

V 理 水 関 係

丸 山 岩 三⁽¹⁾
野 口 陽 一⁽²⁾

目 次

| | |
|-----------------|----|
| まえがき | 85 |
| 1. 最大比流量 | 85 |
| 2. 河岸林の影響 | 88 |
| 3. 対 策 | 90 |
| 要 約 | 94 |
| 引用文献 | 95 |
| Résumé | 96 |

ま え が き

1953年6月25日以降の北九州における62年ぶりといわれる豪雨により、熊本・門司などに今までにないといわれる大災害が発生した。筆者らは理水班として、9月1日より15日間の調査に参加した。調査地域は主として、阿蘇・門司地区であり、この報告はその中の阿蘇地区についてのものであつて、もう少しわしくいうと、主として阿蘇山の内輪山の南斜面の熊本県阿蘇郡色見村・白水村の両村である。

調査に当つては、熊本営林局・日田営林署・熊本県庁林務部および白水村新町の熊本県林務部治山事務所・色見・白水両村の当局者より非常な援助を受けている。ここに深く感謝の意を表する次第である。

1. 最大比流量

1) 最大比流量の想定

この想定には、ピーク時の流路断面と水面勾配によることにした。流路断面は、出水による溪流の兩岸の流水の痕跡によることにした。このためには兩岸の生育している草の葉とカヤの短い切片が流路に水平になつている部分まで浸水したものとした。理想的に言えば、浸水した部分まではすつかり水平になり、それより上の部分は不規則であるか、または谷側に向つているものが多いと考えられるが、それほどはつきりと認められなかつた。しかし流域が採草地に

(1) 防災部理水研究室長 (2) 東京大学農学部

なつている場合には、カヤの切片により、比較的はつきりと認められた。つぎに水面勾配の想定であるが、これもある距離を置いて両岸の痕跡の高低差によるのが、合理的であることは明らかであつて、戦後においても菅谷氏が忠別川においてこれより想定した例もあるが、前記のようにあまりはつきりしていなかつたために、便宜的に溪床勾配をもつて代用しなければならなかつたのはやむをえないことであつた。

このようにして、流路断面と水面勾配を想定して、平均流速を算出し、これと前記の流路断面面積との積で最大流量を算出した。つぎに最大比流量の算出には、流域面積が必要になるが、これは一部分は5万分の1の地形図により、一部分は目測によつた。

このようにしてえられた最大比流量が、どの程度の精密度をもつているかについては、量的に検討することも考えられるが、相当の誤差をもつていることは容易に考えられることではあり、あるいは有効数字1桁の精密度も疑問であるかもしれない。ここで注意しなければならないのは浸水したと予想される最上部をとつているので、最大流量はこれより大きくはないであろうと予想される最大限を与えているのであろうと思われることである。しかし、このために生ずると予想される誤差は実際の値よりも大きい値を与えるような誤差と予想され、しかもその程度は水位に関してほぼ一樣なのではあるまいか。このことは測定結果の中の流域 No. 5, 6, 7 の最大流量の和が、その合流点の No. 4 のそれとの差が比較的に小さいことは (Table 1 参照), その測定地点がきわめて近接していることよりして、また最大流量の出現時がほぼ同時と考えてよいことよりして、同程度の同方向の誤差をもつていると考えてよいことを示している一例であらうと思われる。さらに精密度を低下させた有力な原因としては、崩壊の多い流域をとつた結果として、ピーク時の流路断面の判定の困難なことが挙げられる。なお平均流速の算出には、バザンの新式により、粗度係数は抵抗の特に大きい土砂水路の場合の 1.75 を用

Table 1.

