

資 料

## 宗谷産イシモズクを用いた冷凍食品の開発

成田正直<sup>\*1</sup>・坂東忠男<sup>\*2</sup>・眞岡孝至<sup>\*3</sup>・麻生真悟<sup>\*4</sup>・  
佐藤暁之<sup>\*1</sup>・宮崎亜希子<sup>\*1</sup>・清水茂雅<sup>\*1</sup>Development of New Frozen Algal Foods of the Brown Alga *Sphaerotrichia divaricata* in Soya, Northern Hokkaido, JapanMasanao NARITA, Tadao BANDO, Takashi MAOKA, Shingo ASO,  
Akiyuki SATO, Akiko MIYAZAKI and Shigemasa SHIMIZU

The brown alga *Sphaerotrichia divaricata* locally called “Soya Mozuku” was processed as a new frozen food item. This study aimed to obtain essential data for the development of two types of this new frozen food: fresh frozen and frozen after hot water treatment. The appropriate conditions for washing and maintaining the freshness (mainly prevention of discoloration) of the alga were investigated. The textural and chemical properties of Soya Mozuku were also examined and compared with those of “Okinawa Mozuku”, *Cladosiphon okamuranus*. The following results were obtained: (1) More than 90% of impurities, attached to the phycobiont, could be removed by washing it three times. (2) To prevent discoloration, it was desirable to store the phycobiont in open air overnight at 5°C. (3) The breaking strength of Soya Mozuku was higher than that of Okinawa Mozuku. (4) The amounts of ash, crude fat, crude protein, alginic acid and total carotenoids of Soya Mozuku were higher than those of Okinawa Mozuku (dry matter base). (5) The amounts of mineral components, potassium, magnesium and manganese of Soya Mozuku were higher than those of Okinawa Mozuku (dry matter base). (6) As a result of hot water treatment, the ash and mineral components of Soya Mozuku decreased, while crude fat and total carotenoids increased. These experimental results establish a process for the development of two types of new frozen food item from Soya Mozuku.

2013年4月15日受付, 2013年10月29日受理

モズクはナガマツモ目に属し、粘質性に富む糸状の褐藻類で、平安時代初期の文献「倭名類聚抄」によれば「水雲倭名毛豆久」とあり、当時すでにモズクと呼ばれていた。江戸元禄年間にはその特徴や食べ方などが「本朝食鑑（人見必大）」で紹介されている<sup>1)</sup>。このことから、日本人は古くからモズクを食用としていたことがわかる。現在、我が国で流通しているモズクは9割以上

が沖縄や奄美で養殖されるオキナワモズク（ニセモズク科）であるが<sup>2)</sup>、日本で食用されているモズクは他にもモズク科のモズクや、ナガマツモ科に属するイシモズク、フトモズクなどがある<sup>3)</sup>。

宗谷漁業協同組合（北海道稚内市）では、宗谷湾の水深0.5～1.5mに繁茂するイシモズク（*Sphaerotrichia divaricata*）を年間約10t水揚げしている（平成12年～

\*1 北海道立総合研究機構網走水産試験場

〒094-0015 北海道紋別市港町7-8-5

Hokkaido Research Organization Abashiri Fisheries Research Institute, 7-8-5, minatocho, Monbetsu, Hokkaido 094-0011, Japan  
narita-masanao@hro.or.jp

\*2 宗谷漁業協同組合

\*3 一般財団法人生産開発科学研究所

\*4 北海道立総合研究機構釧路水産試験場

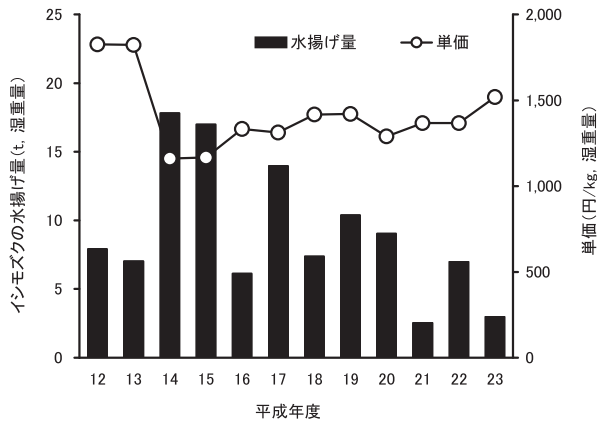


図1. 宗谷産イシモズクの水揚げ量と単価の推移

23年平均, 湿重量)。本海域でイシモズクを採取する漁業者数は約320人で, その漁期は9~10月に限られている。また本種の平均単価は年度に関係なく比較的安定しているが, その生産量は, 近年, 減少傾向にあることから, 今後の生産金額の大幅な増加は期待できない(図1)。

