

1. ピーク流量と溪流治山対策

丸 山 岩 三⁽¹⁾
藤 井 真 一⁽²⁾

まえがき

九州地方は昭和 28 年の梅雨末期の大雨による大災害を受けたが、昭和 29 年も 5・12 号などの台風により、前年よりは小さいとはいっても大きな災害があつた。筆者らもその災害調査の一部門を担当したのであるが、都合により地域的にもその一部分について、すなわち宮崎県地内の調査に参加したのみであつた。調査時期は昭和 29 年 12 月 4 日より 7 日までの 4 日間であり、筆者らの分担した項目は理水関係であつた。

調査にあつては、熊本営林局坪田治山課長・美々津営林署敷根技官はじめ局治山課・美々津営林署・宮崎営林署職員各位よりご援助をいただいた。また、宮崎県庁造林課山口技師よりは災害関係の資料を、また気象関係の資料は現地観測所職員各位および防災部岡上技官のご好意によるものである。上記諸氏に深く謝意を表する次第である。

1. 調査対象

昭和 29 年に南九州をおそつた台風のうちに、最も大きな災害を与えたものは 12 号であつた。これは宮崎県の被害について考えてみてもはつきりしていることである。すなわち、同県の調査によると、昭和 29 年の新生または拡大した崩壊地の面積は 576 町歩であるが、このうちで 12 号台風によるものが 428 町歩であり、総面積のほぼ 3/4 は 12 号台風によるものであることよりしても明らかであろう。また、調査地域もほとんど全部 12 号台風による災害地であり、5 号台風のときには著しい被害を受けていないとのことであつた。

調査地域は付図 3 の宮崎県東臼杵郡南郷村地内の小丸川上流渡川の水源地帯であつた。このうちで踏査したのは神山谷・カシバ谷・木浦谷および下古園までの渡川流域沿いの地域の一部であつた。

調査項目は理水関係のことであり、洪水流量の想定、溪流関係の治山対策などであつた。

しかし、雨量と洪水流量については、この小丸川上流渡川水源地域のもの以外に、付図 1・2 にみられる熊本県側の球磨川・大淀川上流についての資料があるのは、とりまとめの便宜上渡川のものと一緒に一括して考察したものであり、これは同行の四手井・渡辺両氏の測定によるもので考察も両氏の示唆によるところが多い。

2. 調査結果

1) 降水量

まず、台風 12 号のときの降雨状況を南郷村神山谷の人より聞いたことを基礎とし、南郷村小学校の測

(1) 防災部防災第二科長

(2) 東京教育大学農学部助教授

定結果と対照して述べることにする。9月12日午後雨が強くなり、夜中にはさらに強くなり、雨の音はB29の爆音のようであった。13日0時からの3時間雨量は93.5・142.1・115.3mmであり、この日の午後崩壊が続出したのである。この日の12時から3時間雨量が182.7mmであり、12号台風による降雨中で最大の強度であったことでもその程度が知れよう。この時の崩壊はこの日の朝から発生し、前後13回の土石流があり、うねりながら出てくるのをみていたとのことであった。その速さは自動車のメーターの10(10km/hrであろうと思われる)くらいであり、人が走るよりは早かつたとのことである。そして夕方雨は小降りになったけれども、榎鼻の上の崩壊により3人死亡されたのである。なお、これらの方はその前に対岸が崩壊したときに何もなかつたので家におられたものとのことであった。また、前の5号台風はこの12号台風と比較すると、水の出ははるかに少なかつたけれども、風は強かつたとのことである。

宮崎測候所調査の昭和29年の12号台風による雨量、すなわち、9月10日より13日間の等雨量線図によると、800mm以上を示しているのが、渡川水源地帯であり、この付近での最大雨量のあつた地域である。また、四手井氏の報告にあるように、この地域にある南郷村小学校における測定値は889.5mmであり、雨量の多いところは900mmに達したとしてよいのではあるまいか。最大日量は9~9時にとつた場合には612.7mmであつた。これを既往の記録と比較するために、比較の対象としてこれと最も近いところにある同じ南郷村地内の神門の記録(中央気象台発行の雨量報告と建設省河川局の1954年の水理資料IVによる)をとり上げることとする。神門においては1901~40年の29年間において、平均年雨量は2962mmであり、また1950年までの年間の最大日雨量を大きさの順に並べると454・449・380・360mm……となり、上記の612.7mmはとびぬけた大きさをもっている。また、南郷村小学校における最大3時間雨量は9月13日12~15時の182.7mmというのも大きな値であつて、これは神門の過去の値がないので比較することはできないが、やはり大きなものであろう。

