

令和2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」（令和3年度実施）成果報告



会社  
阿部亀商店

# 世界一硬い食品・カツオ節の硬化と 軟化プロセスにおける筋肉成分の 拳動解析と水産物加工への応用

宮城塩釜で創業140年、鰹鮪加工の老舗  
(株) 阿部亀商店



# 研究の背景 カツオ節とは



## カツオ節の特徴

「カツオ節」は世界一硬い食品で、保存性に優れ、出汁として日本の食文化を支えている。硬いカツオ節は加熱や加水により容易に軟化し、この物性変化の拳動からカツオ筋肉の硬化にはガラス化が関与している。

研究の背景  
カツオ節とは



次のスライドに示すように断面はピカピカのガラス状態である。しかし、硬化と軟化のメカニズムについては従来の分析手法では未解明な点も多く、その変化の様相を非破壊的に観察した例はない。

# カツオ節の断面

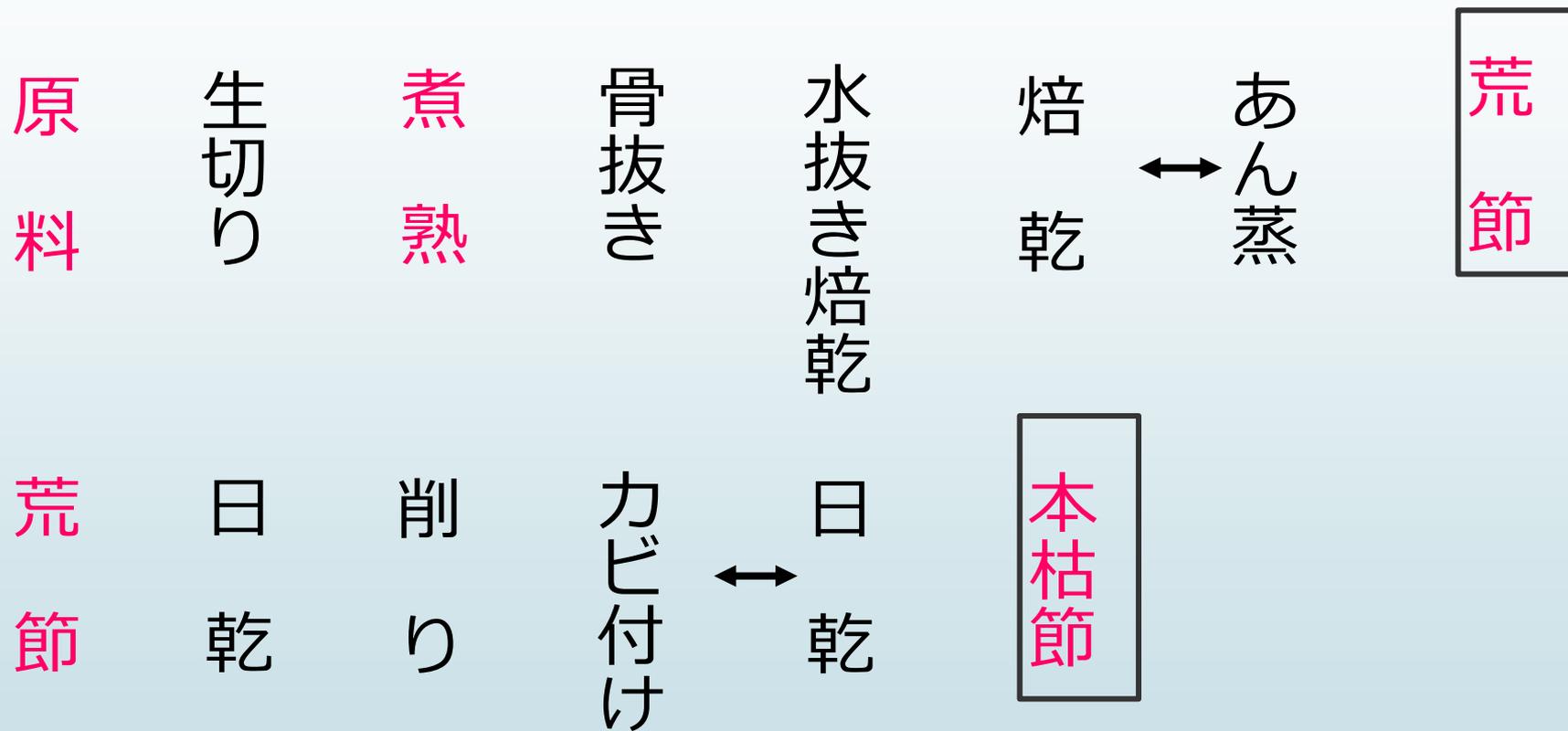


断面は光沢がある  
**ガラス状**の構造  
→ ガラス化している



削り節の状態 (花かつお)

# カツオ節の製造工程



↔ : この工程は繰り返す

研究の背景

# 阿部亀商店のモノづくりへのこだわり



\*生でも食べられる高鮮度な材料を使ったツナとサーモンのレトルト（シンプル塩味）。海外でも人気！

1、冷凍原材料は使用しない

三陸で水揚げした魚を冷凍せず、産地で商品化する。

2、食品添加物は使用しない

極力手を加えず魚本来の味を提供する。

3、持続可能な水産業への取組み

過剰な漁獲を行わず、生態系を維持する持続可能な資源の利用をする。

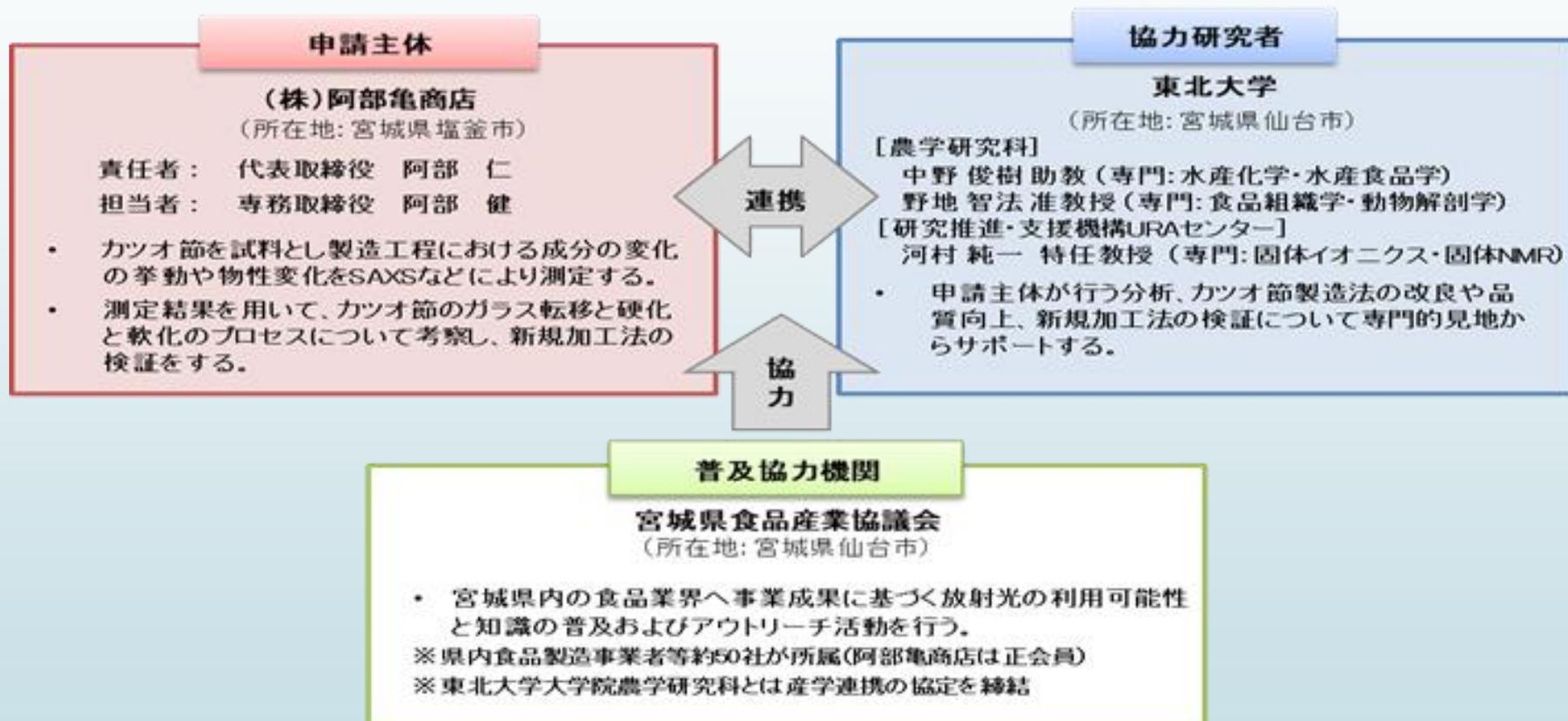
- ・ 選択性の高い一本釣りで一尾ずつ捕獲
- ・ 生産者の顔が見える養殖、トレーサビリティ

