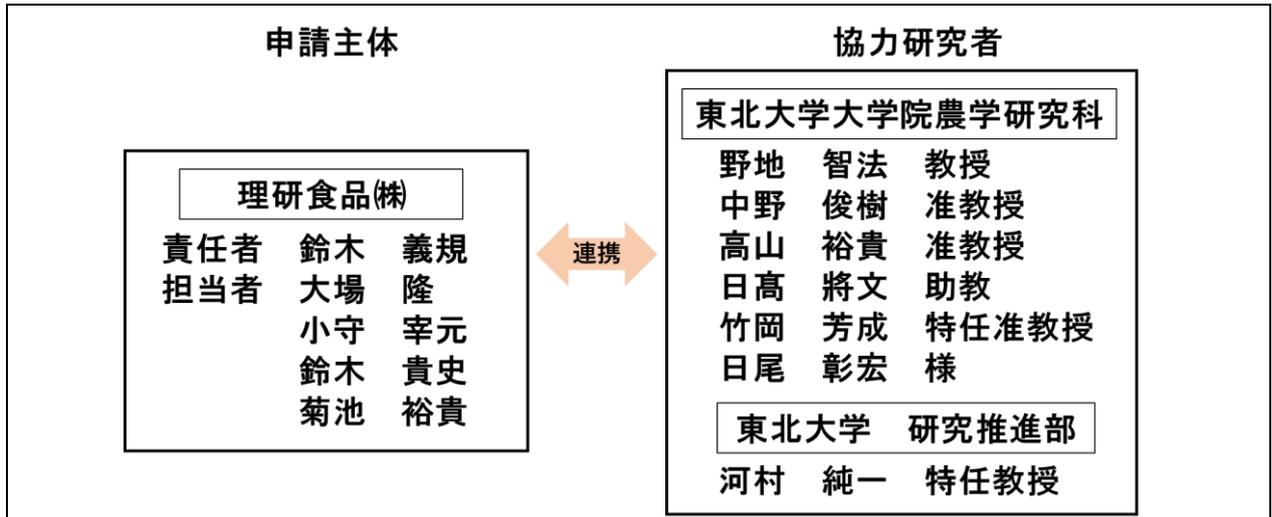


令和 4 年度仙台市既存放射光施設活用事例創出事業（トライアルユース） 事例報告書

1 課題名

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

2 測定にあたっての体制（社外委託先を含め記載）



3 背景と測定目的

○背景

お味噌汁の具材として定番のワカメの産地は様々であるが、国内では岩手と宮城が二大産地である。東日本大震災によりワカメの生産量は大きく落ち込んだが、2012年には震災前の8割まで回復した。しかし、1992年頃の生産量と比べると近年は約半分で国内生産量は減少傾向にあり、ワカメの新たな用途や新商品の開発が望まれている。乾燥ワカメが良く膨らむことは知られているが、例えば、切り干しダイコンの水戻し率が2倍程度なのに比べ自重の十数倍もの水分を吸収する乾燥ワカメの水戻し率は驚異的である¹⁾。この膨潤にはワカメ乾燥藻体の約30%を占め高い保水性を有する細胞間多糖のアルギン酸が主に関与すると考えられる。この多糖の吸水状況が、水戻し後のワカメの品質を決定すると考えられる。しかし藻体が薄く、90%以上もの水分を含むワカメを顕微鏡により組織化学的に観察することには限界がある。従って、膨潤プロセスにおける構成多糖など組織の挙動を観察した例は皆無で、詳細なメカニズムは不明である。しかし、これらを明らかにすれば水戻しに要する時間を早め、さらに生の状態に近付ける品質の向上と新商品開発が図られる可能性がある。そしてこれらの分析にはナノを観る顕微鏡である放射光の利用が期待される²⁾。