また、熊本県側の球磨川流域についてみると、水上村古屋敷小学校の雨量は6~9月のものについては、既往のものよりはるかに大きく、第1表のようになる。

第 1 表

年 \ 月	6	7	8	9	計
昭和29年	750	944	443	762	2899
既往平均(9年間)	388	411	374	239	1412

このように昭和29年の夏季の4カ月間に例年のほぼ2倍の降雨があり、これはこの地の平均年雨量2416mmよりも大きい値を示していることは、異常といつてよいであろう。この夏季の雨量と同様に、とくに7月の雨量の多いことも著しいことであり、これは宮崎県側の椎葉測所でも1101mmを示し、この地の7月の降雨日数24日というのも注目する必要があるであろう。なお、7月の降雨日数の多かつたことは四手井氏も指摘している。

また、12号台風時の雨量についてみると、同じ古屋敷小学校において9月12~14日間に566.8mm(自記記録では654.3mm)であり、最大日雨量291.7mm(同じく自記では329.8mm)と普通雨量計と自記雨量計の記録の間には10%以上の差がある。総雨量については、宮崎県側より少ないことは事実であり、この地の過去のものと比較する資料がないが、大きなものであろう。最大日雨量についての9年間

の資料があるのでそのうちの最大をとると 289.4 mm であり、上記の普通・自記いずれの記録をとつても、ほぼ似た値ではあるが、これより大きい。

つぎに熊本県側と宮崎県側の過去の記録を比較する。水上村古屋敷と南郷村神門についてみると、共通の記録のある5年間の平均年雨量はそれぞれ 2416 mm と 3023 mm となり、古屋敷は神門のはほぼ 80% である。最大日量はそれぞれ 289 mm と 449 mm というように相当大きな差がみられる。

要するに過去の記録をみると、宮崎県側が多く、この点は今回の 12 号台風についても同様であつた。ただ、12 号台風について著しい点は、その前の 6~9 月間に例年に比しはるかに大きな雨量を示したことであり、とくに 7 月に著しかつたことである。また、この台風時の最大日雨量は球磨川上流ではわずかに過去の記録を破つているが、小丸川上流渡川地域については大きく記録を破つている。しかし、これは手もとに集まつた記録の範囲内においてのことである。

2) ピーク流量

ピーク流量の想定の目的は、12 号台風のような大雨のときに、どの程度の流量があつたか、また森林の存在がどのように影響したかを知り、もつて治山の工事および対策のための基礎資料にしようとすることである。しかし、調査地域の南郷村神山谷・カシバ谷およびその下流などにおいては、丸笹山・三方岳・槇鼻峠を結ぶ分水嶺に近いところに国有林の部分が多く、一小流域においてまとまって、林相状態の悪化しているところも見あたらなかつた。したがつて、地被状態のいかんによる流出状態の差を判定する資料が得られそうもないので、この点は目標の外におき、ただ、このようなまれにみる大雨のときのピーク流量がどの程度のものであるかをみることにした。そのほかに今回の災害による崩壊は溪岸崩壊とみられるものが多く、山腹または峯筋近くに溪流とは無関係に生じたとみられるものは、きわめて少なかつたことも著しいことであり、流域別に地被状態の良し悪しを対照させることを困難にした有力な原因となつたことは否定できない事実であろう。

ピーク流量の想定には、精密度は低いのであるが、他に適当な方法もないので、溪岸に残された出水時の痕跡を用いた。すなわち、なるべく溪床の変化の少ないところを選び、テープまたは距離計により横断測量をして流路断面を決定し、ハンドレベルにより水面勾配を推定した。この両者より上流部においては BAZIN の旧式により平均流速 v を想定し、ピーク流量 Q を $Q=av$ (a : 流路断面積) より求めた。また、流域面積は 5 万分の 1 地形図より決定した。しかしながら、測定した最下流の点は南郷村下古園地内であり、流域面積は 46 km^2 にもなつているので、BAZIN の式を用いることには一応の疑問がある。なお、球磨川上流では面積 57 km^2 の流域もある。また、上流部では 1 km^2 内外のところもあり、このような上流部では当然 BAZIN 式によるべきであろうが、下流部では使用平均流速公式も問題になつてくる。なお、同一の流路断面と水面勾配を用いて計算してみたところ、KUTTER 式と MANNING 式は BAZIN の旧式に比し、それぞれ平均して 56% と 54% であり、その開きは大きい、この場合 KUTTER 式と MANNING 式はほぼ似た値をとることを示している。けつきよく小丸川上流渡川水源地域の測定値においては、流域面積が 4.1 km^2 から 25 km^2 までとんでおり、この中間の面積のものを欠いているので、理論的根拠もなく、疑問を残しており、便宜的のものといえるのであるが、この 25 km^2 以上のものについては KUTTER 式によることにした。そして球磨川の資料についても、これにならつて 10 km^2 以上の面積のものについては KUTTER 式によることにした。

