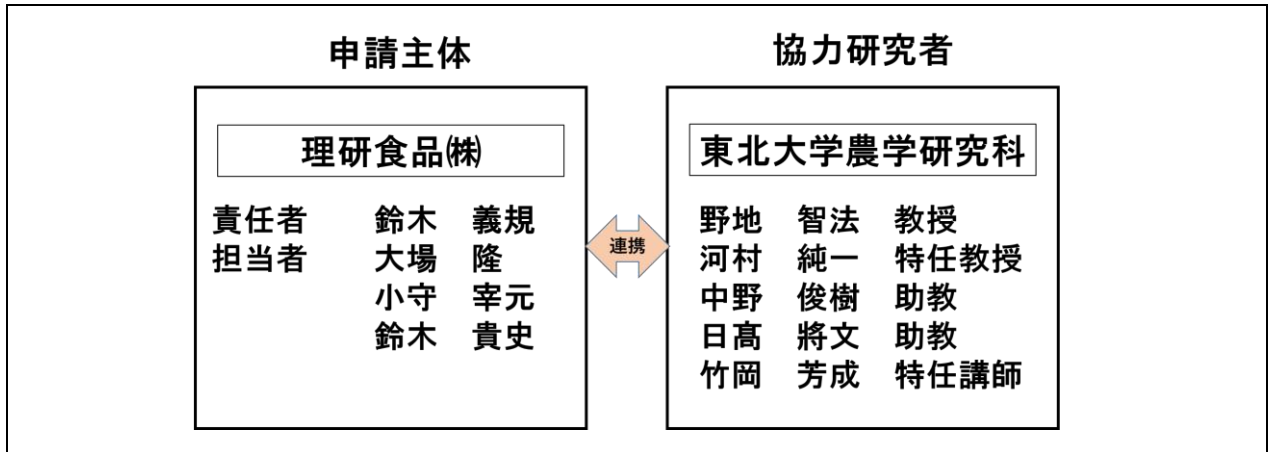


令和3年度仙台市既存放射光施設活用事例創出事業（トライアルユース） 事例報告書

1 課題名

驚異的に水分を吸収する乾燥ワカメの膨潤状態における組織の可視化と復元後の品質向上への応用

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】

乾燥食品は保存性や携帯性に優れ、平時と非常時における常備品の一つである。中でも乾燥わかめは常温保存性が高く、手軽に食物繊維やミネラルが摂れて満腹感も得られることから健康食品としての人気もある。わかめをみそ汁に放すと実感するが、乾燥わかめは良く膨らむ。実際、乾燥わかめは自重の十数倍もの水分を吸収するが、水分が多いダイコンでも水戻し率は2倍程度なのでわかめの戻し率は食品の中でもずば抜けている¹⁾。この膨潤にはわかめに存在する多糖（細胞壁骨格多糖、細胞間粘質多糖および貯蔵多糖）のうち、乾燥藻体の約30%を占め保水性の高い細胞間多糖のアルギン酸（名前に「酸」が付いているがマンナンに似た多糖）が主に関与すると考えられる。アルギン酸は生きているわかめの中ではゼリー状で存在し、波浪に耐えるしなやかさを生み出すといわれている。しかし乾燥わかめの吸水再水和時の膨潤プロセスにおける多糖など組織の挙動を観察し、物性との相関を論じた例はない。寒天のように粘質多糖はゲルを形成するが、化学合成品の高分子ゲルの研究に比べ身近な海藻については、試料の高い含水率や藻体の薄さから顕微鏡観察には限界があり、非破壊的な観察技術が切望されている。またわかめの食感などの物性は、遺伝子レベルでは同じ品種であっても産地により異なり、これは細胞壁などの組織構造の違いによると思われるが詳細は不明である。これらを明らかにできれば、水戻しわかめを生々の状態に近付ける品質の改善が期待される。三陸沿岸ではわかめ養殖が一大産業であり、科学的根拠を持ったわかめ製品は三陸名産わかめの新たなブランディングに繋がる。

【目的】

本課題研究では、身近な食材でありながら著量の水分を吸収できる乾燥わかめについて(1) 乾燥わかめの製造過程における変化、(2) 乾燥わかめの水戻し時間毎の変化、(3) 乾燥わかめの水戻しと1%塩水戻しの違いなど、主に物性に関する情報を放射光により可視化することを目的とした。

