

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

誌名	水産増殖
ISSN	03714217
著者名	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,洋子 片山,真之
発行元	水産増殖談話会
巻/号	57巻4号
掲載ページ	p. 549-556
発行年月	2009年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

村上 香^{1,*}・的場由美子²・野田耕作²・山口容子²・藤井高任²・篠原直哉³
秋本恒基³・片山(須川)洋子⁴・片山眞之⁴

Seasonal Variation in the Chemical Compositions of Akamoku *Sargassum horneri* Harvested in Chikuzen Sea, Fukuoka Prefecture

Kaori MURAKAMI^{1,*}, Yumiko MATOBA², Kosaku NODA², Yoko YAMAGUCHI²,
Takato FUJII², Naoya SHINOHARA³, Tsuneki AKIMOTO³,
Yohko Sugawa-KATAYAMA⁴ and Masayuki KATAYAMA⁴

Abstract: The chemical compositions of a brown alga, Akamoku, *Sargassum horneri* harvested at the depth of 1–2 m in ocean areas of Chikuzen Sea, Fukuoka Prefecture in Japan, were investigated. This study was intended to elucidate the relationship between the chemical components and the growth of *S. horneri*. Both its length and weight reached their maximum values in March or April. Differences between male and female plants by their receptacles were completely distinguishable in the middle of April. The protein content varied considerably at the growing stages of the plant. The maximum value of protein content was observed in immature plant in December. The protein content decreased in the following two months, increased in March when the plant fully matured, and thereafter decreased continuously through the rest of test period. The carbohydrate and total dietary fiber content showed differences between the male and female from middle February to May. Significant changes were not observed in lipid contents through the whole period tested. The ash and total dietary fiber content in *S. horneri* were similar or rather higher than those of other edible alga.

Key words: *Sargassum horneri*; Chemical composition; Dietary fiber; Seaweed

褐藻綱ヒバマタ目ホンダワラ属アカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh は北海道東部を除く日本列島、および朝鮮半島から上海まで広く分布している(山田・瀬川 1977; 大野 2004)。九州北部では、毎年冬から春に生長して、初夏には流れ藻となる(木村ら 2007)。西日本と中部では、春から夏に生殖器床が現

れる(Umazaki 1984; Yoshida et al. 2001)。さらに北部へ行くほど成熟時期は遅くなり、北海道では晩夏に現れる(Murai et al. 1981)。

アカモクは藻場として、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

2009年5月18日受付：2009年7月28日受理。

¹広島工業大学情報学部健康情報学科 (Department of Health Science, Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology, Hiroshima 731-5193, Japan).

²福岡女子大学人間環境学部栄養健康科学科 (Department of Nutrition Health Science, Faculty of Human Environmental Science, Fukuoka Women's University, Fukuoka 813-8529, Japan).

³福岡県水産海洋技術センター (Fukuoka Fisheries & Marine Technology Research Center, Fukuoka 819-0165, Japan).

⁴大阪青山大学健康科学部健康栄養学科 (Department of Health and Nutrition, Osaka Aoyama University, Osaka 562-8580, Japan).

*連絡先 (Corresponding author) : Tel: (+81) 82-921-4519; Fax: (+81) 82-921-6961; E-mail: k.murakami.tf@it-hiroshima.ac.jp.

