

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

木村 太郎,^{1*} 上田 京子,¹ 黒田理恵子,¹ 赤尾 哲之¹
篠原 直哉,² 後川 龍男,² 深川 敦平,² 秋本 恒基²

(2006 年 7 月 31 日受付, 2007 年 3 月 1 日受理)

¹福岡県工業技術センター生物食品研究所, ²福岡県水産海洋技術センター

The seasonal variation in polysaccharide content of brown alga akamoku
Sargassum horneri collected off Oshima Island (Fukuoka Prefecture)

TARO KIMURA,^{1*} KYOKO UEDA,¹ RIEKO KURODA,¹
TETSUYUKI AKAO,¹ NAOYA SHINOHARA,² TATSUO USHIROKAWA,²
ATSUTOSHI FUKAGAWA² AND TSUNEKI AKIMOTO²

¹Fukuoka Industrial Technology Center, Biotechnology and Food Research Institute, Kurume, Fukuoka 839-0861, ²Fukuoka Fisheries and Marine Technology Research Center, Imazu, Fukuoka 819-0165, Japan

Fucoidan, the sulfated polysaccharide extracted from brown marine algae, has various biological activities. In this paper, we investigated the seasonal variation of the polysaccharide content of akamoku *Sargassum horneri* off Oshima Island (Fukuoka prefecture) (from January 2005 to May 2005).

Although akamoku contained little fucoidan in the early stage of growth, there was a marked increase in the fucoidan of the alga in the later stage, and 6.60–8.31 g of fucoidan in 100 g of the dried alga was achieved. The maturity rates of akamoku rose from 20% in the early stage of growth to 95% in the later stage. This finding is in accordance with the maturity of the alga (akamoku), wherefore fucoidan is contained in gametangium in the alga body. On the other hand, no change in the alginate content occurred in any samples. The fucoidan extracted from akamoku contained 26.0–28.6% of sulfate and two major monosaccharides: fucose and xylose. Our results suggested that brown marine alga akamoku could be useful as a functional foods.

キーワード：アカモク, アルギン酸, 季節変動, *Sargassum horneri*, 多糖類, 粘り, 福岡県, フコイダン

アカモク *Sargassum horneri* はヒバマタ目ホンダワラ科に属する褐藻の一種であり北海道東部を除く日本列島のほか、朝鮮半島から香港までに広く分布している。^{1,2)} このアカモクは1年生であるが非常に成長が早く最大10 m 近くに成長することが知られている。その為、全国的に藻場として魚類の産卵場や稚魚の成長の場としての役割を担っている。³⁾

一方でアカモクは一部地方では食品資源としても利用されている。秋田県、新潟県ではアカモクを伝統的に食品として利用してきた。^{4,5)} 特に、交通手段が十分でなかった時代においては、冬に採取出来る海藻類は野菜の代用品として重宝されてきたと考えられている。⁶⁾ しか

し、流通機構が発達し食生活も豊かになった近年において、このような意味合いは薄れつつあり、むしろ海藻類を含む機能性成分や低カロリーといった特徴が注目され、健康によい食品として全国的に関心を集めつつある。例えば、九州地方ではこれまでアカモクを食用としていなかったが、最近福岡県の大島 (Fig. 1) や福吉といった筑前海に面した地域においては新しい特産品としてアカモクを評価する活動が精力的に行われている。アカモクの食品としての特徴の一つに粘り気のある食感が挙げられる。この粘り気はフコイダンやアルギン酸といった粘性多糖類が関与していると推測される。フコイダンはモズク⁷⁾やガゴメコンブ⁸⁾等褐藻類に含まれており、その

* Tel. : 81-942-30-6644. Fax : 81-942-30-7244. Email : taro@fitc.pref.fukuoka.jp

機能として抗血液凝固活性,⁹⁾ コレステロールの低下作用,¹⁰⁾ 抗腫瘍効果^{11,12)}等を示すことが知られている。またアルギン酸も褐藻類に広く含まれ血圧低下作用, 整腸作用等の効果がある。^{13,14)} 従って福岡県産アカモクについても同様の健康への効果が期待出来る。

