

X線CTによるチョコレート用油脂の微細組織観察 The Analysis of Microstructure of Fats and Oil for Chocolate

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 Hirosawa^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

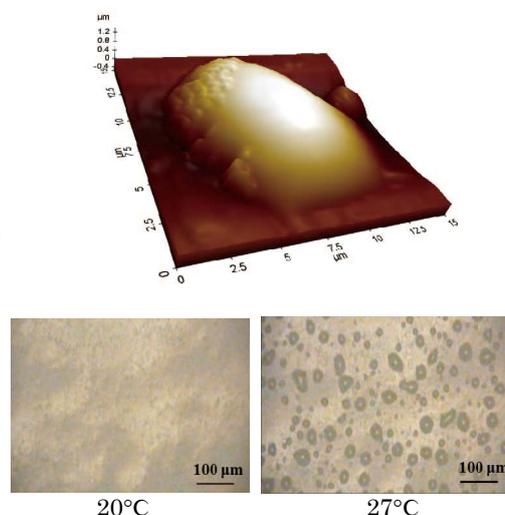
^aIwate University, ^bNisshin Oillio Group. Ltd., ^cJASRI

チョコレートの成分にはトリアシルグリセロール (TAG) といわれる油脂が含まれおり、チョコレートの融点や口溶けなどの特性は主に TAG の結晶構造、組織及び物性によって決定される。そのため油脂材料中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：

チョコレートの成分にはトリアシルグリセロール (TAG) といわれる油脂が含まれており、チョコレートの融点や口溶けなどの特性は主に TAG の結晶構造、組織及び物性によって決定される。TAG 結晶には多数 (少なくとも 6 種) の結晶多形が知られており、チョコレート製品は準安定多形の状態で販売されている。TAG 結晶がより融点の高い最安定相に相転移すると、チョコレートの口溶けが悪くなり、外観では表面が白くなるブルームが発生することで商品価値を著しく低下させる。TAG 分子は 3 本の脂肪酸鎖から構成されており、チョコレートに使われる油脂は、鎖中の二重結合の数や位置、及び鎖長の異なる様々な種類の TAG の混合物である。したがって、チョコレート用油脂の組織には、常温で液体成分と固体成分が混在しており、温度変化にともなう、材料中の液体と固体成分の割合が変化する挙動が見られる。油脂内部の液体成分は、固体 (結晶) 成分の相転移を促進することが知られており、油脂材料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 (Fig. 1)。この液滴は繰り返しの温度サイクルに対しても、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。さらに、出現した直後の液滴の径はおよそ 25 μm 程度であることから内部に存在する流出経路はこれよりも微細であることが考えられた。そこで我々は前回、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を試みた。測定の結果、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。そこで今回は、波長や試料径を最適化し油脂単体の X線 CT 測定を試みた。また、油脂の組織に偏在する可能性のある物質を添加した試料に対しても測



20°C 27°C
Figure 1. 油脂表面に出現する液滴
(上: AFM、下: 光学顕微鏡)

定を行い、油脂内部の微細組織の可視化を試みた。

実験：

チョコレート用油脂はココアバター(CB)及びココアバターの代替脂(CBR)を用意した。CB、CBRに対し可溶である物質 A1 を添加した油脂試料に対しても測定を行なった。測定試料にはCB、CBR、A1を添加したCB(以下 A1/CB)、A1を添加したCBR(以下 A1/CBR)の4種類を用いた。また、A1を添加した油脂2種類に関しては、A1の濃度による比較のために数種類の濃度を用意した。ステージに温調を装備した自作の温度可変ステージを導入し SPring-8、BL46XU で X 線 CT 測定を行った(Fig. 2)。X 線のエネルギーは 6, 8 keV、カメラ長は 4.5, 15 mm から条件を選択し測定及び観察を行った。