4、かつおラボを作り自社でカツオ・マグロ製品を開発

# 目 的

自社のモノづくりへのこだわりを推し進め、新規水産加工品の創出や既存製品の品質向上を図るため、カツオ節を題材に放射光による検討を試みた。すなわち、カツオ節の製造過程における硬化プロセスと加水による軟化プロセスにおける筋肉成分の挙動に関する知見を得るため、カツオ節の製造工程におけるカツオ筋肉の物性変化を放射光X線小角散乱 (SAXSおよびUSAXS)により検討した。

# プロジェクト実施体制



# 材 料

試料として各製造段階におけるカツオ節製品を静岡県焼津市のメーカーより取り寄せた。

以下に試料の概要を示す（背側由来の雄節と腹側由来の雌節も区別した）。

- (1) 生カツオ（原料）
- (2) 煮熟後カツオ
- (3) 1番火入れ後カツオ
- (4) 荒節

以下カビ付け後カツオ

- (5) 荒仕上げ節（二番カビ付）
- (6) 本枯節（仕上げ節）（四番カビ付）

以上試料について筋繊維方向の判断がつく場合は繊維に直角と並行の二つの試料を作製し、さらに一部については水道水に浸漬（水戻し）後の試料も調製した。

# 方 法

## サンプルの前処理

カツオ節試料を1センチ四方、厚さ2ミリに成型してカプトンフィルムに挟み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BL19B2で行った。

測定波長：0.6889 Å

カメラ長：USAXSで40.86 m、SAXSで3.04 m

露光時間：120～300秒

# 理化学研究所SPring-8にて測定



# SPring-8にてSAXS/USAXSを測定



「USAXS測定装置」  
手前に試料がセットされた試料台が置かれ、  
自動で試料を交換して連続測定する自動化が  
進んでいる。



試料を成形しメタルホルダーに固定  
(黄色フィルムはカプトン膜)