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）

【概略】

大きくは、以下の3項目における、状態変化を追った。

- ① 乾燥わかめの製造過程における変化の観察（原藻、塩蔵品、洗浄後、乾燥後）
- ② 乾燥わかめの水戻し時間毎の観察（水戻し0分、1分、4分）
- ③ 水と1%塩水での戻りの早さの比較

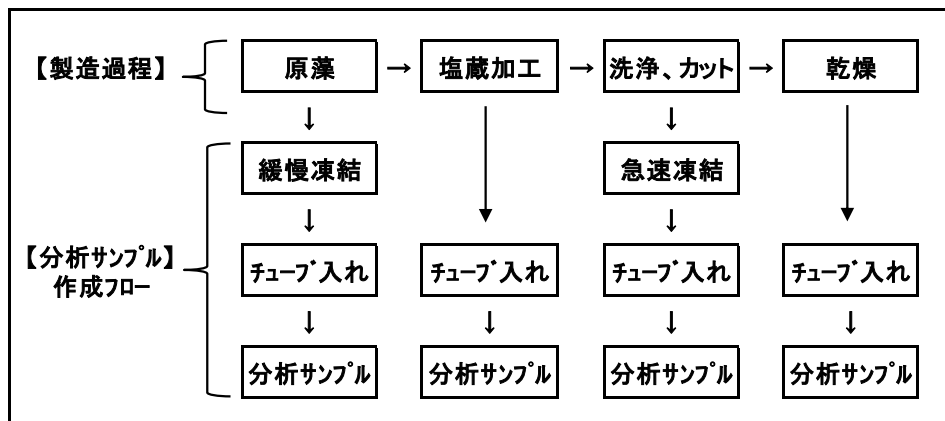
【測定用 サンプル調製】

1. サンプル調製

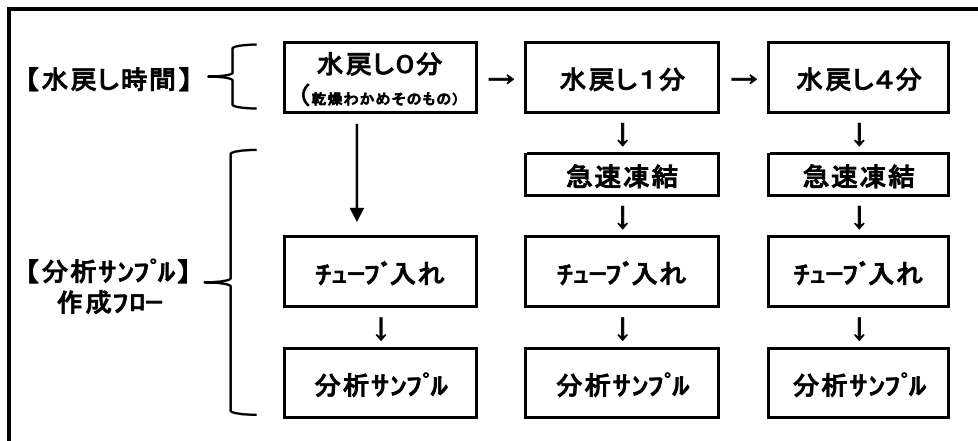
サンプルは全て、以下の写真のチューブに入れての測定とした。

分析用サンプルの具体的な調製フローが以下の通り。

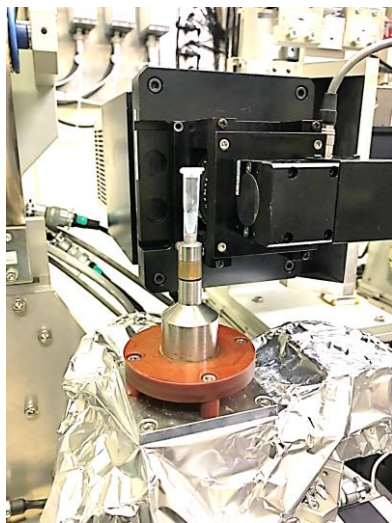
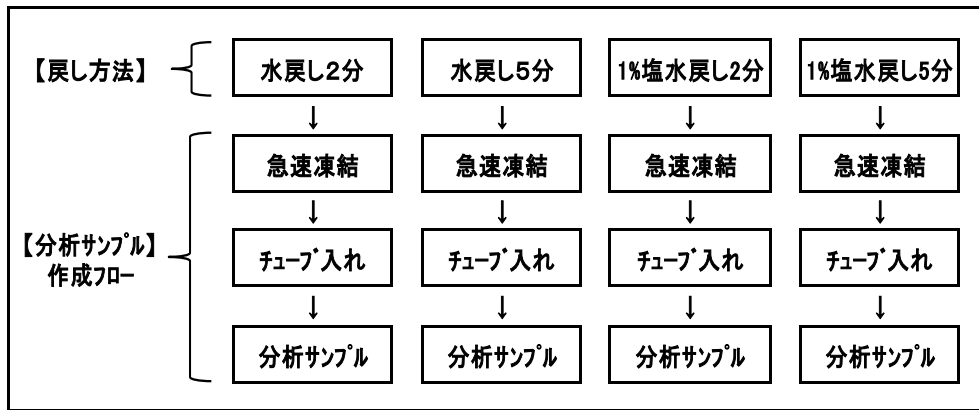
- ① 乾燥わかめの製造過程における変化の観察（原藻、塩蔵品、洗浄後、乾燥後）



- ② 乾燥わかめの各水戻し時間毎の観察（水戻し0分、1分、4分）



③水と1%塩水での戻りの早さの比較（戻し時間2分、5分）