しかしながら, 一般的に海藻の化学成分は採取場所, 時期, 水深等の条件により大きく変動する。これは, 海藻に含まれる糖類においても例外ではなく, その役割によって季節変動挙動が全く異なることが報告されている。例えば西澤らはアラメのラミナリン, マンニトール含量について検討した結果, 光合成産物であるマンニトールは生育の盛んな夏場に増加し, その後マンニトールから生合成されるラミナリン含量が増加することを明らかにしている。¹⁵⁻¹⁷⁾ また, コンプの研究ではラミナリン含量は採取時期により乾燥藻体に対して0~30%と大きく変動するが,^{18,19)} アルギン酸は変動幅が小さい(17~25%)といった例¹⁸⁾が報告されている。つまり, 採取地や採取時期を考慮することなく海藻の有効成分含量について正確な議論をすることは難しい。

そこで, 本論文ではこれまで食用とされてこなかった福岡県大島産アカモクについて, 同一採取地点にてアカモクを定期的に採取し, フコイダンとアルギン酸の詳細な定量評価を行うことでアカモクの成長及び成熟とこれら多糖類との相関について検討を行った。アカモクは藻場の構成藻類でもあり, 乱獲すると他の水産資源への悪影響が危惧される。アカモクに含まれる多糖類の季節変動を明らかにし, 栄養的利用価値の高い藻体のみを食品資源として利用することは, 水産資源全体の持続的な活用につながると考える。

試料及び方法

試料 アカモクは福岡県宗像市大島松ヶ下沖水深3mの定点 (Fig. 1) で2004年11月10日から2005年6月24日の間に採取したものをを用いた。毎回20個体を採取し, 全長, 重量測定を行った。また, 生殖器床の有無を目視で確認し, 生殖器床を有する個体数が全体に占める割合を成熟率と定義した。

フコイダンの抽出 フコイダン^{7,11,20,21)}の抽出は既報の論文を参考に Fig. 2 に示す手順で行った。藻体20個体を裁断し, 均一に混合した後これを凍結乾燥した。2~5 cm 程度に碎き, 小型粉碎机 (SIBATA PERSONAL MILL SCM-40A, 柴田科学株式会社) で10秒間ずつ3回粉碎した。このアカモク粉碎物 (5.0 g) を85% メタノール水溶液に加え, 70°C で加熱撹拌した。溶液を2時間おきに3回交換し脱脂, 脱色素した。その後, 残さに10 mM 塩酸水溶液 500 mL 加え18時間室温で撹拌した。ペーパータオル (キムタールワイパー ホワイト, クレシア) で濾過することで残さを除去しフ

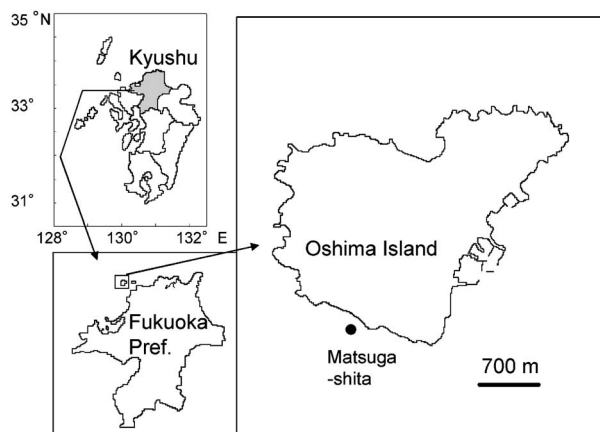


Fig. 1 Sampling site (●) off Oshima Island.

コイダン粗抽出液を得た。残さには再度10 mM 塩酸水溶液 500 mL を加え, 4時間室温で撹拌することで再抽出を行った。この溶液も同様に濾取し, 先に得られたフコイダン粗抽出液に加えた。この溶液に炭酸水素ナトリウムを加え, pH を6.5~7.5とし, 400 mL に減圧濃縮した。この溶液を透析用セルロースチューブ (UC-30-32-100, 三光純薬) で2日間透析した後凍結乾燥することで粗フコイダンを得た。

次にこの粗フコイダン (100 mg) を蒸留水 (5 mL) に溶解し, 4.0 M 塩化カルシウム水溶液 (2 mL) を加えた。30分後生じた沈殿物を遠心機 (KUBOTA5420, 久保田製作所) を用いて遠心分離 (1700×g, 10 min) により除去した。この上清に5% 塩化セチルピリジニウム (CPC) 水溶液 (6 mL) と蒸留水 (3 mL) を加え, 30°C で18時間放置した。遠心分離 (1700×g, 10 min) により沈殿物を得た。この沈殿物を飽和塩化カリウム水溶液 (3 mL) に加熱溶解させた。この溶液を透析用セルロースチューブを用いて30°C で2日間透析した後, 凍結乾燥することで精製フコイダンを得た。抽出操作は1サンプルにつき2回行い, 各重量の平均値をフコイダン含量とした。

