

土壌水収支を考慮した集中型 kinematic wave モデルによる農業生産必要水量の推定

京都大学大学院 学生員 ○中山正之

京都大学大学院 学生員 杉本高之

京都大学大学院 正会員 市川 温

京都大学大学院 正会員 堀 智晴

京都大学大学院 正会員 椎葉充晴

1. 序論

日本の水資源利用の約7割を占める農業用水需要は近年わずかに減少傾向にあるが、世界各国間での需給のアンバランスが継続し、食料輸入などが減少した場合、日本での農業用水需要が高まる可能性がある。

しかし現在、日本において一般的に用いられる農業用水使用量の算定法は、原単位に基づいた面積ベースの値であり、気象条件・土壌物性に基づいて時々刻々変化する必要農業用水量の正確な算定は難しい。

本研究では、物理的な機構を考慮した上でのより細かい時間・地域スケールでの農業生産必要水量の推定を目的とし、土壌水収支を考慮した集中型 kinematic wave モデルとタンクモデルを用いて、灌漑期間に圃場に投入する必要のある農業用水量を推定する。

2. 土壌水収支評価に向けた時間蒸発散量推計モデルの構成

本研究では Penman-Monteith 法を用い、植生および乱流の効果を考慮しつつ、正味放射量の推定に工夫を加えることによって、時間単位の可能蒸発散量の計算を可能にした。

時間単位の正味放射量を推定するため太陽高度 h を



図 2.1 四万十川流域の対象地域

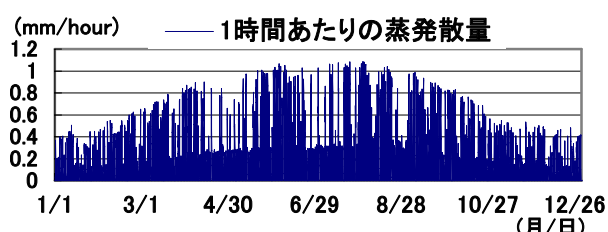


図 2.2 2002 年窪川における時間蒸発散量の推定値

導入し、太陽定数 G_{sc} と地球と太陽の軌道に関する係数 d_r を用いて、大気上端における 1 分間の水平面日射量 $S_{0 \min}^{\downarrow}$ を以下のように表した。

$$S_{0 \min}^{\downarrow} = G_{sc} d_r \sinh \quad (2.1)$$

$$= G_{sc} d_r (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega)$$

さらに日射が 0 となる時間を場合分けし、 $S_{0 \min}^{\downarrow}$ を 1 時間あたりで積分し、時間あたりの大気上端における水平面日射量 $S_{0 \text{ hour}}^{\downarrow}$ を求めると以下ようになる。

$$S_{0 \text{ hour}}^{\downarrow}(t) = 60 \int_{t-0.5}^{t+0.5} S_{0 \min}^{\downarrow}(t) dt$$

$$= \begin{cases} 60 G_{sc} d_r \{ \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) \} & (t_{sr} \leq t \leq t_{ss}) \\ 0 & (0 \leq t < t_{sr}, t_{ss} < t < 24) \end{cases} \quad (2.2)$$

ここで t_{sr} , t_{ss} は日の出時刻、日没時刻(hour)を表す。

本研究では、四万十川流域の高知県窪川町に属し、図 2.1 の灰色メッシュの領域で示される、約 5 km^2 の部分流域について灌漑用水量を推定した。また(2.2)式によって $S_{0 \text{ hour}}^{\downarrow}$ を求め、さらに気象庁より得られる 2002 年の風速、気温、日照時間、気圧、相対湿度の時間データを用いることで、時間当たりの蒸発散量を推定した結果が図 2.2 である。ここで年間の合計蒸発散量の計算結果は $1059(\text{mm})$ となった。

3. 圃場容水量を考慮した集中型 kinematic wave モデルによる畑地灌漑必要水量の推定

図 3.1 は、前章で求めた時間当たりの可能蒸発散量を入力値として、市川ら²⁾による圃場容水量を考慮した集中型 kinematic wave モデルを用い、対象とする部分流域の 2002 年の貯留量変化を求めた結果である。

<畑地灌漑ルール>

- 灌漑期間を 2002 年 5 月から 10 月の半年間とする。
- 貯留量が減少し圃場容水量の 50% の水量になった時、瞬間的に灌漑を行う。
- 貯留量が圃場容水量になるよう灌漑を行う。

