

令和元年度仙台市放射光施設活用事例創出事業
「トライアルユース事業」成果報告

放射光イメージングによる冷凍 水産物組織の可視化と 冷凍条件の最適化

秋山 繁
(有) マルセ秋山商店

水産物は冷凍流通が基本



水産物の特徴

漁獲が自然の影響を受け不安定、漁場が遠い、鮮度低下が早く腐敗しやすい、匂が存在する、水分量が多いなどの理由で多くは冷凍により流通する。従って、**冷凍・解凍技術は水産物の品質維持に欠かせない。**

冷凍水産物の利点

冷凍水産物



寄生虫
殺処理

容易な
加工

保存・供給
価格の安定

品質保持

利用法・
販路の拡大

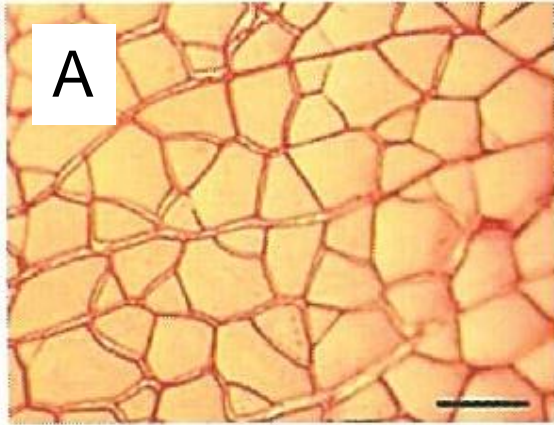
世界に美味しい水産物を届けるために



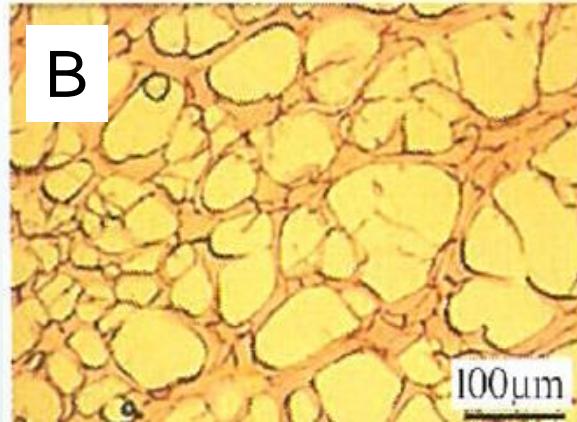
水産物の種類に適した冷凍・解凍法が不可欠

冷凍マグロ筋肉の顕微鏡観察

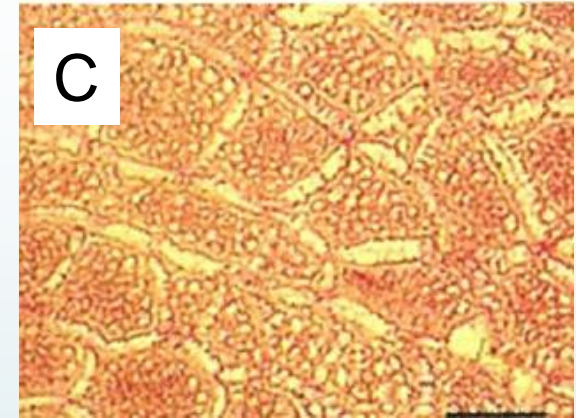
鈴木 (2017)



凍結前 (生)



緩慢凍結
(-18度)



急速凍結
液体窒素

ドロップ (浸出液) : 多
→ 品質低下

ドロップ : 少
→ 品質良好

氷結晶サイズの制御が大切とされる
しかし凍結組織の非破壊的観察は困難

目 的

冷凍水産物の組織状態を解凍処理することなく凍結状態でリアルタイムに観察することを目指し、宮城県でも多く水揚げされるマグロをモデル試料として、凍結方法（緩慢および急速凍結法）の違いが組織の状態に与える影響を放射光X線CTにより非破壊的に3次元可視化し検討した。

プロジェクト実施体制

申請主体： マルセ秋山商店

- 凍結手法の違いが品質に与える影響を放射光CTによりプロファイリングする。
- 冷凍条件の最適化と品質の向上を行う。

協力研究者： 東北大学大学院農学研究科

- 山口 敏康 准教授 (水産化学・水産食品学)
中野 俊樹 助教 (水産化学・水産食品学)
渡邊 康一 助教 (食品組織学・畜産解剖学)
- プロファイリング、3次元像再構築、品質向上策を専門的知見からサポート。

