飽和チャオソイルカラム中の塩分移動に関する基礎的研究

福井大学大学院	学生員	寺崎	寛章*
滋賀県警	正会員	門野	浩二**
福井大学工学部	正会員	福原	輝幸*
中国科学院南京土壤研究所		Yang	Jingsong***
武漢科技大学都市建設学院		He	Chao****

1.はじめに 世界最大の穀物生産国である中国の塩害は年々深刻化しており,代表的な中国土の一つである チャオソイル(主に中国西北部の塩害地域に分布する土壌)中の塩移動の解明は,栽培土壌の消失を防止する 上で重要である.中国の土壌研究機関ではチャオソイル中の塩移動について,長年研究を行っているが,自然 状態に近い温度勾配下での研究は殆ど行われていない¹⁾.

そこで本研究では,浅い地下水位を有する温度勾配下の飽和チャオソイル中の塩移動特性を明らかにするために,室内カラム実験を行った.

2.塩移動実験 2004年9月に南京土壌研究所で行った
 実験の概要を Fig.1 に示す.実験には,7本の塩ビ製カラム(内径:0.1m,高さ:0.4m)を用意する.そのうち6本のカラムは地表面下 0.06m(z=-0.06m)までは厚さ0.01m,それ以深では厚さ0.02mのリングで構成され,各リングの体積含水率 および含塩率 S_c(=塩質量/乾燥土質量×100(%))は,炉乾燥法と塩分濃度計(朝日ライフサイエンス製)によりそれぞれ求められる.

残り1本のカラムには温・湿度センサー(VAISALA製) を8本挿入し、土壌温度Tを求める(挿入位置:z=-0.01, -0.02,-0.04,-0.06,-0.08,-0.11,-0.21,-0.3m). 蒸発量 は最小読み0.1gの重量計を用いて測定される.

次に実験条件について述べる.カラム底部より 0.04m までは石英砂を,その上部にはチャオソイルを均一に充 填する(充填密度=1326kg/m³,空隙率*e*=0.45).自然状 態における本チャオソイルの *S*_cは 0.03%であり,気乾状 態の は 0.01 である.

土壌充填後,塩水(質量濃度 C₀=0.5%)を自然給水す る.この際,蒸発を防ぐために土壌表面にラップをする. マノメーターにより地下水位を z = -0.35m に設定したこ とを確認した後,赤外線ランプを照射する.なお実験期 間中,地下水位は一定に保たれる.また,実験室内の平 均温度は 28.6 ,平均湿度は 51%であった.



+	ワード	チャオソイル	╭,粒度構成,透水係数,塩	移動,塩集積	
*	連絡先	〒910-8507	福井県福井市文京3丁目9-1	TEL 0776 - 27 - 8595	FAX 0776 - 27 - 8746
* *	連絡先	〒520-8501	滋賀県大津市京町 4 - 1 - 2	TEL 0775 - 22 - 1231	
* * *	連絡先	〒210008	中国南京市北京東路 71 号	TEL 86-25-86881114	FAX 86-25-86881000
* * *	*連絡先	〒4300018	中国湖北省和平区青山区 976		

3. 粒度構成および飽和透水係数 Fig.2 はチャオソイルの粒径加 積曲線であり,砂質土 6.1%,シルト 71.3%,粘土 22.6%で構成さ れる.三角座標法に従えば,チャオソイルはシルト質粘土ロームに 属する.平均粒径 *D*₅₀ は 0.017mm,有効径 *D*₁₀ は 0.001mm 以下であ るため測定できなかった.

また,チャオソイルの飽和透水係数 k_{sat} は透水試験(変水位法) より求められ, $k_{sat} = 9.42 \times 10^{-7}$ (m/s)であった.

4.実験結果

4.1 蒸発量 **Fig.3** は積算蒸発量(単位面積当り) Q_v の経時変化を 示す. Q_v は時間とともにほぼ線形的に増大しており,表面蒸発状 態にある.ここで, Q_v の時間勾配より求まる蒸発速度 V_{evap} を k_{sat} で除して,無次元化すると $V_{evap} / k_{sat} = 0.15$ となり,蒸発による地 表での水分損失は,下方からの塩水供給により補われていることが 確認できる.

4.2 水分移動 Fig.4 は体積含水率鉛直分布の経時変化を示す.初 期状態で z=-0.005mの は,それ以深の値より若干高い.これは表 層における充填方法に原因があると思われる.ランプ照射後,は 土壌表面で時間とともに僅かながら減少するが,48時間以降は全 域に亘り eで,定常状態となる.

4.3 熱移動 Fig.5 は土壌温度鉛直分布の経時変化を示す.ランプ 照射6時間後まではTの上昇は殆ど見られないが24時間後には,
地表面から z=-0.11m までのTが上昇する.その後,Tは全域に亘り,上昇するようになるが,48時間以降の上昇率は小さい.

4.4 塩移動 Fig.6 は含塩率鉛直分布の経時変化を示す.ランプ照 射前の初期状態において, 表層 (z=-0.005m)の S_c は 0.58%であり, それ以深の値よりも高い.以下に, 表層の S_c について考察する. Fig.4 の表層の および C_0 を用いて計算された S_c は 0.21%である. 自然状態の S_c は 0.03%であるから,残り 0.34%の表層の S_c は, カ ラム底部から供給された塩水の上方移動によって土粒子から溶出 した塩が表層へ移動し,蓄積されたことに起因すると考えられる.

ランプ照射後,表層の S_cは時間とともに増大するが,それ以深の S_cは約 0.15%であり,実験期間を通して殆ど変化しない.

5. おわりに 本研究では,浅い地下水を有する飽和チャオソイル 中の塩移動実験を行い,蒸発フラックスおよび含塩率鉛直分布の経 時変化を調べた.

その結果地表での含塩率の増大は,蒸発に伴う地下水の上方移動 (移流)および土粒子からの塩の溶出に起因することが理解できた. 謝辞 最後に本実験の遂行にあたり,南京土壌研究所の学生および スタッフの協力を得た.記して謝意を表す.

参考文献 1)例えば, Xu Ligang: Study on Transport, Regulation and Numerical Simulation of Water Flow and Salt Transport under the Conditions of Crop Planting, Institute of soil science, Chinese academy of sciences, Doctoral dissertation, 2004.



Fig.3 積算蒸発フラックスの経時変化

