

海藻アカモクの特徴と食品利用

—福岡県筑前海産を中心として—

村上 香*

(平成22年10月28日受付)

Potential of the Akamoku, *Sargassum Horneri* for Food Utilization
—With Special Reference to that Harvested in the Chikuzen Sea, Fukuoka, Japan—

Kaori MURAKAMI

(Received Oct. 28, 2010)

Abstract

Seaweeds have been traditionally consumed as food in East Asian countries, especially in Japan, Korea and China. Recently, they have been generally accepted in part of the dairy diet as a low caloric food in Western countries. Seaweeds contain a large amount of mucilage polysaccharides, such as agar, alginate and carrageenan, which have been utilized as phycocolloids, gelling agents and emulsifiers in the food and pharmaceutical industries. Brown algae have been reported to contain the components of physiological activities.

Thus, the demand for seaweeds as foods and biochemical resources is increasingly expected. However, limited numbers of seaweed species are available for practical use. Among the remaining unexplored species is *Sargassum horneri*, a brown alga growing in the coastal sea.

S. horneri has been used as food only in some limited areas in Japan, but the food products processed by boiling it have recently appeared in the markets. To enable the practical use of *S. horneri* as an edible resource, it is important to obtain information about its nutritional components and their seasonal variations in relation to its growth and maturity. In the present review, the author explains about the potential of the Akamoku, *S. horneri* and food utilization, and discuss mainly that harvested from the Chikuzen Sea, Fukuoka, Japan.

Key Words: *Sargassum horneri*, chemical composition, dietary fiber, seasonal variation, physiological activity

1. 緒言

褐藻綱ヒバマタ目ホンダワラ属アカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh (図1) は日本および大陸では朝鮮半島から中国、ベトナム北部まで分布している。日本では北海道東部を除く全国に分布しているごく一般的な海藻である(大野2004)。しかし、同じ褐藻類であるコ

ンブやモズク、同じホンダワラに分類されるヒジキほど食用として全国的に知られている海藻ではない。

アカモクは海の森、藻場として、魚類や貝類の産卵の場や、幼生・稚魚の生育の場としての重要な役割を担っているほか、リンなどを栄養成分として吸収することにより赤潮の防止など水質浄化に役立っている(Umezaki 1984)。

アカモクは神事に用いられたり(木村ら2009)、救荒食

* 広島工業大学情報学部健康情報学科

として用いられた歴史もあるが、日常的に食べられていたのは秋田県や新潟県の一部地域などに限られていた。アカモクはモズクやメカブ同様に粘りがある(図2)。近年では、粘り成分である粘質多糖類の食感や機能が期待され、富山県、岩手県、福岡県でも、食用化が試みられたり、市販されるようになった。ここでは、福岡県筑前海産を中心にアカモクの特徴を記述する。



図1 アカモク

福岡県宗像市大島松ヶ下付近水深3m海域で2004年12月に採取された未成熟期のアカモク(約1.5m)。



図2 アカモク加工製品

宗像漁協大島支所あかもく部会製造の福岡県大島産アカモクの湯通し加工品。強い粘りが特徴で三杯酢やボン酢などの調味料をかけてそのまま食べたり、味噌汁、うどん、そばなどの具としても最適。

2. 生態

福岡県筑前海のアカモクは毎年、冬から春に成長して初夏には海を漂う流れ藻となり、最終的には枯死する(秋本ら2009)。秋本らにより調査されたアカモクの水深による生育の違いを図3に示した。アカモクは、水深が浅いところ(水深1-2m)では成長が緩やかで全長はあまり長くないが流れ藻になる時期が遅く、水深が深いところ(水深5m)では成長が早く長さも最大10mまで育つ一方で、流れ藻になる時期も早いのが特徴といえる(図3)。

アカモクは雌雄異株で、生殖器床の形状により雄株と雌株を区別することができる。図3Cは、調査したアカモク群のうち、生殖器床の確認できたアカモク株(個体)の割合を成熟率として示している。アカモクの生殖器床形成は成長と同様に水深が浅いところでは遅く、水深の深いところでは全株が成熟を迎えたのは3月中旬ごろであったのに対して、4月中旬であった。また、いずれの深さでも成熟度が100%になったのは成長のピークとほぼ同じ時期である。このようにアカモクの生育はその特徴から、未成熟期、成長・成熟期、配偶子放出期、衰退期に分けることができる。例えば、長崎鼻水深5m海域のアカモク群では、11月から12月が未成熟期、1月中旬から2月中旬が成熟期、3月中旬が配偶子放出期、4月以降が衰退期となる。

3. 食品成分

3-1 主要成分(水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物および食物繊維)