○目的

令和3年度の本事業により、我々は放射光 X 線 CT により非破壊的に乾燥ワカメの製造工程と水戻し工程におけるワカメの組織変化のイメージング観察に挑戦した³⁾。協力研究機関である東北大院農では、SPring-8 で X 線 CT イメージングにより冷凍マグロ筋肉の非破壊観察に成功している^{4,5)}。しかし海藻の場合は、水分が多く成分組成が単純かつ構成元素が軽いためコントラストが付き難く、乾燥ワカメ膨潤メカニズムの解明には至らなかった³⁾。そこで本課題では、放射光マイクロ X 線 CT を利用してイメージングし、内部構造の変化の可視化を試みた。併せて、成分や物性を調べ

構造との相関について検討した。

4 測定方法（測定手法、測定セットアップ、使用ビームラインなど）

【検討項目】

大きく以下の2つの実験を行い検討した。

実験Ⅰ. 各種加工ワカメ水戻し品の観察

(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)

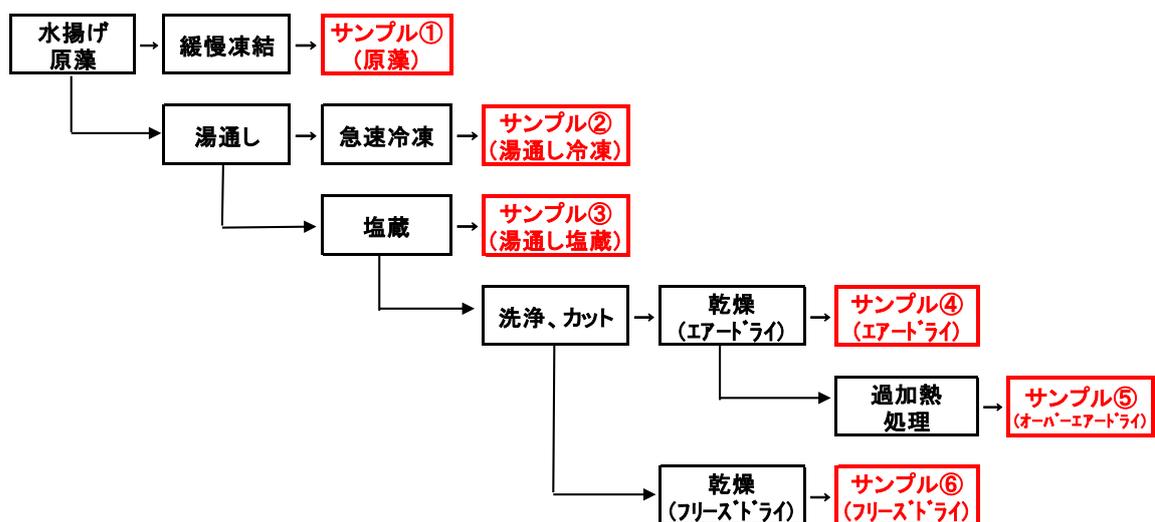
実験Ⅱ. 各種ワカメの厚みと食感の相関

(サンプルリストは実験Ⅰと同じ)

