

九州大学工学部 学 ○岩見康平, 九州大学大学院 正 荒木功平, 安福規之, 学 奥村謙一郎
 長崎大学大学院 正 大嶺聖, 九州大学大学院 正 ハザリカ・ヘマンタ, 石藏良平

1. はじめに

地球温暖化等の気候変動に伴い、多くの地域で大雨の頻度の増加が問題となっている¹⁾。特に沖縄県では、他県と比べて雨の強度が大きく、土壌（赤土）が流出しやすい条件にあり、生態系や産業に大きな影響を与えている。「沖縄県赤土等流出防止条例」の施行後（1995）、開発事業からの流出量は減少したが、農地からの流出量は高水準のままである。その原因は農家が自ら流出対策するには金銭的な負担が大きい上に、困難な労働を伴うためと考えられている²⁾。効果的な対策を立案するためには、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、表流水による土砂流出を対象にし、室内降雨装置を用いて、豪雨時における土壌条件と土砂流出量の関係について実験的に検討し、一考察を加えている。

2. 室内降雨実験概要

図-1 (a) に降雨装置を正面（流末部）から見た写真、(b) に側面図を示す。土槽は縦 88.5cm、横 25cm、高さ 8cm、降雨装置は外径 1.25mm の注射針からできており、雨滴落下距離はおよそ 140cm である。ただし、注射針から落下する雨粒は粒径が大きく、土壌表面にフィンガー状の侵食が起こる。本研究では表流水による侵食を対象にしているため、注射針から 60cm の位置に網を設置することにより、フィンガー状の雨滴侵食を生じないようにした。

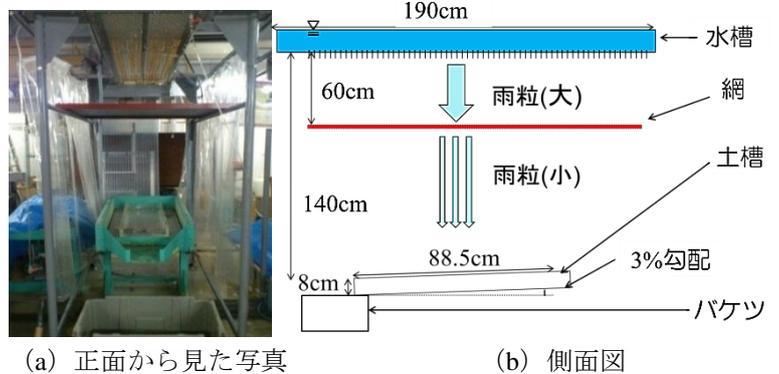


図-1 室内降雨装置

図-2 に、降雨装置の水槽への給水量 (l/min) と降雨強度 (mm/hour) の検定結果を示す。概ね線形関係を有していることを確認した。

ここで、土壌流出実験の際には、沖縄県国頭郡宜野座村の農地より採取した国頭マージ（以下、赤土と称す）を用いるものとした。

図-3 に実験で使用した赤土の締固め曲線を示す。最大乾燥密度は 1.78 (g/cm³)、最適含水比は 15.5 (%) であった。

土槽の勾配は 3% (約 1.7°) に固定し、降雨強度を 80 (mm/hour) に設定し、60 分間雨を降らせるものとした。

表-1 に実験時の土壌条件を示す。初期含水比、初期乾燥密度の異なる条件で行っている。表中、CASE 1 の密詰め湿潤は、最適含水比のもとランマーを用いて突き固め層数 3 層で充填し、CASE 2 のゆる詰め乾燥は、空中落下で充填し、突き固めはしていない。土槽は、背面、側面、底面が非排水条件である。実験後（60 分後）、流末部のコンテナで捕捉した濁水の量 (ml) とその濃度 (g/ml) を乗じることで、赤土流出量 (g) を求めた。また、流出土の粒度、および実験後の含水比を測定した。

表-1 実験の種類

		初期含水比 (%)	初期乾燥密度 (g/cm ³)	初期飽和度 (%)
CASE 1	密詰め湿潤	16.1	1.8	90.3
CASE 2	ゆる詰め乾燥	1.8	1.3	4.6

