

## キュウリ栽培ビニルハウスにおける放射収支が蒸発散に及ぼす影響評価 Evaluation of radiation budget effect on evapotranspiration in a cucumber greenhouse

○弓削こずえ\*, 阿南光政\*, 藤木 豊\*\*

Kozue Yuge, Mitsumasa Anan, Yutaka Fujiki

### 1. はじめに

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水(畑)」(以後、計画基準)では、畑地の消費水量の算定手法として、土壌水分減少法および Penman 法で求めた蒸発散位を用いる推定法が提案されている(農林水産省農村振興局, 2016)。

Penman 法による推定法では複数の気象要素を用いるが、純放射量を適切に推定することが重要であると指摘されている(弓削ら, 2020)。特に、施設畑においては放射環境が複雑になるため、計画基準では簡便に推定する方法が提案されている。本研究では、施設畑における放射収支を明らかにし、蒸発散位の算定に及ぼす影響を評価することを目的とする。

### 2. 施設畑の蒸発散位と放射収支

計画基準では次式の Penman 法で蒸発散位  $ET_p$  ( $\text{mm d}^{-1}$ ) を求め、作物係数を乗じて消費水量を算定する方法が推奨されている。

$$ET_p = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{l} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u_2)(e_{sa} - e_a) \quad (1)$$

ここで、 $R_n$ : 純放射量 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )、 $l$ : 水の蒸発潜熱 ( $\text{MJ kg}^{-1}$ )、 $\Delta$ : 飽和蒸気圧曲線の勾配 ( $\text{hPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ )、 $\gamma$ : 乾湿計定数 ( $0.66 \text{hPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ )、 $e_a$ : 水蒸気圧 ( $\text{hPa}$ )、 $e_{sa}$ : 飽和水蒸気圧 ( $\text{hPa}$ )、 $f(u_2)$ : 高度 2 m における風速  $u_2$  ( $\text{m s}^{-1}$ ) の関数 ( $\text{mm d}^{-1} \text{hPa}^{-1}$ ) である。

作物圃場における純放射量は、正味の短波放射量 ( $S\downarrow - S\uparrow$ ) および正味の長波放射量 ( $L\downarrow - L\uparrow$ ) を合計したものであり、計画

基準においては次式を用いて算定することが推奨されている。

$$\begin{aligned} R_n &= (S\downarrow - S\uparrow) + (L\downarrow - L\uparrow) \\ &= (1 - \alpha) \cdot Q_a \cdot (0.18 + 0.55 \cdot n/N) \\ &\quad - 4.9 \cdot 10^{-9} \cdot (T_a + 273.2)^4 \\ &\quad \cdot (0.56 - 0.092 \cdot 0.866\sqrt{e_a})(0.1 + 0.9 \cdot n/N) \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $S\downarrow$ : 下向き短波放射量 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )、 $S\uparrow$ : 上向き短波放射量 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )、 $L\downarrow$ : 下向き長波放射量 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )、 $L\uparrow$ : 上向き長波放射量 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )、 $\alpha$ : アルベド (-)、 $Q_a$ : 大気圏外日射量 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )、 $n$ : 日照時間 (h)、 $N$ : 可照時間 (h)、 $T_a$ : 日平均気温 ( $^\circ\text{C}$ ) である。

施設畑においては、純放射量は式 (2) の正味の長波放射量 (第 2 項) を考慮しない次式で推定することとされている。

$$R_n = (S\downarrow - S\uparrow) = (1 - \alpha)S\downarrow \quad (3)$$

施設畑内における下向き短波放射量の実測値がない場合は、式 (2) の第 1 項または気象観測所などで測定された野外の下向き短波放射量に施設畑被覆材の日射透過率 (0.7) を乗じて純放射量を推定する。

### 3. 現地調査方法

施設畑における放射収支を明らかにするため、熊本県菊池台地地区のビニルハウスの黒ボク圃場において現地調査を行った。対象圃場の栽培作物はキュウリであり、10~1月(秋期)および3~6月(春期)の2期作が行われた。水分供給はチューブ灌漑によって行われている。対象圃場にウエ

\* 佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga University

\*\* (株) 高崎総合コンサルタント Takasaki Sogo Consultant, Co. Ltd.