ここで上記のような灌漑ルールを設け、シミュレー

キーワード：農業用水、灌漑、土壌水収支、圃場容水量、集中型 kinematic wave モデル、タンクモデル

住所：〒606-8501 京都市左京区吉田本町、電話：075-753-5096、ファックス：075-753-4907

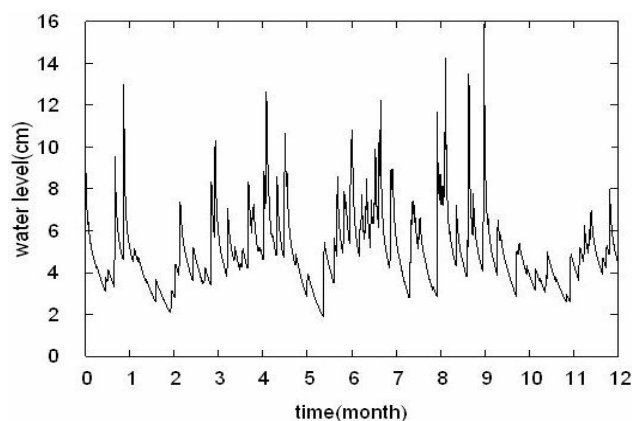


図 3.1 対象部分流域における貯留量変化

ションを行ったところ、灌漑回数は 26 回となり、合計灌漑用水投入量は面積当たり 1300(mm)となった。

4. タンクモデルによる水田水収支のモデル化と必要灌漑水量の推定

ここでは図 4.1 に示されるタンクモデルを用い、水田の水収支をモデル化し、水田の灌漑用水量を求めた。

浸透流出係数 β は、一般的な湛水時の水田における浸透量(20mm/day)²⁾となるよう設定した。側方流出口は、灌漑期間中に適当な湛水深³⁾に維持されるよう高

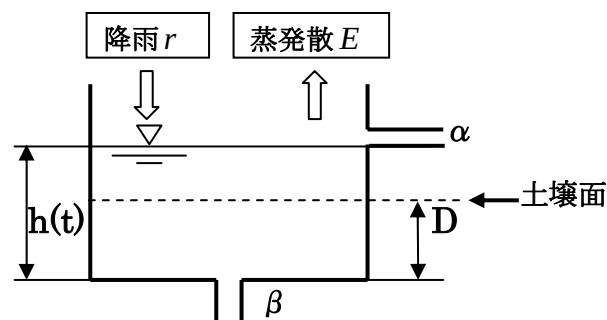


図 4.1 水田を表すタンクモデル

— 土壌面の高さ (mm)

— 表土層厚500mm、圃場容水量・蒸発効率・空隙率を考慮した時の水田貯留量変化 (mm)



図4.2 圃場容水量・蒸発効率を考慮した田貯留量変化

— 表土層厚500mm、圃場容水量・蒸発効率を考慮した時の灌漑用水量 (mm)

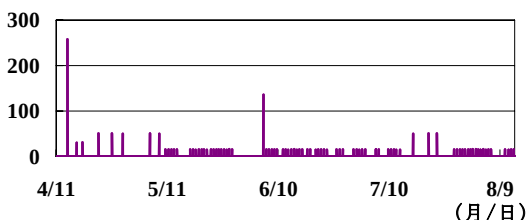


図4.3 タンクモデルにおける灌漑用水の投入結果

さを変化させ、 α の値を 1 とした。

また水位が土壌面以下に減少した際の蒸発散量 $E_w(t)$ は、土壌水分量によって決まるのパラメータ β_w と、前章で求めた可能蒸発散量 $E(t)$ を用いて $E_w(t) = \beta_w E(t)$ として求めた。

また土粒子に吸着される圃場容水量を(3.1)式で表現している。

$$h = u(h_f) = \begin{cases} h_f + h_c \left(1 - \left(\frac{d - h_f}{d}\right)^N\right)^{1/N} & (0 \leq h_f < d) \\ h_f + h_c & (h_f \geq d) \end{cases} \quad (3.1)$$

ここで h : 水深(m)、 h_c : 圃場容水量に対応する水深 (m)、 h_f : 自由水水量に対応する水深 (m)、 N : パラメータ (> 1)、 $d (= \gamma D)$: 表土層の空隙部分の深さ (m) (γ : 表土層空隙率、 D : 表土層厚(m))である。

<水田灌漑ルール>

- 灌漑期間を 2002 年 4 月 15 日から 8 月 14 日とする。
- 貯留量が減少し、水位が土壌面以下となった時に、適当な湛水深まで瞬間的に灌漑を行う。

上記のような灌漑ルールを設け、灌漑を行った際の貯留量の時間変化を図 4.2、灌漑用水の投入量を図 4.3 に示した。灌漑期間中は灌漑用水の投入により湛水が維持され、非灌漑期間には浸透・蒸発散によって貯留量が減少している。灌漑期間中に投入された合計灌漑用水量は面積当たり 2014(mm)、4 月中旬に灌漑を開始する際、必要となる初期用水は 258(mm)となった。

5. 結論

本研究では対象部分流域において、時間当たりの蒸発散量を推計し、次に圃場容水量を考慮した集中型 kinematic wave モデルを用いて畑地灌漑必要水量を、タンクモデルを用いて水田灌漑必要水量を推定した。

今後の課題として、以下のようなものが挙げられる。

- ・ 水田蒸発散量推定に際して、特有の蒸発散機構を明らかにし、各パラメータを同定する。
- ・ 圃場に投入された灌漑用水のうち、還元水や地下水となり再び灌漑に寄与する量を考える。

参考文献

- (1) 市川 温：分布型流域流出系モデルの構成と集中化に関する研究，2001。
- (2) 山崎耕宇ら：農学大事典，養賢堂，p1069，2004。
- (3) 平成 16 年稲作指導指針(香川)水管理，pp.40-41。