

令和6年度仙台市NanoTerasuトライアルユース事業

フリーズドライ麺高機能化のための ミクロ・ナノ構造指標化

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

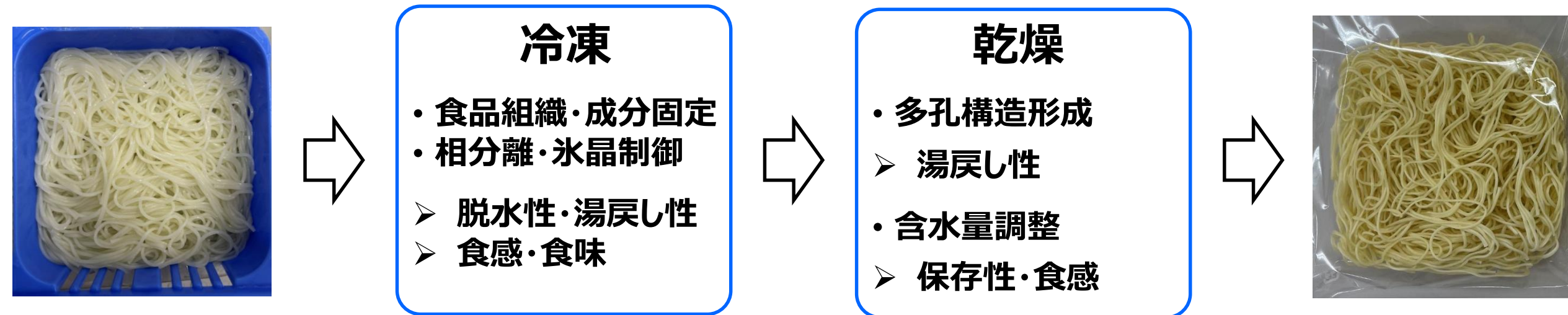
- ・人々の暮らしが多様化し、それに寄り添った商品づくりをするなかで健康的な材料を使用したフリーズドライ麺の作成に挑戦
- ・フリーズドライ食品は、高い保存性や調理不要性、高い携帯性からフードロス削減や災害地域への供給といった社会課題解決にも資すると期待
- ・このような中で美味しく安全な商品を提供できるように、フリーズドライ麺について取り組み「麺の湯戻し性」「食感」を指標に、経験知を基に製造条件を試行錯誤

その中で定量評価やメカニズムの理解に課題。

以下の達成によりフリーズドライ条件を最適化。

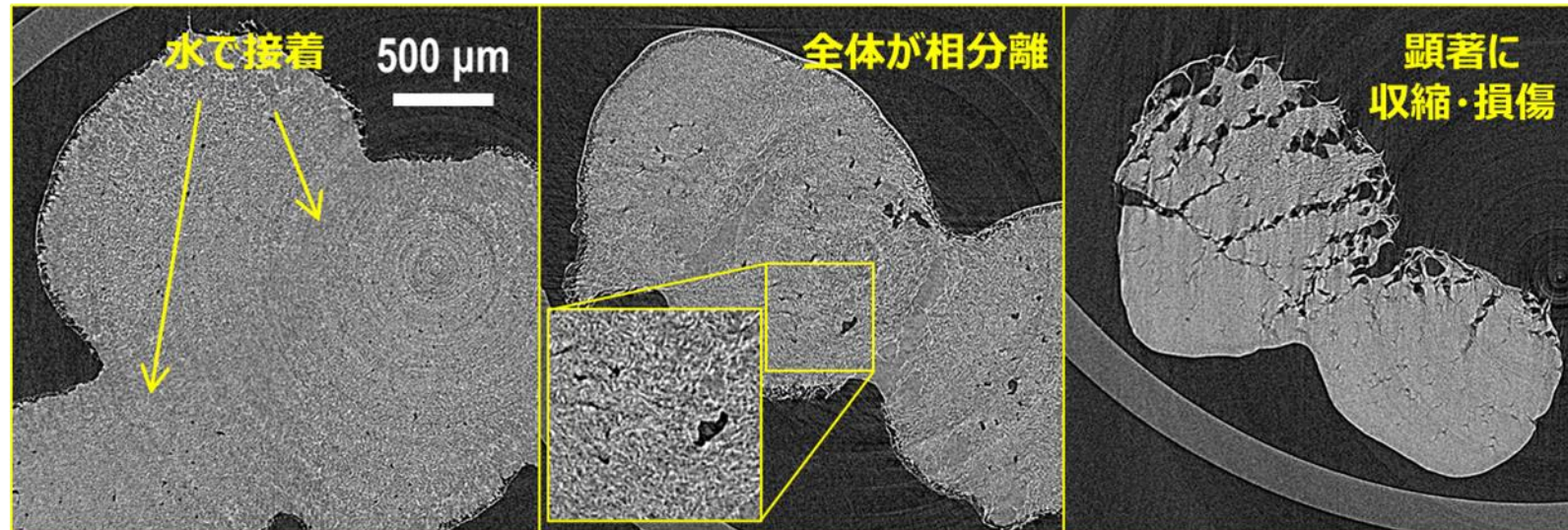
- フリーズドライ工程のキーパラメーターの効果を可視化し、加工メカニズムを理解。
- 可視化したミクロ構造とプロセスや物性を相関付けるための各指標の定量化。

フリーズドライ工程と予想される効果



冷凍工程で生じる茹で麺の水の昇華と内部相分離を可視化。
冷凍パラメーターとの相関を明らかにした。

冷凍パラメーター 



R5年度既存放射光施設トライアルユース報告書より転載

課題

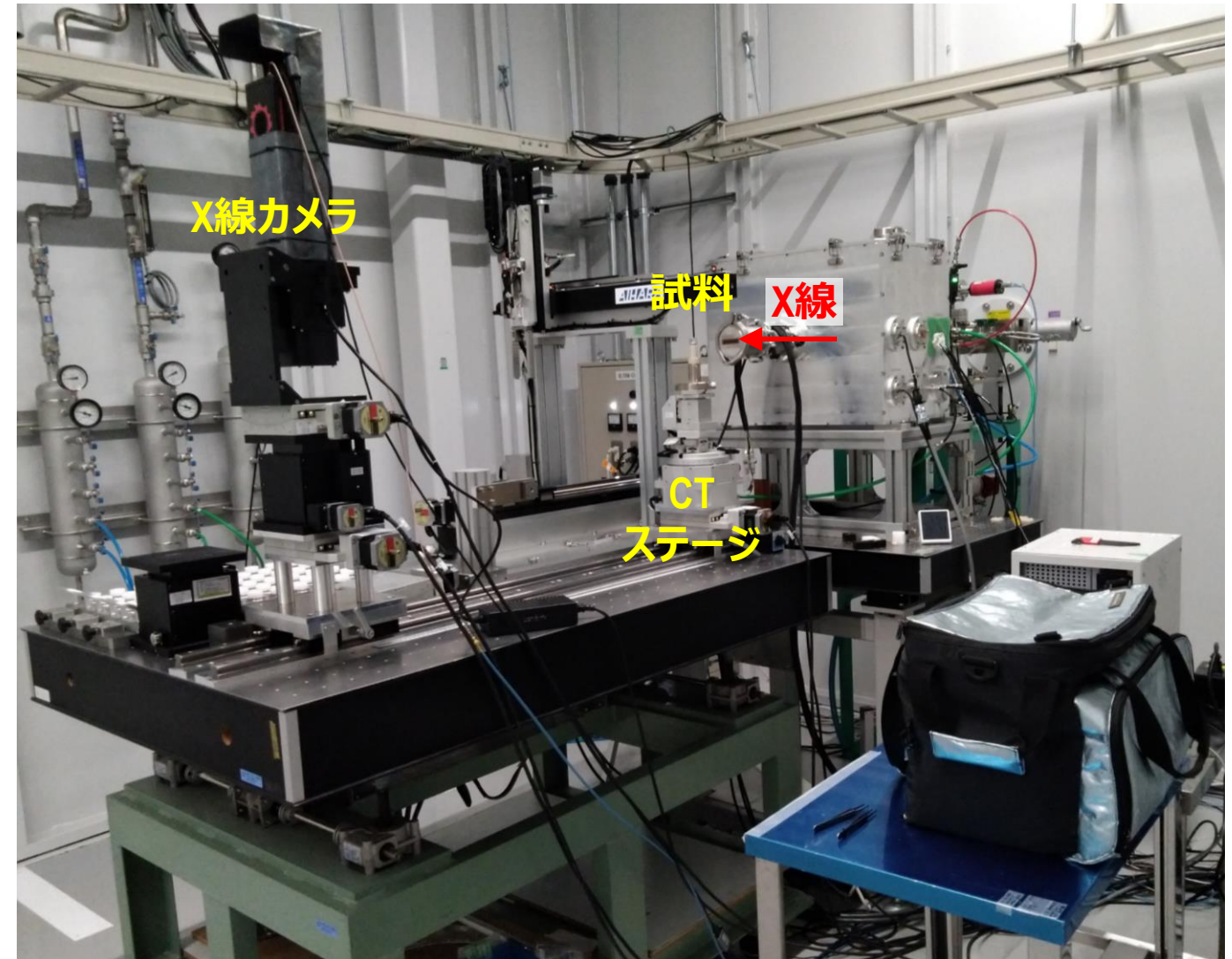
- 開発品の迅速評価(特に状態変化し得る冷凍麺)。
- 湯戻し性に影響するフリーズドライ品の多孔構造の定量評価。
- ほぐれやつるみに影響する湯戻し麺表面の摩擦特性評価。

