



令和4年度仙台市既存放射光施設活用事例創出事業

放射光X線イメージングによる ワカメのおいしさの見える化と その応用による新商品開発への挑戦



理研食品株式会社

【背景と目的】

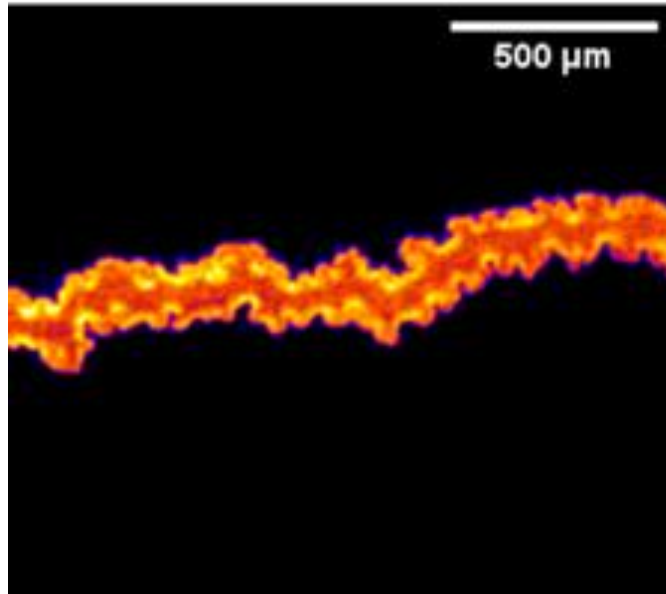
お味噌汁などで定番の乾燥ワカメは、その戻りメカニズムや品質特徴の原因について未解明な部分が多い。

上記の解明とそこで得られる知見を活かした新商品開発を念頭に、令和3年度仙台市トライアルユースにて、乾燥ワカメ及びワカメ水戻し品の内部構造の観察を試みた。その結果、内部構造の密度差を可視化するなど一定の成果が得られた。

本研究では、より詳細な構造の可視化と異なる状態のワカメが有する物性との相関を調べることで、ワカメのおいしさの見える化を試みた。

これまでの放射光分析の取り組み（令和3年度仙台市トライアルユース事業）

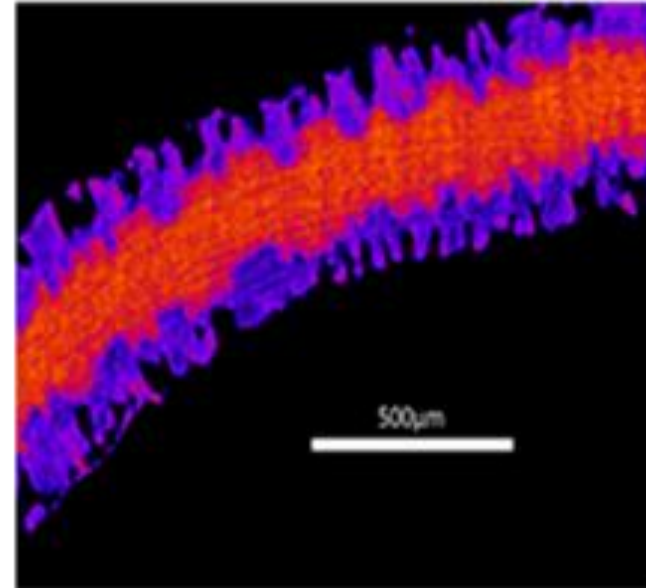
乾燥ワカメの放射光X線CT像



(A)乾燥ワカメ

	X線吸収係数
①表層	11~13
②髄層	7.4~7.8
③皮層	検出せず

コントラスト 0.9-15



(B)乾燥ワカメの水戻し1分

	X線吸収係数
①表層	2.0~2.4
②髄層	5.0~5.5
③皮層	検出せず

コントラスト 0.9-15



⇒ **ワカメの内部構造の非破壊による可視化に成功！！**

しかし、各層の内部構造の詳細やアルギン酸の存在状態については不明であった。

【放射光及びその他の検討項目】

SPring-8の使用ビームラインを『BL24XU』に変更し、マイクロX線CTにより以下について検討した。

実験Ⅰ．各種加工ワカメの水戻し品の観察

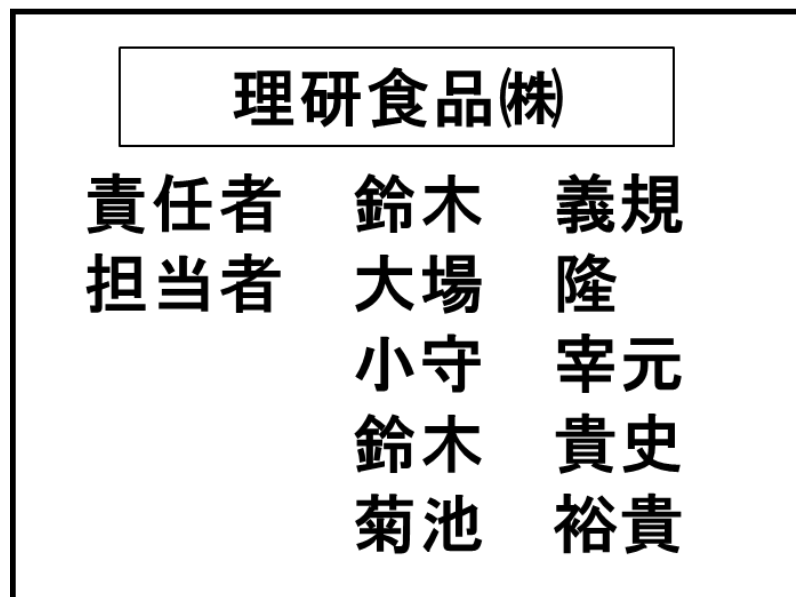
- (①原藻、②湯通し冷凍、③湯通し塩蔵
④エアードライ、⑤オーバーエアードライ、⑥フリーズドライ)

実験Ⅱ．各種ワカメの厚みと食感の相関

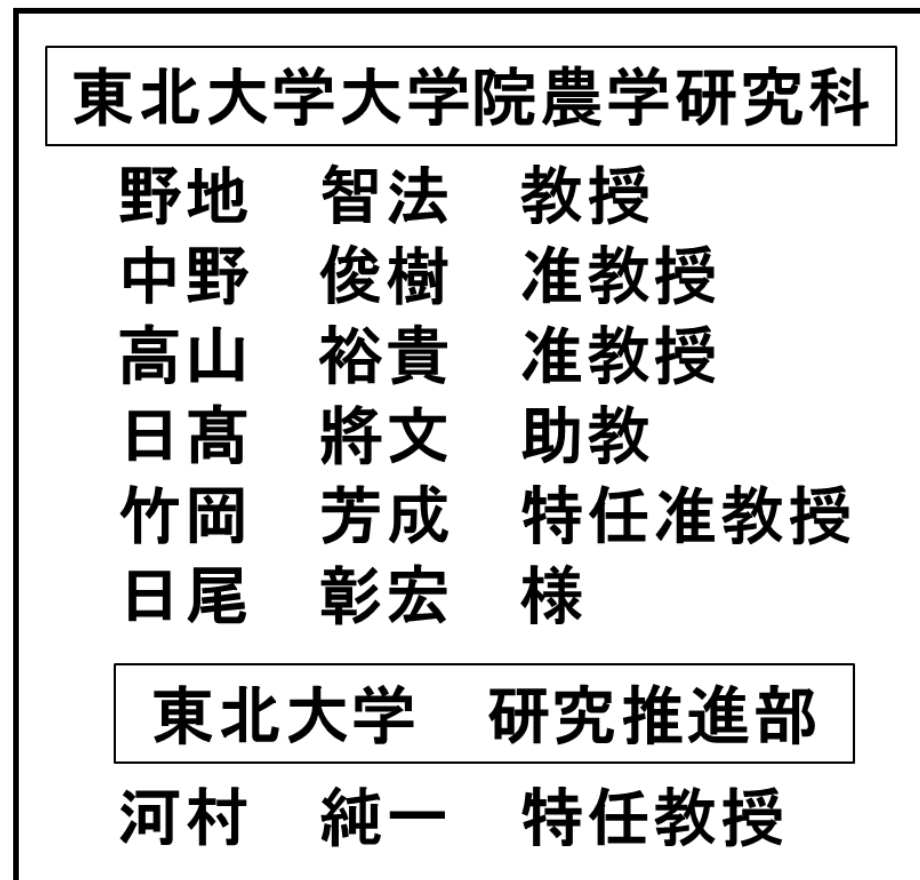
(サンプルリストは実験Ⅰと同じ)

