

赤土砂の生産機構

建設省土木研究所 ○小泉 豊、南 哲行、山田 孝
沖縄総合事務局 山口 真司、宮野 敬介

1. はじめに

沖縄をはじめとする南西諸島では降雨時に畑地などで侵食が起り、多量の微細粒土砂（赤土砂）が発生し、河川に流入し海域に運搬される。海域では赤土砂が海岸付近で沈降、堆積して珊瑚などを死滅させるなどの被害がでている。赤土砂を含む微細粒土砂の生産機構に関する研究については翁長¹⁾、長谷川ら²⁾、芦田ら³⁾、河村⁴⁾、岩垣ら⁵⁾、村上ら⁶⁾等が現地観測、実験や理論的考察、数値解析を行っている。その結果、赤土砂の生産場である畑地の勾配と流出土砂量の関係や雨滴の運動エネルギーと侵食量の関係、ガリ侵食の抵抗則等についてある程度明らかにされている。また、土木研究所⁷⁾においてもこれまでに洪水中の赤土砂の量の経験的な算出手法ならびにその効果的な捕捉手法を検討してきた。ただし、これらの知見は限られた区域や実験条件での成果であるため普遍化されておらず、現時点では赤土砂の生産・流下機構を物理的に説明するまでに至っていない。とくに赤土砂の生産機構について未知な点が多い。赤土砂の生産・流下・沈降に至る一連の土砂移動の過程を物理的に表現できるモデルを構築し、それに基づいて赤土砂の影響範囲とその程度を精度よく予測できる手法を開発する必要がある。

本研究は、赤土砂の生産モデルを作成する目的として、まず主要な土砂の生産源であるパイナップル畑を想定した実験圃場での土砂生産実態を現地観測により明らかにする。

2. パイナップル畑での赤土砂生産

沖縄における赤土砂の生産源として、畑地、掘削斜面、河床堆積物や溪岸侵食などがあげられる。これらの中でも畑地が赤土砂の生産場として重要であり、特にパイナップル畑からの土砂生産・流出が著しいことが経験的にいわれている。たとえば土木研究所の調査⁷⁾によるとほぼ同じ流域面積をもつ2河川（平良川右支川、平良川左支川）で出水中の土砂濃度を観測した結果、同一の降雨（総雨量31mm）でパイナップル畑の流域にしめる割合が56%の流域からは最大5,600mg/lもの土砂が流出したこと、パイナップル畑の割合が19%の流域からの土砂流出量は最大880mg/lであることが明らかにされている。そのことからパイナップル畑が赤土砂の生産に大きく影響していることが伺える。

パイナップル畑で特に赤土砂の流出が著しい理由としては、下記の要因が考えられる。

「パイナップル畑では約5年ごとに畑地の表土を更新する。更新する際は既存のパイナップルと表土を混ぜ返すように鋤き込む。その直後の畑の地表面は、団粒構造に富み、降雨が地中へ浸透しやすい状態である。鋤き込んだ直後の透水係数は 1.8×10^{-3} cm/secと比較的大きい値（後述）を示している。また鋤き込んだ直後は小ブロック状に土が固まっているが、その後の雨滴侵食により細粒化していくものと考えられる。その後、耕作作業用に約1mの間隔をあけて2列づつパイナップルの苗を植える。パイナップルは植え付けて1～2年以内は葉が小さく表土の被覆はほとんどない。植え付け後1年程度経過した畑の地表面を見ると硬く固結化した状態となっており、降雨が地中へ浸透しにくい状況となっている。現象論的には降雨によって雨滴の衝撃により表土がつき固められて粘着性が増大し、晴天時には急速に乾燥し、粘土を固めたように、地表面が固結化すると考えられる。その結果、降雨により容易に表面流が発生し、それがうねの斜面を流下して作業用路に集中し、その掃流力によって勾配が急になる作業用路の末端部付近でガリ侵食が著しく発生する。その規模は深さ10～50cm程度にもなっている。

このようにパイナップル畑は更新後苗を植え付けてから1～2年間は表土を被覆するようなものがないため、その間は土砂が流出しやすいと考えられる。ちなみに翁長はパイナップルを植え付けてから2年の間は畑からの流出土砂量は約1000t/haにも達すると報告している¹⁾。ただし、2年以上たつと葉が十分成長し表土を被覆するようになる。そのような状態になると赤土砂の生産は減少すると一般に言われている。」

以上のことから赤土砂の生産を効果的に抑制するためには、表土の更新後から植え付け後1～2年の間における対策が必要であると思われる。そのためにまずはじめに雨滴による土砂の侵食機構、表流水の発生機構、表流水が作業用路に集中する機構、表流水の掃流力による土砂の侵食機構を知る必要がある。