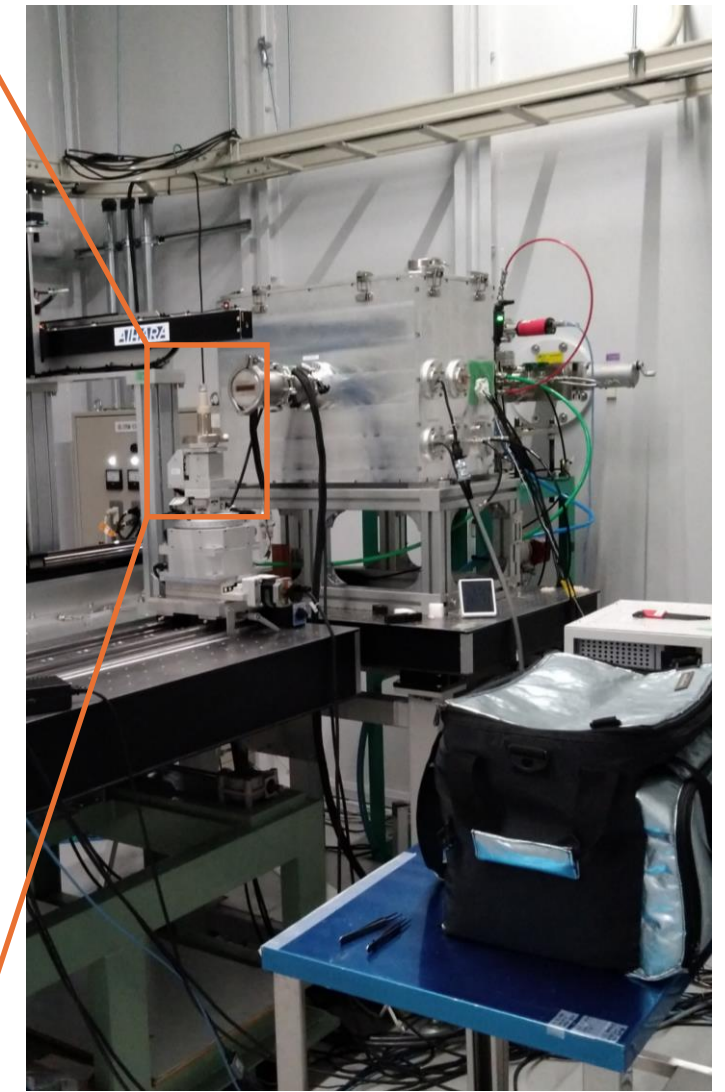
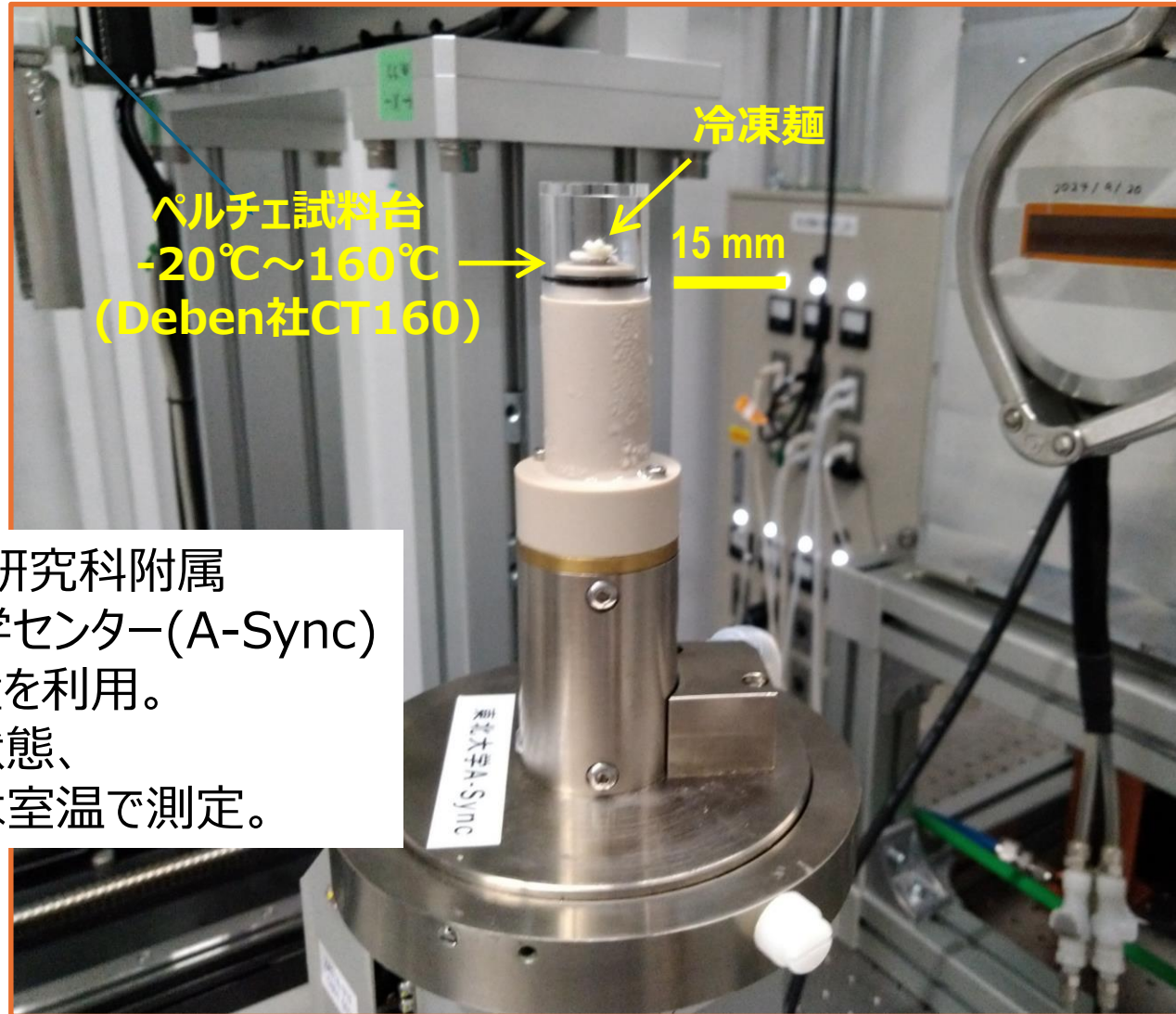
- NanoTerasuでの冷凍麺相分離構造およびフリーズドライ麺多孔構造の可視化。
 - NanoTerasu BL09Wでの位相コントラストCTの性能評価。
- 湯戻し性に影響するフリーズドライ麺多孔構造の定量評価。
 - 位相コントラストCT像からの多孔構造パラメータの抽出方法の検討。
- ほぐれやつるみに影響する湯戻し麺表面の摩擦特性評価。
 - 宮城県産業技術総合センターに導入された二軸テクスチャー測定器での評価。