また、測定方法に関連した問題としては、流路断面が変化したとみられるところのピーク流量は非常に

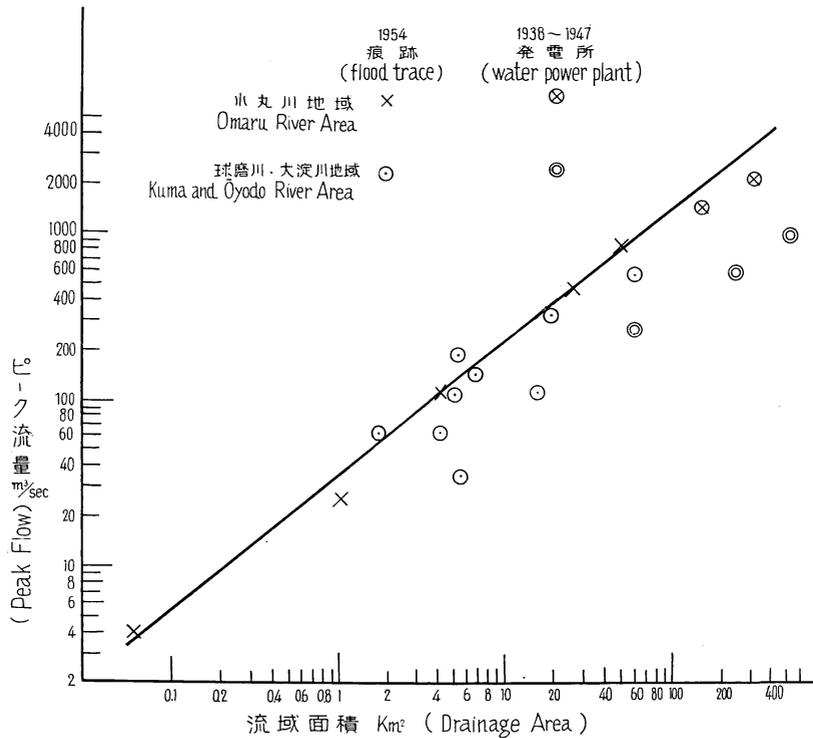
大きい値を与えている。たとえば第 2 表にみられるように、写真 1 (付図 No. 12 付近) にみられるような土石流により、流路が変化したとみられる点で測定した値は $m^3/sec/km^2$ 単位でそれぞれ $1400 \cdot 1100 \cdot 400$ ときわめて大きく、別の例としては、他の土石流の通過地点である同一点において、溪岸に土砂が 3 段に堆積しているのがみられた (No. 18 の点)。この No. 18 の点で共通の溪床をとり、上段の堆積層をとり計算したところ、同じ単位で 3600、中段・下段でそれぞれ $890 \cdot 740$ と下段をとつてもきわめて大きい値をとつたことは著しいことであつた。なお上記の 3 段の堆積は何回目かの土石流による堆積であろう。このようなところでピーク流量を測定することは、土砂と水をいつしよにして測定していること、および土石流により洗掘されたところまでを断面としてとつていることになり、過大の値を与えることになる。また、土石流の土砂までを流量の中に入れて考えたとしても、この場合には平均流速公式が過大の値を与えることになる。いずれの場合を考えても、筆者の一人丸山の関係した昭和 28 年の九州水害調査報告 (林試研究報告 69 号) 中の阿蘇地区のピーク流量の推定値に過大のものが多くはいつていたことは事実としてよいであろう。

これと著しい対照を示しているのは第 2 表中の No. 21 の点であり、これは 200 m ほど離れている 2 点の平均値であり、ピーク流量は m^3/sec 単位で 830 と 910 であり、比較的に接近している。しかしこのような点においても、溪床が全然変化していないと断定できないものであることはいうまでもない。

このようにして計算した値を示したのがつぎの第 2 表であり、測定位置は付図 1・2・3 に示されている。これらの測定値中の流路断面の変化しているなどと認められるものを除いて、ピーク流量 $Q (m^3/sec)$

