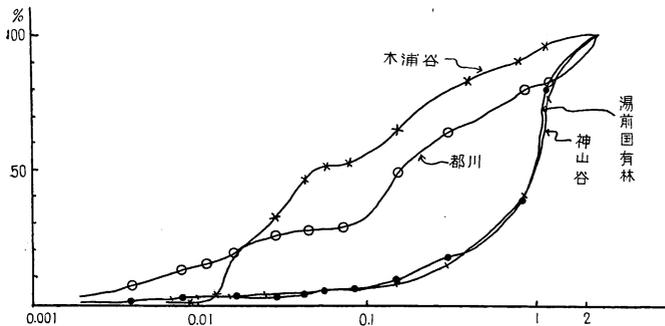
上流山腹、溪岸の崩れた土砂が溪流を下つてきて浸蝕し、そのために溪岸崩壊は逐次下流に起つたように思われるが、球磨、槻木、小丸の3川とも岩石を含んだ土砂はあまり下流までは運ばれず、球磨本流では上流の柳平の平坦な河原に堆積し写真10に見るごとく平地にあつた家一軒を残すのみで、それも階下を埋め2階のみが地上に出ている有様で、この家の前にあつた小学校は跡もなく潰え、校庭にあつた桜の木が2本残るだけで（写真11）、この木に洪水時登つた4人がかろうじて助かり、河原は現在より約20m下であつたといわれる。都川では土石流通過のため、河床が2m洗掘され河岸の家屋が破壊されていた（写真9）。槻木川では横尾右岸より押し出した大岩が槻木河原および道路に流出して残されているのが見られた（写真12）。上渡川では神山谷上流に岩石が崩れ、巨木を倒し、ところどころに一時的なダムを造つていたが（写真14）、この谷には数箇所巨岩が溪床に現われて小さな滝状をなしたところがあり、崩れた岩や砂礫も下流までは流出していないようであるが、上渡川の門田ではゴシキ谷から出てきた土石流が合流点付近で家屋、道路を破壊している（写真6）。

(3) 土 質

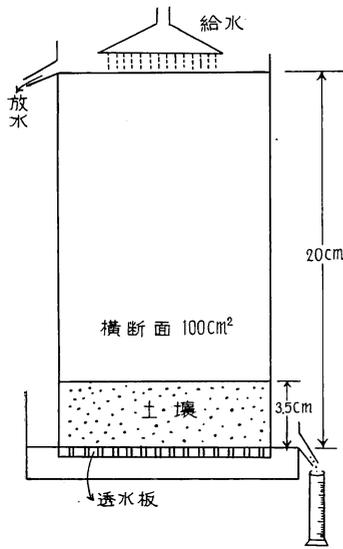
調査地の土壌の大部分が中生層の砂岩、頁岩の風化した赤土であるが、湯山川流域には花崗岩の風化したシラス状の砂土、球磨白水上流の平谷および上渡川上流神山谷には黒灰色の沼泥状粘土が一部に層をなして現われており、木浦谷奥にはスポンジ状（あるいはカステラ状）の土壌が現われていた。これらの土壌の調査時の状態および測定した物理的性質を示すと表のごとくなる。粒径分析によつて加積曲線を描くと第6図のごとくなる。

表 各 土 壌 の 物 理 性

採 取 地	含水比 (%)	空隙率	飽水度 (%)	真比重	透 水 係 数 (cm/sec)	均等係数	遠心含水当量 (%)	流出限界 (%)
湯前国有林 (赤 土)	25	47	74	2.64	1.18×10^{-4}	6.6	30	58~66
都 川 (赤 土)	143	83	79	2.68	—	40.0	39	98~102
湯 山 川 (花崗岩地)	27	64	42	2.69	2.44×10^{-4}	—	—	—
神 山 谷 (黒色泥土)	220	86	92	2.51	1.33×10^{-4}	5.5	water logging	26~31
かしば谷 (赤 土)	40	60	71	2.70	5.77×10^{-4}	—	50	58~65
木 浦 谷 (スポンジ 状の土)	178	84	87	2.51	1.11×10^{-4}	8.6	50	45~55



第 6 図



第 7 図

透水係数の測定法は断面積 100 cm^2 、高さ 3.5 cm 円筒で現地の状態を崩さず採取したものを第 7 図のごとく装置して透水量ほぼ一定した時の値を $k = \frac{QL}{AHt}$ で計算した。