【研究実施体制】

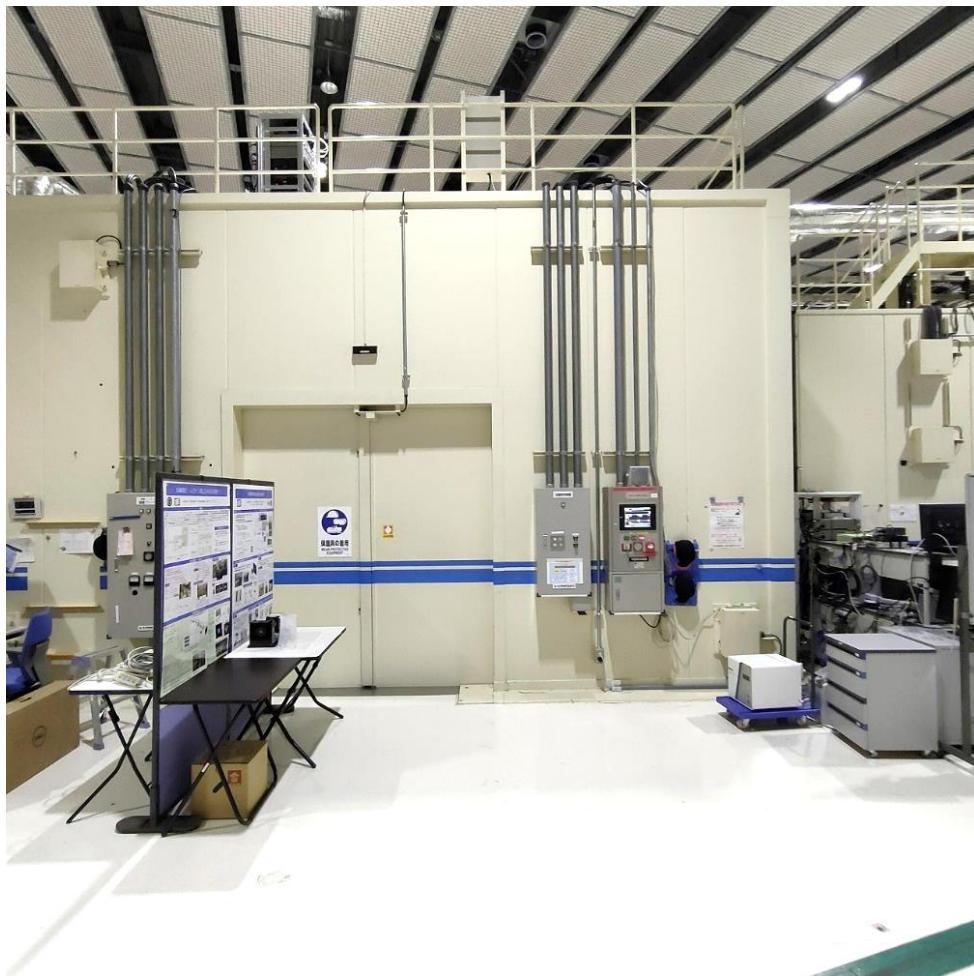
申請主体



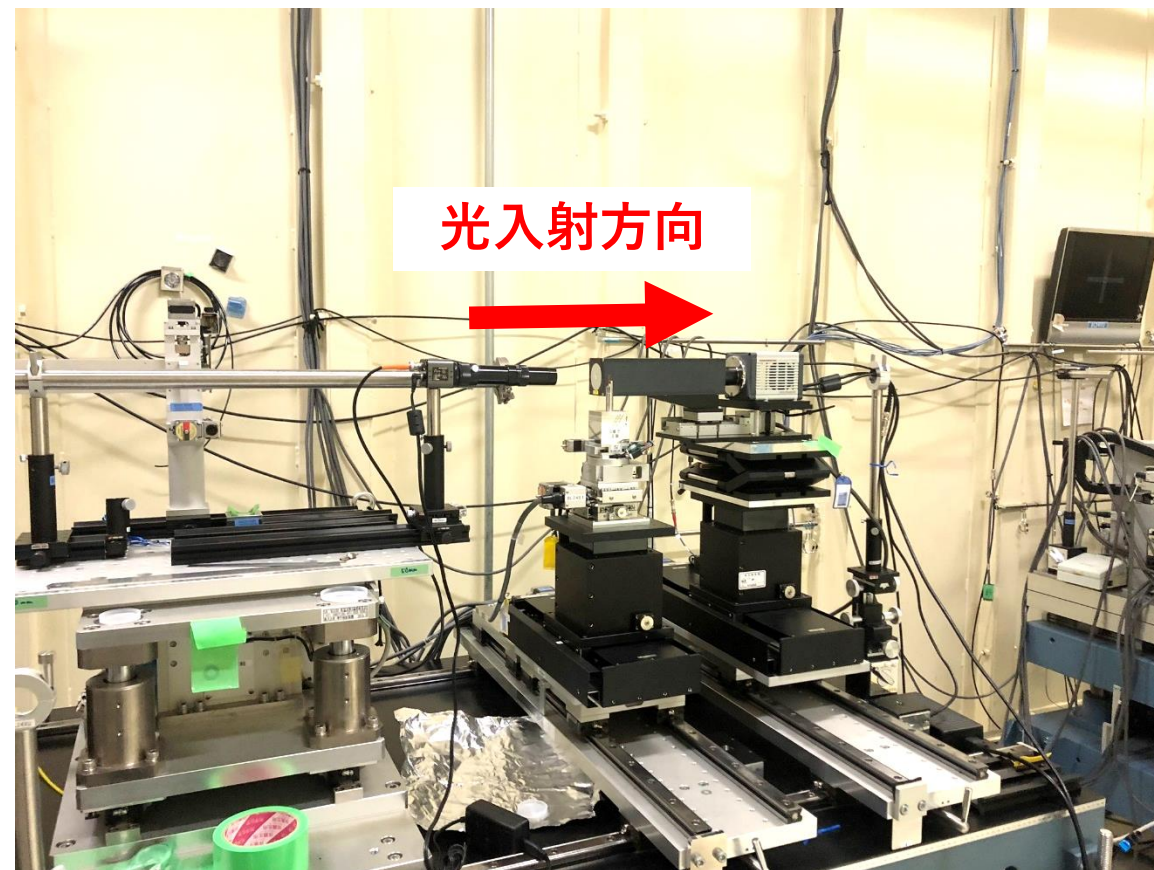
協力研究者



【測定ビームラインBL24XU 測定室内外 外観】

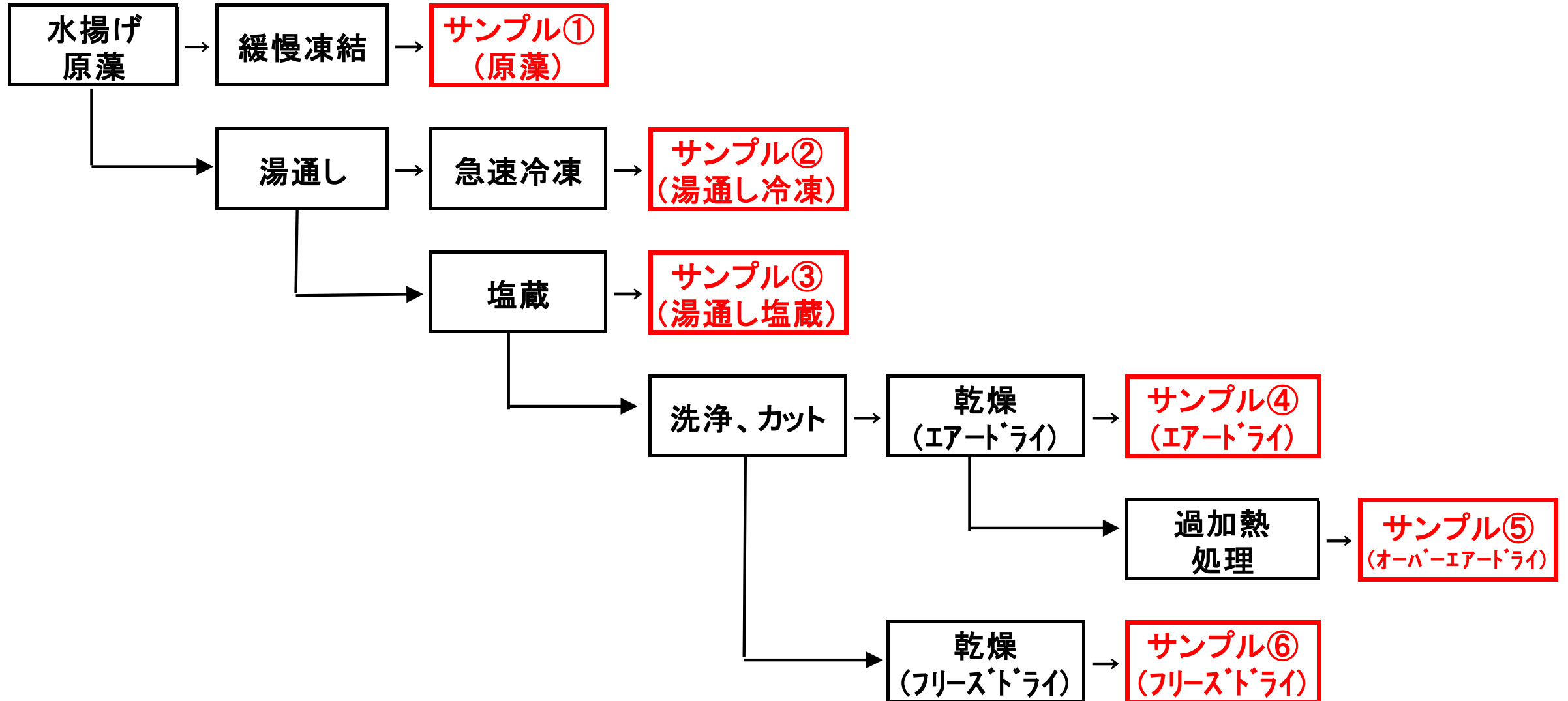


【測定室外から見た様子】



【測定室内から見た様子】

【各種加工ワカメ サンプル調製フロー（製造工程）】



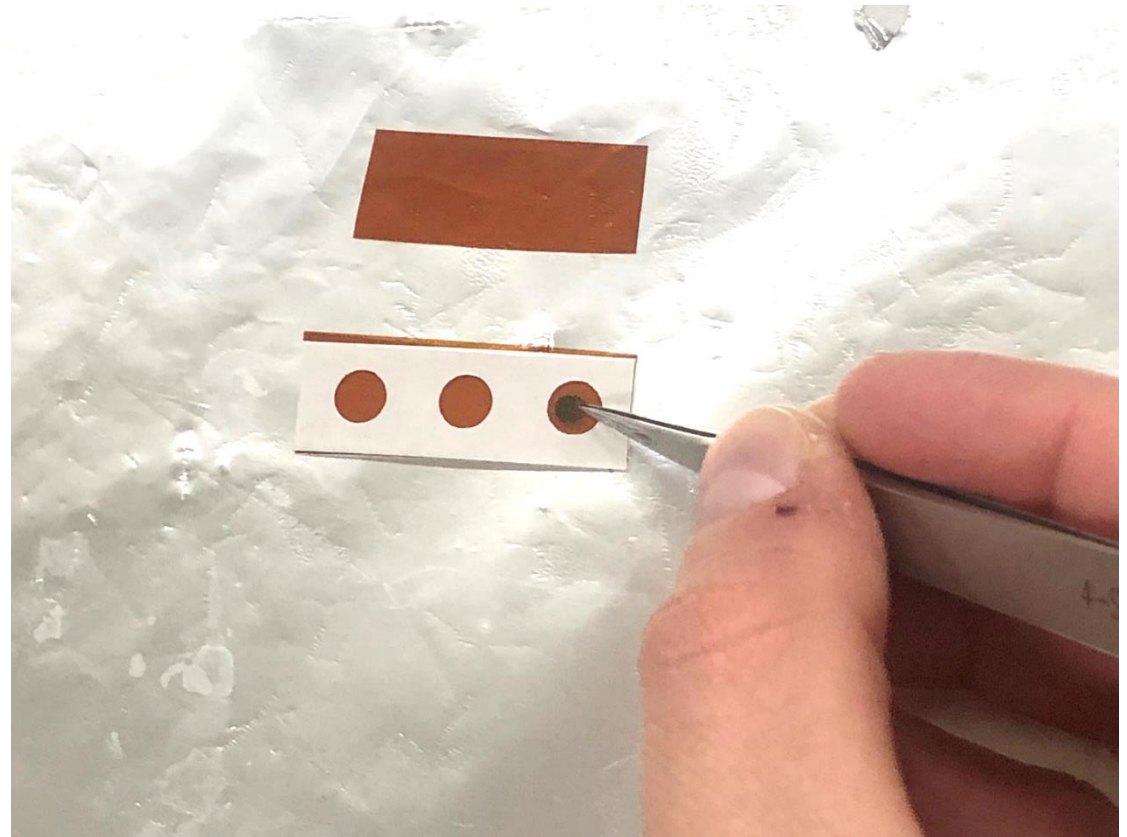
【放射光分析 前処理】



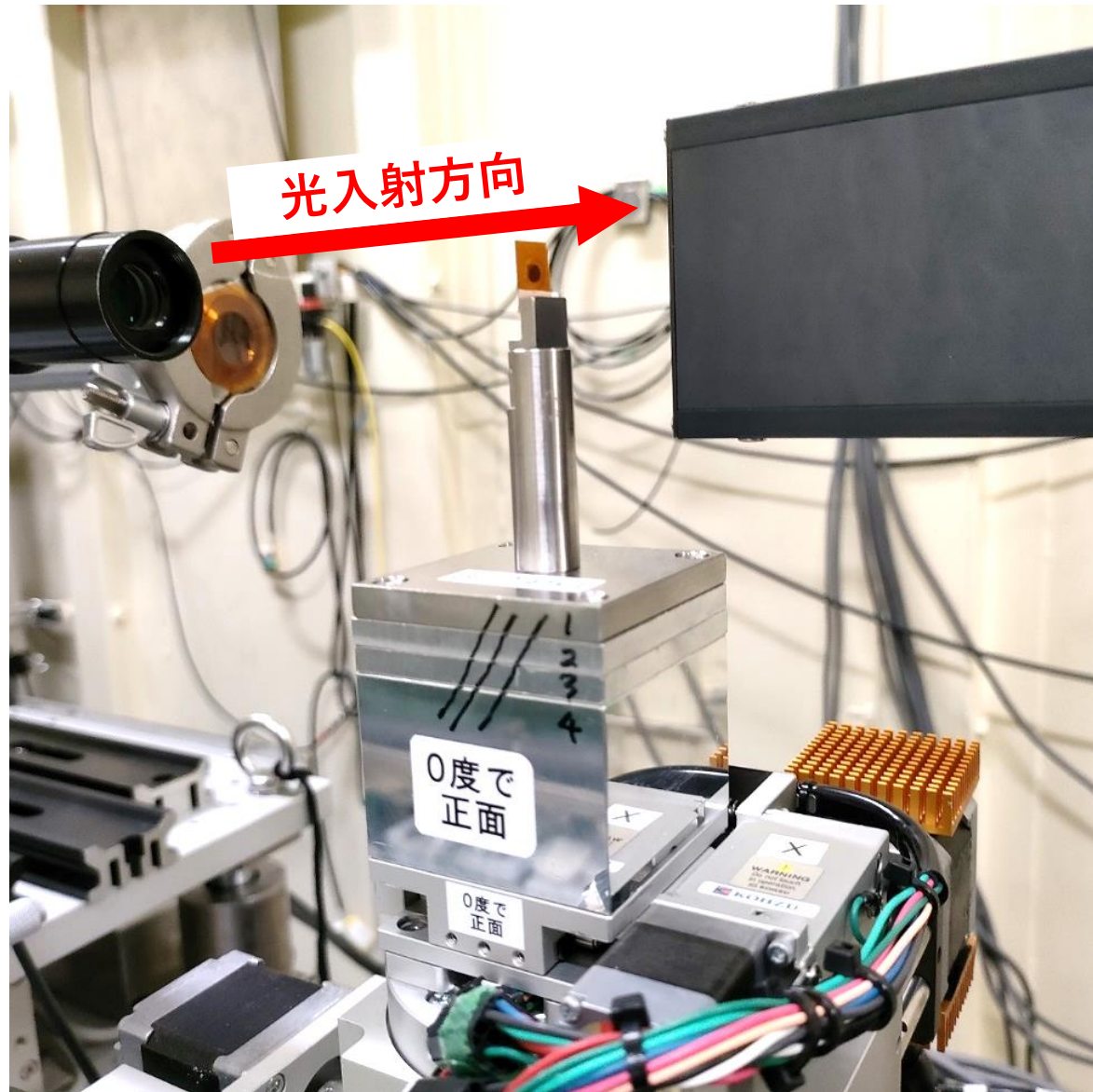