第 2 表

測点	水系	流域面積 km^2	最大流量 m^3/sec	最大比流量 $m^3/sec/km^2$	備 考
1	球磨川	5.2	34	6.5	測点の位置については、付図 1・2・3 参照
2	大淀川	6.4	150	23	
3	〃	18.0	320	18	
4	〃	14.0	110	7.9	
5	〃	4.1	63	15	
6	球磨川	1.7	60	35	
7	〃	5.0	190	38	
8	〃	4.7	110	23	
9	〃	57.0	580	10	
10	〃	6.7	1500	220	
11	〃	2.7	260	96	
12	小丸川	3.5	4800	1400	} 土石流の通過地点
13	〃	2.9	3300	1100	
14	〃	1.3	520	400	
15	〃	1.0	25	25	すぐ上流に流水のダムアップされたところあり、このために小さいものようである。
16	〃	0.46	4.2	9.1	
17	〃	0.06	4	67	同一地点で土石流による 3 段の堆積がある。
18	〃	1.9	{ 6800 1700 1400	{ 3600 890 740	
19	〃	4.1	110	27	
20	〃	25.0	480	19	
21	〃	46.0	870	19	



第 1 図 流域面積とピーク流量

Fig. 1. Relation between drainage area and Peak flow.

と流域面積 A (km^2) とをとり、両対数方眼上にプロットしたのが第 1 図である。 A の増加につれ Q の増加傾向がうかがわれ、小丸川の値 (×印) が比較的に直線上にのつていのようにみえるので、つぎのような回帰方程式を計算してみた。

$$\log Q = 1.53 + 0.82 \log A$$

これを流量要覧 (第 3 回) の小丸川水系の 1938~47 年間の最大流量の極 (図の中の⊗印) と比較するのは、流域面積の範囲も異なるので問題もあるが、この両対数方眼紙上の直線を延長してみると、流量要覧の値のそれぞれ 1.3 と 1.5 倍である。なお、この式の小面積の場合の Q が過大のようである。このように大きい値をとる理由としては、測定方法の精密度が関係していることはいうまでもないが、その他に降雨状況の差とピーク流量のとり方の相違によるものであろう。降雨の方をみると、流量要覧のピーク流量時 (1943 年 9 月 19 日) の最大日雨量は 225 mm (神門) であり、今回の 12 号台風時のそれは 2.7 倍であり、雨の方からみると、むしろ小さな値を与えているようにもみえる。しかし面積がほぼ 150 と 300 km^2 の流域の出水を水源地帯の一雨量観測点の雨量、しかも最大日雨量で代表させて議論をすることは危険であろう。つぎにピーク流量のとり方であるが、流量要覧の値は日流量最大の日の 10 時水位または平均水位に対する流量であり、瞬間最大流量でないからである。

球磨川・大淀川の測定値についてみると (図の⊙印)、点が比較的にばらついているから直線は引かないことにする。ただ考えられることは、小丸川の場合とその傾向は全く等しいようであるが、異なることは痕跡による測定値と流量要覧の値 (図の⊗印) のいずれも小丸川のそれよりも下にあるようであるとい

うことである。これは主として降雨状況の差によるものと思われ、また、過去の雨量・流量の両者ともそのようになっている。すなわち、上記の流量要覧の小丸川水系(2例)と球磨川水系(3例)を $m^3/sec/km^2$ 単位にとると、前者は $10.2 \cdot 7.4$ 、後者は $4.8 \cdot 2.4 \cdot 2.0$ というように著しい差がみられる。流域面積について考えてみると、たとえば、小丸川の 10.2 が $147 km^2$ であるのに対し、球磨川の 4.8 が $57 km^2$ であることよりしても、その影響によるものとは考えられない。この検討に大淀川の測定値をとり上げなかつたのは、下流が宮崎県側にはいるからである。なお、雨量の差については前項で検討したとおりである。

3) 溪流治山対策

ここで検討することは、南郷村の渡川水源地帯の溪流関係の治山対策に限定することにする。山腹に関することは四手井・渡辺両氏が検討しているからである。

(1) 崩壊は溪岸の洗掘が原因となつているものが多い。

前にも述べたように溪岸崩壊の形をとるものが圧倒的に多く、山腹にも崩壊もしくは亀裂のはいつたところもあるが、これも溪岸の方が原因の全部とはいえないにしても、すくなくとも一部にはなつていることが多いとしてよいのではあるまいか。また、溪流の曲線部の外側に著しい崩壊の発生している事例もみられた(写真2)。

