# 食品の放射光測定と解析の実際

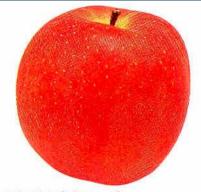
日高 將文 (東北大学 大学院農学研究科分子酵素学分野 助教)

> 2021年1月14日 東北ハイテク研究会Onlineセミナー 〜次世代放射光施設がくる〜 農林水産・食品産業における放射光利用を考える

# ~次世代放射光施設がくる~

#### 期待

新しい施設・測定方法を使って、これまでに測定することができなかった パラメーターが評価できるようになる。



陸奥(むつ)

「キング·オブ·アップル」 と評されたりんご。 香り豊かで すっきりした味。



サンふじ

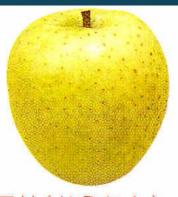
「ふじ」を袋かけ しないで育てた もの。果汁が多く 甘みが強い。



ふじ

果汁が多く、甘みも香りも豊か。果肉は

かたく、シャキッと した歯ごたえ。



王林(おうりん)

黄緑色の肌に斑点。

果肉はきめ細かく、

果汁が多くて、

甘みが強い。



金星(きんせい)

鮮やかな黄金色の

りんご。果肉は

ち密で、酸味が

少なく、とても甘い。

出典:青森県りんご対策協議会

#### 東北大学農学研究科:食品の放射光分析の取り組み

『・・・の方がおいしい』や『・・・した方が品質が良い』といった**主観的な経験知**を、**客観的な評価**とするため数値化する。

#### 食感の違いを説明するために食品の内部構造を評価したい

位相差X線CT法で仙台産エダマメの内部構造を解析 (JA仙台様との共同研究)

#### 冷凍水産物の品質を評価したい

吸収X線CT法で凍結時の氷の状態を可視化 (マルセ秋山商店様との共同研究)

# 測定実施例の紹介

X線CT測定による かまぼこ の内部構造評価

X線吸収法による元素分布の可視化

『かまぼこ』の経験知。

あし(足) 弾力。

すわり(坐り) 魚肉に食塩を加え、しばらく 置くと弾力を呈する現象。

- →『かまぼこ』にとって弾力がとても重要。
- → 弾力にはタンパク質の網目構造が重要。
- ・凍結による内部構造変化が食感の違いに直結。

X線CTにより、かまぼこ中のタンパク質の網目 構造を見ることができるのか?

凍結による内部構造変化を、X線CTで可視化する ことができるのか?

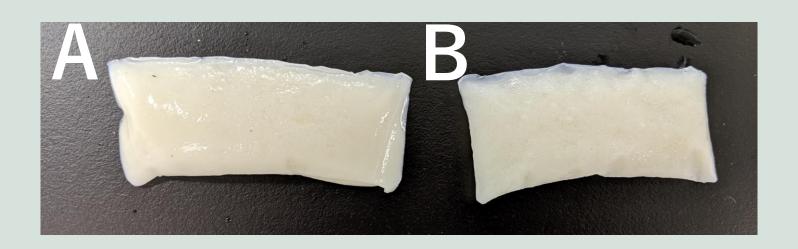
→凍結条件の異なるサンプルを用意してX線CTを測定

試料:かまぼこA、B 提供:藤井智幸先生(東北大学大学院農学研究科)