実験Ⅰ. 各種加工ワカメ水戻し品の観察

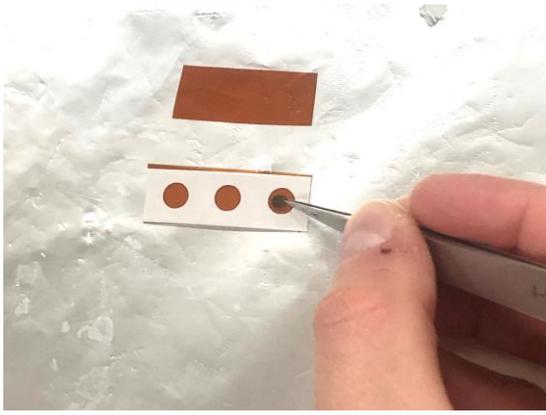
【測定用 サンプル調製】

1. 各種加工ワカメ サンプル調製フロー（製造工程）

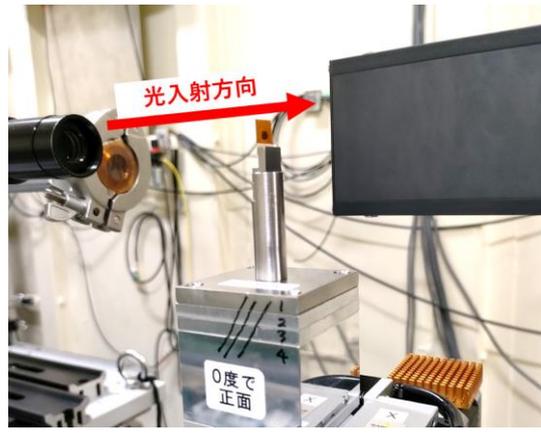


2. 放射光分析の前処理（測定用サンプル調製）





※測定用サンプル調製状況



※測定用サンプルの装置への取り付け状況

2. 測定ビームライン、条件

(1) ビームライン 「BL 2 4 XU」にて行った。

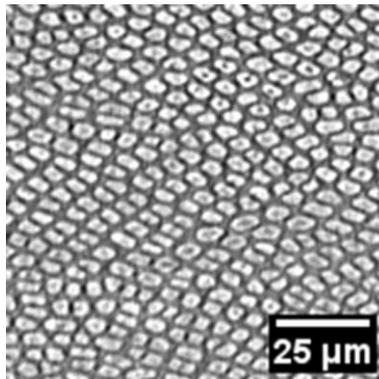
(2) 測定条件

X線光子エネルギー：8 keV、 露光時間：0.1秒

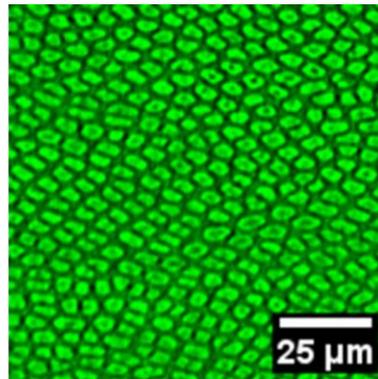
画素サイズ：0.65 μm 、 投影枚数：1200 投影/180°。

3. 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。

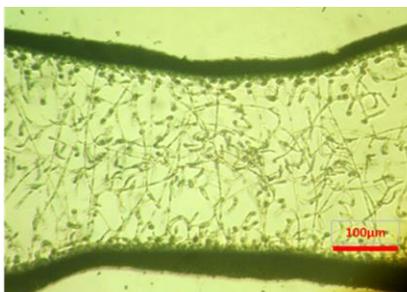


【元の画像】