【測定用 サンプル調製】

下図に示すフィルムに入れて測定した。

※写真の内容物は、乾燥ワカメ(エアードライ)の水戻し品。



【サンプルのマイクロX線CT測定装置への取り付け状況】



【BL24XU 測定条件】

X線光子エネルギー : 8 keV

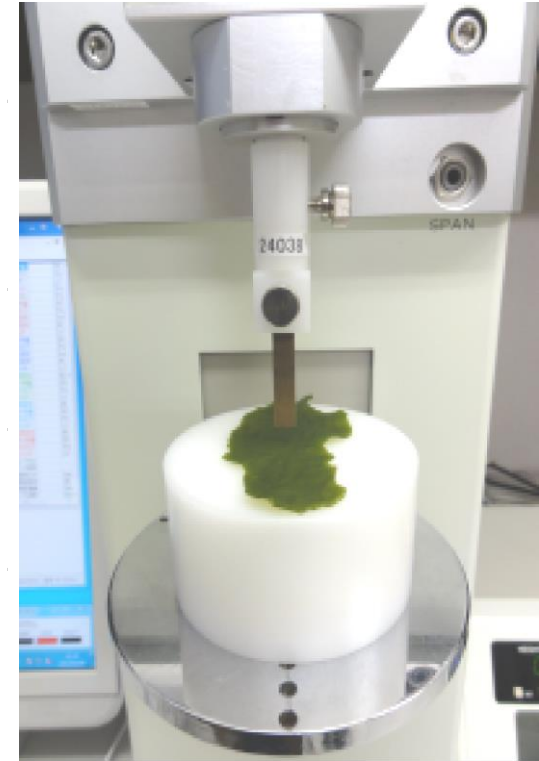
露光時間 : 0.1秒

画素サイズ : 0.65 μm

投影枚数 : 1200 投影/180°

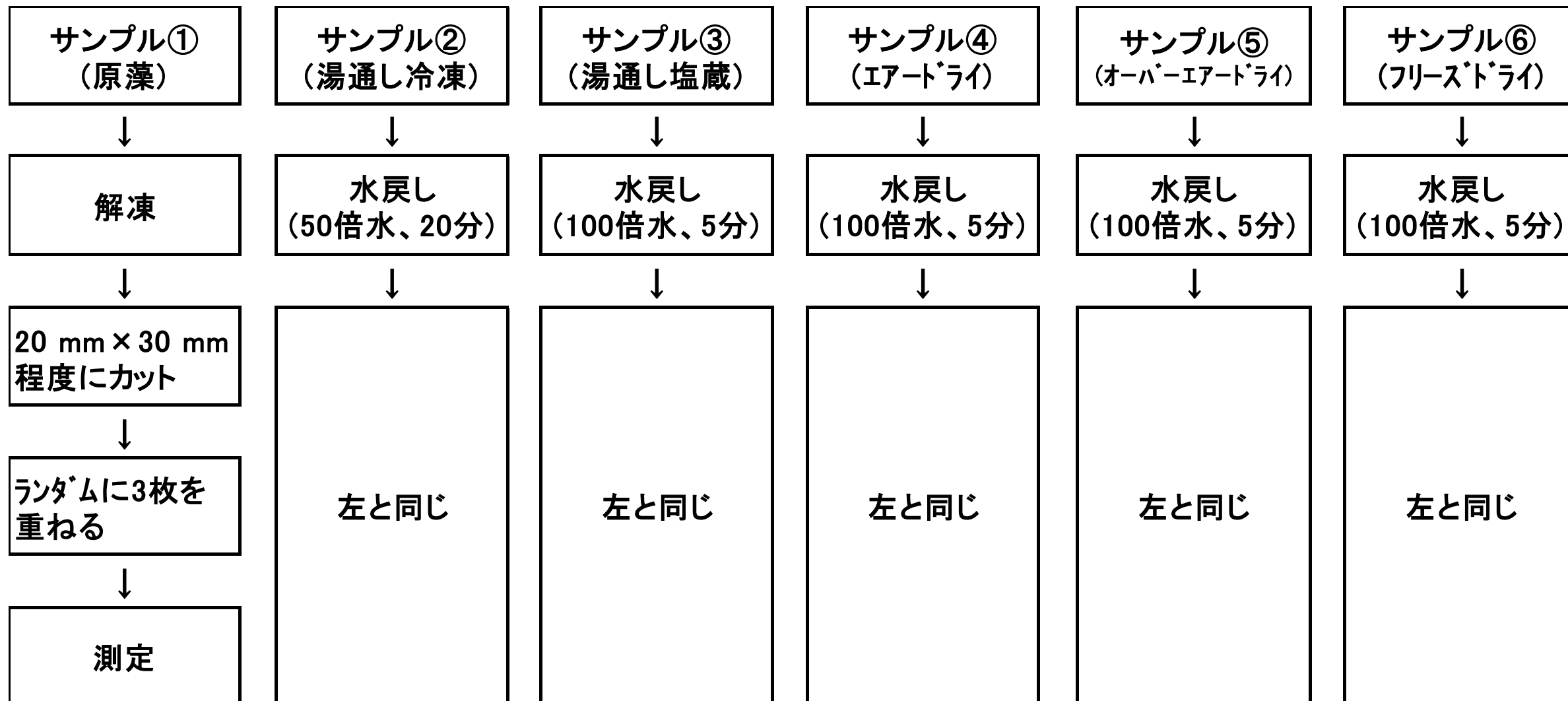
【破断強度および厚さの測定条件】

測定装置	:	クリープメーター RE2-3305C (株式会社山電)
