

土壌面蒸発環境の不均一性を考慮した作物係数の推定

Estimation of Crop Coefficient under Spatial Distribution of Soil Surface Evaporation

○弓削こずえ* 原口智和** 中野芳輔** 黒田正治* 阿南光政***
K.Yuge*, T.Haraguchi**, Y.Nakano**, M.Kuroda* and M.Anan***

1. はじめに

我が国の畑地灌漑計画は、圃場における蒸発散量をもとに圃場の日消費水量を推定し、これを補う補給灌漑を基本として策定されている。圃場における蒸発散量は圃場の蒸発散位に作物係数を乗じて求められている。作物係数とは作物の種類によって決定されている係数であり、一般に作物の生育ステージに応じて平均的な値が設定されている。このような作物係数の定量化手法は広く用いられているが、作物係数は作物の種類や生育ステージなどの作物に関する因子のみでなく、土壌水分状態や微気象要因などによって変化することが知られている。また、マイクロ灌漑によって部分灌漑が行われているような圃場や作物による土壌面の被覆状態が不均一な圃場では土壌面蒸発が空間的に変化するため、作物係数も場所によって変動すると考えられる。本研究では作物係数を用いて精度よく圃場の消費水量を定量化することを目的とし、まず作物係数を作物蒸散に関する因子と土壌面蒸発に関する因子に分離した。このうち土壌面蒸発に関する因子をシミュレーションモデルおよび圃場実験によって推定した。

2. 作物係数の分離

土地改良事業計画設計基準計画「農業用水(畑)」技術書(農水省, 1997)やFAOなどの技術書では、圃場における蒸発散量 ET は次式で求めることが提案されている。

$$ET = K_c ET_p \quad (1)$$

ここで、 ET_p :蒸発散位、 K_c :作物係数である。我が国の灌漑計画では ET を修正して計画蒸発散量を求め、計画蒸発散量から上向き補給水量を減じた値を日消費水量としてこれを補う補給灌漑を基本として策定されている。効率的な灌漑を行うには ET を適切に推定することが必要であり、 K_c の決定は重要な要因となる。一般に K_c は作物の生育ステージごとに平均的な値が与えられている。本研究では作物圃場における蒸発散は作物蒸散および土壌面蒸発の異

なる機構から成り立つことに着目し、 K_c を作物蒸散に関する因子と土壌面蒸発に関する因子に分離した。これを式(1)に適用すると次式のように表現することができる。

$$ET = ET_{soil} + ET_{crop} \\ = (K_{soil} + K_{crop}) ET_p \quad (2)$$

ここで、 ET_{crop} :作物蒸散量、 ET_{soil} :土壌面蒸発量、 K_{crop} :作物因子係数、 K_{soil} :土壌因子係数とする。

3. 土壌面蒸発量のシミュレーション

ここでは土壌面蒸発量のシミュレーションモデルを構成し、その結果から土壌因子係数を推定する。

土壌中の水分および熱輸送の支配方程式は次式で表現される。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla (D_w \nabla \theta) + \nabla (D_T \nabla T) + \frac{\partial K}{\partial z} \quad (3)$$

$$C_v \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla (\lambda \nabla T) + L \rho_w \nabla (D_{ww} \nabla \theta) \quad (4)$$

ここで、 C_v :体積熱容量、 D_T :温度勾配に係わる土壌水分の拡散係数、 D_w :水分勾配に係わる土壌水分の拡散係数、 D_{ww} :水分勾配に係わる水蒸気の拡散係数、 K :不飽和透水係数、 L :水の蒸発潜熱、 T :地温、 θ :体積含水率である。Fig.1に本研究で構成したモデルを示す。ここでは南北方向に繋がった畦状の作物群落を直方体を用いてモデル化した。この場合、土壌面の日射環境は畦の横断方向に変化するため土壌中の熱および水分は畦の横断方向および土壌深さ方向に二次元的に変化する。また、作物蒸散は生じないため、圃場の消費水量は土壌面蒸発量に等しい。したがって式(2)は次のように表すことができる。

$$ET_{soil} = K_{soil} ET_p \quad (5)$$

4. 土壌因子係数の推定

シミュレーションモデルによって推定した ET_{soil} と Penman 法で計算した ET_p から、式(5)を用いて土壌因子係数を推定した。土壌面蒸発量の計算範囲は畦間 0.6m とし、0.1m ごとに計算した。計算に用いた気象データは九州大学内の実験圃場で測定した。実験圃場に十分な灌漑を行った後、3日間の連続データをを用いて土壌面蒸発量を1分ごとに計算した。

