

26 桜島山腹斜面における表面流出特性と土砂流出

鹿児島大学農学部 ○地頭 蘭 隆・下川 悦郎

1. まえがき

活発な火山活動を続けている桜島の山腹斜面からは、植生の後退、表面・ガリー侵食、斜面崩壊、土石流等の頻発化により、多量の土砂が生産されている。この多量の土砂は、時として海岸部の集落に土砂災害を引き起こしている。土砂生産の引き金となっている表面・ガリー侵食、斜面崩壊、土石流等の発生機構については、これらの現象の主な原因である降雨との関係を中心に解析がなされてきている。降灰により地表面の浸透能が著しく低下している中で、表面流出が山体の侵食や土石流の発生に大きく関与していることを考えると、その発生機構について調べておく必要がある。桜島山腹斜面において、自然降雨による表面流出実験を行ったのでその結果について報告する。

2. 試験地および観測方法

試験小流域は、Fig.1 に示されるように、桜島北側斜面のアミダ川中流域、標高400m付近の山腹斜面においてクロマツ林内と広葉樹林内の2箇所を設定された。クロマツ林内の試験流域は、Fig.2 に示されるように、標高400~413mに分布し、面積は216 m^2 であり、傾斜は流域の長軸方向において下流部26度、上流部22度である。クロマツ林は1967年に植林された20年生の林分であり、下層にはヒサカキ、ヤブツバキ、ツゲ、アオキ、ススキ等がまばらに生えている。この試験地が位置する林地はリルやガリーの発達密度は粗で、その地表面は5cm前後の針葉に覆われている。広葉樹林内の試験流域は、Fig.2 に示されるように、標高364~372mに分布し、面積は138 m^2 であり、傾斜は流域の長軸方向において下流部23度、上流部11度であり、クロマツ林よりわずかにゆるい。広葉樹林は壮齡の林分であり、上層はタブノキ、クロキ等の樹種で、下層はヒサカキ、ネズミモチ、ツゲ、アオキ、ススキ等の樹種で構成されている。この試験地が位置する林地は、落葉層は0~2cmと薄く、火山灰が露出し、クロマツ林に比べ地表面が固い。また、林地はリルやガリーの発達が目立つ。

試験小流域の下流端に量水装置を設置し、表面流出量を測定した。量水装置は大型のプラスチックコンテナ（長さ100cm、幅70cm、深さ60cm）に頂角60度の刃型三角ぜきと自記水位計を取り付けたものである。表面流出量は観測された水位を流量に変換する方法により算出した。

雨量は、広葉樹林内の試験流域付近に設置された1回転倒0.5mmの転倒ます型雨量計で測定した。観測は1985年8月10日~10月14日の約2ヶ月間行い、ひと雨ごとの表面流出量データおよび雨量データ

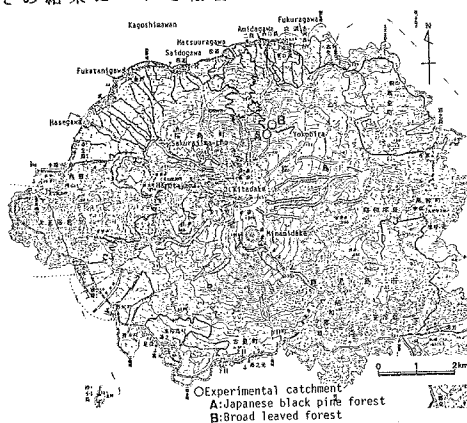


Fig.1 Location of experimental catchments.

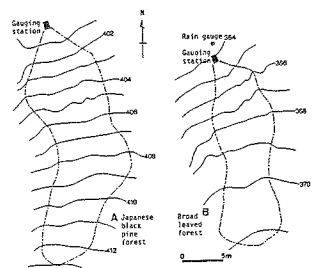


Fig.2 Topography of experimental catchments.