アルギン酸の抽出 アルギン酸¹¹⁾ (私信: 松田, 2005) の抽出は既報の論文を参考に Fig. 3 に示す手順で行った。まず, 硫酸化多糖を除去するためにアカモク粉碎物 (1.0 g) を50 mM 硫酸 (100 mL) で処理した。室温で18時間撹拌し溶液を濾過した後, 残さに再び50 mM 硫酸 (100 mL) を加え4時間撹拌した。溶液を除去し, 得られた残さに1.0% 炭酸ナトリウム水溶液 (100 mL) を加え18時間撹拌してアルギン酸を抽出した。溶液を濾取した後, 残さを同様の操作によって再度抽出処理した。得られた抽出液を透析用セルロースチューブを用いて2日間透析した後, 凍結乾燥した。この重量を測定しアルギン酸量とした (Fig. 3)。

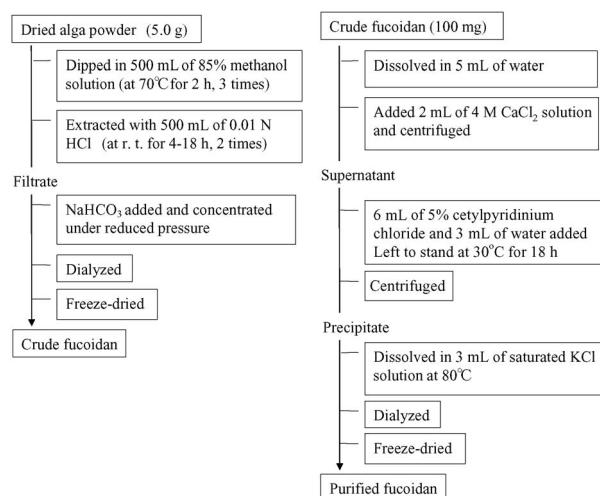


Fig. 2 Procedure of extraction and purification of fucoidan from akamoku.

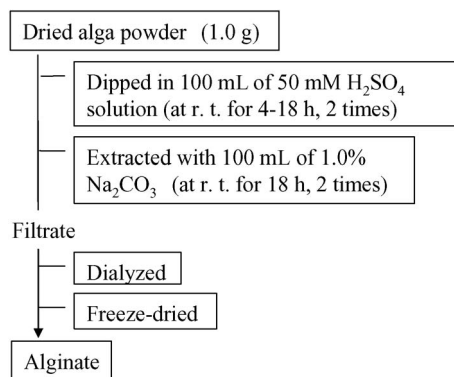


Fig. 3 Procedure of extracting alginate from akamoku.

フコイダンの糖組成分析 アカモクから抽出した精製フコイダン 1.0 mg を蒸留水 (100 μ L) に溶解し、トリフルオロ酢酸 (200 μ L) を加え、100°C で 3 時間加熱加水分解を行った。得られた溶液を一旦乾固し、70% アセトニトリル (100 μ L) に再溶解することで測定試料とした。これを高速液体クロマトグラフ (Waters: YMC-Pack PolyaminII, 250 $\times$ 4.6 mm。溶離条件: 70% アセトニトリル, 30°C。流速: 0.8 mL/min。検出器: RI) により分析し、フコース、グルコース、キシロースの存在比をピーク面積から決定した。

ウロン酸の定量 ウロン酸はカルバゾール硫酸法の改良法によって定量した。²²⁾ 4 ホウ酸ナトリウム (475 mg) を濃硫酸 (5 mL) に溶解し、氷冷下でフコイダン試料水溶液 (0.2 g/L, 1 mL) と混合する。その後沸騰水浴中で 10 分間加熱した。室温まで放冷後カルバゾール (250 μ g) を無水エタノール (200 μ L) に溶解した溶液を加え、沸騰水浴中で 15 分間加熱した。反応後室温まで放冷し、分光光度計 (UV-2200A, 島津製作所) を用