| 流域 No. | 面積 ha | 崩程 壊度 | 流路断面面積 m ² | 平均流速 m/sec | 平均傾斜 | 最大比流量 m ³ /sec/ha |
|--------|-------|-------|-----------------------|------------|------|------------------------------|
| 1 | 280 | 小 | 104 | 11 | 緩 | 4 |
| 2 | 4 | 特に大 | 33 | 17 | 急 | 1×10 ² |
| 3 | 27 | 小 | 8 | 13 | 特に急 | 4 |
| 4 | 38 | 中 | 49 | 13 | 緩 | 2×10 ¹ |
| 5 | 18 | 中 | 21 | 13 | 緩 | 2×10 ¹ |
| 6 | 16 | 中 | 28 | 11 | 緩 | 2×10 ¹ |
| 7 | 4 | 中 | 10 | 7 | 緩 | 2×10 ¹ |
| 8 | 1.5 | 小 | 3.3 | 2.3 | 特に緩 | 5 |
| 9 | 200 | 小 | 88 | 12 | 特に緩 | 5 |
| 10 | 50 | 大 | 39 | 10 | 急 | 8 |
| 11 | 38 | 小 | 24 | 10 | 緩 | 6 |

註：流域 No. 1 は Fig. 1 の ① に対応する

いた。

2) 最大比流量についての考察

このようにして、想定した最大比流量を示したのが Table 1 であつて、この値は当场において行つている試験地の資料に比較するときわめて大きい。

たとえば釜淵においては 1947 年 7 月 29 日の最大時雨量 14.3 mm に対して最大比

流量 $0.045 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$, 同じく 6 月 28 日の 5.9 mm に対しては $0.01 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ であつた。この最大時雨量を $\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ に換算すると, それぞれ $0.04 \cdot 0.016 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ となる。宝川の資料についても, カスリーン台風時の最大時雨量 37.6 mm を換算すると $0.1 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ となり, 最大比流量 $0.06 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ に比較して, 釜淵の場合と同様に, 比較的に近い値をとる。

この阿蘇山南斜面の最大時雨量を 63 mm とすると (阿蘇山頂の測候所で 63 mm であつたので, これを用いた。なお, これは岡上技官の調査資料による), $0.18 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ となり, 上記 Table 1 の数字に比してきわめて小さい。この点については, 最大比流量は最大時雨量に比例するというのも, なんらの理論的根拠はなく, 強雨の際には最大比流量は大きな割合で増加していくと思われるが, 一つの比較の目安としてとつたまでである。なお, 杖立川におけるピーク時の痕跡をみると, 測定する時間的余裕はなかつたのであるが, この阿蘇の白川上流に比較して, 流域面積の割合に流路断面の小さかつたことは, 崩壊の少なかつたこととともにうかがわれた。

このように最大比流量が大きな値をとつたことの理由については, 測定の際の誤差にもよることはいうまでもないが, その他の異常な強雨・崩壊による流出土砂の加つたことなどによるのであろう。

またこのことは, 床固の放水路の断面の設計に用いる最大時雨量の想定をする場合において, 一つの注意すべき事項を与えていることはいうまでもない。

さらに Table 1 について, 流域面積 (ha 単位で 1・2・3 桁に分ける)・崩壊の程度・流域の傾斜 ($1 \times 1 \text{ km}$ の区割をとり, 等高線より平均傾斜を計算すると, 急なところは 30 数度である) を 3 階級に分類し, 流出を急にすと思われる条件であるところの流域面積を小さい方より, 崩壊の程度は大きい方より, また流域の傾斜は急な方よりそれぞれ 3・2・1 としてその総和をとると, $\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ 単位の最大比流量が 10^2 の桁のものは 1 例で 8, 10^1 のものは 6 例で平均 5.2, 10^0 のものは 6 例で平均 4.5 と, やはりこれの和の小さいものは, 最大比流量も小さく, 大きいものは大きい。特に No. 2 のごときは崩壊の程度が著しく, 土砂によるものが大きいものと思われる。いずれにしても精密度が低いのであるが, その傾向は常識的なものといえるのであろう。またこのように, 面積・傾斜・崩壊程度の 3 者を同一比重で考えているが, この比重が等しいということもいえないのであつて, この中でも特に崩壊の影響が大きいものと思われる。

つぎに森林の流出におよぼす影響であるが, この測定はこれを目標にしていることはいうまでもないのであるが, このように精密度の低い測定方法によつては, その影響を論議することに無理があり, この資料によるこの点についての論議はしないことにする。

