

数値解析に基づくサトウキビ圃場の消費水量の評価 Evaluation of Consumptive Water Use on Sugarcane Field Based on Numerical Analysis

○中野瑞希*, 肥山浩樹**, 靱井和朗**, 竹内真一***

Nakano Mizuki, Hiyama Hiroki, Momii Kazuro, Takeuchi Shinichi

1. はじめに

圃場における消費水量の推定は水資源の有効活用の観点から重要である。リチャーズ式は不飽和土壌における水分動態を示す。本研究では、リチャーズ式をもとに差分法による数値解析プログラムを作成し、沖縄のサトウキビ圃場の土壌、気象条件下における計算値を実測値と比較した。

2. 研究の方法

不飽和土壌における根の吸水は、リチャーズ式に吸水項を加えた式(1)で表される¹⁾。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} - 1 \right) \right] - S(z, t) \quad (1)$$

ここで、 θ : 体積含水率, t : 時間, z : 深さ(鉛直下向きに正), K : 透水係数, h : 圧力水頭, S : 吸水項である。吸水項 S は根の吸水を表す関数であり、次のように与えられる¹⁾。

$$S(z, t) = \beta(z) \alpha(h) T_p(t) \quad (2)$$

ここで、 $\beta(z)$: 根の分布関数, $\alpha(h)$: 吸水減衰関数, T_p : ポテンシャル蒸散量である。吸水減衰関数 $\alpha(h)$ は水ストレスに応答する関数であり、 $0 \leq \alpha(h) \leq 1$ である。吸水項 S は式(3)のように、根域長 L_R で積分すると蒸散量 T_a を示す¹⁾。

$$T_a(t) = \int_{L_R} S(z, t) dz \quad (3)$$

式(1)をもとに、差分法によって、初期条件、境界条件、土壌条件、根の分布 $\beta(z)$ 、ポテンシャル蒸散量 T_p を与えることで土壌の水分動態を示す数値解析プログラムを作成した。

解析対象のサトウキビ圃場は沖縄県糸満市に位置する。土壌は琉球石灰岩風化土であり、水分特性曲線を Fig. 1 に示す。フィッティングには Van Genuchten モデルと SWRC Fit²⁾ を用いた。飽和体積含水率 $\theta_s = 0.5264 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, 残留体積含水率 $\theta_r = 0.399 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $\alpha = 0.29705 \text{ cm}^{-1}$, $n = 1.0932$ であり、土壌条件として与えた。また、飽和透水係数 k_s は $1.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ とした。対象圃場の深さ 5, 15, 25, 35, 50, 70 cm に土壌水分計を埋設し、2019 年 6/27 - 9/26 の期間計測した。本研究では連続干天日である 8/26 - 9/1 を対象として計算した。初期条件に 8/26 の実測値を線形補間した値を与えた。下部境界条件に、深さ 70cm における 8/26 - 9/1 の実測値を与えた。上部境界条件には、基準作物蒸発散量 ET_0 (mm/hour) に 0.05 を乗じた蒸発量を与えた。 ET_0 は、現地で計測した気象条件をもとに FAO ペンマンモンティース法により決定し

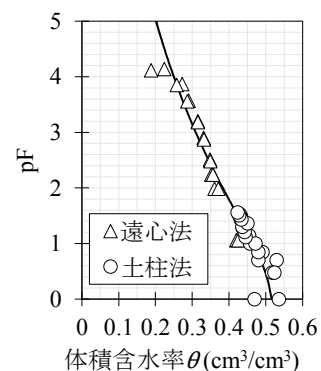


Fig. 1 水分特性曲線
Soil water characteristic curve

*鹿児島大学大学院農林水産学研究科 Graduate School of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kagoshima University

