

灌漑耕地から隣接塩害地への横浸透量の推定 Estimation of horizontal infiltration from irrigated land to the adjacent saline land

○ 劉 霞*、赤江 剛夫*

○ Xia Liu, Takeo Akae

1. はじめに

灌漑耕地に灌漑した水の一部は、塩害地に移動して塩害地でも消費されていることが、耕地と塩害地における定点水分フラックスの測定から明らかになった。そこで、耕地から隣接塩害地への横浸透の状況を現地で確認するとともに、水平浸潤モデルを適用して、その量を推定した。

2. 方法

(1) 現地調査の方法

耕地(クコ畑)とそれに隣接する塩害地に地下水観測パイプ、TDR 水分計アクセスチューブを埋設した。埋設は春の灌漑前の 2004 年 4 月 28 日に行い、灌漑開始後、1 日 1 回、地下水位および 10cm から 100cm まで、10cm ごとの深さの TDR 指示値を 10 月末までの期間測定した。TDR 測定の読み取り値から、体積含水率に換算するために、重量法により現地測定した水分量に対し、キャリブレーションを作成した。

(2) 水平浸潤の室内実験

灌漑直後、飽和した耕地土壌から隣接塩害地土壌へ向かって水平浸潤により水分移動が発生する。この過程を支配するパラメータである水分拡散係数を求めるため、水平浸潤実験を行った。乾燥密度 1.4g/cm^3 の試料を直径 5.0cm、高さ 30cm のカラムに均質に充填し供試体を作成した。カラムの初期含水率 θ_i を数段階に変化し、浸水端に水補給用のマリオック瓶を設置し、給水した。

(3) 拡散係数と積算浸入量の計算方法

灌漑直後、飽和した耕地土壌から隣接塩害地土壌へ向かって水平浸潤により水分移動が発生すると仮定する。Fig.1 に示すように表層から地下水位まで土層を分割した。隣接塩害地の各土層の初期含水率は θ_i とし、灌漑後耕地の全土層が飽和含水率 θ_0 となって、水平浸潤が発生すると考える。

水平浸潤は次の基礎式で表される。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \quad (1)$$

灌漑耕地がその境界 ($x = 0$) 瞬間的に θ_0 になり、初期水分量 θ_i に浸入する時、

初期条件: $\theta = \theta_i \quad x > 0, t = 0$ 、

境界条件: $\theta = \theta_0 \quad x = 0, t > 0$ 、

次の関数 λ を導入する。

$$\lambda(\theta) = x \cdot t^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

ここで、 x : 浸潤距離(cm)、 t : 浸潤時間(min)。

この式を(1)式に代入すると、水平浸潤の偏微分方程式を次の常微分方程式に変換ができる。

$$\lambda(\theta) = -2 \frac{d}{d\theta} \left[D(\theta) \frac{d\theta}{d\lambda(\theta)} \right] \quad (3)$$

$\lambda(\theta_0) = 0$, $\lambda(\theta_i) = \infty$ の条件で(3)式を $D(\theta)$ について解くと、(4)式で表される。

$$D(\theta) = -\frac{1}{2} \int_{\theta_i}^{\theta} \lambda d\theta \cdot \frac{d\lambda}{d\theta} \quad (4)$$

平均拡散係数 $\bar{D}$ を用いると、(1)式の解析解として、単位面積あたり t 時間に浸入した積算水量は(5)式で与えられる。

$$I_i = (\theta_0 - \theta_i) \sqrt{\bar{D} / \pi} \cdot t^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

i 層の積算浸入量 I_i とすると、1 層から n 層までの全浸入量 I は(6)式で表される。

$$I = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n (\theta_0 - \theta_i) \sqrt{\bar{D}_i / \pi} \cdot t^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

3. 計算と考察結果

(1) 地下水位の変化

耕地に隣接する塩害地での地下水の変化を

* 岡山大学環境理工学部 Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama Univ.

キーワード: 灌漑耕地 塩害地 横浸透 水平浸潤

Fig.2 に示す。耕地では 2004 年に Fig.2 に示すように 5 回灌漑した。耕地の灌漑に伴い隣接塩害地の地下水位は同じ傾向で変動している。毎回灌漑後、耕地より 1m、5m、10m、15m の塩害地の地下水位が上昇し、その後徐々に低下する。5 回の灌漑時期をあわせ、耕地灌漑直後、隣接の塩害地での地下水位は瞬時に反応し、耕地からの距離によって、地下水位のピークが徐々に伝播した。塩害地での地下水の動きは灌漑後灌漑耕地から塩害地への横浸透が発生したことを示している。

(2) 体積含水率の変化

Fig.3 に耕地灌漑前と灌漑 1 日後塩害地の水分変化を示している。耕地灌漑前の 5 月 7 日、塩害地の水分は土層により一定の範囲で変動するが、灌漑 1 日後(5 月 8 日)、耕地からの距離 0、1m での土壌水分が急速に増加した。しかし、3m 以上の土壌水分への影響が及んでいない。耕地灌漑直後、横浸透による耕地付近の塩害地での土壌表層の水分変化は大きい、下層での土壌水分変化が小さく、飽和した耕地土壌から隣接塩害地土壌へ向かって水平浸潤により水分移動が発生したと考えられる。