により、赤潮の防止などの水質浄化の役割を担っている (Umezaki 1984)。また、褐藻類に含まれる粘質多糖類は、食物繊維としての有用性だけでなく、アルギン酸やフコイダンなどの生理活性があることが報告されており、食材としても注目を集めている (Fahrenbach et al. 1966; Kiriyama et al. 1969; Noda et al. 1989; Church et al. 1989; Nishide et al. 1993)。さらに、アカモクに関しては、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が報告されている (Preeprame et al. 2001; Sakai et al. 2004; Athukorala et al. 2006; Yamaguchi 2007)。食品としての有用性は栄養成分の含有量に起因する。しかしながら、アカモクの構成成分についての報告は少ない。筑前海産アカモクに関しては、フコイダンは生殖器床の形成に伴い増加すること、フコイダンのほとんどが生殖器床に分布していることが報告されている (木村ら 2007; 黒田ら 2008)。また、荒木らは、佐渡産アカモクの加熱調理によるミネラル、遊離アミノ酸および脂肪酸の変化を測定して、湯煮と水洗冷却により減少が認められるものも多いが、グルタミン酸やグルタミンの増加やカルシウムやマグネシウムがほとんど変化しなかったことを示している (荒木ら 2005)。このように、アカモクはアミノ酸やミネラル、多糖類などの有用成分の供給源としての可能性が示唆されている。タンパク質、脂質および灰分含有量に関しては、三重県英虞湾産アカモクについての報告があるが、残念ながら、ホヤ類等の付着生物の除去が不可能であったため3ヶ月のみのデータとなっており (浅川ら 1984)、生育期間を通しての季節変動に関する知見はこれまでに得られていない。海藻の生長とその栄養成分の変動は季節による環境要因の変化の影響をうけることが知られている (Daws 1998; Lobban et al. 1985)。アカモクを本格的に食用資源とするためには、その生長・成熟と栄養成分の関係や季節変動を知ることが重要である。生長・成熟と栄養成分の関係についての知見は、資源としてのアカモクを生態系のバランスを考慮しながら活用する貴重な資料となり得る。福岡県筑前海域では、出現から生長・成熟を経て流出までの期間の調査が可能であるため (秋本ら 2009)、本研究では、アカモクの生長・成熟と栄養成分の関係を明らかにするために、アカモクの生長・成熟、食品一般成分および食物繊維の季節変動を調べた。

材料および方法

試料

アカモクは福岡県宗像市大島長崎鼻付近水深 1 ~ 2 m の定点で、2005年11月から2006年6月まで採取し

て、全長および重量を測定した。そのうち、2005年12月から2006年6月に採取したアカモク株について、食品一般成分と総食物繊維を測定した。

試料アカモクは、採取後、一晚、ろ過海水水槽中に保存・洗浄後、少量の蒸留水で海水を洗い流して(3回)、水分を軽く取り除いた後に重量と全長を測定した。アカモクの仮盤状根と茎部の下部は硬く、葉が極端に小さい部分があるため、藻体の全長の上部2/3を可食部として、4~6株分(約0.5~1.3 kg)を-30℃以下で凍結保存した。これらの凍結試料は凍結乾燥後、コーヒーミル(SIBATA PERSONAL MILL SCM-40A; 石崎電機製作所製)で10秒間3回粉碎した後、全量をひとつにまとめて乳鉢で混合、均質化したものをアカモク凍結乾燥試料として測定まで7℃以下で遮光保存した。

成熟度

生殖器床の有無を目視で確認して、生殖器床の形成した個体数が全株数に占める割合を成熟率として表した。

成分分析

水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物および総食物繊維は文部科学省の五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアルに従った(文部科学省 2005a)。

測定結果は、アカモク原藻の湿重量 100 g あたりの含有量とアカモク原藻無水物 1 g あたりの含有量に換算した。

1. 水分含有量は、アカモク凍結乾燥試料を105℃の恒温器で5時間加熱乾燥して、凍結乾燥試料の水分を求め、湿重量100 g あたりの含有量に換算した。

2. タンパク質含有量は、マクロ改良ケルダール法で窒素量を定量して、窒素-タンパク質換算係数6.25を用いて計算した。

3. 脂質含有量は、酸分解法で定量した。ただし、マジョニア管を用いた遠心分離の代わりに、167×g、室温で10分間遠心分離した後、パスツールピペットで上層を集めた。

4. 灰分含有量は、550℃のマッフル炉で恒量になるまで灰化して重量を測定した。なお、予備灰化の後に未灰化の黒い塊があったため、イオン交換水で溶解し、加熱して水分を蒸発させた後、黒い塊がなくなるまで灰化した。

5. 炭水化物含有量は、総重量から、水分、タンパク質、脂質および灰分含有量を差し引いて求めた。

6. 総食物繊維含有量は、総食物繊維測定キット(日本バイオコム; Megazyme 社, アイルランド製)を用いてプロスキー法で測定した(AOAC 1985, 1986, 1987; Prosky et al. 1985, 1988)。

