

塩類集積のメカニズムに関する実験的研究

山口大学大学院 学生員 ○門藤真弘

山口大学工学部 正会員 浮田正夫

山口大学工学部 正会員 関根雅彦

山口大学大学院 学生員 山本直樹

山口大学大学院 学生員 Aierken Younusi

1. 研究背景と目的

近い将来人類は世界的な耕地面積の減少によって食糧不足に直面するだろうと言われている。耕地面積の減少の原因は様々であるが土壌の塩化が世界中で危機感をもって重要視されている。世界の灌漑農地の約24%において塩類集積によって収量低下が起きていると報告されており、特に乾燥・半乾燥地帯で顕著な問題となっている。一般に、塩類集積のメカニズムは灌漑水に含まれている塩分または本来土層に含まれている塩分が地下水位の増加に伴って毛管上昇し、土壌面蒸発によって塩類のみ地表に集積するものとされているが、砂漠域では砂層そのものの塩分含有量は少なく、農地における塩分集積とはメカニズムが異なっている。また、塩類集積を起こす要因であろうとされる土壌水分移動と外部気象因子との関係を論じた研究は少ない。そこで本研究では、簡易な実験により砂漠において塩類が集積する条件を見出し、今後の砂漠塩化のメカニズム解明の第一歩とすることとした。

2. カラム実験

2.1 実験装置と方法

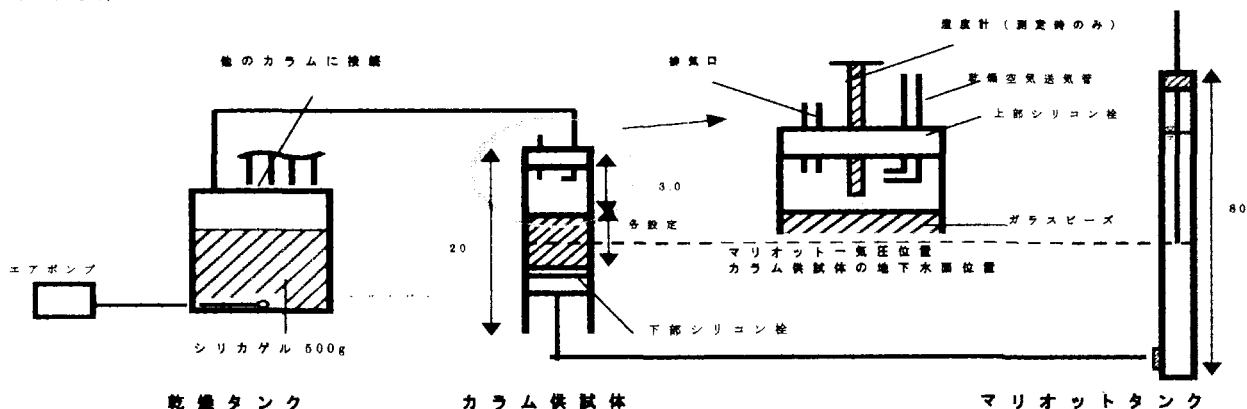


図2.1 実験装置図 (単位 cm)

まず図2.1に示す装置を作成する。実験装置はエアポンプ(総送気量 20ml/min)、乾燥タンク、ガラス製カラム供試体、マリ奥特タンクからなる。乾燥タンクは円筒形の亚克力容器の上下部をゴム栓で封じ、その中にシリカゲル 500g を満たしたもので、エアポンプから送り出された空気がシリカゲルで乾燥され、各カラム上部に送気される構造になっている。マリ奥特タンクは塩分を含んだ地下水を擬した過マンガン酸カリウム溶液が常に供試体カラム内の水位が一定となるようにカラム内に供給される働きをする。内径 1.6cm、高さは 80cm(容量 160.8ml)の亚克力製円筒形容器の下部からチューブによって供試土壌カラムの下部へと接続する。ガラス製カラムの内径は 5cm、高さは 20cm であり、上下にシリコン栓を設け、その中に供試体土壌である 1mm 粒径のガラスビーズを敷き詰める。下部からマリ奥特タンク内の過マンガン酸カリウム溶液が供給され、一定の水位が保たれるのでこれを仮想地下水面とする。塩を含んだ地下水として過マンガン酸カリウム溶液を選定したのはこの溶液自体に色がついており、視認性に富んだ塩類であるからである。また下部のシリコン栓上部には、Advatec 社の GA-100 グラスウールろ紙を用い、シリコン栓の周囲にシリコングリースを塗ることにより下部シリコン栓を任意の位置に動かしてもガラスビーズ及び液体の流出を防いだ。温度は室温を 20 度に設定し、カラム内に温度勾配を作らないようにした。後節の各影響因子で述べる各種条

件下で数日放置後、ガラスビーズ供試体の下部シリコン栓をピストンとして押し上げて5mm 間隔で切断し、容器に分取した後一定量の水を加え、攪拌してから HACH 社の波長 500nm 吸光度計 (Cat.No. 46777-50) を用いて溶液の光度を計測し、あらかじめ作成した濃度と吸光度の検定線によって供試土壌 5mm 間隔での塩含有量を求めた。検定線は、 c をモル濃度 mol/l, 吸光度を λ として $c = \lambda / 2867.3$ であった。

