

熱水浸潤時の土壤中の温度変化

502101 安藤 滋史 (土壌圏循環学教育研究分野)

[はじめに] 環境負荷を考慮した土壌消毒の1つに、熱水を注入し、地温を高温化する方法がある。この方法の改良点として、多量の水を沸かす燃料費の削減、作業の効率化などがあげられる。このため、注入する熱水の量や温度、注入の仕方と地温の推移を知ることが重要である。そこで本論では、熱水を用いて浸潤実験を行い、浸潤時と浸潤後の土中の水分分布と地温変化を測定した。

[試料と方法] 鳥取砂丘砂(初期体積含水率 $\theta_i = 0.005 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$)をカラム(高さ 30 cm, 内径 4.4 cm)に詰め、周囲を断熱材で覆った。カラムには表面から 5cm 毎にテンシオメータと熱電対を挿入した。熱水($T_0 = 80^\circ\text{C}$)を一定の湛水深($h_0 = 4.7\text{cm}$)で試料に浸潤させた。浸潤中及びその後の各深さの圧力と温度を測定した。体積含水率を圧力から換算した。熱水浸潤中は浸潤前線の位置と注入水量を計測した。同様の実験を $\theta_i = 0.01, 0.05 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $h_0 = 2.9, 6.5 \text{ cm}$, $T_0 = 40, 60^\circ\text{C}$ と変え行なった。

[結果と考察] 図1左に、熱水を浸潤した際($\theta_i = 0.005 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $h_0 = 2.9 \text{ cm}$, $T_0 = 80^\circ\text{C}$)の試料中の水分分布を示す。熱水が浸潤するにつれ、表面から順に試料の体積含水率が飽和近くまで増加した。浸潤前線(含水率が大きく増加する深さ)の進行速度は、ほぼ一定であり(0.33 cm/s)、90秒後にはカラム下端に達した。初期含水率 θ_i が高くなると、浸潤前線が不明瞭になり、浸潤速度は速くなった。湛水深(流入圧力) h_0 が大きくなると浸潤速度が速くなり、試料が飽和しやすくなった。注入水の温度 T_0 が異なると、土の飽和透水係数が異なる。しかしながら、本実験においては、 T_0 の違いによる浸潤速度の変化はほとんど見られなかった。

図1右に、図1左と同時刻における、地温分布を示す。浸潤前線同様、熱もほぼ一定の速度(0.20 cm/s)で下方へ伝達することが分かった。

θ_i や h_0 が大きくなると、熱の伝達速度は速くなり、試料全体の温度を高くするのに要する時間が短くなった。これは水の浸潤速度が速い(流量が多い)ことによる。 T_0 が低くなると、熱の伝達速度は遅くなったが、最終的には試料全体の温度は T_0 近くまで上昇した。ところで、熱の伝達速度は水の浸潤速度より遅かった。これは、熱が移流、伝導で下方へ伝わる以外に、周囲の土を暖めるのに使われたためである。浸潤速度と熱の伝達速度の差は、 h_0 が大きくなると広がり、 T_0 が高くなると小さくなった。

図2に熱水の注入($\theta_i = 0.005 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $h_0 = 4.7 \text{ cm}$)終了後の試料中各深さの温度の低下速度を示す。深さに関わらず、注入水の温度 T_0 が低いほど、試料は冷めにくかった。 $T_0 = 60^\circ\text{C}$ 以上においては、注入終了後の地温の低下速度に大きな差は見られなかった。また、 θ_i や h_0 の違いによる地温の低下速度の変化は、ほとんど見られなかった($\pm 1 \text{ cm/min}$)。

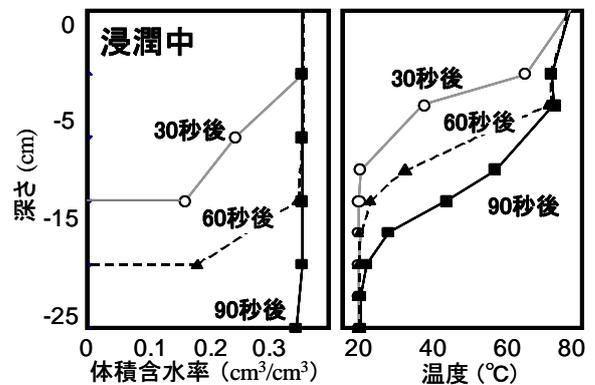


図1 土中の水分分布と温度分布

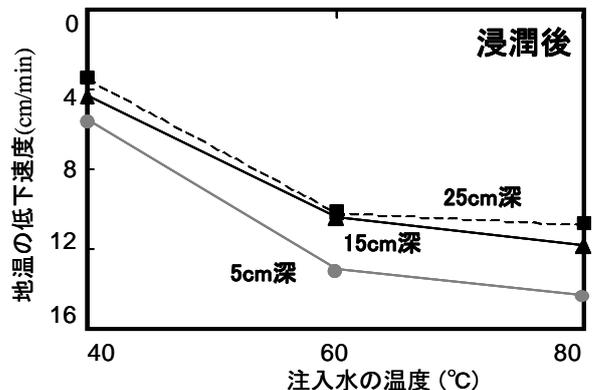


図2 浸潤後の地温の低下速度