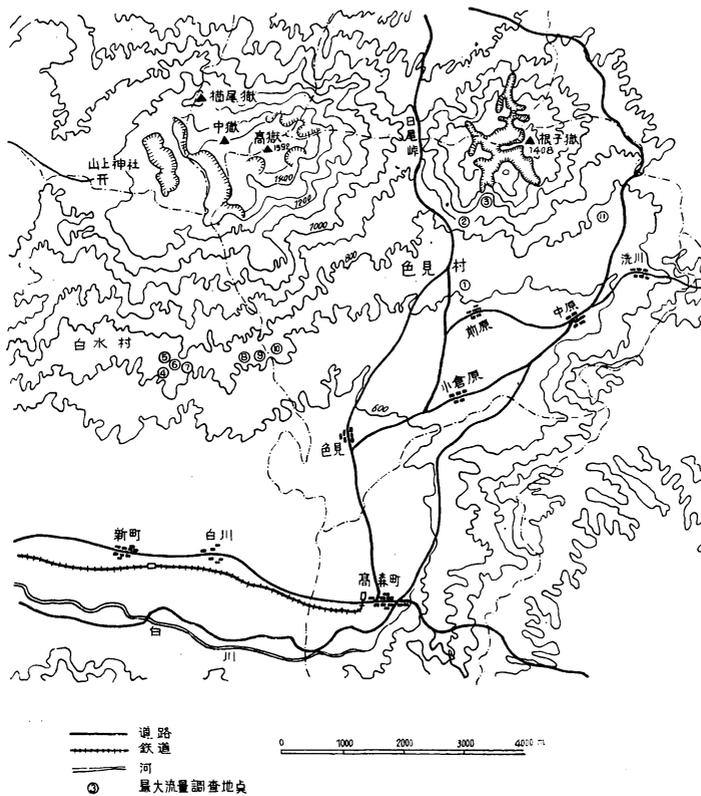
ただし一般的にいつて, 森林がピーク流量を減少させる作用のあることは, その程度については問題はあつたが, 決定的な事実としてよいであろう。この点については, たとえば試験林を

伐採して比較してみた結果⁴⁾⁵⁾をとつても、また多数の流域からの全体的の傾向を抽出してみた結果¹⁾³⁾をとつても、この事実を裏書きしている。

結局森林のピーク流量に対する影響としては、上記の森林の流出におよぼす影響のほか、森林の崩壊におよぼす影響の2点になるのであろう。この第2点については、この地区の調査において、森林と草地について決定的にどちらがよいという結論もでていないようであるが、しかし、全体的に総合して考えた場合には、災害に対しては流域が森林であつた方がよいであろうということには、間違いはないであろう。

2. 河岸林の影響

小出博士³⁾は水害防備林の効果を強調されている。この阿蘇地区においても河岸林の影響として著しいのは、森林の侵蝕に対する抵抗性である。これは、たとえば色見村 (Fig. 1 参照)の中原部落の上流においてもみられることであつて、スギ林のために流出土砂がとめられて、そのために兩岸より高く堆積しているものがあり、これはそれより少し下流の低い床固の洗掘防止の効果とともに、Phot. 1のような状態にとどまつたことである。またその近くにおい



第1図 調査地域
Fig. 1 Area investigated

て、森林がその背後にある耕地の欠壊を防いだ実例は Phot. 2 に見られるとおりである。すなわち豪雨時の出水に対して、溪岸を保護して、Phot. 2 の向つて右の方に流れていた流路の変更なしに、後方のムギ畑を保護の役目を果たしている。このような現象は方々にみられることであつて、杖立川の下流においても竹林が河岸の保護をした実例が見られた。また森林の上流からの土砂をとどめ、災害を軽減せしめた例としては、色見村大村の Phot. 3 にみられるような効果もあつた。

つぎに森林の横侵蝕に対する抵抗であるが、このような作用は、Phot. 4 にみられるように、手前向つて右側(右岸)の侵蝕が進めば、溪流の蛇行の傾向により、当然それより下流の向つて左側の左岸の侵蝕の進行することが一応考えられるが、このような傾向が見られないのは、森林の横侵蝕に対する抵抗のためであろう。

