

# 灌漑条件下の砂地圃場における土壌水分動態解析

## Numerical simulation of soil water flow in a sand field under irrigation

諸泉利嗣・三浦健志・佐々木 彰

MOROIZUMI Toshitsugu・MIURA Takeshi・SASAKI Akira

### 1. はじめに

合理的な畑地用水計画を立案するためには、消費水量を精度良く算定することが必要であるが、そのためには土壌面からの蒸発散量の推定と土壌水分の動態を把握することが重要となる。特に、水分保持力が小さく透水性が良い砂地圃場では、降雨・灌漑水は下層土へと速やかに浸透するため、土壌水分の把握・管理が不可欠である。

昨年は乾燥条件下の裸地砂地圃場での熱・水移動と下層からの上向き水分フラックスについて報告<sup>1)</sup>したが、今回は、頻りに灌漑水(または降雨)が与えられた砂地圃場における土壌水分の動態を、裸地の場合と植物の根による吸水を考慮した場合について数値解析により検討した。

### 2. 数値解析

1)基礎式：土壌中の水分移動は、次式に示す1次元 Richards 式を用いた。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ K \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \cos \alpha \right) \right] - S \quad (1)$$

ここに、 $h$ ：圧力水頭， $\theta$ ：体積含水率， $t$ ：時間， $x$ ：鉛直座標， $\alpha$ ：水移動方向と鉛直軸のなす角度， $K$ ：不飽和透水係数， $S$ ：植物根からの吸水強度である。数値解析には HYDRUS<sup>2)</sup>を用いた。

2)境界条件と初期条件：式(1)に関する上端(地表面)境界条件は、降雨または灌水量、および熱収支ボーエン比法で求めた蒸発強度を与え、下端(深さ 80cm)では動水勾配が 1 の自由排水条件とした。初期条件は解析開始時の実測値を線形補間して与えた。

3)不飽和土壌特性値：van Genuchten-Mualem 式を採用し、式中のパラメータは室内実験で求めた土壌水分保持曲線にフィットするように非線形最適化手法を用いて求めた。飽和透水係数は室内実験により求めた。

4)吸水モデル：植物の根による吸水モデルには、植生に関する情報が不足している場合にその簡便さから有効と考えられる次式<sup>2), 3)</sup>を用いた。

$$S = \beta(h)S_{\max}, \quad S_{\max} = T_p / L_R \quad (2)$$

ここに、 $S$ ：吸水強度， $\beta(h)$ ：吸水関数， $S_{\max}$ ：最大吸水強度， $T_p$ ：可能蒸散強度， $L_R$ ：根群域の深さである。

吸水関数は Fig.1 に示すように変化し、 $h_1 \sim h_4$  の値には、解析コードに組み込まれているデータベースの中から牧草の値を用いた。

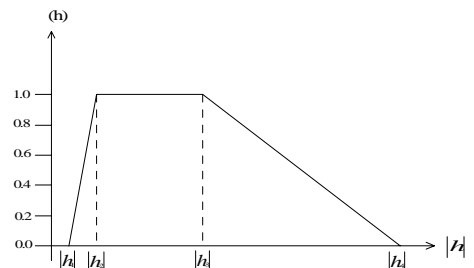


Fig.1 Schematic graph showing the sink function ( $h$ ).

### 3. 観測概要<sup>4)</sup>

\*岡山大学環境理工学部 Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University 畑地灌漑, 上向き水分フラックス, 水分移動

観測は鳥取大学乾燥地研究センター内の砂地圃場で1998年8月下旬から12月上旬に実施した。測定計器の配置をFig.2に示す。圃場には牧草(バミューダグラス)が植えられており、灌水はスプリンクラーにより観測期間の前半は一日に朝と夕方の2回、後半は一日1回行われた。

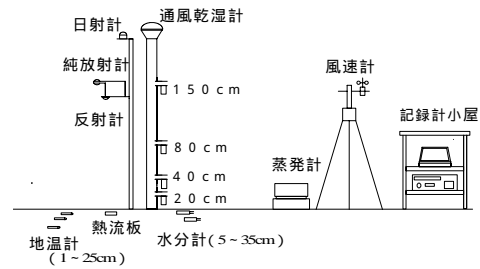


Fig.2 Schematic arrangement of instruments at Tottori Univ., Arid Land Research Center.