2005年11月から2006年6月まで福岡県宗像市大島長崎鼻付近水深1-2m海域のアカモク群の生育と原藻可食部の主要成分;水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物および総食物繊維含量の関係を調べた結果を図4に示した(著者ら2009)。

(1) 生育と主要成分

アカモクの水分含量は約90g/100gで、他の海藻と同様に大部分を占めている。

海藻に多く含まれる機能的成分である食物繊維については、栄養成分の中では最も多く約4-7g/100g含まれ、成長や成熟に伴って増加する傾向がみられた(図4および5-1)。

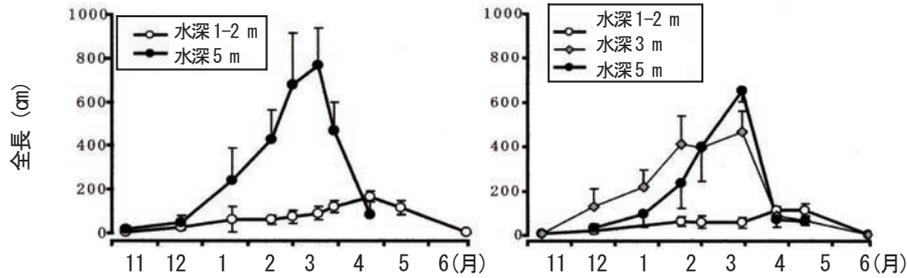
灰分は雌雄ともに5、6月に最大の約3-4g/100gになっていた(図4C)。灰分量はミネラルの総量とおおよそ等しいとされているが、荒木らが測定した新潟県佐渡真野湾産、未成熟期のアカモク原藻のミネラル量を灰分に占める割合に換算すると、カリウム、ナトリウム、カルシウムおよびマグネシウムで灰分の約80%占めていることになる(荒木ら、2005)。また、同報告によると真野湾産の未成熟期アカモク(1994年2月採取)の灰分は20.0g(無水物100gあたり)だが、福岡県大島産の未成熟期アカモク(2005年2月採取)の灰分は26.8g(無水物100gあたり)で、真野湾産同様に福岡県大島産アカモクは未成熟株でもミネラルを多く含むことが考えられる。これらのことは、アカモクは有用なミネラルの供給源となる可能性を示している。

福岡県大島産アカモクの前藻可食部についてカルシウム、マグネシウム、亜鉛を測定した結果、灰分中のこれらの割合は前述の未成熟期で真野湾産と比較すると、カルシウムは大きな差はなく(福岡産4.0%;大島産4.4%)、マ

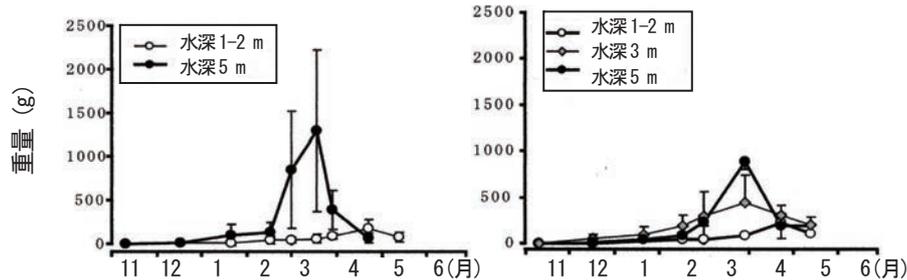
長崎鼻

松ヶ下

A 全長



B 重量



C 成熟度

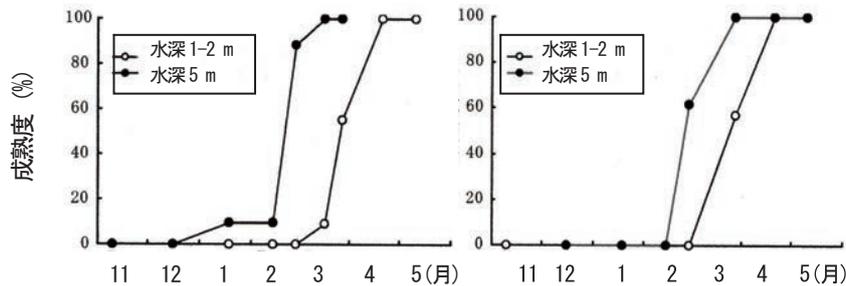


図3 福岡県大島産アカモクの成長と成熟の変化 (秋本ら 2009)
成熟度は調査対象となったアカモク群のうち生殖器床が確認できたアカモク株 (個体) の割合

グネシウムは大島産の方が1.4倍多く (福岡産 5.5% ; 大島産 3.8%) , 亜鉛は真野湾産の方が2.1倍多かった (福岡産 0.013% ; 大島産 0.028%) (The author et al. 2011)。