要するに河岸林の効用としては

(1) 流路の変更に抵抗すること。

(2) 横侵蝕を防ぐこと。

(3) 溪流から流出しようとする土石をとめることにより、両岸を保護すること。

の3点に要約されるであろう。その他小出博士もいわれるように、河岸林そのもののもつ生産性よりして、水防資材の供給に役立つことなどは、いうまでもないであろう。



写真 1 色見村中原
Phot. 1 Nakabaru, Shikimi Village

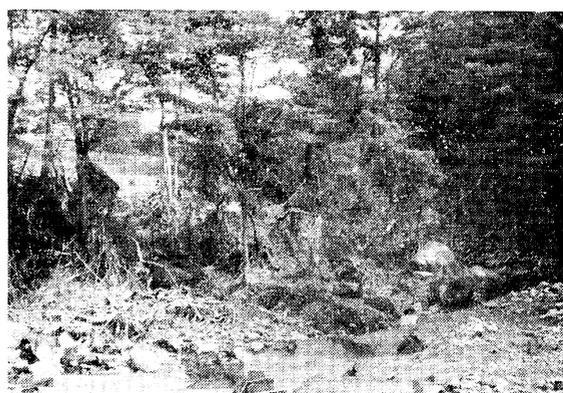


写真 2 色見村中原
Phot. 2 Nakabaru, Shikimi Village



写真 3 色見村大村
Phot. 3 Omura, Shikimi Village

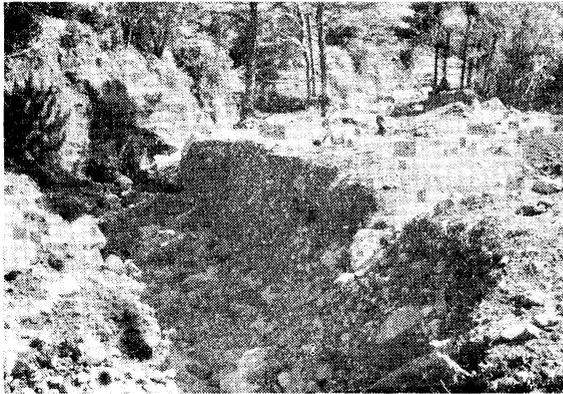


写真 4 色見村前原
Phot. 4 Maebaru, Sikimi Village

いたために、Phot. 5 にみられるような高さ 10 m 以上もあると思われる大きな侵蝕がみられるのに対し、白水村地内には洗掘により Phot. 6 にみられるように、溪床における岩盤の露出がみられることである。その結果として、井戸の深さも色見村前原ではほぼ 11~12 m とのことであるが、白水村新町ではほぼ 7 m とのことであつて、比較的浅い。またその結果として、飲用水の関係も色見村の方が不利のようである。

つぎに 5 万分の 1 の地形図より根子岳—小倉原と噴火口—新町を結ぶ直線より、その附近の等高線の凹凸を無視して、その附近の平均の高さと思われる縦断をとると、Fig. 2 のようになる。これをみると、火口のあるなしにより、頂上附近の状態が異なるのは当然であるが、それより下は傾斜山地（多くは原野）緩斜地（原野または森林）部落および耕地というよ

うに、3 分しうるのは共通であるが、普通の場合の土地用法と異なるのは、Phot. 7 にみられるように森林と原野の位置が逆になつていことであろう。さらに傾斜については、白水村は連続的に急—緩となつ

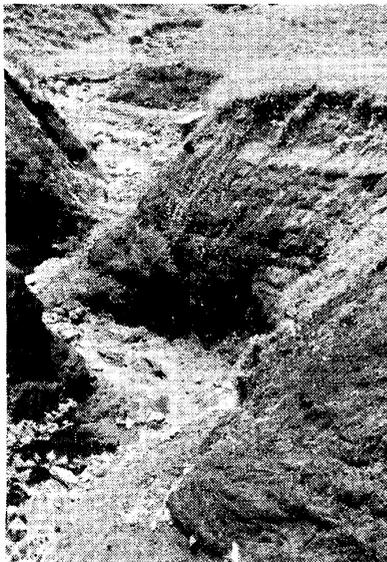


写真 5 色見村前原
Phot. 5 Maebaru, Sikimi Village



写真 6 白水村
Phot. 6 Hokusui Village

3. 対 策

対策を考察する前に、色見村と白水村とに大きく分けて、その地形・土壤条件に差異があるので、比較対照することが必要であろう。しかしこれはあるいは根子岳山腹と高岳山腹というように分けた方が合理的であるかもしれない。