Table 1. Seasonal changes of plant length, weight and maturity index of *Sargassum horneri* grown in Chikuzen Sea

Date	Maturity index (%)	Length (cm)			Wet weight (g)		
		Immature (n = 14 - 66)	Male (n = 5 - 21)	Female (n = 7 - 23)	Immature (n = 14 - 66)	Male (n = 5 - 21)	Female (n = 7 - 23)
2005 14 November	0	15.5 ± 4.8	—	—	3.5 ± 1.8	—	—
16 December	0	70.5 ± 71.8	—	—	30.7 ± 63.8	—	—
2006 17 January	5	102.4 ± 82.7	—	—	45.7 ± 95.2	—	—
14 February	19	181.3 ± 186.7	—	—	74.4 ± 101.2	—	—
17 March	88	(133.7 ± 23.7)	136.9 ± 20.3	163.6 ± 15.8	(160.9 ± 121.7)	142.7 ± 68.0	212.5 ± 162.4
17 April	100	(146.0 ± 25.6)	143.4 ± 21.7	147.4 ± 28.7	(213.3 ± 145.8)	241.0 ± 138.9	197.9 ± 155.3
15 May	100	(136.3 ± 36.3)	147.0 ± 32.4	132.4 ± 39.7	(186.8 ± 117.0)	214.6 ± 108.6	162.7 ± 123.2
5 June	100	(86.0 ± 22.0)	86.0 ± 22.7	82.0 ± 21.5	(42.9 ± 30.0)	52.3 ± 32.4	34.0 ± 25.1

Plants of *S. horneri* were harvested from Chikuzen Sea, Fukuoka Pref. and their length and wet weight measured. Sixteen to forty-four plant, harvested on the date as described, were used for measurement. The results are shown in means ± SD. "n" is the number of sample plants. The values in parentheses in the "immature" column are the average values of the male and female plants.

Table 2. Seasonal changes of ratio of plant weight to length of *Sargassum horneri* in Chikuzen Sea

Date	Wet weight/Length (g/10 cm)		
	Male	Female	Immature
2005 14 November	—	—	2.2 ± 0.7 (n=22)
16 December	—	—	2.5 ± 2.1 (n=30)
2006 17 January	—	—	2.9 ± 1.4 (n=63)
14 February	—	—	3.3 ± 2.6 (n=26)
17 March	10.4 ± 6.7 (n= 7)	12.8 ± 9.1 (n= 7)	(10.4 ± 6.7)
17 April	16.9 ± 9.4 (n= 5)	12.7 ± 8.5 (n= 9)	(14.2 ± 8.7)
15 May	15.4 ± 8.3 (n=14)	11.4 ± 8.1 (n=14)	(13.1 ± 8.2)
5 June	6.4 ± 3.4 (n=21)	4.2 ± 3.2 (n=23)	(5.1 ± 3.6)

The results are shown in means ± SD. See Table 1 for abbreviations.

結 果

生態調査

生態調査の結果を Table 1 に示した。11月初旬に平均15 cm だったアカモクは、雌株は3月中旬に、雄株は4月中旬には150 cm 前後まで生長していた。1月中旬に全株のうち5%、さらに4月中旬には全ての株に生殖器床が確認され雌雄の区別できた。全長と重量の平均値は、4月中旬に雄株は143 cm, 241 g, 雌株で147 cm, 198 g とピークに達した。そして、6月初旬の調査では、雌雄ともに全長は100 cm, 重量は100 g を下回り、その後流れ藻となって流出した。また、全株の88%のアカモク株に生殖器床が確認された3月中旬から、藻体10 cm あたりの重量が雌雄ともに10 g を超えた (Table 2)。

これらの結果をふまえ、全長が20 cm 以下であった調査開始時を除いた2005年12月16日から2006年6月5日までのアカモク原藻について食品一般成分と総食物繊維を分析した。なお、雌雄の区別ができる株が現れはじめた2006年1月中旬からは、雌雄を区別して分析した。

Table 3. Seasonal variations in moisture content, on the wet weight basis, of *Sargassum horneri*

Date	Moisture (g/100 g)		
	Male	Female	Immature
2005 16 December	—	—	90.3
2006 17 January	89.9	89.5	(89.7)
14 February	88.3	88.1	(88.2)
17 March	86.8	86.7	(86.8)
17 April	87.9	86.9	(87.4)
15 May	86.7	88.0	(87.3)
5 June	88.1	87.4	(87.7)

S. horneri was harvested on the day as described in Table 1. The moisture contents in the samples harvested from 2005 16th December to 2006 5th June were determined. The edible portions of *S. horneri* samples harvested were washed, lyophilized and dried in an oven at 105°C for 5 hours. The male-female differences were distinctly observed after the end of February. Values are means of 2 specimens from one pool sample. Experimental error was less than 0.02% for each value.

