

シルトロームと砂、黒ボク土の一次元カラム凍結実験

-凍結面近傍の圧力変化と水分移動について-

Column Freezing Experiment of Unsaturated Silt Loam, Sand and Andisol

- Change in water pressure near the freezing front -

○紀藤哲矢^{*1}, 渡辺晋生^{*2}

Tetsuya Kito, Kunio Watanabe

1. はじめに

凍結にともなう土中の水・溶質移動を理解・予測するためには、凍結面近傍における土中水の圧力変化を明らかにする必要がある。未凍土の土中水圧はマノメータやテンシオメータで測定できるが、凍土については測定管内の水が凍結するため詳細な測定例が少ない。凍土内の圧力は、しばしば一般化クラウジウス・クラペイロンの式(GCCE)を介して凍土の温度から推定されるが、その土質や凍結速度依存性の検討は未だ十分とは言えない。そこでここでは、土の凍結過程における水移動と温度・圧力分布の関係と土質の影響を調べるために、異なる3種の土を用いて一次元カラム凍結実験を行った。また結果を、GCCEを加え改良したHYDRUS-1Dを用いて解析した。

2. 試料と方法

試料には2mmで篩別した無機質なシルトローム(SiL)、洗浄した砂(S)、ローム質の黒ボク土(AL)を用いた。図1に試料の水分保持曲線を示す。試料を内径7.8cm、高さ35cmの亚克力鉛直カラムに任意の乾燥密度で充填した。SiLとSの初期水分量 θ_0 と乾燥密度 ρ_b をそれぞれ $0.45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, 1.18 Mg m^{-3} , $0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, 1.45 Mg m^{-3} とし、ALは採土時の $\theta = 0.45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ と $\rho_b = 0.95 \text{ Mg m}^{-3}$ とした。

熱電対を1cm間隔で、テンシオメータと前もって不凍水量測定用に校正したTDRセンサー(プローブ長7cm、間隔5mm)を5cm間隔でカラム側面より挿入し、温度と比誘電率、土中水圧を5分間隔で測定した。カラム側面を断熱し、試料に均一の温度分布(4°C)を与えた後、カラム上下端の温度を制御することで試料を上端より凍結した。この際、カラム上下端からの水の流入出はなしとした。任意の凍結時間において試料を切断し、全水量分布を測定した。

3. 結果

図2に凍結過程にあるSiLとALの水分分布を示す。図中、実線は全水量を、破線は不凍水量を示し、その差は水量に相当する。SiLでは24hでALでは48hで試料がおよそ16cm凍結した。両試料とも、未凍土での水分減少と凍土での水分増加がみられ、凍土内での不凍水の再配分はほとんどみられなかった。SiLはALより凍結面近くで不凍水量を多く保持した。また、未凍結のSiLの水分低下が凍結面近傍で顕著なのに対し、ALの水分低下は未凍結領域全体に及んだ。図3に任意の凍結深さ(図中矢印)における、SiLとALの土中水圧分布を示す。凍結面における土中水圧はSiLよりALの方が低くなった。またSiLでは、凍結面近傍の未凍結領域に凍結面と同等の低圧領域がみられることがあった。未凍土内の圧力勾配はSiLで約60、ALで約40とSiLの方が大きくなった。図4に、同地点で測定した試料の温度と土中水圧の関係を示す。図中、実線はGCCEで換算した圧力である。SiLの土中水圧はGCCE同様、温度の指数関数で現象したが、その傾きが異なった。一方、ALの土中水圧はSiLやGCCEに比べて低く、また傾向も異なった。