色見村においては、土壤の厚さが深

ているのに対し、色見村においては、800 m 前後を境として急峻とややつきり分れていることがみられる (Fig. 2 参照)。

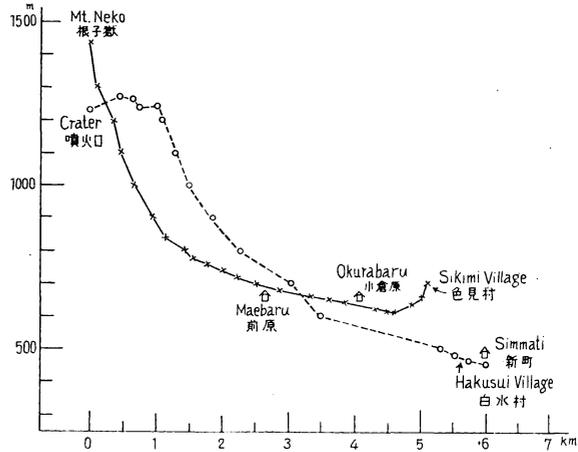
また、色見村特に根子岳の裾においては、緩斜地には著しい沢というべきものは認められないのに対し、白水村においては、沢と沢との間に、溪床より 10~50m ぐらいの高さの沢に平行な細長い平坦な尾根が存在している。これが溪床についての対策を考える場合の重要な点となっている。

また、外輪山の色見村洗川・大村方面は土壌の深さの点からいえば、浅い方にはいるであろう。

これより色見村・白水村に分けて対策を考察することにするが、対策は溪流についてのものを主とし、山地の山腹の復旧には触れないことにする。しかし、色見村の西部の白水村に近い部分は白水村に入れて考察することにする。

1) 色見村

一応内輪山の方に限定すると、山地は縦侵蝕による横侵蝕を防止する程度の床固を入れる。この場合には山腹が森林であつても、床固が必要であることは、荻原博士²⁾も指摘しているとおりでである。しかし、このような防災的な意味の床固の必要性は現在一般には認められていない。緩斜地の深く侵蝕されたところにおいては (たとえば Phot. 4), 災害前の溪床より低く、その両岸が以後の森林または原野としての土地利用に支障をきたさない程度、および出水時の流量を流過させるのには十分な程度に維持する。しかし、この溪流の両岸を森林にすべきであると考えられるので、このことについては後に述べる。この緩斜地においては溪床を上げるとは不利であつて、溪床はこれより下ると両岸に悪影響をおよぼすという程度にとどめる。このような地域で横工事により、溪床を必要以上に上げると次の出水の時に、その袖を突き破られる危険をとまなうことは注意すべきであろう。また緩斜地の下部の水平的にみても