食品一般成分

測定結果は食品として評価するためにアカモク原藻可食部の湿重量100 g あたりの含有量と、資源としての評価のために無水物1 g あたりの含有量で示した。

1. 水分 アカモク原藻可食部の水分含量の変化は Table 3 に示した。水分含量は86.7~90.3 g/100 g で、雌雄間に大きな違いは見られなかった。

2. タンパク質 アカモク原藻可食部のタンパク質含量の月ごとの変化は Table 4 に示した。湿重量あたりのタンパク質含量は、2005年12月に1.63 g/100 g で、その後、雌雄いずれも1月1.32 g/100 g、2月1.06 g/100 g と徐々に減少した。3月には1.36 g/100 g と一旦増加して、これ以降は再び減少していた。

アカモク無水物のタンパク質含量も、測定開始時の12月中旬が167 mg/g と最も多く、6月初旬には55.5 mg/g まで減少した。

3. 脂質 アカモク原藻可食部の脂質含量の月ご

との変化は Table 5 に示した。脂質含量は0.03~0.06 g/100 g と非常に少なかった。また、アカモク無水物の脂質含量は、5月中旬が最も多く、雄株で4.32 mg/g、雌株で4.68 mg/g であった。

4. 灰分 アカモク原藻可食部の灰分含量の月ごとの変化は Table 6 に示した。灰分含量は徐々に増加傾向をみせ、5月に雄株で3.44 g/100 g、雌株で3.75 g/100 g と最大になった。また、アカモク無水物の灰分含量は、222~312 mg/g であった。

5. 炭水化物 アカモク原藻可食部の炭水化物含

Table 4. Seasonal variations in protein content of *Sargassum horneri*

Date	Protein					
	Wet weight basis (g/100 g)			Dry weight basis (mg/g)		
	Male	Female	Immature	Male	Female	Immature
2005 16 December	—	—	1.63	—	—	167
2006 17 January	1.37	1.27	(1.32)	136	121	(129)
14 February	1.16	0.96	(1.06)	99.7	80.1	(89.9)
17 March	1.36	1.36	(1.36)	104	102	(103)
17 April	0.85	0.96	(0.90)	70.4	72.9	(71.6)
15 May	0.80	0.68	(0.74)	60.1	56.4	(58.3)
5 June	0.66	0.71	(0.68)	54.9	56.1	(55.5)

The samples, harvested from Chikuzen Sea, were washed and lyophilized. The chemical components were determined as described in the text. The dry weight was obtained by dehydration as described in the legend for Table 3. Wet weight basis; the value showed weight of chemical component (g)/wet weight of sample (100 g). Values are means of 2 specimens from one pool sample. Experimental error was less than 1.0% for each value. Dry weight basis; the value showed weight of chemical component (mg)/dry weight of sample (g).

Table 5. Seasonal variations in lipid content of *Sargassum horneri*

Date	Lipid					
	Wet weight basis (g/100 g)			Dry weight basis (mg/g)		
	Male	Female	Immature	Male	Female	Immature
2005 16 December	—	—	0.04	—	—	4.09
2006 17 January	0.03	0.04	(0.04)	3.37	3.74	(3.55)
14 February	0.05	0.05	(0.05)	3.83	4.02	(3.92)
17 March	0.05	0.05	(0.06)	3.50	3.60	(3.55)
17 April	0.05	0.06	(0.06)	4.09	4.61	(4.35)
15 May	0.06	0.06	(0.06)	4.32	4.68	(4.50)
5 June	0.05	0.05	(0.05)	4.00	3.71	(3.85)

The samples were the same as described for Tables 3 and 4. Values are means of 2 specimens from one pool sample. Experimental error was 0.01% to 4.1% for each value.