12月から次第に減少していたタンパク質含量は、3月に一度増加して、その後、再び減少している (図4C ; タンパク質量平均値, 2月: 1.06 g/100 g, 3月: 1.36 g/100 g, 4月: 0.90 g/100 g)。2月中旬に成熟度19%だったアカモク群が、急激に成熟して、3月中旬には88%のアカモク株に生殖器床が認められる。この結果より、3月のタンパク質量の増加は成熟と関係しているようにも見える。成熟に必要な酵素やシグナル伝達に関与するタンパク質の合成が盛んに行われているのかもしれない。

脂質含量は他の海藻同様に非常に少なく (Mebeau and Fleurence 1993), 主要成分の中でも最も少なく、月ごとの大きな変化はほとんど認められなかった (図4C)。

(2) 食用海藻との比較

アカモク原藻と食用海藻の可食部の主要成分の含有量を図5に示した。

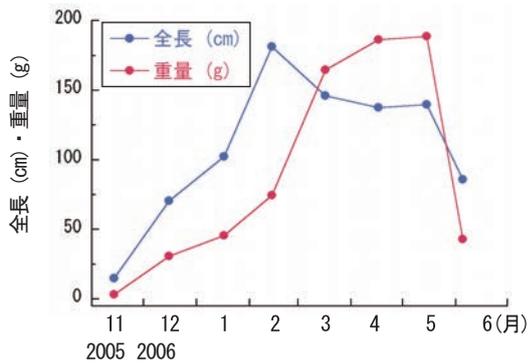
アカモク原藻と生の食用海藻のワカメ *Undaria pinnatifida* (葉), ワカメ (茎; メカブ), クビレヅタ *Caulerpa lentillifera* (海ブドウ) (文部科学省 2005) を湿重量で比較すると、アカモクはワカメと海ブドウに比べて水分量と脂質量が少ない一方で、タンパク質と灰分は、アカモク (タンパク質: 1.1 g/100 g, 灰分: 3.1 g/100 g) は、メカブ (タンパク質: 0.9 g/100 g, 灰分: 0.9 g/100 g) や海ブドウ (タンパク質: 0.5 g/100 g, 灰分: 1.2 g/100 g) より多く、さらに、総食物繊維含量はアカモクが最も多いことがわかる (図5-1)。

また、アカモク原藻と食用海藻の乾燥品のアオノリ *Enteromorpha* spp., マコンブ *Laminaria japonica*, テングサ *Gelidium elegans* (文部科学省 2005) を無水物に換算し

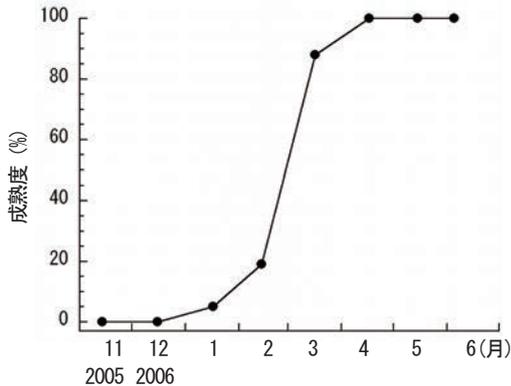
て図5-2に示した。アカモクのタンパク質含量は、マコンブと同程度（アカモク；92 mg/g、マコンブ；91 mg/g）で、脂質量はアオノリと同程度（アカモク；4 mg/g、アオノリ；3 mg/g）である一方、灰分含量はアカモク（258 mg/g）が最も多いことがわかる。さらに、アカモクの総食物繊維量（475 mg/g）は、五訂増補日本食品標準成分表（文部科学省 2005）で最も食物繊維が多い食品として注目される寒天、その原料であるテングサ（558 mg/g）

に次いで多いこともわかる。これらのことから、アカモクは食物繊維やミネラルなど、他の食用海藻と同様もしくはそれ以上の供給源となる可能性が示された（著者ら 2009）。

A 成長



B 成熟



C 主要成分

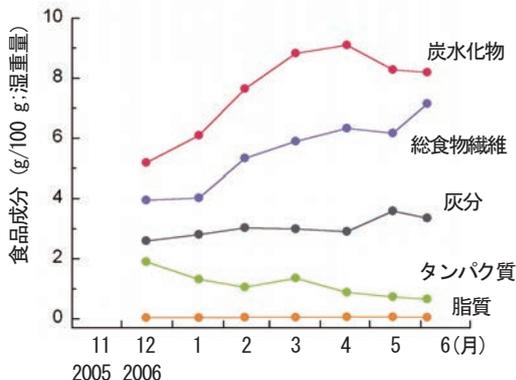


図4 福岡県大島長崎鼻産アカモクの成長・成熟と食品成分の変化（著者ら 2009）

福岡県宗像市大島長崎鼻水深1～2 m 海域のアカモク原藻可食部主要成分：水分、灰分、タンパク質、脂質、炭水化物および食物繊維含量測定は五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアルに従った