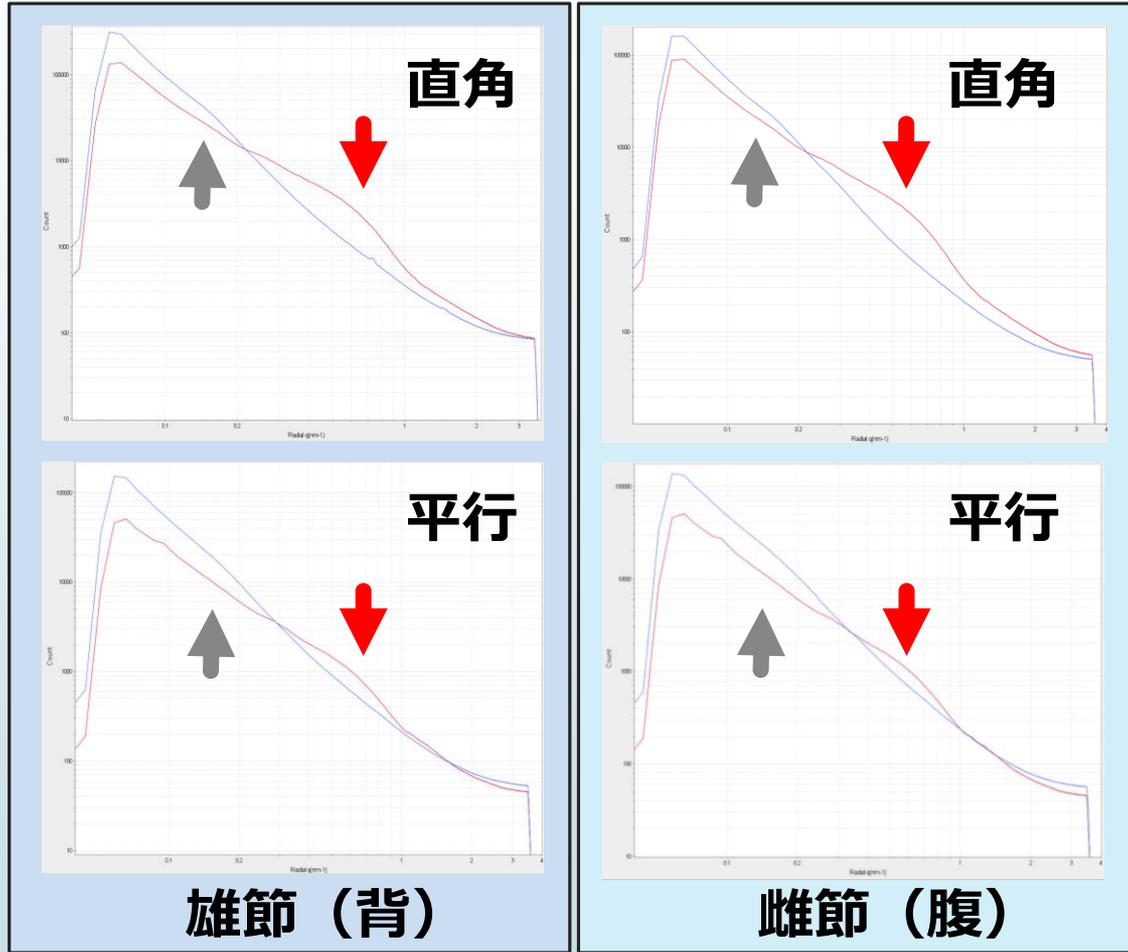


個々のホルダーを試料台にセット

# SAXS測定の結果

## 生カツオと煮熟後カツオの比較

### 生カツオ→煮熟の変化



— 生  
— 煮熟後

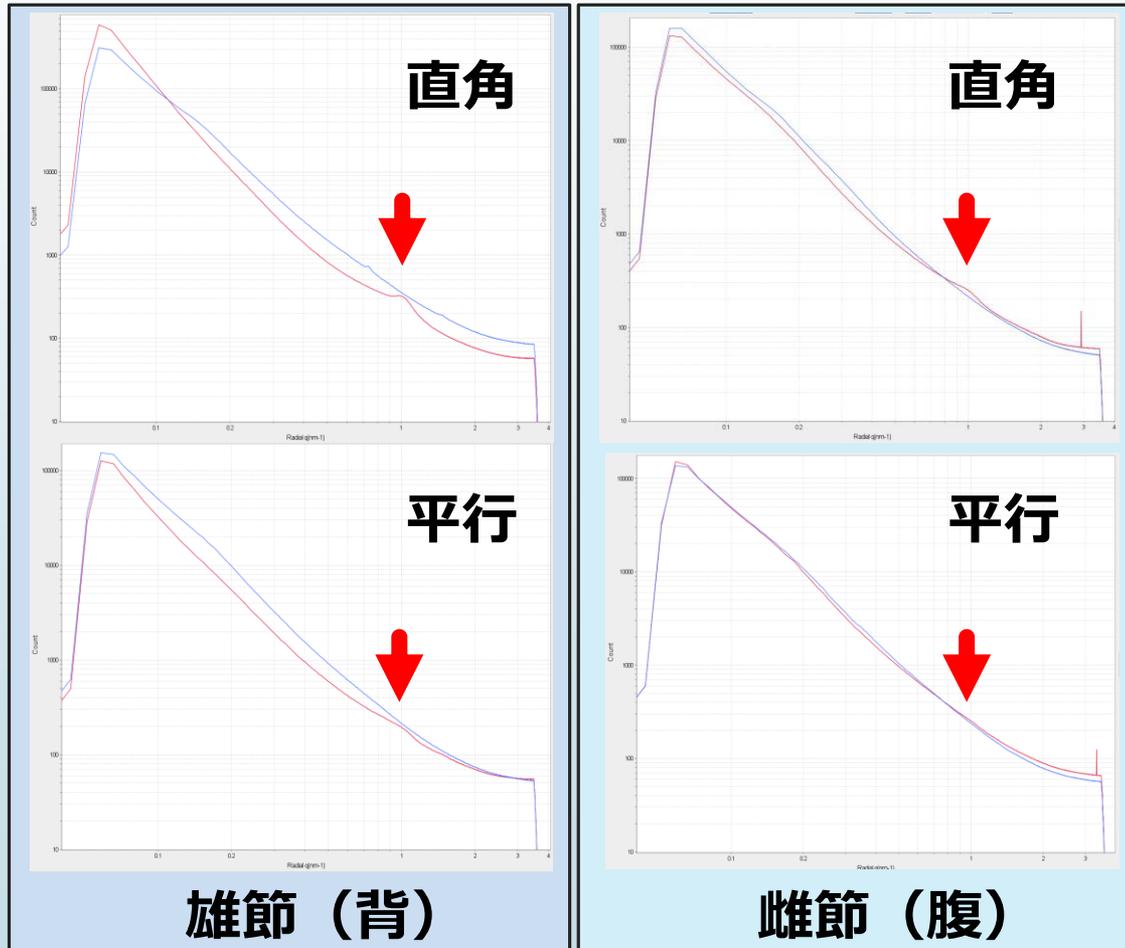
煮熟によって

↑の位置のピークが上昇し  
↓の位置のピークが減少する。

# SAXS測定の結果

## 煮熟後カツオと1番火入れカツオの比較

### 煮熟→1番火入れの変化

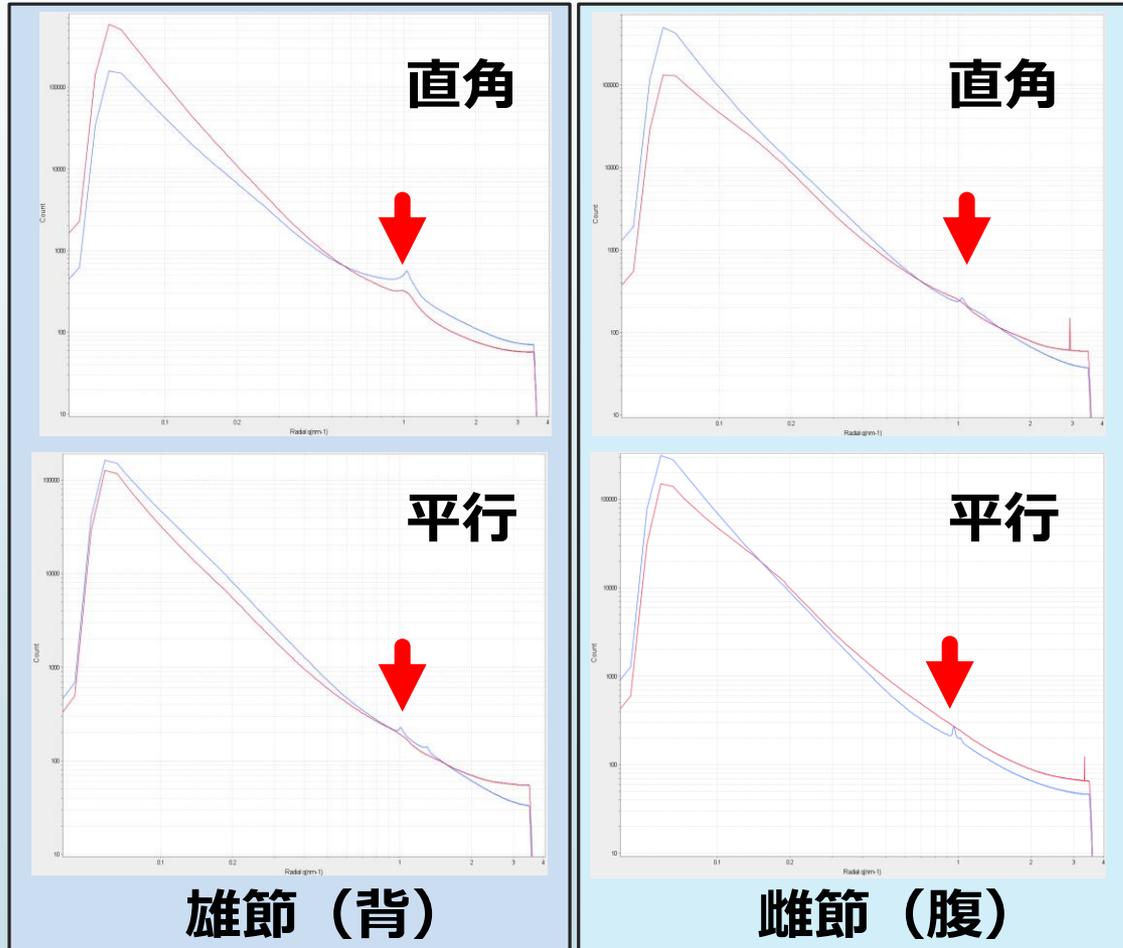


— 煮熟後  
— 1番火入れ後

1番火入れによって  
↓の位置にピークが生じる