【着色した画像】

4. ワカメの断面について



【断面図(光学顕微鏡)】



【解析における識別】

・見るポイントを上図の①表層、②髓層および③皮層の3点に分けた。

実験Ⅱ. 各種ワカメの厚みと食感の相関

【測定用 サンプル調製】

1. 各種加工ワカメサンプル調製フロー（製造工程）

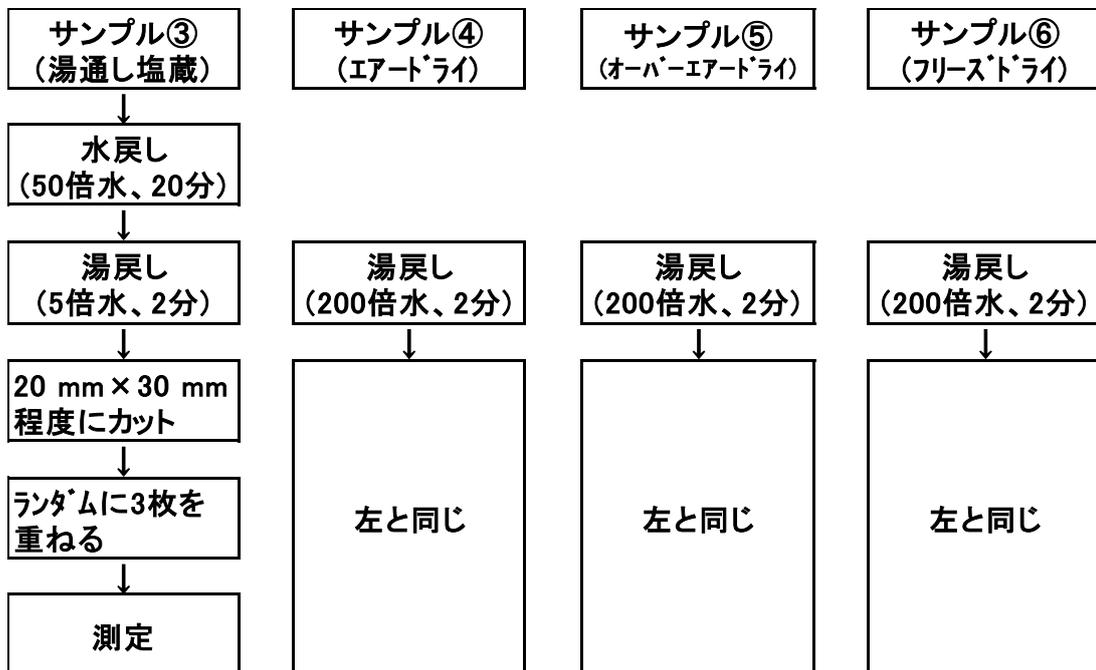
前述の実験Ⅰのサンプル調製フローと同じとした。

2. 破断強度、厚み測定前処理（測定用サンプル調製フロー）

(1) 水戻し品

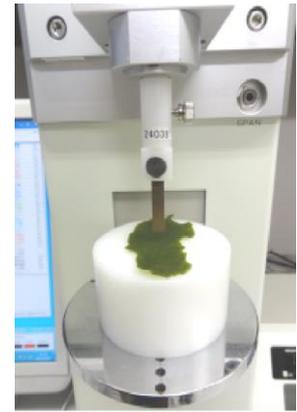


(2) 湯戻し品



3. 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
破断強度	歪率	: 99%
	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】

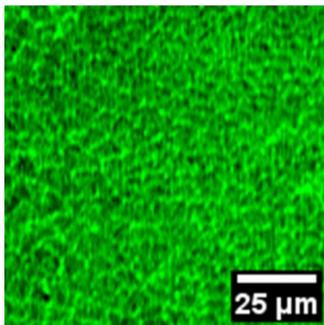
5 結果及び考察 (代表的なグラフや図を用いて分かりやすく説明すること)

