

X線CTによる油脂の微細組織の観察 Obsevation of Microstructure of Fats and Oil by X-ray Computed Tomography

藤田 尚也^a, 大西 清美^b, 上原 秀隆^b, 梶原 堅太郎^c,
廣沢 一郎^c, 菊池 護^a, 葛原 大軌^a, 吉本 則之^a
Naoya Fujita^a, Kiyomi Oonishi^b, Hidetaka Uehara^b, Kentaro Kajiwara^c,
Ichiro Hirose^c, Mamoru Kikuchi^a, Daiki Kuzuhara^a, Noriyuki Yoshimoto^a

^a岩手大学, ^b日清オイリオグループ株式会社, ^c(公財)高輝度光科学研究センター
^aIwate University, ^bNisshin Oillio Group. Ltd., ^cJASRI

トリアシルグリセロール (TAG) は食用油脂の主成分であり、特にチョコレート特性は主に TAG の結晶構造、組織及び物性によって決定される。そのため TAG の微細組織や温度にともなう相挙動を知ることは、チョコレートなどの油脂製品の品質制御のために極めて重要な情報となる。今回はチョコレート用油脂の微細組織の解明を目的として、X線CT法による油脂組織の観察を試みた。このなかで、油脂組織内に特異的に分布する物質を添加しその濃度の効果と温度依存性を明らかにした。

キーワード： X線CT、チョコレート用油脂、トリアシルグリセロール

背景と研究目的：

トリアシルグリセロール (TAG) は食用油脂の主成分であり、チョコレートなど油脂を含む食品の特性は主に TAG の結晶構造、組織及び物性によって決定される。食用油脂において TAG 分子は、分子の有する3本の脂肪酸鎖の二重結合数や鎖長が異なった混合物であり、融点の低い TAG 分子成分が常温で液体として多結晶中に含まれている。この組織中に含まれる液体成分は 30℃ で 20%程度存在することがパルス NMR の測定により明らかになっているが、その存在状態や組織構造は全く不明である。また、温度変化にともなって、油脂中の液体と固体成分の割合が変化する挙動が認められており、油脂中の液体成分は、結晶成分の相転移を促進することから、油脂中の組織や温度にともなう相挙動を知ることは、チョコレートなどの油脂製品の品質制御のために極めて重要な情報となる。我々はこれまで、光学顕微鏡や AFM による油脂の表面観察を行い、温度上昇に伴い内部で溶融した一部の油が表面に液滴となって出現する現象を明らかにした。この液滴は繰り返しの温度変化に対しても、必ず同じ場所に出現することから、油脂内部に液体成分領域が存在し、その流出経路が固定化されていることが推測された。そこで、本研究では放射光 X線CTを用いることで、油脂内部の液体成分と固体成分の空間分布等の微細組織を直接観察すること目的として実験を行った。以前に行った油脂試料単体に対する X線CTの実験では、空隙やクラックなどの構造欠陥は確認されたが、油脂内部での液体成分と固体成分を見分けることはできなかった。これは油脂の液体成分と固体成分の X線吸収量の差、特にこの場合においては密度差が小さいためであると考えられる。また前回は、X線吸収係数の高いヨウ素を含む造影剤を用いて検討を行い、造影剤の効果を検証した。今回はあらたに開発した造影剤を用い、高融点油脂と低融点の TAG を混合したモデルサンプルを使用し、固体と液体によって構成される油脂の微細組織を X線CTによって可視化することに取り組んだ。

実験：

油脂試料として、ココアバター代用脂と、低融点 TAG と高融点 TAG から成る混合油脂試料 (モデルサンプル) を用いた。光学顕微鏡観察からモデルサンプルは、代用脂よりも大きな組織を持っていることを確認している。これら2種類の油脂に対し、造影剤を添加したものと添加しないものを用い、内径 0.5 mm のポリイミドチューブに充填したものを X線CT用の試料とした。造影剤としてヨ

ウ素を含む A1 と鉛を含む A2 を用い試料に添加した。X 線 CT 測定は、SPring-8 の BL14B2 にて行った。自作の温調ステージを回転ステージの上に載せて、試料温度を 30 °C または 40 °C に設定し ± 0.2 °C の範囲で制御しながら測定を行った (Fig. 1)。X 線のエネルギーは造影剤の吸収が大きくなる条件として 6 keV とした。

