

令和5年度 仙台市既存放射光施設活用事例創出事業  
(トライアルユース事業)

# フリーズドライ麺製造のための マイクロ・ナノ構造指標化への取り組み

マルニ食品株式会社

- ・明治18年(1885年)に街道の麺茶屋として創業。
- ・手延べうどんを始めとして、なま麺や乾麺を製造し「麺のある楽しい暮らし」を目標として日々、人々に寄り添い時代に合わせた幅広い商品づくり
- ・日本の麺文化を磨き上げ  
世界に喜ばれ誇れるもの  
誰かに必要とされる存在になれるために日々邁進

- ・その時代や場所に合うような商品づくり
- ・スーパーやコンビニに合わせた日常的な商品、大切な人への贈り物や特別な日などの非日常、お土産屋さん向けの商品など「人々の生活」に合わせた商品づくりに力を入れている
- ・また今後の開発は、フリーズドライを始めとして今までの麺を超えるような商品づくりを行っていき、次の時代に伝えていきたい

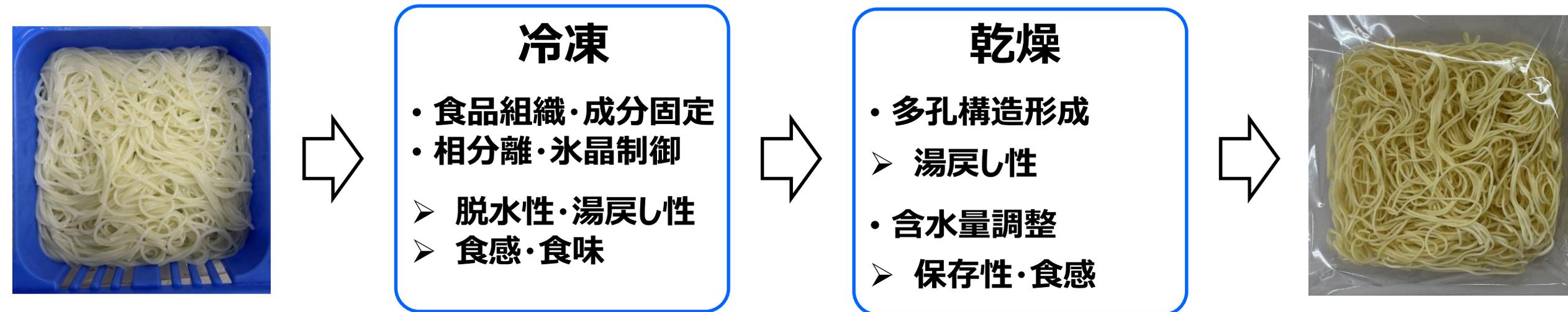
- ・人々の暮らしが多様化し、それに寄り添った商品づくりをするなかで健康的な材料を使用したフリーズドライ麺の作成に挑戦
- ・フリーズドライ食品は、高い保存性や調理不要性、高い携帯性からフードロス削減や災害地域への供給といった社会課題解決にも資すると期待
- ・このような中で美味しく安全な商品を提供できるように、フリーズドライ麺について取り組み「麺の湯戻し性」「食感」を指標に、経験知を基に製造条件を試行錯誤

**その中で定量評価やメカニズムの理解に課題。**

フリーズドライ条件の最適化に向けて、

- フリーズドライ工程のキーパラメーターの効果を可視化し、加工メカニズムを理解。
- 可視化したマイクロ構造がフリーズドライ条件の評価指標となり得るか検討。

## フリーズドライ工程と予想される効果



冷凍と乾燥のパラメータを変えたときの効果を評価。



### 冷凍

- 食品組織・成分固定
- 相分離・氷晶制御
- 脱水性・湯戻し性
- 食感・食味



### 乾燥

- 多孔構造形成
- 湯戻し性
- 含水量調整
- 保存性・食感

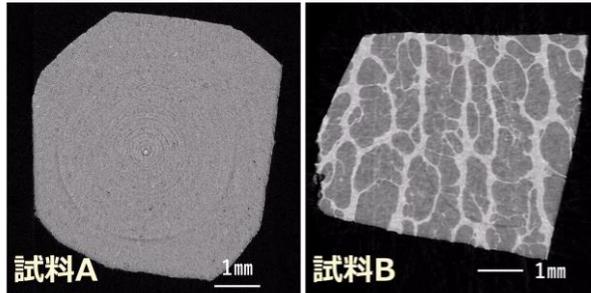


## 放射光X線マイクロCT(低温)

相分離の  
形成有無

急速凍結

緩慢凍結



凍結かまぼこ

低温CT例

(株式会社東北アグリサイエンスイノベーション, 令和2年度トライアルユース事業報告書)

## 放射光X線マイクロCT(室温)

多孔構造の  
形成有無

フリーズドライ  
にんじんのCT例

(van Dalen et al., InsideFood Symposium 2013, Conference paper)