【結果】

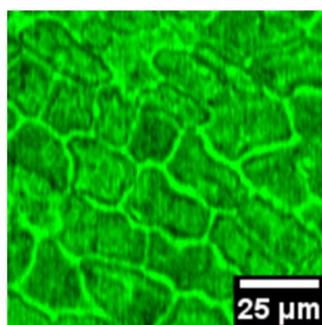
実験Ⅰ. 各種加工ワカメ水戻し品の観察

(1) 原藻

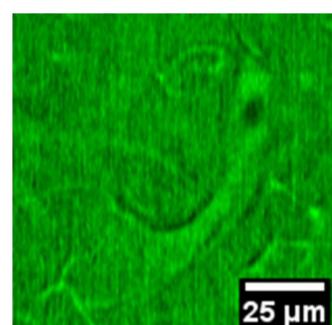
【表層】



【皮層】

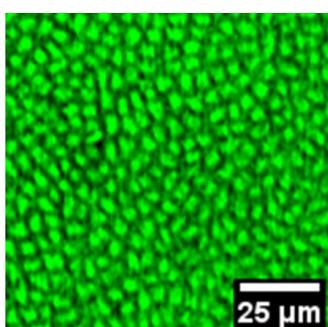


【髄層】

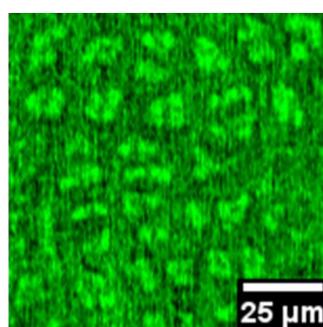


(2) 湯通し冷凍

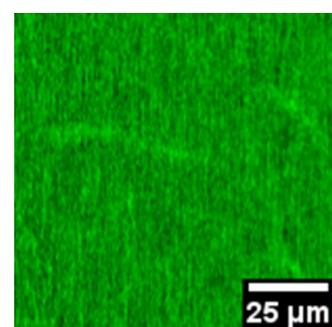
【表層】



【皮層】

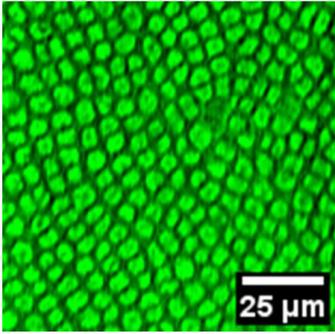


【髄層】

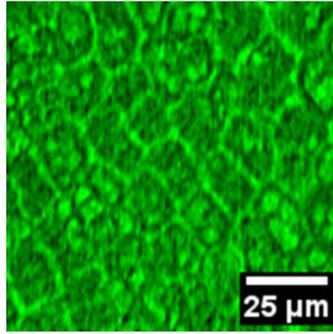


(3) 湯通し塩蔵

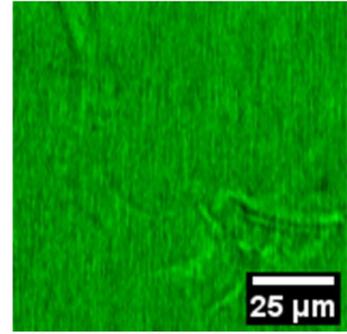
【表層】



【皮層】

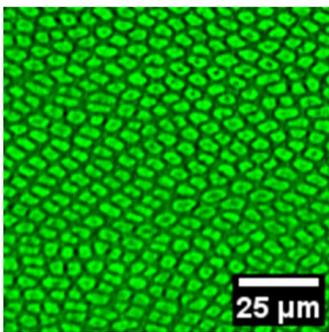


【髓層】

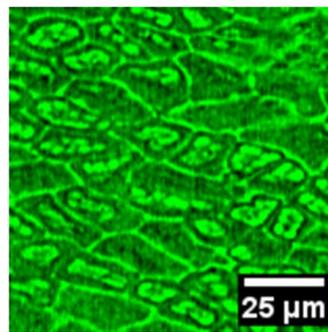


(4) エアードライ

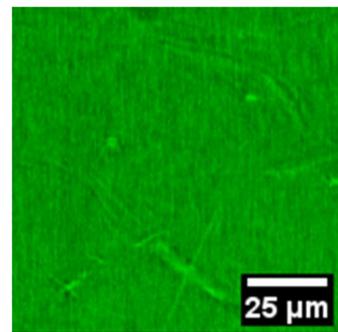
【表層】



【皮層】

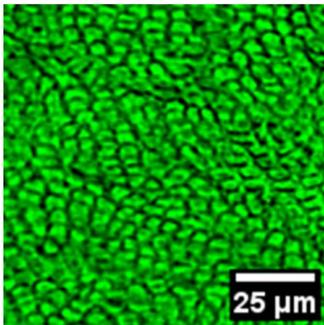


【髓層】

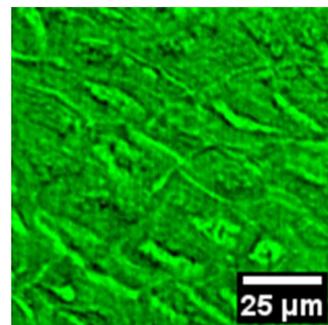


(5) オーバーエアードライ

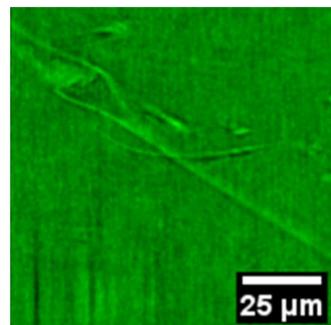
