

●放射光 X 線 CT による冷凍試料中の組織構造観察

TN496

Observation of Tissue Structure in Frozen Samples by Synchrotron Radiation X-ray CT

[概要]

地球環境に生息する多くの生物が産業界での様々な物質生産（食品、化成品、医薬品）や植物生産等に利用されています。生産を維持するためには、元となる生物種や組織を破損しないように適切な条件によって保存する事が課題となります。特に、冷凍時の氷の成長によって細胞組織が物理的な損傷を防止する事が重要です。放射光 X 線 CT（Computed Tomography, コンピュータ断層撮影）法は冷凍試料中の成分と氷を明確なコントラストで識別できるため、氷の成長の観察・評価が可能になり、冷凍保存技術の改良に役立つ知見が得られます。

氷の成長を抑える冷凍方法のひとつである急速冷凍時の組織の観察に適用した事例を紹介します。

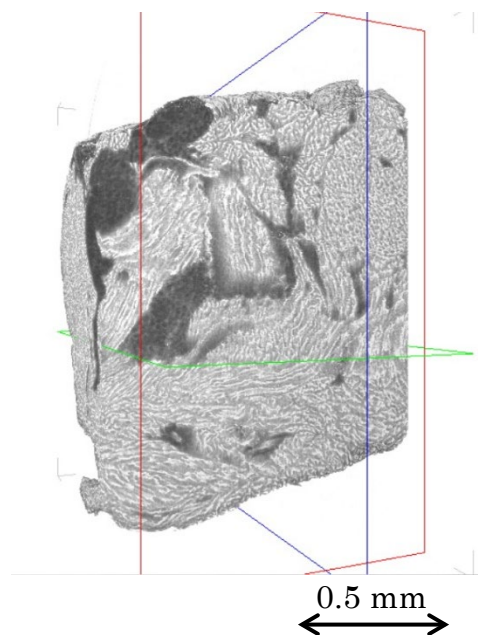
[事例]

Fig. 1 に示す細断した牛肉を急速冷凍したものを試料とし、冷凍状態で X 線 CT 測定できる SPring-8 BL14B2 で 3D 観察データ取得を行いました。照射 X 線のエネルギーは 12.4 keV、観察温度は約 -30°C とし、試料を 180° 回転させて 382 枚の透過像を 2.92 μ m/pixel の条件で撮像しました。1.5mm \times 1.6mm \times 0.9mm の観察範囲で再構成した CT 像を Fig. 2 に示します。冷凍牛肉の組織を立体的に可視化する事が出来ました。



5 mm

Fig. 1 Photograph of Beef Tissue



0.5 mm

Fig. 2 CT Image of Beef Tissue

更に断層像を拡大して詳細な観察を行った結果を Fig. 3 に示します。画像は白色、薄灰色、濃灰色の3つのコントラストから構成されていることが確認できます。これは、波長の揃った単色 X 線による線吸収係数の差に由来するコントラストで、それぞれの線吸収係数（LAG: μ ）は、以下の式から求める事ができます [1]。

$$\mu = \left\{ \sum_j w_j \cdot \tau_j(E) \right\} \rho \quad (1)$$

ここで w_j は試料を構成している元素の質量分率、 $\tau_j(E)$ はエネルギー E の X 線に対する試料を構成している各元素の X 線質量吸収係数 (MAC)、 ρ は試料の密度になります。

式 (1) における元素の質量分率および密度は、脂質についてはオレイン酸、パルミチン酸およびステアリン酸の混合物として、赤身については、グルタミン酸、アスパラギン酸、ロイシン、リジン、アルギニンおよびアラニンの混合物と仮定して求めました。MAC は、X-ray absorption coefficients of the Elements (<http://www.sasakiken.net/abcoeff/abcoeff2.html>) に掲載されている、照射 X 線のエネルギー (12.4 keV) における M/R 値を引用しました。

(1)式より μ はそれぞれ、脂質は 1.31 cm^{-1} 、赤身は 1.84 cm^{-1} 、氷は 2.44 cm^{-1} と計算できます。線吸収係数が大きいほど白く表示されますので、Fig. 3 に示すように、急速凍結した試料の場合、氷はあまり大きく成長せず、赤身の組織の中に数 μm の幅で縞状に存在する事が分かりました。

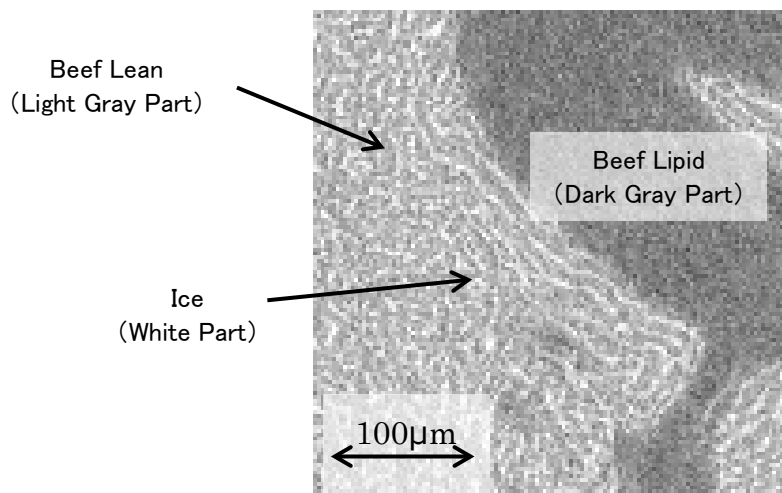


Fig. 3 CT Magnified Image of Beef Tissue

一般的な X 線 CT 装置は、エネルギー分布のある白色 X 線を試料に照射するため、観察成分の線吸収係数が一定値ではなく、コントラストが不明瞭になります。一方、放射光 X 線 CT の場合、単色 X 線効果で線吸収係数に基づく高コントラストな画像が得られるため各成分の分布が明瞭になり、より微細な構造の解析が可能になります。

文献 ; [1] SPring-8 / SACLA 利用研究成果集 (<https://user.spring8.or.jp/resrep/?p=9823>)