白色X線CTビームライン

4~30 keV(波長0.3~0.04 nm)の
連続スペクトル

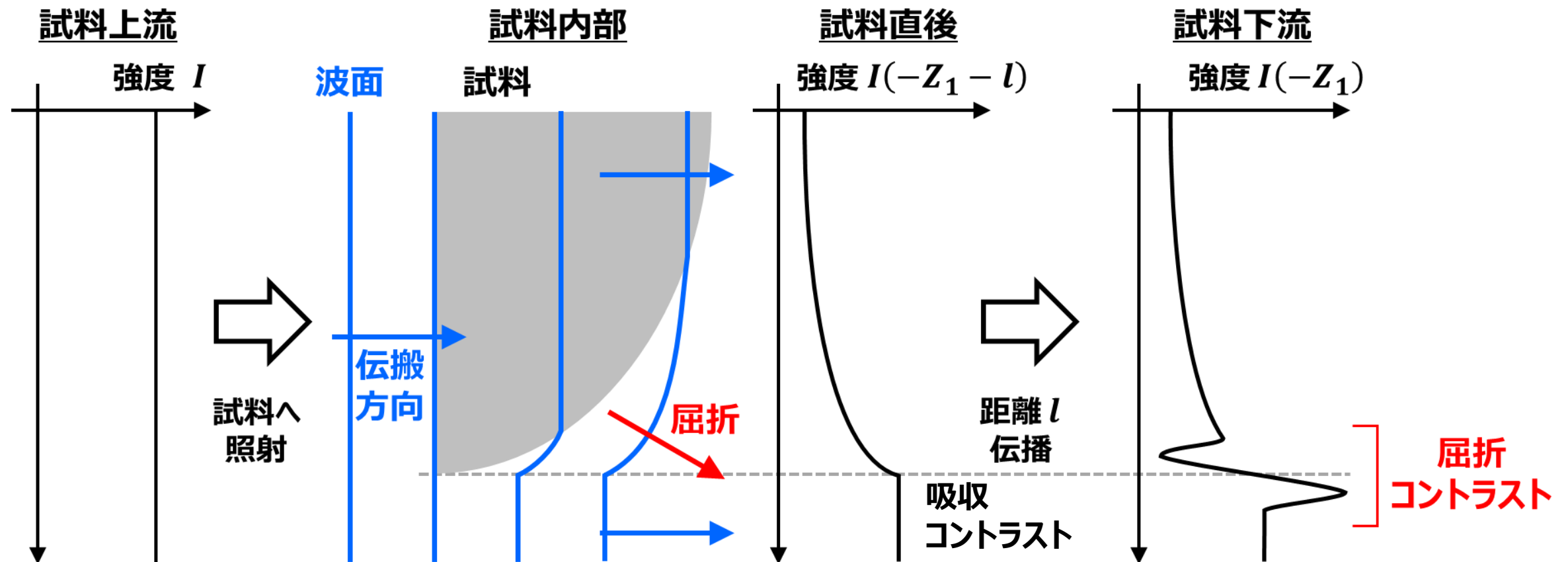
- 厚さ20 mmのアルミ吸収バーにより
特に25 keV(0.05 nm)付近を利用
- 視野20 mmW x 5 mmH程度
- 画素サイズ4.6 μm
- 試料-検出器間距離0.15 - 1.0 m



