

短 報

福井県雄島周辺における 低利用海藻の粘質多糖含量

森山 充*

The mucilage polysaccharides content of unutilized seaweed around Oshima
in Fukui prefecture

Mitsuru MORIYAMA

The constituents of *Sargassum horneri* (“akamoku”) and the stipe and sporophyll of *Undaria pinnatifida* (“wakame”), two unutilized seaweed species that occur around Oshima Island in Fukui Prefecture, were quantified by analyzing their lipid and protein contents (general constituents) and their fucoidan and alginic acid contents (functional constituents). Akamoku and wakame collected around Oshima Island during April–May in 2018 and 2019 were used as samples. Regarding functional constituents, fucoidan was extracted using sulfuric acid, and the extraction residue was treated in sodium carbonate solution to extract alginic acid. Concerning general constituents, wakame’s sporophylls were rich in lipids. Both wakame sporophylls and akamoku contained abundant fucoidan (over 5 g per 100 g dry weight), with a significant difference in content between them and wakame blades; the alginic acid content was highest in wakame blades and was similar to that of akamoku. In akamoku, an estimated 30% of the functional constituents (fucoidan and alginic acid) were removed by boiling, a greatly higher percentage compared to wakame blades. Thus, wakame sporophylls and akamoku are promising as food materials rich in functional constituents.

キーワード：フコイダン, アルギン酸, アカモク, ワカメ
2019年9月25日受付 2020年10月30日受理

福井県坂井市雄島周辺では、4～5月にワカメ漁が盛んに行われる。ワカメ *Undaria pinnatifida* は葉状部を乾燥し、粉状に砕いたものが「もみわかめ」と呼ばれ特産化されているものの、茎状部および孢子葉はあまり利用されていない。一方、アカモク *Sargassum horneri* はワカメと同じ海域に分布するが、ワカメ漁の妨げとなるために駆除活動により刈り取られ利用されていない。また、アカモクやワカメは加工前の処理として湯通しの工程を経る場合が多いが（戸松2005）、湯通しによる成分変化の知見に乏しい（佐藤・佐藤1979）。

アカモクは北海道東部を除く日本列島の広い範囲で生

息しており、有効利用を考えるうえで注目される機能性を有する粘質多糖（以下機能性成分）のフコイダンやアルギン酸が豊富に含まれていることが明らかとなっている（山田2000, 村上2011）。また、メカブと呼ばれるワカメの孢子葉も同様にフコイダンやアルギン酸が豊富に含まれるとされており（山中・小川1998, 酒井ら2003, 上田2005）、注目されている。

しかし、アカモクが属するホンダワラ科海藻には生息環境により生産量や成長に大きな違いがみられると報告されており（八谷ら2007）、海藻に含まれる機能性成分も生息場所や成長過程に応じて変動することが知られて

* 福井県食品加工研究所
〒910-0343 福井県坂井市丸岡町坪ノ内1-1
Fukui Food Processing Research Institute, 1-1 Tsubonouchi, Maruoka, Sakai, Fukui 910-0343, Japan
m-moriyama-ml@pref.fukui.lg.jp

いる（木村ら2007）。そのため含量の相違を検討するには同一生息域、同時期の収穫物による比較が必要である。

そこで本研究では、ワカメ収穫直前の駆除活動により得られたアカモクと、同一海域で収穫したワカメの一般成分（水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物）および機能性成分（フコイダン、アルギン酸）を分析した。そして幅広く有効利用されているワカメ葉状部との比較により、有効利用されていないアカモクおよびワカメ茎状部、胞子葉の原料特性を明らかにすると共に湯通しによる機能性成分の変化について調べた。

材料と方法

天然ワカメは2018および2019年の5月に福井県坂井市三国町安島地区に位置する雄島周辺で収穫した。収穫したワカメは冷蔵しながら実験室に持ち帰り、可食部分を葉状部、茎状部および胞子葉に切り分けて、 -25°C で凍結した。一方、アカモクは2018および2019年の4月にワカメと同一海域で茎下部より上の部分を収穫し、分別せずワカメと同様に -25°C で凍結した。湯通しした試料については、2019年に収穫したものを10倍量の1%食塩水溶液で1分間湯通しし、5分間水切りしたものを試料とした。

なお、本研究で使用したアカモクは、湯通しした試料を分析する過程で特有の粘りを発したことから、食用に適する成熟した個体であった。

一般成分分析について、水分は常圧加熱法（ 105°C 、3時間加熱）、タンパク質は燃焼法（窒素タンパク質測定装置NDA701株式会社アクタック製）、脂質はソックスレー抽出法、灰分は灼熱灰化法（ 550°C 、5時間加熱）で測定した。炭水化物を差引法により計算した。測定は各条件3試料ずつ行い、平均値を算出した。