普及協力機関：宮城県食品産業協会

- * 県内食品製造事業者等50社が所属 (マルセ秋山商店は正会員)
- * 東北大学大学院農学研究科とは産学連携の協定を締結

事業成果に基づく放射光の利用可能性と知識の普及およびアウトリーチ活動を行う。

JASRI/SPring-8 産業利用推進室・廣沢博士らと連携し適宜アドバイスを得る

材 料

供試サンプルとしてクロマグロ大トロを
生状態で購入し用いた。

方法

凍結方法

- (1) 送風（エアブラスト）式フリーザーによる急速凍結法
- (2) 一般的フリーザーによる緩慢凍結法

何れの方法でも -25°C にて凍結した。

方 法

サンプルの前処理

サンプルをドライアイスと共に凍結状態で持ち込み低温下で5ミリ角に成型して測定用サンプルとした。

放射光測定条件

SPring-8のビームラインBL14Bで行った。測定波長は1 Å、250ミリ秒の露光時間でサンプルを0.5度刻みで回転させて360枚（180度回転）の透過像を撮影した。撮影像からBL14B2の解析用コンピューターで3次元構成を行った。

データ解析

3次元構成したデータは、東北大学農学研究科において解析用ソフトImage Jで解析した。

SPring-8にて測定



凍結試料の作製

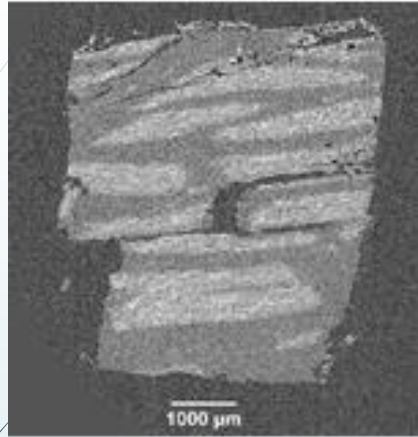


測定装置への試料のセット

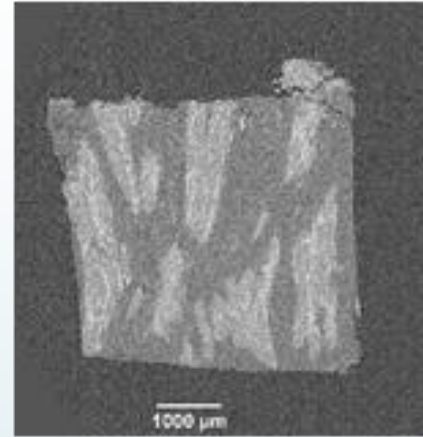


X線 CT 測定と 3次元構成
写真はBL14Bのハッチ付近

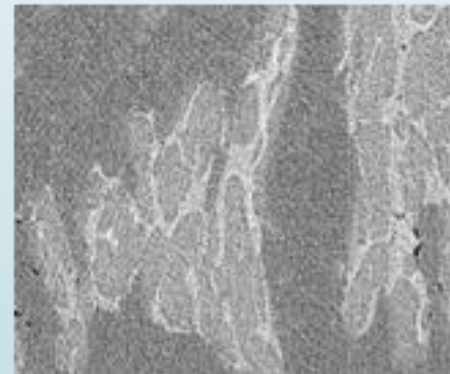
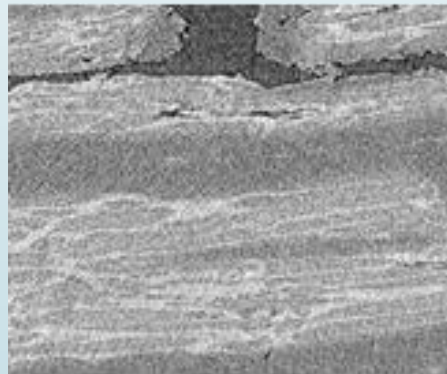
冷凍クロマグロ大トロの断層像