宗谷産イシモズクは粘り気や歯ごたえのある食感が特徴とされ, 漁家加工による塩蔵品として地元を中心に流通している。一方で, 塩蔵品は使用前に脱塩する手間がかかることや, 塩蔵品のみでは消費者の需要に限界があることなどから, 宗谷産イシモズクを用いた新たな製品の開発の必要性が関係者によって指摘されている。このため, 宗谷漁業協同組合は, 宗谷産イシモズクの需要拡大を図るために生冷凍品および湯通し冷凍品の加工を試みた。また, イシモズクの成分や物性の特徴を明らかにすることによって, 沖縄などで養殖されているオキナワモズクとの違いを明確にし, 地域の特産品にすることを旨として本研究を行った。つまり本稿では, 宗谷漁業協同組合の取り組みや, 北海道立総合研究機構網走水産試験場を中心とした研究機関が連携して行った加工方法の見直しや食品としての安全性の検討, 機能性成分や一般

成分の分析もあわせて行い, 新製品の開発に至ったので, その経緯を資料にまとめて紹介した。

**イシモズク原藻の洗浄法** 従来, 塩蔵品に加工する際には, 漁業者が水揚げ後に, 藻体を海水で洗浄し(一次洗浄), 表面に付着する雑海藻や砂などを除去してから, 散塩処理を施していた。このように塩蔵品に加工する場合の洗浄は一次洗浄のみであり, 消費者が調理の前に塩抜きと兼ねた洗浄を再度行う必要があった。しかし, 生冷凍品や湯通し冷凍品として市場に流通させるためには, これら付着物の徹底的な除去が加工の際に必要となる。このため, まず一次洗浄を行った後のイシモズクについて, 付着物の種類や洗浄方法の効果を調べた。

一次洗浄を施した宗谷産イシモズクの藻体上には砂やチャツボ科またはナタネツボ科の巻貝が付着物として残っていた。例えば藻体1kg(湿重量)あたりに混在する砂は1.4g, 巻貝は340個体にも及び, 他にウズマキゴカイが12個体付着していた(写真1)。これらの付着物を除去するために, 藻体1kgに対して15Lの滅菌海水を使用して30秒間, 手でもみ洗い(手洗い)し, あるいはザルの中で攪拌洗い(ザル洗い)をすることによって洗浄し, 洗浄方法の違いが付着物を除去する効果を調べた。洗浄は洗浄方法別にそれぞれ3回実施した。なお, 滅菌海水は紫外線滅菌(東芝電材, GWO-3023P)後に, 10 $\mu$ mフィルター(アドバンテック, ポリプロピレン Windカートリッジフィルター)でろ過した海水を用いた。

その結果, 二次洗浄を行うにあたって, ザル洗いでは89%の砂が一回の洗浄で除去され(重量ベース), 巻貝に至っては個体ベースで97%を取り除くことができたが, この効果はいずれも手洗いによる洗浄の効果よりも高かった。さらに2回目の洗浄をしても, 砂や, 巻貝, ウズマキゴカイの除去率は洗浄方法による差がみられず, 3回目の洗浄を経るとほとんどの付着物が除去できた(図2)。洗浄後の藻体表面を顕微鏡により観察したところ, ザル洗いした藻体にはやや損傷がみられた。損

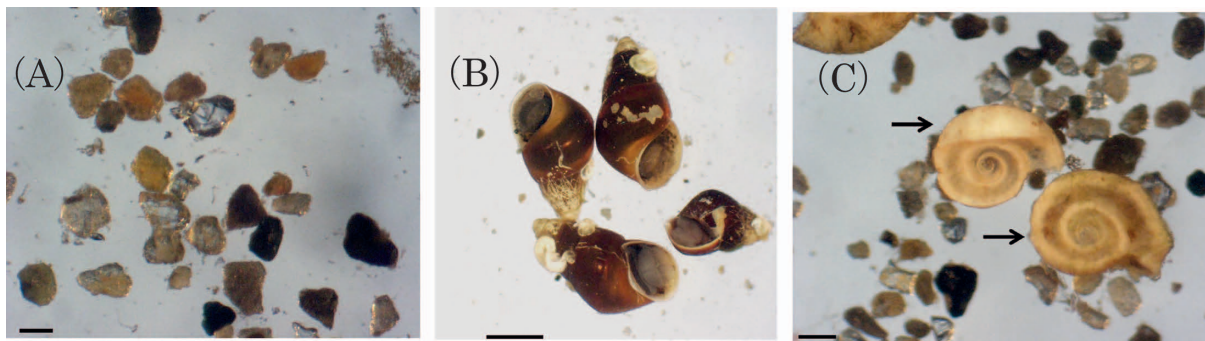


写真1. 宗谷産イシモズクの一次洗浄藻体上の付着物

(A): 砂, 横棒は100 $\mu$ m, (B): チャツボ科またはナタネツボ科の巻貝, 横棒は1mm  
(C): ウズマキゴカイ(矢印), 横棒は200 $\mu$ m