ただし、 Q = 通過水量、
 L = 試料の高さ、 H = 水頭、
 A = 土壤断面積、 t = Q の通過した時間、

各土壤の水に対する抵抗性を調べるために、水を加えて捏ねたものを、径 2 cm 、高さ 2 cm の円筒型に成形して数個つくり、徐々に風乾させながら、高さ 10 cm の水頭をもつ水中に浸して、崩れる程度を観察したが、最も抵抗力ある水分の状態でも 10 分以内に崩れてしまうようであり、いずれも抵抗性弱く、水分の変化により崩壊する度合は、試料が少なかつたといずれの試料も早く崩れてしまうので、はつきりと判明させることはできなかつた。

透水試験、遠心含水当量測定の結果から、阿蘇の周辺の火山灰と異なり、透水性はあまり大きくなく、保水力が大きいようである。しかも空隙が多いようであるので、6 月以来の雨水を飽和状態で保持していて台風を受けたので崩壊が多く、出水も早かつたと思われる。

23 年水害の際の阿蘇地方の土壤には、南麓吉ヶ谷の土壤にきわめて耐水性の強い土壤があつたが、今回調査地には別に特異な、水に対して強い土壤はなく、スポンジ状の土壤、黒色沼泥状の土壤のごとく極端に水に対して弱いものが一部にあり、ローム状の赤土も関東ロームなどと異なつて水にはあまり強くなかつた。しかし空隙量大きく、保水力もあり、九州地方のように多雨温暖の地帯では植物は表土が動きさえしなければ容易に侵入できることを表わしている。

(4) 復旧対策についての所見

調査地全体を通じていえることは、溪流の浸蝕作用により山脚溪岸を欠壊し、それが拡大して生じた山脚、または、山腹におよぶ崩壊地が多いので復旧対策としては護岸工、水制工、堰堤工などの溪床、溪岸の固定保護を主体とすべきであろう。山腹は表土が動かなければ容易に緑化できる土壤で、温暖多湿地方であるので崩壊面に施設する法面工は植栽のための地拵え程度のものと、流水をうまくまとめて流す排水工とで良い。

溪岸浸蝕による崩壊にも種々の型があるが、彎曲部においては水量が増すと流水が岸に直突して浸蝕さ

れるから水制工によつて増水時の流水の方向を岸にぶつからないように流してやるか、護岸擁壁が必要である。平畑の崩壊（写真7）、槻木川の吐合の崩壊（写真8）などはこのような場所である。

平常は水は中央部しか流れず、河原が広く降水時土石流が流れて洗掘され、溪岸崩壊を誘発するようなところは河原に竹林、ヤナギ、サワグルミなどを植えて河床の洗掘を防ぐのがよい。写真9に示す河原も家屋の周囲に雑木林や竹林でもあれば被害を軽減できたと思われる。上渡川のカシバ谷合流点に近い河原の農家の川上に老令木が数本あり、このために水だけは家屋に浸入したが岩、倒木などはとめられて破壊を免れていた例が見られた。

山間の沢の合流点などの扇状堆積地は、いつかまた堆積物たる崩壊土石が多量に流れてくる時があるから、このような山間の扇状地は居住地として利用したくないところであるが、どうしても利用しなければならぬ場合は、平常沢に水のあるなしにかかわらずその上部に相当量の貯砂能力をもつ堰堤を、すくなくとも1箇は設け、かつ水が絶えず流れておれば上流に堰堤を設けたことにより、堰堤より下流が洗掘されてゆくから扇状堆積物も流され、山脚を不安定にしてゆくから、下流にも堰堤を設けて、縦浸蝕を防ぐことが必要である。球磨本流の柳平（写真10）や千ガ平がその例である。

急斜地で豪雨のために上層土壌と下層不透水性の平滑な岩盤の間に沁面を生じて崩壊したものは崩壊面に平滑な岩盤が露出しており、山腹工事としてはほとんど手の施しようもないが、予防としてはこの場合崩壊部の上縁に亀裂のできるを普通とするから、この亀裂に水のはいらぬように山腹排水工を施すとともに、溪流の山脚に護岸工を設けて溪岸浸蝕を防止し、なお、崩落を免れざる場合は直下流の堰堤築造に適した場所に土砂止堰堤を設け、下流部の災害を軽減させなければならない。山腹上縁の亀裂は発達してくると馬蹄形をなすのが常であるから、亀裂の外側に沿つて馬蹄形の水路を設けるのも一法である。

林道切取りのために上部の一塊が沁る懸念のある場合は擁壁を設けること、および水を抜くことを考えなければならないのは当然であり、道路から谷までの部分も、路面に集まつた水のために崩れるから側溝を設けて路面から水が浸透したり、路面上を雨水が流れたりしないようにしなければならない。

