

温度変化を与えた水分不飽和ロームと砂中の水・熱移動について

506161 山田のり子（土壌圏循環学教育研究分野）

はじめに 土中の水移動は一般に等温下でモデル化される。一方、実際の農地の地温は昼夜や季節で激しく変化する。寒冷地や乾燥地、あるいは宇宙における農地開発においても非等温下の水移動の予測が重要である。しかしながら、非等温下の土中の物質移動モデルの実験的検証は未だ不十分である。そこで、本研究では1次元カラム実験を行い、初期水分量、土質、塩濃度の違いが非等温下の土中の水・熱移動に及ぼす影響を調べた。

試料と方法 北海道農業研究センター芽室研究拠点の畑土壌（ローム）と鳥取砂丘砂を試料に用いた。炉乾した試料に純水あるいは0.1 mol/LのCaCl₂溶液を混合し、初期含水率 θ_i を調整した（ローム: 0.46, 0.19；砂: 0.2, 0.05 m³/m³）。内径7.7 cm、長さ16 cmの亚克力製の1次元水平カラムに試料をそれぞれ現場の乾燥密度で充填した。初期温度を24 °Cで一定とした。試料の両端を30 °Cと14 °Cに制御し、水平方向に温度勾配を与えた。外部からの給排水はないものとした。1 cm間隔で熱電対を、2 cm間隔でTDRとテンシオメータを設置し、12日間30分間隔で温度、含水率、土中水圧、電気伝導度を測定した。

結果と考察 図1に実験開始から9日後のロームと砂の温度と水分分布を示す。温度制御開始後、試料端面の温度は速やかに設定温度に達し、時間とともに温度勾配が一定に近づいた。温度変化は θ_i が高いほど、またロームより砂で速かった。9日後の温度勾配は θ_i が高い試料では土質に依らず直線的になったが、 θ_i が低い試料では高温側が急になった（図1a）。 θ_i が低い試料の高温側では、熱伝導率が小さくなっていると考えられる。

含水率分布は、 θ_i が高い試料では温度差を与えても変化しなかったが、 θ_i が低い試料では低温側で増加し、高温側で減少した（図1b）。こうした変化は砂よりもロームで顕著であり、塩を含むと抑制された。実験を非等温下の物質循環モデルを用いて数値計算したところ、温度と水分分布の測定値をよく再現した。そこで、土中の水蒸気と液状水移動を数値計算により評価した。 θ_i が高いロームでは、試料両端に温度差を与えると、高温側で蒸発量が卓越し、水蒸気が拡散により低温側に移動した。一方、低温側では凝結量が卓越し、液状水が圧力勾配により高温側へ移動し、水蒸気と液状水移動が釣り合った時点で含水率分布が定常に達した。定常に達するまでの時間は、土質に依らず θ_i が高いほど速かった。また、 θ_i が低い試料では、定常状態に近づくにつれ高温側から水蒸気と液状水が移動しない領域が生じた。こうした定常状態に達するまでの時間や、水蒸気と液状水の移動量の分布は試料の水分量とその水分量近くの水分特性曲線の勾配と不飽和透水係数によると考えられる。

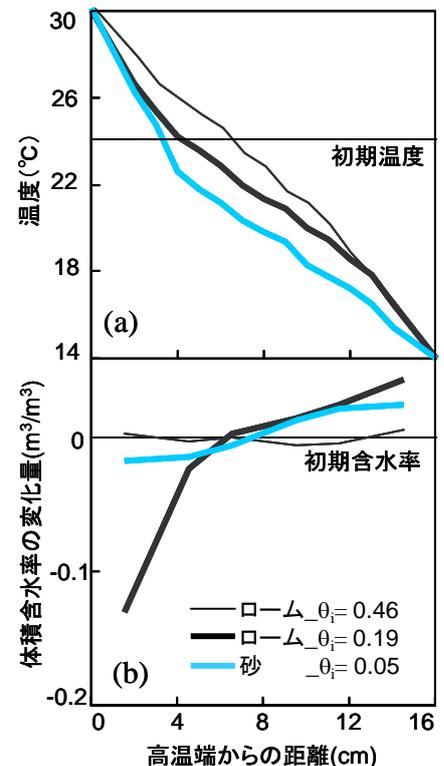


図1 土中の(a)温度と(b)水分分布