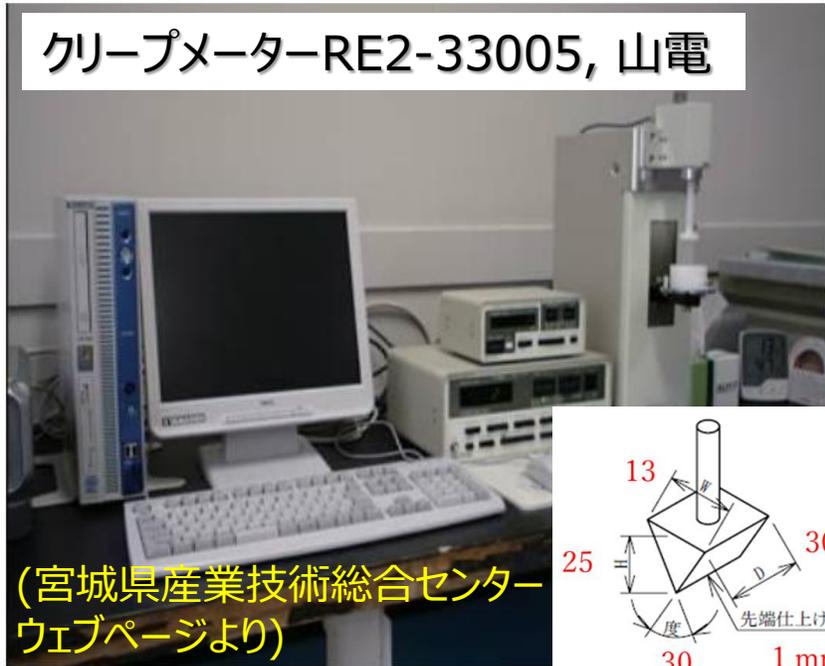


## テクスチャー試験



食感の内、  
破断荷重を定量化

2月のSPring-8実験に向けて宮城県産業技術総合センターでの予備検討を実施。

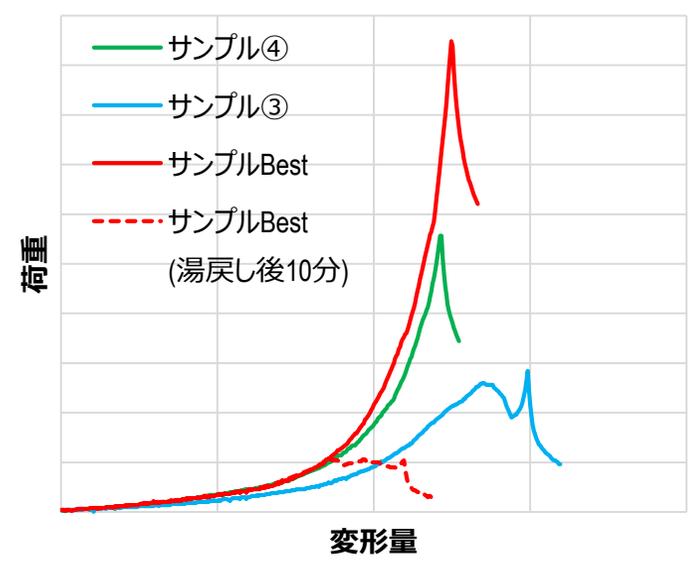


- 食感の内、破断荷重をテクスチャー試験機で定量化。
- 湯戻ししたフリーズドライ麺を測定。
- 楔形プランジャーを使用。

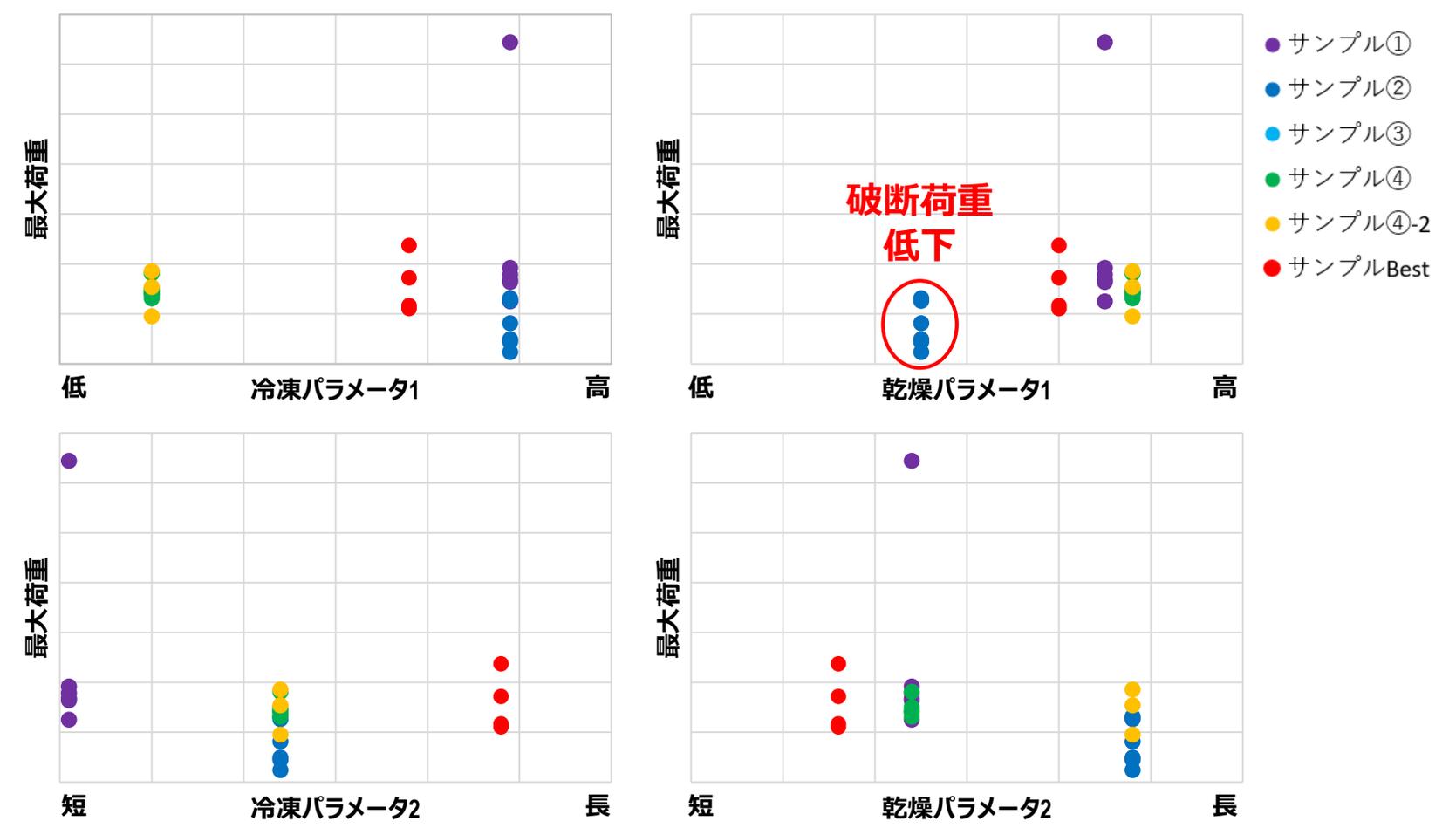
- 冷凍麺のマイクロ構造を評価。
- X線光子エネルギー8 keV (Cu Ka)。
- 画素2.6  $\mu\text{m}$ ・視野5.3 mm。
- 装置の仕様上、冷却範囲が $\sim 5 \text{ mm}\phi$ であり、ドリフトが課題。