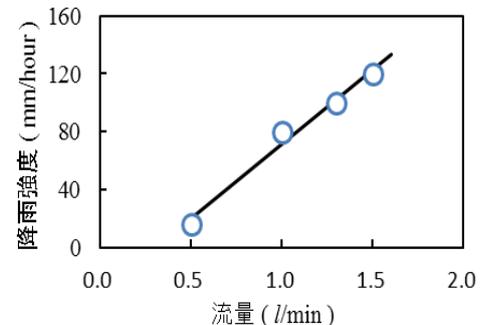


図-2 降雨強度の検定結果

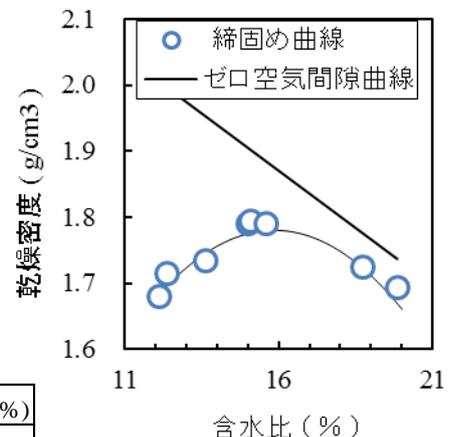


図-3 締固め曲線

3. 実験結果と考察

図-4 に農地から採取した時点の赤土（以下、採取時）の粒度と実験後の密詰め湿潤，ゆる詰め乾燥時の流出土の粒度を示す。初期密度，初期含水比が異なっても，流出土の粒度に大きな違いはみられなかった。粒径加積曲線における最大粒径は，採取時が 10mm 程度であるのに対し，流出土は 0.02mm 程度であった。なお，採取時の粒径加積曲線を見ると，0.02mm 以下の粒子は 30%程度含まれていることがわかる。このことから，降雨強度 80 (mm/hour) の雨が継続する場合に，潜在的な流出可能性のある土砂量は土壌量の 30%程度と考えられる。

図-5 に初期含水比および降雨開始 60 分後（以下，実験後と称す）の平均含水比を示す。図-6 に示すように，土層の表層，中層，底層のそれぞれについて流下方向に 3 ヶ所（上流部，中流部，下流部）採取して平均した。

図-5 の CASE2 のように，実験後，ゆる詰め乾燥時は，表層，中層で，著しい水分上昇が起こったが，底層では，ほとんど変わらなかった。60 分では底層まで水が浸透しなかったと考えられる。一方，ゆる詰め乾燥と比較し，密詰め湿潤（CASE1）では，降雨による含水比の上昇がほとんどみられなかった。これは，間隙が小さいために，短時間（60 分）では浸透しにくかったためと考えている。

表-2 に濁水量，その濃度，赤土流出量を示す。密詰め湿潤では赤土の流出が著しく，目視により，降雨開始 10 分後から流出が始まったのが確認できた。ゆる詰め乾燥では降雨開始 30 分後から流出が見られた。濁水量が密詰め湿潤の方がゆる詰め乾燥に比べて多かったのは，密詰めの方がゆる詰めにくらべて，表流水を発生させやすかったことを示している。雨水が土壌に浸透せず，表流水が発生しやすく，地表面の土を巻き込んだために，濁水量，濃度，赤土流出量ともに密詰め湿潤の方がゆる詰め乾燥に比べて大きくなったと考えている。

4. おわりに

室内降雨装置を用いて，豪雨時（時間雨量 80mm）の土砂流出量について土壌条件を変えて検討した。初期密度，初期含水比が異なっても，流出土砂の粒径加積曲線に大きな違いはみられなかった。現地土壌の最大粒径は 10mm 程度であるのに対し，流出土の最大粒径は 0.02mm 程度であった。赤土流出量は，密詰め湿潤状態に比べて，ゆる詰め乾燥状態の方が多くなった。これは，雨水が土壌に浸透せず，表流水が発生しやすく，地表面の土を巻き込んだためと考えている。今後，効果的な赤土流出対策提案を目指し，継続してデータを集めていく所存である。

（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、九州大学工学研究院若手研究者育成研究助成、（社）九州建設技術管理協会の建設技術研究開発助成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

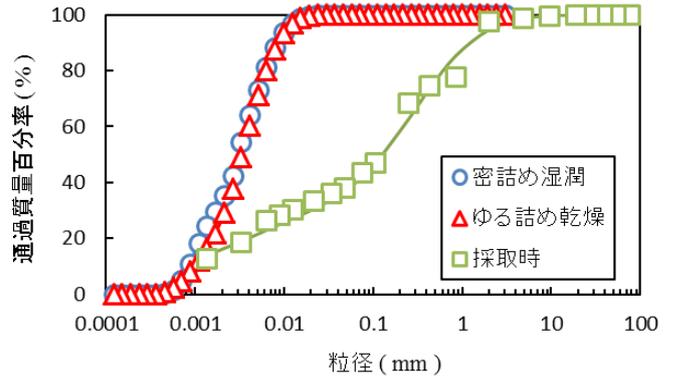


図-4 国頭マージと流出土砂の粒度

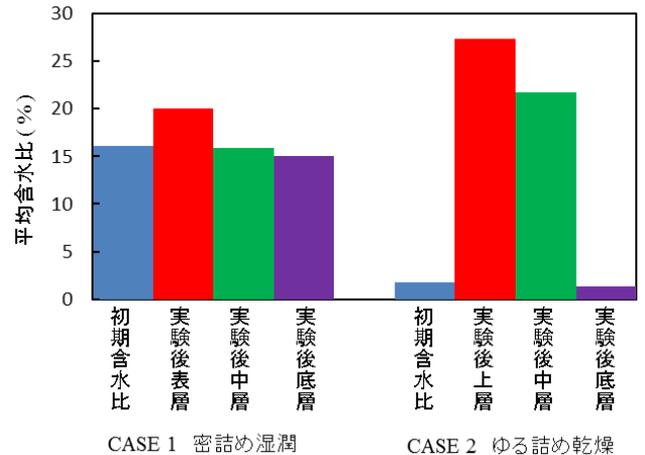


図-5 含水比変化



図-6 含水比測定点の側面図

表-2 赤土流出量

	濁水量 (ml)	濃度 (g/ml)	赤土流出量 (g)
密詰め湿潤	6060	0.00797	48.3
ゆる詰め乾燥	2260	0.00332	7.50