

土壌水分鉛直分布を使った重粘土水田転換畑における蒸発散速度の推定 Estimating Evapotranspiration Rate using Soil Moisture Profile in a Converted Heavy Clay Paddy Field.

○登尾浩助*, 佐藤太郎**, 千葉克己***, 吉田修一郎****

NOBORIO Kosuke*, SATO Taro**, CHIBA Katsumi***, and YOSHIDA Shuichiro****

1. 背景

我が国における近年の主食用米の需要量は年間 8-10 万トンの割合で減少を続けている。このような状況下で、農林水産省は水田農業の高収益化と担い手確保を図るために、2020 年度から水田における高収益作物や子実用とうもろこしの導入・定着を推進している（農林水産省、2020）。排水性の低い粘質土水田が多い米どころ新潟県でも転換畑での園芸作物を栽培するために、暗渠排水施設や地下灌漑施設の整備が行われている（佐藤ら、2019, 2020）。転換畑での適切な作物管理を行うためには、蒸発散量の把握が重要である。重粘土転換畑において土壌水分量の鉛直分布から蒸発散速度を推定したので報告する。

2. 実験方法

実験は、新潟県五泉市の暗渠排水施設を使った地下灌漑が可能な転換畑（16.5 a）において行った。この転換畑では、2021 年と 2022 年のオクラ播種前に本暗渠（管頂深さ 0.5 m）に直行するよう深さ 0.3 m の無材補助暗渠を 0.65 m 間隔で施工して透水性の向上を図った。暗渠と同じ方向に立てた畝（幅 0.9 m、高さ 0.1 m）表面を黒色プラスチックマルチで覆い、株間 0.33 m、条間 0.5 m の 2 条植えでオクラの種子を 5 粒ずつ播種した。本暗渠条間の畝の中央部に地下水水位穴を掘削し PVC パイプでケーシングをした中に地下水水位計（メーター社製 HYDROS-21）を設置し、1 時間ごとに測定・記録した。この付近に土壌水分鉛直分布計（キャンベル社製 SoilVUE10）を地表面から鉛直方向に埋設して 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 m 深さの体積含水率を、またマルチ下地表面から鉛直方向に電極長さ 0.055 m の土壌水分計（メーター社製 GS3）を挿入して 1 時間ごとに測定・記録した。温湿度計は地表 2.4 m 高に、純放射計と雨量計は 3.4 m 高に設置し、地中熱流板はマルチ下の深度 0.01 m に埋設して 1 時間ごとに測定・記録した。適宜、給水栓から暗渠排水立上管から地下灌漑を開始し、畝間地表面が滞水するまで続けた。

蒸発散速度の推定には、水収支法と Priestley-Taylor (P-T)法 (1972) を使った。水収支法では、GS3 の測定値を 0 m 深さの体積含水率 θ_0 (m^3/m^3) と仮定し、0.1 から 0.5 m 深さまで 0.1 m 間隔の体積含水率をそれぞれ $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ (m^3/m^3) とすると、ある測定時刻に 0 から 0.5 m 深さまでの根群域内土壌に含まれる保水量 $\Sigma\theta$ (m) は、

$$\Sigma\theta = \frac{d}{2}(\theta_0 + \theta_5) + d(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \quad (1)$$

と表され、 d は各測定深さ間の距離 (=0.10 m) である。従って、蒸発散速度 ET_θ (m/d) は、

$$ET_\theta = \Delta\Sigma\theta - D \quad (2)$$

*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

**新潟県糸魚川地域振興局農林振興部 Itoigawa Regional Promotion Bureau, Niigata Pref.

***宮城大学事業構想学群 School of Project Design, Miyagi University

****東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

キーワード: 水分移動, 保水性, 特殊土壌, 畑地灌漑, 地下排水

と表し、 $\Delta\Sigma\theta$ は純放射量 R_n (W/m^2) >0 になった午前時刻の $\Sigma\theta$ から $R_n<0$ になった午後時刻の $\Sigma\theta$ を引いた値、 D は地下浸透量 (m) である。また、P-T 法による蒸発散速度 ET_{P-T} (m/d) は、

$$ET_{P-T} = \frac{\alpha}{L} \frac{s}{s+\gamma} (R_n - G) \quad (3)$$

と表され、 α は実験定数、 L は水の蒸発潜熱、 s は気温 T_a (K) における飽和水蒸気密度-気温関係の勾配、 γ は乾湿計定数 ($0.585 \text{ g/m}^3/\text{K}$)、 G は地中熱流束 (W/m^2) である。本研究では $\alpha=1.22$ とした (Bailey and Davies, 1981)。