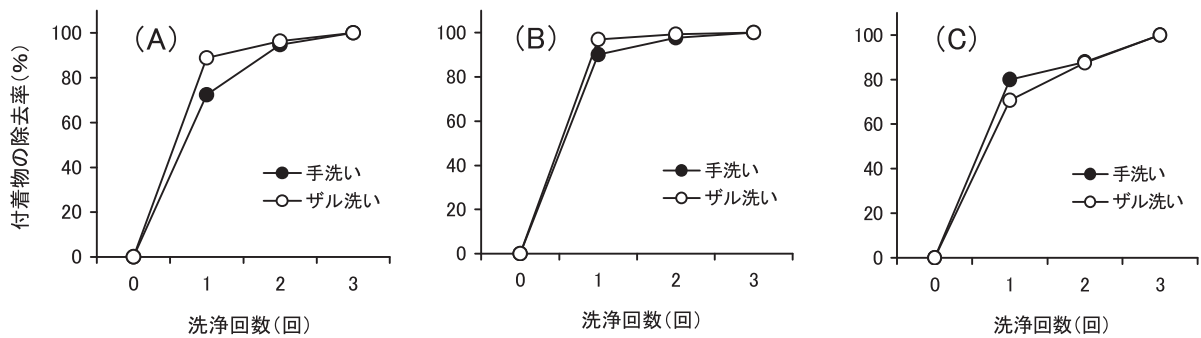


図2. 宗谷産イシモズクの二次洗浄における洗浄回数と付着物の除去率  
 (A)：砂（重量），(B)：チャッポ科またはナタネツポ科の巻き貝（個体数），  
 (C)：ウズマキゴカイ（個体数）. 洗浄回数0は、一次洗浄を経たイシモズク藻体中の付着物量を示す

傷は1回目の洗浄から認められ、2回目、3回目と洗浄回数が重なるにつれて頻度が増加した。

これらのことから、一次洗浄をただけの宗谷産イシモズクには砂、巻貝などが付着しており、これらの付着物はその後の二次洗浄中に行った3回の洗浄過程の中で、そのほとんどを除去できた。その際に、ザルを用いた洗浄では1回目にしてその除去効率が高いが、過度な攪拌による藻体の物理的な損傷に注意する必要があることがわかった。

このような付着物の除去方法はモズクの加工においては重要な問題であり、沖縄や奄美では付着する生物が非常に少ないことが、この海域でオキナワモズクの養殖を可能にした最大の理由といわれている<sup>4)</sup>。特に消費者が直接口にする加工品を製造する場合、これら付着物はすべてが混入異物とされるため、十分な洗浄によって除去する必要がある。

**イシモズク原藻の保存** 既述の結果から、漁業者が一次洗浄をした宗谷産イシモズクの前藻を、漁業協同組合の職員が二次洗浄することとした。しかし、1回に数t単位で水揚げされる原藻の二次洗浄作業を限られた人員で行うことは難しく、その作業はしばしば夜間にまで及んだ。このため、採取した翌日に二次洗浄を行うために、イシモズクの鮮度保持について検討した。

一次洗浄を施したイシモズクを滅菌海水や水道水に浸漬し、5℃、15℃、25℃の恒温培養装置（サンヨー、MLR-350）で保管した。対照区としては、海水や水道水に浸漬せず、空中に露出したままの区分も同様に設けた。これらの区分を16時間保管後、ザル洗いにより二次洗浄を行って、葉体色調の変化や、臭気（磯臭さ）、粘質物（ぬめり）の有無について観察した結果を表1に示した。

それによれば5℃で保管した藻体は、水道水浸漬区（No.2）において藻体が顕著に変色し暗緑色となったが、この変化は生鮮感を失う好ましくないものと評価した。しかし、滅菌海水浸漬区（No.1）および浸漬水なしの対

照区（No.3）では、その変色が見られなかった。一方、15℃で保管した実験区においては、滅菌海水（No.4）で若干、水道水浸漬（No.5）で顕著な変色が認められた。しかし、浸漬なし（No.6）の藻体においては、5℃保管と同様に変色が見られなかった。さらに25℃で保管した実験区分では、滅菌海水（No.7）および水道水浸漬（No.8）ともに変色が顕著であったが、浸漬なし区（No.9）では変色が見られなかった（写真2）。

一方、16時間保管したイシモズクでは、高い温度で保管したもののほど強い臭気を放った。また、その傾向は浸漬なし区に比べ、滅菌海水や水道水に浸漬した実験区において顕著であった。さらに、粘質物の分泌は5℃および15℃ではほとんど見られなかったが、25℃で多かった。

これらの結果から、水道水に浸漬した藻体はその保管温度にかかわらず、色素の変化が著しいことから保存条件には不適と判断した。これに比べて海水中に浸漬した藻体の変色は軽微であったが、5℃の低温条件での保管が必須であった。しかし、浸漬水に漬けず空气中に露出

表1. 宗谷産イシモズクの保管条件と二次洗浄後の状態

No.	保管温度 (°C)	浸漬水	変色	臭い (磯臭さ)	ぬめり (粘質物)	評価
1	5	海水	-	±	-	可
2	5	水道水	++	+	-	不適
3	5	なし	-	-	-	良好
4	15	海水	+	+	-	不適
5	15	水道水	++	+	-	不適
6	15	なし	-	-	-	良好
7	25	海水	++	+	+	不適
8	25	水道水	++	+	+	不適
9	25	なし	-	±	+	可