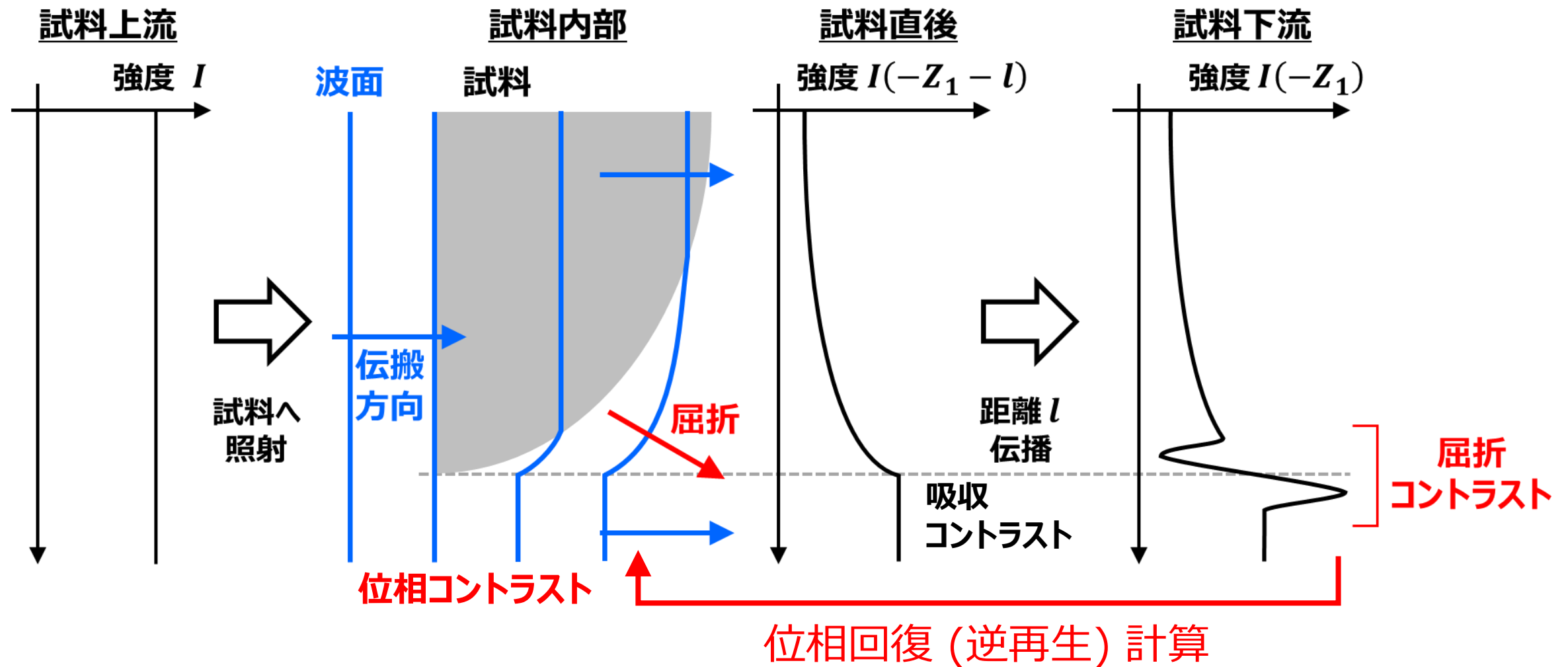


東北大学 農学研究科附属
放射光生命農学センター(A-Sync)
所有の温調装置を利用。
冷凍麺は冷凍状態、
フリーズドライ麺は室温で測定。

NanoTerasuの波面が揃った(コヒーレントな)X線を使うと、
屈折効果を活用して輪郭強調した屈折コントラスト像を観察できる。



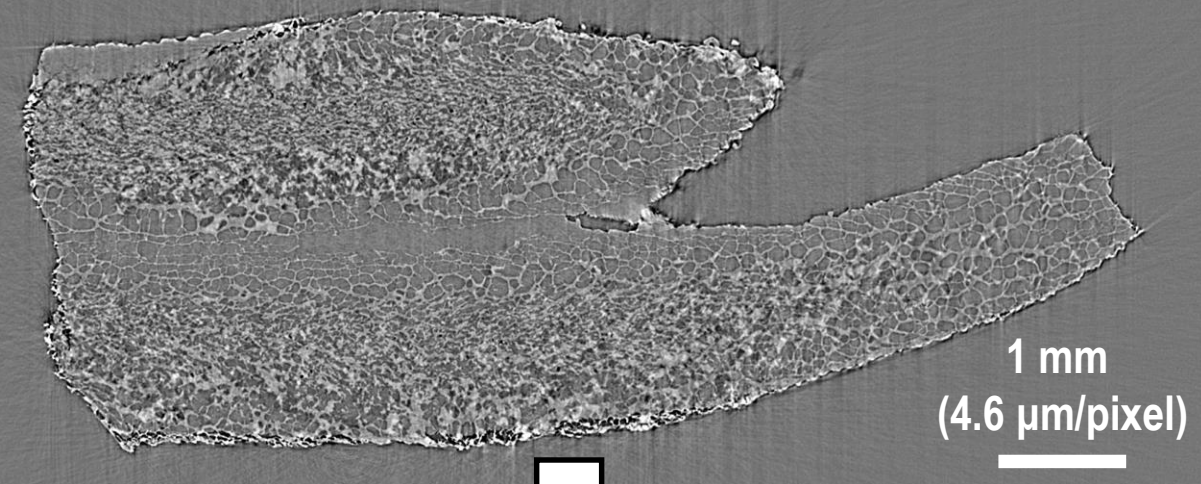
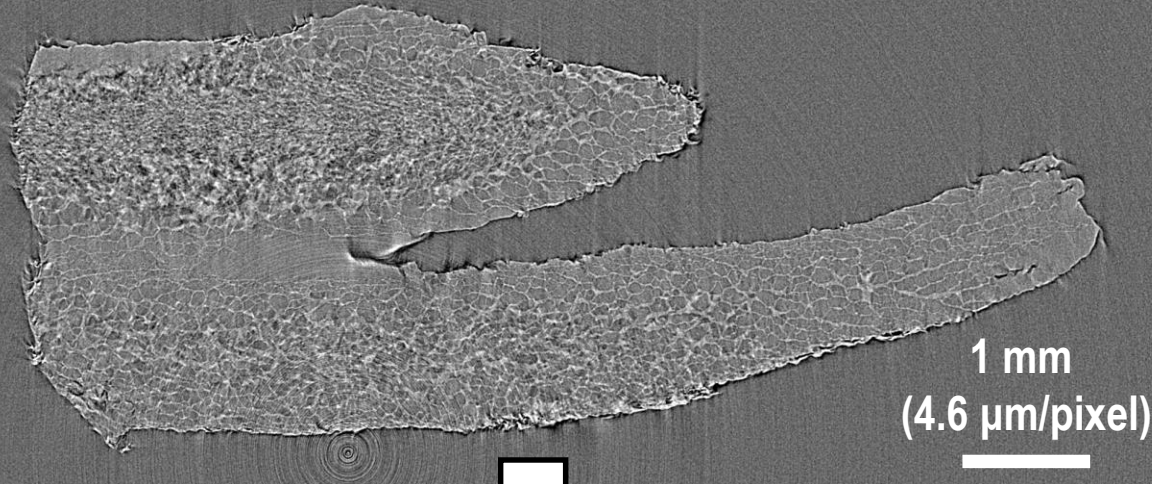
光学の原理に基づいてX線の伝播を「逆再生」計算(位相回復)することで、
吸収コントラストの数千倍明瞭な位相コントラスト像 ≡ 密度分布を再構成できる。



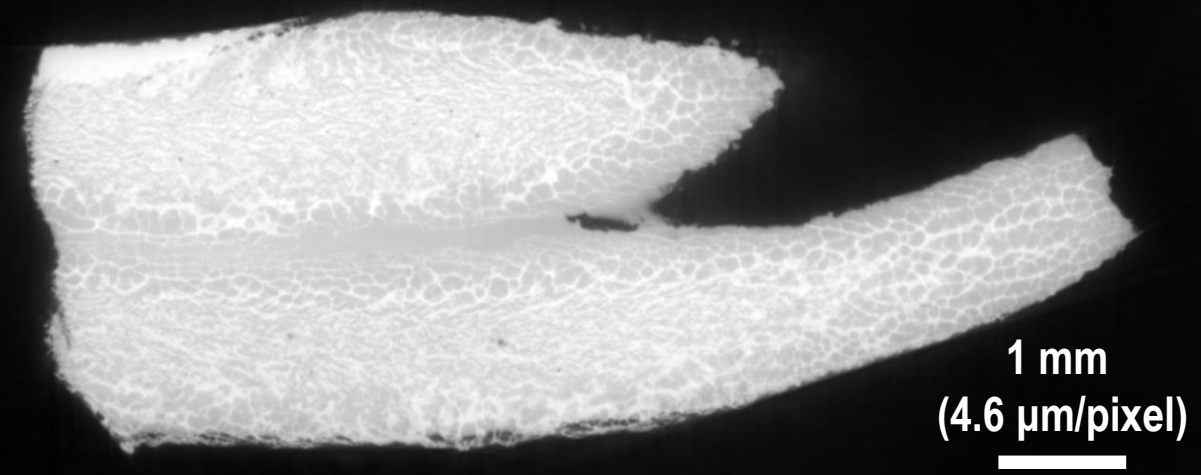
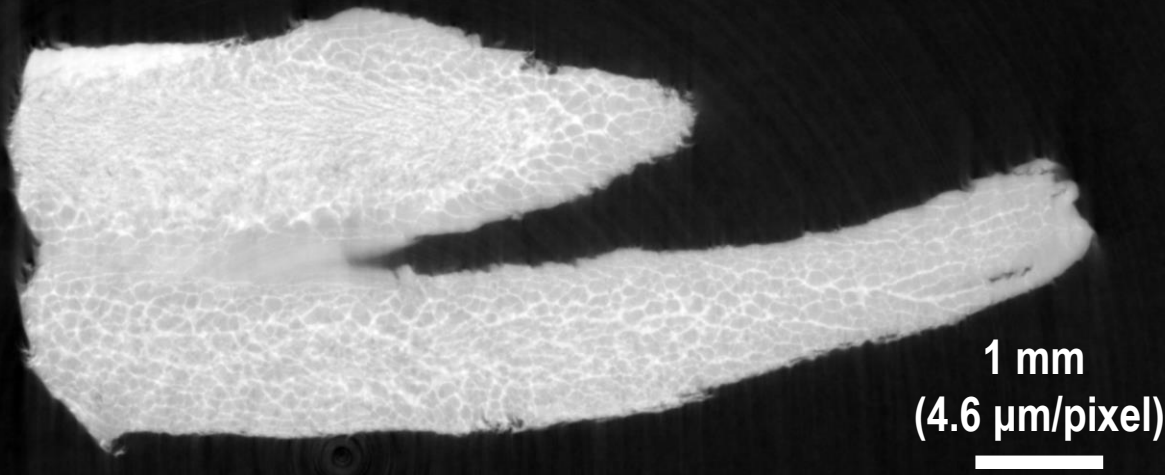
1000 mmの伝搬と位相回復により高コントラストかつ自然なCT像の取得に成功。

