

生体分子添加水溶液にみられる集光フェムト秒レーザー誘起氷結晶成長

Femtosecond laser-induced ice crystallization processes in aqueous solution containing bio-molecule

¹奈良先端大 物質創成, ²岩手大 寒冷バイオ河野達也¹、澤田晃佑¹、飯野敬矩¹、上村松生²、[○]細川陽一郎¹¹ NAIST, ²Iwate Univ. T. Kono¹, K. Sawada¹, T. Iino¹, M. Uemura², [○]Y. Hosokawa¹

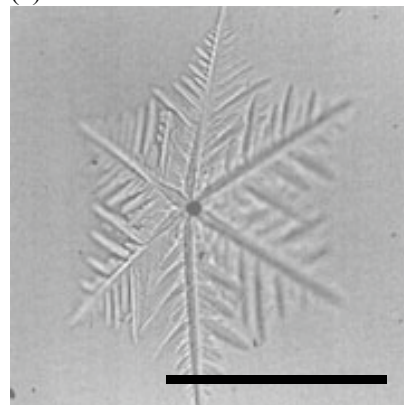
E-mail: hosokawa@ms.naist.jp

【序論】我々は、高強度のフェムト秒レーザーを顕微鏡下で過冷却水に集光照射し、集光点で誘起される微小爆発現象をトリガーとして氷化を誘導し、さらに高速カメラにより氷結晶の発生と成長の挙動を詳細に撮らえることに成功している。この方法により、顕微鏡下で過冷却水の三次元的に選択された箇所に機械的な摂動を非接触に作用させることができ、氷化過程メカニズム解明のためのみならず、生物の耐凍性を調べるための新たな研究手段として注目している。本発表では、細胞中に混入する糖や蛋白質を添加した水溶液を試料として用いてこの実験をおこない、そこで誘導される氷結晶の形状や成長速度がこれらの生体分子により大きく変化することを発見した結果について報告する。

【実験】ペルチェ冷却素子の発熱面に銅製の水冷式クーラーユニットを接着し、5℃の冷却水を循環させ、吸熱面に水試料ホルダーを接着し、この試料ホルダーを倒立顕微鏡(Olympus, IX71)に配置し、そこにフェムト秒レーザーパルス(120 fs, 800 nm, 3 μJ/pulse, 20 Hz)を10倍の対物レンズにより集光照射した。レーザーシステムと顕微鏡の間の光路上の機械式シャッターにより250 msの時間、パルス列を顕微鏡に入射させる設定とした。すなわち5パルスのフェムト秒レーザーが過冷却水に集光照射されることになる。このパルス列が入射したときの挙動を高速カメラ(Photron FAST CAM)により観察した。高速カメラのフレームレートは、10 000 fps (0.1 ms/frame) であり、パルスの照射間隔(50 ms) の間に500 コマの画像が撮影される。糖添加水溶液として0.1 Mのスクロースを添加した水溶液を準備した。さらに、不凍蛋白質(Antifreeze Protein)を添加した水溶液についても実験を行った。

【結果】図に純水とスクロース水溶液中で観察された代表的な氷結晶の顕微写真を示す。純水中では、雪の結晶と同様の形状を示す6本の枝をもつ星型の氷結晶が発生したのに対して、糖添加水溶液中ではその結晶形がひずみ、8本以上の枝をもつ星形結晶も発生した。結晶形の変形は水に添加したスクロースの濃度の増加に伴い大きくなった。さらに不凍蛋白質を添加した水溶液中では、純粋やスクロース水溶液中とは全く異なる綿毛状の結晶が析出した。発表では、結晶の発生確率や成長速度の濃度依存性についても合わせて議論する。

(a) Pure water



(b) Sucrose solution

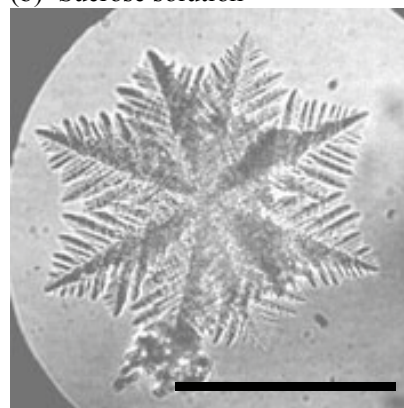


Fig. Femtosecond laser-induced ice crystallization in pure water (a) and aqueous solution containing 0.1 M sucrose. Microphotographs of these ice crystals were captured at a few tens ms after the laser irradiation by high-speed imaging. Bars are 500 μm.