冷凍・乾燥パラメータと破断荷重との相関を評価。

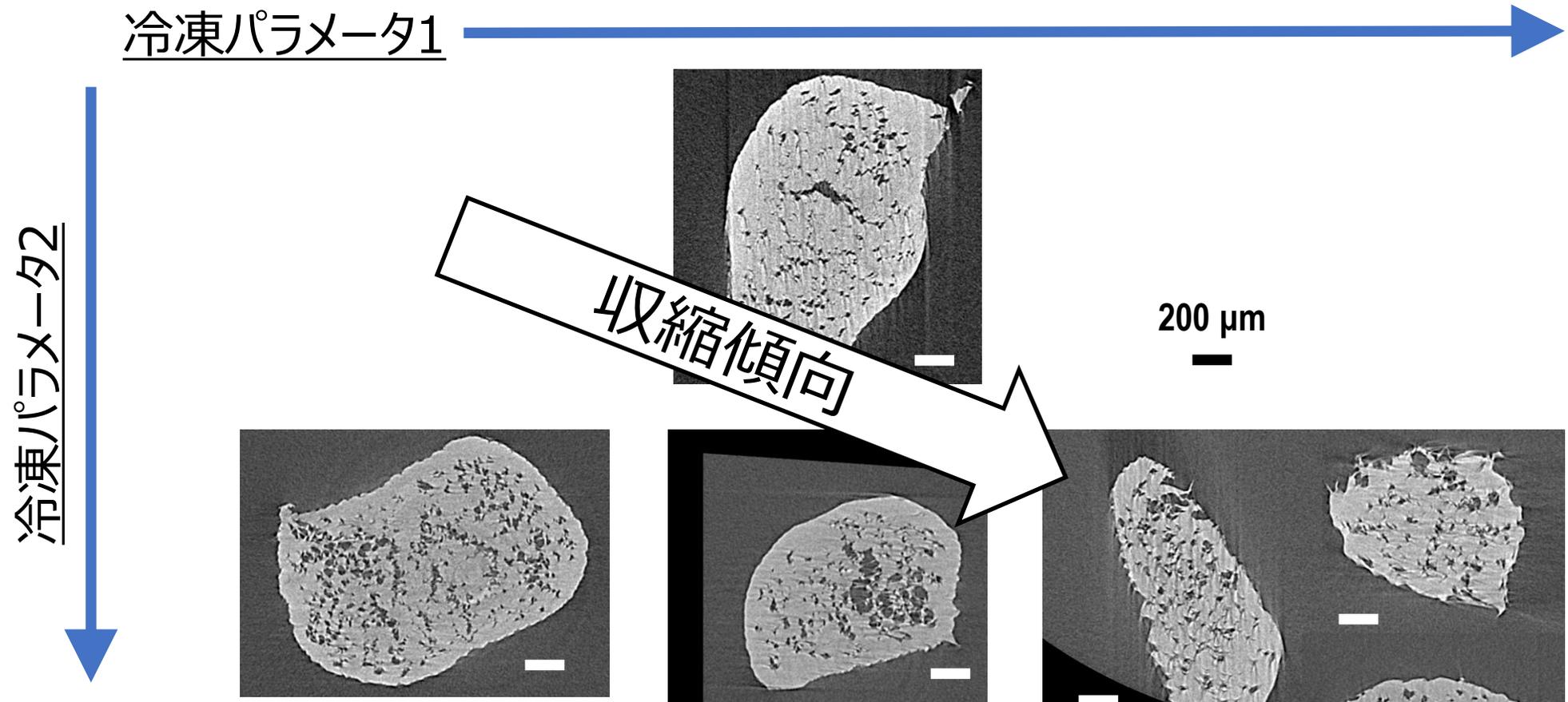
典型的な破断プロファイル



※サンプル③は全て茹で伸びに近いプロファイルのため、右のプロットからは除いた。



**乾燥温度のみ、低温だと破断時の最大荷重も低い傾向が見られた(デンプンに影響か)。  
他のパラメータは破断プロファイルや荷重に顕著な差異を生じない。**