プランジャー	:	No.67(くさび型) (厚さ1mm×幅5mm)
	速度	: 0.5 mm/sec
	歪率	: 99%
破断強度	条件	: 3枚を重ね最大荷重を最上位から3点記録。この作業を5回繰り返し、1試験区当たりn=15のデータ取得した。
厚み	条件	: 破断強度測定の際に自動測定した。



【測定状況】

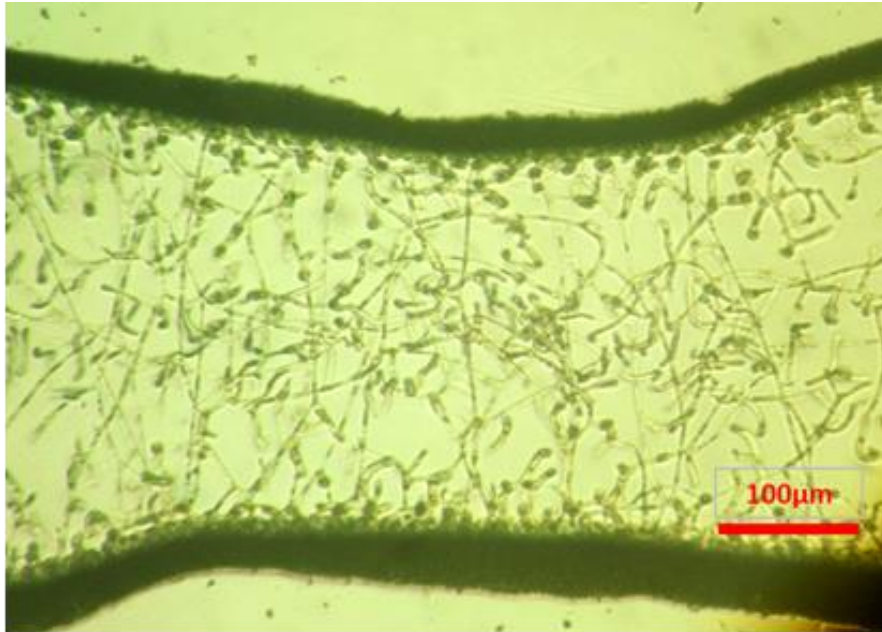
【破断強度、厚み測定 前処理①（水戻し）】



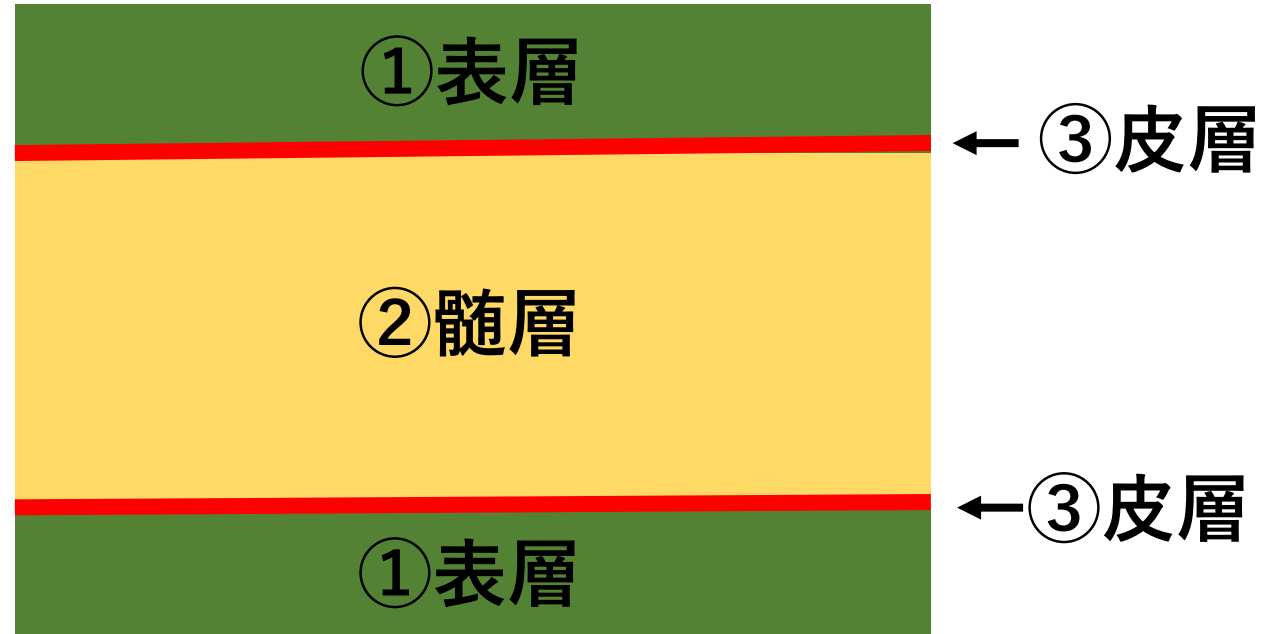
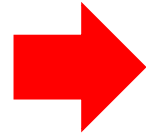
【破断強度、厚み測定 前処理②（湯戻し）】



