

雨滴による水田土壌の再懸濁に関する研究 (2)

Resuspension of paddy soils by raindrop (2)

諸岡峻一* 松本祐介** ○松井宏之***

Morooka Shunichi*, Matsumoto Yusuke, Matsui Hiroyuki

1. 背景および目的 水田は、土壌が平坦なので土壌侵食が生じないこと、湛水栽培であるため風雨による侵食が生じないことから、土壌の流出を抑える機能があると考えられている(農林水産省, 2008)。しかし、松井ら(2013)は、石垣島の水田群を対象として土壌流出が生じていることを指摘している。また、深田ら(1989)は、畑地土壌を使用した室内実験で、写真撮影により湛水土壌面に水滴が衝突し、土粒子が剥離、移動することを明らかにしている。そこで、本研究では湛水下の水田においても降雨侵食が生じていると想定し、室内実験により、雨滴による湛水面への衝撃が田面土壌の再懸濁に与える影響について検討することを目的とした。

2. 研究方法

2.1 雨滴による再懸濁に関する実験

実験方法 流出孔を設けた田面再現容器に水田土壌 20 g, 蒸留水を入れ、攪拌機(SM-104, AS ONE)を使用して 200 rpm で 2 分攪拌した後に 1 日静置する。その後、容器の上方 4.8 m に設置した雨滴落下装置(定量ポンプ+注射針)により、いくつかの降雨条件を設定して雨滴を落下させ、流出孔から田面水を採取して SS 濃度, 粒度分布を測定し, 比較する。

実験条件 試料は、宇都宮大学附属農場の水田土壌(土壌 I), 大潟村の水田土壌(土壌 II)で、いずれも 250 μm ふるい通過分とした。蒸留水の水量は 200 ml, 400 ml, 600 ml (それぞれ水深 2 cm, 4.5 cm, 7.0 cm に相当), 雨滴の落下強度および落下時間は、条件 A : 1 ml/min \times 10 min, 条件 B : 2 ml/min \times 10 min, 条件 C : 1 ml/min \times 20 min, 条件 X : 対照区(雨滴なし), とし水深 3 条件 \times 雨滴 4 条件を各 3 サンプル用意した。

2.2 雨滴落下に伴い発生する水流の撮影

撮影方法 田面再現容器内の水流を可視化するためのトレーサー(VESTOSINT, DAICELEVONIK)と蒸留水を入れ、水深 4.5 cm にし、雨滴落下装置により発生した雨滴が水面に落下した瞬間の様子を高速度カメラ(HAL-S1, DITECT)により撮影する。

撮影条件 シャッタースピードは 1/5000 s, 撮影速度 1000 fps, 雨滴落下装置による雨滴落下強度は 1 ml/min とした。

3. 結果および考察

3.1 雨滴による再懸濁に関する実験

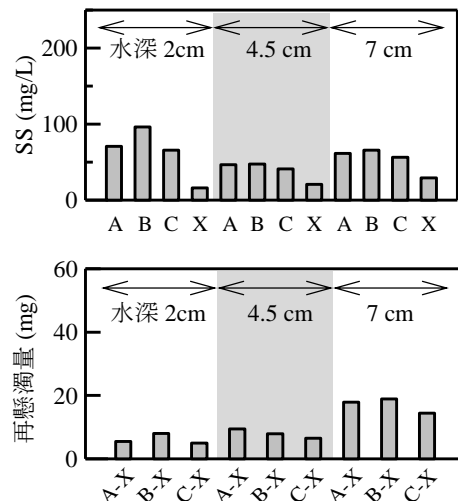


図1 雨滴による再懸濁(土壌 I)

* 宇都宮大学農学部(現・神奈川県)

** 日本工営(東京農工大学大学院連合農学研究科)

*** 宇都宮大学農学部

キーワード: 再懸濁, 雨滴侵食, 粒度分布

(1)SS 濃度と再懸濁量 図1に土壌 I の流出水の SS 濃度および再懸濁量 (各試験区と対照区の平均値の差), 同様に図2に土壌 II の結果を示す。

土壌 I の SS 濃度は, いずれの水深においても各試験区と対照区の差は有意 (Dunnett 法, 5%水準) であり, 雨滴による再懸濁の発生を確認できた。また, 再懸濁量については, 水深が高いほど大きい値になることがわかる。土壌 II の SS 濃度は, 水深 2 cm のときのみ各試験区と対照区の差が有意 (Dunnett 法, 5%水準) であり, 雨滴による土壌の再懸濁が確認できた。水深 4.5 cm の時には A-X, 水深 7 cm の時には B-X, C-X のみ SS の差が有意であった。また, 水深 7cm では, 他の水深と比較して対照区の SS 濃度が大きくなる傾向があった。また, 土壌 I と同様, 再懸濁量は水深が高いほど大きい値となった。