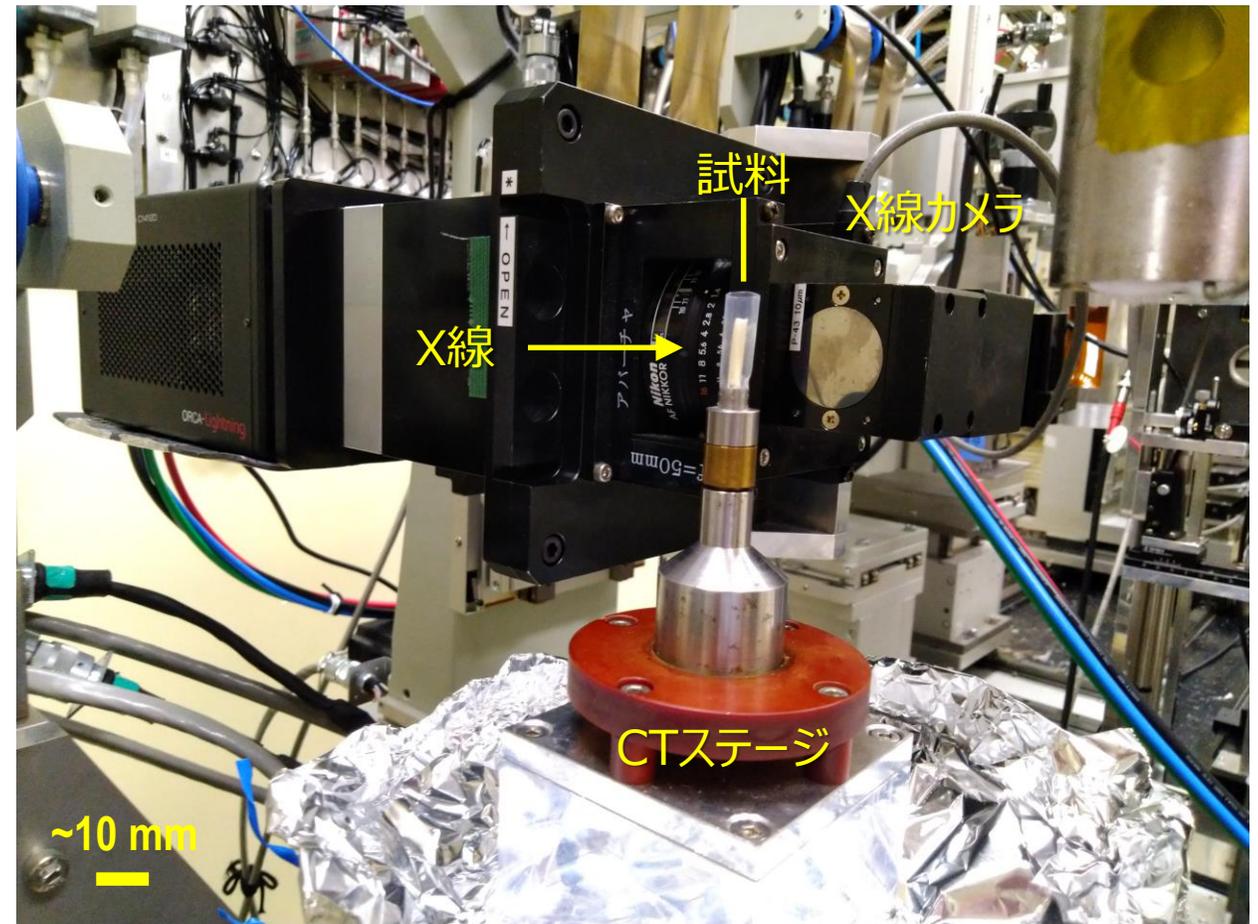
空隙が多く何らかの理由で水分が抜けてしまった恐れがある。

冷凍温度と冷凍時間に依存して収縮傾向。

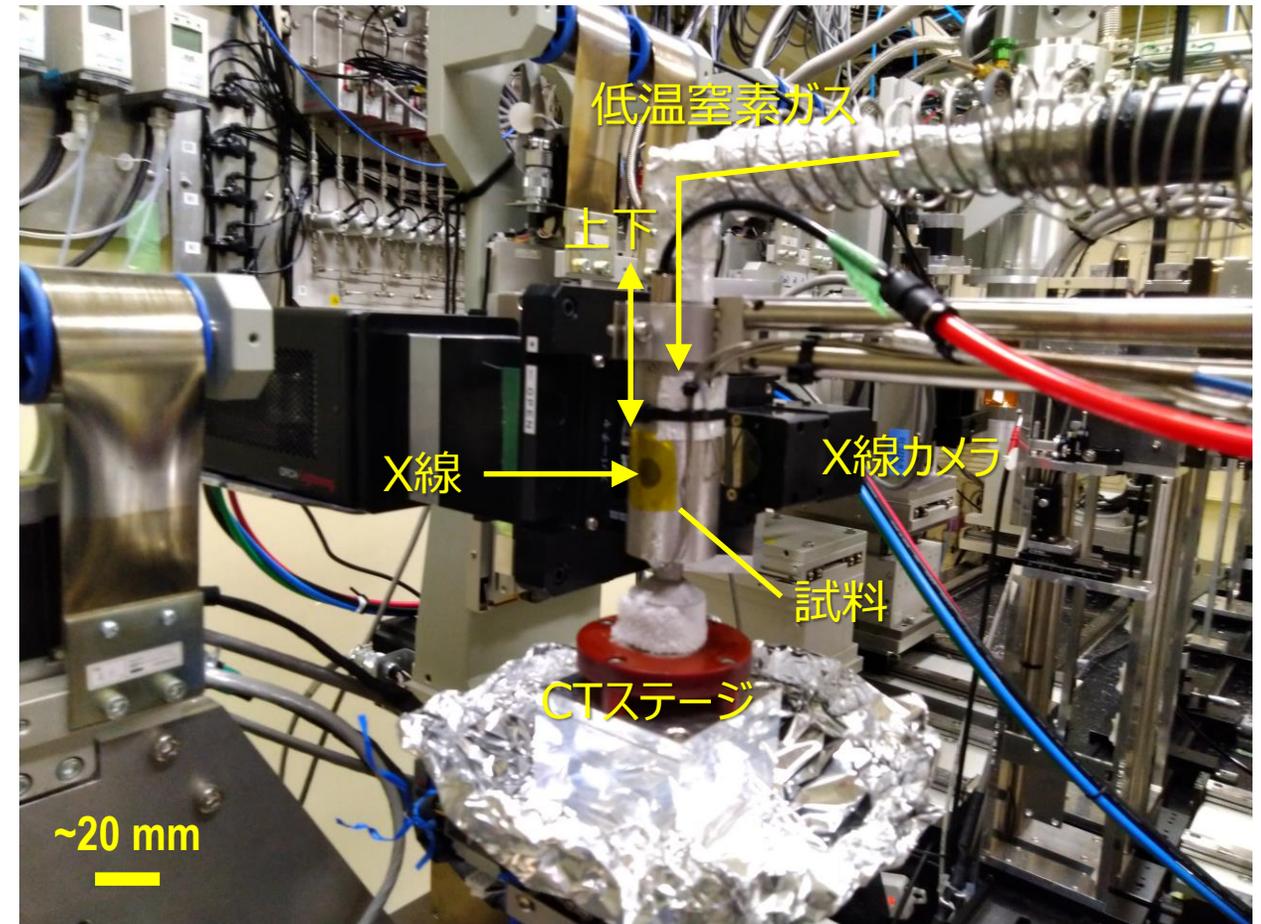
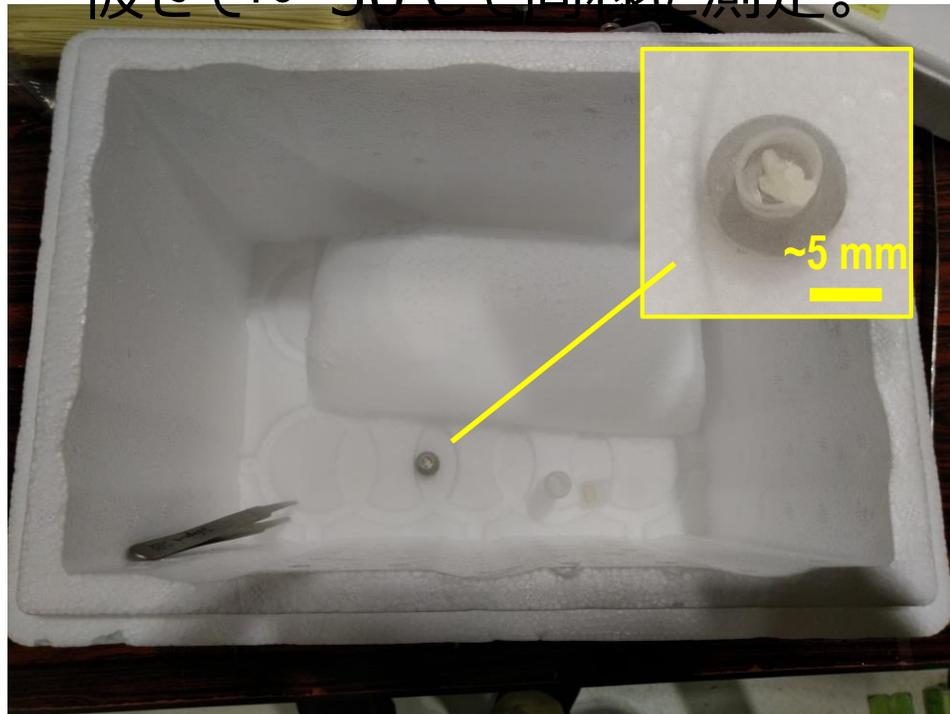
ノイズレベルやドリフトの影響か相分離は見られない。

➤ 冷凍パラメータ1・2、乾燥パラメータ2と構造の関係を放射光X線マイクロCTで評価。

- X線光子エネルギー20 keV。
- 画素2.69  $\mu\text{m}$ ・視野6.9 mm。
- フリーズドライ麺を15 mm程度の長さに切り出して観察。20分程度。