第2図 溪床縦断面
Fig. 2 Profile of Stream

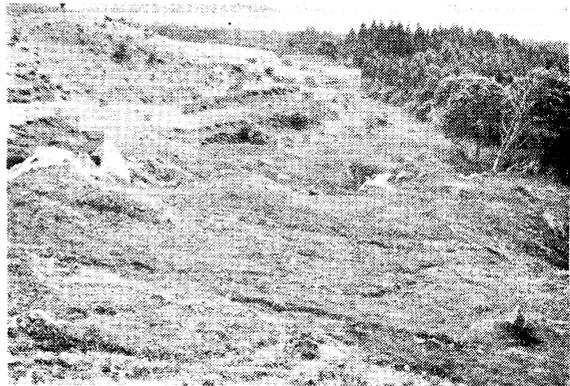


写真 7 色見村前原
Phot. 7 Maebaru, Siki Village

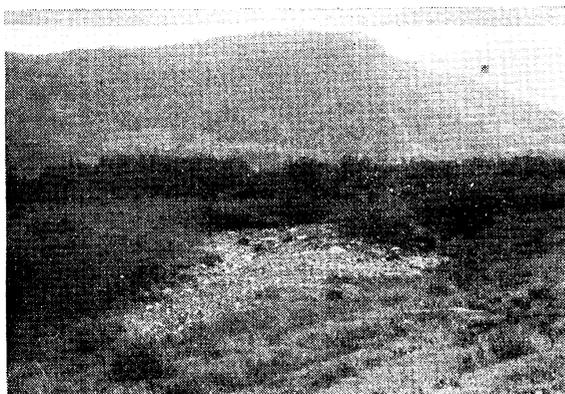


写真 8 色見村地獄谷
Phot. 8 Zigokutani, Sikimi Village

つぎに既設の床固についてみると、たとえば、色見村地獄谷の緩斜地にはいつてからの2本はいつている床固は十分にその役目を果している。すなわち、その上流の崩壊がわずかであつたことにもよるが、著しい洗掘や堆積を示していないことは (Phot. 8) 上流の崩壊の程度が異なるとはいえ、前原地内にみられる著しい洗掘 (Phot. 4) と対照すると興味深いことである。

つぎに溪床の兩岸については、前にも少し述べたけれども、森林にすべきであろう。これは緩斜地に入つてから、そして特にその下部においては必要であろう。これは流路が変わると、災害が大きくなるようなところにおいて、特に必要である。

さらに森林による対策として必要であると思われるのは、熊本県林務部の東技師等²⁾も指摘されている水平的な森林帯のことである。これは山地からの崩壊物が緩斜地に出て、40~50cmの深さに扇状に堆積している個所もあり、このようなものによる災害に備えるためにも必要である。Phot. 7 のように、このような目的にかなうようにすでに造成されている部分もある。これは等高線にして、700 m より上であろう。

これらの河岸林などの巾については、どの程度にするかということは、理論的に断定する資

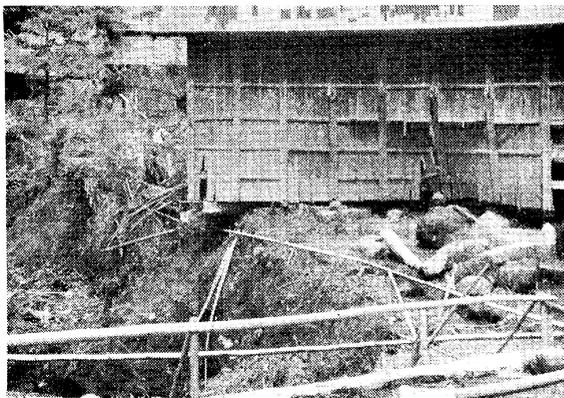


写真 9 色見村洗川
Phot. 9 Sosogawa, Sikimi Village

および耕地の線より下においては、上部におけると同様にすべきことはいうまでもないが、さらに十分な流路断面をとるようにする。

要するにこの場合には、土砂の堆積を主とする砂防ダムを考えることは、あくまでも第二義的とすべきであり、重点を適当な高さに溪床を維持して、横侵蝕とその結果生ずる被害の防止を考えるべきであろう。

料もないのでなんともいえないのであつて、事情の許すかぎり厚くした方がよいというほかはない。また樹種については造林班が検討するであろうから、ここでは触れない。

つぎに外輪山に属する大村・洗川方面であるが、一般に土層が薄く、この点からいうとむしろ白水村の状態に近いことは前に述べたとおりである。この洗川の被害は流路断面の小さいこと

によるものであつて (Phot. 9), できるだけ大きな断面にすべきことはいうまでもないであろう。

2) 白水村および色見村西部

前に述べたように, 白水村の地形の變つてゆく状態が色見村のようにはつきりしていないから, たとえば, ここまではなにというように, はつきり分類していうことは不適當である。