※サンプル設置風景(乾燥品)



※サンプル設置風景(冷凍品)

2. 測定ビームライン、条件

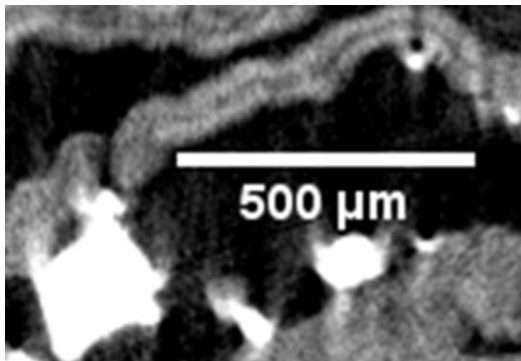
(1) ビームライン 「BL14B2」にて、X線CTとした。

(2) 測定条件

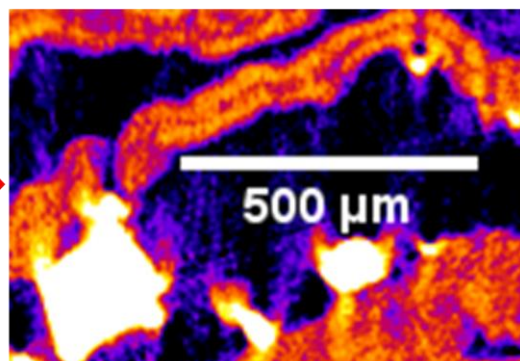
露光時間：0.25秒、測定時間：約15分、解析時間：約15分、測定エネルギー値：12.4keV

3. 画像解析の方法

今回、測定して得られた画像を、画像解析により、X線吸収係数の違いで色の濃淡を付けた。



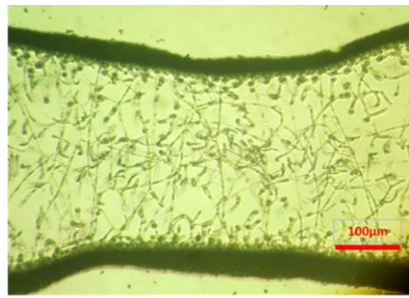
【元の画像】



【着色した画像】

コントラスト・・・
黄色ほど、X線吸収係数大きい。

4. わかめの断面図の見方



【断面図(光学顕微鏡)】



【解析における識別】

・見るポイントを ①表層、②髓層、③皮層、の3点に分けた。

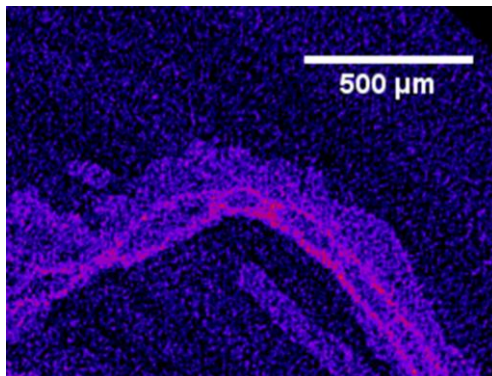
5 結果及び考察 (代表的なグラフや図を用いて分かりやすく説明すること)