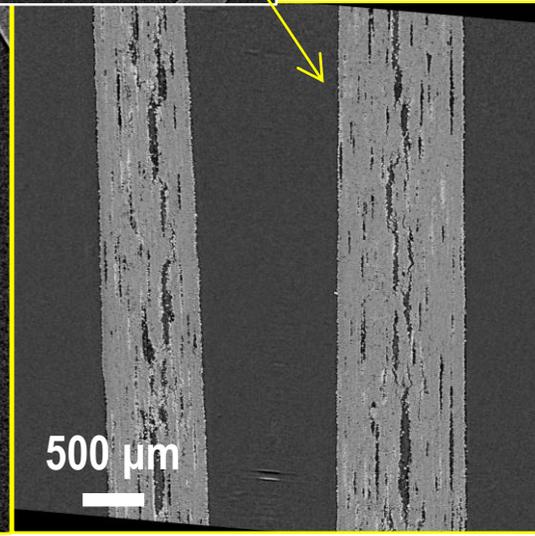
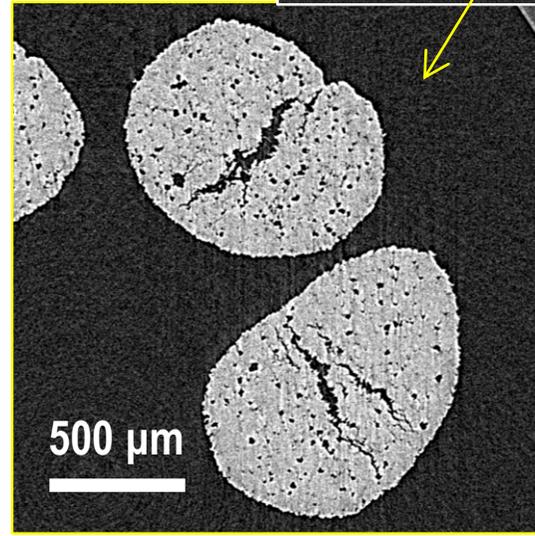
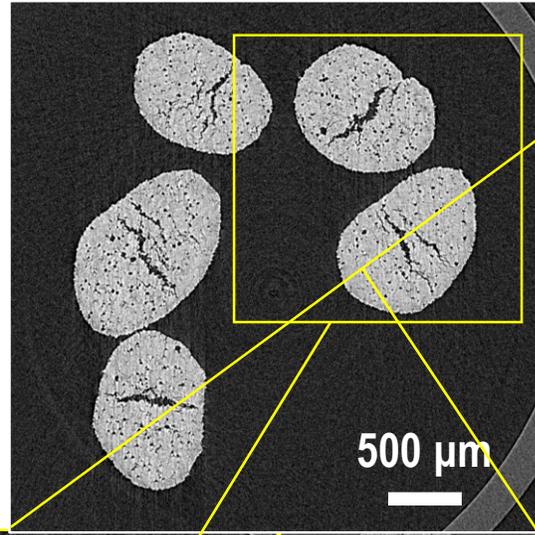
- 液体窒素で急速凍結した冷凍麺を10 mm程度の長さの長さに切り出し、ドライアイス雰囲気下で治具にセット。
- 低温窒素ガス吹き付けカバーを被せて $\sim -30^{\circ}\text{C}$ で同様に測定。



試料全体を冷却できるシステムによりドリフト改善。

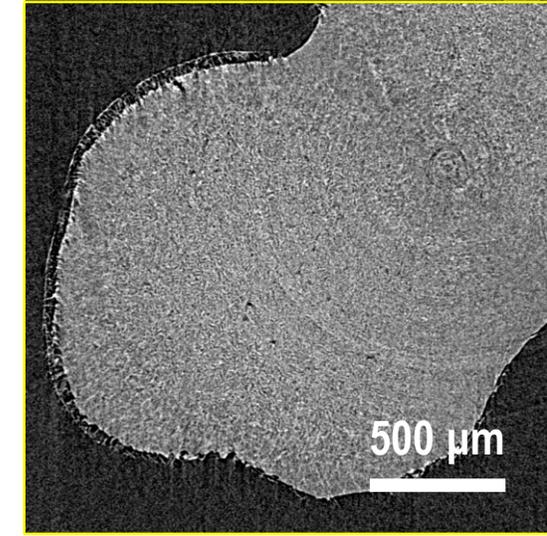
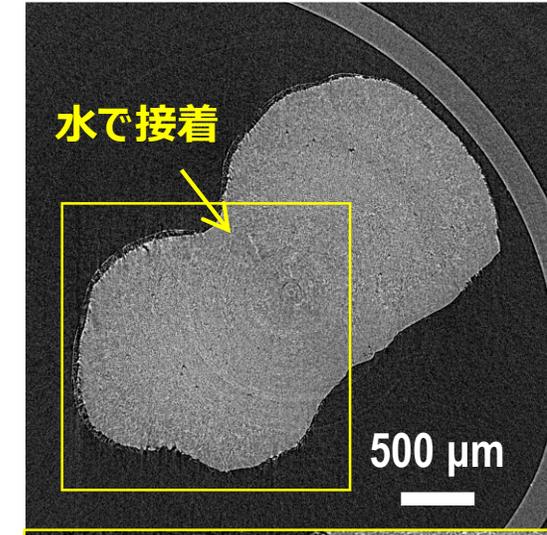
手延べ麺なので麺線に配向した20  $\mu\text{m}$ 程度の空隙が存在。茹で後は2倍程度に膨潤。