機能性成分分析は苔庵ら（2009）の方法に従った。すなわち多岐管凍結乾燥機（BETA2-8 CHRIST社製）で凍結乾燥した試料1gを100mLの0.05 mol/L硫酸中で18時間攪拌し、 $12,000 \times \text{g}$ で30分間遠心分離した。残渣を再び100mLの0.05 mol/L硫酸中で18時間攪拌し、

$12,000 \times \text{g}$ で30分間遠心分離した。それぞれに得られた上澄液を混合し、定量ろ紙（No.5C ADVANTEC社製）でろ過後、ろ液を25%水酸化ナトリウム水溶液でpH約7.0に調整し、約20mLに減圧濃縮した。得られた溶液を透析用セルロースチューブ（30/32積水メディカル株式会社製）に入れ、48時間200倍量 4°C 蒸留水中で透析した。これを凍結乾燥し、乾燥重量を粗フコイダン量とした。

一方、遠心分離の残渣に100mLの1%炭酸ナトリウム水溶液を加え攪拌し、 80°C で2時間加熱した。得られた液体を $12,000 \times \text{g}$ で30分間遠心分離し、定量ろ紙（No.5C ADVANTEC社製）でろ過後、ろ液を約20mLに減圧濃縮した。得られた溶液を透析用セルロースチューブ（30/32積水メディカル株式会社製）に入れ、48時間200倍量 4°C 蒸留水中で透析した。これを凍結乾燥し、乾燥重量を粗アルギン酸量とした。測定は各条件3試料ずつ行い、平均値±標準偏差で表した。

測定した各試料の機能性成分含量の相違を評価するために、得られたワカメの葉状部、茎状部および胞子葉とアカモクの4条件試料の粗フコイダン含量と粗アルギン酸含量について、それぞれTukey-Kramer法による多重比較検定により評価した。

本研究では乾燥試料から機能性成分を抽出し含量を定量したので、湯通しによる機能性成分の流出量を推定するために、湯通し後の試料について粗フコイダン含量と粗アルギン酸含量を一般成分分析の結果を用いて乾燥前重量（含水物）当たりの含量に換算した。同様に湯通し前の試料についても換算し、次式から流出割合を算出した。なお、流出割合の算定に湯通し後における試料重量の増減は考慮しなかった。

流出割合（%）

$$= 100 - (\text{湯通し後含量} / \text{湯通し前含量}) \times 100$$

結 果

一般成分分析の結果を表1に示した。水分は湯通し前のいずれの条件も80～90（g/含水物100g）であった。2018年試料のワカメ胞子葉ではタンパク質および脂質

表1. ワカメ各部位およびアカモクの一般成分（g/含水物100g）

		水分	タンパク質	脂質	灰分	炭水化物	
2018年	ワカメ葉状部	87.0	2.5	0.2	3.5	6.8	
	ワカメ茎状部	88.8	0.8	0.2	4.1	6.1	
	ワカメ胞子葉	82.4	4.0	1.2	5.0	7.4	
	アカモク可食部	82.1	2.9	0.2	4.7	10.1	
2019年	湯通し前	ワカメ葉状部	84.3	1.9	0.2	4.1	9.5
		ワカメ茎状部	89.2	0.6	0.2	4.7	5.3
		ワカメ胞子葉	83.9	2.0	0.8	4.5	8.8
		アカモク可食部	86.4	1.9	0.2	4.0	7.5
	湯通し後	ワカメ葉状部	89.4	1.3	0.2	1.7	7.4
		ワカメ茎状部	92.2	0.4	0.1	2.8	4.6
		ワカメ胞子葉	89.2	1.4	0.9	2.4	6.1
		アカモク可食部	91.5	1.2	0.1	1.3	5.8

が他条件よりも多く、特に脂質は1.2 (g/含水物100g) であり、他条件の6倍と顕著に多かった。一方、2019年試料のワカメ胞子葉では脂質は他条件より多かったが、タンパク質については差がなかった。アカモクは、タンパク質および脂質でワカメ葉状部と類似していた。

機能性成分分析の結果について、各条件の乾物100gあたりの粗フコイダン含量を図1に、粗アルギン酸含量を図2に示した。

フコイダンについては2018年試料でワカメ葉状部と茎状部の含量は少なく、両者には有意差が認められなかったが、ワカメ胞子葉とアカモクの両者はワカメ葉状部よりも有意に含量が多かった ($p < 0.01$)。2019年試料においても同様の結果が得られ、2018年試料と2019年試料の両者に再現性が確認出来た。