【結果】

1. 乾燥わかめの製造過程における変化

乾燥わかめの製造過程における変化について、①原藻、②塩蔵品、③洗浄後、④乾燥後、の4段階で比較した結果を以下に記す。

(1) 原藻



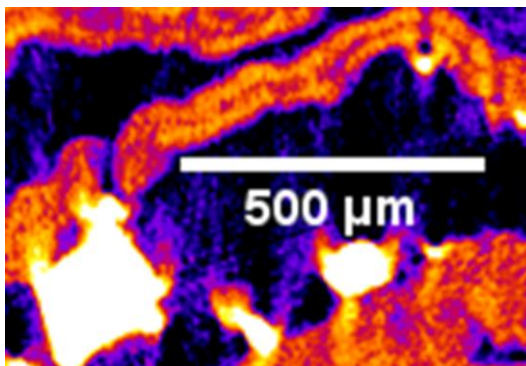
	X線吸収係数
①表層	2~3
②髓層	2~3
③皮層	5

コントラスト 0.9-15



⇒所見…「原藻なので密度は低め」が可視化された!!

(2) 塩蔵



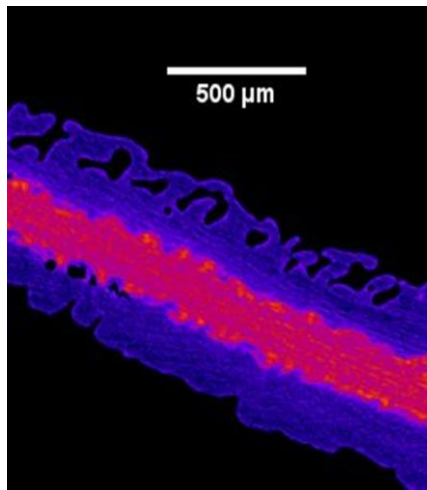
	X線吸収係数
①表層	9以上
②髓層	6~8
③皮層	検出せず

コントラスト 0.9-15



⇒所見…原藻よりも密度が高くなり、皮層の区別はできなくなった。

(3) 洗浄後



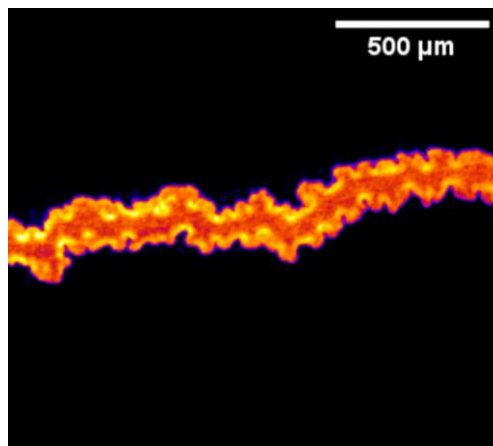
	X線吸収係数
①表層	2.2~2.8
②髓層	6~6.4
③皮層	4.5

コントラスト 0.9-15



⇒所見…髓層の密度が高く、塩分のムラが残っていることが示唆された！！

(4) 乾燥後



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

コントラスト 0.9-15

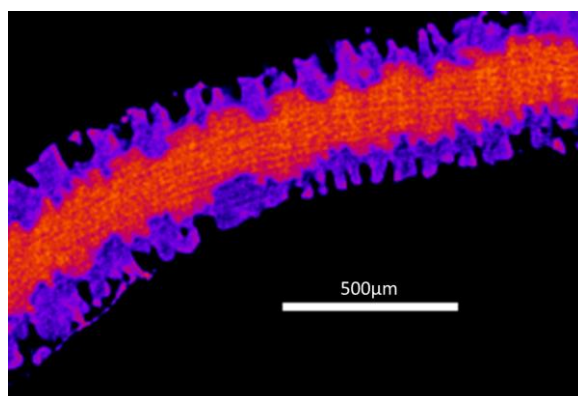


⇒所見…表層の密度が非常に高くなったが皮層の区別は出来なかった。

2. 乾燥わかめ水戻し時間毎の状態変化

乾燥わかめの各水戻し時間毎の観察を、①水戻し1分、②4分で比較した。

(1) 水戻し1分



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

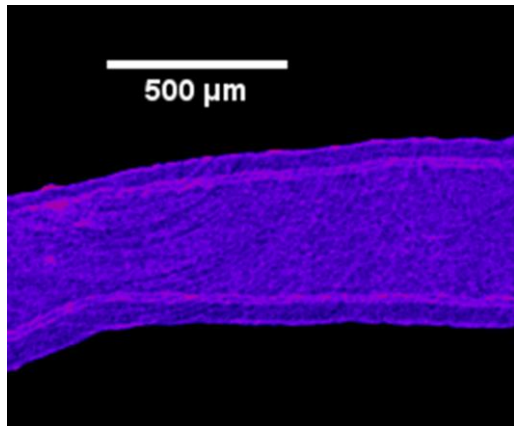
コントラスト 0.9-15



⇒所見…表面の青は水に触れて低密度な部分と考察された。

また、内部には水が浸透してなく、まだ「戻っていない」ことが可視化された。

