

## ウズベキスタン国シルダリア州における硬盤層の特徴 Hard soil layer characteristic in Syrdarya region, Uzbekistan

○大森 圭祐\* 奥田 幸夫\*  
Keisuke OMORI, Yukio OKUDA

### 1. はじめに

ウズベキスタン共和国では、灌漑面積 4,280 千 ha の内、二次的塩類集積による影響を受けている割合が約 50% を占め、主にアムダリア川とシルダリア川、両河川の支流、山岳地に接する湧水地で生じている。これらの地域では、土壌、河川および地下水に塩類が豊富に含まれており、過剰灌漑やリーチングにより上昇した地下水からの水分の毛管上昇に伴い塩類が輸送され、水分の蒸発に伴い地表面付近に塩類が集積している。

調査対象地であるシルダリア州の塩類集積圃場においても、冬季に土壌中の塩類を下方へ押し下げるリーチングが行われているが、表層 20cm 程度の作土層直下に硬盤が形成されており、不透水層としてリーチング水の浸透に影響を与え、除塩効果が得られていない可能性が考えられた。

本報告では、調査対象地において形成されている硬盤層の土壌物理性・化学性について基礎的な分析を行い、硬盤層が塩類集積に与える影響を考察した。

### 2. 調査地状況と調査内容

調査対象地は、シルダリア州に位置するアフメドフ水利組合（北緯 40 度 35 分、東経 68 度 38 分）の圃場 26ha であり、圃場周囲には地下水位を低下する目的で深さ 2m 程度の明渠排水路が整備されている。綿花と小麦をそれぞれ 2 年ずつ圃場一面に栽培する作付体系であるが、2014 年は綿花の播種が遅れ、5 月末の調査時は播種直後であった。綿花播種前の 12 月頃にリーチングが行われたが、11 月から翌年 4 月頃までのまとまった降雨の影響もあり、2014 年 3 月下旬まで圃場は部分的に湛水した状態であった。地表面の土壌水分が低下する 4 月下旬頃に大型トラクターにより播種前の耕起・砕土が行われた。

調査圃場内にはほぼ等間隔に設置されている 15 箇所地下水水位観測井の中から、水口側 (E2)、中央部 (E8)、水尻側 (E15) の 3 箇所と、隣接する冬小麦圃場の水尻側 (W14) 1 箇所を選定し、それぞれ 10cm、30cm、50cm、80cm の深さから土壌を採取した。土壌物理性は、土壌硬度、乾燥密度、体積含水率、飽和透水係数を測定した。化学性については、水溶性陽イオン (Ca, Mg, Na, K) と水溶性陰イオン ( $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{HCO}_3$ ) を測定した。また、現地の土性については、調査地から約 400m 離れた地点の土壌を深さ 90cm まで採取し粒径加積曲線を求めた。

### 3. 結果と考察

現地の土性は、壤土 (Loam) から埴壤土 (Clay Loam) に区分され、調査地点においても明確な層位の変化は見受けられなかった。2014 年 5 月末調査時、E2、E8 地点では深さ 10cm と 30cm における土水比 1 : 5 の水溶性陽イオン量の合計は  $15.0 \sim 20.1 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$  であり、下層土に比べて 2.8 ~ 3.0 倍高くなっていた。一方、E15、W14 地点では深さ毎の塩類濃度に変化はなく低濃度であった。いずれの地点も、主に硫酸 Ca が集積した塩性土壌であった。

Fig.1 に 4 地点における山中式土壌硬度計による指標硬度と乾燥密度の測定結果を示す。指標硬度の読みは、深さ 5~30cm では平均 25.0mm、深さ 50~80cm では平均 15.4mm となり、深さ 30cm

\* (独) 国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences

キーワード： 硬盤層、飽和透水係数、石膏

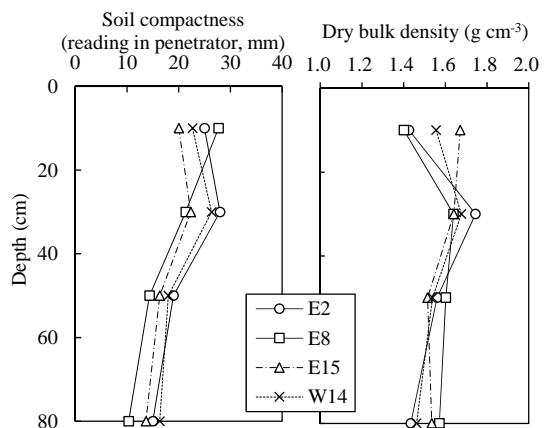
以下で低くなった。調査地点では土壌硬度と体積含水率に負の相関があり ( $r^2=0.58$ ), 土壌水分が多いと土壌硬度が低下する傾向がある。深さ 80cm における体積含水率は 35~40% で飽和に近い状態であった。乾燥密度は E15 地点を除き, 深さ 30cm で  $1.64\sim 1.74\text{g cm}^{-3}$  で最大値を示し, 深さ 10cm, 50cm, 80cm では  $1.40\sim 1.60\text{g cm}^{-3}$  であった。W14, E15 地点の深さ 10cm の乾燥密度が E2, E8 地点に比べて大きい理由として, W14 地点は冬小麦圃場のため春先に耕起と砕土が行われなかったこと, E15 地点は大型トラクター走行による踏圧の影響と考えられる。

