

灌漑耕地と隣接塩害地における圃場レベルでの水分，塩分収支の推定 Estimation of soil moisture and salt balance in the irrigated field and in the adjacent saline field

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、隣接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、灌漑期間の耕地と隣接塩害地における水分、塩分循環を明らかにするため、耕地および塩害地の水分、塩分動態を測定するとともに、耕地の灌漑水から地下水への涵養量と地下水から塩害地への毛管上昇量を推定した。また、耕地と塩害地における水分と塩分収支の解析も行った。

2. 方法

(1) 調査方法と室内実験分析

耕地（クコ畑）とそれに隣接する塩害地に四ヶ所埋設した地下水観測孔，TDR 水分計を用いて，4 月末の灌漑開始から 10 月末まで，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。また，耕地の毎回灌漑水量も測定した。

室内実験で水分拡散係数，透水係数，水分特性曲線パラメータを測定し，土壤、灌漑水、地下水の塩分濃度とイオン組成を調べた。

(2) 水収支分析の計算方法

水収支計算期間：2005 年 5 月 2 日～9 月 5 日の灌漑期間を対象とする。

耕地の蒸散量：愛媛大学から調査圃場の実測データを使用した。

塩害地の蒸発量：圃場の地下水深と土壤面蒸発量に関する経験式を用いた。

地下水への涵養量：土壤 100cm 深さのフラックス累計量として計算した。

土壤水分フラックスは水収支法によって算出する。模式図は Fig.1 の通りである。土層厚は 10cm とし，灌漑水の地表面流入速度は実測浸入速度に基づき 50～60mm/day とする。上向きフラックスを正とする。

土壤水の連続方程式は次の(1)基礎式で。

$$\partial s / \partial t = -\partial q / \partial z \quad (1), (1) \text{式を差分式にして, (2)式に変化ができる。}$$

$$q_i = q_{i-1} - \Delta s_i \times \Delta z / \Delta t \quad (2)$$

フラックスの単位は灌漑水量の単位(mm)に合わせ mm とする。

土壤中の横浸透量：水平浸潤モデルによる耕地から隣接塩害地への水平浸入量を推定する。

地下水の横浸透量：飽和帯水層貯留モデルで計算する。

(3) 塩分収支の計算方法

灌漑期間の耕地と塩害地の塩分収支から単位面積，厚さ 1m の対象土層中の塩分集積量を求める。

単位面積当たりの塩分収支式： $\Delta M_s = V_i C_i + V_r C_r - (V_d - V_g) C_d$ (3)， V_i, V_r, V_d, V_g ：それぞれ計算期間の灌漑水量，降雨量，地下水の毛管上昇量，排水量。 C_i, C_r, C_d ：それぞれ灌漑水中，降水中および排水中の平均塩分濃度 ΔM_s ：土壌中の塩分集積量。

降水中の塩含量は通常無視できるので，(3)式は以下のように単純化できる。

$$\Delta M_s = V_i C_i - (V_d - V_g) C_d \quad (4)$$

3. 計算と考察結果

(1) 土壤水分フラックスの変化

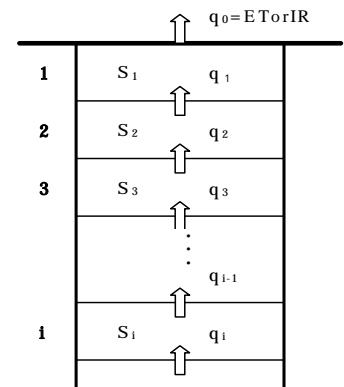


Fig.1 水収支計算模式図
Diagram of soil moisture balance

Fig.2 に春季灌漑（05年5月4日）前後における塩害地と耕地のフラックスの経時変化を示している。耕地では、灌漑の前は全土層において上向きのフラックスであるが、灌漑初日から4日間全層において下向きのフラックスになった。この全層が下向きのフラックスの際に地下水位が大きく上昇したものと考えられる。灌漑5日後、再び上向きフラックスとなった。塩害地では常に上向きのフラックスであるが、耕地で灌漑があった後上向きのフラックスが増えている。

(2) 灌漑耕地と隣接塩害地の累計水分フラックス

灌漑期間中、耕地の灌漑水の一部が下向きのフラックスとなり、累計200mm近くを地下水に涵養した。隣接塩害地では、地下水からの補給により120~150mm程度が毛管上昇し、消費された（Fig.3）。耕地から塩害地への地下水の横浸透が発生した結果だと考えられた。

(3) 2005/5/2~9/5の水収支計算

2005年5月2日から9月5日までの水収支計算結果はFig.4に示す。耕地では降雨量51mmと灌漑量747mmあわせの流入量は798mmで、蒸散量571mm、地下水への涵養量213mm、不飽和の横浸透量10mmあわせの流出量は794mmであったが、塩害地では降雨量51mm、不飽和の横浸透量10mm、地下水からの平均毛管上昇量140mmあわせの流入量は201mmで、蒸発量188mmでの流出量は188mmであった。耕地および隣接塩害地の水分収支がほぼ一致したことがわかった。