折戸川の横谷下の崩壊地に石垣の柵枠型の工事が施工されてあつたが（写真2）、崩壊地をいくつかに分けることは法面の抵抗性を強める意味で結構であり、かつ、この地が冬期凍結するならば、凍上変形をなるべく地面に平行の方向に起るようにし、凍上作用を減ずるために石垣の位置する方向に熱を伝わしめて、生ずべき凍上力を壁の方向に向わしめ垂直方向の凍上力を減少させ融解期の浮土砂を少なくさせるのに効果があらう。柵内の地表は雑草灌木類で落葉多く、根元から枝茎を多く出して土砂落葉を溜めやすいものを密植して冷熱遮断を助け、かつ、表土のうごくのを阻止させるとよい。

球磨川がそれほど下流までは害を及ぼさなかつた理由に、発電ダムが多く設けられていた点が挙げられる。山崩は生ずる場所の予想のつかないことがかなりあるのが現状で、下流災害防止のためには堰堤を設けて流出土砂を阻止するよりほかはないが、上流山間部でも居住人家があり土地を利用しなければならぬ現況から、堰堤のみにたよつて山を崩れるに委せるわけにはゆかないから極力予知、予防に努めて崩れるにしても最小限度に押え、できるだけ土地を生産地として利用したいものである。

(5) 要 約

1) 崩壊は従来までに調査した赤城山、紀伊では谷頭浸蝕の型式で起つているが、球磨川上流や上渡川流域では溪岸崩壊が多く、これに原因して中腹から沁つたものもあるが、沢の奥で標高 1,000 m を越え

たところには、市房山付近に大きな崩壊が一箇あり、他にはほとんどみられなかつた。このことは地学的な原因に由来するところかも知れない。あるいはまた、溪岸崩壊の多かつたことから、1,000 m 以下で流水が集まつて溪岸を浸蝕しはじめる水勢になつたとも考えられる。

ii) 9月災害時、土地の人々の言では、従来に比べ雨量のわりに川の増水が早かつたということで、古屋敷の観測で12号台風時の雨量は600 mmであるが、さらに上流の山間部ではもつと降つたかもしれず、6月以来本台風までに合計雨量2,000 mmを越えており、7月はほとんど連日雨であつたので、これらのうち土壌に含まれていたものが崩壊した土砂と一緒に流出したので増水が早かつたかと推察される。土壌はおおむね保水力大きく空隙に富んだ赤土であつた。

iii) 崩壊は順層上の土層や、破碎された礫層が、岩盤上を亡つたものが多く、ために川の片側に特に多いという結果となつた。また林道切り取りが原因となつた場所もあり、林道を切り取つた時は、道路の側溝、山側地盤の排水に心がけねばならぬ。

iv) 山間の部落、家屋の被害は沢の合流点などの土石の押し出した扇状地にあつたものが多く、山間の扇状地は利用上注意を要することである。

v) 河原の浸蝕に対しては竹林、ヤナギ、サワグルミなどの林によつて被害を軽減できる。

vi) 調査地の土壌はいずれも耐水性の少ない土壌であつたが、空隙量大きく、九州地方は温暖多湿であるので植物は育ちやすいから植生を密にして表土を固定したいものである。

vii) 球磨川がそれほど下流まで土石の害を及ぼさなかつた理由に発電ダムが多く設けられていた点が挙げられるが、山間の土地を利用しなければならない現状から、堰堤のみに頼ることなく崩壊の予知予防に努め、山腹の排水、溪流の護岸、水制に意を用いて崩壊を最小限度にして、できるだけ山地を生産地として利用したいものである。

Landslides and their Control.

Ryuji WATANABE

Résumé

Flood-calamity followed typhoon No. 12 in the upstream basins of the River Kuma, River Tsukigi and River Omaru in Kyushu District in September, 1954.

For the purpose of forest calamity prevention we investigated the landslide spots created in these river basins.

A great many collapses occurred at the foot of the cliffs along the streams, and a few were observed on the hillside of the mountain. But at the mountain area over 1,000 *m* high, slides were seldom seen except a large one observed near Mt. Ichibusa...the land which is now less than 1,000 *m* high was once in the sea in the ancient past. It seems that when the land arose to its place of the present day, the soil strata were disturbed, allowing slides to occur easily at places below 1,000 *m* high.

The inhabitants said that the flood came down sooner as compared with those in past heavy rains. But from June to the time of typhoon No. 12, the amount of rainfall reached over 2,000 *mm* and in June especially, almost every day was rainy, thereby causing the saturation of soil with water. When slides occurred, the soil and stored water flowed together with rainfall by typhoon. The foregoing explains why the flood appeared much earlier than the past floods.

A great many slides occurred on the flat rock of the under stratum having the same slope as the upper layer of the land, so the sliding places were seen especially on one side of the stream.