乾麺



手延べ製法に由来する麺線方向に配向した空隙が存在

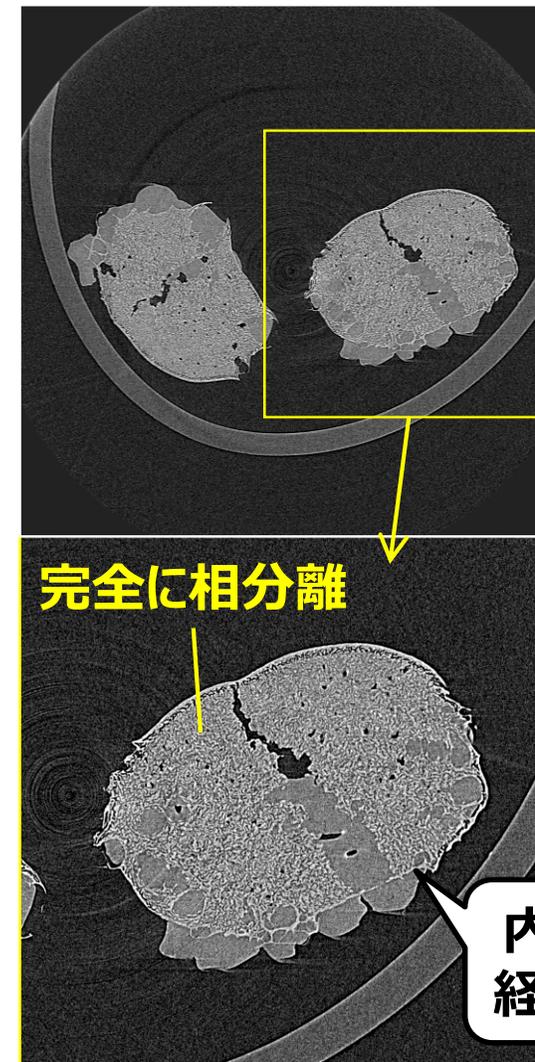
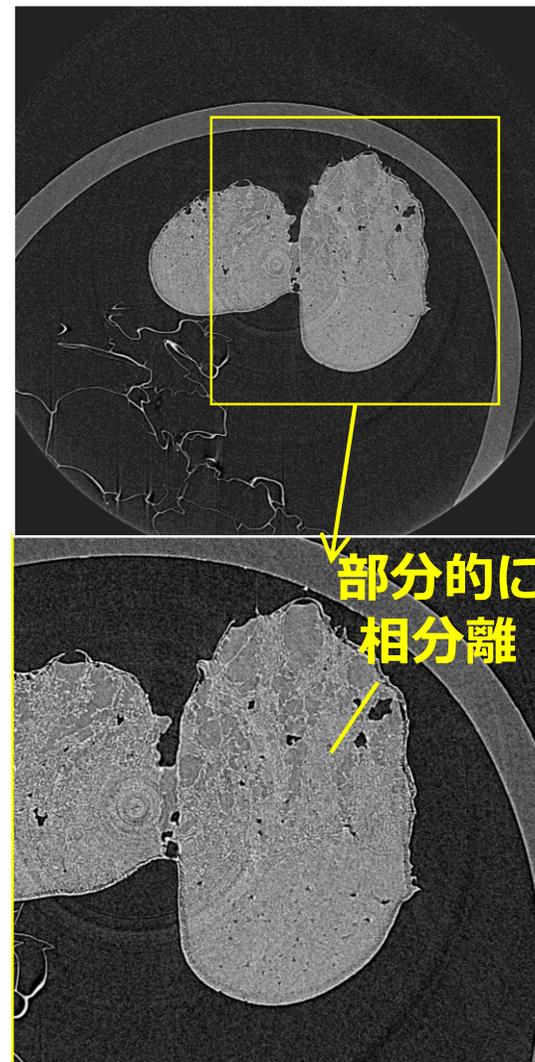
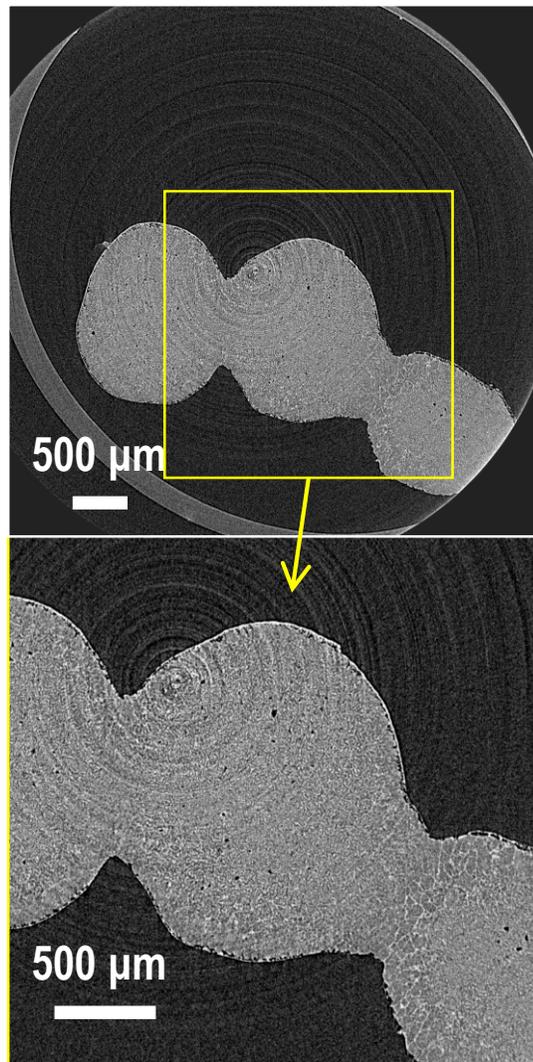
茹で麺(急速凍結)



