

地表面熱収支に基づくダイズ栽培圃場の土中水分量・地温の予測 Numerical Simulation of Soil Moisture and Temperature in a Soybean Field using the Soil Surface Energy Balance

○高橋 由奈 坂井 勝
Yuna Takahashi Masaru Sakai

1. はじめに 気象データに基づき畑地の土中水分・地温変化を予測するためには、地表面熱収支の考慮が必要である。植被層と土壌面における熱収支を計算する 2 層モデルを用いることで、地表面境界条件である蒸発速度 E_g と土中熱フラックス G_s 、および蒸散速度 E_c の推定が可能である(図 1)。

$$\begin{aligned} Rn_c &= H_c + L_w E_c \\ Rn_g &= H_g + L_w E_g + G_s \end{aligned} \quad (1)$$

ここで Rn_g と Rn_c は土壌面と植被に対する純放射量 (W/m^2)、 H_g と H_c は土壌面-大気間と植被-大気間の顕熱フラックス (W/m^2)、 $L_w E_g$ と $L_w E_c$ は蒸発と蒸散による潜熱フラックス (W/m^2)、 G_s は土中熱フラックス (W/m^2) である。群落の放射透過率 τ 等の条件を与えることで、裸地を含む植生条件の地表面熱収支を計算することができる。坂井ら(2018)は、2 層モデルと HYDRUS-1D を組み合わせることで、土壌乾燥にともなう地表面蒸発の低下や植物根による吸水の制限を考慮した土中の水分・熱移動を計算することを可能にした。本研究では、ダイズ栽培圃場を対象に数値計算を行い、裸地と植生が繁茂した条件下での土中水分量・地温の変化について、実測値との比較・検討を行った。

2. 方法 三重大学附属農場のダイズ栽培圃場で現場観測を行った。土中データとして土中水分量、土中水圧力、地温を各深さで測定し、また各気象データの測定を行った。裸地状態の無降雨期間 2018/11/11~18 と、植生下での無降雨期間 2018/7/31~8/7 (草高 50 cm, 被覆率 70%, LAI 2.5) を対象に数値計算を行った。植生条件では、放射透過率 τ を被覆率から与えた。深さ 100 cm を計算領域とし、現場の層位に合わせて 0~30 cm, 30 cm 以深の 2 層とし、それぞれ土中水分量と土中水圧力の現場測定値に基づく水分移動特性を与えた。下端の境界条件は自由排水、温度勾配 0 とした。測定した気象データと植物生育データを用いて求めた蒸発速度 E_g と土中熱フラックス G_s を上端境界条件に与えた。また、Feddes の根の吸水モデルの吸水強度分布は 0~30 cm 深で均一とし、土壌乾燥に対する水ストレス応答関数 α は $h = -2,000$ cm から $-16,000$ cm で 1 から 0 に低下する関数を与えた。

3. 結果と考察 図 2 に裸地期間 (11/11~18) の蒸発速度 E_g の計算値、図 3 に土中水分量と地温の経時変化を示す。実測の水分量は蒸発により各深さで緩やかに低下した。地温は、日射量の小さい 11/12~13 は日変化が小さく、4 cm 深の最高値はいずれの日も $18^\circ C$ 程度であった。蒸発速度 E_g の計算値は、期間を通して日蒸発量が 0.1~0.28 cm と比較的小さい値となった。計算が水分量の緩やかな低下と地温

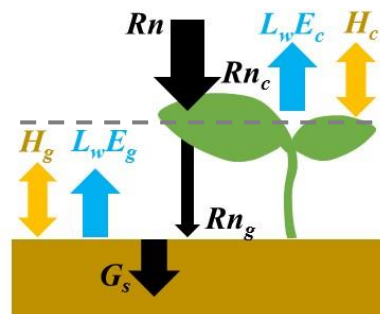


図 1. 2 層モデルの概略図
Fig.1 Schematic of double source model

三重大学大学院生物資源学研究所 Graduate school of Bioresources, Mie Univ.