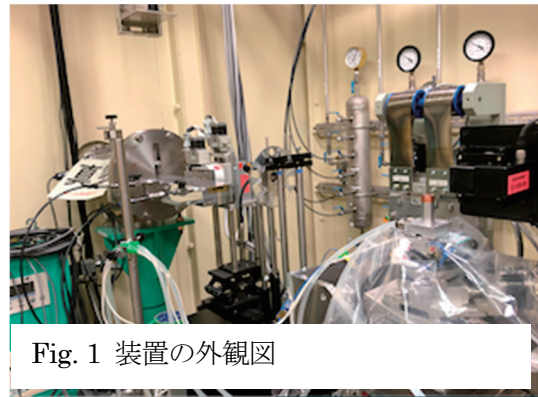


Fig. 1 装置の外観図

結果および考察：

実験によって得られた X 線 CT 画像を Fig. 2 に示す。この図において、X 線吸収が大きい高密度の部位は白、小さい低密度の部位は黒で表示されている。Fig. 2a は A1 を添加したモデルサンプル、Fig. 2b は A1 無添加のモデルサンプルである。上の図が円筒形の試料の長さ方向から観察した断面図であり、下の図は側面からのものである。外側の白い円筒形のは油脂試料を保持するためのポリドチューブである。その内側に油脂試料が充填されている。油脂中の黒く見える部分は空隙であり、油脂は粒状の集合体を形成している。Fig. 2a に示す A1 添加試料では、粒状の油脂中に明確な吸収コントラストが確認される。この粒中の比較的白い部位は顕微鏡観察から得られた液相のサイズと同程度であり、粒内コントラストの面積比率はパルス NMR から求められた液相と固相の存在比率と同程度である。A1 無添加の Fig. 2b では、粒状の油脂試料の部分にはコントラストが見られないことから、造影剤を用いることにより油脂試料の液相と固相のなす組織を可視化できることが明らかとなった。A2 を添加したモデルサンプルの CT 像においても同様に油脂中で吸収コントラストが確認されたが A1 の方がより高いコントラストを示した。これらのことから、今回開発した造影剤を用いる観察方法により油脂の固相と液相からなる組織を X 線 CT により可視化できることが明らかとなった。

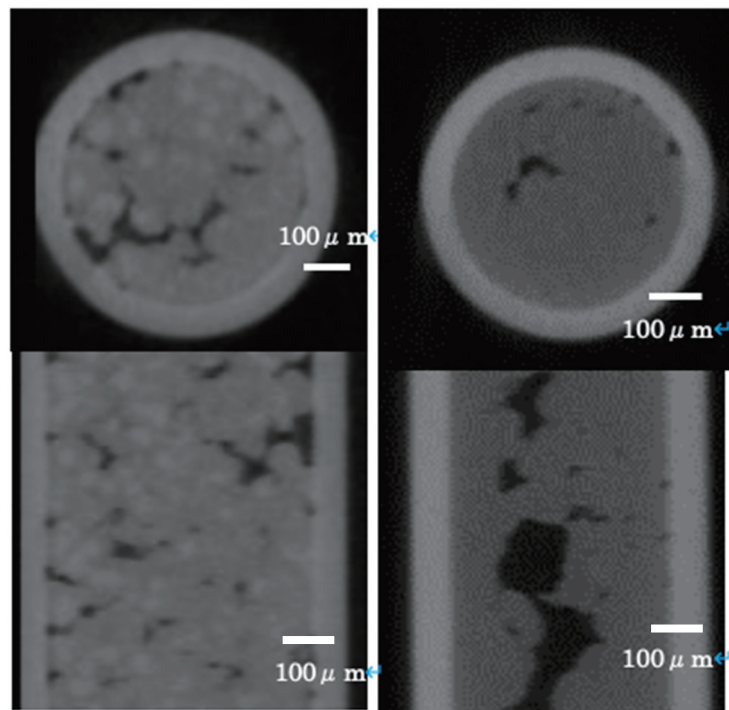


Fig.2a A1 添加 Fig.2b A1 無添加