

施設畑蒸発散量のシミュレーションモデルによる算定 Evaluation of Evapotranspiration in a Greenhouse using a Simulation Model

原口智和* 森 健* 中野芳輔* 舟越 保*

HARAGUCHI Tomokazu*, MORI Ken*, NAKANO Yoshisuke* and Tamotsu Funakoshi*

はじめに

施設畑における消費水量は、ハウスの構造や管理方法の影響を大きく受ける。そのため、露地畑の消費水量算定に用いられる微気象法を施設畑に適用する際は、十分な調査が必要となる。一方、施設畑の微気象環境(作物蒸散を含む)および土壌の水分・熱環境を詳細に再現できるシミュレーションモデルが構築されれば、ハウス構造や作物の条件を任意に設定して消費水量の算定を行うことが可能となる。

本研究では、側面開放状態のビニールハウスを対象に、作物蒸散モデル、放射環境モデルおよび土壌の水分・熱輸送モデルを組み合わせたシミュレーションモデルを構築し、十分に繁茂した植被面からの蒸発散量を算定して、モデルの検討を行った。

シミュレーションモデルの構成

計算の対象は成熟期の大豆群落であり、その草高は約1m、葉面積指数は4.7である。

作物蒸散モデル：十分に繁茂した作物葉群をBig leafで表し、その熱収支から蒸散量、葉面温度を算定する。

光合成固定や植物体貯熱が無視できる場合、Big leafの熱収支は次式で表される。

$$R_{np} = T_r + H_p \quad (1)$$

ここで、 R_{np} は葉群純放射量(=吸収量-射出量)、 T_r は潜熱輸送量(蒸散量)、 H_p は顕熱輸送量である。 T_r および H_p は次式によって算定する。

$$T_r = 2\ell A \frac{0.622 r_a e_s(T_l) - e_a}{P r_a + r_s} \quad (2)$$

$$H_p = 2A r_a c_p \frac{T_l - T_a}{r_{la}} \quad (3)$$

ここで、 ℓ は水の蒸発潜熱、 A はBig leafの葉面積、 r_a は空気の密度、 c_p は大気定圧比熱、 P は大気圧、 T_l と T_a は葉面温度と気温、 $e_s(T_l)$ と e_a は葉面の飽和水蒸気圧と大気の水蒸気圧である。葉面境界層抵抗 r_{la} および蒸散抵抗 r_s は、それぞれ、風速の関数、および土壌水分と短波放射量の関数で与える。

葉群純放射の射出成分は長波放射であるので、次に述べる放射環境モデルによって吸収放射量を予め求め、その値と式(1)、(2)、(3)から、逐次代入法によって葉面温度を決定する。

放射環境モデル：作物群落に入射される短波・長波放射の減衰透過特性から、葉群純放射量を算定する。ハウス内に透過する日射量は、壁面の光学特性から算定可能であるが、ここでは計算時間短縮のために実測値を用いる。長波放射については、ハウス壁面、地表面およびBig leaf表面の温度から射出量を計算する。

土壌の水分・熱輸送モデル：土壌中の水分および熱輸送方程式を差分法によって解く。

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \nabla \cdot (D_q \nabla q) + \nabla \cdot (D_T \nabla T) + \frac{\partial k}{\partial z} \quad (4)$$

$$C_v \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (I \nabla T) + r \ell \nabla \cdot (D_v \nabla q) \quad (5)$$

ここで、 q は体積含水率、 D_q および D_T は土壌水分勾配および地温勾配に係る土壌水分拡散係数、 k は透水係数、 T は地温、 C_v は

*九州大学大学院農学研究院 / *Faculty of Agriculture, Kyushu Univ.