カシバ谷・神山谷の合流点付近より上流の部分は例外もあるけれども、溪流の巾も狭く、あまり高くない床固を入れ、縦侵蝕の防止をはかることは効果的であろう。また、床固を入れる場合には、兩岸の状態をもあわせて考慮に入れ、貯砂を第二義的に考えるべきであろう。このように沢の巾の比較的狭いところでは(写真3)、これを効果的にできるとはいえないからである。要するにこの地域においては、現在押し出している土砂をどうするというよりも、現在以上に崩壊などによる多量の土砂を生産しないことを重点とすべきであろう。

この両谷の合流点より下流においては部分的に沢が堆砂により広くなつており、上記の考えをそのままにとり入れてよい部分もあるが、そうでないところもある。このような堆砂により、溪床が上昇し広くなつたところにおいては、床固により溪床の安定をはかり、溪岸崩壊の対策にしようとするのは、不経済なことであり、もし入れるならばある高さをもつ砂防ダムにより貯砂の目的にも役だつようにするのが有利であろう。

要するにこの部分においては、溪床が洗掘などされないで安定している場合、崩壊または崩壊しかかつたところからの流出土砂は最少限度になるとしてよいのではあるまいか。このために考え方としては、溪床の安定を第一義とし、貯砂を第二義とすべきであろう。いいかえると、前者は将来の大きな災害に備えることになり、後者は堆砂しきれない部分を下流に流出せしめるということになるであろう。しかし、ここに述べた溪床の安定ということは、このように溪床に堆砂している土砂の安定までを含めてのことであり、貯砂というのはさらにこれ以上の流出土砂があつたときの貯砂のことを意味しているのである。これは前に述べたある高さの砂防ダムを入れるということとむじゆんしているようであるが、そうでなくして溪床の安定をはかることがまず必要であるが、溪床の巾の広いところでは、それよりも貯砂の目的までをかねるようにした方が有利であろうという意味である。

(2) 崩壊土砂の堆積は溪流の狭くなつている部分または曲線部の上流に多い。

著しい堆砂の例をつぎにあげることにする。カシバ谷の神山谷に合流するすぐ上流の部分に土砂の堆積

があり(写真 4)、河原の中央部に上流から流されたものであろうが、桁の辺まで埋没した家屋がみられる。また、左岸の堆積層の断面をみると、表面の田より下のほぼ 80 cm のところに旧田の土壌らしいのがみられ、その災害を受けた時期ははつきりしないけれども、かつて水田であつたところが災害により埋没したものであることは間違いないことであろう。このように災害はある年代を経てくり返されてゆくものである。そしてこのような山間地帯においては、住宅地や田として平地を求めようとするのは、必然的のことであり、扇状地をも含めて(写真 5 は小さな扇状地の被害の例である)比較的に溪岸近くの災害の危険度の高いところになるのは、やむを得ないことであろう。

この経済的の面と災害危険度をどの程度に調和させるかは大きな問題であろう。なお、災害のみをとり上げた場合には、このような危険性のあるところには住宅をもたないようにするのがよいことはいうまでもない。

さらに堆砂はもう少し下流の塚原の上流にもみられた(写真 6)。両者共通とみられる原因としては、溪流の狭い部分が土砂で埋まり、その上流に河原のような部分ができたことである。この場合には長さは 1 km 以上にわたり、巾の広いところでは 80~90 m に達している。前記のカシバ谷の場合には、流路が曲線的になつていたことも原因といえるであろう(写真 4)。写真 6 の堆砂の原因となつた狭い部分においては、溪岸に 3 段の田があり、その上にあつた住宅が堆砂した面よりわずかに高い程度になつている。そしてすくなくとも 15 尺は溪床が上昇したものであろうとのことであつた。また、堆砂の中央部には埋没した家屋が桁だけをのぞかせていることでもその程度は知れよう。

また、塚原の下流にその下流が S 字形の流路をしている部分にも堆砂がみられた。

これらの溪流にある堆砂量を略算したところ、それぞれ $7 \times 10^4 \cdot 10 \times 10^4 \cdot 5 \times 10^4 m^3$ であり、門田付近までにおいて $22 \times 10^4 m^3$ 以上に達するであろう。これらが下渡川に建設中の発電所にまで全部流出するものとする、その有効貯水量 $2790 \times 10^4 m^3$ に対し、ほぼ 1% 弱になる。