(3) 水平浸潤モデルによる横浸透量の計算

室内実験で求めた水平拡散係数を用いて、飽和した耕地土壌から隣接塩害地土壌へ向かって水平浸潤量を推定した。耕地灌漑直後の浸透速度は速く、浸透時間とともに徐々に緩やかになった。灌漑2日間の不飽和部を通じた水平浸潤による総積算横浸透量を試算したところ、 1.34m^3 で、クコ耕地総灌漑水量の1.87%となった (Fig.4)。飽和帯中地下水の横浸透が重要であると考えられた。

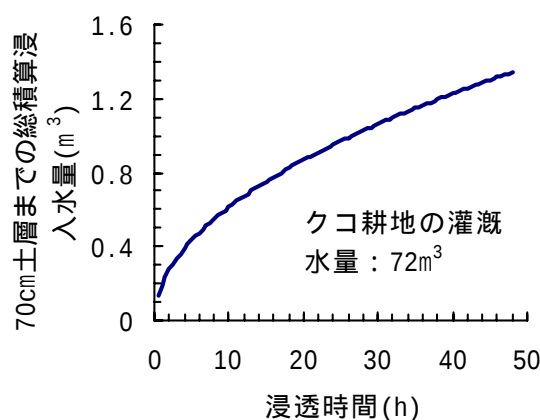


Fig.4 総積算浸入量の時間変化

Accumulation horizontal infiltration and time

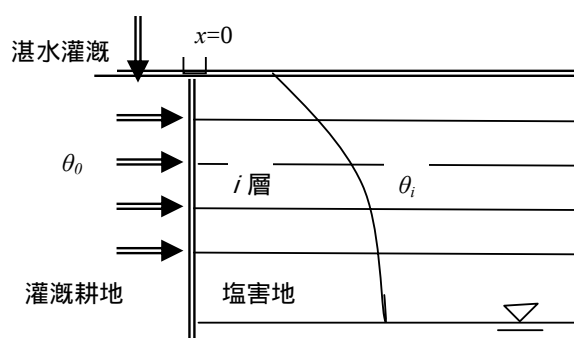


Fig.1 圃場での水平浸潤の模式図

Diagram of horizontal infiltration in from irrigated land to adjacent saline land

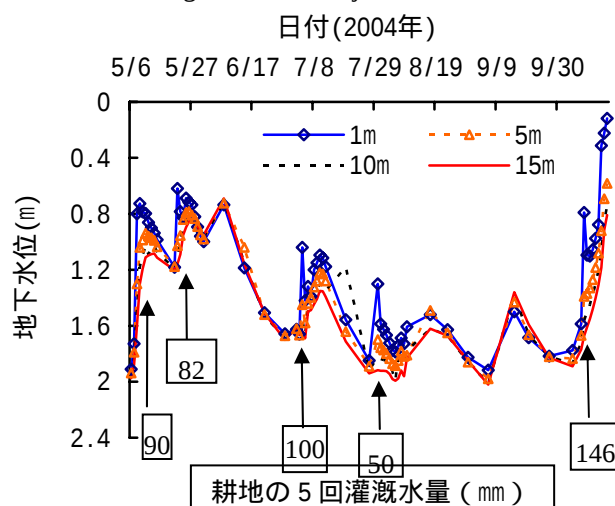


Fig.2 耕地の灌漑水量と塩害地の地下水位の変化

Change of shallow ground water depth in the saline land and irrigation

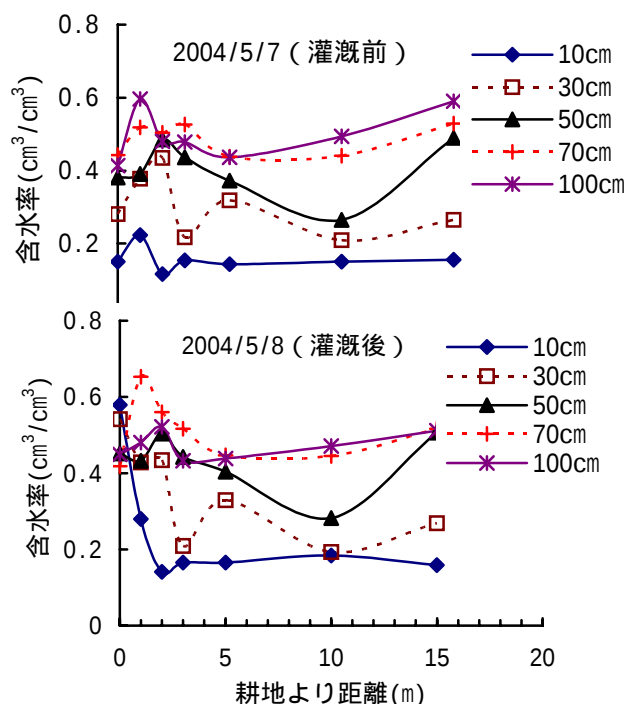


Fig.3 塩害地の水分分布と距離

Distribution of soil moisture in the saline land and distance