宗谷モズクを各条件で16時間保管した後の観察結果  
 ++：著しい，+：認められる，±：やや認められる，-：なし  
 海水：紫外線および10μmフィルターを通過した滅菌海水



写真2. 二次洗浄後の宗谷産イシモズクの色調変化

(A)：保管せずに直ちに二次洗浄（従来，行っていた方法），(B)：海水浸漬16時間後に二次洗浄（表1，No.1），(C)：水道水浸漬16時間後に二次洗浄（表1，No.2），(D)：浸漬なしで16時間後に二次洗浄（表1，No.3）  
 (B)，(C)，(D)の保管温度はいずれも5℃

した藻体では，保管温度にかかわらず藻体の変色することがないことから最も保管に適していると判断されたが，25℃下では磯臭さが顕著となり保存には向かない条件であることがわかった。

この結果をもとに，一次洗浄したイシモズク2,100kgを40L容ポリ袋に小分けし保冷库2台に一晩保管したところ（保管中の藻体温度10～14℃）原藻の変色や過度な磯臭さは認められず，翌朝からの二次洗浄が可能となった。

**イシモズク冷凍品の試作** 宗谷漁業協同組合が従来販売していたイシモズクの塩蔵品は，消費者が調理前に脱塩する必要があることから，その塩抜きの手間に加えて，洗い方によっては塩分が多く残ることや，逆に過度な脱塩により粘質物までもが流失するなど，宗谷産イシモズク本来の風味や食感を失う欠点があった。そこで，可能な限り生鮮に近い姿でのイシモズクを消費者に提供するために，また料理素材として手軽に利用してもらえる加工品として生冷凍品を試作した。

一次洗浄後に二次洗浄を繰り返して付着物を除去したイシモズクを，自立型袋（北海サンコー，スタンドパッ

ク）に300gずつ詰め，脱気包装後に-30℃で凍結した。この生冷凍品は，原藻の適切な洗浄条件および鮮度保持条件が本研究によって明らかになったことにより，製品化が可能になった。なお，試作品を解凍し，水切りを行った後の目減り重量は約7%であった。これに入れ目3%との合計10%（30g）を加えた330gを封入することで，開封時の正味量が300g以上になるよう調整した。

この他に，宗谷産イシモズクは加熱によって褐色から鮮やかな緑色に変化することから，この緑色を生かした製品の開発も試みた。つまり，二次洗浄を経たイシモズクの褐色を，短時間で能率よく緑色に変化させるために以下の方法で加工した。樹脂製のボウルに収容したイシモズク原藻2kgに対し10Lの沸騰水（水道水）を注ぎ，素早く攪拌して緑色に変化させた。このようにして緑色にしたイシモズク合計4kgを直ちに樹脂製のセイロ（82×56×6cm）に移して水切りをし，樹脂製冷凍パン（60×35×7cm）に拡げて一定の厚さに形を整え，-30℃に設定した庫内で板状の湯通し冷凍品154枚に加工した。後日，これら板状の湯通し冷凍品を取り出し，凍結状態のまま手で作業により裁断し，計量後に脱気包装を行い，100gと300g入りの湯通し冷凍品を試作した。この際に

原藻 616kg から 568kg の冷凍品が製造できたことから、この時の歩留りは 92.1% であった。

**イシモズク冷凍品の細菌検査** 厚生労働省によれば、無加熱摂取冷凍食品（冷凍食品のうち、製造し又は加工した食品を凍結させたものであって、飲食に供する際に加熱を要しないとされているもの）の衛生基準は、一般生菌数が検体 1g につき 100,000 個（ $10^5$ CFU/g）以下で、かつ、大腸菌群が陰性でなければならない<sup>5)</sup>。このため、試作した宗谷産イシモズクの生冷凍品および湯通し冷凍品の 2 試作品について、一般生菌数および大腸菌群を検査した。一般生菌数は標準寒天培地による混釈法<sup>6)</sup>（35℃，48 時間培養），大腸菌群は酵素基質培地（Pro・media アガートリコロール，エルメック社）による混釈法<sup>7)</sup>（35℃，24 時間培養）によって検数を行った。

また、これらの加工品を購入した消費者が、解凍・開封後に、冷蔵庫内で保管して適宜使用することが想定されるため、これらを解凍（約 20℃ で 5 時間）後に開封して、10℃ に設定した恒温器（ヤマト科学，IQ821）で保管して、経時的に試料を採取し、その細菌数の変化を調べた。

その結果、生冷凍品、湯通し冷凍品の一般生菌数はいずれも開封直後には 300CFU/g 以下で、大腸菌群は検出限界以下であった。また、解凍後に包装を開封後の一般生菌数は、湯通し冷凍品が開封 7 日目に  $1.1 \times 10^3$ CFU/g とやや増加したが、それ以外はすべて 300 CFU/g 以下であった（表 2）。また、この開封後 7 日間の保管を通して藻体の色調や臭気などに劣化はみられなかった。