キーワード：蒸散，土壌面蒸発，葉群純放射量，シミュレーション，施設畑

体積熱容量， l はみかけの熱伝導率， D_v は水分勾配に係る水蒸気拡散係数， r は水の密度である．

入力データ：気温，湿度，日射量および風速については，ビニールハウス内での実測値を用いる．気温および湿度のデータは，Big leafの熱収支計算では高度 1.0m における値を，地表面の熱収支計算には高度 0.2m における値を用いた．また，風速に関しても，実測結果に基づいて，Big leaf と地表面で異なる値を用いた．計算は 15 日分について行った．

結果及び考察

Fig. 1 は計算による葉面温度を実測値と比較したものである（図中のデータは計算結果の一部）．実測値は高度 0.2，0.6 および 0.9m の 3 点の算術平均である．計算値は実測値と良く一致しているのが分かる．葉面温度は熱収支から決定されるものであるから，葉群純放射量および蒸散量についても高い精度で推定されているものと考えられる．また，葉群の熱収支計算に高度 1.4m の温湿度データを用いた場合，計算値は期間平均で 0.15 高くなった（期間平均気温：高度 1.0m で 25.2 ，高度 1.4m で 25.4 ）．なお，高度 1.0m および 1.4m の温湿度を用いたときの期間平均日蒸散量は 3.4mm および 3.9mm であった．

Fig. 2 は実測と計算による地表面温度の変化を示している（図中のデータは計算結果の一部）．両方とも畝間と畝中心の 2 地点の平均値である．葉面温度に比べ両者の差が大きくなったが，これは，本モデルでは葉群の不均一分布が考慮されず，2 地点の日射量を正確に見積もることができなかったためと考えられる．

なお，部分灌漑条件で計算を行ったため，日土壌面蒸発量の期間平均値は 0.1mm と，蒸散量に比べ非常に小さくなった．

おわりに

本研究の結果，放射環境モデルによって葉群純放射量を高い精度で算定可能なこと，

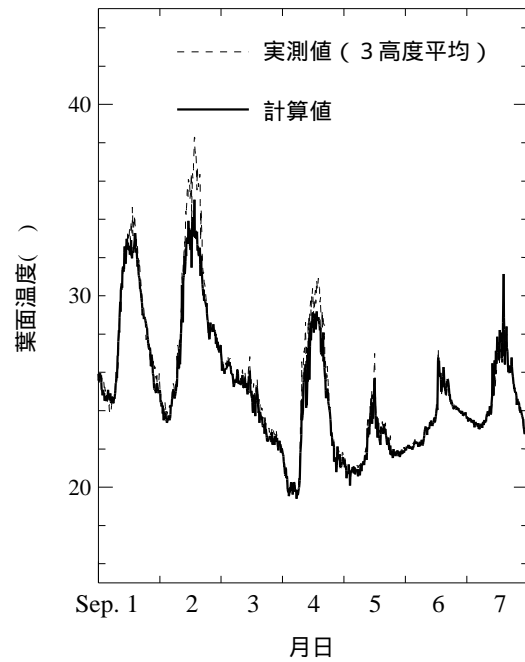


Fig. 1 実測と計算による葉面温度の変化
Time courses of observed and calculated leaf temperature

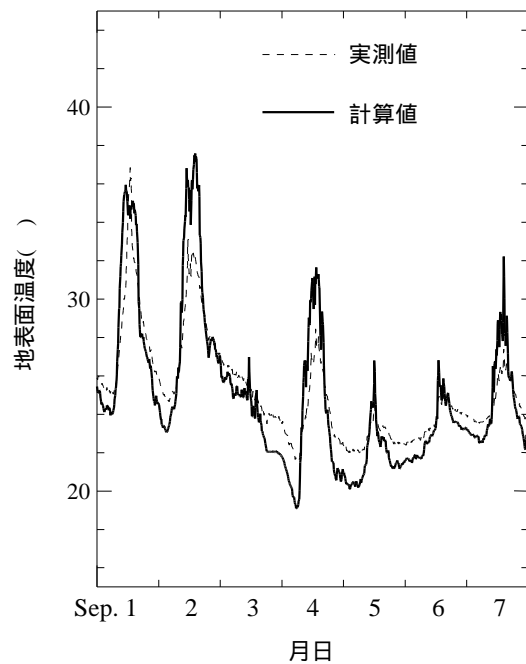


Fig. 2 実測と計算による地表面温度の変化
Time courses of observed and calculated soil surface temperature

作物蒸散モデルにおいて，大気温度と湿度の代表値の取り方に課題があることが示された．今後，土壌面蒸発量の空間分布を再現するには，葉群分布の不均一性を考慮した日射透過モデルの導入が必要となるであろう．