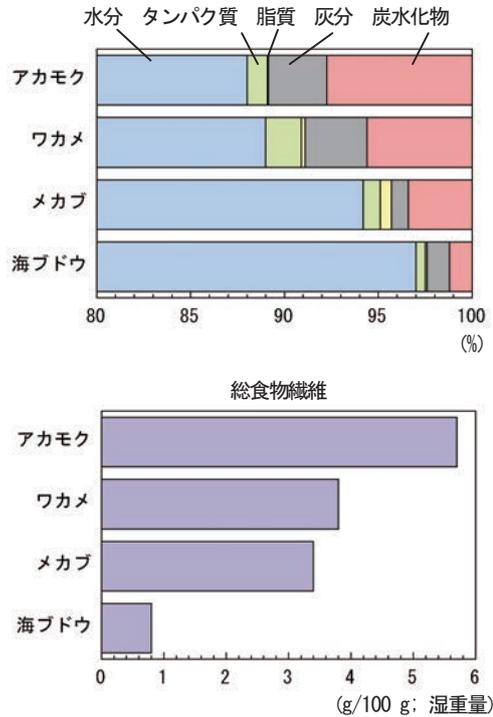


図5-1 アカモクと食用海藻の主要成分比較（原藻・生）
アカモクは2005年12月から2006年6月まで採取されたアカモク原藻の測定値（図4C）の平均値。そのほかの海藻は五訂増補日本食品標準成分表記載値。

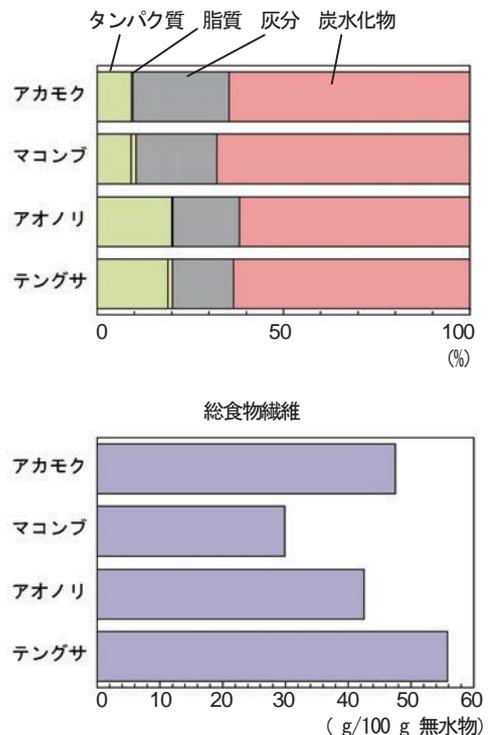
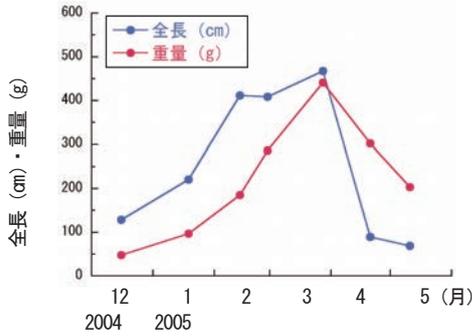


図5-2 アカモクと食用海藻の主要成分比較（無水物）
アカモクは2005年12月から2006年6月まで採取されたアカモク原藻の測定値（図4C）の平均値を無水物当たりに換算した値。そのほかの海藻は五訂増補日本食品標準成分表記載値を無水物に換算した値。

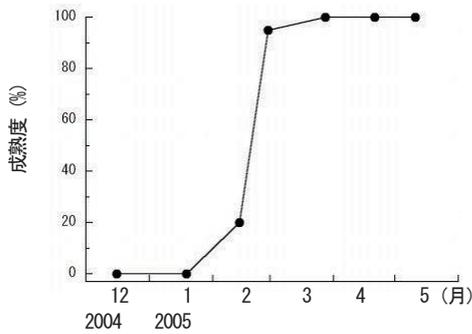
表1 福岡県大島産アカモクフコイダンの構成成分(木村ら 2007)