キーワード: 地表面熱収支, 2 層モデル, 土中水分・熱移動, 数値計算

の変動をよく再現したことから、現場の蒸発速度をよく再現できていると考えられる。また、土壌乾燥にともなう E_g の低下は見られなかった。11/17でも5 cm 深の水分量は0.2程度（土中水圧力の測定値が-500 cm 程度）であり、常に可能蒸発速度で蒸発が進行した。

図4に植生下（7/31～8/7）のライシメータで測定した蒸発散速度 E 、および蒸発速度 E_g と蒸発散速度 E の計算値を、図5に土中水分量と地温の経時変化を示す。実測値では、蒸発散により水分が減少し、15 cm 深や25 cm 深でも、根の吸水による水分減少が見られた。水分量の低下が進行するとともに、蒸発散速度 E が低下した。また、時間とともに地温の上昇が生じた。気温や日射量に大きな変化がなかったことから、蒸発速度 E_g の低下が原因と言える。計算の蒸発散速度は、実測値と同様に土壌乾燥にともない低下した。実測値は8/3までは正午前後に極端に大きな値を示し、8/4以降は午前中に小さい値を示す等、計算値とはズレが生じた。蒸発散の低下がない乾燥初期の8/2までは、計算は水分量の低下、および地温の日変化を良く再現した。この期間は、可能蒸発速度および可能蒸散速度で蒸発散が進行しており、放射透過率 τ を被覆率で与えることの妥当性を示していると言える。また、可能蒸発と可能蒸散の割合はおよそ1:3であった。乾燥による E_g や E_c の低下が生じる8/3以降は、計算は水分量と地温の実測値を過大評価した。地温を過大評価したことから、この期間の蒸発速度を過小評価していると考えられる。また、15 cm 深と25 cm 深の水分量を過大評価しているため、吸水モデルについても、より詳細な検討が必要である。

引用文献：坂井勝・高橋由奈・丸山篤志・取出伸夫，2層モデルを用いた畑地の土中水分・熱移動予測モデルの構築，2018年度土壌物理学大会講演要旨集，pp.16～17（2018）

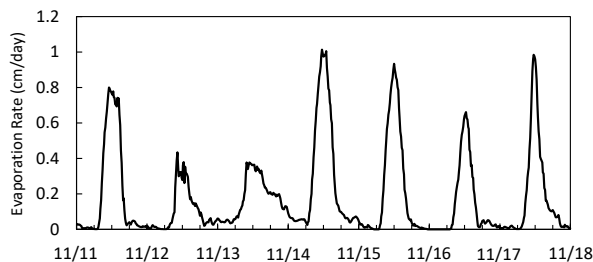


図2. 裸地条件下の蒸発速度の計算値
Fig.2 Calculated value of evaporation rate in bare soil

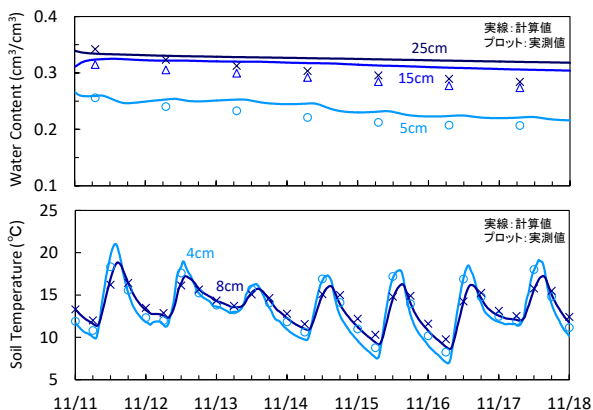


図3. 裸地条件での土中水分量・地温変化
Fig.3 Soil moisture and temperature in bare soil

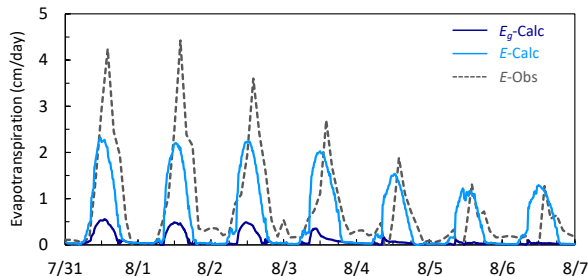


図4. 植生下での蒸発・蒸発散速度
Fig.4 Evapotranspiration rate in vegetation condition

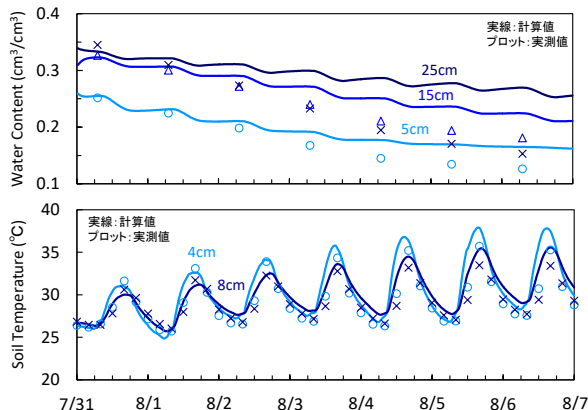


図5. 植生下での土中水分量・地温変化
Fig.5 Soil moisture and temperature in vegetation condition