アルギン酸については2018年試料ではワカメ胞子葉で含量が最も少なく、葉状部との有意差が認められた ($p < 0.05$)。一方、アカモクの含量が最も多かった。また、

ワカメの中では葉状部で含量が最も多かったが、アカモクとの有意差は認められず、同程度の含量だった。2019年試料ではワカメ葉状部で含量が最も多くなったが、ワカメ胞子葉よりも有意に含量が多く ($p < 0.05$)、かつアカモクとの有意差は認められず、同程度の含量だった。

2019年試料における湯通し前後の機能性成分含量と機能性成分流出割合を表2に示した。例えば、アカモクでは乾燥前重量当たりのフコイダン含量は湯通し前で0.7 (g/含水物100g)、湯通し後で0.5 (g/含水物100g) と換算されるので、流出割合は28.6%と算出された。フコイダンの流出はワカメ葉状部では認められなかったが、他の2部位およびアカモクでは流出割合が2~5割程度であった。一方、アルギン酸の流出割合はワカメ3部位よりもアカモクが高かった。湯通しによる機能性成分の流出はアカモクのフコイダンとアルギン酸ともに3割程度と見積もられ、両成分共にワカメ葉部よりも顕著であった。

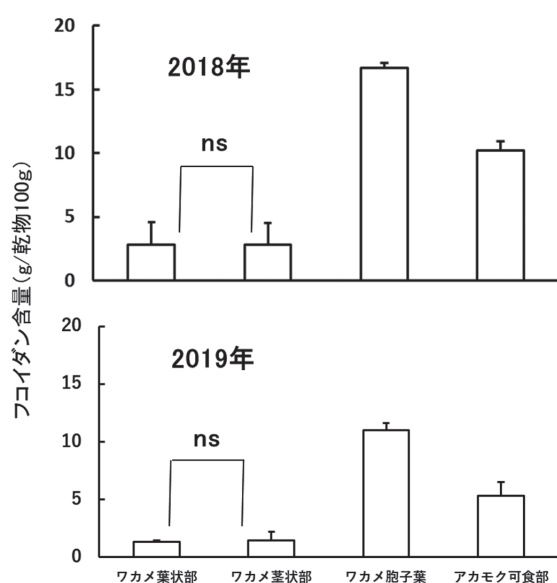


図1. ワカメの部位別およびアカモクのフコイダン含量
縦線は標準偏差を示す ns: 有意差なし、他組合せは全て $p < 0.01$

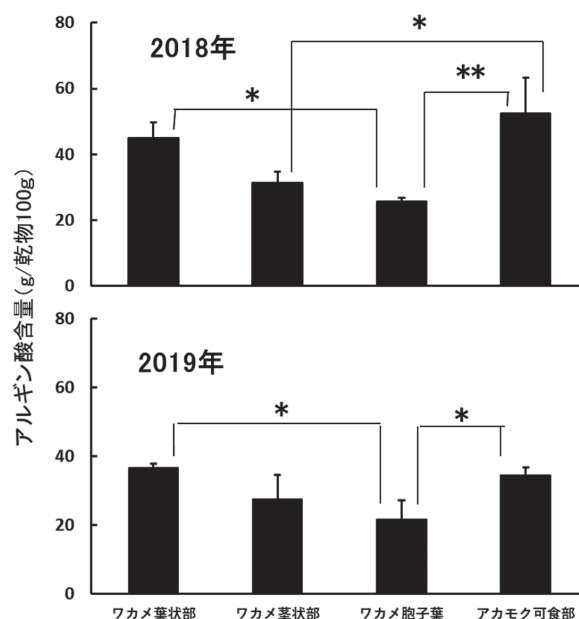


図2. ワカメの部位別およびアカモクのアルギン酸含量
縦線は標準偏差を示す * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

表2. 湯通し前後のワカメ各部位およびアカモクの機能性成分含量と機能性成分流出割合

		フコイダン			アルギン酸		
		平均含量		流出割合 (%)	平均含量		流出割合 (%)
		(g/乾物100g)	(g/含水物100g)		(g/乾物100g)	(g/含水物100g)	
湯通し前	ワカメ葉状部	1.3	0.2	—	36.6	5.8	—
	ワカメ茎状部	1.4	0.2	—	27.4	3.0	—
	ワカメ胞子葉	11.0	1.8	—	21.7	3.5	—
	アカモク可食部	5.3	0.7	—	34.5	4.7	—
湯通し後	ワカメ葉状部	1.9	0.2	0	47.3	5.0	14.8
	ワカメ茎状部	1.4	0.1	50.0	34.5	2.7	10.0
	ワカメ胞子葉	13.5	1.5	16.6	35.8	3.9	0
	アカモク可食部	6.4	0.5	28.6	37.1	3.2	31.9

