

非灌漑期における耕起が水田の降雨流出過程に及ぼす影響評価 Evaluation of the effect of plowing on rainfall-runoff processes in paddy plot during non-irrigation period

○鈴木友志*, 中村公人*, 濱 武英*

SUZUKI Yushi, NAKAMURA Kimihito, HAMA Takehide

1. はじめに 奈良県大和川流域に位置する水田群では、毎年12月～1月に圃場表面の耕起を行う。非灌漑期に降雨イベントが生じた際、圃場表面が耕起されているか否かによって、雨水の地中浸透量と地表流出量が変化する可能性がある。本報告では、降雨時の土壌水分移動過程とタンクモデルを組合せた数値実験により、非灌漑期に行われる耕起が水田の洪水緩和機能に及ぼす影響の評価を行った。

2. 方法

2.1 流出モデルの概要 非灌漑期の水田からの流出モデルは2段タンクモデルとした。タンクモデルパラメータの同定時に、Richards式を用いた降雨浸透過程の土壌水分移動解析から得られる任意深さのフラックスを目的関数に含めることにより、耕起に伴う浸透過程の変化を考慮したモデルを構築した。

2.2 耕起前後の土壌物理性 奈良県田原本町に位置する水田圃場(2,263 m²)において、降水量および圃場からの流出量を5分間隔で経時観測した。調査圃場では、およそ深さ20 cmに作土層と心土層の境界が見られたため、地表面付近と深さ20 cm以深

の地点において耕起前の不攪乱土壌をサンプリングした。耕起後の上層土は圃場表面の擾乱が大きく、不攪乱での採土が不可能であった。耕起前に採取した土壌のpF試験の結果および観測値に適合するような土壌水分特性曲線をvan Gunuchten式(van Genuchten, 1980)を用いて定式化した結果を図1に示す。耕起前後では、上層土の土壌水分特性のみが変化し、下層土は変化しないとした。耕起後上層土の土壌水分特性曲線は、マトリックポテンシャルが小さい範囲においては耕起前の土壌水分特性曲線と合致し、飽和時には間隙率(土粒子密度と現場水置換法による乾燥密度より算出)になるようにパラメータを決定した。また、変水位透水試験から、耕起前の飽和透水係数は上層

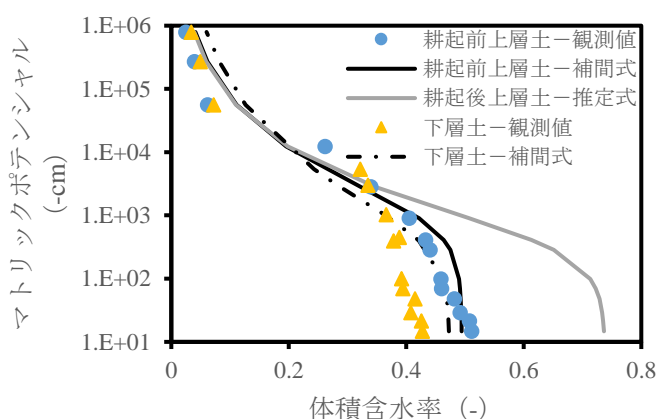


図1 実験に用いた土壌水分特性曲線
Soil water retention curves used in the experiment.

表1 実験に用いた土壌の飽和透水係数
Saturated hydraulic conductivity used in the experiment.

	上層土 (cm min ⁻¹)	下層土 (cm min ⁻¹)
①耕起前	1.83×10 ⁻⁴	
②耕起後	1.83×10 ⁻⁴	
③耕起後	9.15×10 ⁻⁴	1.67×10 ⁻⁵
④耕起後	1.83×10 ⁻³	
⑤耕起後	1.83×10 ⁻²	

*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University
キーワード：耕起，タンクモデル，HYDRUS-1D

土 $1.83 \times 10^{-4} \text{ cm min}^{-1}$, 下層土 $1.67 \times 10^{-5} \text{ cm min}^{-1}$ とした. 耕起後上層土の飽和透水係数は, 耕起前の値から 1 倍, 5 倍, 10 倍, 100 倍と変化させた. 表 1 に各実験条件で用いた飽和透水係数の値を示す.

