

凍結過程にある土の凍結面近傍の微視的構造

渡辺晋生（三重大生物資源学研究所）

Experimental Study on Microstructure near Freezing Front during Soil Freezing

Kunio WATANABE

はじめに 凍上機構を考えるとIce Lens(IL)や0°C面の位置など、凍結面近傍の構造が重要である。本研究では凍上機構解明の糸口を得ることを目的に、凍結過程にある土の凍結面近傍の微視的構造を顕微鏡を用い直接観察し、この領域の温度・凍結状態について調べた。

一方向凍結実験 試料はBentonite、豊浦砂、藤森粘土と圧密藤森粘土である。試料は脱気水で飽和した。これらを3mm厚に切出し、Slide Glassで挟み試料セルとした。セルには水溜と熱電対を添えた。

図1に実験装置を示す。セルは星印に置く。セル両端の温度を制御し温度勾配 α を、Stepping Motorを用い凍結速度(等温面の進行速度) V_f を試料に与えた。凍結過程の観察は顕微鏡($\times 40$)を介しCCDカメラで行った。観察画像はビデオテープに撮り、コンピュータを用いて20 μm の解像度で解析した。

実験結果 図2に凍結過程の様子を示す。凍結開始後Bentonite内では、樹枝状の氷が成長した。樹枝状氷の先端が0°C近くになると、氷は樹枝間や極く近傍の粘土中の水を吸い、熱流に垂直方向にゆっくり成長した。試料に凍結速度を与えると、再び樹枝状氷の成長が観察された。藤森粘土ではILの成長が観察された。ILは未凍土側の水を吸い、熱流方向に成長した。試料に凍結速度を与えると、rhythmic ILの発生・成長が観察された。このとき間隙氷の発生成長は確認できなかった。豊浦砂では、凍結面が達した間隙で水がそのまま凍った。氷の成長による土粒子の動きは見られなかった。

圧密藤森粘土について、ILの成長量、成長速度、成長面の温度とrhythmic ILの発生成長に伴う全体の凍上量、凍上速度、ILの発生温度を調べた。図3にILの成長面の過冷却度と成長速度の関係を示す。ILの成長速度が温度勾配によらず成長速度によって決まることがわかる。図4にはILの発生する温度と凍結速度の関係を示す。凍結速度が速いほどILの発生温度は低くなった。

まとめ 以上の結果より凍上現象を考える場合、土質による氷結晶の成長形の違いに留意し、土の凍結面近傍の過冷却度と凍結速度に着目すべきであると言える。

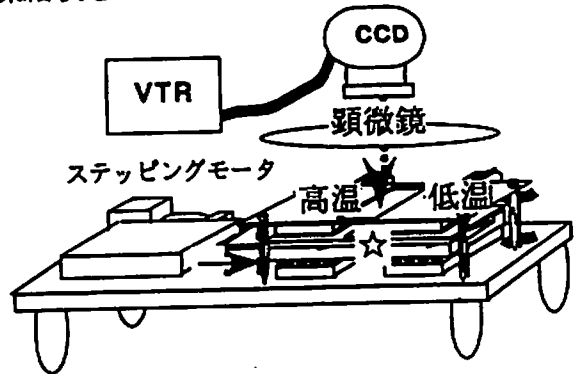


図1. 一方向凍結実験装置

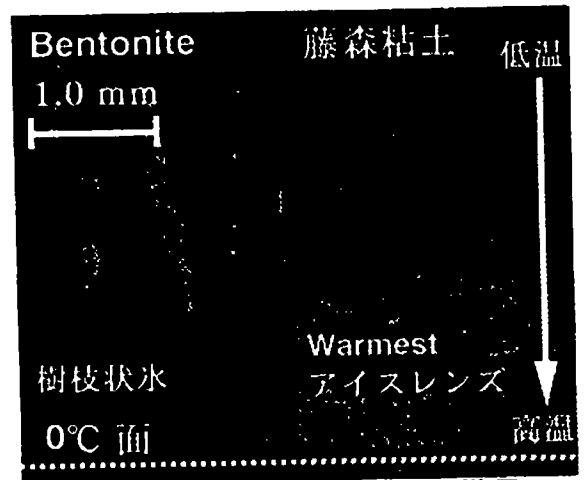


図2. 試料の凍結過程の様子

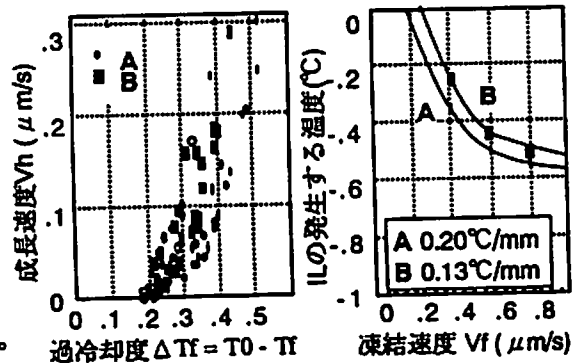


図3. 過冷却度と成長速度の関係 図4. 発生温度と凍結速度の関係