採取日	ウロン酸量 (%)	硫酸化度 (%)	モル比		
			フコース	キシロース	グルコース
2005年			1.00 : 0.02 : 0.01		
2.28	2.9	28.6	1.00	0.02	0.01
3.28	2.2	27.0	1.00	0.01	0.01
4.21	2.8	27.1	1.00	0.02	0.02
5.11	2.9	26.0	1.00	0.02	0.02

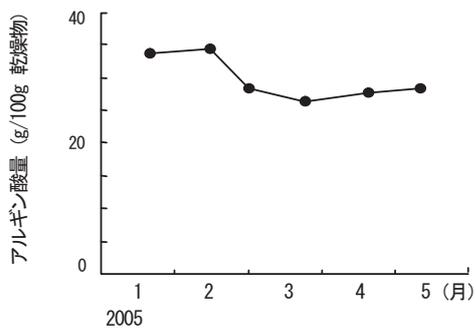
A 成長



B 成熟



C アルギン酸



D フコイダン

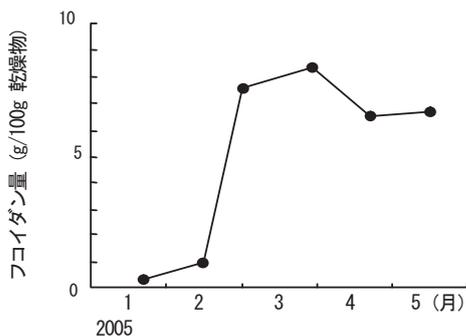


図6 福岡県大島産アカモクの成長・成熟と粘質多糖類量の変化(木村ら 2007)

3-2 粘質多糖類 (アルギン酸およびフコイダン)

褐藻類の主な炭水化物および食物繊維としては、細胞壁構成多糖類のセルロース、貯蔵多糖類のラミナランや粘質多糖類のアルギン酸とフコイダンが挙げられる。木村・黒田らは福岡県大島産アカモクのアルギン酸およびフコイダンについて調べている。アカモクフコイダンは硫酸化度が26から29%と比較的高く、ウロン酸量の少ない(2.2~2.9%)真正フコイダンであることが推察されている(表1)。また、その構成成分に採取時期による変動はないことも示されている。さらに、アカモクのアルギン酸は葉と茎に含まれ、その含有量は生育期間を通してあまり変化がないのに対して、フコイダンのほとんどは生殖器床に含まれており、含有量は生長・成熟(生殖器床の形成)に伴って増加することが確認されている(木村ら 2007; 黒田ら 2008; 図6)。

4. 生育と加工品の品質

褐藻であるアカモクは色素として緑色のクロロフィルと褐色のフコキサンチンを持っているため褐色をしているが、ゆでるとフコキサンチンが溶け出て、美味しそうな緑色になる。また、刻むことにより粘りが増す(図7)。

篠原らは、2005年12月から2006年4月まで福岡県大島長崎鼻産アカモクの塩ゆで加工品について、成長・成熟と製品の色調、粘性およびフコイタン含量の関係について調べている。未成熟期(12月)から成熟期(1~2月)に採取したアカモクの加工品は鮮やかな緑色を呈するが、

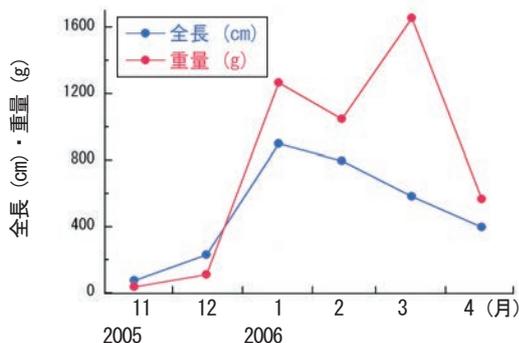


図7 アカモクの食品加工

A: アカモク原藻(生) B: 塩ゆでの後のアカモク C: アカモク加工品

配偶子放出期（3月）から衰退期（4月）と成熟段階が進むにつれて、色調の緑色が不鮮明になり、最終的に褐色になる傾向がみられる。一方、未成熟期（12月）および成熟期前半の1月には粘性が低い（32.7～36.5J/m²）ものの、成熟期後半の2月から衰退期（4月）まで粘性が高い（94.07～115J/m²）ことが図8よりわかる。また、フコイタン量に関しては未成熟期（12月）では0.03g/100gと非常に少ないのに対して、1月から0.49g/100gと増加してい

