

地域課題解決支援事業

佐賀海苔の「美味しさ」の可視化

中原啓太

はじめに

佐賀県有明海海域の主幹漁業であるノリ養殖では、毎年栄養塩不足による色落ちが問題となっている。ノリの色落ちとは、本来黒色であるノリが退色し、茶褐色となり、さらに進行すると黄色となる現象を指す。ノリの色落ちの原因は、漁期中の植物プランクトンの大量発生等による栄養塩濃度の低下であり、東京湾では溶存態無機リン（DIP）、有明海と瀬戸内海では、溶存態無機窒素（DIN）の減少とされている。

色落ちしたノリ葉体は、乾海苔になると黄色となり、品質が悪い下位等級となる。下位等級の海苔は、口どけが悪く、硬いため、商品価値が低い。色落ちしたノリ葉体は、細胞壁が厚く、原形質が萎縮していることが知られているが、乾海苔に製造した際のノリ葉体の構造については、観察が難しいこともあり、知見が少ない。そこで、放射光マイクロ CT を用いて海苔の構造を観察し、等級や食感との関連性について

調べた。

方法

測定は BL07 で X 線 CT を用いて行った。X 線のエネルギーは 10keV とし、単色器：Ge コンパクトモノクロの条件で CT 画像の測定を行った。検出器は、Kenvy2（蛍光体：CsI 1000 μm 、対物レンズ：x5 倍、画素数：2048×2048、視野：2.6×2.6 mm、画素サイズ：1.3 ミクロン）を使用し、露光時間：1～1.6 秒/枚、投影数：2000 枚/360 度クライオ温度：－80 度で計測した。佐賀県で 2023 年度に生産された乾海苔を実験に用いた。乾海苔の産地と等級は、早津江・壱重 1、佐賀市・1 等、諸富・ク 5、早津江・ク 6 であった（表 1）。測定は、乾海苔と焼き海苔、乾海苔と焼き海苔の葉体をばらして 1 枚にしたもの、0.5ml の純水で直径 6 mm の円形にくり抜いた乾海苔の重なりをばらし、測定用チューブ内に純水ごと収容したものについて実施した。それぞれ、2mm 径の

表 1 乾海苔等級表（一部抜粋）

一、規格									
事項	優等	特等	一等	二等	三等	四等	五等	六等	七等
品質	原藻及び抄き方 優秀なもの	原藻及び抄き方 優良なもの	原藻及び抄き方 良好なもの	原藻及び抄き方 普通なもの	二等品に 及ばない もの	三等品に 及ばない もの	四等品に 及ばない もの	五等品に 及ばない もの	六等品に 及ばない もの
色沢	黒褐色濃く 光沢優秀 なもの	黒褐色濃く 光沢優良 なもの	黒褐色濃く 光沢良好 なもの	黒褐色濃く 光沢普通 なもの	同上	同上	同上	同上	同上
香味	優秀なもの	優良なもの	良好なもの	一等品に 及ばない もの	同上	同上	同上	同上	同上
二、品種の区分									
品 種	定 義								
推	初摘みのもので味、焼色共に普通等級より良好と思われるもので三等迄とし、支所が責任を持って推奨できるもの。 出荷制限日・・・各支所1.5割程度の生産者が摘採を行った日を基準日として、翌日から3日間までとする。								
味推	「推」等級の対象品から更に味検査を実施して選抜したもので、三等迄とする。								
壱	入札会を問わず秋・冬・冷凍網の1回摘みのもの。普通、黒、○等級のみ四等までとし、B、重、軽、大○、ク等級は三等までとする。								
黒	普通等級と同程度又は、それ以上の黒味を有するが、光沢が不足しているもので、四等迄とする。								
B	破れ、縮み等の軽微なものが混入しているもの（黄色結束紙）。								
重	重過ぎ、厚過ぎのもの。（入札区分で定めた重量範囲を超えるもので450g迄とする）								
軽	軽過ぎ、薄過ぎのもの。（入札区分で定めた重量範囲未満のもので260g迄とする）								
○	穴あきのものが混入しているもの。 初○等・初大○等については、推の期限日以内で三等迄とする。 初○等・初大○等・壱○等・壱大○等は普通等級及び黒等級とする。								
ク	原藻痛み、乾燥等によるくもりの軽微なもので、七等迄とする。								

測定用チューブに収容して測定用試料とした。乾海苔を純水でばらしたもののについてのみクライオ・X線CTを使用した。

結果および考察

乾海苔の等級は、多岐にわたるが、末尾の数字が1に近いほど等級が高く「美味しい」海苔とされる。本実験で得られたCT像より、等級が高い乾海苔と低い乾海苔を比較したところ、等級が高いほど海苔表面が滑らかに見え(図1 A)、低いほど粗く見えた(図1 B)。また、等級が低い乾海苔ほど、ノリの細胞をはっきりと観察することができ、白い粒状の固体も観察された(図1 B)。焼き海苔についても観察を行ったが、乾海苔と同様の傾向が観察された。表面が粗く見えた理由は、色落ちノリは、細胞壁が厚いため乾海苔にした際に細胞壁の形が維持されたためと考えられる。観察された白い粒状の固体については不明であるが、細胞内に保持されていた塩が析出した可能性がある。