Table 6. Seasonal variations in ash content of *Sargassum horneri*

Date	Ash					
	Wet weight basis (g/100 g)			Dry weight basis (mg/g)		
	Male	Female	Immature	Male	Female	Immature
2005 16 December	—	—	2.60	—	—	268
2006 17 January	2.75	2.88	(2.81)	273	275	(274)
14 February	3.17	2.91	(3.04)	272	244	(258)
17 March	3.04	2.95	(3.00)	232	222	(227)
17 April	2.78	3.05	(2.92)	230	232	(231)
15 May	3.44	3.75	(3.59)	259	312	(285)
5 June	3.40	3.32	(3.36)	285	264	(274)

The samples were the same as described for Tables 3 and 4. Values are means of 2 specimens from one pool sample. Experimental error was less than 1.5% for each value.

量の月ごとの変化は Table 7 に示した。炭水化物含量は生長や成熟に伴って増加する傾向が見られた。雌株では4月に9.12 g/100 g, 雄株では5月に9.02 g/100 g と最大値を示した。また, アカモク無水物の炭水化物含量は4月で最大となり, 約700 mg/g であった。

総食物繊維

アカモク原藻可食部の総食物繊維含量の月ごとの変化は Table 8 に示した。総食物繊維は, 炭水化物同様に生長や成熟に伴って増加しているようであった。雌雄ともに6月に最大値を示した(雄株; 6.90 g/100 g, 雌株; 7.42 g/100 g)。また, アカモク無水物の総食物繊維含量も, 6月で最大となり, 580 mg/g 前後であった。

考 察

褐藻類アカモクは, その生育域の広さに関わらず(山田・瀬川 1977), 古くから日常的に食べられていたのは新潟県の一部と秋田県のみであった(大野 2004; 藤田ら 1986) が, 近年, 富山県(1986年ごろ), 岩手県(1999年)や福岡県(2004年)でも, 食用化の試みや市販がなされるようになった。本研究では, 食品としてのアカモクの利用普及のために, その生長・

成熟と食品一般成分(水分, タンパク質, 脂質, 灰分および炭水化物)および総食物繊維含有量の月ごとの変化を調べた。アカモクの出現から流出までの生育期間を通して, 食品一般成分と総食物繊維の月ごとの変化が, 生長・成熟とどのように関わっているのかを調べたのは本研究がはじめてである。

生態調査

雌株では全株の88%のアカモク株に生殖器床が確認された(成熟度88%)3月に, 雄株では, 全株に生殖器床が確認された(成熟度100%)4, 5月に全長と重量が最大となった(Table 1)。生長のピークに生殖器床の形成と成熟が重なることは, Yoshida らによる広島湾でのアカモクの調査結果(Yoshida et al. 2001)と同じ傾向であった。また, 全株の88%のアカモク株に生殖器床が出現した3月中旬からは, 伸長生長だけでなく, 藻体10 cmあたりの重量が雌雄ともに10 gを超えており, 茎葉の生長も認められた。これらのことより, 3月中旬以降は豊富に存在していることがわかり, 資源として利用可能であることがわかった。

アカモクは長いもので10 m近くまで生長する大型の海藻である(大野 1987)。福岡県筑前海域の生態調査では, 水深1~2 m 海域より, 水深5 m 海域で生育するアカモク群の方が生長も速く, 最大長も平均的

Table 7. Seasonal variations in carbohydrate content of *Sargassum horneri*

Date	Carbohydrate					
	Wet weight basis (g/100 g)			Dry weight basis (mg/g)		
	Male	Female	Immature	Male	Female	Immature
2005 16 December	—	—	5.46	—	—	561
2006 17 January	5.91	6.29	(6.10)	587	600	(594)
14 February	7.28	8.02	(7.65)	624	672	(648)
17 March	8.71	8.95	(8.83)	661	673	(667)
17 April	8.39	9.12	(8.76)	695	690	(693)
15 May	9.02	7.54	(8.28)	677	627	(652)
5 June	7.84	8.52	(8.20)	656	677	(667)

The samples were the same as described for Tables 3 and 4. Carbohydrate contents were calculated as weight differences between the total weight and the sum of the amounts of protein, lipid, moisture and ash contents.