(2) 水戻し 4分



	X線吸収係数
①表層	2.1～2.4
②髓層	2.3～2.4
③皮層	2.6～3.0

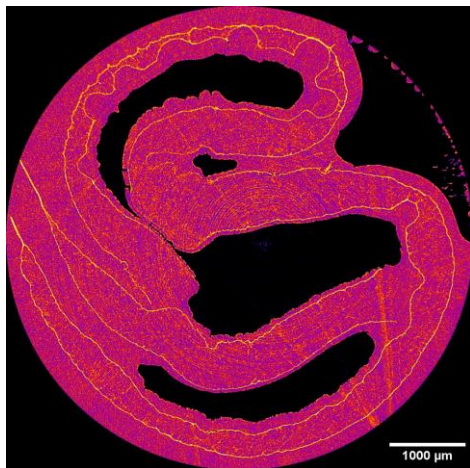
コントラスト 0.9-15



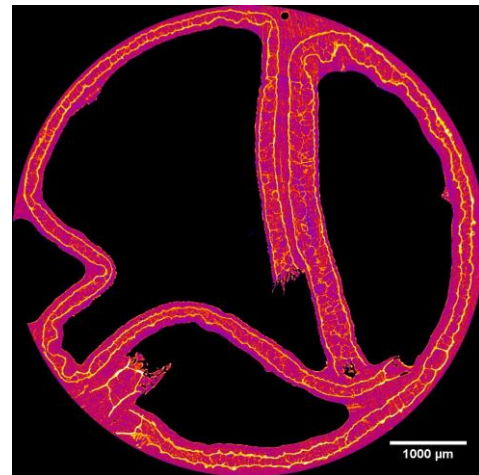
⇒所見…ほぼ食べる時の状態写真であるが、「密度の差が無くなったこと」が可視化された!!

3. 乾燥わかめの水戻しと1%塩水戻しの比較

乾燥わかめは、水戻しして食べるのも1つの方法であるが、かつて、即席スープや即席麺に導入されて爆発的なヒットとなったのは、1%程度の塩分が入った系でも戻るからである。しかし、これは熱湯を注いだ場合であり、冷水戻しの場合には、塩水では戻りが遅いことが知られている。そこで、ここでは、①水戻し、と②1%塩水戻し、での戻りの早さの比較した。



水戻し 4分



1%塩水戻し 4分

⇒所見… 1%塩水戻しのほうが、吸水が遅いことが可視化された!!

【結果考察】

- ① 製造工程における状態の可視化に成功!!
- ② 水戻りが進む毎に、外部から密度が下がっていく様子を可視化できた!!
- ③ 1%塩水で戻すほうが、状態変化に時間がかかることが可視化できた!!

【波及効果】

- ① テレビ取材（地元テレビ局の番組特集で当社の紹介）
- ② 雑誌での取材（仙台経済界 2022 年 3-4 月号で当社の紹介）

⇒ 地元企業の活性化に関する次世代放射光、また当社(理研食品)の認知度アップに貢献！！

6 今後の課題

- ① 測定手法を変更してのイメージングの可能性を（X線位相差CT等）模索したい。
- ② 蛍光X線法での微量元素の測定と、これによる産地判別技術の可能性を模索したい。

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）HP、
https://www.rikenvitamin.jp/inquiry/qa_products/012.html.