**イシモズク冷凍品の藻体の剪断強度** 宗谷産イシモズクの特徴のひとつに歯ごたえのある食感がある。このため、宗谷産イシモズクの剪断強度を測定し食感の数値化を試みた。比較のため、沖縄県石垣島で養殖されたオキナワモズクの生冷凍品も入手して同様に測定を行った。測定はレオメーター（レオテック，RT-2002D・D，カミソリ刃剪断用プランジャー，測定レンジ 200g，テーブルスピード 60cm/min）で行った。イシモズク藻体の両端を 1 本ごとに約 15cm の長さに切り取った後、試料台にクリップで固定して藻体をカミソリ刃で剪断した。測定値の解析はデータ解析ソフト（レオテック，RHEOwin）で行い、剪断時に得られた最大荷重を g で

表 2. 宗谷産イシモズク冷凍品（試作品）にみられる一般生菌数の経時変化

試作品	保管期間（日）			
	0	2	4	7
生冷凍品	< 300	< 300	< 300	< 300
湯通し冷凍品	< 300	< 300	< 300	$1.1 \times 10^3$

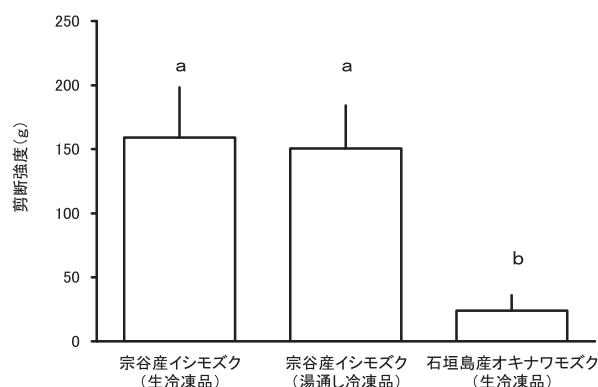


図 3. 宗谷産イシモズクおよび石垣島産オキナワモズク冷凍品における剪断強度の比較  
縦棒は標準偏差  
異なるアルファベットは有意差有りを示す  
Tukey 多重比較,  $p < 0.01$ ,  $n = 25$

表した。

その結果、宗谷産イシモズク（生冷凍品）の藻体の剪断強度は  $159 \pm 39$ g，宗谷産イシモズク（湯通し冷凍品）は  $150 \pm 34$ g，オキナワモズク（生冷凍品）は  $24 \pm 12$ g であった（平均値 ± 標準偏差， $n=25$ ）。なめらかな食感のオキナワモズクに比べて、宗谷産イシモズクの剪断強度は有意に高かった。また、この剪断強度は湯通し処理を行った藻体にも保持されており、食感に反映されているものと思われた（図 3）。

**イシモズクの化学成分分析** 宗谷産イシモズクの化学的 성분の特徴を明らかにするために一般成分の他、褐藻類の機能性成分であるアルギン酸、フコイダン（フコース）について分析し、オキナワモズク（剪断強度を測定した試料と同一ロット）と比較した。また、色素成分であるカロテノイドや海藻類に豊富に含まれる無機成分についても分析を行った。試料は藻体を凍結乾燥後（EYELA, FDU-830），粉碎機（大阪ケミカル，LM-PLUS）により粉末化して分析に供した。

1) **一般成分** 水分を 105℃ 常圧乾燥法で、灰分は 550℃ 直接灰化法，粗脂肪はソックスレー抽出法，粗タンパク質はミクロケルダール法によって各々分析した。なお、炭水化物はこれらの成分の合計値を 100 から差し引いて求めた<sup>8)</sup>。

宗谷産イシモズク（生冷凍品）の水分は 90.3%，また、同じイシモズクを湯通し後に冷凍したものの水分は 92.9% であった。湯通し処理によって、藻体は吸水し水分が増加した。湯通し処理による水分以外の成分組成の変化を調べるために、無水物に換算した値（dry matter base）で比較を行った。それによれば生冷凍品の灰分は 40.5%，粗脂肪 1.7%，粗タンパク質 9.1%，炭水化物 48.8% であった。一方、湯通し冷凍品の灰分は 32.3%，