(2) 粒度分布 図3は土壌 I から流出水に含まれる SS 成分の粒度分布であり, 元の土壌より粒径の小さい土壌が再懸濁していることがわかる。土壌 II についても同様の傾向が確認できた。

(3) 粒径別再懸濁量 図4に示した粒径別再懸濁量から, 条件 A の実験区では対照区よりも大きい粒子が再懸濁していることがわかる。また, 対照区で再懸濁している細粒分が見かけ上ではなくなっているが, これは細粒分同士の膠着, あるいは粗粒分への膠着によるものであると考えられる。条件 B, 条件 C の実験についても同様な傾向が確認できた。

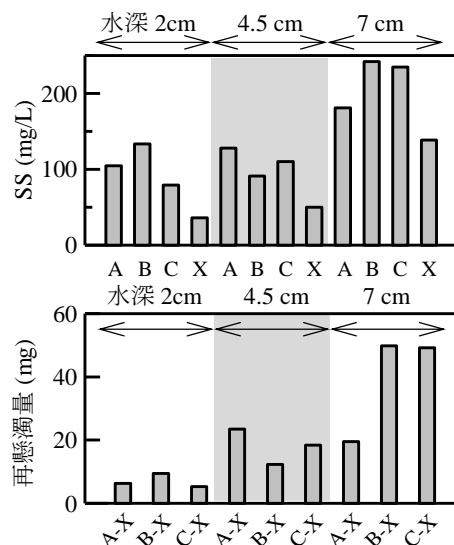


図2 雨滴による再懸濁(土壌 II)

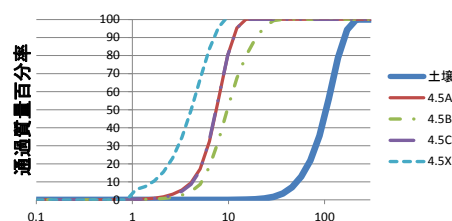


図3 再懸濁した土壌の粒度分布(土壌 I)

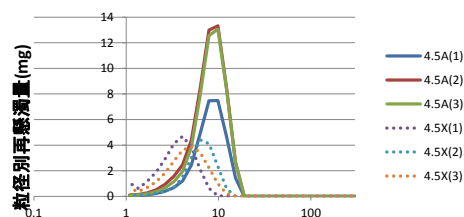


図4 粒径別再懸濁量(土壌 I)

3.2 雨滴落下に伴い発生する水流の撮影 図5は, 撮影した動画の一部を切り取ったもので, ①は雨滴落下前, ②は雨滴落下直後で半球上の水中ドームを形成, ③で水中ドームが消滅し, 水柱を形成, ④で水柱が崩れ, トレーサーが矢印方向に移動している。このことから, 雨滴による水田土壌の再懸濁は, 水柱が崩れた時の衝撃が水流を発生させ, その水流により再懸濁が生じていることが考えられる。

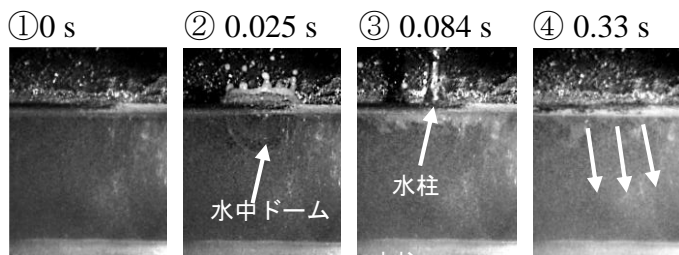


図5 雨滴落下に伴う水流の変化

【参考文献】1) 深田ら (1989) : 湛水土壌面における雨滴作用の写真解析—雨滴侵食の基礎的研究 (I) —, 農業土木学会論文集第 143 号, 2) 松井ら (2013) : 石垣島・水田地帯からの浮遊土砂流出量の長期観測および L-Q 式の適用, 水工学論文集第 57 卷, 3) 農林水産省 (2008) : 農業・農村の多面的機能