Table 8. Seasonal variations in total dietary fiber content of *Sargassum horneri*

Date	Total dietary fiber					
	Wet weight basis (g/100 g)			Dry weight basis (mg/g)		
	Male	Female	Immature	Male	Female	Immature
2005 16 December	—	—	3.96	—	—	407
2006 17 January	3.98	4.08	(4.03)	396	390	(393)
14 February	5.30	5.79	(5.54)	455	485	(470)
17 March	5.64	6.16	(5.90)	429	463	(446)
17 April	5.75	6.91	(6.33)	476	526	(501)
15 May	6.44	5.91	(6.17)	483	492	(488)
5 June	6.90	7.42	(7.16)	578	589	(584)

The same samples as used for Tables 3 and 4 were used to determine the amounts of total dietary fiber as described in the text.

に長いことが確認されている(秋本ら 2009)。本研究の調査対象アカモクは、水深1~2 mの浅場で生育したため最大でも2 m程度しか生長しなかったが、出現から流出までの生育期間が長く(11月~6月の8ヶ月)、生殖器床を有する株が出現し始めたのは1月(成熟度5%)で、全株に生殖器床が確認されたのは3ヶ月後の4月と成熟も緩やかであった(Table 1)。さらに、5月中旬および6月初旬も生殖器床により雌雄は確認できたが、肉眼による観察により卵や精子は放出後であることがわかった。アカモク採取場所としては、水深1~2 mの浅場は、海岸に近いので採取しやすく、採取可能な時期が長い点で優れている。

食品成分分析

水分含量は86.7から90.3 g/100 gであり、他の海藻同様に大部分を占めていた(Table 3)。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、再び減少していた(Table 4; タンパク質平均値, 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%であったアカモク群が、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ている。この結果より、3月のタンパク質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物質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)、一般成分の中で最も少なかった。また、月ごとの大きな変化はほとんど認められなかった(Table 5)。

灰分含量は生長に伴い増加して、雌雄ともに5、6月に最大となっていた。灰分量はミネラルの総量とおおよそ等しいとされる。荒木らが測定した佐渡真野湾産アカモク未成熟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%を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アカモク未成熟株(1994年2月採取)の灰分は20.0 g(無水物100 gあたり)であるが、本研究で用いた福岡県大島産アカモク未成熟株(2005年2月採取)の灰分は26.8 g(無水物100 gあたり)であった(Table 6)。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わかった。これらのことから、アカモクは有用なミネラルの供給源となる可能性が示唆される。しかし、海藻のミネラル含有量は生育環境の影響を受けるといわれているので、福岡県大島産アカモクについても、今後その内訳を調べる必要がある。

炭水化物や総食物繊維含量は、生長や成熟に伴って増加する傾向がみられた。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やフコイダンが挙げられる。共著の共同研究者木村・黒田らの研究では、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)。1月から3月までの炭水化物や総食物繊維の増加は、フコイダンの増加とも並行しているようである。木村らがフコイダンを測定したアカモク原藻試料の総食物繊維を著者らが測定した結果、未成熟株(福岡県大島松ヶ下産2005年2月14日採取)で39.87 g(凍結乾燥試料100 g中)、成熟株(同3月28日採取)で45.53 g(凍結乾燥試料100 g中)であった。総食物繊維に占めるフコイダンの割合を試算すると、未成熟株では2.6%で、成熟株では18.3%であった。

5月中旬や流出前の6月初旬のミネラル、炭水化物および総食物繊維含有量は、未成熟の12月や成熟度の低い1月および2月より多いことがわかった(Table 6-8)。アカモクは塩ゆでしたものを細かく刻んで食べられている。ゆでることにより褐色から緑色に変化して、刻むことにより粘り気のある独特の食感が増す。卵や精子を放出した後の老いたアカモクは塩ゆでしたものは、粘りはあるものの褐色で不味そうに見える。栄養素が豊富であるにも関わらず見た目に劣るアカモクではあるが、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。