2.3 不飽和土壌帯における水分移動 不飽和土壌中の水分移動を HYDRUS-1D (Šimůnek et al., 2013) を用いて計算した. 長さ 100 cm の鉛直 1 次元の土壌領域を設定し, 圃場の状態を基に深さ 20 cm を境に 2 層に分割した. 下端境界は地下水面とした. 初期圧力水頭プロファイルには, 地表面の圧力水頭を -1000 cm とした定常時の値を仮定した. 上端境界は, 2018 年 12 月 22 日 (耕起前) の観測降雨 (全降水量 20.2 mm , 5 分間最大降水量 0.6 mm) を与えた.

2.4 2 段タンクモデル 圃場からの地表流出量を評価するために, 図 2 に示す 2 段タンクモデルを作成した. 上段タンクは田面より上側を, 下段タンクは耕起の影響を受ける上層土を模している. 水移動量を表す諸式は,

$$f = a(h_1 - z_1), \quad I_1 = b_1 h_1, \quad I_2 = b_2 (h_2 - z_2)$$

である. ここに, f は地表流出量 (cm min^{-1}), I_1 は浸透量 (cm min^{-1}), I_2 は深さ 20 cm におけるフラックス (cm min^{-1}), h_1, h_2 は各タンク水深 (cm), a, b_1, z_1, b_2, z_2 はパラメータである. 非灌漑期を対象としているため, 両段の初期タンク水深はゼロとした. 耕起前の条件 (表 1 の①) において, 観測流出量と f の経時変化および観測降雨を上端境界としたときの土壌水分移動解析から得られた深さ 20 cm のフラックスと I_2 の経時変化が適合するように 5 つのパラメータを同定した. 耕起後は, a と z_1 は耕起前と同じとできるため, b_1, b_2, z_2 のみを, 耕起後の土壌水分特性 (表 1 の②~⑤) を与えたときの深さ 20 cm におけるフラックスと I_2 の経時変化が適合するように同定した.

3. 結果と考察 土壌水分移動解析から計算された深さ 20 cm のフラックスと下段タンクからの浸透量の適合性は良好であった. 各条件の上段タンクからの流出量の経時変化を図 3 に示す. 耕起前後で地表流出量のハイドログラフはわずかに変化しただけであり, ピーク流出量の差は最大でも約 $4.5 \times 10^{-4} \text{ mm min}^{-1}$ であった. 以上より, 不飽和浸透過程を考慮した 2 段タンクモデルを用いた評価より, 非灌漑期における耕起が地表流出量に及ぼす影響はごくわずかであるという結果が得られた.

4. 今後の課題 より大きな降雨での影響の検討, 観測による裏付けが必要である.

謝辞: 調査協力圃場の農家の方々, 奈良県中部農林振興事務所の調査ご協力に心から感謝申し上げます.

参考文献 1) Šimůnek, J. et al. (2013) : The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media. Version 4.17. Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, California. 2) van Genuchten, M.Th. (1980) : A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil science society of America Journal, **44**, 892-898

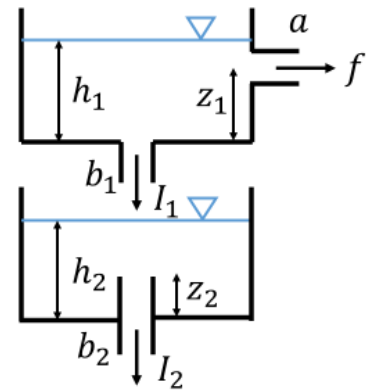


図 2 2 段タンクモデルの構造
Structure of two-layer tank model.

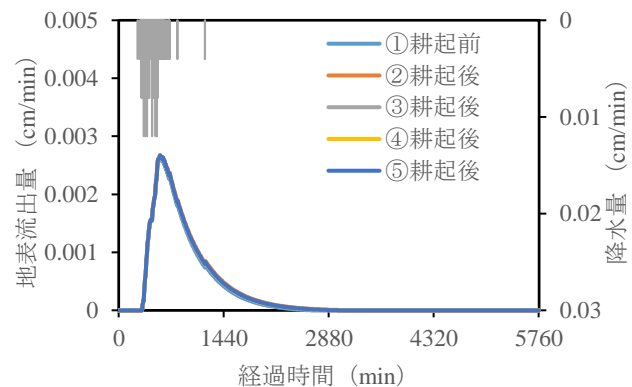


図 3 各実験条件における地表流出量の経時変化
Temporal changes in surface runoff under each experimental condition.