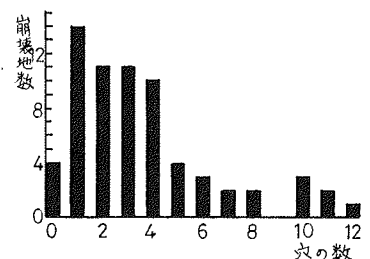


1. まえがき

豪雨による崩壊跡地には多量の水を噴出する巨大孔隙（パイプ）が存在することは広く知られている。また自然の森林表層土中に直径 0.5～5cm 程度のパイプが発達しているという報告がある。これら山腹土層中のパイプは、斜面における降雨－流出過程で重要な役割りを担っていると同時に、崩壊の発生にも深い関わりを持つと予想されるが、わが国におけるそれらの研究例は少ない。そこで筆者らは、パイプ網の発達が著しく、その作用が顕著に現われと思われる、比較的浅い部分に不透水層あるいは難透水層が存在する斜面で若干の調査および観測を行なっている。得られた資料は未だ少なく、十分な解析は行なっていないが、ここでは、これまでの観察結果を前提として、いわゆる表層崩壊の発生に関与するパイプフローの影響について、一つの考え方を提示する。

2. 花崗岩表層崩壊跡地におけるパイプ網の実態

通常の山腹斜面において、表層土中のパイプ網が一般にどのようなものであるかを調査することはかなり困難な仕事である。そこで難透水層が裸出している崩壊跡地に残存するパイプを調査して、それらの存在を確かめることとした。調査地は愛知県西三河の矢作川流域における花崗岩地帯の崩壊跡地（S. 47.7 発生）である。調査の結果、① 68ヶ所の崩壊跡地のうち穴の存在しないものは僅か 4ヶ所で、残りの 94%の崩壊跡地は穴を持っている。1ヶ所当たりの穴の数は平均 3.57個、1～4個を持つものが全体の 70%を占める（図－1）。②穴の出口は縦が平均 14cm、横が平均 21cmで、断面積は 200cm²ぐらいまでのものが6割を占める。中には 3,000cm²近いものも存在する。③穴の存在深さは地表より 30～60cm の範囲内に全体の 8割がはいる。④崩壊跡地中での穴の位置は、ほとんどが跡地上縁部に集中する。⑤検土丈等で主要な穴を追跡した（計 20ヶ所）結果、最長のは約 5.0m、平均 1.91m 程度まで確認できた。



図－1 穴の数の分布

3. 新第三紀層林地における表層パイプ網の分布と若干の流出特性

比較的浅い部分に難透水層をもつ斜面下部にいくつかの鉛直断面を切り、パイプ孔の鉛直分布および各パイプ孔からの流出特性を観測した。各断面は 50～120cm の深さに難透水層を持ち、それに接して 1 年中水の枯れないパイプ流出孔がみられる。更に上部にも径 0.3～8cm 程度のパイプ孔が散在し、それらの中には孔壁が硬化したものや赤褐色の鉄分を析出したものもみられる。

主要なパイプ孔をブリキ板と樋を使用して分離し、2度の台風性降雨（S.55.9.10～11台風 13 号、総雨量 197.5mm および S.55.10.14 台風 19 号、同 55.0mm）を利用して各パイプ孔からの流出量を測定した。その結果、①パイプの流出特性はパイプの位置、孔径、難透水層の深さ、土層の湿潤状態、降雨型等の影響をうける。②難透水層附近のパイプは降雨に敏感に反応して流出量を増加させるが、上部のパイプは滞水位面上昇により突然流出を生じ、降雨の終了とともに急激に減少する（図－2）。

③斜面の全流出量に対するパイプ流出量の占める割合は、降雨量が多いほど増加し、台風13号では99%以上であった(表-1)。

④各パイプの流出レートは降雨強度の変化に関係なく変動することがある。また降雨によって流出が発生したり全く反応しなかったりするパイプもある。これらはパイプ内に小崩壊、閉塞が起るためと考えられる。

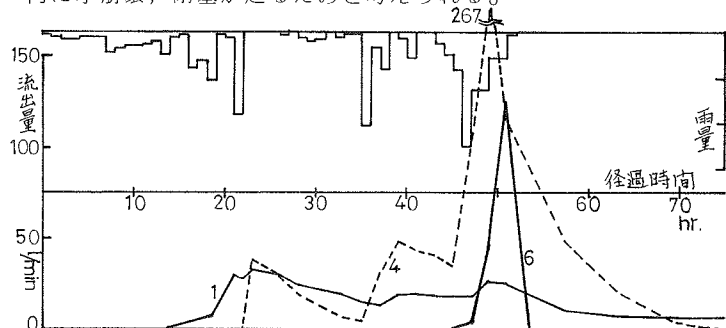


図-2 パイプの位置によるハイドログラフの特徴

表-1 パイプ流出量の比較

番号	径 cm	最大流量 l/min	総流出量 m³	比率 %
1	3.5他	33.12	64.496	30.9
2	0.5	0.01	9.345	4.5
3	5.0他	8.35	—	—
4	10.0	267.54	123.433	59.1
5	3.2	0.43	—	—
6	3.0	125.51	10.715	5.1
表面流	—	0.74	0.014	0.0
計			208.960	

4. 表層崩壊型山崩れ発生メカニズムに関する一考察

上記の観察結果から、浅い部分に難透水層をもつ斜面におけるパイプフローの水文学的役割りと表層崩壊型山崩れの発生について、ひとつのモデルを提示する。

一般にわが国の山腹斜面に降雨がある場合地表流の発生は稀であり、有効降雨の大部分は林地に浸透する。このうち直接流出に寄与する中間流出には2つの形態が考えられる。1つは面的透水である飽和及び不飽和の側方浸透流であり、他は線状の透水であるいわゆるパイプフローである。

ここで浅い部分に難透水層をもつ斜面を考える。わが国の山地ではこのような斜面でも降雨時に地表流はほとんど発生しないから、浸透が良好であるためには排水も良好でなければならない。即ちこのような斜面では浸透量に見合う排水システムが発達している必要がある。その場合、不透水層が深部にあれば下方への浸透が排水の一翼を荷うが、浅い部分に不透水層がある場合は、特に効率の良い排水機能を備える必要がある。したがって面的透水(ダルシー則に従う)よりはるかに効率の良いパイプフロー(乱流として取り扱われる)が必要となり、これがパイプ網の発達を促していると思われる。

このように考えると、先に述べた各地区におけるパイプ孔の発達も容易に説明しうる。更に、この考えを拡張すると、表層崩壊跡地にみられるパイプ穴の存在を介して、表層崩壊型山崩れの発生機構におけるパイプフローの役割りを推論することができる。即ち、発達したパイプ網を持つ斜面に降雨があると、通常は容易に排水されるが、大きな強度の降雨が続くとパイプの一部に崩壊が起り閉塞する。パイプ網は一たん閉塞すると内部には急激な水の貯留が起り、これが間隙水圧上昇の大きな要因となり、ひいては自由水面が地表面に到達する契機となって、いわゆるパイピング現象等の崩壊発生条件を満たすことになる。

5. あとがき

以上はまだ推論の域を出ていない。今後更にパイプフローの流出特性や水理学的特性を解析することが必要である。なお、このようにパイプフローが山腹斜面の流出や崩壊に強く影響する地域には、先に述べた花崗岩地帯や第3紀～洪積層地帯の他、地すべり地まで含まれ、山地の水文学的機構を考えるうえで重要な要素と思われる。