アカモクの生長と成熟に伴う食品一般成分と総食物繊維含量の変化を示したのは本研究が初めてである。本研究で食品一般成分として測定した、水分、タンパク質、脂質、灰分および炭水化物は、主要化学成分(主要構成成分)であり、本研究で得られた知見はアカモクの食用資源としての活用にとどまらず、環境資源として利用する際にも活用可能な基礎資料ともなり得る。

食用海藻との比較

アカモク原藻と食用海藻の可食部の食品一般成分および食物繊維含量を比較する。

アカモク原藻の調査期間中の測定平均値と生の食用海藻のワカメ *Undaria pinnatifida* (葉)、ワカメ(茎; メカブ)、クビレツタ *Caulerpa lentillifera* (海ブドウ)(文部科学省 2005b)を湿重量で比較すると、アカモクは、ワカメとクビレツタに比べて、水分量と脂質量

Table 9. Proximate chemical analysis of different species (wet weight)

	Moisture	Protein	Lipid	Carbohydrate	Ash	TDF
<i>Sargassum horneri</i>	88.0	1.1	0.05	7.8	3.1	5.7
<i>Undaria pinnatifida</i> * (Leaves = Wakame)	89.0	1.9	0.2	5.6	3.3	3.8
<i>Undaria pinnatifida</i> * (Sporophyl = Fruit-bearing leaves)	94.2	0.9	0.6	3.4	0.9	3.4
<i>Caulerpa lentillifera</i> * (Green caviar)	97.0	0.5	0.1	1.2	1.2	0.8

* The values (g/100 g wet weight) were cited from Japanese Standard Tables of Food Composition (the fifth revision, an enlarged edition). The chemical composition of *S. horneri* harvested from 2005 16th December to 2006 5th June were averaged.

Table 10. Proximate chemical analysis of different species (dry weight)

	Protein	Lipid	Carbohydrate	Ash	TDF
<i>Sargassum horneri</i>	92	4	650	258	475
<i>Enteromorpha</i> spp* (Green laver)	200	3	618	179	425
<i>Laminaria japonica</i> * (Ma-konbu)	91	13	680	217	299
<i>Gelidium elegans</i> * (Tengusa)	190	12	634	164	558

The values on dry weight basis were calculated. * The values (mg/g dry weight) were cited from Japanese Standard Tables of Food Composition (the fifth revision, an enlarged edition). The chemical composition of *S. horneri* harvested from 2005 16th December to 2006 5th June were averaged.

が少なかった。一方、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) およびクビレヅタ (タンパク質: 0.5 g/100 g, 灰分: 1.2 g/100 g) より多かった。さらに、総食物繊維含量はアカモクが最も多かった (Table 9)。

また、アカモク原藻 (調査期間中の測定平均) 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 2005b) を無水物に換算して、Table 10 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) であった。一方、灰分含量はアカモク (258 mg/g) が最も多かった。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 2005b) で最も食物繊維が多い食品として注目される寒天の原料であるテングサ (558 mg/g) に次いで多かった。

以上の結果より、アカモクは既知の食用海藻同様またはそれ以上の食物繊維やミネラルの供給源として可能性が示唆された。また、アカモクの生長・成熟に伴う食品一般成分と総食物繊維量が変化する傾向が確認された。このことにより、アカモクは生育場所により生長や成熟の速度が異なるが、生殖器床の出現以降

出までは特に総食物繊維やミネラルが多く、栄養面で食用としての活用に適していることが示唆された。また、この時期は十分に生長しており資源としても豊富であることも確認された。ただし、生殖器床が形成して成熟している時期は生態系への影響を考慮して採取する必要があり、アカモク藻場としての役割や資源を保つことが重要である。

要 約

海藻アカモクを食用として普及させるには、その生長・成熟と栄養成分の季節変動とそれらの関係の知見を得て、適切な採取時期や方法を知ることが必要である。そこで、本研究ではアカモク原藻の未成熟株・雄株・雌株について月ごとの水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物および総食物繊維の含有量を測定した。水分量は12月から6月まで約90%であった。全期間の平均値は、タンパク質量は1.1%、脂質量は0.05%、灰分量は3.1%、炭水化物量は7.8%、総食物繊維量は5.7%であった。これらの結果より、アカモクは他の食用海藻と同様またはそれ以上に食物繊維およびミネラルの供給源として期待できる。また、生殖器床の形成以降流出までは、総食物繊維とミネラルの含有量が多く、この時期は藻体も大きく重量もあるため食用資源として活用に適していることがわかった。