#### 4. 結果と考察

1) 体積含水率変化 (Fig.3(a), (b)) : 裸地の場合の深さ5cmと15cmにおける計算値は、実測値との間に若干の差が見られるものの、降雨・灌水があると増加するという実測値の傾向を良好に再現しており、本研究で用いた数値モデルおよび不飽和土壌特性などのモデルパラメータが妥当であったと言える。実測値と計算値のRMSEは、深さ5cmで0.009、深さ15cmで0.018であった。根長20cmを仮定した場合の計算値は、裸地の場合とほとんど同じになり、ある程度の湿潤状態では植物の根による吸水効果は土壌水分量に現れにくいと考えられる。

2) 水分フラックス変化 (Fig.3(c)) : いずれの深さにおいても下向き水分フラックスは、降雨による増大と降雨後速やかに減少するという似たような変化パターンを示した。深さ40cmおよび80cmの水分フラックスは解析期間中常に下向きであったのに対して、深さ20cmでは10/2~10/6に約 $0.034\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$ 程度、僅かではあるが上向きの水分フラックスが生じ、20~40cm土層から水分が補給されたと考えられる。また、根長20cmを仮定した場合の水分フラックスは、体積含水率変化と同様に裸地の場合とほとんど同じとなった。

#### 5. 終わりに

本解析により、透水性の良い砂地圃場では灌水は速やかに下層へと浸透するため、頻りに灌水することは非効率的であることが示唆された。効率的な畑地用水量を算定するためにこの下層への浸透水を減らし、下層からの水分補給がある程度見込める灌水水量と灌水頻度の設定を行う際に、本解析は有効であると思われる。

**参考文献** 1) 諸泉利嗣・三浦健志・増田利恵・藤田敬一(2001): H13年度農土学会大会講演集 512-513, 2) Simunek, J., et al. (1998): Research Report No.144, U.S. Salinity Lab. (USDA-ARS), 3) 粕井和朗・野坂次朗・矢野友久(1992): 水文・水資源学会誌 5(3) 13-21, 4) 江良昭浩・三浦健志・諸泉利嗣(1999): 中国・四国の農業気象第12号 52-54.

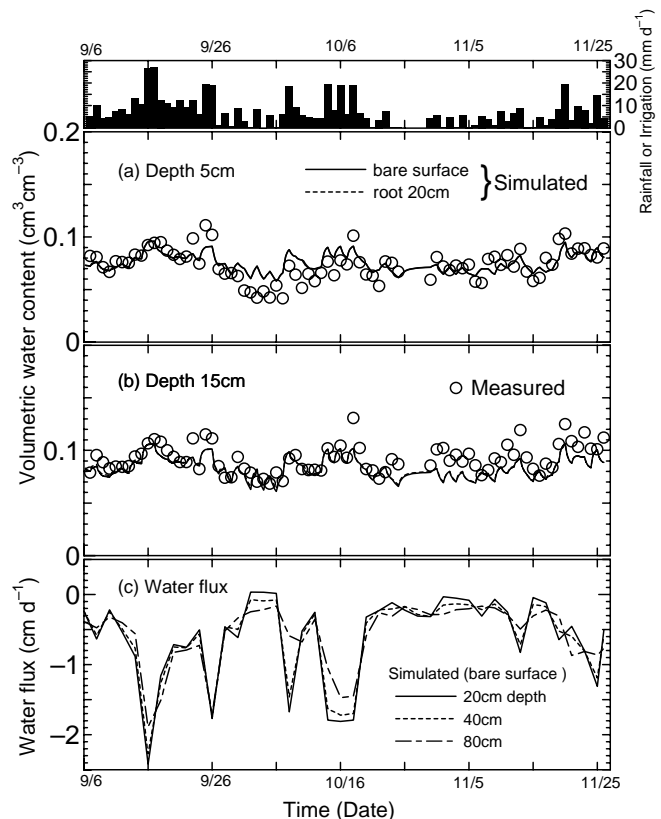


Fig.3 Temporal changes of volumetric water content [(a) depth 5cm, (b) depth 15cm] and water flux [(c)] with rainfall or irrigation, 9/6 ~ 11/25, 1998.