ータを得た。同時に、量水装置内に堆積した土砂量の測定、直径52cmのポリバケツによる降下火山灰量の測定等もあわせて行った。

3. 観測結果と考察

3.1 表面流出特性

流域からの流出は、流域の地形、地質、植生、降雨等多くの因子に影響されている。Fig.3は、クロマツ林および広葉樹林の試験小流域において得られたハイドログラフを示したものである。広葉樹林は、ピーク流量、表面流出量ともクロマツ林より大きい。また、クロマツ林における流出のピークは広葉樹林のピークより0~3分遅れて発生している。降雨開始から表面流出発生までの時間の遅れは降雨開始時の土壤の含水状態に影響されており、流域が十分湿っている時は降雨開始とほぼ同時に表面流出が始まっている。降雨状況によっては広葉樹林では表面流出が発生し、クロマツ林では発生しない場合もみられる。隣接している両試験小流域は同様の地形、地質特性を有しており、また火山活動に伴う降灰の影響も同程度である。したがって、この表面流出状況の違いは林

地の土壤構造、特に表層部のA₀層の構造の違いによると考えられる。

3.2 降雨と表面流出の関係

観測期間にひと雨ごとの表面流出および降雨データは21個得られた。ここで、総雨量とは表面流出が行われている期間の降雨総量であり、また、最大10分間雨量とは1分単位で読み取った降雨データから求めた10分間当りの最大雨量である。

3.2.1 表面流出量

21個の表面流出量の合計値はクロマツ林において約22mm、広葉樹林において約51mmであり、広葉樹林ではクロマツ林の約2倍の表面流出量が発生している。

Fig.4はクロマツ林および広葉樹林における表面流出量と総雨量の関係を示したものである。両林分ともばらつきはみられるが、表面流出量は総雨量の増加に伴い増大している。このばらつきは、表面流出量が降雨総量だけでなく、降雨開始時の土壤の含水状態、降雨強度、降灰状況等の因子にも関係しているためと考えられる。Fig.4において、実線はクロマツ林における両者の回帰直線を示し、破線は広葉樹林における回帰直線を示している。回帰直線でクロマツ林と広葉樹林を比較すると、同じ総雨量であってもクロマツ林より広葉樹林からの方が表面流出量は多い。

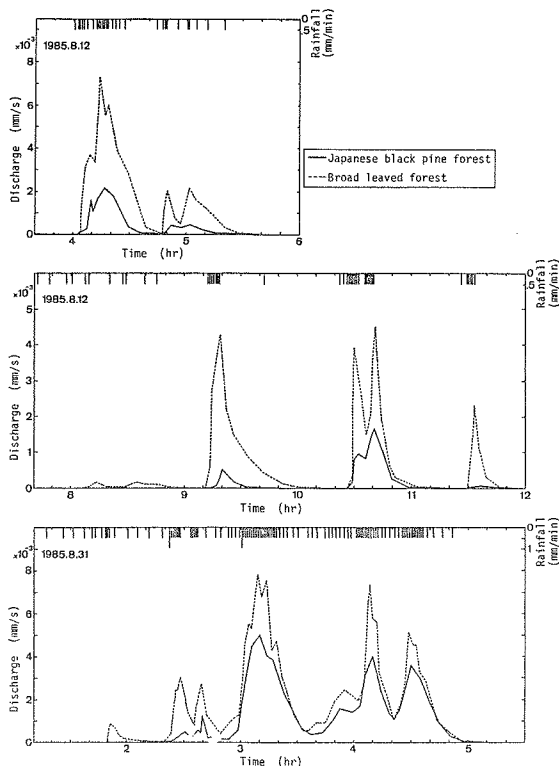


Fig.3 Hydrographs of surface runoff.

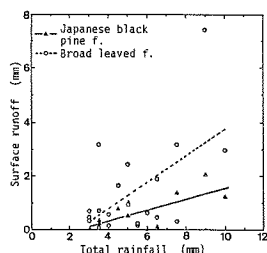


Fig.4 Relationship between surface runoff and total rainfall.