A 成長



B 成熟

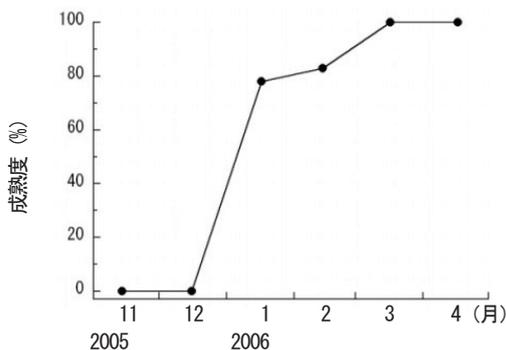
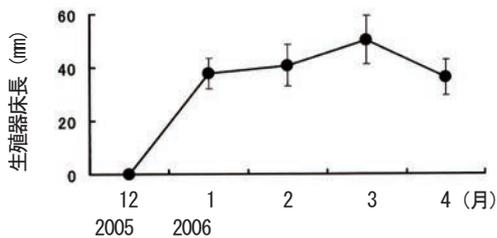


図8-1 福岡県大島産アカモクの成長と成熟 (篠原ら 2009)

雄株



雌株

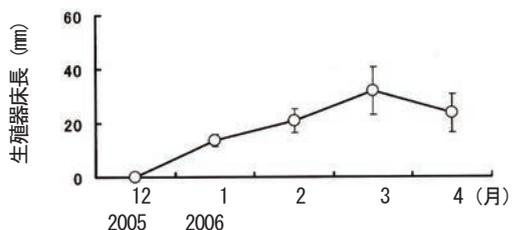
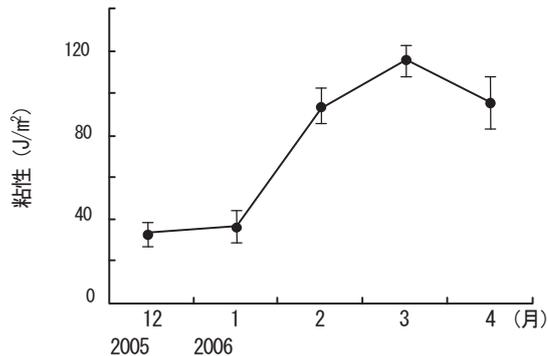


図8-2 福岡県大島産アカモクの生殖器床長の雌雄比較 (篠原ら 2009)

A 塩ゆで加工品の粘性



B 塩ゆで加工品中のフコイタン量

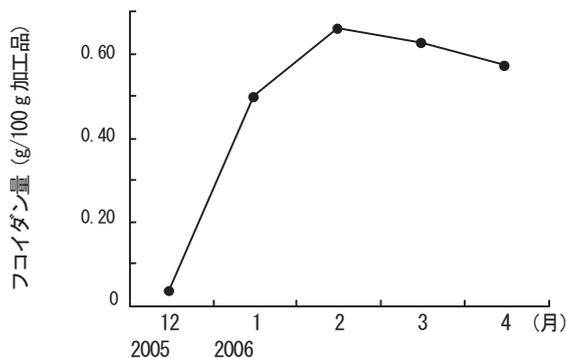


図8-3 福岡県大島産アカモクの塩ゆで加工品の粘性とフコイタン量 (篠原ら 2009)
A: クリープメーター (株式会社山電社製; レオナー RE-3305) で1mm/秒で引上げる時の付着力を粘性とした。

る (図8-3B)。これらのことから、篠原らは成熟期のうち配偶子放出直前のアカモクが色調、粘性およびフコイタン量の観点から食用に最も適していることを示した (図7)。また、この時期は栄養成分の観点からも食用に適している (図4)。

ちなみに、粘性に違いが出た1月と2月は、成熟度で見るとそれぞれ78%と83%とほとんど違いはないが、生殖器床の長さを比較すると平均で雄株は1月が38mm、2月が41mm、雌株は1月が14mm、2月が21mmで、雌雄ともに1月より2月の方が生殖器床の長さが長いことがわかる (図8-1Bおよび8-2)。このことが、粘性の違いに関係している可能性がある。

さらに、新潟県真野湾産アカモクは2月頃の未成熟期が最もやわらかく美味とされている (荒木ら, 2005) ことから、粘性はあまりないが色調が鮮やかな未成熟期の福岡県大島産アカモクも食用利用の価値がある。さらに、配偶子放出期から衰退期に関しては、色調は劣るものの、粘性および栄養成分の面で優れていることから、加工方法や販売形態を工夫することなど、流れ藻になる前のアカモクの食材としての有効利用を期待したい。

