

均一粒径ガラスビーズ中のアイスレンズ生成モデル

渡辺晋生・溝口 勝（三重大）

Modeling of ice lensing in unconfirmed uniform glass beads

K. WATANABE and M. MIZOGUCHI

はじめに 多孔体が一方向凍結すると、アイスレンズ(IL)が生成する^{1,2,3)}。しかし IL の生成理論は未だ確立されていない。本発表では、現在までの筆者らの実験結果をもとに、粒径がそろったガラスビーズ内における IL の生成モデルを提案する。

モデル 武藤ら²⁾にみられた IL を対象とし、次の系を考えた。幅 40mm の直方体に径 10 μ m の球が、数密度 $N_0=675$ で水と混合している。この両端の温度を制御し一方を凍結する。試料内の熱移動は熱拡散方程式によって記述できるものとする。

(i)発生条件 凍結温度面の速度 V_f が臨界速度 V_c を下回ると、その場で IL が発生する¹⁾。そこで凍結面近傍の粒子数密度を N とすると、臨界速度は $V_c=a/N$ で示され则认为る。ここで、 a は氷の表面張力や水の粘性を考慮した係数である。

(ii)成長条件 IL の成長速度 V_{il} は IL 成長面の過冷却度 ΔT_m に比例し、 $V_{il}=b \Delta T_m$ で表される²⁾。ここで、 b は水の融解の潜熱や未凍結部の透水性等を考慮した係数である。IL の成長中は、凍結面は IL の成長面と一致する($V_f=V_{il}$)³⁾。

(iii)粒子数密度 IL が成長すると、成長面が粒子を未凍結領域に押込むことが予想される。押込まれた粒子は N を図 1 のように増大させるであろう。そこで N を IL 発生からの時間と、成長面からの距離の関数として、今回は 2 次式で近似する。

以上の条件をもとに IL 生成モデルを図 2 の様に考えた。凍結が始まると V_f は時間と共に減少する。この時 $V_f < V_c$ となると IL が発生し、 V_{il} で成長する。成長面の温度は IL の成長と共に一定値に増大するため V_{il} は減衰する。一方 IL の成長によって N は増し、 V_c も減少する。こうして $V_{il}=V_c$ となり、IL の成長は止る。成長が止ると、発生していた IL の潜熱がなくなり、 V_f は大きく進行する。また、凍結面の進行に伴い N は N_0 に戻り、 V_c は初期値に戻る。こうして再び $V_f < V_c$ となり、次の IL が発生する。この IL でも先の IL と同様に N が変化し、さらに新しい IL が発生する。

おわりに 凍結速度をもとに IL 生成モデルを考えた。モデルは実測の IL の周期的な発生と成長量をよく表現できた。残る課題は各係数の検討と、凍上圧の算出できるモデルへの拡張である。

参考文献 1) Muto et al., Proc. 7th Int. Conf. permafrost.(in press) 2) Watanabe et al.,Ground Freezing(1997) 3) 渡辺,溝口,雪氷学会予稿集(1997)

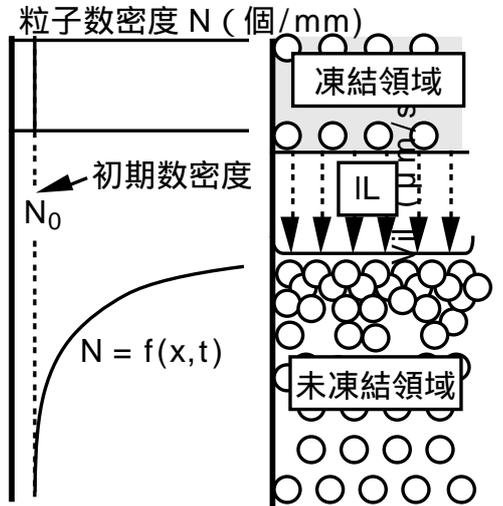


図 1 アイスレンズの成長とNの変化