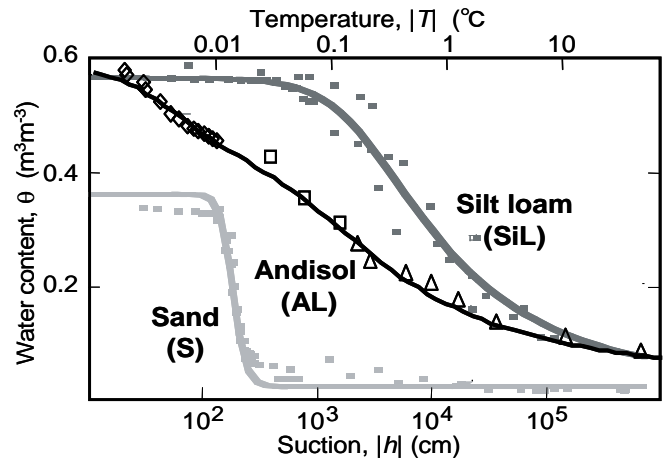


図1 三種の土の水分保持曲線とGCCE換算温度

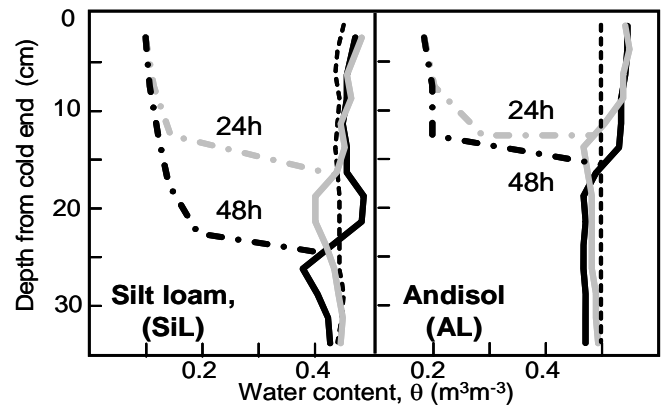


図2 シルトロームと黒ボク土の水分分布

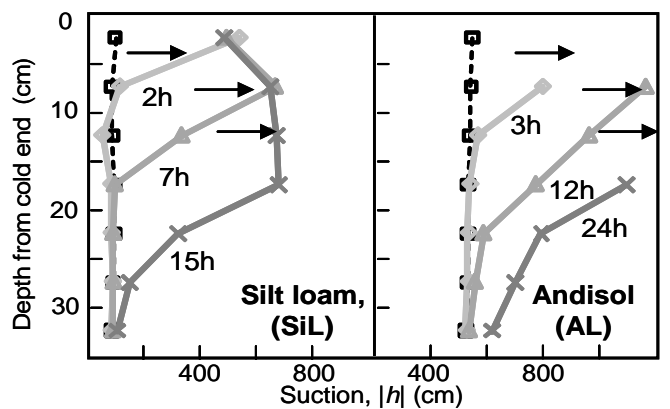


図3 シルトロームと黒ボク土の土中水圧分布

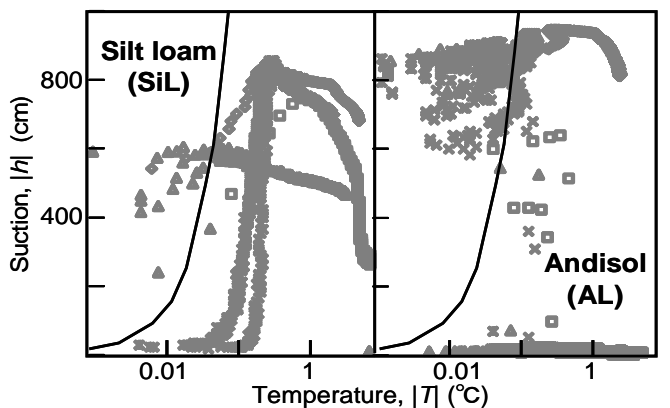


図4 土中水圧と温度の関係

*1 三重大学大学院生物資源学研究所 大学院生
 *2 三重大学大学院生物資源学研究所 准教授・博士(学術)

Graduate Student, Graduate School of Bioresources, Mie University
 Associate Professor, Graduate School of Bioresources, Mie University, Ph. D.