【ワカメの断面構造】



【断面図(光学顕微鏡)】

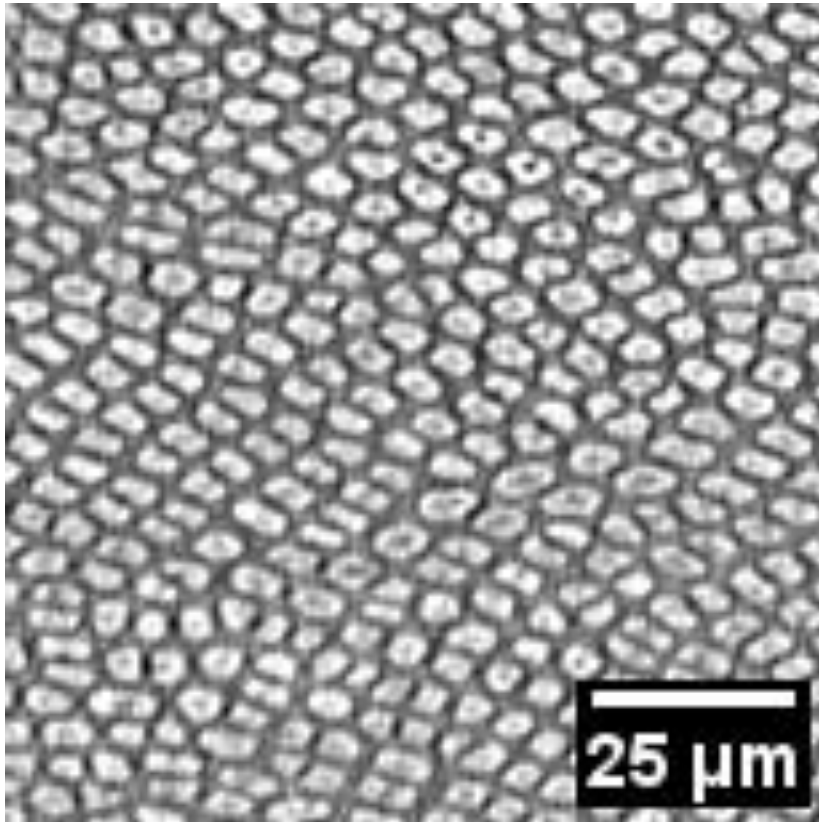


【解析における識別】

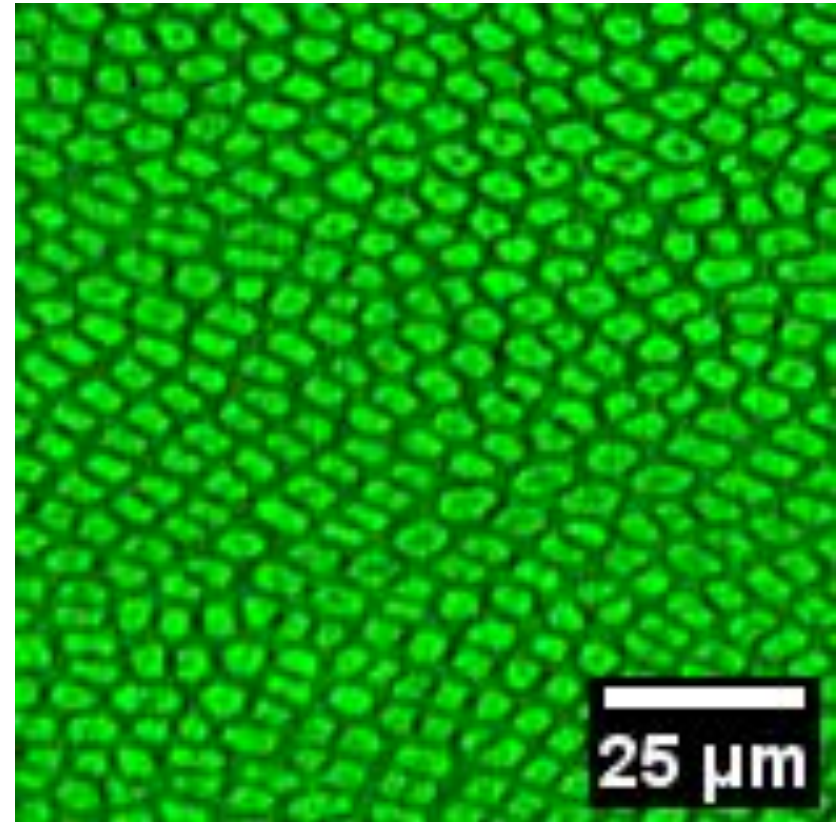
⇒観察するポイントを①表層、②髓層および③皮層の3点に分けた。

【画像解析の方法】

測定して得られた画像は画像解析により、緑色に着色し評価した。



【元の画像】



【着色した画像】

【実験結果】

実験Ⅰ．各種加工ワカメ水戻し品の観察

前述の方法により取得した画像を示す。

- (①原藻、②湯通し冷凍、③湯通し塩蔵
④エアードライ、⑤オーバーエアードライ、⑥フリーズドライ)

実験Ⅱ．各種ワカメの厚みと食感の相関

結果を散布図にて示す。

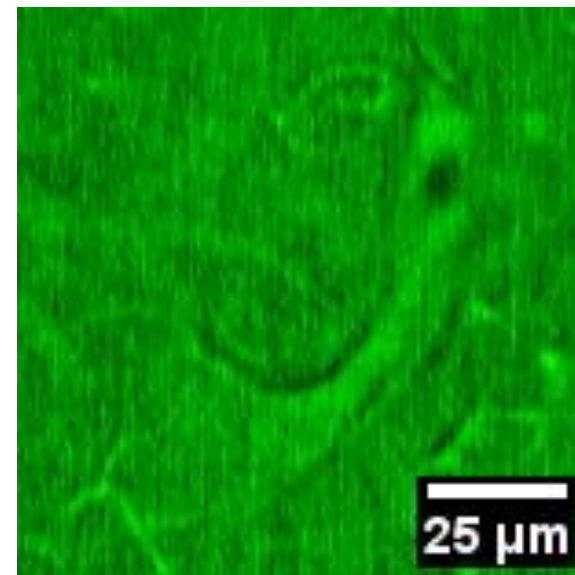
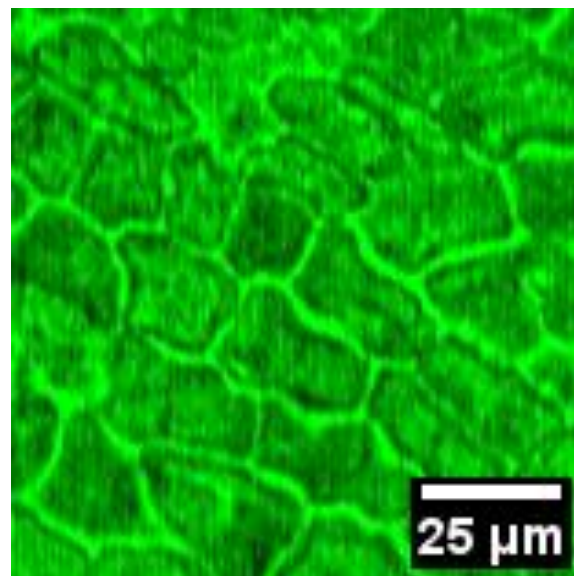
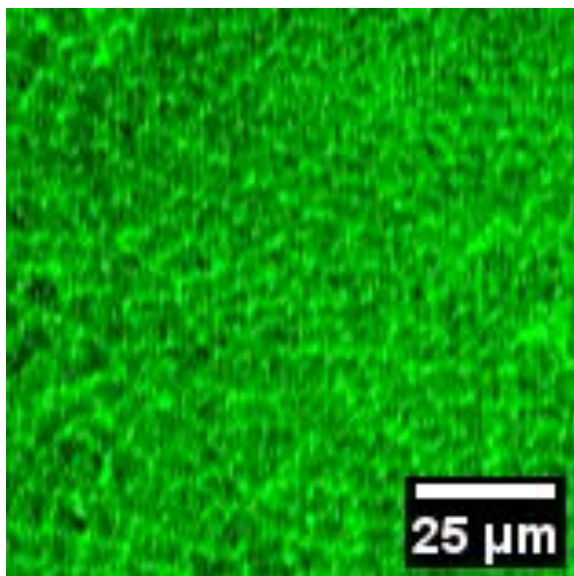
【実験 I の結果】 『サンプル①、②』

【表層】

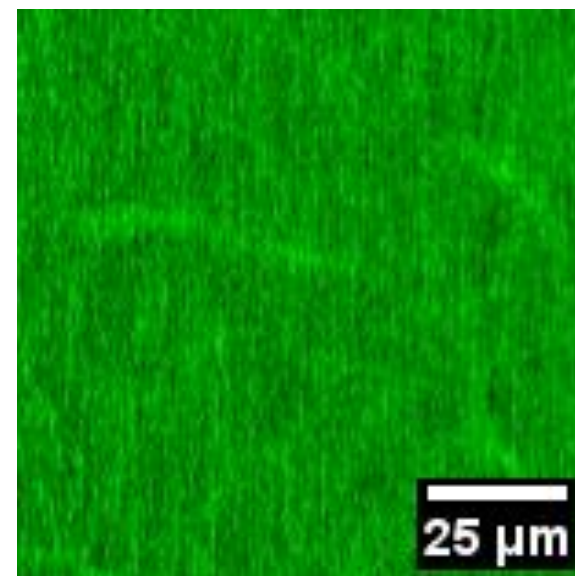
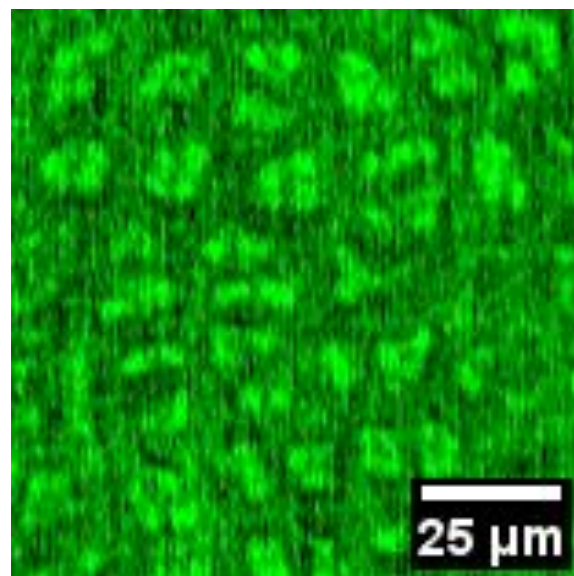
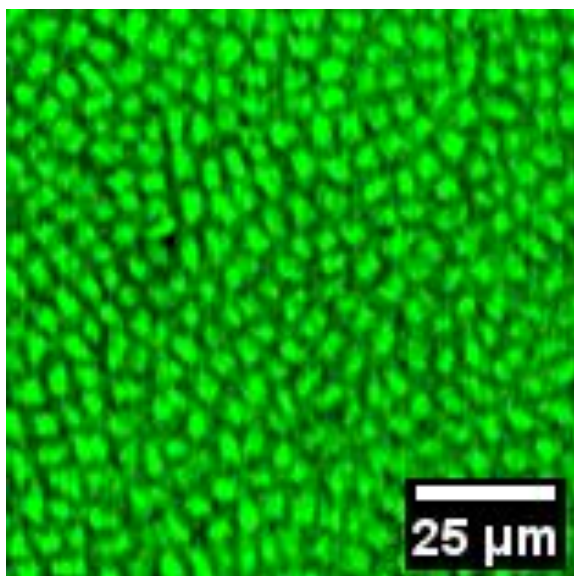
【皮層】