表面流出量と降雨強度（最大10分間雨量）の関係においても同様の傾向がみられ、同じ降雨強度であってもクロマツ林より広葉樹林からの方が表面流出量は多いという結果が得られた。

3.2.2 表面流出率

総雨量のうち表面流として流出する雨水の割合で定義される表面流出率は、クロマツ林では0~30%の範囲にあり、広葉樹林では1~90%の範囲にあり、同じ降雨の場合でもクロマツ林より広葉樹林の方が高い。21個のひと雨の総雨量を合計した値158.5mmのうち表面流として流出した割合はクロマツ林において約14%、広葉樹林において約32%であった。

3.2.3 表面流出のピーク流量

表面流出のピーク流量と最大10分間雨量の関係をFig.5に示す。両林分ともばらつきはみられるが、降雨強度が強いほど大きいピーク流量を発生させている。回帰直線でクロマツ林と広葉樹林を比較すると、同程度の降雨強度であってもクロマツ林より広葉樹林の方がピーク流量は大きい。

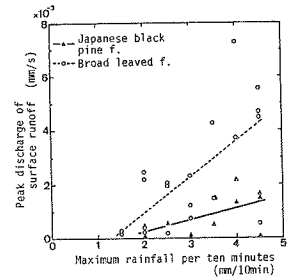


Fig.5 Relationship between peak discharge of surface runoff and maximum rainfall per ten minutes.

3.3 表面流出発生時の限界降雨強度

Fig.6は、表面流出が発生した降雨と発生しなかった降雨をクロマツ林および広葉樹林についてそれぞれ求め、表面流出発生時の10分間雨量および表面流出不発生の降雨の最大10分間雨量と先行降雨量との関係をプロットしたものである。先行降雨量は流域の土壌の湿り具合を表す。Fig.6の(A)、(B)および(C)は、先行降雨量に表面流出発生前（表面流出不発生の場合は最大10分間雨量発生前）の60分間、24時間および10日間の降雨量を採用した場合である。Fig.6によると、表面流出は、先行降雨量が大きい場合でも、クロマツ林において2.0(mm/10min)未満、広葉樹林において1.5(mm/10min)未満では発生していない。したがって、表面流出発生時の最小限界降雨強度はクロマツ林2.0(mm/10min)、広葉樹林1.5(mm/10min)と定められる。

Fig.6(A)によると、表面流出発生前60分間の先行降雨量が0mmの場合、クロマツ林において3.0(mm/10min)以上、広葉樹林において2.0(mm/10min)以上の降雨で表面流出は発生している。60分間先行降雨量が1mm以上ある場合は最小限界降雨強度で両林分とも表面流出がはじまる。

Fig.6(B)によると、表面流出発生前24時間の先行降雨量が3mm程度以下の場合、クロマツ林に

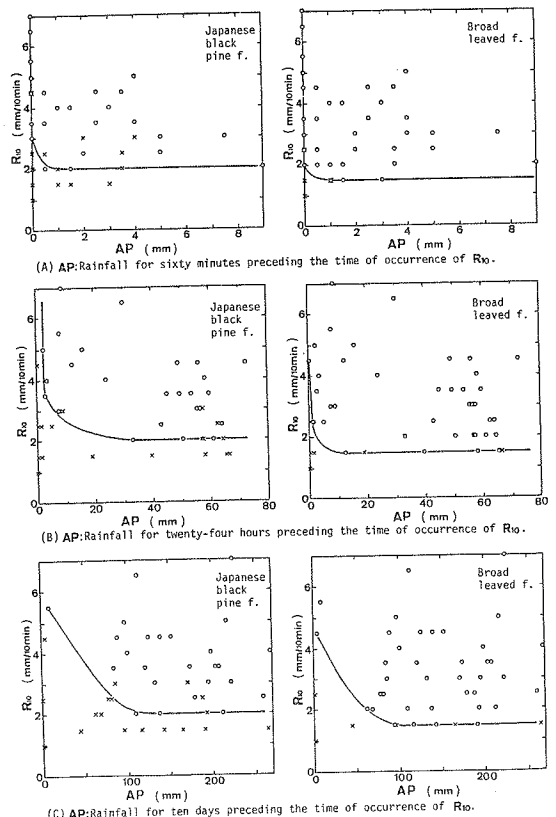


Fig.6 Rainfall conditions at the time of occurrence of surface runoff. R_o Rainfall per ten minutes. O Occurrence, X Non-occurrence.