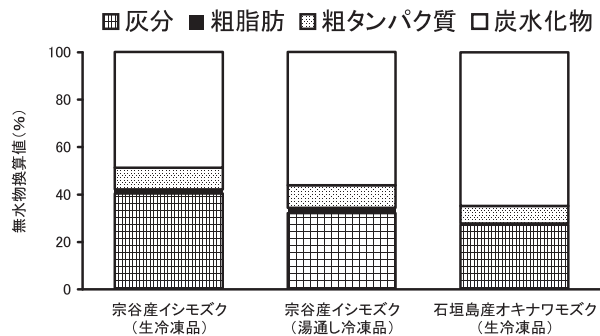


図 4. 宗谷産イシモズクおよび石垣島産オキナワモズク冷凍品における一般成分の比較

水分は宗谷産イシモズク (生冷凍品) 90.3%, 宗谷産イシモズク (湯通し冷凍品) 92.9%, 石垣島産オキナワモズク 97.8%

以下, 図 5~ 図 8 の水分も同じ

粗脂肪 2.2%, 粗タンパク質 9.5%, 炭水化物 56.2% で, 前者に比べると灰分が減少し炭水化物の割合が増加していた。この変化は, 湯通し処理によって水溶性成分が流出したためと考えられた。また, オキナワモズク (生冷凍品) の水分は 97.8%, 無水物換算値による灰分は 27.2%, 粗脂肪 0.6%, 粗タンパク質 7.4%, 炭水化物 64.8% であった。このように生冷凍品を無水物換算値で比較すると, 宗谷産イシモズクは石垣島産のオキナワモズクに比べて, 灰分, 粗脂肪, 粗タンパク質が高く, 炭水化物が低い比率であった (図 4)。

2) アルギン酸およびフコース 分析に供した藻体のアルギン酸は, 1% 水酸化ナトリウムにて沸騰水浴中で加熱抽出後に, Galambos 法<sup>9)</sup>で比色定量した。また, フコースは 50mM 塩化カルシウムにて沸騰水浴中で加熱抽出後, 2 倍量のエタノールを注加することによって生成した沈殿を水で溶解後, Gibbons 法<sup>10)</sup>によって比色定量した。なお, フコースはフコイダンの構成糖であることから, フコイタン中のフコースの割合が既知の場合, 係数を乗じてフコイダンの量を算出することが可能である。しかし, フコイタンは海藻の種類によって構造特性が異なっており<sup>11)</sup>, 宗谷産イシモズクのフコイタン構造は現在, 明らかにされていない。このため本研究ではフコース量として記述した。

宗谷産イシモズク (生冷凍品) のアルギン酸と, フコースの含量は無水物換算値でそれぞれ 17.5%, 8.7% であった。また, 本種 (湯通し冷凍品) のアルギン酸とフコースに関しても生冷凍品に比べて大きな差が見られなかったことから, 湯通し処理によるこれらの流失は少ないと考えられた。また, 生冷凍品の無水物換算値を比較したところ, 宗谷産イシモズクはオキナワモズクに比べアルギン酸が高く, フコースは低い比率であった (図 5)。

一般にアルギン酸は体内の余分なナトリウムの体外排

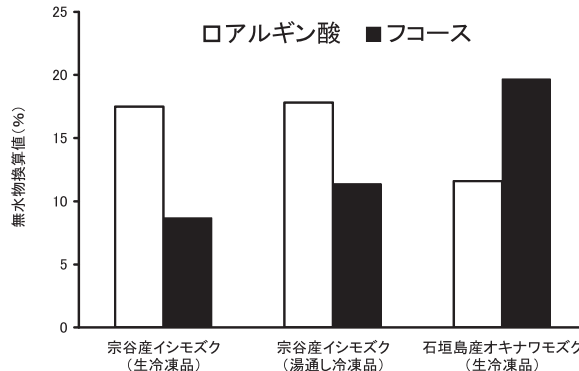


図 5. 宗谷産イシモズクおよび石垣島産オキナワモズク冷凍品におけるアルギン酸とフコースの比較

水分は図 4 と同じ

泄や, 血液のコレステロール値を正常に保つ作用のあることが知られており<sup>12)</sup>, 他方フコイタンには, 抗血液凝固作用や抗腫瘍活性, 脂血清澄作用などの存在が報告されている<sup>13)</sup>。

3) カロテノイド 冷凍品試料にアセトンを加えてカロテノイドを抽出後, エーテル:n-ヘキサン (1:1) に転溶して吸光度法 (450nm) により藻体中の総カロテノイド量を測定した<sup>14)</sup>。また, カロテノイド組成は HPLC (カラム Cosmosil 5 SL-II 4.6×250nm, 移動層アセトン:ヘキサン=3:7, 流速 1.0 ml/min, 検出 450nm) を用いて求めた。

それによれば, 総カロテノイドの無水物換算値は, 宗谷産イシモズク (生冷凍品) においては 140mg/100g であったが, 同種の湯通し冷凍品においては 307 mg/100g となり, さらにオキナワモズク (生冷凍品) は 78 mg/100g であった。これらイシモズクやオキナワモズクのカロテノイド組成は類似しており, 主なカロテノイドはフコキサンチンとβ-カロテンであった。しかし, 湯通し冷凍を経たイシモズクのカロテノイドの無水物換算値は, 湯通し処理区においてより高い値を示した。これは脂溶性のカロテノイドが, 他の水溶性成分の流失により相対的に比率を高めたものと考えられた (図 6)。

フコキサンチンやβ-カロテンは, ともに有用な生理活性機能を有するカロテノイドである。例えばフコキサンチンは褐藻類に多く含まれ, ガン予防作用, 抗肥満作用, 脂質代謝改善作用, 抗酸化能などとさまざまな生理活性が報告されている<sup>15)</sup>。また, ヒトの臓器や血清中にも含まれているβ-カロテンは<sup>16)</sup>, 優れた発ガン抑制効果<sup>17)</sup>や, 抗酸化作用<sup>18)</sup>を持つことが報告されている。