緩慢凍結

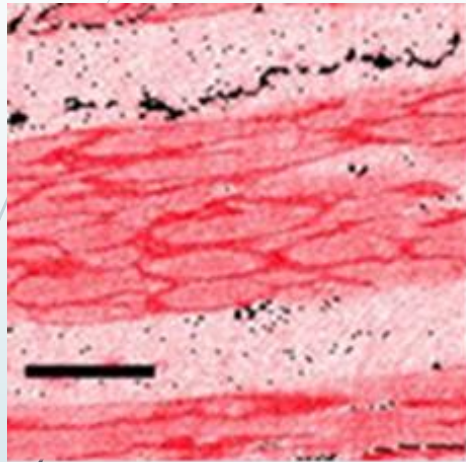


急速凍結

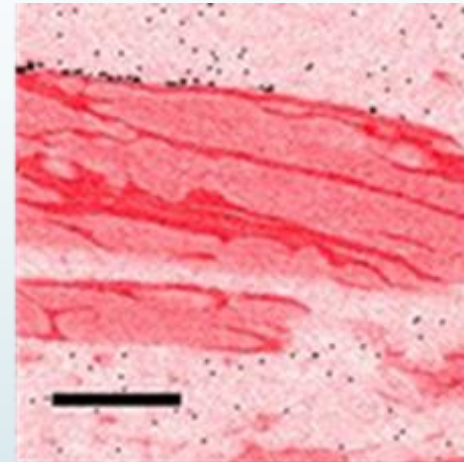


全体像（上）と部分拡大図（下）

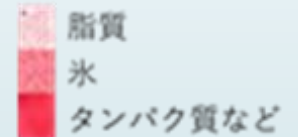
冷凍クロマグロトロ断層像の 疑似カラー化



緩慢凍結

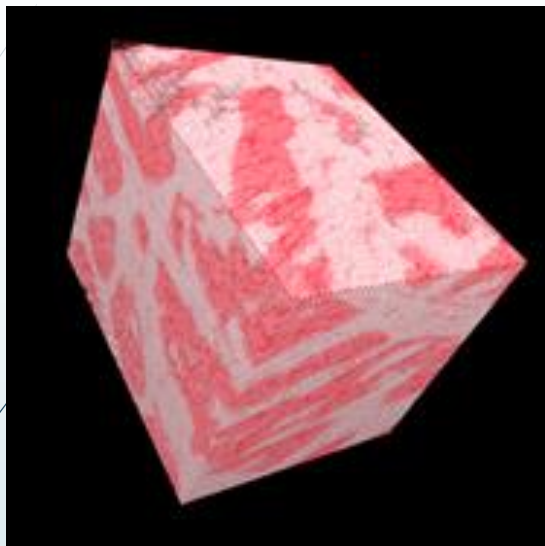


急速凍結



グレースケールでは判別が難しかった組織成分の分布の違いが明確化され、淡いピンクが脂質、ピンクが氷、濃い赤色がタンパク質などの成分に由来すると推察される。

冷凍クロマグロ大トロの3次元再構成像



再構成像（左）と生マグロ大トロ（右、photoACより引用）

凍結状態では、脂質成分に氷結晶と濃縮されたタンパク質などの成分が浮遊したように存在していることが示唆された。

結 論

冷凍クロマグロのイメージング

大トロを冷凍状態で可視化測定

- ・凍結された大トロ中では、急速凍結法に比べ緩慢凍結法においてタンパク質などの成分の濃縮が促進されている。
- ・凍結時のタンパク質などの濃縮の程度が解凍後のドリップ量などの品質に影響すると推察される。

今後の課題

- ・画像上ではタンパク質などの成分の違いが最も顕著に認められたが、放射光以外の観察手法も用いて解析し、画像データと併せて総合的に考察する必要がある。
- ・画像で得られたサンプル間の違いについて、個体差や部位を考慮した検証を行う必要がある。
- ・冷凍水産物については先行研究がないためデータの評価が難しいが、本測定のような冷凍食品の網羅的非破壊評価は、品質に関して科学的根拠が得られる大きな可能性を秘めている。

謝 辞

本研究は仙台市の放射光施設活用事例創出事業の助成を受け実施された。

JASRI/Spring-8

八木 直人、廣沢 一郎
佐藤 眞直、佐野 則道

東北大学大学院農学研究科

日高 將文

宮城県食品産業協議会

浅見 紀夫、竹岡 芳成、小野寺 春香



おわり