# SAXS測定の結果 1番火入れカツオと荒節の比較

## 1番火入れ→荒節の変化



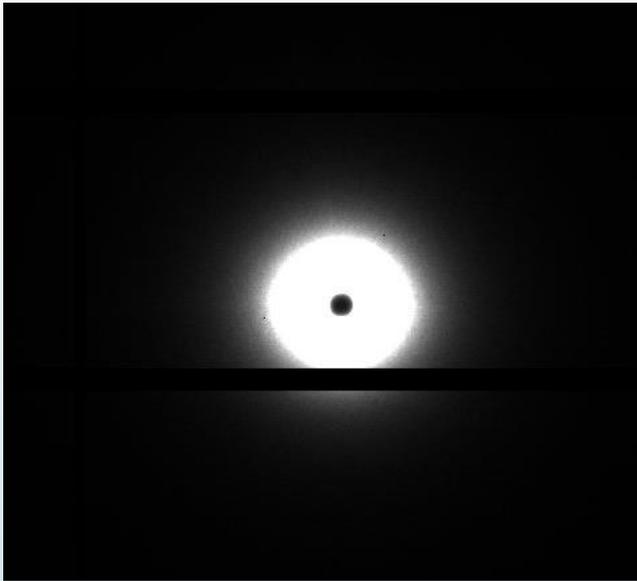
— 一番火入れ後  
— 荒節

荒節は  
↓ の位置にピークが顕在化する。

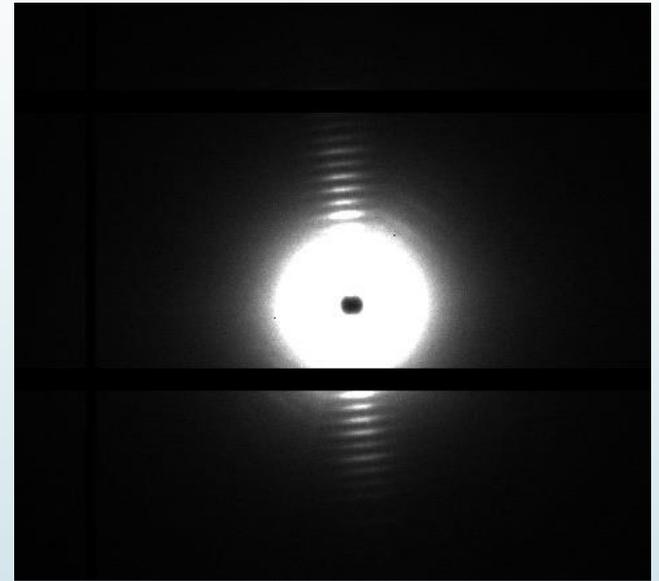
雄節、雌節で若干違いがある。

USAXS測定の結果

# 二番カビ付枯節の湿潤（水戻し）の影響



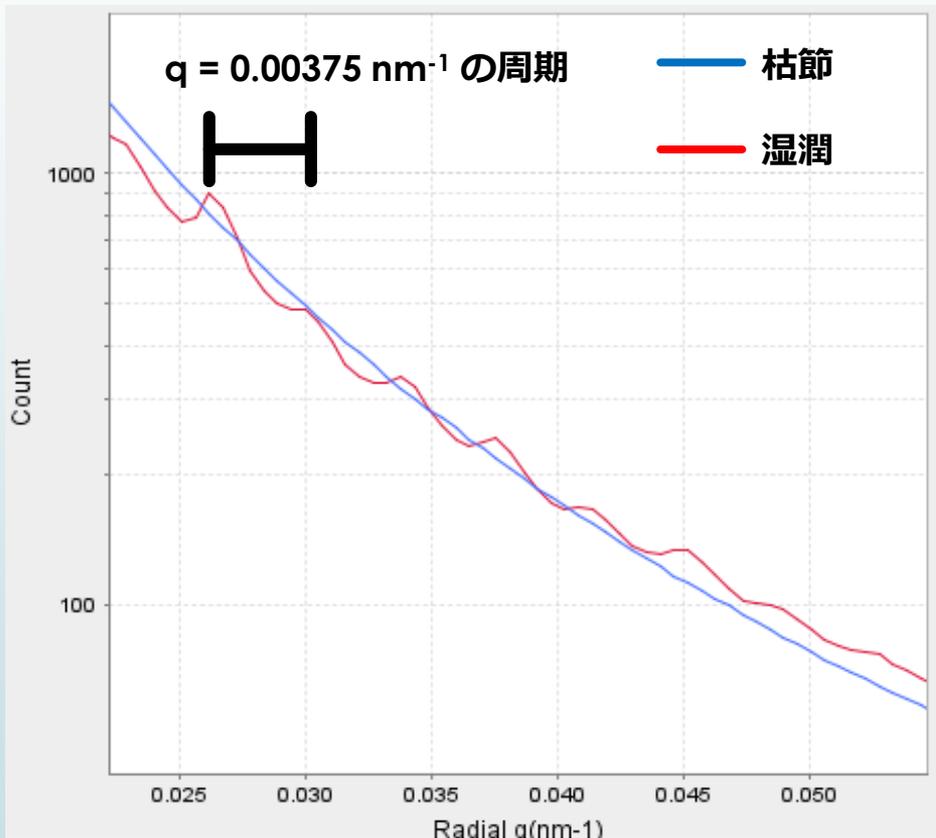
枯節



湿潤状態

湿潤状態になると非晶質ガラスのランダム状態から結晶構造を有するようになることが示唆される

# USAXS測定の結果 二番カビ付枯節の湿潤（水戻し）の影響



$q = 0.00375 \text{ nm}^{-1}$  は  $1.67 \mu\text{m}$  の構造に相当