(4) 2005/5/2~9/5の塩分収支計算

灌漑期間での圃場の灌漑水量、地下水への涵養量、毛管上昇水量およびそれぞれの全塩平均の濃度によって、塩分集積量を推定した。耕地の0.07kg/m²集積量に対して、塩害地では0.4kg/m²で、耕地より約5.7倍多く集積したことがわかった（Table 1）。

4.まとめ

耕地および隣接塩害地の水分収支がほぼ一致した。耕地の灌漑水量は横浸透によって塩害地で消費されることが定量的に確認された。

灌漑期間に耕地および塩害地にはいずれでも塩分集積状態になっている。灌漑耕地から塩害地への横浸透によって、塩害地の塩分集積が速やかに進行する。塩害地での塩分集積量はほぼ表層30cmほどに溜まるため、現在の集積速度で2年ほど軽度の塩害地になる傾向が予測できる。

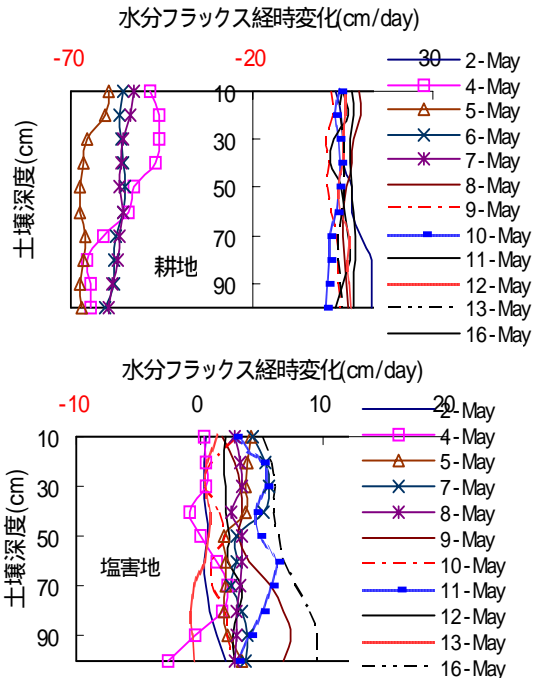


Fig.2 土壤水分フラックスの経時変化
Change of soil moisture flux with time

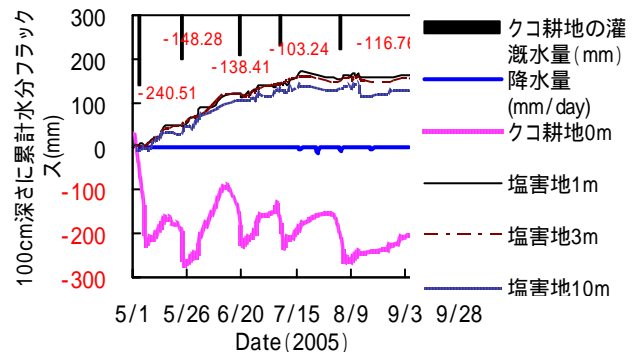


Fig.3 灌漑耕地と隣接塩害地の累計水分フラックス
Cumulative moisture flux of irrigated land and adjacent saline land

Table 1 塩分収支の計算結果
Calculation result of salt balance

	クコ耕地 (面積: 800m ²)		塩害地 (面積: 691m ²)	
流入量	灌漑水量(mm)	747.2	毛管上昇量(mm)	150
	平均塩分含量(mg/L)	565	平均塩分含量(mg/L)	2666.3
	塩分量(g/m ²)	422	塩分量(g/m ²)	400
流出量	排水量(mm)	213		0
	平均塩分含量(mg/L)	1635.3		
	塩分量(g/m ²)	348		
	塩分集積量(g/m ²)	74	塩分集積量(g/m ²)	400
	圃場の塩分集積量 (kg)	59.2	圃場塩分集積 (kg)	276.3

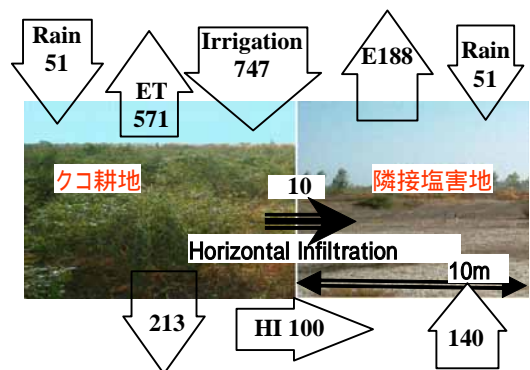


Fig.4 水収支計算結果 (mm)
Calculation result of soil moisture balance