ここでは岩盤が浅いので, 溪床を維

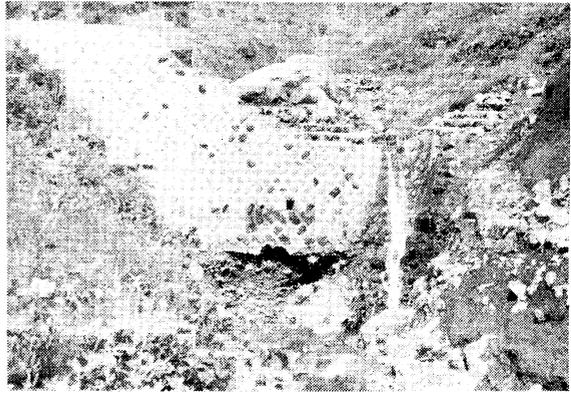


写真 10 白水村吉ヶ谷
Phot. 10 Yosigatani, Hokusui Village

持するための床固の意味はほとんどない。考えられるのは溪床の兩岸の山脚の侵蝕による横侵蝕の防止の意味における床固か, あるいは小さな砂防ダムである。既設の床固は床固そのものにいくらか災害を受けたものもあるが, いずれもよくその役目を果している点は, 色見村の場合と同様である。吉ヶ谷 (Phot. 10) の場合にはすぐ上流が支流との合流点になつており, しかも下流からみて向つて左側の沢が本谷なので, 左岸寄りの袖と放水路の部分が, いくらか被害を受け, また床固の下流面の洗掘により空洞ができています。そしてこのために床固下流の左岸の山腹に小崩壊が生じています。このことはこのようにやや高い床固の施工の際に下流面の保護を必要なことを意味するものであつて, やや高い床固そのもののいけないことを意味するものでないことは明らかであるが, 放水路の位置や床固の方向には十分な注意を要することを意味している。なお, ここでやや高いといつたのは貯砂をも考慮の中に入れて床固という意味である。

この白水村のような条件下において, 比較的溪流の上流部において, やや高い床固を少数入れて貯砂を第一とするか, あるいは低い山脚の安定を主として貯砂を第二義的にするかは, 問題であるが, 筆者としては後者を取りたい。なるほど現在においては, 崩壊面からの表面侵蝕と山腹に亀裂のはいつたある程度の降雨があれば崩壊する危険のある部分もあり, これらのものが原因である流出土砂を下流に出さないようにすることは急を要することではある。またこれが効果的であることは, たとえば Phot. 11 にみられる。しかしこのような狭い沢では床固を高くしても沢の広い場合に比較して貯砂できる量は床固の立積の増加する割合に大きくならないであろう。

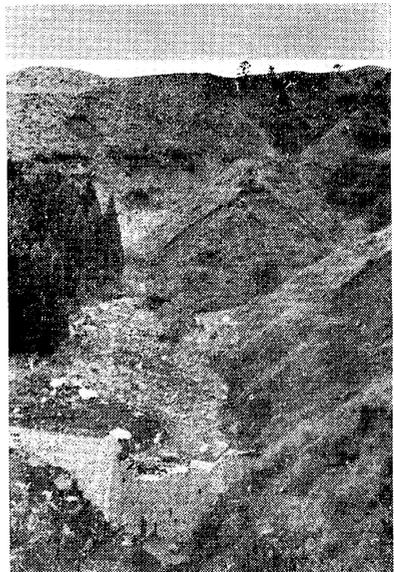


写真 11 色見村
Phot. 11 Sikimi Village

しかもこの場合には、前記の山脚の安定という面からみると、その効果は局部的である。したがつてこの場合には、たとえ貯砂という面からは能率的でなくとも、将来の災害予防という見地からみて、荻原博士⁵⁾のいわれる防災的な見地よりの理想の状態に近づけてゆくのが好ましいのではあるまいか。特にこのことは山腹の傾斜が急であつて、縦侵蝕による山腹の崩壊のおそれのあるところでは必要であろう。しかもこのように低い床固を多く入れることは、同じ立積に対して、溪床を上げることができるので、平均勾配を緩やかにすることができるから、貯砂量の少々の損失により失うところよりも、得るところが多いであろう。