カツオ節断面（ガラス面）のSEM画像で見られる  
周期構造が  $1.4 \sim 1.7 \mu\text{m}$   
（東北大通研の低真空走査型電顕で撮影）

水戻しすると周期的な散乱ピークが現れた

# 結 論

## SP8においてカツオ節の小角散乱を 世界で初めて測定！

- ・カツオ節の各製造（加工）段階において、小角領域に特徴的な散乱ピークが認められた。
- ・小角領域の散乱ピークは、加工法により消長した。
- ・散乱ピークの消長に雄節と雌節で若干の違いがあった。
- ・カビ付後の枯節では、湿潤状態にすると周期的散乱ピークが出現し、枯節断面の電顕観察により認められる周期構造との関連が示唆された。
- ・散乱ピークや散乱像の由来については、現時点では明らかではない。

# 今後の課題

- ・ 放射光以外の観察手法によるデータも取得し、SAXSデータと併せて総合的に考察する。

- ・ 検出された小角領域の散乱ピークは硬化・軟化過程を調べる指標となる可能性がある。

→ カツオ節に関し放射光による先行研究がないためデータの解釈は難しいが、今後放射光を利用した測定により成分変化に伴う筋肉の物性変化、ガラス化とラバー化の理解に繋がることが期待される。

# 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、大坂 恵一

東北大学多元物質科学研究所/SRIS

蟹江 澄志

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

(敬称略)

おわり