

# 中国内蒙古自治区河套灌区の用排水イオン組成と除塩用水量の評価 Cation composition of irrigation water and drainage water and evaluation of leaching requirement of Hetao Irrigation DisitRICT, Inner Mongolia,China

中尾千晶\*・赤江剛夫\*・劉霞\*・史海濱\*\*

Chiaki NAKAO\*,Takeo AKAE\*,Liu Xia\* and Shi Haibin\*\*

## 1, はじめに

乾燥地において灌漑農業を持続的に営むには、水源の確保と塩分管理が最も重要な問題である。河套灌区では、全溶解性塩分収支によると年間 170 万 t の塩が蓄積しているといわれている。しかしながら、現地の農家や技術者は、土壤塩類化の程度は徐々に緩和しているという実感を持っている。この矛盾については、灌漑水中の  $Ca^{2+}$  が土壤中に析出しているためであると推定された(赤江ら, 2004)。本研究では、土壤及び用排水路系統の陽イオン分布についての組織的な調査とリーチングカラム実験より、灌漑水から土壌への  $Ca^{2+}$  の捕捉・隔離と  $Na^+$  の洗脱を確認する。また、易溶解性陽イオンである  $Na^+$  で評価した除塩用水量が従来の全塩濃度 EC による評価よりも優位であることを明らかにし、河套灌区における適切な排水管理を提案する。

## 2, 調査方法及び実験方法

### 2.1 調査方法

調査地点を Fig.1 に示す。土壤調査は灌区の西部、中部、東部の 4 地点で行った。灌漑水については、三盛公頭首工、黄済渠、永済渠、沙壕渠試験場の 4 地点で、排水については、各排干溝と排干溝と総排干溝が交わる点を含めた 22 地点で採水を行った。

### 2.2 実験方法

河套灌区全域の用排水路系統から採取した水は、原子吸光法で陽イオン組成の測定を行った。採取した土壌については蒸留水及び 1N 酢酸アンモニウムで各々抽出し、陽イオン組成の測定を行った。また、2005 年 5 月に採土した耕地土壌に模擬灌漑水を湛水させ、リーチングカラム実験を行い、流出溶液、及び実験前後の土壌中陽イオン組成の測定も行った。

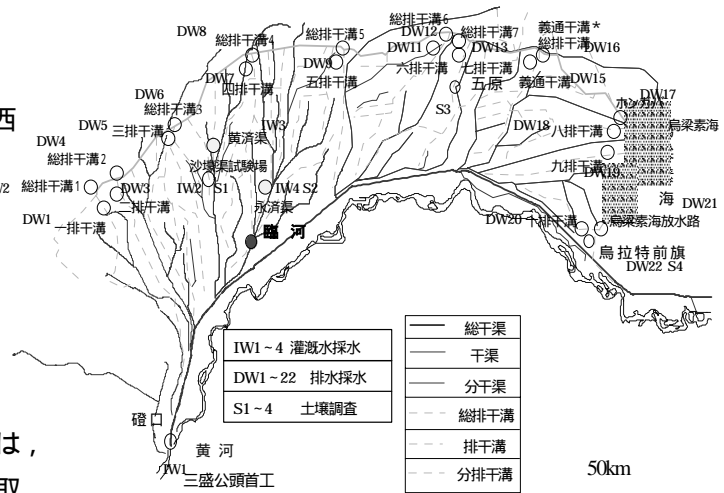


Fig.1 調査地位図  
Location of sampling points

## 3, 除塩用水量 (Leaching Requirement) の評価

除塩用水量 (以下  $LR$ ) とは特定の土壤塩分濃度を維持するために必要な、全灌漑用水量に対する塩分の洗脱に要する水量の比であるが、今回は土壌中塩分濃度を現状のまま維持するために必要な排水量割合と定義する。  $D_{dw}$  ; 排水量,  $D_{iw}$  ; 灌漑水量,  $EC_{dw}$  ; 排水の EC,  $EC_{iw}$  ; 灌漑水の EC とすると、塩分収支をとるためには、  $D_{dw} \cdot EC_{dw} = D_{iw} \cdot EC_{iw} - (1)$  が成立しなければならない。このとき、  $LR \equiv \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} - (2)$  で定義

される。全塩濃度 EC を用いた  $LR$  は塩害に実質的に寄与しない陽イオン ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) を含めて評価している。しかし、実際に土壌中を移動集積し塩害に寄与するのは主として易溶解性の  $Na^+$  のみであり、また、河套灌区では  $Na^+$  が卓越して排出されるため、ここでは、 $Na^+$  収支を現状のまま維持するために必要な

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

\*\* 内蒙古農業大学 Inner Mongolia Agricultural Univ.

キーワード：塩分集積 陽イオン組成 除塩用水量

排水量割合を除塩用水量  $LR_{Na}$  として(3)式で定義する。

$$LR_{Na} \equiv \frac{C_{Na, iw}}{C_{Na, dw}} = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} \quad (3)$$

ここで、 $C_{Na, iw}$  ; 灌漑水の  $Na^+$  濃度、 $C_{Na, dw}$  ; 排水の  $Na^+$  濃度

#### 4, 結果と考察

##### (1) 土壌中陽イオン組成, 用排水陽イオン組成

用排水の陽イオン組成より, 現地では専ら  $Na^+$  が排出され,  $Ca^{2+}$  の排出割合は小さい事実が認められた (Fig.2). 土壌の陽イオン組成の測定結果より, 耕地土壌の陽イオン組成と塩害地土壌の陽イオン組成を比較すると, 耕地土壌では, 深度が深くなるに連れて  $Na^+$  濃度が大きくなるのに対し, 塩害地土壌では, 表層に  $Na^+$  が多く含まれる特徴が見られた. また耕地, 塩害地の土壌ともに,  $Ca$  が多量に含まれていることも認められた (Fig.3).