**鹿児島大学農学部 Faculty of Agriculture, Kagoshima University

***東海大学海洋学部 Undergraduate School of Marine Science and Technology, Tokai University

キーワード: 畑地灌漑, サトウキビ, 消費水量, 数値解析

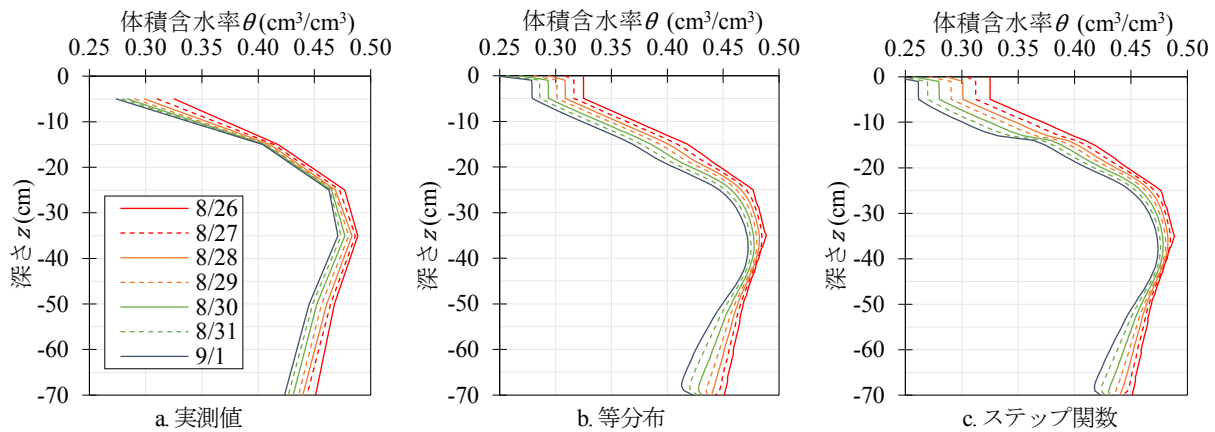


Fig.2 土壌水分鉛直分布 Soil water profiles (a ; measured value , b : flat , c : step function)

た．根の分布関数は，根が深さ 0 - 70cm に等分布していると仮定し， $\beta(z) = 1/L_R$ で与えた．また，根は表層に多く分布していると考えられることから，根の分布を表層部は多く，下層 14cm 以下は少なくしたステップ関数で与えたものを等分布と比較した．吸水減衰関数 $\alpha(h)$ は，飽和に近い体積含水率においても土壌水分の減少がみられたことから，湿潤条件下における水ストレスを低く与えた．ポテンシャル蒸散量 T_p は ET_0 に蒸散係数 1.2 を乗じて与えた．

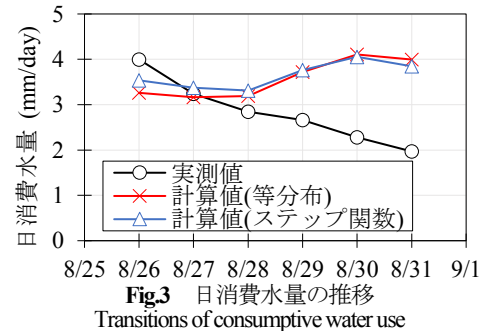


Fig.3 日消費水量の推移 Transitions of consumptive water use

3. 結果と考察

実測値と数値解析プログラムによる計算値を比較した．Fig.2 に土壌水分鉛直分布を，Fig.3 に日消費水量の推移を示した．Fig.2 において，計算値は実測値の水分消費を概ね再現しているが，実測値は深さ 15, 25cm で水分消費が少ないのに対して，計算値は 40cm 付近で消費が少なく，70cm 付近では過剰に消費している．Fig.3 において 8/26 - 8/28 の 3 日間は計算値が実測値に近い値をとっており，それぞれの 3 日間平均は 3.2 - 3.4mm/day だった．しかし期間全体で見ると，実測値が減少傾向にあるのに対して計算値は増加傾向にあり，6 日間平均は実測値が 2.8mm/day，計算値はいずれも 3.4mm/day だった．計算値の 15, 25, 70cm 付近における過剰な消費が影響していると考えられる．Fig.2 の b, c を比較すると，ステップ関数において上層の根を増やし，下層の根の割合を減らしたことで，14cm 以下の過剰な消費はわずかに抑えられたが，表層で過剰な消費が見られる．この 2 つを Fig.3 で比較しても消費水量に大きな違いはない．根の分布関数の変更は，土壌水分鉛直分布に影響するが，消費水量の推移にはほとんど影響しないことが分かった．

4. おわりに

リチャーズ式に根の分布や水ストレス応答関数を与えた数値解析プログラムにより，沖縄のサトウキビ圃場における消費水量を推定し，実測値と計算値の比較を行った．計算値では，土壌水分鉛直分布を概ね再現できたが，過剰に水分消費をする傾向にあった．根の分布関数を変更すると，消費水量に大きな違いは見られないが，土壌水分鉛直分布に影響を与えることが分かった．

引用文献 : 1) Todd H. Skaggs, Martinus Th. van Genuchten, Peter J. Shouse and James A. Poss (2006) : Macroscopic approaches to root water uptake as a function of water and salinity stress, *Agricultural Water Management*, 86, 140-149.
 2) Seki, K (2007) : SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 4, 407-437.