【表層】



【皮層】

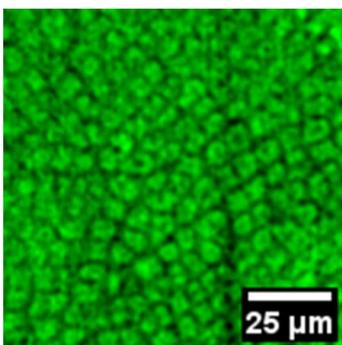


【髓層】

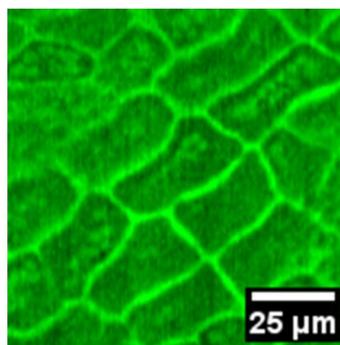


(6) フリーズドライ

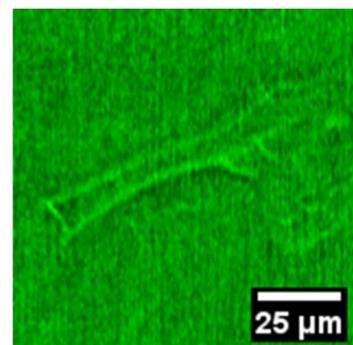
【表層】



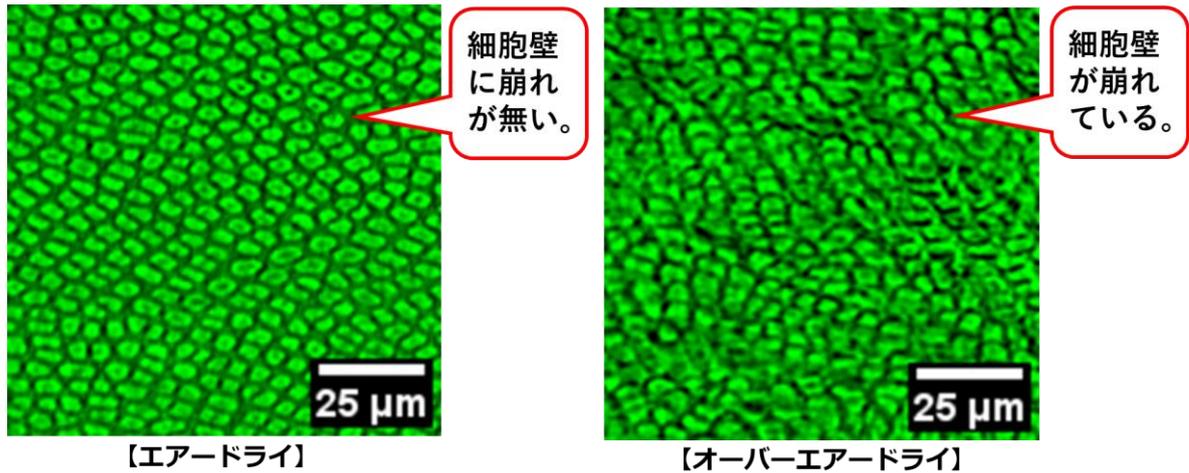
【皮層】



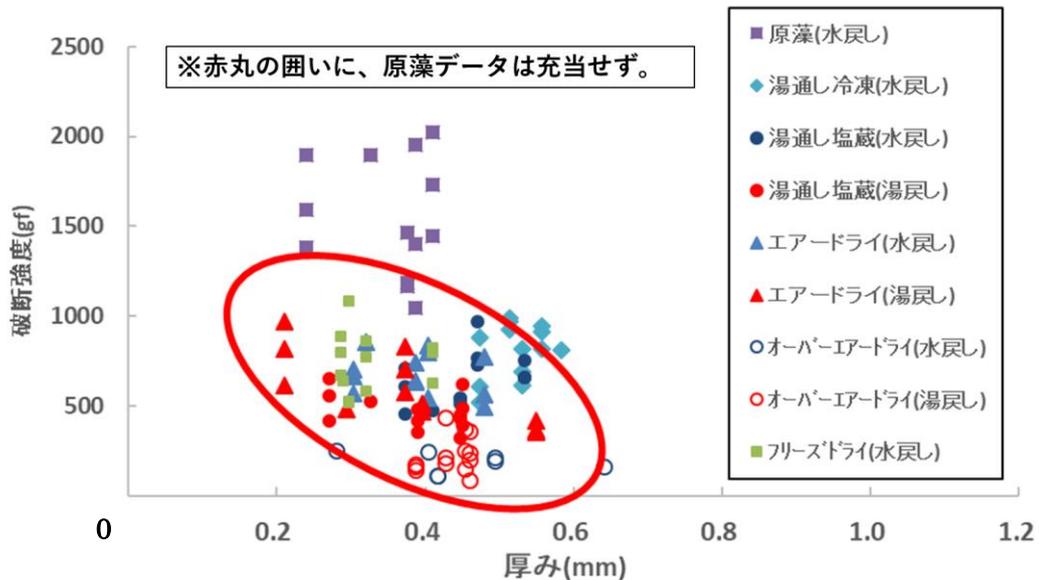
【髓層】



(7) 実験Ⅰのまとめ【表層で認められた品質の差異】



実験Ⅱ. 各種ワカメの厚みと食感の相関



⇒喫食時の葉が薄いほど、食感が硬そう！！

【結果の概略】

1. ワカメの表層、皮層および髓層の可視化に成功！！
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

⇒髄層には差異はなかった。皮層は更なる調査が必要。表層は過度な加工による差異の発生が示唆。

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いメカニズム

⇒加工が進むほど髄層に水が入り、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かと推察。

【波及効果】

1. 仙台商工会議所月報『飛翔』2023年12月号に掲載

2. 放射光関連各種セミナーでの事例講演

⇒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貢献！！

『飛翔12月号』より。
※仙台商工会議所HPより抜粋。



6 今後の課題

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（解明による新たな技術開発）

3. 放射光蛍光 X線法による微量元素の測定と産地判別への応用

7 参考文献

- 1) 理研ビタミン、乾燥ワカメの水戻り変化について（動画）、理研ビタミン（株）ホームページ、https://www.rikenvitamin.jp/inquiry/qa_products/012.html.
- 2) 中野、水産分野における放射光利用の可能性と期待、放射光利用の手引き（東北放射光施設推進会議推進室 編）、アグネ技術センター、東京、pp.42-48 (2019).
- 3) 令和3年度既存放射光施設活用事例創出事業（トライアルユース）創出事例（2021）
<https://www.city.sendai.jp/renkesuishin/jigyosha/kezai/sangaku/r3zirei.html>
- 4) 令和元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）創出事例（2019）
<https://www.city.sendai.jp/renkesuishin/jigyosha/kezai/sangaku/zirei.html>
- 5) 中野、「ナノが見えれば食品の未来が変わる～放射光分析の食品学と水産学分野における可能性～」(2023) <http://www.mac.or.jp/mail/221201/01.shtml>