【髓層】

①原藻



②湯通し冷凍



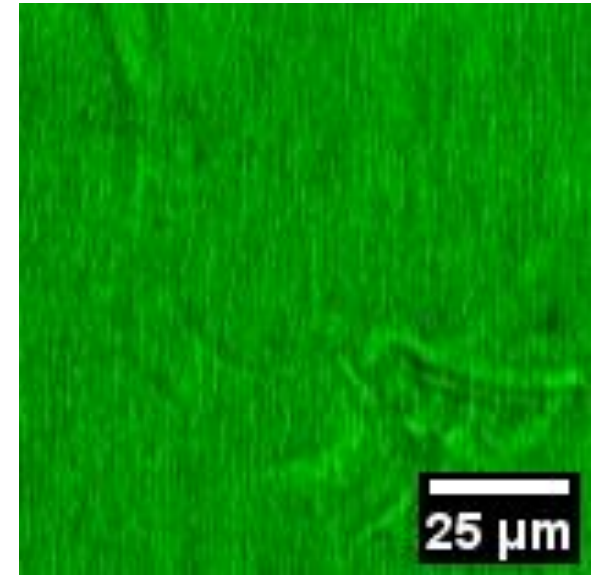
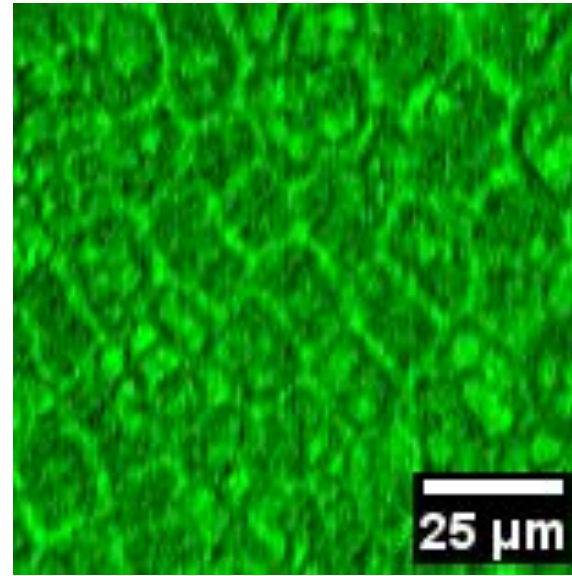
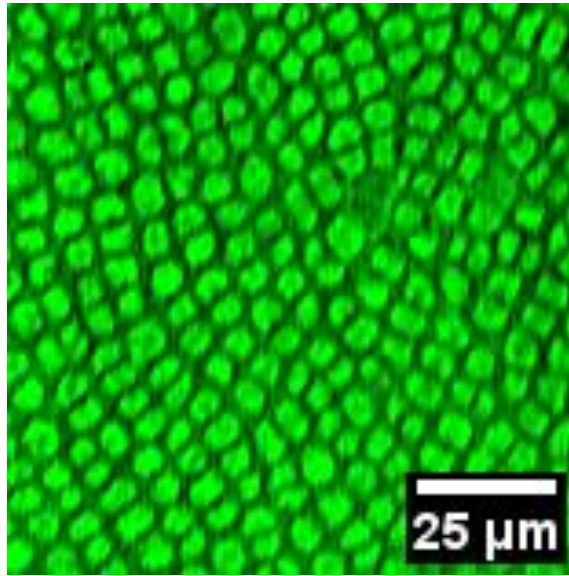
『サンプル③、④』

【表層】

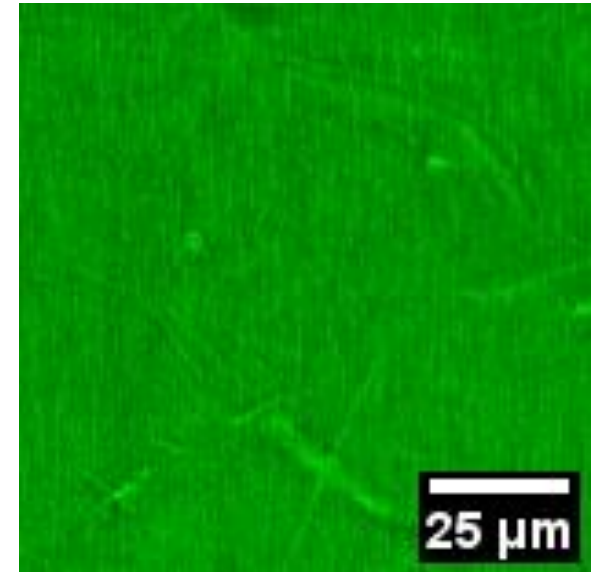
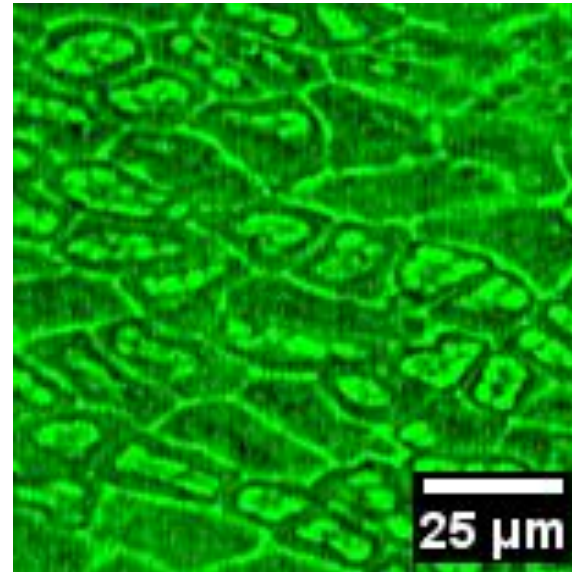
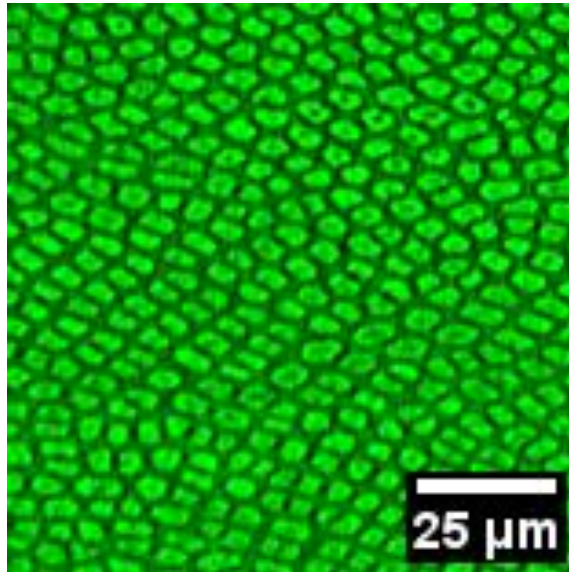
【皮層】