伝搬距離： 150 mm

1000 mm



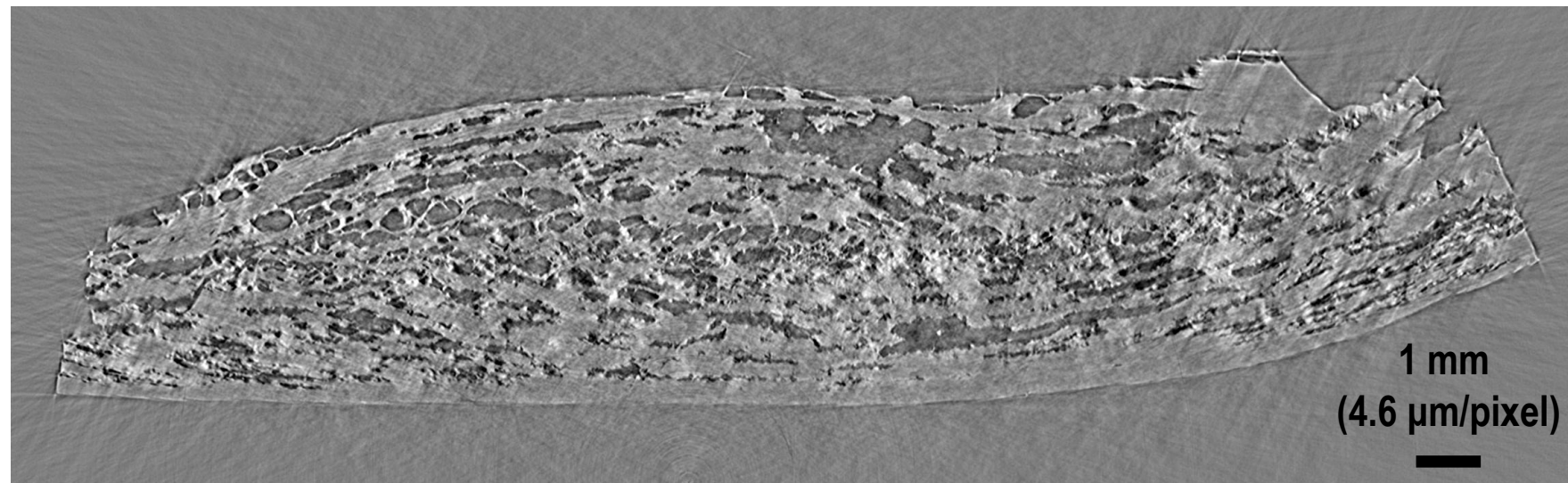
位相回復



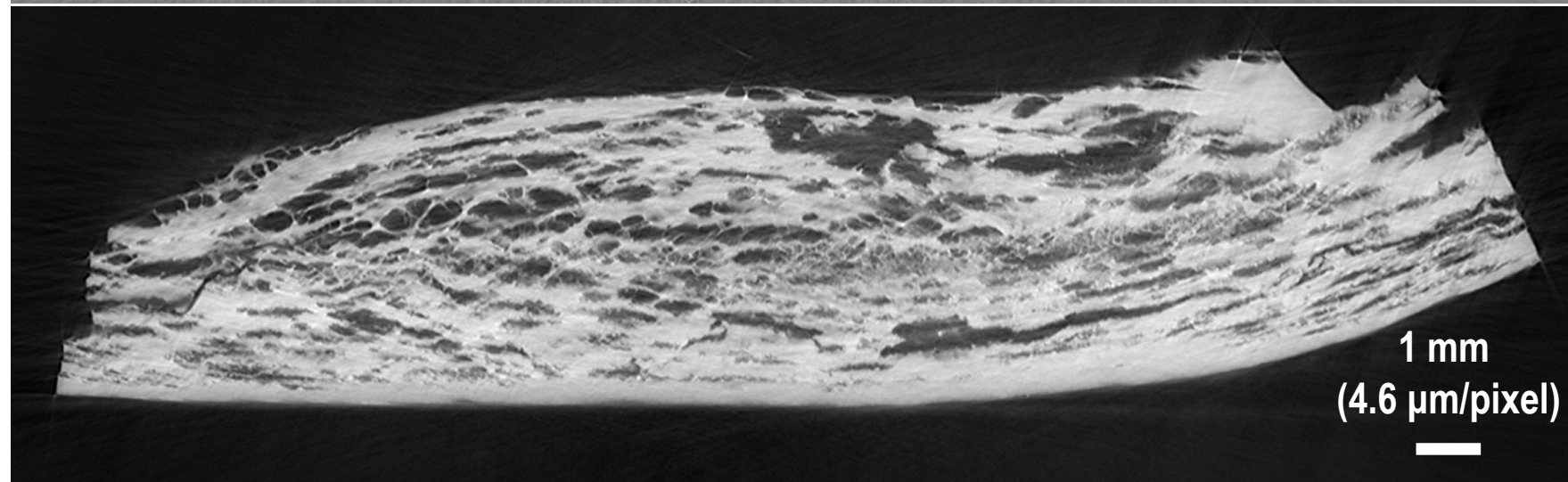
位相回復により輪郭強調像から自然なコントラストの位相像に変換することで、空隙の抽出に成功。
(ImageJのAuto Local Threshold機能でPhansalkar法による二値化を利用。)

断層像・二値化前

位相回復前
(輪郭強調像)