において 3.5(mm/10min)以上、広葉樹林において 2.0(mm/10min)以上の降雨で表面流出は発生している。24時間先行降雨量が広葉樹林において約10mm以上、クロマツ林において約30mm以上ある場合、表面流出は最小限界降雨強度で発生している。

Fig.6 (C)によると、10日間先行降雨量が10mm程度以下の場合、クロマツ林において 5.5(mm/10min)以上、広葉樹林において 4.5(mm/10min)以上の降雨で表面流出は発生している。10日間先行降雨量が約100 mm以上ある場合は両林分とも最小限界降雨強度で表面流出がはじまる。

3.4 生産土砂量

量水装置内に堆積した土砂量の測定結果によると、観測期間に表面侵食により生産された土砂量は、比生産土砂量に換算して、クロマツ林の流域において約2,000(m³/km²)、広葉樹林の流域において約5,500(m³/km²)であった。広葉樹林からはクロマツ林の約 2.8倍の土砂が生産されている。試験小流域における降灰量測定結果によると、1km²当りに換算して約34,000t(降灰の乾燥単位体積重量を 1.4 t/m³として約24,000m³)であった。したがって、表面侵食により生産された土砂量は、クロマツ林の流域において降灰量の約 8%、広葉樹林の流域において約23%に相当している。観測期間の総降水量は 601mmであった。

4. あとがき

調査地である桜島北側斜面のアミダ川中流域では、1983年からクロマツ林および広葉樹林において、水平長で 5m× 2mの長方形区画から表面侵食により流出する土砂を採取する方法により表面侵食試験を実施している。その結果、広葉樹林からはクロマツ林の約 2.5倍の土砂が生産されていることが明らかにされた。ここでは、より自然に近い状態においてクロマツ林および広葉樹林からの表面侵食による生産土砂量の測定を行うと同時に、両林分における表面流出発生機構の相違を定量的に明らかにした。これらの相違は林地の土壌構造、特に表層部のA₀層の構造に関係していると考えられる。すなわち、クロマツ林内のA₀層は針葉が絡み合い膨軟な構造をなし、火山灰を受け入れる十分な空隙を有しているため、雨水は浸透しやすく、表面流が発生しにくいと考えられる。一方、広葉樹林内のA₀層は葉が層状に重なり合い、その透き間を火山灰が充填し、緊密な構造をしているため、雨水の浸透は阻止され、表面流の増加を招いていると考えられる。このように桜島山腹斜面では降灰の影響により一般山地とは異なる土壌構造が形成され、そこでの流出現象も特異なものとなっている。

桜島北側の溪流における土石流観測によると、土石流発生の降雨条件は累加雨量が10mmのとき10分間雨量で 5mm程度、20mmのとき 3mm程度、40mmのとき 2mm程度であり、小さい降雨条件で土石流が発生していることが示されている。このことは、降灰の影響を受けた山地斜面における林地の表面流出発生の限界降雨強度が小さい値であることから理解される。

今後、桜島において植生の後退に伴い広面積を占めているススキ草地、裸地等での表面流出の発生機構についても明らかにしたい。

謝辞 本研究の一部は昭和60年度文部省科学研究費補助金 奨励研究(A)(課題番号60760120)によるものである。量水装置の水位-流量関係を求める際には、鹿児島大学農学部長勝史講師にご協力いただき、また、現地調査および観測装置設置の際には、当時本学部学生であった野元俊秀君、森正一君、堀与志郎君、および本学部学生、佐伯孝君にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。