乾海苔と焼き海苔の葉体をばらして1枚にしたものについて、乾海苔と焼き海苔それぞれのおおよその葉体の断面の厚みは、早津江・沓重1は4~5 μm と5~6 μm 、佐賀市1等は5~6 μm と4~6 μm 、諸富・ク5は6 μm と5~6 μm 、早津江・ク6は6 μm と5 μm であり、等級別、乾海苔と焼き海苔別での明確な差は認められなかった(図2)。このことから、通常のノリ葉体は、厚みが25~50 μm であるが、乾燥することにより約5 μm の厚みになることが明らかとなった。

色落ちノリは、細胞壁が厚く、原形質の萎縮により液胞が肥大化する。そのため、色落ちした乾海苔葉体は、厚い細胞壁と液胞がほとんどを占め、原形質の割合が小さい。等級が

高いノリ葉体は薄い細胞壁と原形質で構成され、液胞の割合は小さい。そのため、色落ちした乾海苔は、厚い細胞壁と萎縮した原形質、等級が高い乾海苔は、薄い細胞壁と充満した原形質からなるため、ノリ葉体の厚みを構成するものは異なるが、等級が高い海苔と低い海苔で厚みが変わらなかったと考えられる。

純水で乾海苔の重なりをばらし、クライオ・X線CTにて測定した葉体1枚の断面の厚みについては、等級が高いノリは、厚みが2 μm 程度で、等級が低いと一部が厚くなり、細胞壁の形状も観察された(図3)。色落ちした乾海苔葉体は、液胞内に水が入り込んだ状態で凍結されることにより、細胞壁の様子が観察されたと考えられた。通常の乾海苔葉体は、液胞が小さいため、水が浸入せず、細胞の様子が観察されなかったと考えられる。

乾海苔は、等級が高いほどロどけがよく、やわらかくなり、等級が低いほど固く、歯切れが悪くなることが知られている。やわらかい乾海苔となるのは、製造前のノリ葉体の細胞壁が薄いためで、固い乾ノリは厚いためと考えられているが、本実験の結果から、乾海苔に加工したノリ葉体の厚みには大きな差がないことが明らかになった。そのため、海苔を咀嚼する際に液胞内に水分が浸入し、細胞が膨らむことも歯切れの悪さや硬さを感じる理由の1つであると考えられた。

今後は、海苔を咀嚼するとどのように変化していくかを調べるために乾海苔の吸水後の変化についても明らかにしていく予定である。

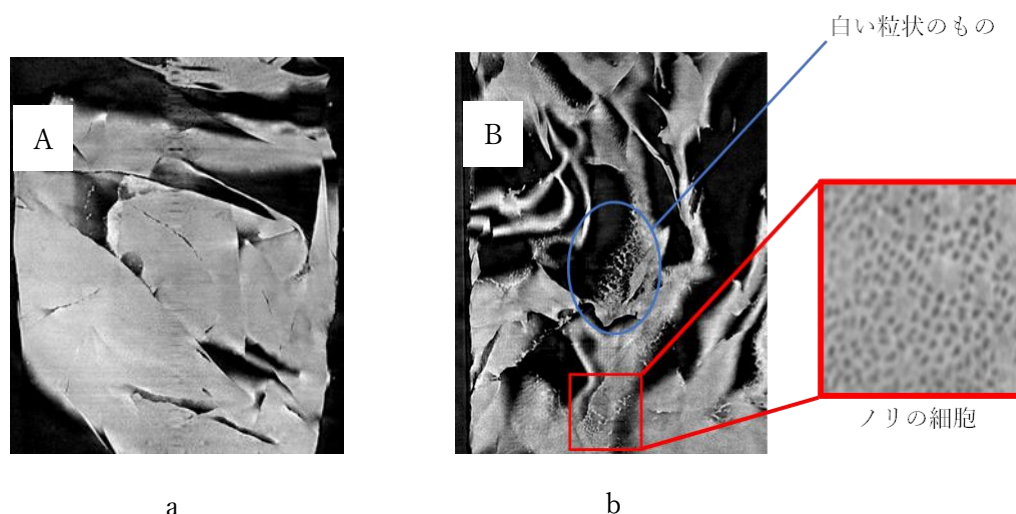


図1 A. 滑らかな海苔表面(早津江・沓重1)、B. 粗い海苔表面(諸富・ク5)