【髓層】

③湯通し塩蔵



④エアードライ



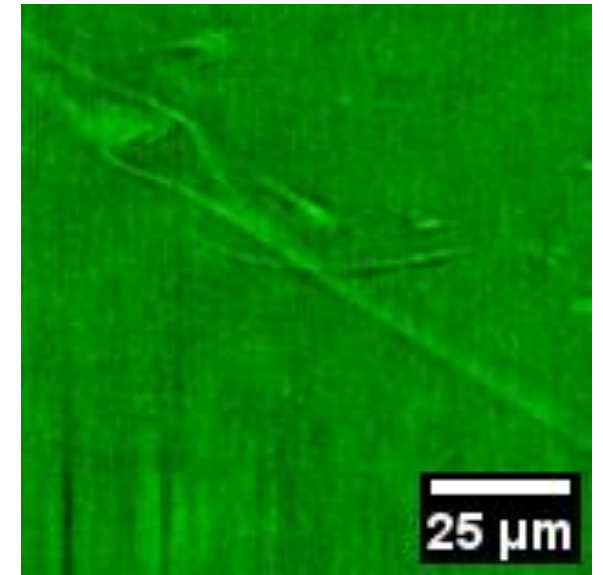
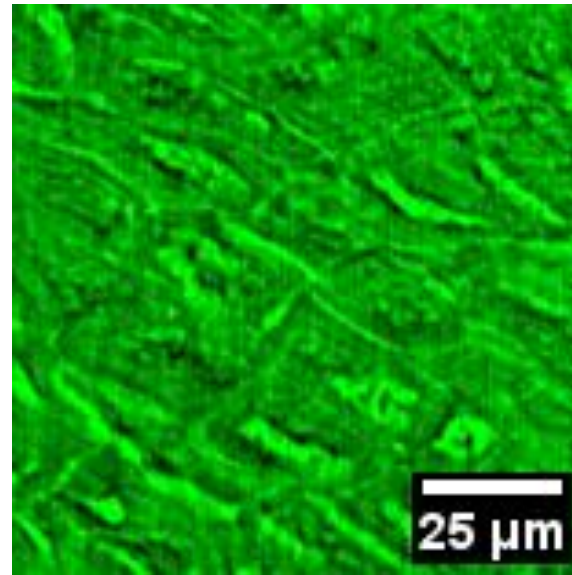
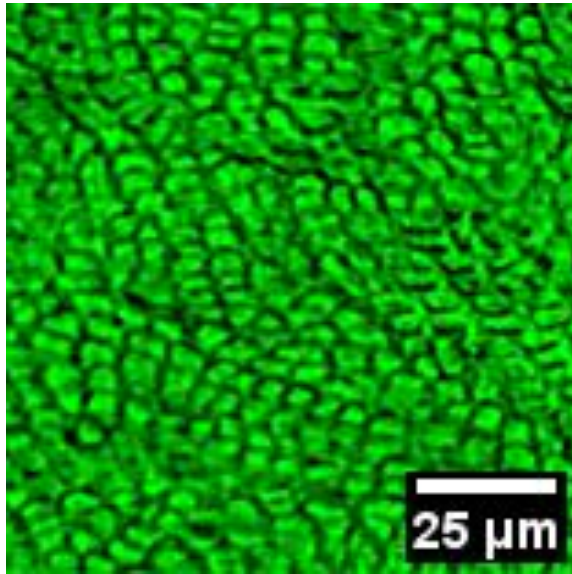
『サンプル⑤、⑥』

【表層】

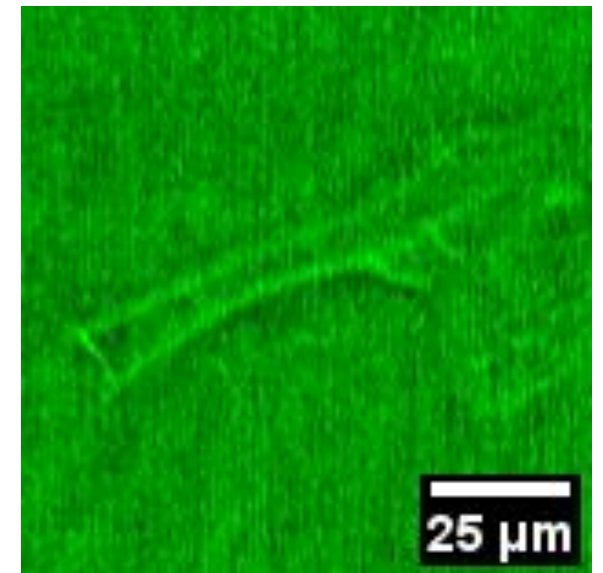
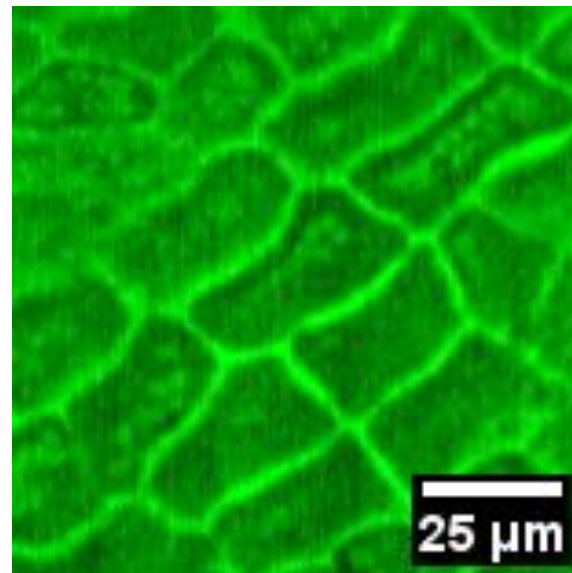
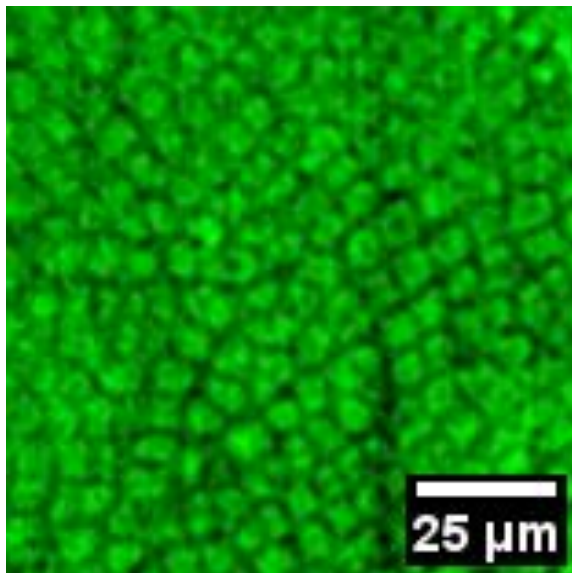
【皮層】

