

トレハロース水溶液中から成長する氷結晶の樹枝状形態

○古川翔平, 島田 互 (富山大・理)

1 はじめに

トレハロースを含む二糖類には氷結晶の成長を抑制する効果があることが知られている。トレハロースは多くの水分子との結合することから二糖類の中で最も抑制効果大きい。

このトレハロースの水溶液から氷が成長する場合、濃度によらず、抑制効果が現れると考えられてきた。しかし、磯部 (卒論 2007) はトレハロース水溶液の濃度が 10 wt% 以下のとき、純水の場合より氷の成長が速くなることを報告し、高橋 (卒論 2009) は 6~7 wt% で成長速度が約三倍になることを見出したが、そのメカニズムには不明な点が多い。

そこで、本研究ではマッハツェンダー干渉計を用いて、低濃度トレハロース水溶液中での氷結晶成長速度の逆転現象メカニズムの解明を目的に実験を行った。

2 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

実験装置は、氷結晶を成長させる結晶成長セルとマッハツェンダー干渉計からなる。結晶成長セルにトレハロース水溶液を入れ、不凍液で満たした水槽内に沈めた。水槽内は、スターラーにより攪拌されており、また ± 0.01 °C で一定温度に保たれる。(図 1)

観察にはマッハツェンダー干渉計と実体顕微鏡 (Nikon SMZ-660) を用いて、ハイビジョンカメラ (Canon HV10) に記録した。解析には、実験動画をコンピューターに取り込み、画像解析ソフトを用いた。

2.2 実験方法

超純水を用いて、低濃度のトレハロース水溶液を作成した。核生成は、ガラスキャピラリーに液体窒素で冷却した針金を入れることにより行った。キャピラリーの先端からは単結晶が自由成長を始めるので、この結晶を観察した。

なお、トレハロースによる融点降下が起こるため、この平衡温度からの過冷却を過冷却度 ΔT として扱うこととした。

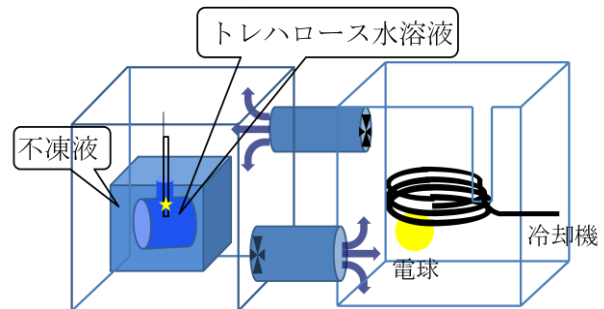


図 1. 実験装置全体図

3 実験結果

最大成長速度を示す濃度は過冷却度によらず 2~3 wt% の時であった。その成長速度は純水に比べ、約二倍であった。

また、先端曲率半径は濃度によらず過冷却度依存性があり、過冷却度が大きいほど、先端曲率半径の値は小さくなる。したがって氷結晶は鋭くなっていくと言える。(図 2)

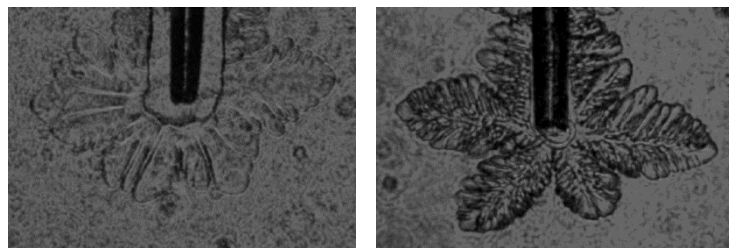


図 2. 実験画像 (左: 純水 右: トレハロース)

4 考察

成長速度が大きくなる原因は三つ考えられる。まず、濃度対流である。この現象は実験画像からも確認することができた。純水中では現れないこの対流がセル内の対流をより活発にしている。

次に熱拡散に有利な形状をしていることが考えられる。先端曲率半径の値から純水に比べ、トレハロース水溶液中の結晶は非常に鋭くなるのがわかる。結晶成長において、鋭い形状であることは、熱拡散に有利であると言える。

最後に、結晶の厚さである。干渉縞の解析からトレハロース水溶液中の結晶は厚みが小さいことがわかり、結晶の成長量は減少する。以上のことからトレハロース水溶液中での氷の成長速度は、純水に比べ促進されたと考えられる。