

降雨に伴う赤土(国頭マージ)地盤の表流水と流出粒度に着目した基礎的研究

九州大学大学院 学 ○岩見康平, 山梨大学大学院 正 荒木功平
九州大学大学院 正 安福規之, ハザリカ・ヘマンタ, 石蔵良平, 学 奥村謙一郎

1. はじめに

地球温暖化等の気候変動に伴い, 多くの地域で豪雨頻度の増加が指摘されるようになり, 各種産業への影響が懸念されている. 特に沖縄県においては, 降雨により大量の土砂(赤土)が流出し, 自然豊かなサンゴ礁だけでなく, 水産業や観光業にも大きな被害をもたらしている. 近年の赤土流出量の大部分は農地からによるもので, その要因は農家が自ら流出対策するには負担が大きいためだと考えられている. したがって, 農家が実施可能で効果的な対策を立案することが求められており, そのためには流出メカニズムの解明が必要不可欠となっている.

本研究では, 降雨に伴う土砂流出を対象にし, 室内降雨装置を用いて, 初期の土質条件(乾燥密度, 飽和度)と表流量, 土砂流出量, 流出土の粒度の関係について実験的に検討し, 考察を述べている.

2. 実験条件および装置の概要

図-1 に室内降雨装置の図面を示す. 土槽(模擬地盤)は $88.5 \times 25 \times 8$ (cm), 降雨装置は $190 \times 40 \times 8$ (cm) の水槽と外径 0.125 (cm) の注射針から成り, 雨滴落下距離は約 140 (cm) である. ただし, 注射針から落下する雨滴径が大きく, 地表面にフィンガー状の侵食が起こったため, 注射針から 50 (cm) 下に網(目の開き約 0.5 (mm))を設置することで, 雨滴侵食を軽減している. 土槽の背面, 側面, 底面を非排水条件にしている.

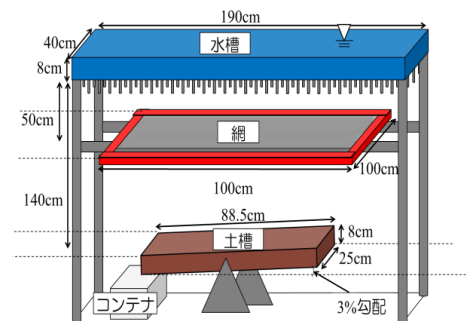


図-1 室内降雨装置概要

図-2 に, 降雨装置検定結果を示す. 10 分ごとの雨量は時間経過によらないこと, 時間雨量 35~45 (mm) 程度で実験できることを確認した.

図-3 に, 実験に用いる赤土(沖縄県国頭郡宜野座村の農地より採取した国頭マージ(粘土))の締固め曲線を示す. 最大乾燥密度は 1.78 (g/cm^3), 最適含水比は 15.5 (%) であった.

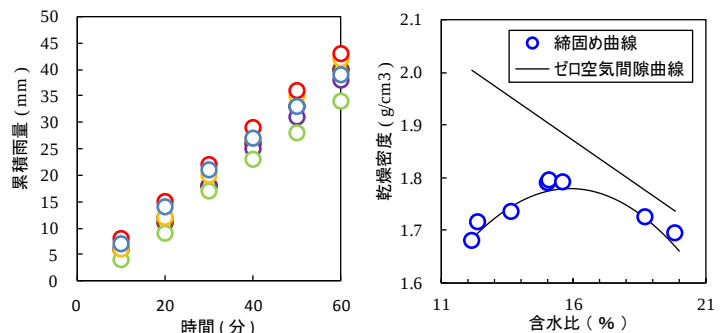


図-2 降雨装置の検定結果

図-3 赤土の締固め曲線

3. 実験方法および考察

降雨開始前に, 土槽内の赤土の初期含水比, 初期乾燥密度を測定する. 実験後(60 分後)の赤土流出量(g)は流末部のコンテナで捕捉した表流量(ml)とその濃度(g/ml)を乗じることで求める. その際, 流出土の粒度も測定する. そして, 土槽を3層(表層, 中層, 底層)に分け, 各層の含水比を求める.

図-4, 5 に初期飽和度に対する赤土流出量, 表流量の関係を示す. 一般に相関係数 R の二乗値が 0.8 以上を相関が強いという. 初期飽和度と赤土流出量は強い相関($R^2=0.86$)があるのに対して, 表流量は横ばい傾向で, 相関が弱い($R^2=0.46$). したがって, 飽和後に表流水が発生するとはいえず, 不飽和状態であっても表流水が発生することを示している.

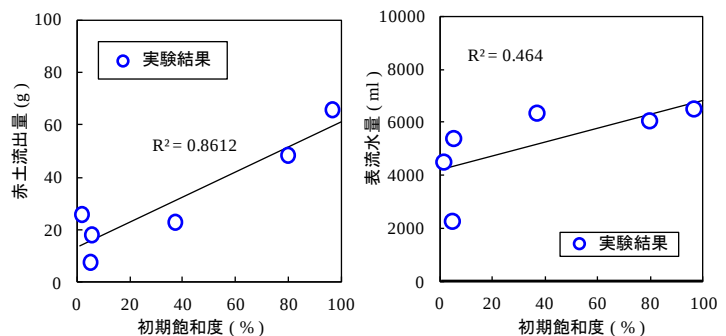


図-4 赤土流出量～初期飽和度関係

図-5 表流量～初期飽和度関係

キーワード 赤土, 土砂流出, 表流水, 粒度, 室内降雨装置

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウェスト 2 号館 1108-2 号室 TEL 092-802-7805