We saw at several places that houses were constructed on little alluvial fans on dry river-beds among the mountains, some of them having been damaged by mud-flow. It is obvious that these places are not suitable for dwelling. But if necessity compels people to live in such places as these at any cost, we must construct large check dams in the up- and down-stream of the fan, and also establish protection tree belts around the houses.

It is also desirable to carry out works of revetment and spur dike to prevent the erosion of the foot of the cliff along the stream.



写真 1 横谷上流国有林内崩壊



写真 2 横谷下流石柵砕工事



写真 3 槻木川平谷林道下崩壊



写真 4 白水上流黒色土崩壊



写真 5 アヅキ谷合流点の下流上渡川筋の崩壊

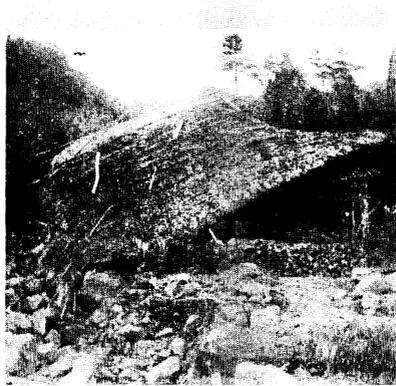


写真 6 上渡川門田土石流による家屋の破壊



写真 7 平畑の溪岸崩壊，左下に平滑な順層岩盤が見える

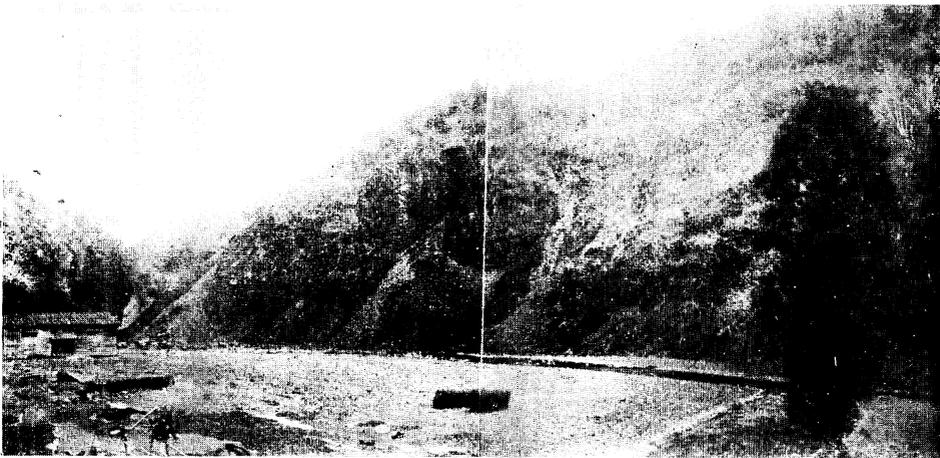


写真 8 槻木川吐合溪岸大崩壊



写真 9 都川河床洗掘



写真 10 球磨本流柳平の河原，左の家屋は2階が地上に現われている

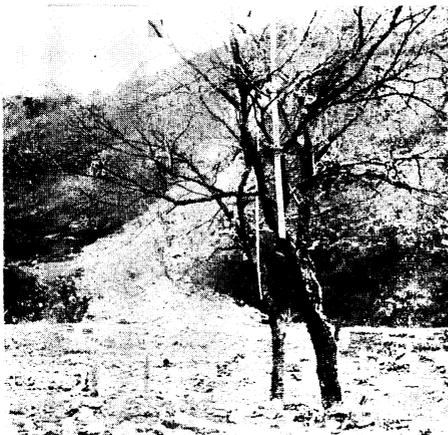


写真 11 柳平，小学校が流され校庭の桜2本残る



写真 12 槻木川横尾，巨岩流出



写真 13 神山谷に流出した巨岩



写真 14 神山谷, 巨岩倒木によるダム

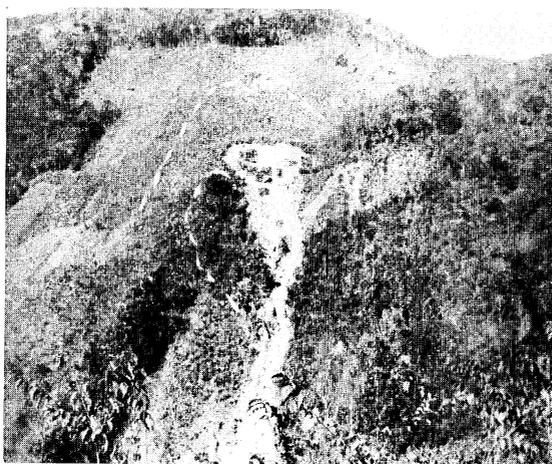


写真 15 白水, 山腹の亀裂