文 献

- 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.
- 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.
- 浅川明彦・大和田紘一・田中信彦(1984) 英虞湾周辺における褐藻類数種(アラメ, アカモク, マメダワラ, カゴメノリ)の主要化学成分の季節変動. 養殖研報, **6**, 65-69.
- Association of Official Analytical Chemists (1985) *Official Methods of Analysis. 14th ed. 1st suppl. Secs.*, **43**, A14-43, A20, USA, p. 399.
- Association of Official Analytical Chemists (1986) Changes in methods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **69**, p. 370.
- Association of Official Analytical Chemists (1987) Changes in methods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **70**, p. 393.
- Athukorala, Y., 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.
- Church, F. C., J. B. Meade, R. E. Treanor and H. C. Whinna (1989) Antithrombin activity of fucoidan. *J. Biol. Chem.*, **254**, 3618-3623.
- Dawes, C. J. (1998) Physiological Ecology. In "*Marine Botany Second Edition*", John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 62-91.
- Fahrenbach, M. J., B. A. Riccardi and W. C. Grant (1966) Hypocholesterolemic activity of mucilaginous polysaccharides in White Leghorn cockerels. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **123**, 321-326.
- 藤田秀司・三浦トシ・長崎京子・成田玲子(1986) 日本の食生活全集 5 聞き書秋田の食事, 農山漁村文化協会, 東京, p. 20.
- 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. 日水誌, **73**, 738-744.
- Kiriyama, S., Y. Okazaki and A. Yoshida (1969) Hypocholesterolemic effect of polysaccharides and polysaccharide-rich foodstuffs in cholesterol-fed rats. *J. Nutr.*, **97**, 382-388.
- 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. 日水誌, **74**, 166-170.
- Lobban, C. S., P. J. Harrison and M. J. Duncan (1985) "*The Physiological Ecology of Seaweeds*", Cambridge University Press, London, pp. 4-110.
- Mabeau, S. and Fleurence, J. (1993) Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*, **4**, 103-107.
- 文部科学省(2005a) 五訂増補日本食品標準成分表, 国立印刷局, 東京, pp. 130-135.
- 文部科学省(2005b) 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル, 国立印刷局, 東京, pp. 1-36.
- Murai, M., S. Inai and T. Yoshida (1981) Growth and maturation of six species of *Sargassum* and *Cystoseira* (Phaeophyta, Fucales) in Oshoro bay, Hokkaido. Japan. *Jpn. J. Phycol.*, **29**, 277-281.
- Nishide, E., 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.
- Noda, H., 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.
- 大野雅夫(1987) 海藻資源養殖学水産養殖学講座第10巻, 緑書房, 東京, pp. 219-225.
- 大野雅夫(2004) 有用海藻誌 海藻の資源開発と利用に向けて, 内田老鶴園, 東京, pp. 125-127.
- Preeprame, S., 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.
- Prosky, L., N.-G. Asp, I. Furda, J. W. DeVries, T. F. Schweizer and B.F. Harland (1985) Determination of total dietary fibre in foods and food product: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **68**, p. 677.
- Prosky, L., N.-G. Asp, T. F. Schweizer, J. W. DeVries and I. Furda (1988) Determination of insoluble, soluble, and total dietary fibre in foods and food products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **71**, p. 1017.
- Sakai, H., 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. Physiol.*, **54**, 71-77.
- Umezaki, I. (1984) Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bull. of Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 1193-1200.
- 山田幸男・瀬川宗吉(1977) 原色日本海藻図鑑 増補版, 保育社, 大阪, p. 49.
- Yamaguchi, M. (2006) Regulatory mechanism of food factors in bone metabolism and prevention of osteoporosis. *The Pharmaceutical Society of Japan (Yakugaku Zasshi)*, **126**, 1117-1137.
- Yoshida, G., K. Yoshikawa and T. Terawaki (2001) Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.*, **67**, 1023-1029.