5. 機能性

食品として褐藻類の多糖類は、食物繊維としての有用性のほか、アルギン酸やフコイダンなどの生理活性が注目を集めている (Fahrenbach et al. 1966; Kiriya et al. 1969; Noda et al. 1989; Church et al. 1989; Nishide et al. 1993)。アカモクに関しては、フコイダン様物質の抗腫瘍活性が中沢らによって検討されている。アカモクから抽出したフコイダン様物質 (フコースとガラクトースを主成分として、キシロースとウロン酸を少量含んでいる；硫酸基 20～30%；タンパク質の混在が5%未満) をサルコーマ 180 腫瘍に移植したマウスに腹腔内投与することにより、約 60%の増殖抑制率がみられた。このアカモクのフコイダン様物質は Ehrlich 腹水癌に対しても 0.125～0.5 mg/匹/日×6の腹腔内投与により、80～100%の延命効果が認められている (中沢ら 1976)。

さらに、アカモクは抗ウイルス活性や抗アレルギー作用のほか、骨の形成に関与する作用などの生理作用が報告されている (Preeprame et al. 2001; Sakai et al. 2004; Athukorala et al. 2007; Yamaguchi 2006)。しかし、これらは主にアカモク抽出物による腹腔内投与や細胞レベルの生理活性効果の検証が多く、今後のさらなる研究により、アカモクの食品としての機能性が実証されることを期待する。

表2 Sarcoma 180 に対するアカモク由来フコイダン様物質の抗腫瘍効果 (中沢ら 1976)

フコイダン様物質投与量	腫瘍の平均重量 処理群/無処理群	腫瘍増殖 抑制率 (%)
0.125 mg/匹/日×6	0.81g/1.97g	58.9
0.25 mg/匹/日×6	0.68g/1.97g	65.5

アカモクから調製したフコイダン様物質の組成：フコース、ガラクトース (多)、キシロース、ウロン酸 (少)、SO₄³⁻ (20～30%)、タンパク質 (<5%)。マウス：10匹/群 判定：15日

表3 Ehrlich 腹水癌に対するアカモク由来フコイダン様物質の抗腫瘍効果 (中沢ら 1976)

フコイダン様物質 投与量	生存数 (%)	平均生 存日数	移植細胞数 (個/マウス)
アカモク 0.25 mg/匹/日×6	100	60	3×10 ⁵
対照 —	0	18.1	

アカモクから調製したフコイダン様物質の組成は表3と同じ。マウス：7匹/群 判定：60日

6. アカモク資源の維持

アカモクは前述のとおり、藻場として重要な役割を担っている。アカモクは真一年生海藻であるにも関わらず、他の多年生のホンダワラ科やコンブ科の海藻と同程度の年間純生産量を示すほど高い生産量をもっている (谷口ら 1988)。アカモクの過度の漁獲はアカモク藻場を減少させて、有用水産生物の減少や植物を食べる海洋生物により、

さらなる海藻の減少を引き起こす恐れがあるため、漁獲がアカモクの再生産に影響を与えないように考慮する必要性がある。秋本らはアカモクの再生産に有効な生殖器床の必要量は、配偶子放出後の環境条件にも左右されるため不確定要素があるとしながらも、半数の生殖器床を残して現存量の維持が図れると仮定した場合、先端からの4割以下の長さで収穫すれば良いとしている (秋本ら 2009；図9)。実際に、福岡県ではアカモク資源維持のためにアカモクに漁業権を設けて、漁業者に現存量を維持しながら持続的に安定してアカモク加工食品を生産するために、採取部位や間引きの収穫などの漁業管理的思考による漁獲を推奨している。

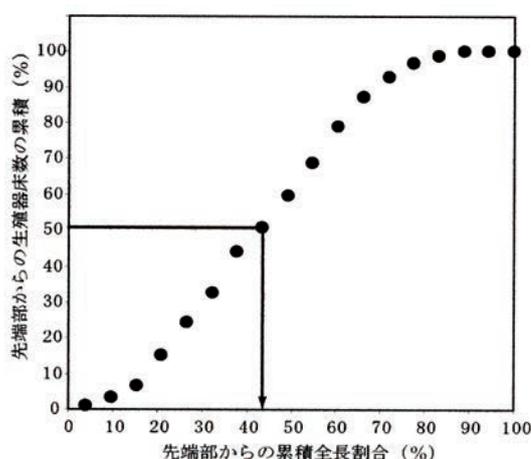


図9 アカモクの先端部からの累積全長割合と累積生殖器床数 (篠原ら 2009)

文 献

- 1) M. J. Fahrenbach, B. A. Riccardi and W. C. Grant (1966) Hypocholesterolemic activity of mucilaginous poly-saccharides in White Leghorn cockerels, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 123, 321-326.
- 2) S. Kiriya, Okazaki, Yand A. Yoshida, (1969) Hypocholesterolemic effect of polysaccharides and poly-saccharide-rich foodstuffs in cholesterol-fed rats, *J. Nutr.*, 97, 382-388.
- 3) 中沢昭三, 安部史紀, 黒田浩之, 河野啓三, 東忠英, 梅崎勇, (1976) 海藻成分の抗腫瘍作用に関する研究 第2報 *Sargassum horneri* について, 日本化学療法学会雑誌 *Chemotherapy*, 24 (2), 443-447
- 4) I. Umezaki, (1984) Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bull. of Japan. Soc. of Sci. Fish.*, 50, 1193-1200.
- 5) 谷口和也, 山田秀秋, (1988) 松島湾におけるアカモク群落の周年変化と生産力, 東北区水産研究所研究報告, 50, 59-65