なお, ボイル処理によってモズクが鮮やかな緑色に変化する現象は, カロテノイドが関連していると考えられる。モズクと同じ褐藻類であるワカメは, 生鮮状態では褐色であるが熱湯に入れると鮮やかな緑色に変化する。ワカメに含まれているカロテノイドはフコキサンチンが

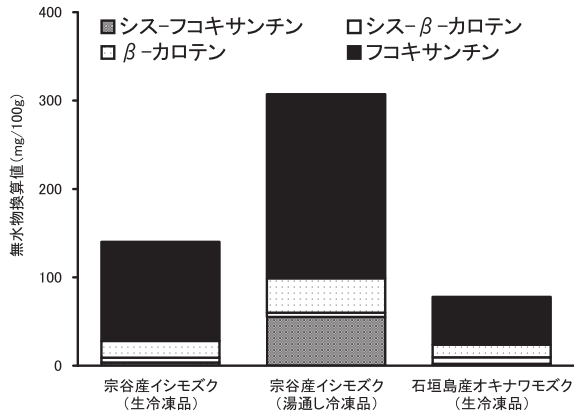


図 6. 宗谷産イシモズクおよび石垣島産オキナワモズク冷凍品におけるカロテノイド組成の比較  
水分は図 4 と同じ

70～80%を占めている。フコキサンチンはもともと黄褐色であるが、生の褐藻中では葉緑体内の膜タンパク質と結合して赤色のカロテノプロテインになっている。これが緑色のクロロフィル a と共存して藻体が褐色を呈する。ワカメを熱湯に入れるとカロテノプロテインからタンパク質がはずれて遊離状態のフコキサンチン（黄褐色）とクロロフィル（青緑色）となる。このため、鮮やかな緑色に変化するという<sup>19)</sup>。宗谷産イシモズクの場合もこれと同様の機構で藻体が緑色を呈すると考えられた。

4) 無機成分 藻体中の無機成分は、濃硝酸で加熱分解した試料を、ICP（誘導結合プラズマ, Thermo SCIENTIFIC 社 iCAP6000）により分析した。その際に、プラズマガス流量：アルゴン 0.60L/min, 測定波長, ナトリウム：589.5nm, カリウム：769.8nm, マグネシウム：285.2nm, カルシウム：317.9nm, マンガン：257.6nm, 鉄：259.9nm, 亜鉛：213.8nm で行った。

それによれば、宗谷産イシモズク（生冷凍品）には、無水物換算値でナトリウムが3.8%, カリウム7.4%, マグネシウム2.7%, カルシウム0.7%がそれぞれ含まれていた。また、湯通し冷凍品にしたイシモズクにおいてはこれらの成分がいずれも減少していた。さらに生冷凍品の比較では、イシモズクはオキナワモズクに比べてナトリウム、カリウム、マグネシウムの比率が高かった（図7）。一般にカリウムは、ヒジキ、コンブなどの褐藻類に多い元素で、ヒトの心臓機能や筋肉機能を調節するとともに、細胞内液の浸透圧を一定に保つ働きがある。

また、マンガンや、鉄、亜鉛のイシモズク冷凍品における含量は、無水物換算値で各々47.5mg/100g, 9.9mg/100g, 3.0mg/100gであった。特にイシモズクのマンガン含量は、オキナワモズクに比べて極めて高い値を示した（図8）。微量元素としてのマンガンは、ヒトの骨や肝臓の酵素作用を活性化させ骨の生成に関与する元素

