

凍結・融解浸潤過程に対する土のマクロポアの影響

Influence of macropores on soil freezing and snowmelt infiltration processes

○釘崎佑樹*¹・渡辺晋生*¹
Yuki Kugisaki, Kunio Watanabe

1. はじめに

寒冷圏の土の水・施肥管理には凍土への融雪浸透の評価が重要である。また凍土を用いて遮水をする場合も、凍土への水の浸透の検討が欠かせない。ところで、土中では植物根跡や小動物によるマクロポアがしばしば見られる。鉛直に連続したマクロポアでは水の大量浸潤や空気の対流が生じる。土の凍結・融解過程においてもマクロポアが水移動や熱伝導に影響すると考えられるが、その詳細はよく分かっていない。本研究では、マクロポアを含む土のカラム凍結・融解浸潤実験を行い、凍結前線の進展や水分移動を比較した。

2. 試料と方法

岩手大学附属農場休耕畑表層土の黒ボク 2 mm 篩通過分を試料に用いた。試料を含水率 0.40 m³/m³ に調整し、内径 7.8 cm, 高さ 35 cm のアクリル鉛直カラムに乾燥密度 1.05 g/cm³ で充填した。カラムに熱電対を 1 cm 間隔, TDR 水分計とテンシオメータを 5 cm 間隔で設置した。ステンレス丸棒 (a: φ2 mm×4 本, b: φ5 mm×4 本, c: φ5 mm×2 本) を地表から下端まで挿し抜き、鉛直のマクロポアを設けた。カラムの側面を断熱し、2°C の低温室に静置して試料に初期温度・重力水分分布を与えた。試料上下端をそれぞれ -6.6, 2°C に制御し、閉鎖系で試料を上端より凍結した。48 h 凍結後、上下端の温度制御を止め、上端から 2°C の純水を 15 cm の湛水条件で浸潤した。浸潤水量は給水管の重量変化から測定した。凍結・融解浸潤過程の土中の温度、水分量、浸潤水量を 2.5 分間隔でモニターした。

3. 結果と考察

装置上端の温度が低下すると試料上端より土が凍結し、凍結前線が土中を下方へ進行した。図 1 に凍結前線の経時変化を示す。凍結前線の進行は凍結初期に速く、時間の経過とともに緩やかに一定値に近づいた。マクロポアを含まない場合の 48 h 凍結後の凍結前線は、

地表から 18.2 cm 深であった。一方、マクロポアを含む場合では、φ2 mm×4 本で 15.7 cm 深、φ5 mm×4 本で 13.2 cm 深とマクロポアの径が大きいくほど凍結が進行しなかった。試料下方の比較的暖かい空気のマクロポア内での対流や、凍結面近傍のマクロポア内壁への水蒸気の凝結などが凍結を抑制したと考えられる。また、φ5 mm×2 本の温度の経時変化はφ2 mm×4 本とほぼ同じように推移し、48 h 凍結後の凍結前線は 15.7 cm 深であった。凍結抑制が水蒸気の移動量に依存するならば、その効果はマクロポアの断面積に比例する。一方、水蒸気の凝結がマクロポア内壁で発生するならば、凝結する場所は内壁の内周に比例する。φ2 mm×4 本とφ5 mm×2 本の内周の総和はほぼ同じことから、凍結抑制は水蒸気の凝結が主要因であると考えられる。

凍結終了後の融解過程における積算浸潤量を図 2 に示す。マクロポアを含まない場合、浸潤開始直後は凍土へ水が流れず、20 h~50 h は 0.56 cm/day とゆっくり浸潤した。そして 50 h から浸潤水量が急増し、55 h には未凍土並みに浸潤した。φ2 mm のマクロポアを含む凍土への浸潤水量は、マクロポアを含まない場合のものと一致した。一方、φ5 mm×4 本のマクロポアを含む凍土では、浸潤開始直後は凍土へ水が流れないが、17 h 頃から浸潤水量が急増した。これは、浸潤水がマクロポアを通して流下したことを示す。50 h 頃にカラムを解体すると、凍土層のマクロポアには孔を塞ぐように、長さ 3 cm 程度の氷ができていた。22 h 頃、浸透速度が低下したのは、この氷が水の流れを抑制したことが原因であろう。同様に、φ5 mm×2 本の場合も 14 h 頃に浸潤水量の急増があり、カラム解体時には 5~10 cm 深のマクロポア内に氷ができていた。このことは、比較的流速の速いマクロポア中でも浸潤水の再凍結が生じることを示唆している。

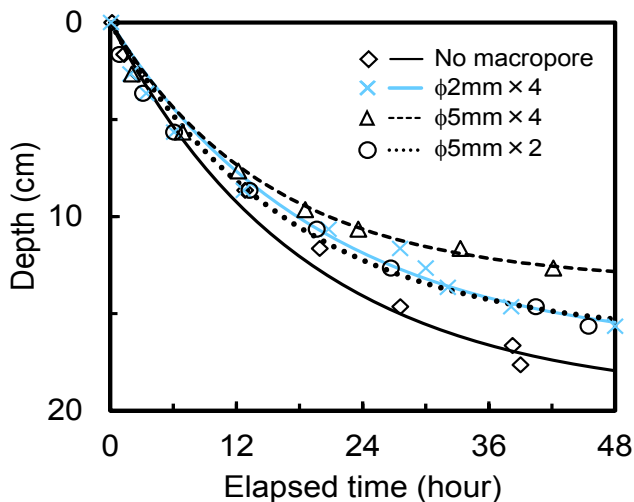


図 1 異なるマクロポアを持つ凍結前線の経時変化

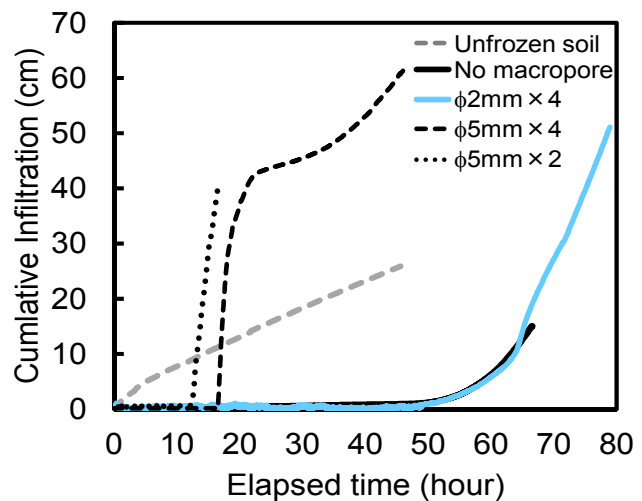


図 2 凍土および未凍土への積算浸潤量

*¹ 三重大学大学院 生物資源学研究所

Graduate School of Bioresources, Mie University