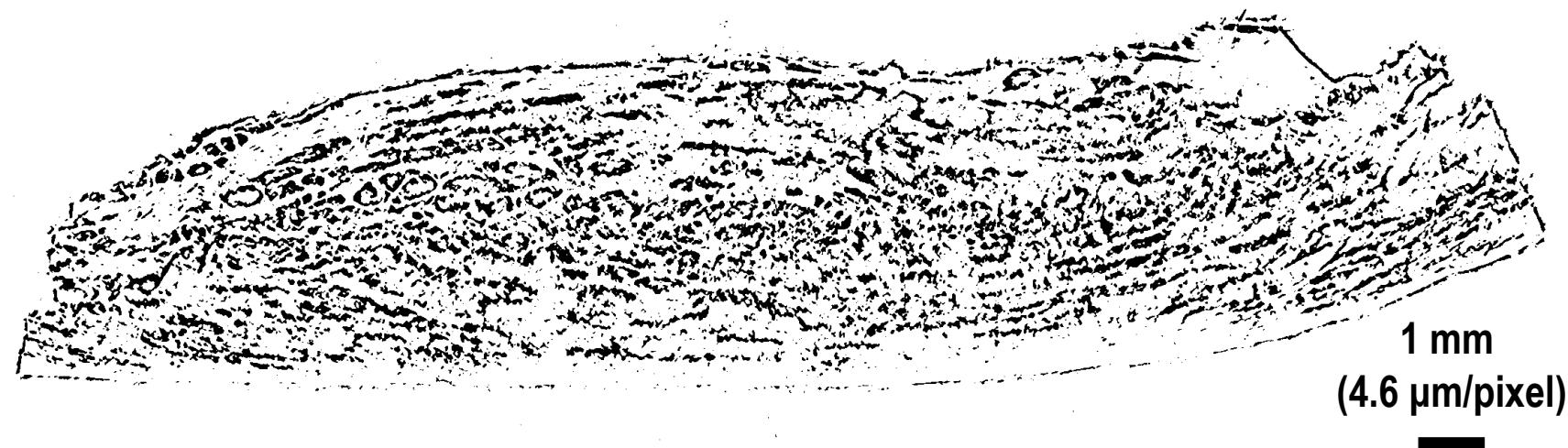
位相回復後



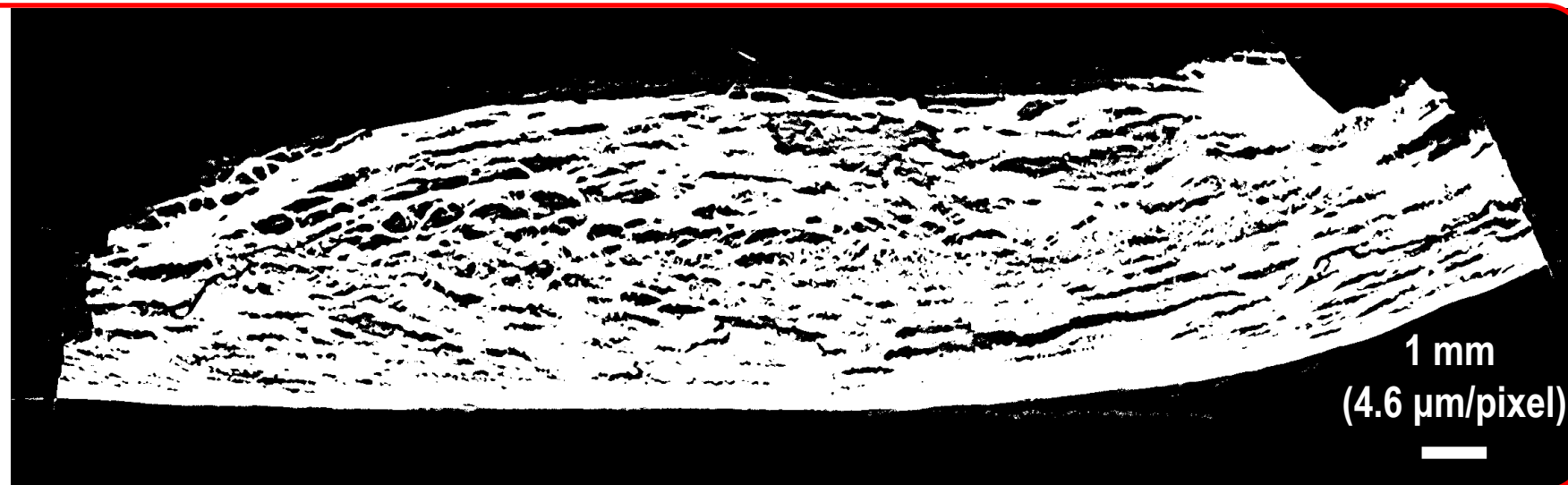
位相回復により輪郭強調像から自然なコントラストの位相像に変換することで、空隙の抽出に成功。
(ImageJのAuto Local Threshold機能でPhansalkar法による二値化を利用。)

断層像・二値化後

位相回復前
(輪郭強調像)



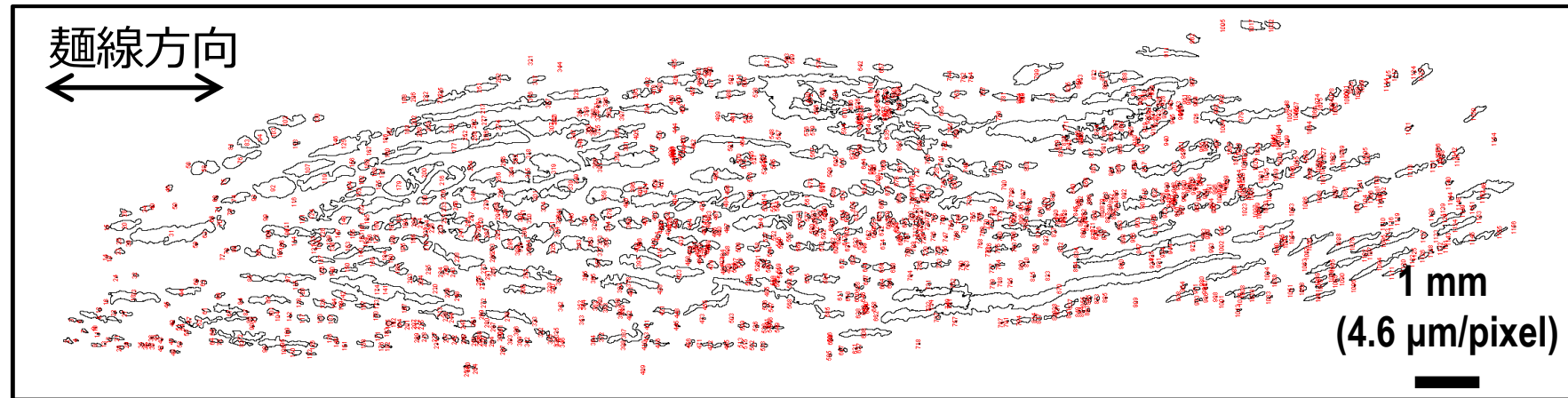
位相回復後



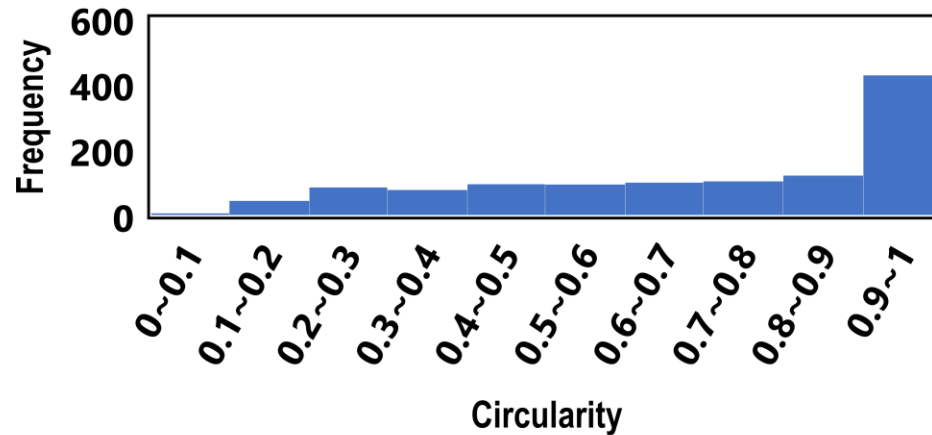
麺内部への湯の浸透性に関する空隙の形状(真円度や周長)の定量評価に成功。

抽出した空隙

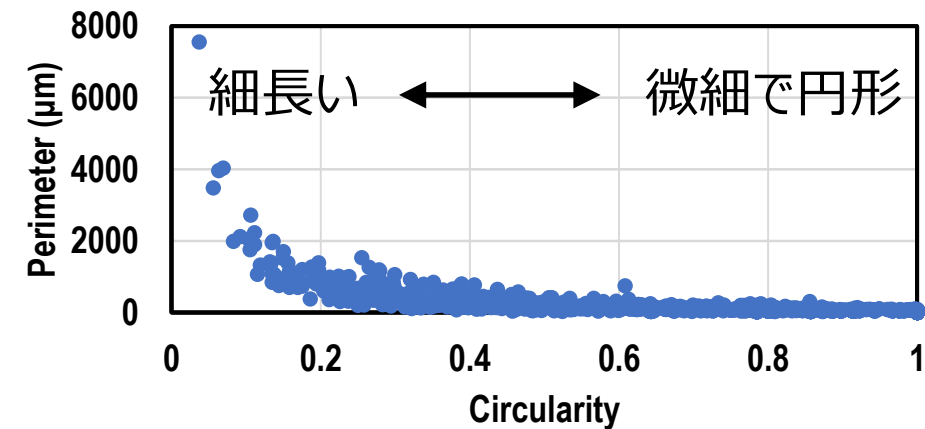
(ImageJの
Analyze Particlesを利用。)