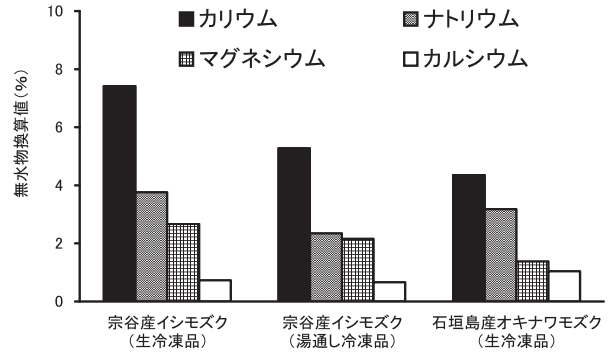


図 7. 宗谷産イシモズクおよび石垣島産オキナワモズク冷凍品におけるカリウム、ナトリウム、マグネシウム、カルシウムの比較  
水分は図 4 と同じ

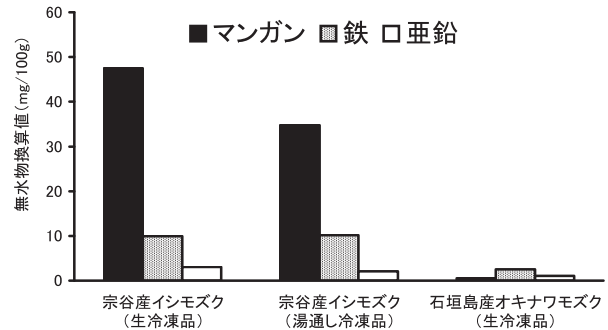


図 8. 宗谷産イシモズクおよび石垣島産オキナワモズク冷凍品におけるマンガン、鉄、亜鉛の比較  
水分は図 4 と同じ

であり、欠乏すると骨の発育や生殖能力が低下し、新生児の死亡率が高くなるといわれている<sup>20)</sup>。

本研究では、宗谷産イシモズクの加工方法が鮮度保持に及ぼす条件を明らかにし、その知見を製品開発に応用した。また、細菌検査の結果から、試作品は冷凍食品として十分衛生的に製造されていることが確かめられた。さらに剪断強度や成分分析の結果から、本種が歯ごたえのある食感を有し、アルギン酸やフコキサンチンなどの機能性成分をその成分として含んでいることを確認した。その結果、従来の塩蔵品以外に、生冷凍品と湯通し冷凍品を新たに製品化することができた（写真3）。新製品は2011年から札幌市の大手デパートで試験販売されたほか、札幌市、旭川市、稚内市の飲食店において高級食材として利用されている。

北海道における水産物の水揚げが減少している中で、本事例のように地場資源を活用し付加価値を高める取り組みは、今後も重要性を増していくと考えられる。地元漁業協同組合や企業と試験研究機関が連携をとりながら、限られた資源を有効活用する取り組みを、これからも進めて行く必要がある。



写真3. 宗谷産イシモズクの加工品  
(A)：生冷凍品，(B)：湯通し冷凍品（調味ダレ付き）

## 謝 辞

オキナワモズクの入手ならびに情報提供に協力を賜った独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所亜熱帯研究センター，町口裕二センター長および同研究所業務推進部，大上真市管理係長（いずれも当時）に深く御礼申し上げます。また，巻貝を同定していただいた北海道立総合研究機構網走水産試験場調査研究部の栗原康裕氏に深謝致します。なお，本研究は平成23年度北海道立総合研究機構職員奨励研究事業として行なわれたものです。

## 参考文献

- 1) 今田節子（2003）モズクの歴史と伝統料理。「海藻の食文化」，成山堂，東京，86-89pp.
- 2) 山城利枝子（2005）塩蔵もずく。「全国水産加工品総覧」，光琳，東京，554-555pp.
- 3) 神谷充伸（2012）ネイチャーガイドウォッチングブック海藻。誠文堂新光社，東京，72-74pp.
- 4) 大野正夫（2004）モズク類の増養殖。「有用海藻誌 海藻の資源開発と利用に向けて」，内田老鶴圃，東京，101-108pp.
- 5) 冷凍食品，食品別の規格基準について（厚生労働省ホームページ），[http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/jigyousya/shokuhin\\_kikaku/](http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/jigyousya/shokuhin_kikaku/)，2013年8月28日.
- 6) 食品衛生検査指針（1990），微生物編，厚生省生活衛生局監修，社団法人日本食品衛生協会，70-77pp.
- 7) 食品衛生検査指針追補Ⅱ（1996），微生物編，理化学編，厚生省生活衛生局監修，社団法人日本食品衛生協会，28-34pp.
- 8) 五訂 日本食品標準成分表（2000），科学技術庁資源調査会，11p.
- 9) 瀬野信子・河合由美子・阿武喜美子（1972）3. 定量実験法，化学の領域96号 ムコ多糖実験法，南光堂，東京，85-125pp.
- 10) GIBBONS, M.N. (1967). The determination of methylpentoses. *Analyst*, **80**, 268p.
- 11) 田幸正邦・武田真治・照屋武志・玉城志博（2010）ナガコンブ *Laminaria angustata* var. *longissima* から分離したフコイダンの化学特性. 日本食品科学工学会誌，**57**，495-502.
- 12) 大石圭一・他（1993）海藻の科学. 朝倉書店，東京，133-138pp.
- 13) 山田信夫（2006）海藻フコイダンの科学. 成山堂，東京，59-113pp.
- 14) 眞岡孝至（2009）カロテノイドの分析と構造研究。「カロテノイドの科学と最新応用技術」（宮下和夫編），シーエムシー，東京，15-26pp.
- 15) 金沢和樹（2012）生体内で有効な機能を発揮する褐藻カロテノイドのフコキサンチン. 日本食品科学工学会誌，**59**，49-55.
- 16) 高市真一（2012）カロテノイドとヒト. 日医大医学会誌，**8**，264-267.
- 17) 西野輔翼（1993）食品中のカロテノイドによる発癌抑制. 日本農芸化学会誌，**67**，39-41.
- 18) 清水延寿・幹 渉（1993）活性酸素消去活性。「海洋生物のカロテノイドー代謝と生物活性（日本水産学会編）」，恒星社厚生閣，東京，97-103pp.
- 19) 松野隆男（2004）海藻に含まれるカロテノイド。「エビ・カニはなぜ赤い」，成山堂書店，東京，42-45pp.
- 20) 山田信夫（2000）海藻利用の化学. 成山堂，東京，165pp.