

5 線熱パルスセンサー (PHPP) による 黒ボク土中の水分フラックスと熱特性の推定

509155 古田 侑資 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに 土壌中の水分移動速度を把握することは、肥料や汚染物質の移動を予測する上で重要である。近年、ヒーターから放出された熱を上・下流に位置する温度センサーで感知し、流速(水分フラックス)や熱特性を推定する熱パルスセンサーが注目されている。特に、1本のヒーター線と4本の温度センサーから成る5線熱パルスセンサー(PHPP)は、直交する2方向のフラックスを推定でき、有用性が高い。砂に適用した例では、飽和流に比べ不飽和流の推定精度が低くなった。飽和から不飽和になることで液相と気相の分布が変化し、熱伝導が不均一になることが原因だと考えられた。本研究では特に粒径に注目し、黒ボク土への適用性を明らかにすることを目的とした。

試料と方法 全長45cm、内径5cmのカラムに、団粒を崩した三重黒ボク土を乾燥密度 0.98g/cm^3 で充填した。3本のPHPPは、それぞれ流れの向きに対して 0° 、 30° 、 45° で各深さに挿入した。上端から定量ポンプと降雨装置を使用して給水し、水分分布が一定な飽和定常流(200~90cm/day)、不飽和重力流(60~5cm/day)を作成した。下端からの排水量を電子天秤で測定し、実フラックスを求めた。PHPPで測定した温度上昇に理論式を適合することで、2方向のフラックス(J_x , J_y)と熱特性を推定し、そこから全フラックス($J=\sqrt{J_x^2+J_y^2}$)と角度($\phi=\tan^{-1}(J_x/J_y)$)を求めた。さらに土壌中の水の流れ方を考察するために溶質分散実験を平衡して行った。推定の再現性を見るために、同じ実験を3回(exp1、exp2、exp3)行った。

結果と考察 図1に 45° で挿入したPHPPで推定したフラックス J と排水フラックスの比較を示す。飽和流では決定係数 $R^2=0.3$ となり、実測値から大きくずれた。一方、不飽和流では $R^2=0.9$ になり比較的精度よく推定できた。3回の実験で同様な傾向が見られた。不飽和流の誤差が少ない理由として、砂に比べ粒径の小さい黒ボク土では、流速の変化に対して水分量の変化が小さく、液相と気相の分布の変化が少なかったことが原因と考えられる。また、分散長と流速の関係から、飽和流は不飽和流に比べ不均一な流れとなることが知られている。PHPPの測定範囲内で熱流が不均一になったことが飽和流の推定精度が悪かった原因の一つだと考えられる。図2にexp3における挿入角度の推定値を示す。比較的良い精度で推定できたが、流速が小さいと誤差が大きくなる傾向が見られた。流速が小さくなるとフラックス推定の誤差が相対的に大きくなるのが原因である。

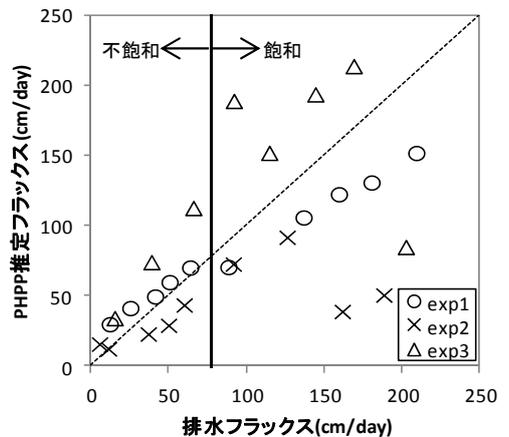


図1 PHPP(挿入角度 45°)による水分フラックスの推定値と実測値の比較

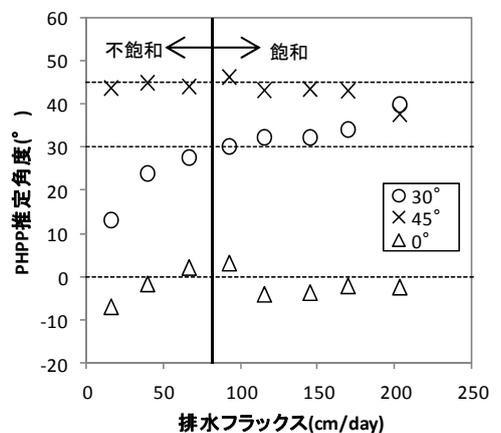


図2 exp3での挿入角度の推定値