真円度の
頻度分布



周長と
真円度の
相関

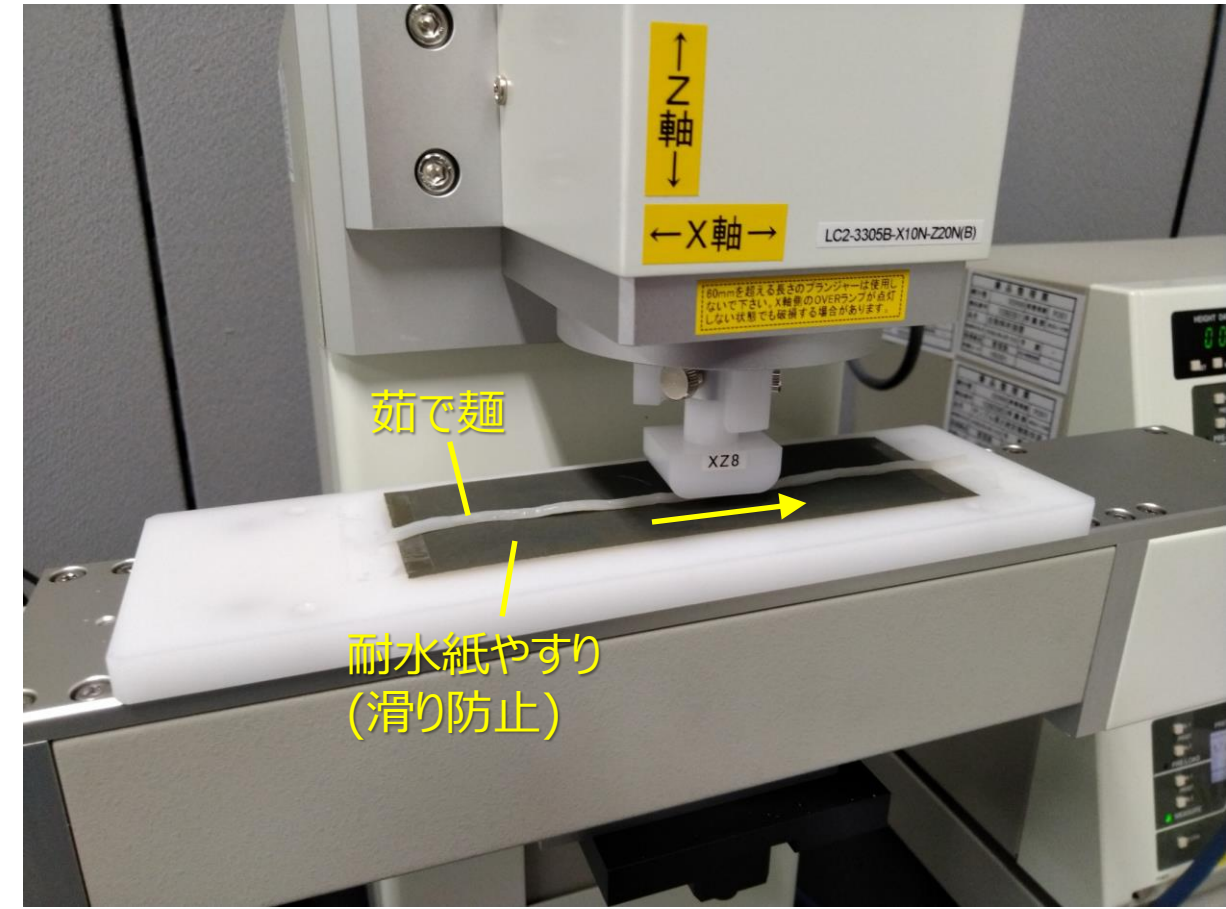
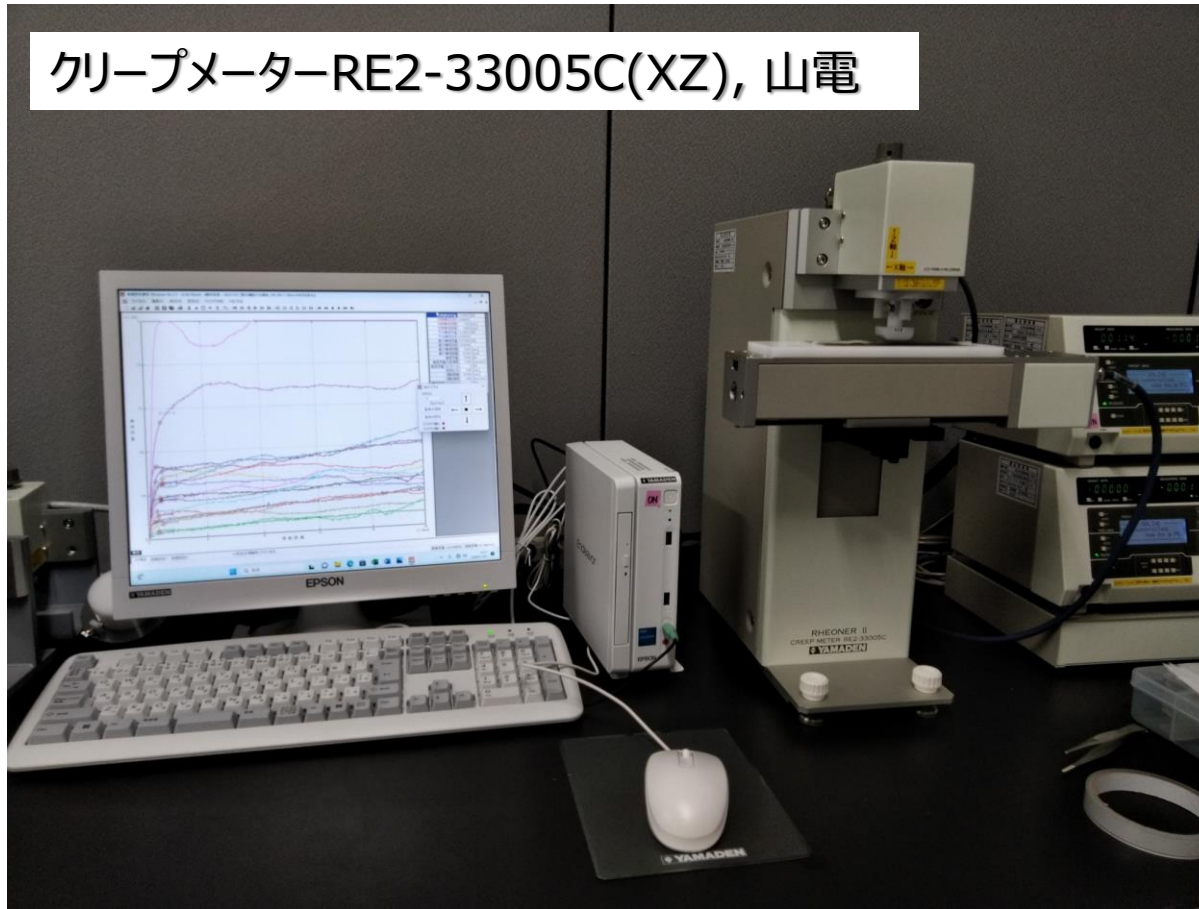