このような流出土砂の被害は、溪岸近くの住宅・耕地の埋没および下流の発電所の貯水池の埋没ということになるであろう。後者の被害の場合、排砂設備が完備していなければ、有効貯水率の減少程度はこれだけでは小さいが、恒久的な損失として大きいといえるであろう。

(3) 河岸林が災害に対して有効に作用した多くの例が報告されている。この地域のように両側の山腹が沢に迫っているところでは、それほど効果的に用いられる場合が多いとは思われない。しかし住宅が直線的流路の外部にあるところを森林帯で保護すること、または住宅の対岸のすぐ上流に障害物があり、そのために水流が直接ぶつかることが予想されるような場合は効果的であろうが、このような場合は少ない。しかし、少し下流にきて渡川の支流の形成する地域にある扇状地における適当な河岸林を考えることは効果的であろう。しかしこれにより、溪岸を他の部分よりも狭くしたりするならばそれが原因になり、前に述べたようなその上流部での堆砂を生ずることが予想されるから、この点は注意を要することであろう。

3. 要 約

(1) 昭和 29 年の 5 号、12 号台風による宮崎県の小丸川上流渡川水源地帯の災害地を調査した。

(2) 降雨の特徴としては、12 号台風時(9 月 12~14 日)にはほぼ 900 mm、最大日雨量 610 mm、最大 3 時間雨量 180 mm という大雨があつた。また、この年の 6~9 月の雨量が多いことも著しいことであつた。熊本県側は総量・最大日量ともにこれより少なかつた。

(3) 精密度は低いが、出水時の溪岸の痕跡よりピーク流量を想定したのが第 2 表である。小丸川の資料より、ピーク流量 Q (m^3/sec) と流域面積 A (km^2) との間に次の関係を得た。

$$\log Q = 1.53 + 0.82 \log A$$

等面積にして、この式の値と 1938~1947 年間の小丸川水系の発電所の最大の記録とを比較すると、この式の方が大きい。これは主として降雨状況の差によるものであろう。

また球磨川・大淀川の値に比し、小丸川の値の方が大きいのはやはり雨量の差異によるものであろう。

(4) 溪流関係の沿山対策としては、

a) 溪岸崩壊とみられるものが多いので、溪床の安定をはかるのが第一に必要であり、さらに溪床に堆積した土砂を下流に流出しないようにすることも重要である。

b) 溪流に堆砂したのは、溪流の狭くなっている部分または曲線部の上流部であり、このような堆砂するおそれのあるところに住居をもつことには、慎重な考慮が必要である。扇状地についても同様である。

c) 河岸林を仕立てることが効果的とみられるところは比較的になかかつたが、扇状地に適当な配置を考えることは効果的であらう。

Peak Flow and Countermeasures for Stream.

Iwazo MARUYAMA and Shin-ichi FUJII

Résumé

We investigated floods in Southern Kyūsyū due to Typhoon No. 5 and No. 12 in 1954. This report deals with flood flows that occurred in streams in the Dokawa area of the upper stream of the Omaru River, Miyazaki Prefecture.

1. Total precipitation from 12 to 14, September, 1954 due to Typhoon No. 12 in the Dokawa area amounted to about 900 millimeters. Maximum 24 hours and maximum 3 hours precipitation were 610 and 180 millimeters respectively. Precipitation from June to September was abnormally large.

2. Flood flow was estimated from the flood traces left along stream-sides. As shown in Fig. 1, the following regression equation from the peak rate in the River Omaru (\times) was calculated

$$\log Q = 1.53 + 0.82 \log A$$

where Q is the peak rate in cubic meters per second, and A is the drainage area in square kilometers. Peak rates from 1938 to 1947 measured by water power plants in the River are smaller than the values estimated from the equation. This is probably due to the difference of the rain intensity and the method of measurement.

3. As counter-measures, except those applying to hill-sides, the following are considered.

(1) As many of the land-slides occurred along stream-sides, in the first place, stabilization of stream-bed is effective, and secondly, checking of the eroded soil deposited in stream-bed will be effective for prevention of damage.

(2) Because sedimentation in stream is seen in upper stream of narrow or curved parts, it is dangerous to inhabit such places indiscriminately. It is also dangerous to inhabit the small alluvial fan without due deliberation.

(3) It is effective to arrange proper stream-side forest on the small alluvial fan.



写真1 神山谷



写真2 塚原上流



写真3 神山谷上流



写真4 カシバ谷下流



写真5 門田



写真6 椽原上流