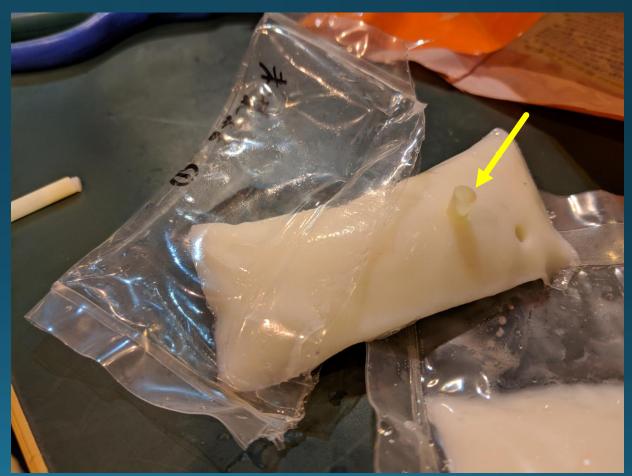
調製かまぼこ

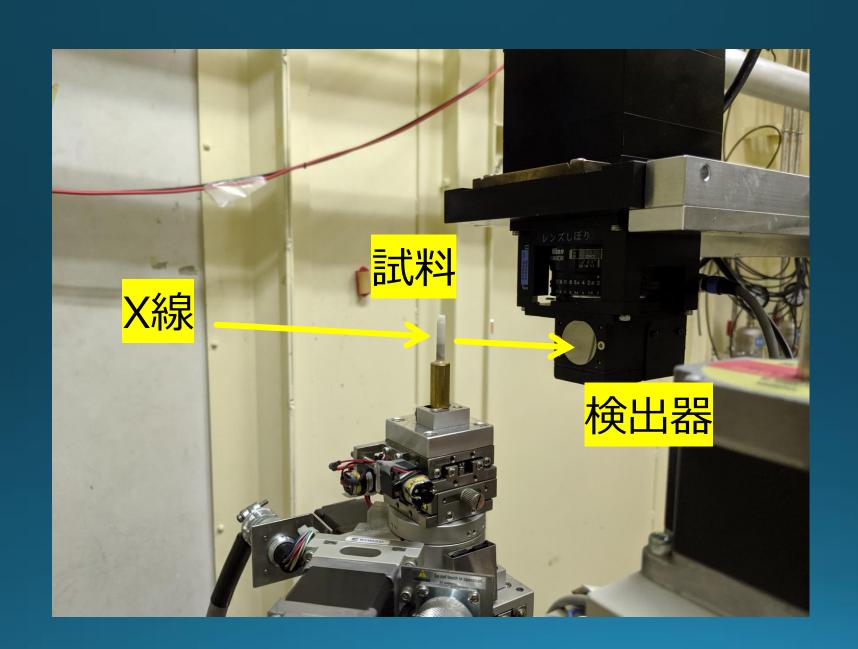
液体窒素凍結・解凍 試料 A

緩慢凍結・解凍 試料 B

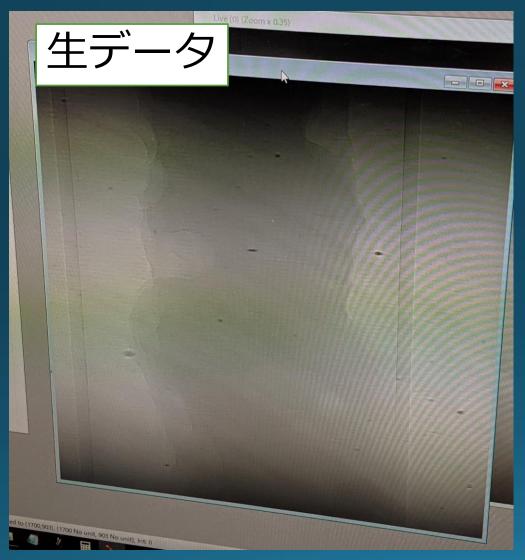












試料の準備 (設置とセンタリング) ~3 min.

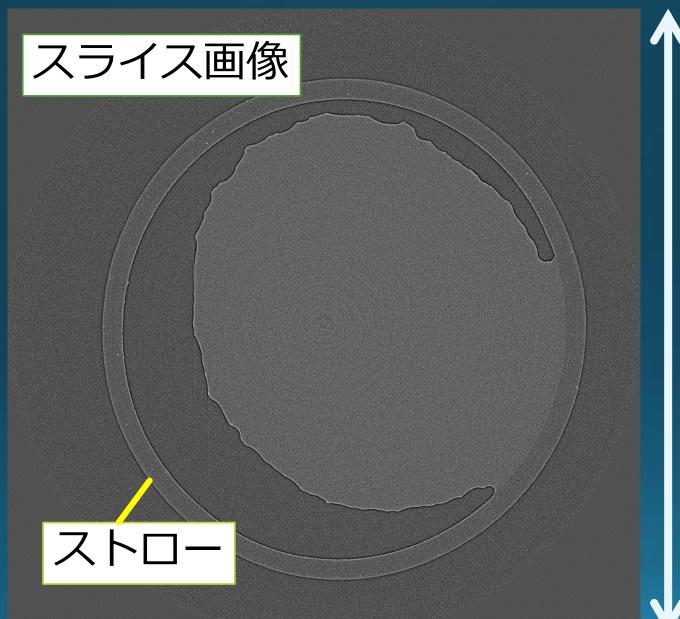
> 測定 (X線照射) ~3 min.