麺線方向に湯を浸透させる細長い空隙の他に円形の微細な空隙が多数存在することが明らかに。
今後、湯戻し性と加工条件、空隙構造の関係を定量比較し最適化を図る。

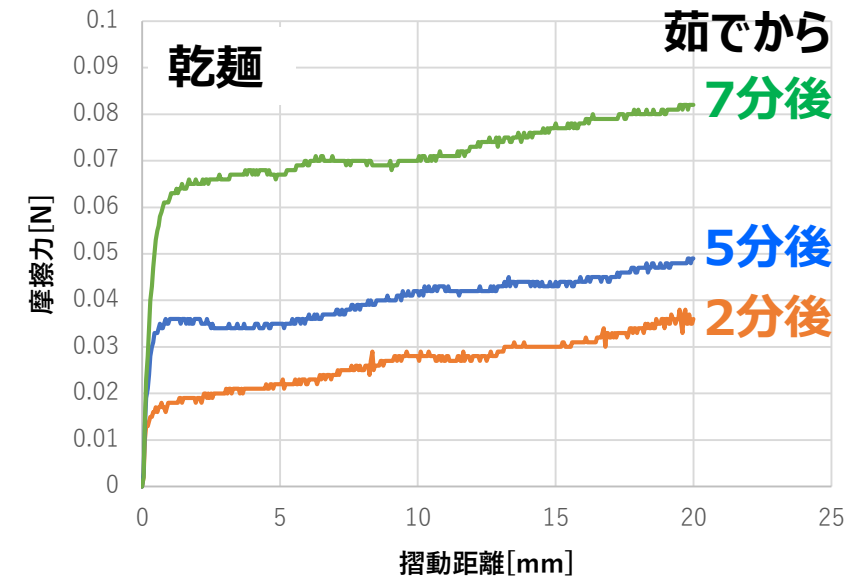
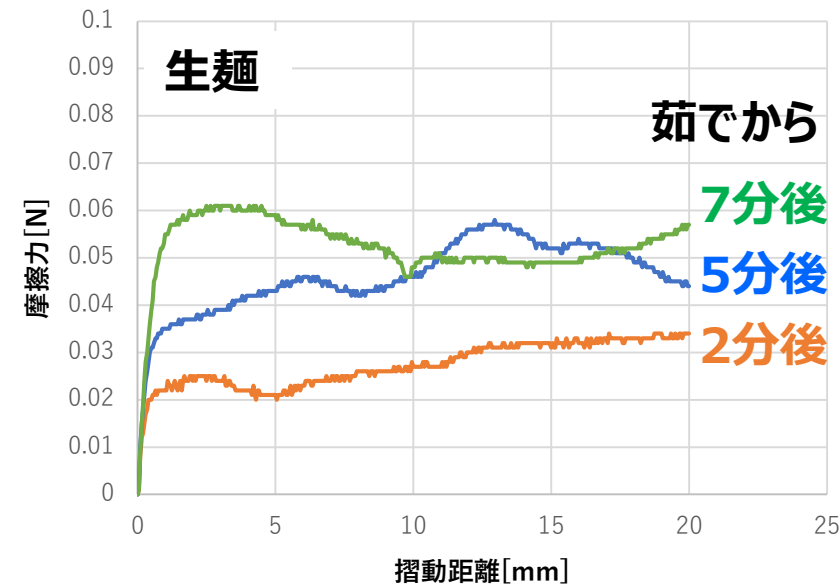
湯戻し後の麺のほぐれや食感と関係する麺の表面状態を評価。

- 宮城県産業技術総合センターに新しく導入された二軸テクスチャー測定器での摩擦測定。

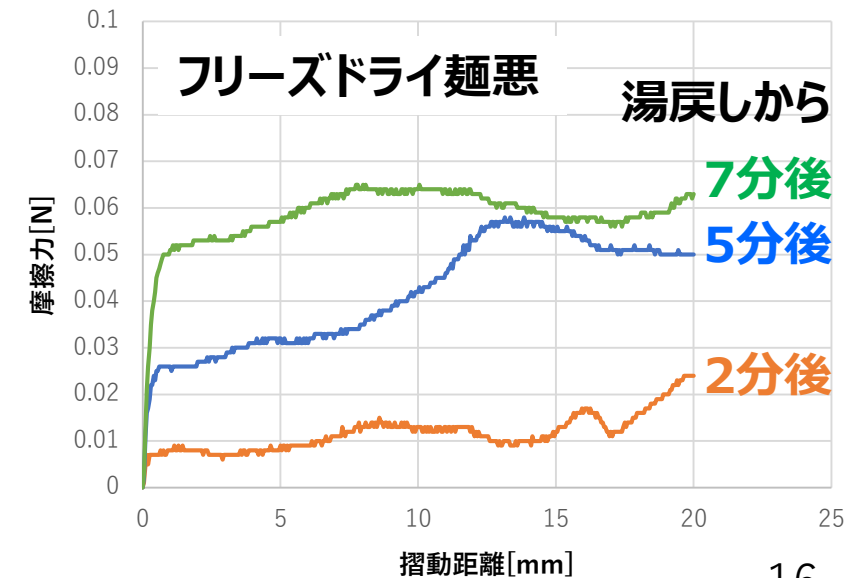
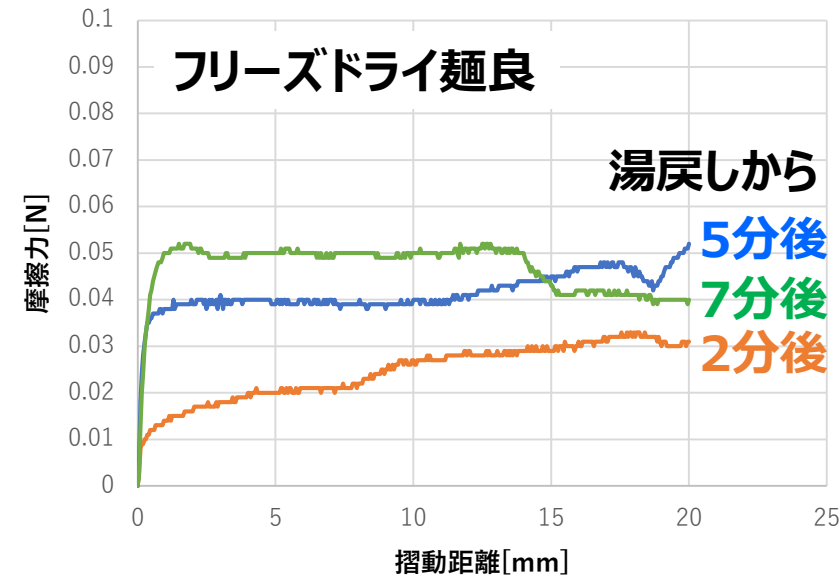
クリープメーターRE2-33005C(XZ), 山電



- 湯戻し後のほぐれや食感が良い
フリーズドライ麺(左下)は、2分および5分後の摩擦力や摩擦プロファイルの形状が生麺や乾麺のものに比較的類似。



- ほぐれ・食感の悪い
フリーズドライ麺(右下)は、2分および5分後の摩擦力が他の麺に比べて小さく変動が大きい。



➤ 「つるみ」の差異を示唆。

- NanoTerasuの高品質なX線を利用した位相コントラストCTにより、フリーズドライ麺の加工工程や湯戻し性の改善に重要な因子(空隙の形状分布)の可視化評価を行うことができた。
 - 東北大学 農学研究科附属放射光生命農学センターの温調装置の併用で冷凍麺の相分離構造を明瞭に観察することができた。
 - 位相コントラスト像を解析に用いることで、フリーズドライ麺の空隙構造の自動抽出と定量・統計解析が可能となった。
- 宮城県産業技術総合センターに新しく導入された二軸テクスチャー測定器により、麺表面の摩擦(つるみ)を比較評価することができた。
 - 麺の構造や特性の定量評価技術を有機的に活用し、おいしく、手軽で身近なフリーズドライ麺を追求していく。

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター/農学研究科
高山 裕貴 准教授

農学研究科/国際放射光イノベーション・スマート研究センター
原田 昌彦 教授、日高 將文 助教

光科学イノベーションセンター
平本 尚三 様

宮城県産業技術総合センター
佐藤 信行 様、羽生 幸弘 様