

雨滴による水田土壌の再懸濁に関する研究

Resuspension of Paddy Soil by Raindrops

○須永吉昭* 松本佑介** 松井宏之***

Yoshiaki SUNAGA, Yusuke MATSUMOTO, Hiroyuki MATSUI

1. 背景・目的

日本の耕地の約54%を占める水田は、土壌面が平坦なので土壌侵食が生じないこと、さらに、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（日本学術会議（2001）、農林水産省、Kim et al.（2006）など）。しかし松井ら（2013）が石垣市の水田群（3.42 ha）で行った浮遊土砂量収支の現地観測結果から、対象水田群から年間7,130 kg/haの浮遊土砂が流出していること、また、浮遊土砂の発生には営農と降雨が影響を与えていることを明らかにした。水田には土壌流出を抑制する機能があるとされている一方で、水田からの土壌流出が指摘されており、水田での水質汚濁物質の担体である土粒子の動態の解明、浮遊土砂収支の観測データの蓄積、浮遊土砂流出量の予測を行うことにより、水質保全への基礎的知見を提示することが求められる。これまでの観測から、田面土壌を巻き上げる外力として、水流、風、雨の3つを想定しており、本研究では雨に着目し、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を検討することを目的とした。

2. 研究の方法

2.1 実験装置

人工降雨装置は3 cm 間隔で流出孔を設け、流出部には内径0.94 mm または0.57 mm の注射針（TERUMO）を使用した。送水管の途中に排水管を接続し、止水弁の開閉により、降雨強度を調節することができる。また、底から1.5 cm の部分に採水のための流出孔を設けた田面再現用の容器（縦横約12.1 cm、深さ約5.6 cm）（Fig.1）を作成した。

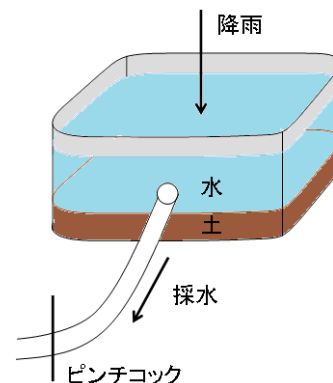


Fig.1 田面再現容器

2.2 実験方法

試料は宇都宮市下栗の水田土壌を風乾し、0.25 mm ふるいを通過したものとした。試料30gを前述の容器に入れ、蒸留水を添加（300, 400, 500 ml、水深2.1, 2.8, 3.6 cmに相当）し、十分に攪拌した後に1日静置する。容器の上方約2.5 mに設置した人工降雨装置から、降雨強度20~25 mm/hの人工降雨を発生させる。容器内の3箇所に雨滴を落下させ、5分間降雨を継続し、容器の流出孔より田面水約100~200 mlを採水する。

2.3 分析および算出方法

* 宇都宮大学大学院農学研究科（現・（株）林牧場）

** 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：雨滴侵食、水田土壌、再懸濁

サンプルの浮遊物質濃度 SS (mg/l) は保留粒子径 0.6 μm のろ紙を用いて吸引濾過法により、粒度分布は SALD3100 (島津製作所) によりそれぞれ分析した。雨滴の粒径 (mm) と落下速度 (m/s) は、デジタルカメラで撮影した雨滴の軌跡の画像 (シャッタースピード 1/100 s, f 値 5.6) から、画像処理ソフトを用いて算出した。

3. 結果と考察

内径 0.94 (太), 0.57 (細) mm の針から落ちる雨滴の粒径は 4.0 (太), 2.8 (細) mm であった。これらの値は降雨強度 20~25 mm/h の実際の降雨でも確認される値である (古津ら, 2002)。落下速度は 5.6 (太), 5.2 (細) m/s であった。終端速度の計算に用いられる三原の実験式によると、今回の雨滴の粒径から得られる終端速度は 8.6 (太), 7.4 (細) m/s であるので、終端速度の 70% 前後の運動エネルギーとなっている。今回の人工降雨装置から滴下される雨滴の運動エネルギーを求めると、 5.4×10^{-4} (太), 1.6×10^{-4} (細) J となった。

Fig.2 に降雨実験の結果を示す。水深 2.1 ~ 3.6 cm において、対照区の SS がほぼゼロであるのに対し、実験区 1 および 2 では SS が観測され、田面土壌の再懸濁が確認された。実験区 1 および 2 を比較すると、雨滴の運動エネルギーが大きい実験区 1 で SS 濃度が大きく、再懸濁した土壌が多いことが分かる。次に、水深の違いに着目すると、水深と SS 濃度が反比例の関係にあり、水深が小さいほど田面土壌の再懸濁量が多いことが分かる。水深 2.1 cm のときの SS 濃度は 167 mg/l であった。

Fig.3 に実験区 2 の水深 2.8 cm の条件で行ったときの再懸濁した田面土壌の粒度分布を示す。0.25 mm ふるいを通過した実験試料の D_{50} は 141.5 μm であるのに対し、採水したサンプルの D_{50} は 24.8 μm となり、懸濁した田面水には細粒分画の土壌が含まれていることが分かった。これは、水田土壌の攪拌後、田面最上層部に堆積した細粒分画の土壌が、水中を伝播した雨滴の衝撃により巻き上がったためと考えられる。

4. 今後の課題

土壌の種類や静置の期間の違いが、再懸濁の発生量に与える影響について考察していく。

【参考文献】(1) 古津ら (2002) : 熱帯各地における雨滴粒径分布特性の比較, 文部科学省科研費特定領域研究「赤道大気上下結合」平成 14 年度公開ワークショップ, 95-100. (2) Kim, T.-C. *et al.* (2006): The multi-functionality of paddy farming in Korea, *Paddy Water Environ*, 4:169-179. (3) 松井宏之, 須永吉昭 (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 巻, 955~960. (4) 日本学術会議 (2001) : 地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について (答申) (5) 農林水産省, 農業・農村の多面的機能 http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_kinou/

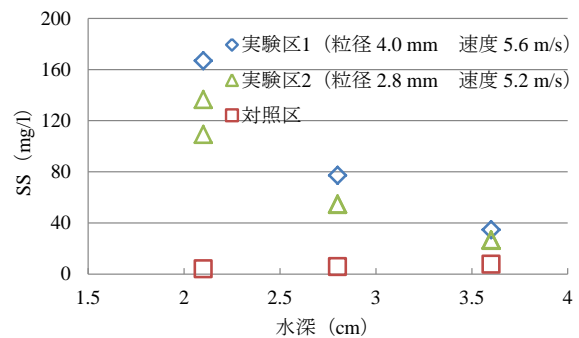


Fig.2 雨滴落下後の田面水の SS

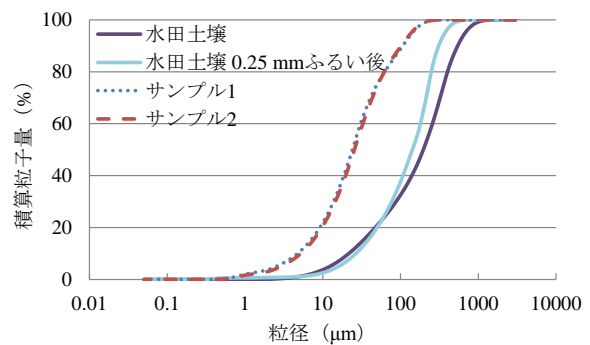


Fig.3 水田土壌とサンプルの粒度分布