考 察

以上の結果から、現在有効利用されているワカメ葉状部と比較すると、機能性成分の豊富な食品を考えるうえで、ワカメ胞子葉はフコイダン含量が最も多かったもののアルギン酸含量に乏しく、フコイダン活用面では有望だが、アルギン酸活用面では期待が出来ないと考えられた。また、アカモクはフコイダン含量が多く、アルギン酸含量は同程度であるので有望であると考えられた。一方、ワカメ茎状部に関してはフコイダンおよびアルギン酸含量が同程度であったので優位点は見いだせなかった。

木村ら（2007）はアカモクのフコイダン含量およびアルギン酸含量の季節変動を調べた結果、最大で8.31（g/乾物100g）のフコイダンが含まれ、アルギン酸については、最大で34.1（g/乾物100g）含まれていることを報告している。本研究の結果では成熟したアカモクのフコイダン含量が2018年で 10.2 ± 0.7 （g/乾物100g）、アルギン酸含量が 52.3 ± 10.9 （g/乾物100g）、2019年で 5.3 ± 1.2 （g/乾物100g）、アルギン酸含量が 34.5 ± 2.3 （g/乾物100g）となり、木村ら（2007）と同水準の値が得られた。また、酒井ら（2003）はワカメのフコイダン含量を葉状部で1.5（g/乾物100g）、胞子葉部で8.0（g/乾物100g）と報告しており、本研究の結果では2018年で前者が 2.8 ± 1.8 （g/乾物100g）、後者が 16.7 ± 0.4 （g/乾物100g）、2019年で前者が 1.3 ± 0.1 （g/乾物100g）、後者が 11.0 ± 0.6 （g/乾物100g）と同水準の値であった。

なお、本研究でフコイダンとアルギン酸活用には有望と結論付けたアカモクは、湯通しによる両者の流出量がワカメ葉状部と比較すると多く見積もられた。湯通しによる成分流出については、佐藤・佐藤（1979）がワカメの60分間煮熟におけるアルギン酸の流出を約35%と見積もっている。本研究では1分間の湯通しにおけるアルギン酸の流出が最大となるワカメ葉部において約15%と

見積もっており、湯通し時間の長短が流出量の多寡に影響を与えていると考えられた。今後は機能性成分の流出を軽減出来るような加工技術開発が必要であると考えられる。

謝 辞

ワカメおよびアカモクを提供いただいた雄島漁業協同組合に深謝します。

文 献

- 木村太郎・上田京子・黒田理恵子（2007）福岡県大島産褐藻アカモク *Sargassum horneri* 中に含まれる多糖類の季節変動. 日水誌, **73**, 739 - 744.
- 苔庵泰志・藤原孝之・栗田 修（2009）ヒロメ由来の多糖類について. 平成20年度三重県工業研究所研究報告, **33**, 139 - 142.
- 村上 香（2011）海藻アカモクの特徴と食品利用. 広島工業大学紀要研究編, **45**, 263 - 270.
- 酒井 武・佐川裕章・加藤郁之進（2003）機能性食品としてのフコイダン. 藻類, **51**, 19 - 25.
- 佐藤孜郎・佐藤邦子（1979）海藻の調理・加工に関する基礎的研究（第2報）. 家政学雑誌, **30**, 429 - 433.
- 戸松 誠（2005）あかもく加工品「全国水産加工品総覧」（福田 裕, 山澤正勝, 岡崎恵美子監修）, 光琳, 東京, pp. 550 - 551.
- 上田智広（2005）めかぶ加工品「全国水産加工品総覧」（福田 裕, 山澤正勝, 岡崎恵美子監修）, 光琳, 東京, pp. 522 - 524.
- 山田信夫（2000）海藻利用の科学. 成山堂書店, 東京, pp. 85 - 136.
- 山中なつみ・小川宣子（1998）メカブより溶出する粘性物質の理化学的特性. 日本調理科学会誌, **31**, 1 - 6.
- 八谷光介・西垣友和・道家章生（2007）京都府沿岸域の環境特性の異なる生育地でのホンダワラ科海藻の年間純生産量とその比較. 日水誌, **73**, 880 - 890.