

水田圃場における降雨浸透過程を再現するタンクモデルの構築 Constructing a tank model to reproduce rainfall-infiltration processes in a paddy plot

○鈴木友志*, 中村公人*, 濱 武英*

SUZUKI Yushi, NAKAMURA Kimihito, HAMA Takehide

1. はじめに 農地面積割合が大きい地区内の水移動を表現し、降雨流出波形を導くためのモデルを構築するにあたり、土地利用分布を考慮することは重要である。農地はしばしば隣り合う圃場においても異なる浸透特性を有することから、圃場一筆ごとの流出波形は違ったものとなる。したがって、地区スケールでの排水解析の精度を向上させるには、一筆ごとの圃場の水移動を計算できることが不可欠であり、計算の容易さからタンクモデルが有用であると考えられる。タンクモデルにはモデルパラメータが必要となるが、これを比較的簡単に測定することができる物理指標より決定する手法を確立することでできれば、実地域への適用がしやすくなる。本報告ではその足掛かりとして、水田圃場を対象として、Richards 式を解いて得られる浸透フラックスが再現されるタンクモデルを構築した。

2. 方法

2.1 Richards 式による降雨浸透過程の計算 降雨浸透過程は Richards 式を解くことができる HYDRUS-1D (Šimůnek et al., 2013) (以下, HYDRUS) 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、作土層 20 cm, 耕盤層 10 cm, 心土層 70 cm に分割した。下端境界は地下水面, 初期圧力水頭プロファイルは地表面の圧力水頭を -1000 cm とした定常時の値とし, 初期湛水深はゼロとした。上端境界には奈良県 10 年確率中央集中型モデル降雨 (全降水量 166.9 mm, 10 分間最大降水量 19.4 mm, 降雨継続時間 24 時間) を与え, 流出はなく湛水させるとした。計算時間は 96 時間とした。

HYDRUS に入力する土壌として, Sand: 30%, Silt: 35%, Clay: 35% の土壌 (USDA 土壌分類法における Clay Loam) を用いた。乾燥密度の範囲は, Rawls et al. (1982) が計 366 個の Clay Loam サンプルを分析した結果得られた飽和体積含水率の最小値と最大値から求め, それを 11 等分しそれぞれ圧縮率 0~10 と定義した。このとき土粒子密度は一律 2.65 g/cm³ とした。さらに, HYDRUS に実装されている ROSETTA (Schaap et al., 2001) を適用し, 土壌の粒径割合と各圧縮率での乾燥密度より提示される van Genuchten - Mualem モデルのパラメータを設定した。

以上のように作成した土壌水分特性を HYDRUS の各土層に入力し, 降雨浸透過程の計算を行った。計算の際には地表面, 作土層と耕盤層の境界面, 耕盤層と心土層の境界面, 地下水面の 4 地点におけるフラックスの経時変化を出力した。

2.2 タンクモデルの概要 構築したタンクモデルの概要を図 1 に示す。タンクモデルは直列 4 段とし, 上から田面, 作土層, 耕盤層, 心土層を表している。各段に 1 つの浸透孔を設定し, 下 3 段には浸透孔の高さを設定し, 浸透の遅れを表現できるようにした。また, 田面タンクの初期水深はゼロとし, 田面からの流出は考慮せず, 降雨は湛水するものとした。計算間隔は 30 秒とし, 計算時間は HYDRUS と同じく 96 時間とし

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

た. タンク高さ H_1, H_2, H_3 はそれぞれ作土層, 耕盤層, 心土層の間隙率×土層厚さの値で固定した.

同定すべきタンクモデルパラメータは浸透に関するパラメータ b, b_1, b_2, b_3 , 浸透孔の高さに関するパラメータ z_1, z_2, z_3 , 初期タンク水深 $h_{1-ini}, h_{2-ini}, h_{3-ini}$ の計 10 個である. タンクモデルで計算された浸透フラックス I, I_1, I_2, I_3 の経時変化と HYDRUS で計算された 4 地点のフラックスの経時変化が適合するように SCE-UA 法を適用して同定した.