データ処理 ~5-20 min.

計:30 min./1 sample

# 試料A

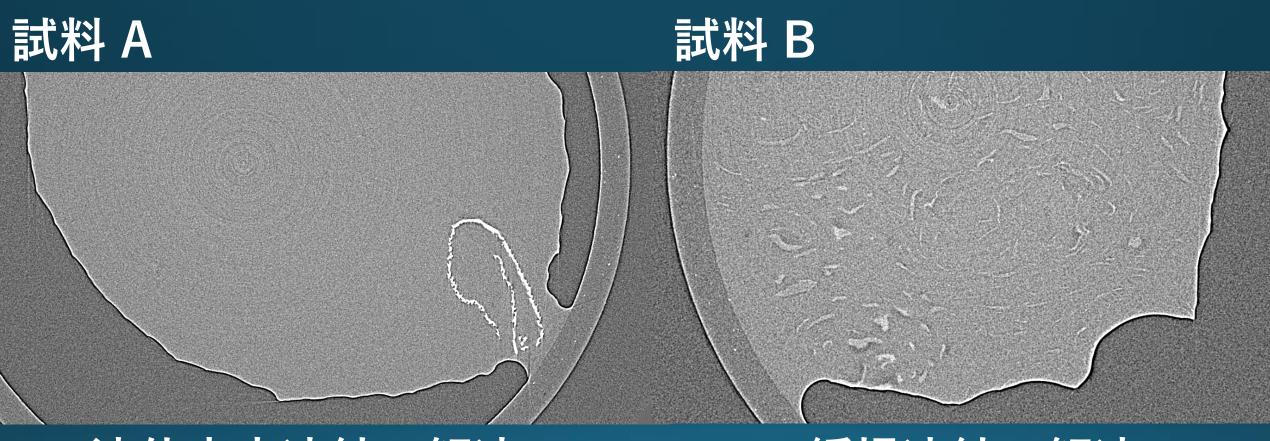




5.5 mm

 $2.75 \mu m / px$ 

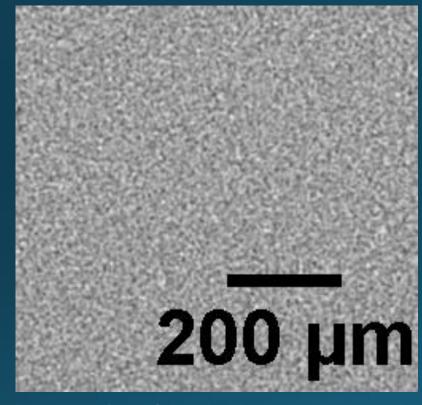
2048 x 2048 px



液体窒素凍結・解凍

緩慢凍結・解凍

試料A



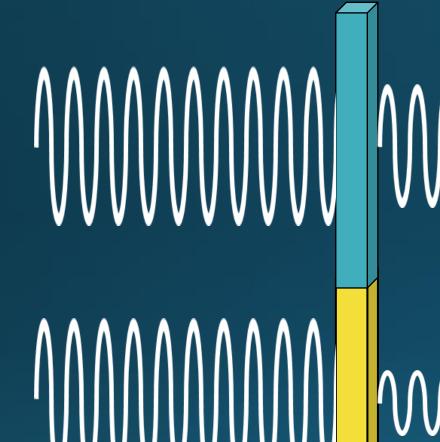
液体窒素凍結・解凍

試料B



緩慢凍結・解凍

- X線CTにより、かまぼこ中のタンパク質の網目 構造を見ることができるのか?
  - →網目構造が確認できるほどの解像度はない。
- 凍結による内部構造変化を、X線CTで可視化する ことができるのか?
  - →見た目では分からない内部構造の不均一性を X線CTによってX線吸収のコントラストとして 可視化することができた。
- より小さな構造を評価する場合には小角X線散乱など他のアプローチを検討。