3. 結果

Fig. 1a に測定期間の純放射量と降水量・暗渠排水量を示す。8月初旬は数日間の雨天日を除いて純放射量が多い日が続いた。この時期は、保水量の減少と地下水位の低下はほぼ同時に起こった (Fig. 1b)。Fig. 1b の緑部は根群域からの急激な排水が昼間に起きた日を示している。急激な排水は水分張力 $>$ 空気侵入圧で発生するので、式 2 の D は地下水位低下から算出した 0.0326 m/d とした。それ以外の日

の D は、前夜と当夜の保水量減少の平均値とした。8月3日と8日には地下灌漑を実施した時に保水量と地下水位が急激に増加した。8月8日には、最低保水量 0.12 m から約5時間で最高保水量 0.22 m にほぼ一定速度 (0.42 m/d) で達した。2つの方法で推定した蒸発散速度の経時変化を Fig. 1c に示す。雨天や地下灌漑に日は、保水量の変化が地下浸透と蒸発散以外の因子で発生するので水収支法での蒸発散速度は計算しなかった。両法ともに R_n が小さい曇天日に蒸発散速度小さくなった。Fig. 2 には ET_{P-T} に対する ET_0 の関係を示す。1:1 直線の周辺に推定値が分布しているので、水収支法による蒸発散速度の推定が妥当であると考えられる。

謝辞 実験に際して耕作者の野瀬節夫氏と野瀬良太氏及び新潟県新発田地域振興局農村整備部の遠山和成氏の多大な協力を得た。

参考文献

Bailey, W.G., and Davies, J.A. (1981): Evaporation from soybeans. *Boundary-Layer Meteorology*, 20(4), 417-428.
 農林水産省 (2020): 水田農業の高収益化の推進。
https://www.maff.go.jp/j/seisaku_tokatu/suiden_kosyueki.html
 (2023年1月19日確認)

Priestley, C.H.B., and Taylor, R.J. (1972): On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, 100(2), 81-92.

佐藤太郎, 細貝知広, 榎本信之, 渡辺雅明, 米山純, 樋口勝哉, 千葉克己 (2019): トレンチャー掘削による補助暗渠溝の埋戻しの有無が圃場排水性に及ぼす影響. 2019年度(第68回)農業農村工学会大会講演会講演要旨集.
 佐藤太郎, 関川力, 高浪裕三, 細貝知広 (2020): 転換畑における重層的な補助暗渠が整備された新潟発の簡易な地下灌漑システムの灌漑排水機能について. 2020年度(第69回)農業農村工学会大会講演会講演要旨集.

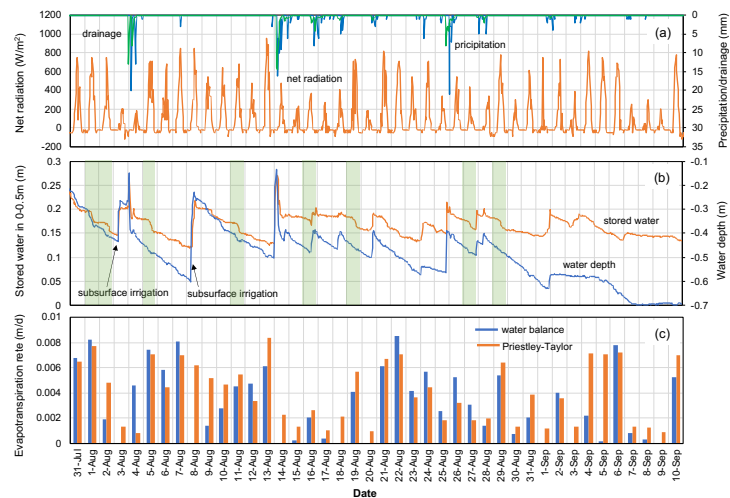


Fig. 1. (a) 純放射量と降水量, 暗渠排水量, (b) 0-0.5m 内の保水量 $\Sigma\theta$ と地下水位, (c) 蒸発散速度の経時変化. 緑部は水分張力 $>$ 空気侵入圧による急激な排水が日中に発生した日.

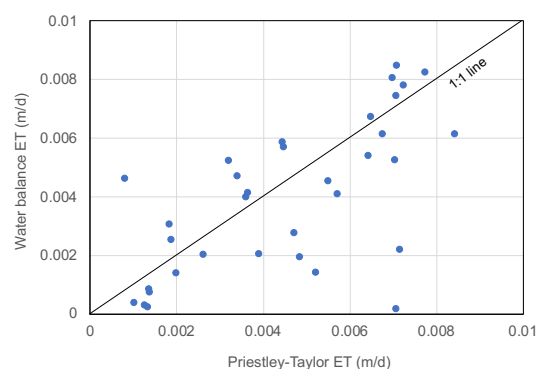


Fig. 2. 日蒸発散速度の比較.