**Fig.2** に各調査地点の変水位透水試験による飽和透水係数 (水温  $15^\circ\text{C}$  補正) の結果を示す。飽和透水係数はいずれの地点も深さ 10cm で  $10^{-5}\text{ cm s}^{-1}$ , 深さ 50cm で  $10^{-4}\text{ cm s}^{-1}$  を示したが, 深さ 30cm と 80cm では  $10^{-6}\sim 10^{-4}\text{ cm s}^{-1}$ ,  $10^{-5}\sim 10^{-4}\text{ cm s}^{-1}$  となり, 深さ 30cm に関しては調査地点によって飽和透水係数が 100 倍程度異なる結果になった。深さ 30cm に着目すると, 土壌中の水溶性塩類濃度が高いほど飽和透水係数が小さくなる傾向にあり, 特に  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  濃度との関連性が高い (**Fig.3**)。

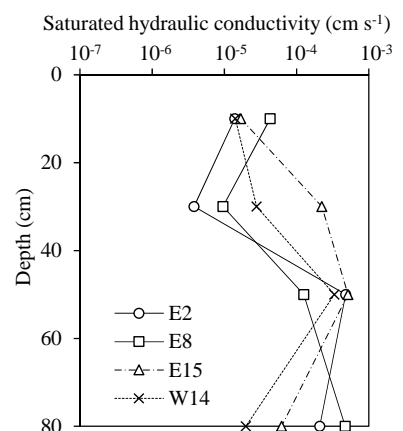
一方, 現場での現象を実験レベルで確認するため, 蒸留水で洗脱した現地土壌に半水石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) を混合し,  $100\text{cm}^3$  円筒サンプラーに乾燥密度  $1.48\text{g cm}^{-3}$  で充填し, 変水位透水試験を行ったところ, 石膏含量が 16.7% 以上になると毛管飽和時の供試土壌が明らかに硬化し, 飽和透水係数は  $10^{-6}\text{ cm s}^{-1}$  オーダーで緩やかに低下した (**Fig.3**)。実験レベルで確認したように, 石膏だけが土壌中に含まれる場合, 飽和透水係数は  $10^{-6}\sim 10^{-5}\text{ cm s}^{-1}$  の範囲だが, 30cm 深さの E15 と W14 地点ではそれぞれ  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}\text{ cm s}^{-1}$  である。これらの地点では Ca と Mg イオン量の合計に比べ Mg イオンの割合は約 45% を占め, E2 と E8 地点の 27% に比べて多い。共存するイオン種の構成割合や塩類の溶解度によって硬盤層の透水性は変化すると推測された。

#### 4. まとめ

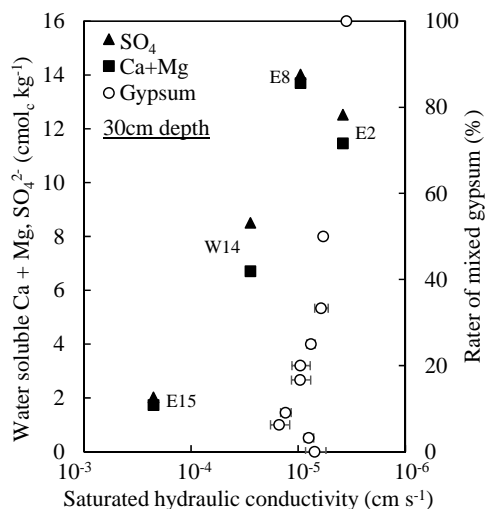
本調査地の硬盤層には硫酸 Ca が集積しており, Ca イオンの割合が多い場合, 透水性が低くなる傾向が見られた。圃場全体の塩類濃度は, 水口側から中央部にかけて Ca,  $\text{SO}_4$  濃度が高いことから, その場所では透水性の低い硬盤層が連続している可能性があり, リーチング水の下方浸透に影響を与えることが示唆された。また, 硬盤層を境に集積する塩の部位, 種類, 過程が異なることが予想されるため, 硬盤層と土壌塩類化の関係を検証し, 塩類集積過程を明らかにしていく予定である。



**Fig.1** 指標硬度と乾燥密度の分布  
Soil compactness and dry bulk density profile



**Fig.2** 飽和透水係数の分布  
Saturated hydraulic conductivity profile



**Fig.3** 飽和透水係数と Ca+Mg,  $\text{SO}_4$  の関係(左縦軸), 石膏混合量による飽和透水係数の変化(右縦軸)  
Correlation between saturated hydraulic conductivity and Ca+Mg,  $\text{SO}_4$  (left Y axis), changes of saturated hydraulic conductivity and mixed gypsum ratio (right Y axis)