3. 結果と考察 作土層, 耕盤層それぞれの圧縮率を 5, 10 とし, 心土層の圧縮率を 0~10 と変化させたときの, HYDRUS で計算された 4 地点におけるフラックスの時間変化とタンクモデルで計算された各浸透孔からのフラックスの時間変化を比較した.

心土層の圧縮率を 0, 5, 10 としたときの結果例を図 2 に示す. 心土層の土壌水分特性の違いに対して各深さ地点におけるフラックスの経時変化はよく一致した. とくに, 土壌がほぼ飽和状態となったときの土壌水分移動を精度良く表現することができた. HYDRUS で計算された湛水深の経時変化とタンクモデルの田面タンク水位の経時変化もよく一致し, その誤差は最大 3mm 程度であったため, 田面タンクに流出孔を付加することにより流出解析への適用も可能である.

4. 今後の方針 各土層の土性および圧縮率の変化に伴うタンクモデルパラメータの変化を定式化し, その後, 本モデルを実地域における排水解析へ適用することを目指す.

参考文献 1) Šimůnek 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) Rawls et al. (1982) : Estimation of soil water properties, Transactions of the ASAE, **25**(5), 1316-1320

3) Schaap et al. (2001) : ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions, Journal of Hydrology, **251**, 163-176

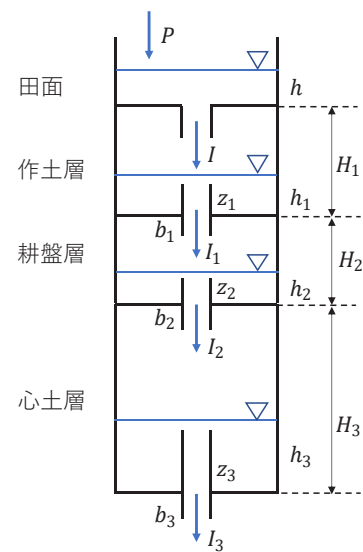


図 1 タンクモデルの概要
Fig. 1 Description of tank model.

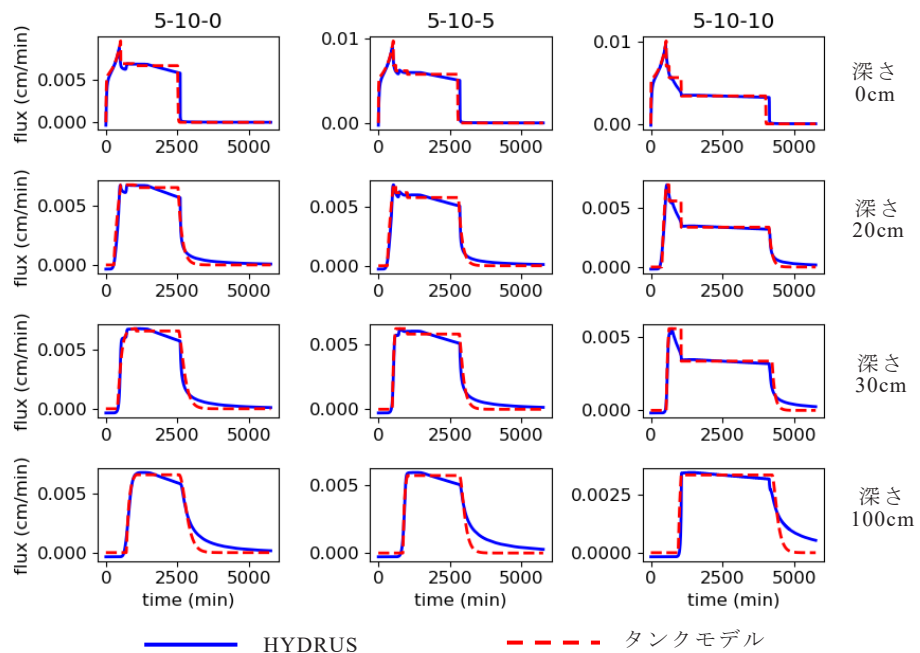


図 2 HYDRUS とタンクモデルで計算された 4 地点におけるフラックスの経時変化の比較
Fig. 2 Comparison of temporal changes in infiltration fluxes at four depths calculated by HYDRUS and tank model.