*九州共立大学工学部 Faculty of Engineering of Kyushu-kyouritsu University

**九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture of Kyushu University

***株式会社 高崎総合コンサルタント Takasaki Co., Ltd.

キーワード:畑地灌漑, 土壌面蒸発量, 作物係数

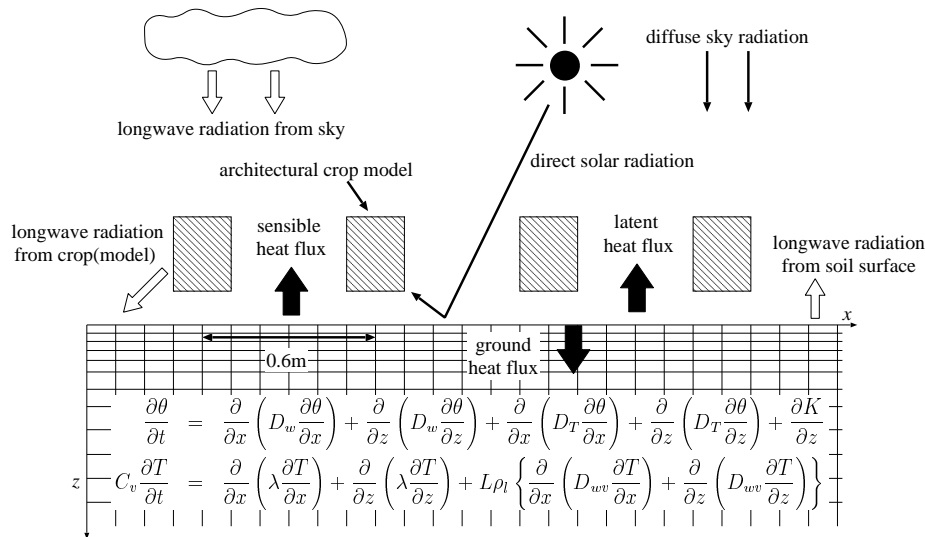


Fig.1 土壤面蒸発量のシミュレーションモデル
Simulation model for estimating soil surface evaporation.

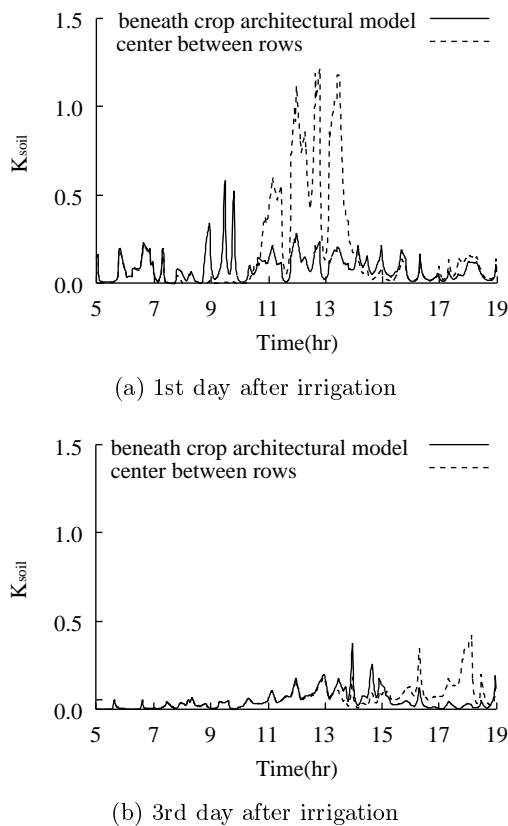


Fig.2 土壤因子係数の空間分布と経時変化
Hourly changes and spatial distribution of K_{soil} .

Fig.2 は作物体モデル直下および畦間中央の土壤面で計算した K_{soil} の経時変化を示している。灌漑後1日目の結果によると、 K_{soil} は時間・場所によって変動しており作物体モデルの直下と畦間中央では最大で約1.3の較差が生じた。この現象は、作物体モデルによって土壤面に陰が部分的に形成され、土

壤面に到達する放射エネルギーが空間的・時間的に変化するために生じたと考えられる。また、灌漑後時間が経過すると K_{soil} の値は次第に低下し、3日目には空間的にほぼ一樣な値となる。この現象は土壤面が乾燥し、土壤面蒸発が抑制されたために生じたと考えられる。

Fig.2 に示した K_{soil} の空間分布値を用いて式(5)より畦間土壤面蒸発量を計算した結果、2.5mm/dayとなった。これに対し、作物の直下および畦間中央の土壤因子係数を畦間土壤面に一樣に適用すると、式(5)より畦間土壤面蒸発量はそれぞれ1.4mm/dayおよび3.2mm/dayとなった。このことは、 K_{soil} の設定には空間的な不均一性を考慮する必要があることを示している。

5. まとめ

本研究では作物係数を土壤因子係数と作物因子係数に分離し、土壤面蒸発量のシミュレーションモデルによって土壤因子係数を定量化した。その結果、土壤因子係数は空間的・時間的に変化することが判明した。この現象には土壤面に到達する放射エネルギーおよび土壤水分状態が深く関与すると考えられる。ここで示した土壤面蒸発の空間的・時間的変動を考慮した消費水量の定量化手法は効率的な灌漑に寄与すると考えられる。

引用文献

- 1) Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M.(1998): Crop evapotranspiration. -Guidelines for computing crop water requirements-. *FAO Irrigation and drainage.*, **56**, pp.87-158.
- 2) 農林水産省構造改善局 (1997): 土地改良事業計画設計基準計画「農業用水(畑)」。農業土木学会, 東京, pp.175-191.