3. 実験圃場による現地観測

3.1 実験圃場の造成

上記事項を明らかにするための実験圃場を沖縄県名護市の羽地ダム工事現場内に造成した。ちなみに現地

では時間雨量が約10mmを超えると、河道内を赤土砂が増大するようになると経験的に言われている。実験圃場の規模は沖縄地方におけるパイナップル畑の標準的な1区画の大きさと勾配を基に長さ30m、幅30m、勾配5%とした(図-1)。また圃場からの侵食土砂と流水を測定する目的で圃場の下流端に排水路をもうけた。さらに、この実験圃場内により詳細に土砂の生産・流出状況を観測するための観測小区(3m×3m)を設けた。この小区を20cm×20cmのメッシュで分割し、その各交点において地表高の変化を測定し、降雨での侵食土砂量を測定できるようにした。造成後トラクターによりパイナップル畑の造成と同じ方法により、表土全面を鋤き込んだ。実験圃場の側方の2箇所には高さ30cmの壁を設け周囲からの水の流入を防止し、圃場面から流出した表面水ならびに流出土砂はすべて排水路に集中するようにした。

この実験圃場において、降雨前にトラクターにより鋤き込みを行った地表面部と造成によりしめ固められた地表面下30cmの土を採取し、各土の土質試験を行った。土粒子の比重は2.75程度、粒度についてはいずれも粘土とシルトで55%程度、50%粒径は0.03~0.04mm、自然含水比は27~30%程度である。鋤き込み後及びしめ固め後の透水係数は各々 1.81×10^{-3} cm/sec、 3.49×10^{-5} cm/secである。

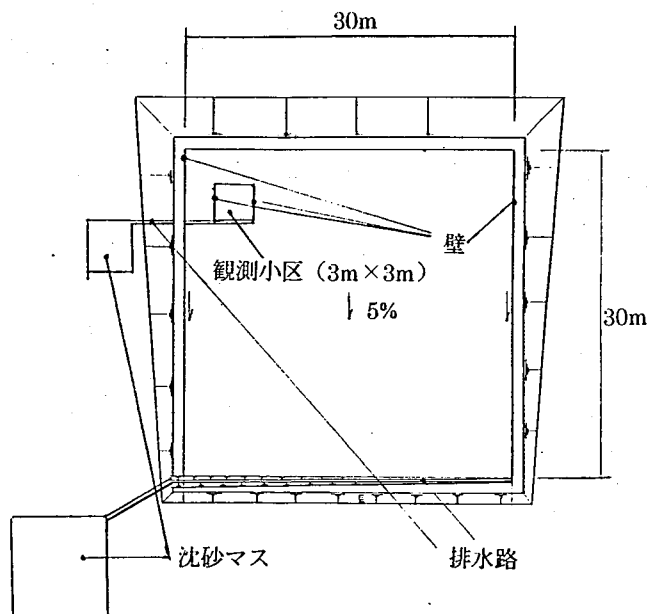


図-1 実験圃場の平面図

3.3 観測手法

① 雨滴による侵食

Ellison⁸⁾によると降雨強度、雨滴の径、雨滴の速度が土壌の侵食量に関係するといわれている。そこでこれらのパラメータを現地で観測する。まず、降雨強度は実験圃場より上流1kmの羽地ダム工事事務所田井等局の観測データによる。雨滴の径はアニリンブルーを塗布したろ紙にて雨滴を1~2秒受けて、雨滴の痕跡から雨滴の径及び個数を10分間隔で測定する。雨滴の地表面衝突直前の速度については高速ビデオにて雨滴を撮影し判読する。また、降雨時には、横風のため必ずしも雨滴が鉛直方向に降下しないため、地表面から約1m高さに風速計を設け10分間隔で風向・風速を測定する。さらに粘着性資料の場合、土壤水分状態によって侵食抵抗が変化すると考えられることより、土壤水分計(深さ10、20、30、50cm)により10分間隔で圃場内の土壤水分変化を測定する。

② 表流水による侵食

ガリ侵食に影響を与えるパラメータとしては、ガリ内の勾配、表流水の水深が重要となる。そこで観測小区において降雨前後においてガリの横断形状(深さと幅)を定規で20cm間隔で測定し、地形勾配の変化を把握する。ガリ内の表流水の流速は色素を流してビデオ撮影により計測し、あわせて水位をポイントゲージで測定する。さらに、観測小区、観測区において、排水路からの土砂濃度、流量、流出土砂量を観測する。

現在、上記の手法に従い鋭意観測中である。

4. おわりに

今回の実験の実験圃場は、パイナップル畑の収穫サイクルで更新時期に相当する。現在の実験圃場には明確なリル・ガリが存在しておらず、またクラストの発生や地表面の固結化などは生じていない。今後の出水期において観測を継続して行う予定である。

参考文献

- 1) 翁長：沖縄北部地方における土壌侵食の実験的研究、琉球大学農学部学術報告第33号、1986年
- 2) 長谷川、中原：赤土砂流出調査と抑制対策：新砂防40-4、1987年
- 3) 芦田、奥村、田中：斜面侵食に関する実験的研究：京大防災研究所年報16B、1973年
- 4) 河村：斜面侵食量の一推定法、土木学会第37回年次学術講演会概要集第2号、1982年
- 5) 岩垣、土屋：水滴による地面侵食に関する二、三の実験、土木学会論文集第35号、1956年
- 6) 村上、辻本、中川、Makhanu：降雨による裸地斜面の土壌侵食に関する基礎的研究、水工学論文集第40巻、1996年
- 7) 小泉、小山内、石川：南西諸島における微細粒土砂の発生・流下実態調査、平成8年度砂防学会研究発表会概要集、1996年
- 8) ミロス著、岡村、春山訳：侵食-理論と環境対策-、森北出版株式会社、1983年