物質の種類によって、X線の透過率(減衰率)が異なります。

#### 透過率は、物質の元素組成に依存します。

原子番号の小さな軽元素は透過率が高い(X線が透過しやすい)。

原子番号が大きくなるにしたがってX線は透過しにくくなる。

透過型X線CTのコントラストは、物質内部の元素組成に由来しています。

# 各元素の単波長X線(波長1.0 Å)の質量吸収係数

| 原子 | 一番号 | 元素 | 質量吸収係数 |
|----|-----|----|--------|
| 軽  | 1   | Н  | 0.395  |
| 元  | 6   | С  | 1.21   |
| 素  | 7   | N  | 1.93   |
|    | 8   | 0  | 2.94   |
| 中  | 11  | Na | 7.78   |
| 元  | 12  | Mg | 10.6   |
| 素  | 15  | Р  | 20.8   |
|    | 16  | S  | 26.1   |
|    | 17  | Cl | 30     |
|    | 19  | K  | 42.1   |
|    | 20  | Ca | 50     |
| 重  | 25  | Mn | 83.7   |
| 元  | 26  | Fe | 94.8   |
| 素  | 29  | Cu | 122    |
|    | 30  | Zn | 133    |

タンパク質、脂質 炭水化物の 構成原子

単波長のX線を用いた場合、各元素が吸収するX線量の指標。

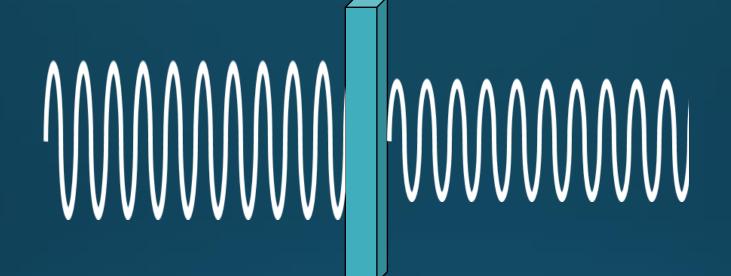
質量吸収係数の値が高いほど、X線を吸収する(透過率が低い)。

(質量吸収係数の単位はcm²/g)

(1 Å (オングストローム) = 0.1 nm)

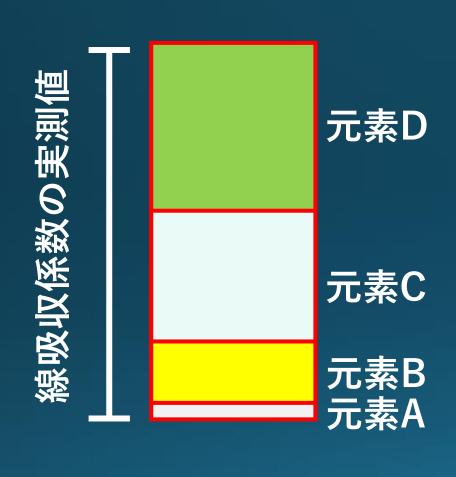
http://www.sasakiken.net/abcoeff/abcoeff2.html