【髓層】

⑤ オーバーアイドライ

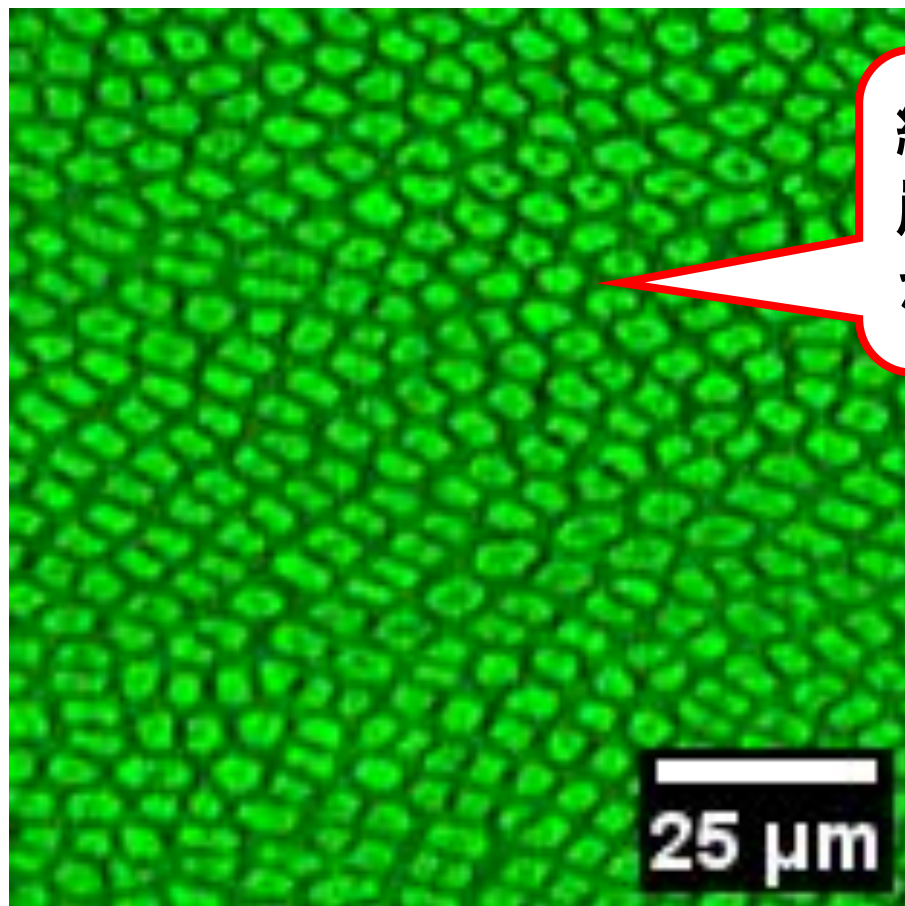


⑥ フリーズドライ



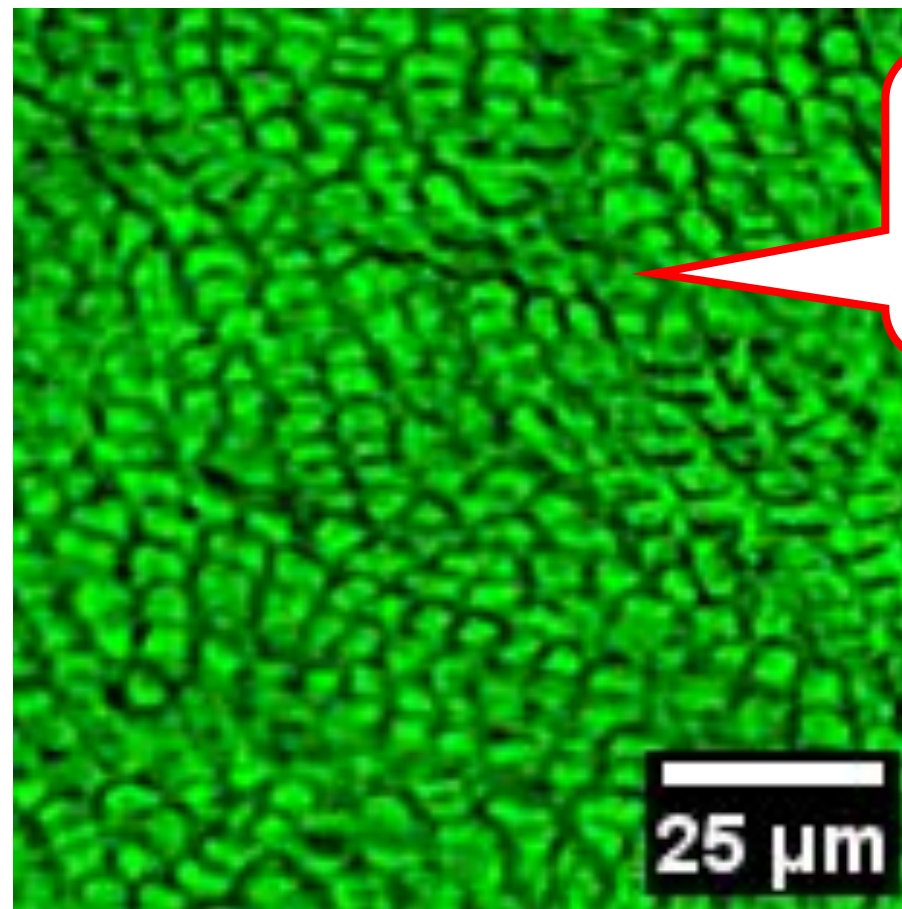
【実験 I の成果】 表層で認められた細胞壁状態の差異

※細胞膜内部を緑色に着色して比較。



細胞壁に崩れが無かった。

【エアードライ】

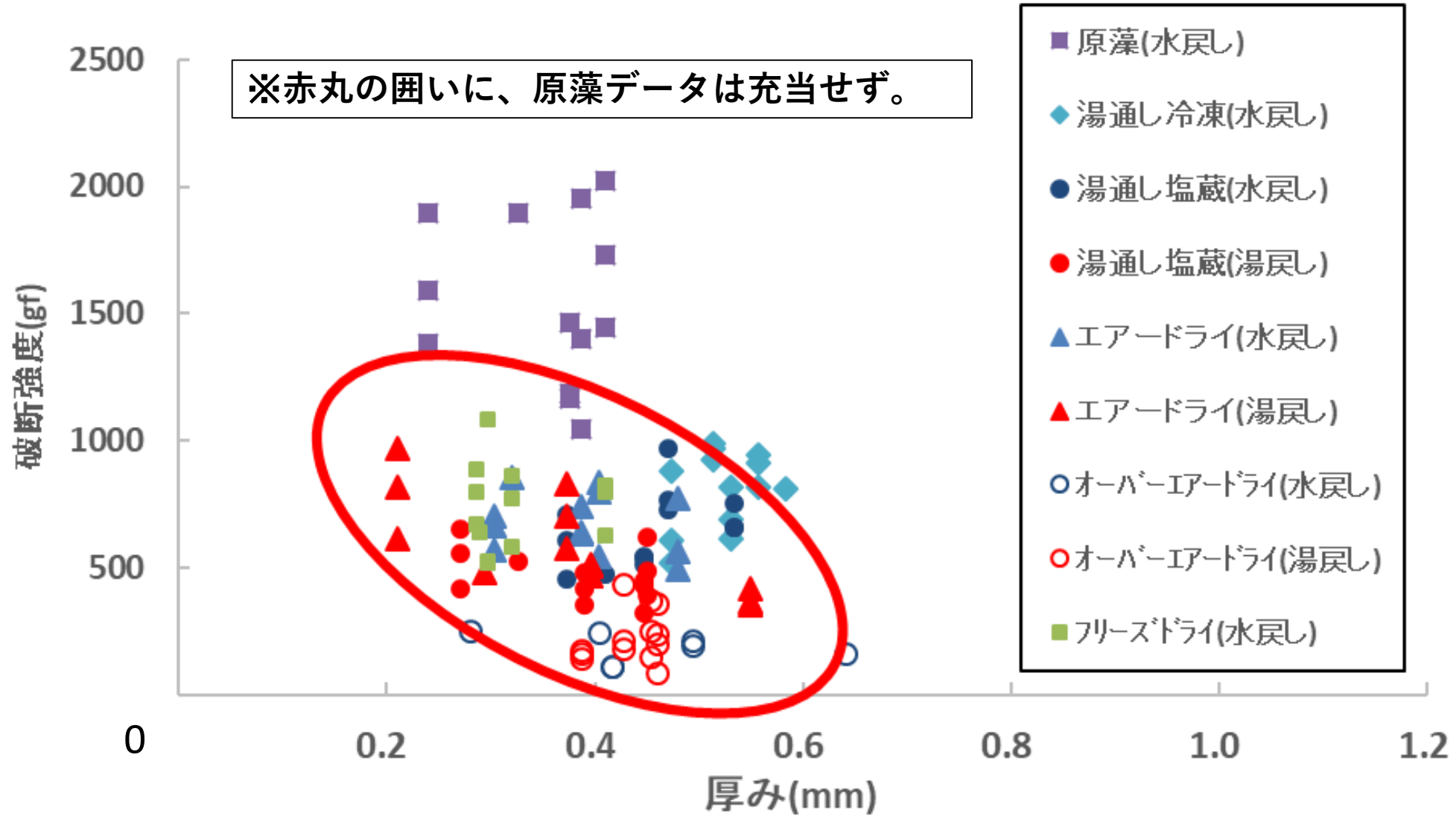


細胞壁が崩れていた。

【オーバーエアードライ】

⇒過度な乾燥によりワカメ表層の細胞壁が崩れ、脆弱化することを可視化！！

【実験Ⅱの結果】



⇒喫食時の葉が薄いほど、食感が硬そう！！

【まとめ】

- ①ワカメの表層、皮層および髄層の可視化に成功!!
- ②正常に乾燥したものおよび過度に乾燥し脆弱化させたものの二種類のワカメの表層を観察して、品質差異を可視化!!
- ③喫食時のワカメの葉が薄いほど、食感が硬くなる可能性が示唆!!

【考察】

①ワカメ加工工程別の内部構造の比較

⇒髄層には差異がなかった。皮層は更なる調査が必要。
表層は過度な加工により差異が発生。

②過度な乾燥によるワカメ表層の脆弱化の要因

⇒熱によるワカメ繊維構造の分解と推察。

③ワカメの葉が薄いほど食感が硬くなるメカニズム

⇒加工が進むほど髄層に水分が入り、水分が多いほど葉が厚くなる。しかし、その分食感も柔らかくなると推察。

【今後の展望】

- ① **ワカメのミネラル分布の把握と付加価値の創造**
- ② **調味ワカメの品質と内部構造の相関
(解明できれば新たな技術開発につながる)**
- ③ **放射光蛍光X線による微量元素の測定と
産地判別への応用**



【トライアルユース事業の波及効果】

① 仙台商工会議所月報『飛翔』2023年12月号に掲載

『飛翔12月号』より。
※仙台商工会議所HPより抜粋。

② 放射光関連セミナーでの講演

セミナー、講演会名	主催
2022年度 グリーンイノベーションシンポジウム 次世代放射光施設ナノテラスセミナー ～仙山連携事業～	宮城県 ： 東北大学トライボロジー研究会
地元中小企業向け ナノテラス活用促進セミナー	山形市、仙台市
秋田県高エネルギー加速器技術研究会 令和5年度第3回研究会	七十七銀行 秋田県高エネルギー 加速器技術研究会

⇒ 地元企業に対する次世代放射光および理研食品の認知度アップに大いに貢献！！

費用面、知識面の不安なく挑戦が可能
 弊社は、多賀城にある本社の他に県内外にも工場を持ち、海藻関連製品の研究開発や、パッケージング等の製造、販売のサポートを行っています。

新産業・新技術を生み出す！
次世代放射光施設
 活用のススメ

2023年度に完成する次世代放射光施設(ナノテラス)活用に向けて、定期的に宮城県、仙台市のトライアルユース事業を活用して既存放射光施設を利用した事業者の事例を紹介します。

「ふえるわかめちゃん」の
 ふえるメカニズムを解明し、
 新商品開発に結びつけようと
 果敢に挑戦しています。



理研食品(株)
 品質保証部 品質管理グループ
 おおぼ たかし
 リーダー 大場 隆氏



【謝 辞】 東北大学 大学院農学研究科

野地	智法	教授
中野	俊樹	准教授
高山	裕貴	准教授
日高	將文	助教
竹岡	芳成	特任准教授
日尾	彰宏	様 (放射性同位元素実験施設)



東北大学 研究推進部ナノテラス共創推進課

河村 純一 特任教授

中野先生、高山先生、日高先生には、申請、測定準備および測定と多岐にわたりご協力とご支援頂きました。



ありがとうございました