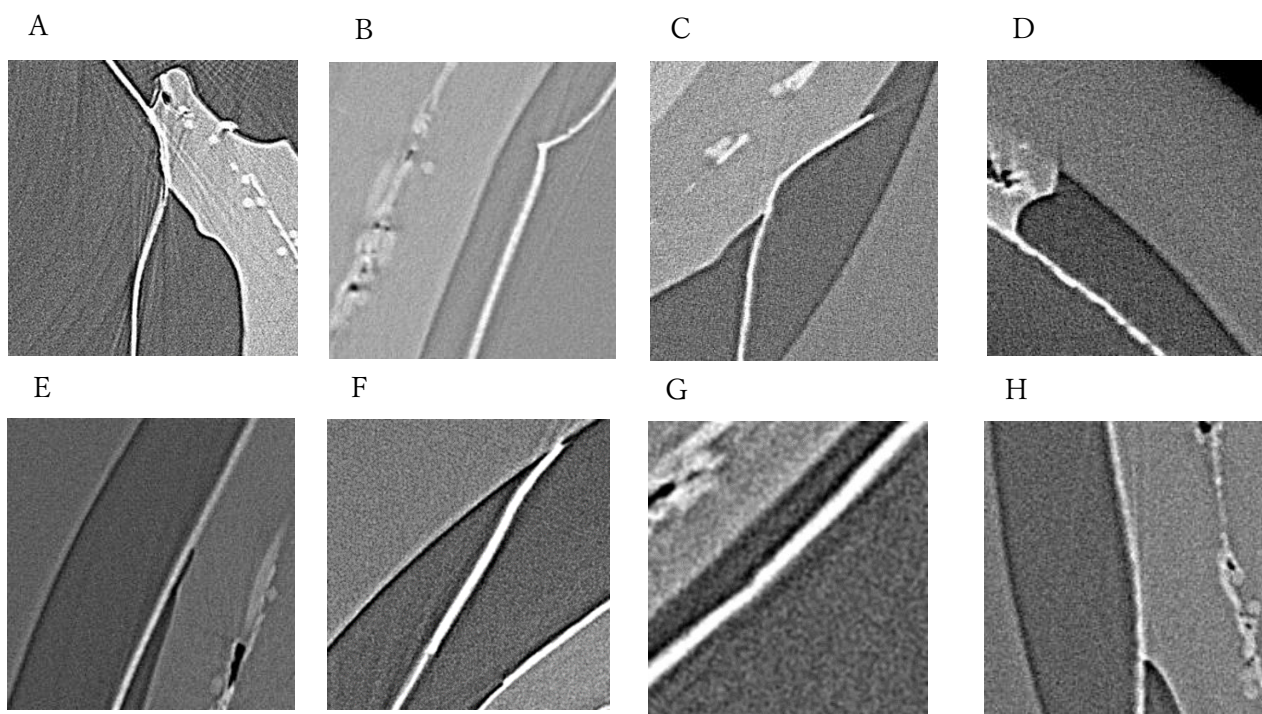


図2 乾海苔を1枚ずつばらした葉体の断面.

白い線状のものが海苔葉体. A~D が乾海苔、E~H が焼き海苔.

A、E. 早津江・壱重1 B、F. 佐賀市・1等 C、G. 諸富・ク5 D、H. 早津江・ク6

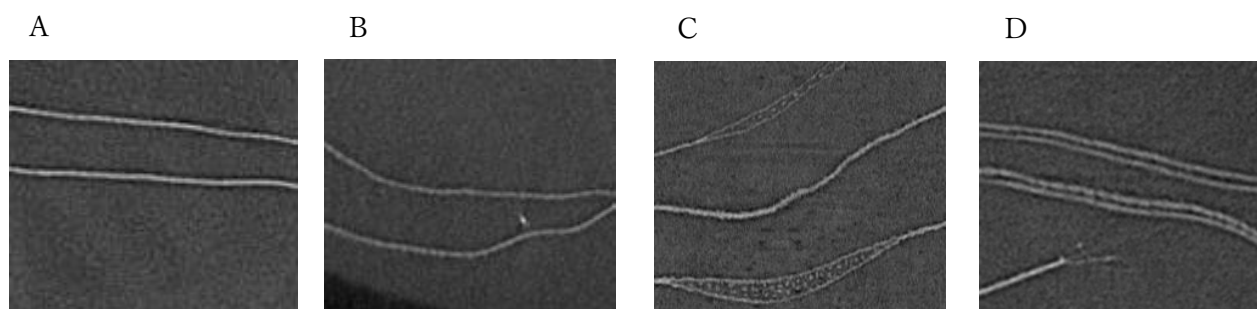


図3 純水で乾海苔の重なりをばらした葉体1枚の断面.

白い線状のものが乾海苔葉体.

A. 早津江・壱重1 B. 佐賀市・1等 C. 諸富・ク5 D. 早津江・ク6