また、溪流の下流部の部落および耕地の地帯にはいつた場合には、十分な流路断面をとつて、兩岸に被害をおよぼさないようにすべきであろう。

つぎに溪流の兩岸および水平的な森林帯が必要であることは、色見村の場合と同様であるが、森林帯の高さは色見村の場合よりも低く、ほぼ 600m 前後であろう。

要 約

1953 年 6 月 25 日以降の北九州の大雨による大災害に対して、この調査の理水班として参加した。調査地域は主として、阿蘇山の内輪山の南斜面であつた。

1) この大雨の時の最大比流量を小流域についてその時の溪岸の痕跡より推定したところ、非常に大きな値をえた。すなわち、単位を $\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ として 10^0 — 10^2 の桁であつた。このように大きな値をえた理由は、主として山腹の崩壊による流出土砂によるものと思われるが、測定誤差も大きい値を与える原因の一つである。

2) 河岸林は土砂の堆積・洗掘の防止などにきわめて効果的に作用した。

3) 対策としては

(1) 溪流の上流部には、縦侵蝕による横侵蝕の防止を目的として、あまり高くない床固を入れる。この際、貯砂は第二義的とすべきであろう。また色見村において、高い床固を入れることは危険であろう。

(2) 溪流の下流部においては、流水・土砂の流過を目的として、十分な流路断面を与えるようにする。

(3) 河岸林を造成する。

(4) 水平的にみて 600~700m のところに水平的な森林帯を入れる。

(5) 山地の山腹の復旧についてはここでは触れないことにする。

引用文献

- 1) Anderson, H. W. and H. K. Trobitz: Influence of some watershed variables on a major flood. *Jour. Forestry* 47 : 5, p. 347—56, (1949).
- 2) 東技師・服部技師・森技師：豪雨による林野崩壊の原因調査並に対策（昭和 28 年 6 月 26 日豪雨による），p. 12, (1953).
- 3) 小出 博：島根県鹿足郡地区の災害，島根県山林部，p. 3—12, (1952).
- 4) 丸山岩三・猪瀬寅三：釜淵森林理水試験第 1 回報告，林試研究報告 No. 53, p. 1—44, (1952).
- 5) 荻原貞夫：洪水時における森林の役割，林業技術 No. 138, p. 35—37, (1953).
- 6) Southern Exp. Sta., U. S. Dept. Agr.: Watershed Management Research Coweeta Experiment Forest. p. 15, (1948).
- 7) 萱谷重二：山地流域における最大洪水量について，水害の総合的研究 石狩川上流氾濫の第 1 回調査報告，p. 35—62, (1948).
- 8) 武田進平：溪流に於ける最大流量に及ぼす森林の効果に就て，新砂防 No. 9, p. 1—4, (1952).

IWAZO MARUYAMA, Yoichi NOGUCHI: Flood Water

Résumé

The writers investigated the great flood of northern Kyūsyū due to heavy rain in June, 1953 as members of the investigation party of Government Forest Experiment Station. This report deals with the results of investigation related mostly to flood flow in Aso Mountain area.

1. Peak discharges from small watersheds due to the heavy rain were estimated by flood traces left on stream sides. These values were very large and the order of peak discharge amounted from 10^1 to 10^3 in the unit of cubic meters per second per hectare. The reason why the values are great is principally due to the erosion of soil by landslides and also is related to the grade of accuracy of measurement.

2. Forests on stream sides effectively prevented damages of sedimentation or scouring.

3. As counter-measures except those of hill-sides the following are considered:

(1) In the upper streams, it is desirable to construct consolidation works not too high in order to prevent both vertical and lateral erosion. Now, in these constructions soil checking capacity would be considered as a matter of minor importance. In Sikimi Village where the soil depth is large, it is dangerous to construct high soil saving dams.

(2) In lower parts of streams, channels should be given sufficient cross sectional areas.

(3) It is desirable to establish forest belts along the sides of rivers in order of prevent flood inundation.

(4) Horizontal forest zone in the altitude of 600~700 meters might be effective for checking of eroded soil.