

中国内蒙古河套灌区における冬季凍結融解中の液状水および塩分の挙動 Coupled Liquid Water and Salt Movements during Freezing-thawing Period in Hetao Irrigation District of Inner Mongolia, China

○王 麗萍* 赤江 剛夫**

○Liping Wang, Takeo Akae

1. はじめに

中国北部に位置する内蒙古河套灌区は、毎年11月中旬から翌年5月中旬にかけて、半年間土壌が凍結状態になる。典型的な季節凍土地帯である。翌年春の第一次灌漑前春小麦の播種、出芽に必要な土壌水を保つため、晩秋作物収穫後、耕地に湛水灌漑を行う。排水条件が不良なので、灌区土壌中にはかなりの塩分が残存しており、凍結融解過程で再分配することが考えられる。近年、黄河水資源の激減及び黄河周辺地域の人口と経済の発展に伴い、節水が避けられない状況となっている。その中で、年間全取水量の三分之一を占める秋灌漑水および塩分の冬季の動態を究明するのは節水管理を持続的に行う視点から重要な課題である。また、現地で春先に発生する厳しい塩類集積現象の解明にも冬季期間中の塩分動態を明らかにする必要がある。

2. 現地調査方法及び分析手法

2. 1 調査方法

河套灌区沙渠渠試験場管内圃場に試験地を設置した。耕地A(灌漑あり、土性はCL)と塩害地C(灌漑なし、土性はLiC)に、1997年から、TDRを設置し、週一回10～150cmの体積含水率を10cmごとに測ってきた。Birchakモデルを用い、TDRデータから、凍土の未凍結水分量を推測した(Wang and Akae, 2003)。同時に、熱電対で0～175cmの地温を測定した。毎年の初凍期(12

月上旬)、最大凍結深期(2月下旬～3月上旬)、融解期(4月終り～5月初め)に表層から深さ175cmまでに10cmごとにサンプリングし、含水比、乾燥密度、空隙率、 $EC_{1.5}$ 、 $pH_{1.5}$ などを調べた。地下水水位や水質も監視している。

2. 2 分析手法

単位面積、深さ150cmの土柱を想定し、これを深さ方向10cmに分割した微小体積土層の水分量変化、流入、流出フラックスを考える。ここで、土層が均質で、水分、塩分フラックスは上向きを正とする。

2. 2. 1 水分、塩分変化

実測した含水比と $EC_{1.5}$ から、0～150cm、0～30cm土層内の水分、塩分の凍結融解前後の変化量を求めた。

2. 2. 2 水分移動

ある単位土層における液状水量の変化は(1)式で表される。

$$\frac{\partial (\theta + \theta_p)}{\partial t} = - \frac{\partial J_w}{\partial z} \quad (1)$$

ただし、 $\theta_p = f(T)$

ここで、 θ は液状水の体積含水率($m^3 m^{-3}$)、 J_w は水分フラックス($m^3 m^{-1} s^{-1}$)、 θ_p は相変化量で($m^3 m^{-3}$)、地温 T ($^{\circ}C$)によって決定される。 t は時間(s)、 z は垂直距離(m)である。

式(1)を用いて、時間 t_1 から t_2 の間に、 i 番目土層に出入りする水分量の差は(2)式となる。(2)式右辺の液状水変化量か

* 岡山大学自然科学研究科 Okayama University Graduate School of Natural Science and Technology.