##### (2) リーチングコラム試験

模擬灌漑水を用いたリーチングコラム実験の結果, 現地の灌漑水量 (120mm/回) と対象土壌 (1m) の間隙率から, 年間灌漑水量はコラム実験の 1.5pv (pore volume) に相当すると考えられた.

$Na^+$  は実験初期には卓越した排出が見られた.  $Ca^{2+}$  は 1.5pv から 5.5pv の間では流入量が流出量を上回っており, 土壌中に蓄積していると考えられる. 室内実験からも現地での卓越した  $Na^+$  排出と  $Ca^{2+}$  の捕捉を確かめることができた (Fig.4).

##### (3) $LR$ の評価

従来の全塩濃度  $EC$  により算出した  $LR$  は 0.19, これに対して用排水量比 ( $D_{dw}/D_{iw}$ ) は 0.11 となり, 全塩収支のバランスを取るためには, 排水量が不足していることを示した. しかし, 実際に地区内を移動している  $Na^+$  について考えると,  $Na^+$  濃度による  $LR_{Na}$  は 0.12 となり, 現状では  $Na^+$  収支のバランスが取れているという結果となった (Table1). 1986 年から 1997 年までの用排水量比と  $Na^+$  排出率の関係より, 河套灌区の  $Na^+$  収支を現状のまま維持するためには, 用排水量比を 0.15 前後, 年間排水量を 6 億 ~ 7 億 t となるように排水管理をすればよいといえる (Fig.5).

#### 5, まとめ

河套灌区用の排水系統及び土壌の陽イオン組成変化, またリーチングコラム実験の結果から, 灌漑に伴い土壌から主に  $Na^+$  が排出され,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  は土壌中に析出していることが確認できた. また, 従来の全塩濃度  $EC$  で評価した  $LR$  よりも  $Na^+$  濃度で評価した  $LR_{Na}$  の方が, 「全塩濃度による塩分収支では塩が蓄積しているが灌区の塩害地は増加していない」という現状をよく説明する結果となった.

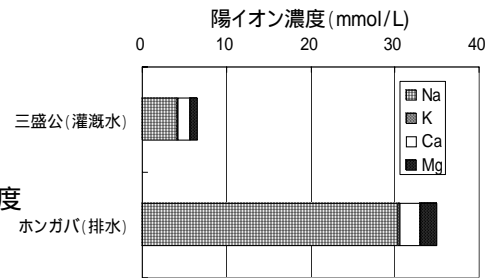


Fig2. 灌漑水と排水の陽イオン組成 (2005)  
Cation composition of irrigation water and drainage water

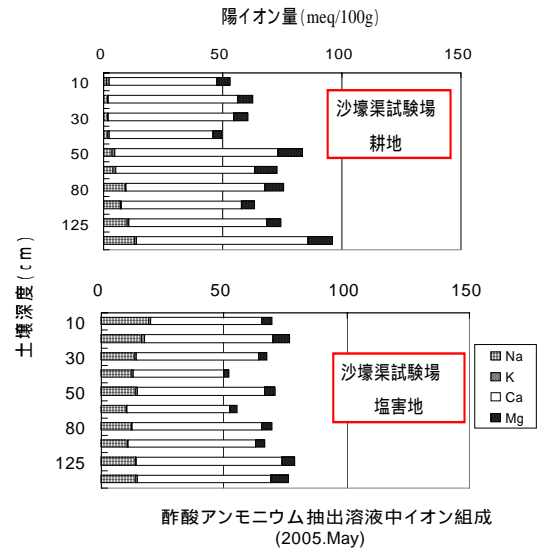


Fig3. 土壌中陽イオン組成  
Cation composition of soils

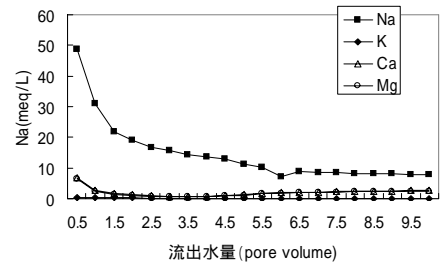


Fig.4 流出溶液の陽イオン組成の変化  
Change in cation composition of out solution

Table1. 除塩用水量の比較  
Comparison of leaching requirement

	LR or $LR_{Na}$	$D_{dw}/D_{iw}$
全塩 EC	0.19	0.11
Na	0.12	0.11

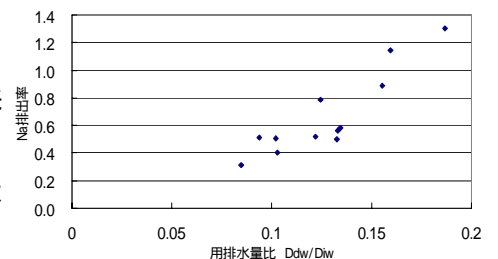


Fig5. 用排水量比と Na 排出率  
Ratio of drainage to irrigation and sodium output ratio