キーワード: 畑地灌漑, 用水計画, 消費水量, Penman 法

ザーステーション (WS-GP1, Delta-T Devices), 超音波風速計 (DS-2, Decagon) および 4 成分放射収支計 (CHF-NR01, クリマテック) を設置し, 気温, 相対湿度, 日射量, 風速および放射収支を 10 分ごとに実測した。さらに, 土壌水分状態や灌水量の測定を行った。

#### 4. 結果と考察

Fig. 1 に実測した放射成分の経日変化と式 (2) の第 2 項の計算結果を示す。秋期では上向き長波放射量が下向き長波放射量を上回るため, 正味の長波放射量はマイナスの値を示している。このため, 秋期の純放射量は正味の短波放射量とは一致しない結果となった。一方, 春期では上向きおよび下向き長波放射量が同程度となり, 正味の長波放射量はゼロに漸近した。また, 式 (2) の第 2 項の計算結果と実測した正味の長波放射量を比較すると, 計算結果は実測に比べて小さい値で推移しており, 実測よりも日変動が大きくなった。

Fig. 2 は, 式 (1) によって算定した蒸発散位の計算結果である。この図には, 実測によって得られた純放射量を入力して求めた値と, 純放射量 = 正味の短波放射量としている計画基準の方法に基づいて算定した結果を示している。この図に示した通り, 正味の短波放射量を用いて計算した蒸発散位は, 栽培期間を通じて大きい傾向にあり, 実測の純放射量を入力した結果と比較すると約 1.2 倍となった。

#### 5. おわりに

本研究では, 施設畑における放射収支を明らかにして蒸発散位算定に及ぼす影響を評価することを目的として調査を行った。放射成分を実測した結果, 計画基準で推奨されている純放射量推定方法は実測を過大評価する傾向にあり, これを用いた蒸発散位の算定結果も実測値に基づいた結果を上回ることが示された。今後は, 放

射成分ならびに蒸発散位の推定の精度が水利施設規模などの用水計画に及ぼす影響を明らかにすることを目指したい。

#### 謝辞

現地調査にご協力いただいた農林水産省九州農政局の関係各位ならびに有益なご助言を頂いた計画基礎諸元調査意見聴取会の委員各位に記して感謝の意を表す。

#### 引用文献

農林水産省農村振興局 (2016) : 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水 (畑)」, 農業農村工学会。  
 弓削こずえ, 阿南光政, 平嶋雄太 (2020) : イチゴ栽培ビニルハウスにおける水消費環境と土壌水分動態の評価—気象データを用いた消費水量推定方法の精度向上に向けて—, 農業農村工学会論文集, 310, I\_155-I\_164。

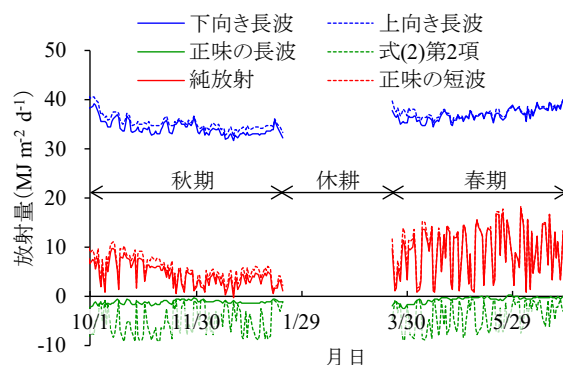


Fig. 1 放射成分の経日変化  
Daily changes of radiation budget

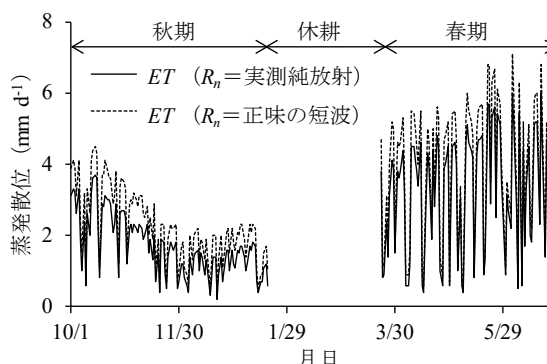


Fig. 2 蒸発散位の算定結果  
Daily changes of evapotranspiration