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

キーワード: TDR 液状水フラックス 塩分フラックス

ら、 i 番目の土層に流入する水分フラックスは(3)式で計算される。ただし、最上層からの流出フラックスは土壌の実蒸発量 $E_0(\text{ms}^{-1})$ (12~1月は 0.15mmd^{-1} , 3~4月 は 1.78mmd^{-1} , 王倫平, et al., 1993) とした。

$$\int_{t_1}^{t_2} \Delta J_w^i \cdot dt = -\Delta(\theta^i + \theta_p^i) \cdot \Delta z \quad (2)$$

$$J_w^i = J_w^{i-1} + \Delta J_w^i \quad (3)$$

$$J_w^0 = E_0 \quad (4)$$

2. 2. 3 塩分移動

土壌中塩分移動は、一般に(5)式で表される。ただし、試算した結果によると、(5)式の第二項の拡散項の寄与は小さいので、移流項のみを考える。従って、 i 番目の塩分フラックスは式(6)で計算される。

$$J_c = J_c(q) + J_c(C) \quad (5)$$

$$J_c'(q_i) = J_w^i \cdot C_i \quad (6)$$

$J_c(q)$ は水分移流による塩分フラックス ($\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$), $J_c(C)$ は塩分濃度勾配による塩分フラックス ($\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$), C は塩分濃度 (gm^{-3}) である。最下層に流入する塩分濃度は、実測値の 5mS/cm を用いた。

3. 結果と考察

実測した冬季の水分、塩分量の変化を Table 1 に示す。土層内の全水分量の変化はわずかであるのに対し、塩分量の変化が著しい。特に、塩害地 C の $0\sim 150\text{cm}$ 土層の塩分増加量は耕地 A と比べて、約 7 倍になり、 $0\sim 30\text{cm}$ 土層の増加量は 87 倍になっている。凍結融解過程を経ることで、塩害地での塩分集積が激しく生じることが明らかである。推定した塩分フラックスから換算した $\text{EC}_{1.5}$ の分布 (Fig.1) は実測

値と近似した結果が得られた。耕地では、大きな変化が見られないが、塩害地では、土壌表面の塩分濃度が非常に高くなっている。

Table 1 Water and salts changes in site A (cultivated) and site C (salinized).

		0~150cm		0~30cm	
Amount of change		water (m ³)	salts (Kg)	water (m ³)	salts (Kg)
Site A	1997~1998	-0.077	0.052	-0.247	-0.309
	1998~1999	0.031	1.618	0.225	0.351
	Average	-0.023	0.835	-0.011	0.021
Site C	1997~1998	-0.025	7.975	0.087	2.327
	1998~1999	-0.026	3.188	-0.120	1.310
	Average	-0.026	5.582	-0.017	1.819

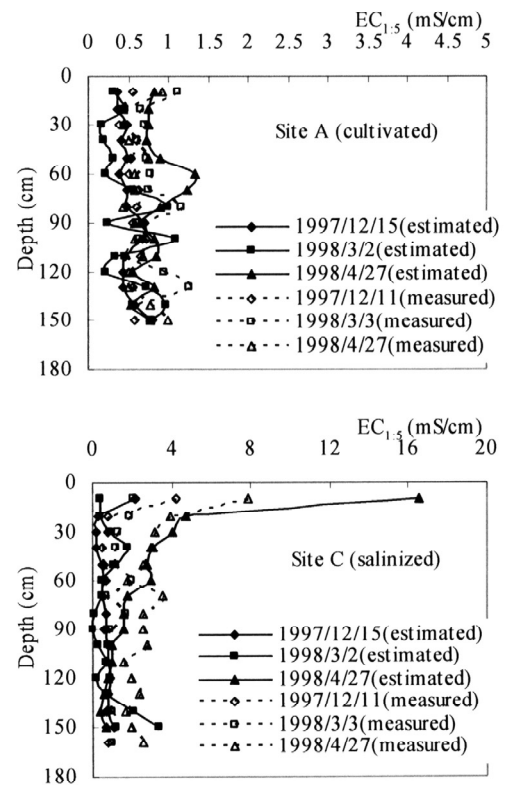


Fig.1 Salt distributions in site A and C

参考文献: 1. Wang, L.P. and Akae, T., 2003: Trans. of JSIDRE, 224, P.89-95. 2. 王倫平, 陳亜新, 曾國芳, 1993: 內蒙古河套灌區灌溉排水与塩害化防止.