径が2倍程に膨張  
麺の内部は均一

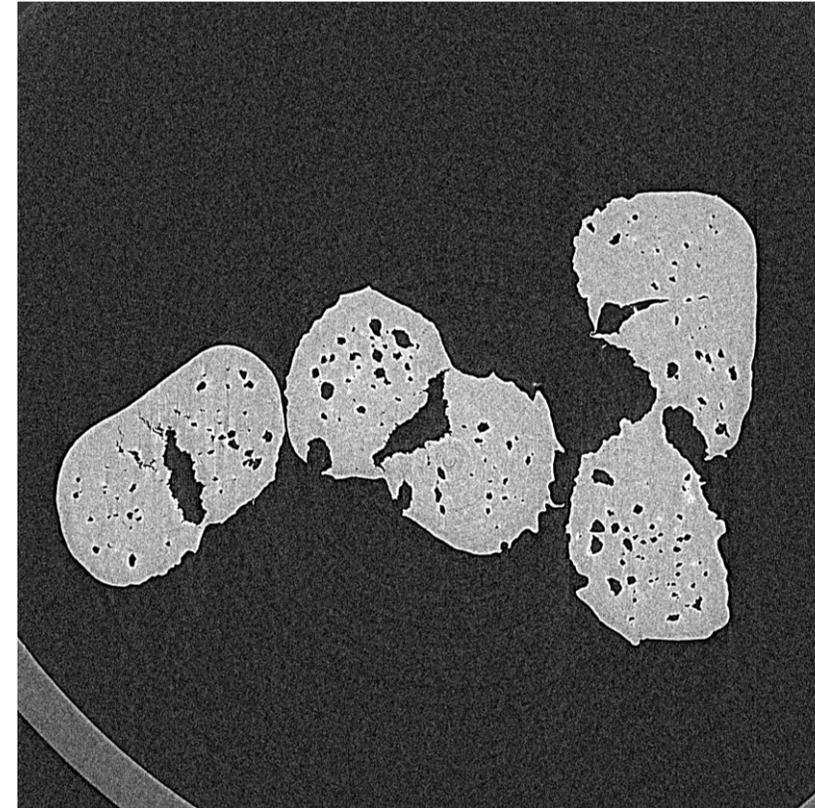
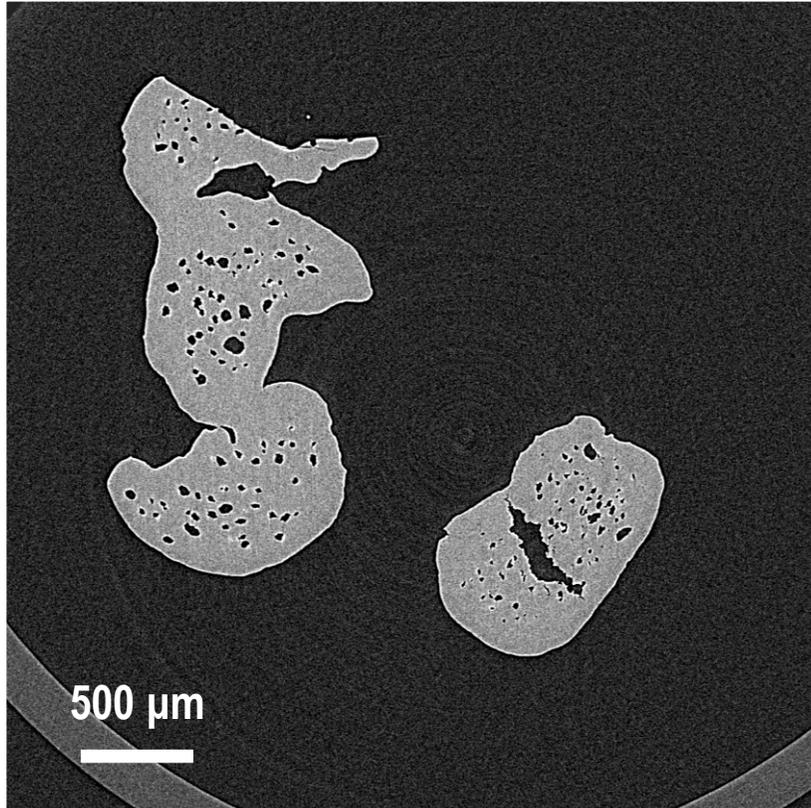
## 冷凍パラメータに依存して冷凍麺の相分離構造の変化を確認。

冷凍パラメータ



乾燥パラメータはフリーズドライ麺構造にあまり影響しないことを確認。

乾燥パラメータ



- 放射光X線マイクロCTにより、フリーズドライの各工程で生じる現象やキーパラメータの効果を可視化して理解することができた。
- フリーズドライ条件の最適化に向けて、マイクロ構造が条件検討の指標となり得ることが示唆された。
- つるみやのど越しの基となる麺の表面物性や構造、でんぷんの糊化状態の評価などが今後の課題。  
(摩擦試験機や、より高空間分解能なX線CT、X線散乱の利用)
- 随時申請・低コストで利用できる宮城県産業技術総合センターで試料条件や計測条件を予備検討し、放射光実験に臨むことで効果的に活用できた。
- CT像から成分の分布を測定し、分布図から製品の特性と改良点の発見が出来れば良いと思う。

東北大学 農学研究科附属放射光生命農学センター(A-Sync)  
/国際放射光イノベーション・スマート研究センター(SRIS)

高山 裕貴 准教授 (A-Sync, SRIS)、  
原田 昌彦 教授 (A-Sync, SRIS)  
日高 將文 助教 (A-Sync)

宮城県産業技術総合センター

羽生 幸弘 様  
伊藤 桂介 様  
有住 和彦 様

公益財団法人高輝度光科学研究センター(SPring-8)

梶原 堅太郎 様  
漆原 良昌 様

一般財団法人 光科学イノベーションセンター(PhoSIC)

高田 昌樹 理事長  
八木 直人 理事長特別補佐