

第 部門

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 ○杉本高之

京都大学大学院 学生員 中山正之

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用は近年わずかに減少傾向にあるが、海外との世界的に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を正確の算定は難しい。

本研究では、物理的な機構を考慮し、より細かい時間・地域スケールでの推定を目指し、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、各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 $S_{0\downarrow\min}$ を以下のように表した。

$$S_{0\downarrow\min} = G_{sc} d_r \sinh$$

$$= G_{sc} d_r (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \quad (2.1)$$

さらに日射が0となる時間の場合分けし、 $S_{0\downarrow\min}$ 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 $S_{0\downarrow\text{hour}}$ を求めると以下ようになる。

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

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

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

図2.1は四万十川流域にある高知県窪川町の模式図で、灰色メッシュで示される約5km²の部分流域について、気象庁から得られる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、 $S_{0\downarrow\text{hour}}$ を用いて時間あたり正味放射量を求め、そこから時間当たりの蒸発散量を推定し、その結果を図2.2に示した。年間の合計蒸発散量は1059(mm)となった。

3 圃場容水量を考慮した集中型 kinematic wave 法による畑地灌漑用水量の推定

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¹⁾によって開発された圃場容水量を考慮した集中型 kinematic wave 法を用いて、対象とする部分流域の貯留量変化を求めた結果である。

<灌漑ルール>

- 灌漑期間を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対応する水量を満たすように灌漑用水を投入する。

ここで上記のような灌漑ルールを設け、図3.1に灌漑を行ったところ、灌漑回数は26回となり、合計灌漑用水量投入量は面積あたり1300mmとなった。



図 2.1 高知県四万十川流域における対象地域の模式

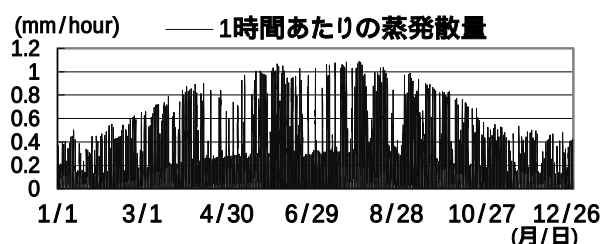


図2.2 2002年窪川における時間蒸発散量の推定値

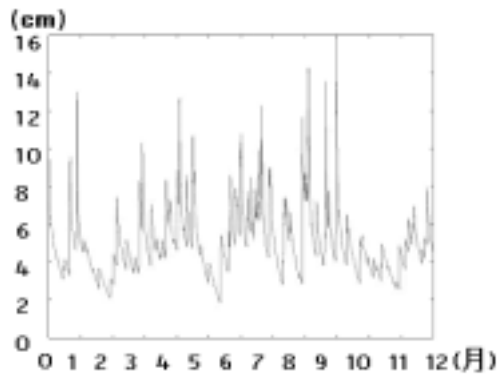


図 3.1 対象部分流域における貯留量

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 は湛水時に、一般的な水田における浸透量(20mm/day)²⁾となるよう設定し、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さを

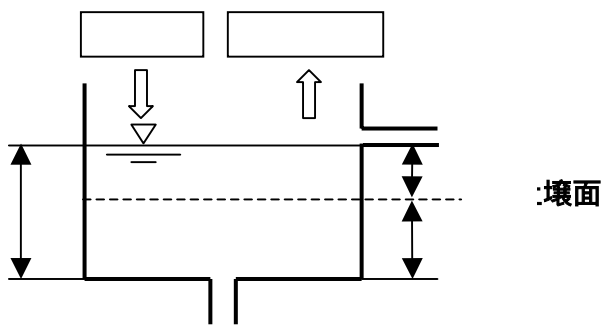


図 4.1 水田を表すタンクモデル

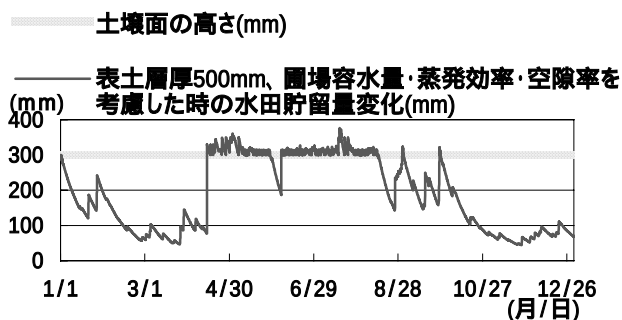


図4.2 圃場容水量・蒸発効率を考慮した田貯留量変化

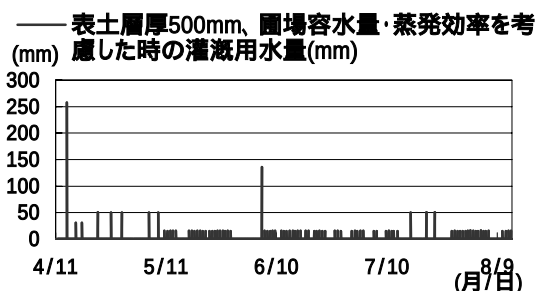


図4.3 タンクモデルにおける灌漑用水の投入結果

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、以下のように求めた。

$$E(t) = \beta_w E_w(t) \quad (3.1)$$

また土粒子に吸着される圃場容水量を(3.2)式で表現している。

$$h(x) = u(h_f) = \begin{cases} h_f + h_c \left(1 - \left(\frac{d - h_f}{d}\right)^N\right)^{1/N} & (0 \leq h_f < d) \\ h_f + h_c & (h_f \geq d) \end{cases} \quad (3.2)$$

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 h_f (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。

<灌漑ルール>

- 灌漑期間を 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、適正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って湛水が維持され、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あたり 2014mm、4 月中旬に灌漑を開始する際、必要となる初期用水需要は 258mm となった。

5. 結論

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

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，p40-p41