2.2 定常実験

実験の初期条件をガラスビーズ層の乾燥層高さ (cm) + 毛管層高さ (cm) + 飽和層高さ (cm) として表記することとする。定常実験では 4.5+1.5+2.5, 0.5+1.5+2, 0+1+2 に設定して4日から5日静置後、各層の塩分量を測定した。毛管層を1.5cmとしたのは理論式によると粒径 1mm の土壌では毛管上昇がこの程度まで数日程度で起こるからである。つまり 0+1+2 の供試体では毛管層がガラスビーズ層表面に達し、他の場合は表面に達しないことになる。実験結果を図 2.2 に示す。4.5+1.5+2.5, 0.5+1.5+2 より、表面に毛管層が達しない場合には特に塩分濃度の濃縮などの傾向は見られない。地下水位の区間塩含有量は 0.6mg/カラム cm^3 であることから毛管層が表面に達した 0+1+2 ではカラム全体に塩分が濃縮していることがわかる。

2.3 降雨実験

乾燥層の保水し得る水量 q は乾燥層の体積を V , 間隙率を n とすれば $q = V \cdot n$ で表される。降雨に見立てた注水を1日ないし2日おきに行い、塩分分布を比較した。実験条件は、降雨回数、総降雨量、および乾燥層の保水量で表現した。総降雨量が保水量より多い場合、一時的に表面が水分で飽和することになる。実験結果を図 2.3 から図 2.5 に示す。降雨により表面付近への塩分集積が認められた。降雨量が保水量より少ない場合でも表面への高濃度の蓄積が見られる。また、図では明確に表現できていないが、表面に降らせた水がごく一部分でも地下水層とつながれば急速に塩類が表面に上昇する現象が観察された。

2.4 地下水位変動実験

地下水位を変動させた結果を図 2.6 に示す。地下水面が表面に達する場合と達さない場合では、供試体 4cm に対して実験開始時に地下水位を表面からそれぞれ 1 cm と 2 cm まで上げ、ただちに水位を表層から 2cm まで戻して4日静置した。地下水面を表層下で繰り返し変動させた実験では、初期条件 2.5+1.5+2 に対して、5日に渡って1日ごとに地下水面を表層から 2cm と表面から 4cm に変動させた。図での矢印が地下水位の変動を示す。図 2.6 から地下水面が到達した位置に塩分が集積する傾向がうかがえる。

3. まとめ

不十分ではあるが砂漠における塩分集積現象のいくつかをカラム実験で再現できた。今後系統的な実験と同時に数値モデルによる解析を加え砂漠の水管理手法の検討につなげていきたい。

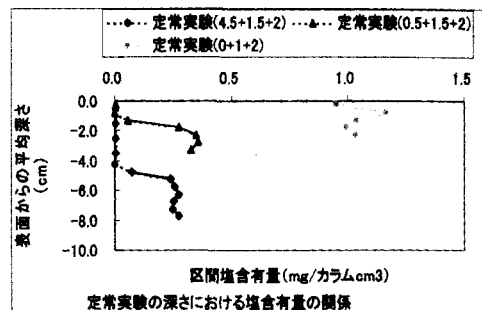


図 2.2 定常実験結果

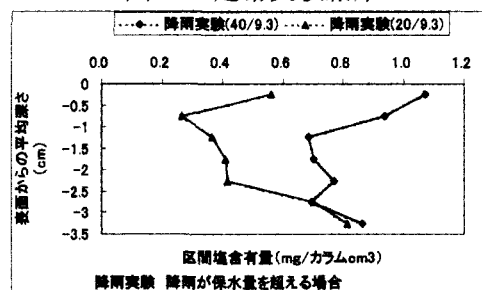


図 2.3 降雨実験 降雨量超過

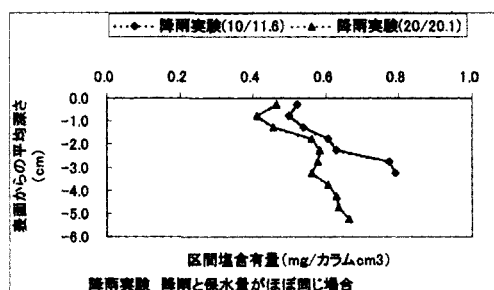


図 2.4 降雨実験 降雨量と保水量同量

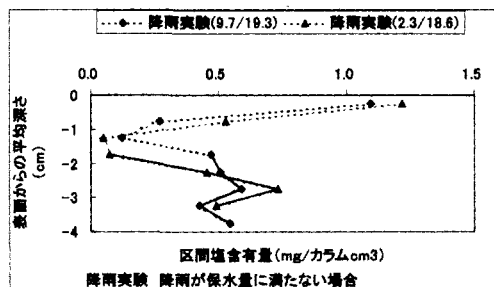


図 2.5 降雨実験 降雨量微量

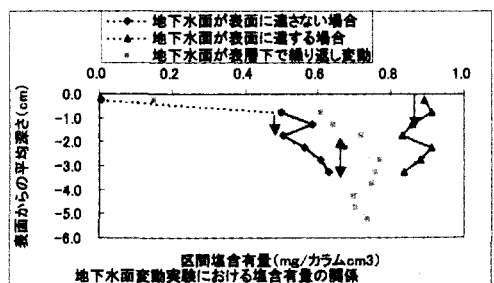


図 2.6 地下水位変動実験結果