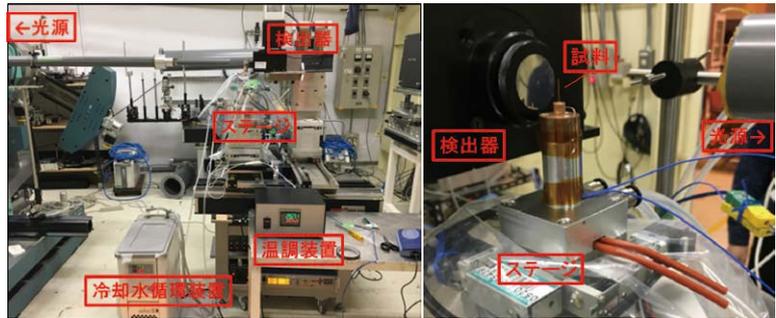


Figure 2. 測定装置

結果および考察：

X 線 CT によって得られる再構成像から A1 を添加した油脂試料においては X 線吸収差から成る白色と黒色のコントラストが確認された(Fig. 3)。このコントラストについて油脂試料中の A1 濃度依存性を評価した結果、A1 濃度が低い試料に比べ濃度が高い試料では X 線吸収が大きい領域が拡大している様子が観察された(Fig. 4 上)。この X 線吸収が大きい領域は A1 の X 線吸収に由来すると同定されるため、この結果から油脂中での A1 の分布が明らかとなった。また、このコントラストについて温度依存性を評価した結果、測定温度が低い場合に比べ測定温度が高い場合では X 線吸収が大きい領域が拡大している様子が観察された(Fig. 4 下)。油脂試料内における液体成分の割合は温度上昇に伴い増加するため、ここで確認された X 線吸収が大きい領域は液体成分に濃縮された A1 によるものと考えられる。また、X 線吸収が大きい領域の径は数 μm –十数 μm 程度であり、光学顕微鏡による表面観察から推察された液滴の流出経路の径と矛盾していない。今後さらなる研究により、油脂内部の微細組織を明らかにすることが可能となると考えられる。

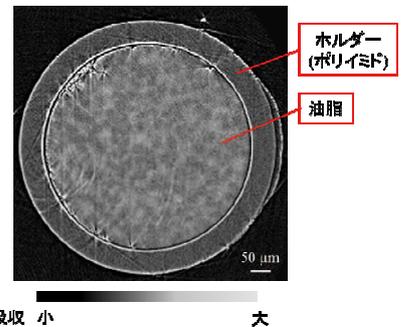


Figure 3. X 線 CT 再構成像

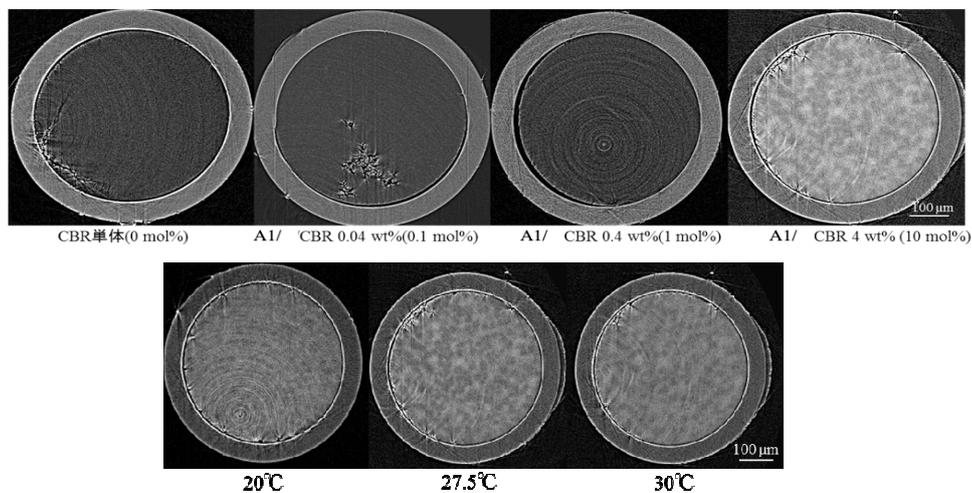


Figure 4. X 線吸収コントラスト
(上: 濃度依存性、下: 温度依存性)