

HYDRUS-1D を用いた圃場の実蒸発散量の推定に関する研究 Verification of Actual Evapotranspiration from a Field Calculated by HYDRUS-1D

○田川 堅太* 長 裕幸**
Kenta TAGAWA Hiroyuki CHO

1.はじめに

HYDRUS-1D は土壌水分および塩分の移動解析に関し、豊富な研究例を有する代表的解析ツールとして認められるところである。著者らは中国乾燥地畑地圃場において、トウモロコシ栽培条件下における土中水分および塩分移動の観測を 2 年間にわたって行い、HYDRUS-1D を用いて土中水分移動解析を実施した結果、2008 年の作物生育期間内においては、土中水分量の実測値に対し、良好な再現性を示す事が出来た。そこで本研究では、まず、2008 年で用いた解析条件を 2009 年に適用し、その実用性の検証を行った。次に、その結果を踏まえて、土壌水分移動解析から求めた、土壌面蒸発フラックスと根の吸引項の和である実蒸発散量の値に関して、ボーエン比法で求めた蒸発散量との比較を行い、解析結果の有効性を確かめる事が出来たので報告する。

2.観測概要

実験圃場は、中国の黄河中流域、甘肅省平堡郷(N36°25.5', E104°25.4', 1461ASL)に位置する。黄河に隣接した低地であることから地下水位が高く、塩濃度も高い。測定は、2007 年 9 月から 2009 年 12 月まで行われ、測定項目としては、気温、相対湿度、地温、日射量、純放射量、地中熱伝達量、風速、風向、地下水位、降水量、土壌バルクの電気伝導度・比誘電率であった。

3.水分移動解析

水分移動解析は、鉛直一次元で行い、地表面から深さ 2m 地点までを対象とし、3 種類の土壌による成層分布を設定した。解析対象期間は、2008 年の現地における作物生育期間に当たる 4 月の下旬から 9 月末までとした。境界条件として、上端境界に降雨、灌漑、土壌面蒸発フラックスを、下端境界に地下水位を与えた。土中吸水項として作物蒸散フラックスを与えた。蒸発・蒸散フラックスは、FAO Penman-Monteith(PM)式と FAO dual crop coefficient (DCC)法を適用し、気象観測データから計算して与えた。水分特性については、現地土壌を用いた室内実験結果を初期値として与え、逆解析によるパラメータのフィッティングを行った。解析の結果、土壌水分の実測値を精度よく再現できた。このモデルを適用し、2009 年のデータに関しても解析を行い、実用性を確かめた。

4.実蒸発散量の比較

まず、地表面における熱収支から、実蒸発散量は、ボーエン比法により、次式で求められる。

$$E = \frac{R_n - G}{l(1 + \beta)} \quad (1)$$

*鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima Univ., **佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga Univ.

キーワード：土中水分移動、蒸発・蒸散、HYDRUS-1D、トウモロコシ圃場、ボーエン比

ここで E は蒸発散量 ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$), R_n は純放射量 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), G は地中熱伝達量 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), l は蒸発潜熱 ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$), β はボーエン比である。ボーエン比は次式で表すことができる。

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\delta T}{\delta e} \quad (2)$$

ここで, H は顕熱フラックス ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), γ は乾湿計定数 ($\text{hPa}\cdot\text{C}^{-1}$), δT , δe は異なる高さの 2 点間の温度差 ($^{\circ}\text{C}$), 水蒸気圧差 (hPa) である。なお, 温度・水蒸気圧の測定高度は 1.8m, 4.3m とした。HYDRUS-1D では, 蒸発量に関しては, 次式の条件が確立されており, 土壌水分フラックスが境界条件となる。

$$\left| -K \frac{\partial h}{\partial z} - K \right| \leq E_p \quad (3)$$

ここで, K は不飽和透水係数 [LT^{-1}], E_p はポテンシャル蒸発フラックスである。また, 蒸発散量に関しては, Feddes の式に基づいた計算が行われる。

5. 結果と考察

Fig.1 に 2008, 2009 年の土壌水分量の解析結果と, 現地観測結果との比較を示す。2008 年は, 観測値に対しパラメータのフィッティングを行っているため, よく一致している。2009 年についても, 良好な一致が見られる。Fig.2 は, 2008, 2009 年の, DCC 法を適用し求めた蒸発散量 ET_C (mm), 解析より求められた蒸発散量 ET_H (mm), ボーエン比法で求めた実蒸発散量 ET_B (mm) の比較であり, 旬単位 (月を上・中・下旬に区分) の平均値で表した。 ET_C , ET_B の値が, 両年にわたりよい一致を示している。これにより, HYDRUS で計算した水分移動が, 蒸発散量に関しても実際の値をうまく表わしていると考えられる。

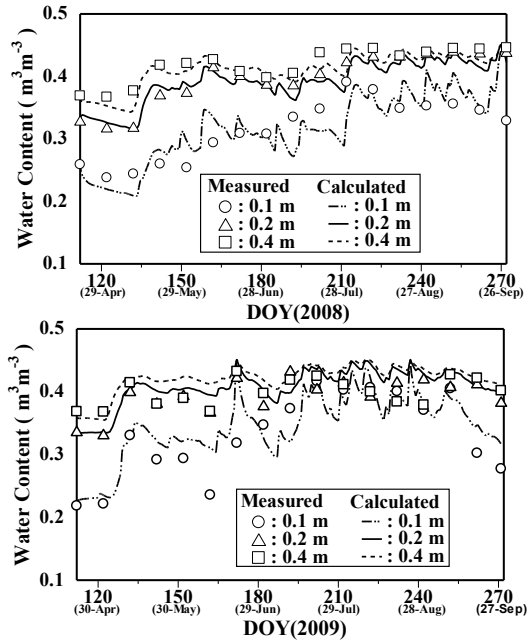


Fig.1 土壌水分量における HYDRUS-1D による解析結果と実測値との比較。

Comparison between water content calculated by HYDRUS-1D and measured at 0.1, 0.2 and 0.4 m depth (2008 and 2009).

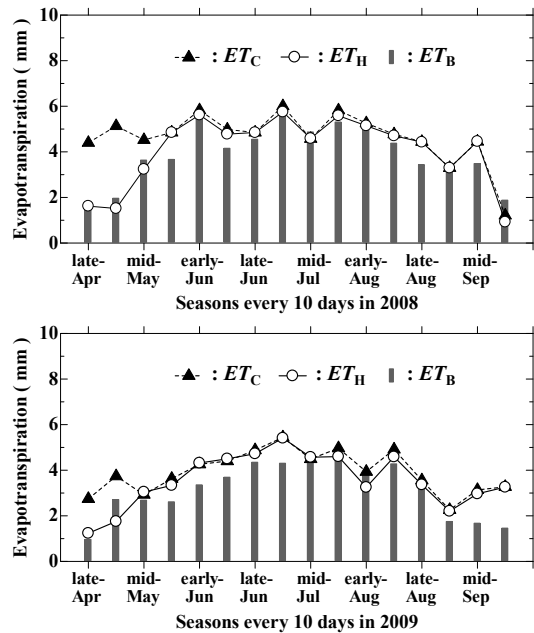


Fig.2 ET_C , ET_H , ET_B の比較。

Comparison between ET_C , ET_H and ET_B (2008 and 2009).