

アイスレンズ成長面近くの含水比と溶質濃度の分布について

武藤由子・渡辺晋生（三重大）・溝口勝（東京大）

Water and solute distribution near growing surface of ice lens in water-saturated glass powder

Y. Muto, K. Watanabe and M. Mizoguchi

はじめに 土や粉粒体試料が凍結すると、試料内の水分や溶質が移動する。この結果、試料の凍結面近くでは含水比や溶質濃度の分布が不均一になることが知られている。また凍結時にアイスレンズ(IL)が発生する場合、ILの成長や成長面からの溶質の吐出が水分や溶質の移動に大きく影響していると思われる。そこで本研究では、IL成長面近くの含水比と溶質の分布について報告する。

試料と方法 粒径の揃ったガラス粉粒体($d=2.2\ \mu\text{m}$)に脱気した蒸留水および、NaCl溶液(0.01 mol/l)を加え、含水比(0.72 g/g)で飽和した。試料は $70\times 20\times 3\ \text{mm}^3$ の試料セルに詰めた。セルを 2°C にならした後、一方向凍結装置に設置し、温度勾配($0.27^\circ\text{C}/\text{mm}$)を与え凍結させた。試料内の凍結面の進行がおおよそ止まった後(温度勾配を与えてより30分後)、試料の温度勾配を一定に保ちつつ一定の凍結速度(等温面の進行速度: $0.4\ \mu\text{m}/\text{s}$)を与えた。このときの凍結面近傍の様子を顕微鏡とビデオカメラを用いて観察した。試料に一定の凍結速度を150分間与えた後、試料をセルより取り出した。取り出した試料は、最も高温側で成長していたILの成長面を基準に、2 mm間隔に切り分けた。この試料の含水比と電気伝導度を測定し、IL成長面近くの含水比と溶質濃度の分布を求めた。

実験結果 試料に温度勾配を与えると、試料内の低温側より凍結が進行した。このときILは発生と成長を繰り返すとびとびな層を形成した。次に一定の凍結速度を与えた。このとき、ILはおおよそ等幅に発生と成長を繰り返した。また、IL層間の間隔は溶質濃度が高いほど狭くなった。図1に各試料中のIL成長面近くの含水比分布を示す。図横軸はIL成長面からの距離で、+が未凍結側、-が凍結側である。図中斜線部は、等間隔のILが観察された領域である。また網掛部は、凍結速度を与える前に生じていたILを多く含む領域である。いずれの試料においても、凍結領域の含水比が初期含水比より増加した。特に、ILを多く含む領域(斜線部、網掛部)の含水比の増加は顕著であった。一方、ILの成長面より未凍結側20 mm程度の含水比は初期含水比より低下した。また、これより遠方の領域の含水比は初期含水比を保持していた。このときの試料内の溶質濃度分布を、図2に示す。試料の凍結部の溶質濃度は、ILを含まない領域では初期濃度より増加し、ILを多く含む領域では減少した。一方、未凍結部の溶質濃度は、IL成長面近傍において初期濃度の2倍以上と大きな値を示した。成長面より20 mm程度の溶質濃度も初期濃度より大きな値となった。この領域は、含水比の低い領域に一致する。また、これより遠方の領域の溶質濃度は初期の濃度を保持していた。

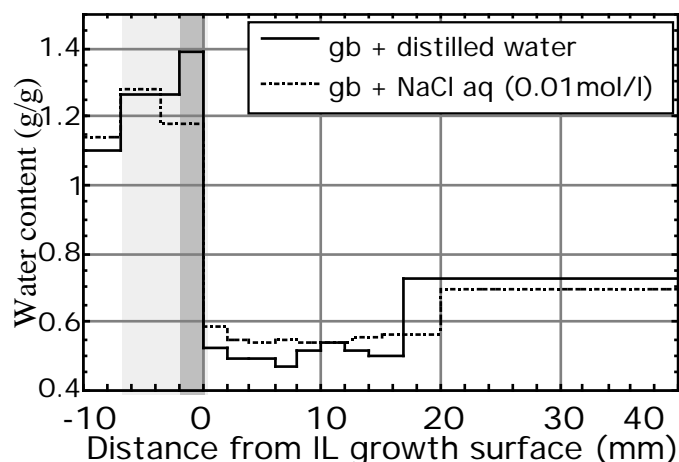


図1：アイスレンズ成長面近くの含水比の変化

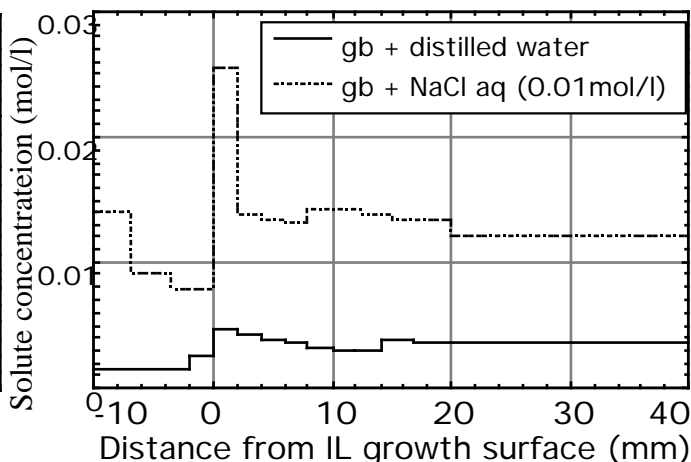


図2：アイスレンズ成長面近くの溶質濃度の変化