- 6) H. Noda, H. Amano, K. Arashima, S. Hashimoto and K. Nisizawa, (1989) Antitumour activity of polysaccharides and lipids from marine algae., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1265-1271.
- 7) F. C. Church, J. B. Meade, R. E. Treanor and H. C. Whinna, (1989) Antithrombin activity of fucoidan, *J. Biol. Chem.*, 254, 3618-3623.
- 8) S. Mabeau, (1993) Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects, Fleurence, *J. Trends in Food Science & Technology*, 4, 103-107.
- 9) E. Nishide, H. Anzai and N. Uchida, (1993) Effects of alginates on the ingestion and excretion of cholesterol in the rat, *J. Appl. Phycol.*, 5, 207-211.
- 10) S. Preeprame, K. Hayashi, J. B. Lee, U. Sankawa and T. Hayashi, (2001) A novel antivirally active fucan sulfate derived from an edible brown alga, *Sargassum horneri*, *Chem. Pharm. Bull.*, 49, 484-485.
- 11) 大野雅夫 (2004) 「有用海藻誌 海藻の資源開発と利用に向けて」, 内田老鶴圃, 125-127.
- 12) H. Sakai, T. Uchiumi, J. B. Lee, Y. Ohira, J. Ohkura, T. Suzuki, T. Hayashi and N. Takeguchi, (2004) Leukotrienes-mediated effects of water extracts from *Sargassum horneri*, a marine brown alga, on Cl⁻ absorption in isolated rat colon, *Jpn. J. of physiol.*, 54, 71-77.
- 13) 荒木葉子, 小野寺宗伸, 吉江由美子, 鈴木 健, (2005) アカモクの加熱によるミネラル, 遊離アミノ酸および脂肪酸の変化, *日本調理科学会誌*, 38, 72-76.
- 14) M. Yamaguchi, (2006) Regulatory mechanism of food factors in bone metabolism and prevention of osteoporosis. *The Pharmaceutical Society of Japan (Yakugaku Zasshi)*, 126, 1117-1137.
- 15) Y. Athukorala, K. W. Lee, S. K. Kim and Y. J. Jeon, (2007) Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea, *Bioresour. Technol.*, 98, 1711-1716.
- 16) 木村太郎, 上田京子, 黒田理恵子, 赤尾哲之, 篠原直哉, 後川龍男, 深川敦平, 秋本恒基, (2007) 福岡県大島産アカモク *Sargassum horneri* 中に含まれる多糖類の季節変動, *日本水産学会誌*, 73, 738-744.
- 17) 黒田理恵子, 上田京子, 木村太郎, 赤尾哲之, 篠原直哉, 後川龍男, 深川敦平, 秋本恒基, (2008) 福岡県筑前海産褐藻アカモク *Sargassum horneri* の成熟と粘質多糖量の変化, *日本水産学会誌*, 74, 166-170.
- 18) 木村光子, 濱田仁, (2009) 宗像大社の古式祭とアカモク, *藻類*, 57, 7-9.
- 19) 秋本恒基, 後川龍男, 深川敦平, (2009) 宗像市大島地先におけるアカモク *Sargassum horneri* の生長と成熟, *福岡水技研報*, 19, 103-107.
- 20) 篠原直哉, 後川龍男, 深川敦平, 秋本恒基, 上田京子, 木村太郎, 黒田理恵子, 赤尾哲之, (2009) 福岡県大島産アカモクの成熟と湯通し加工品の品質との関係, *日本水産学会誌*, 75, 70-75.
- 21) 村上香, 的場由美子, 野田耕作, 山口容子, 藤井高任, 篠原直哉, 秋本恒基, 片山(須川)洋子, 片山眞之, (2009) 福岡県筑前海産褐藻アカモク *Sargassum horneri* の栄養成分の季節変動, *水産増殖*, 57(4), 549-556
- 22) K. Murakami, Y Yamaguchi, K Noda, T Fujii, N Shinohara, T Ushirokawa, Y Sugawa- Katayama and M Katayama, (2011) Seasonal variation in the chemical composition of a marine brown alga, *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh., *Journal of Food Composition and Analysis*, (impress)