#### 線吸収係数:物質がX線を吸収する量の指標



線吸収係数(X線が吸収される量)は 物質に含まれる全元素種について (各元素の濃度) x (各元素の質量吸収係数) の総和として計算されます。

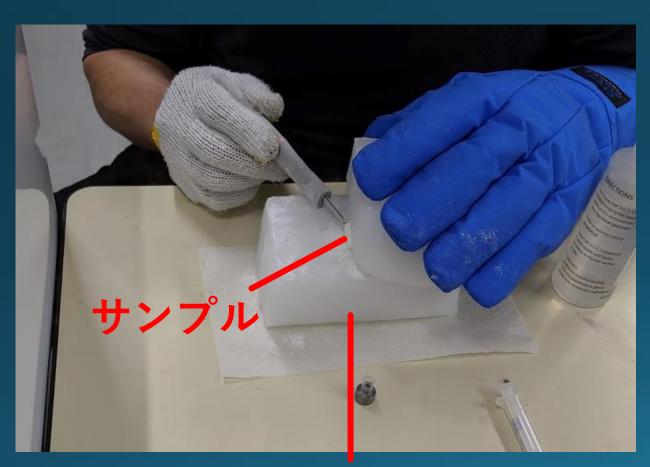
### 放射光だからできること



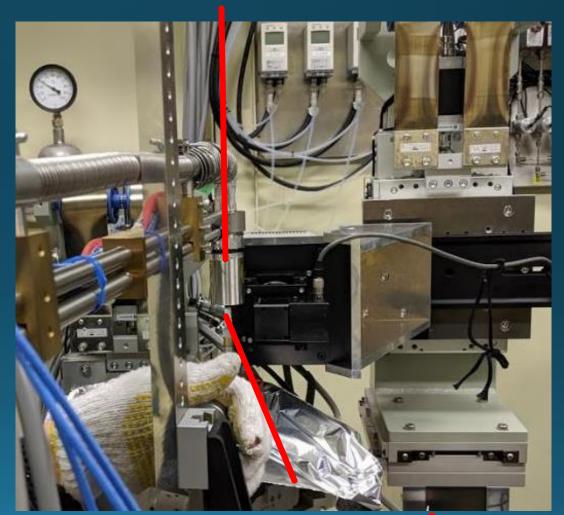
線吸収係数の足し算は 放射光の単色X線を 使う場合にのみ可能。



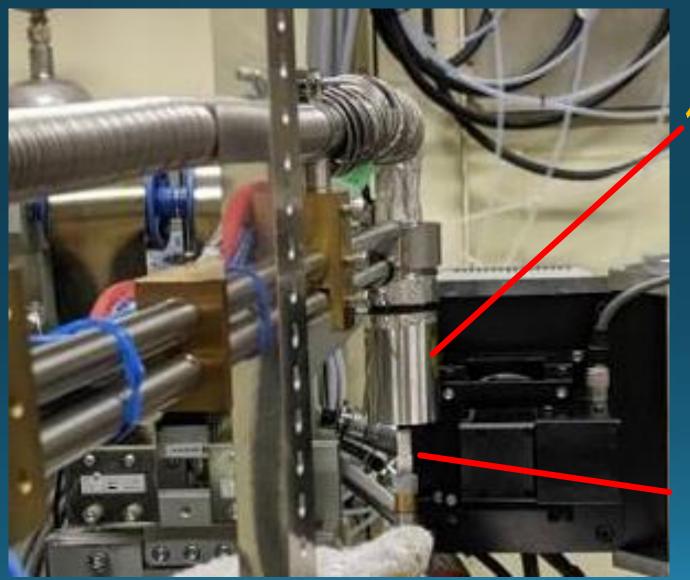
#### 低温ガス吹付装置



ドライアイス