図-6 に、表流量と初期乾燥密度関係を示す。図-6 より、初期乾燥密度が高いほど表流量が多く、強い相関 ($R^2 = 0.84$) があることがわかる。したがって、赤土の運搬に必要な表流量は、降雨前の乾燥密度に依存するといえる。これは、初期乾燥密度が高いほど間隙が小さく、雨水が浸透しにくいと考えられる。

ここで、表-1 に示す初期条件の異なる 4 つのケース（以下、①高密・高湿、②中密・中湿、③中密・低湿、④低密・低湿と称す）について考察を述べる。

図-7 (a) に表-1 の 4 ケースの初期含水比および降雨後の平均含水比を示す。平均含水比は、図-7 (b) のように、表層、中層、底層のそれぞれについて流下方向に 3 ヲ所（上流部、中流部、下流部）採取して平均して求めた。図-7 (a) より、4 ケース共に表層の含水比は、初期含水比に比べて上昇したが、中層でも含水比が上昇したのは低密・低湿時のみであった。これは密度が低いときは、間隙が大きく、雨水が模型地盤に浸透しやすかったためと考えている。

図-8 に現地土の粒度と表-1 の 4 ケースの実験後の流出土の粒度を示す。図-8 より、流出土の粒度は、初期乾燥密度や初期飽和度が異なっても大きな差がみられないことがわかる。また、最大粒径は、現地土が 10mm 程度、流出土は 0.02mm 程度であり、現地土には 0.02mm 以下の粒子は質量百分率で約 30% 含まれている。このことから、降雨に伴う流出可能土砂量は現地土の質量の 30% 程度と見積もられる。

4. おわりに

降雨に伴う赤土の流出について、室内降雨実験により検討した。赤土の運搬に必要な表流量は初期乾燥密度、赤土流出量は初期飽和度が高いほど多くなった。これは間隙が小さく、雨水が浸透しにくいことにより、表流量が多くなり、赤土流出を伴うためと考えられる。初期乾燥密度や初期飽和度の違いによらず、流出土の最大粒径は約 0.02mm であり、粒径加積曲線に大きな違いはみられないことがわかった。さらに、現地土に 0.02mm 以下の粒子は質量百分率で約 30% 含まれることから、降雨に伴う流出可能土砂量は現地土の質量の 30% 程度であると考えられる。

以上のことから、土質状態の評価が、表流水や赤土流出量の評価に有効と考えられる。今後、継続してデータを収集し、国頭郡宜野座村の農地で現地計測している土砂流出量との比較や、粒度、降雨継続時間等が及ぼす影響について考察を重ね、定量的な評価手法の確立、効果的な赤土流出対策の立案を目指していく。

（謝辞）本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費（S8-2（2））（研究代表者：小松利光）、JSPS 科研費 24760381（研究代表者：荒木功平）、九州大学工学研究院若手研究者育成研究助成（研究代表者：荒木功平）、（社）九州建設技術管理協会の建設技術研究開発助成（研究代表者：荒木功平）の助成を受けたものです。また、沖縄県、宜野座村の関係者の方々、藤田智康氏、青木憲氏、富坂峰人氏、橋本幹博氏はじめ多くの方に多大なご支援をいただきました。ここに深甚の謝意を表します。

（参考文献）1) 気象庁 気候変動監視レポート 2011 http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/2011/pdf/ccmr2011_all.pdf, pp.17-28, 2011, 2) 赤土等流出防止ハンドブック, 沖縄県, p.72, 2009

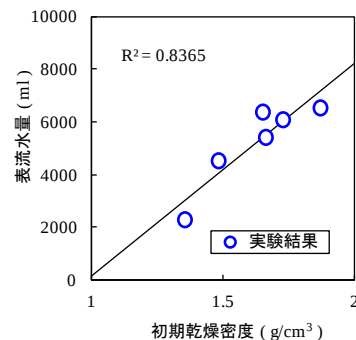
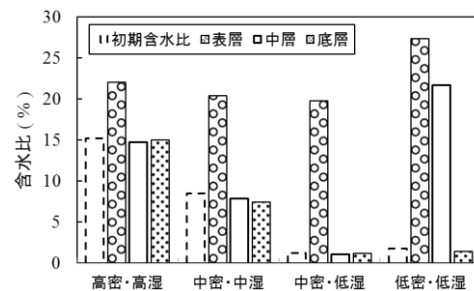


図-6 表流量～初期乾燥密度関係

表-1 初期条件を変えた 4 ケース

	初期含水比 (%)	初期乾燥密度 (g/cm³)	初期飽和度 (%)
高密・高湿	15.2	1.87	96.6
中密・中湿	8.5	1.65	37.0
中密・低湿	1.2	1.66	5.4
低密・低湿	1.8	1.35	4.9



(a) 初期含水比との比較



(b) 含水比測定点の側面図

図-8 初期条件と地盤浸透

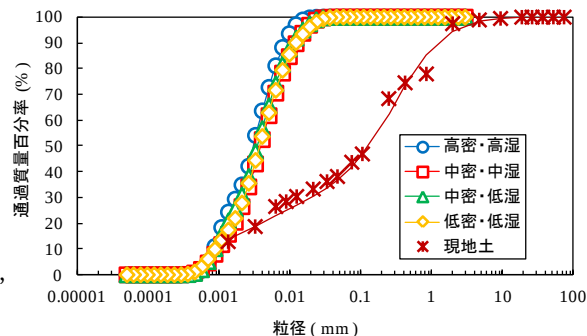


図-9 現地土と流出土の粒度