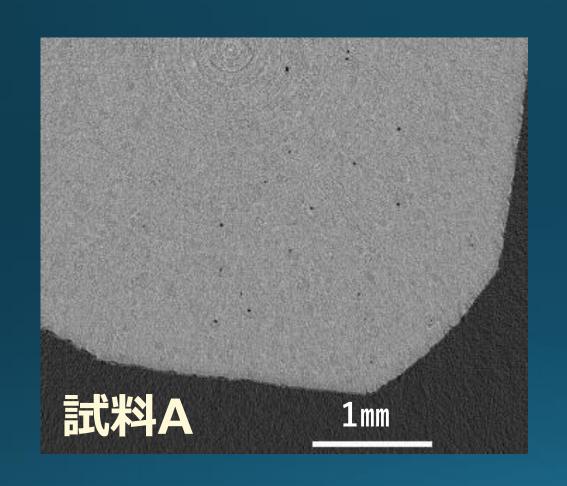


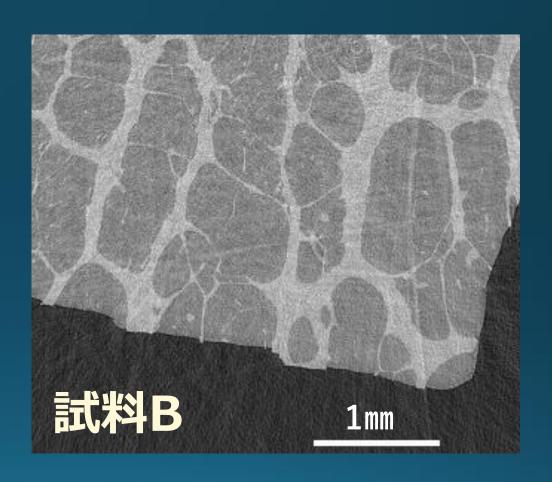
サンプル



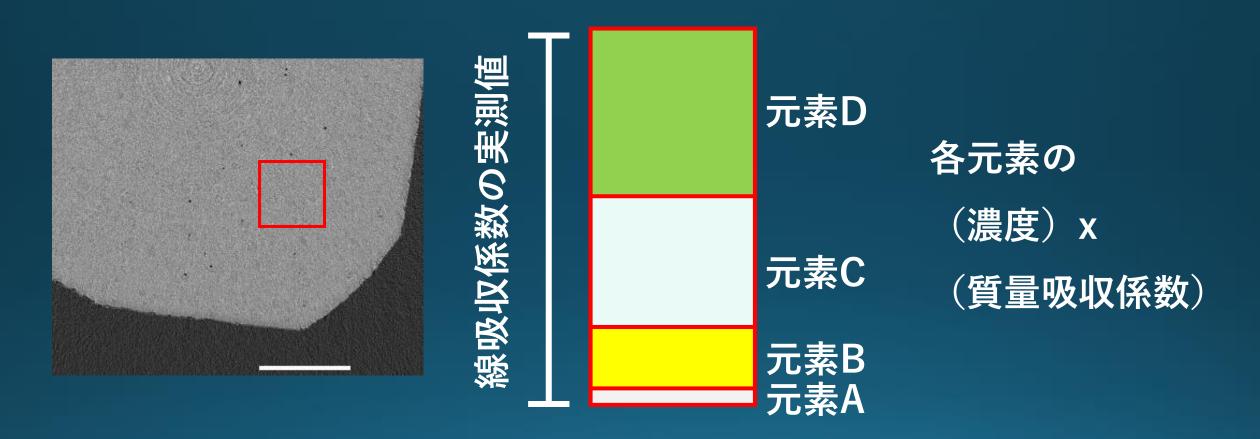
低温ガス吹付装置 (-30°C)

サンプル



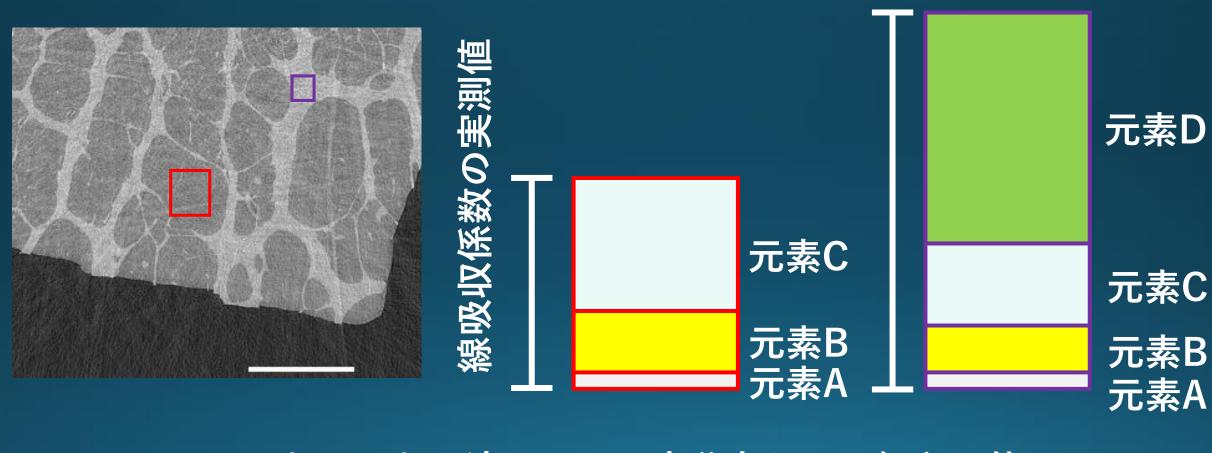


### 線吸収係数:物質がX線を吸収する量の指標



物質の元素組成が分かれば、線吸収係数値の構成を解析することが可能

### 線吸収係数:物質がX線を吸収する量の指標



コントラストの違いは、元素分布として解釈可能