いて 530 nm の吸光度を測定した。ガラクトツロン酸を標品として定量した。

硫酸基の定量 硫酸基は Dodgson Price 法により定量した。²³⁾ アカモクから抽出した精製フコイダン 1.0 mg を蒸留水 (100 μ L) に溶解し、トリフルオロ酢酸 (200 μ L) を加え、100°C で 3 時間加熱加水分解を行った。得られた溶液を一旦乾固し、300 μ L の蒸留水に再溶解させた。これを 600 倍に希釈して測定に用いた。先の溶液 (500 μ L) にエタノール (2 mL) を加えた。これに塩化バリウム緩衝液 (2.0 M 酢酸 10 mL, 5 mM 塩化バリウム 2 mL, 20 mM 炭酸水素ナトリウム 8 mL) を混合し、エタノールで 100 mL にメスアップした溶液を 1.0 mL 加えた。更にロジゾン酸ナトリウム水溶液 (ロジゾン酸ナトリウム 0.025%, L-アスコルビン酸 0.5% を含む) 1.5 mL を加え、10 分間暗室で放置した後分光光度計で 520 nm の吸光度を測定した。硫酸水溶液を標品とし、定量した。

結 果

福岡県大島産アカモクの成長と成熟の推移 今回のサンプリング地点である福岡県宗像市大島松ヶ下沖 (水深 3 m) (Fig. 1) ではアカモクは 11 月頃から成長を開始し翌年 5 月には消失した。Fig. 4 にアカモクの平均全長及び平均藻体湿重量の推移を示す。これによると 2004 年 11 月 10 日の時点では全長 7.9 ± 2.5 cm, 湿重量 2.0 ± 1.0 g であった。その後、成長に伴い全長, 湿重量共に増加し, 2005 年 3 月 28 日には全長 467.0 ± 94.5 cm, 湿重量 441.0 ± 298.8 g となった。その後は全長, 藻体湿重量共に減少に転じている。

福岡県大島産アカモクの成熟率の推移を Fig. 5 に示す。2005 年 1 月 19 日以前の藻体には生殖器官は全く確認されなかった。2005 年 2 月 14 日には全体の 20% の個体が生殖器官を有していた。その後、成熟率は上昇し, 2005 年 2 月 28 日には 95%, 2005 年 3 月 28 日には 100% に達した。

フコイダン含量の季節変動 採取したアカモクのうち 2005 年 1 月 19 日から 2005 年 5 月 11 日の試料についてフコイダンを抽出し, 藻体に含まれるフコイダンを定量した。抽出操作は 2 回行い, 良好な再現性を確認した。フコイダン含量の季節変動の結果を Fig. 6 に示す。これによると 2005 年 1 月 19 日及び 2005 年 2 月 14 日採取のアカモクにはそれぞれ乾燥藻体 100 g あたり 0.31 g, 1.02 g のフコイダンが含まれる。これに対して 2 週間後の 2 月 28 日採取のアカモクには, 乾燥藻体 100 g あたり 7.52 g のフコイダンが含まれていた。その後, 3 月 28 日のアカモクサンプルが, 全測定サンプル中での最大値 (8.31 g/乾燥藻体 100 g) を示した。それ以降のアカモクサンプルにも乾燥藻体 100 g あたり

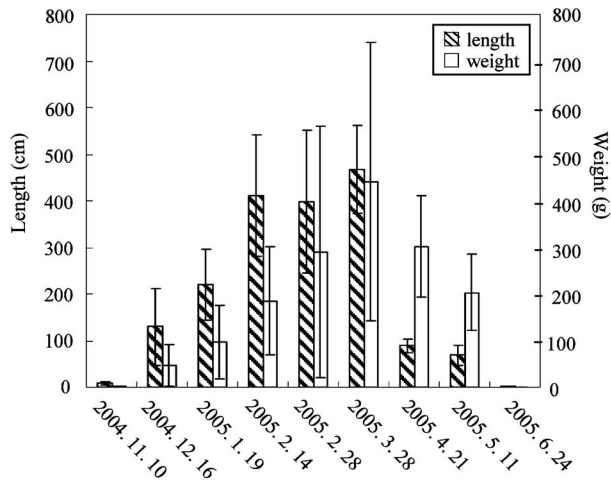


Fig. 4 Seasonal variation in length and weight of akamoku off Oshima Island. Values are mean $\pm$ S.D. ($n=20$).

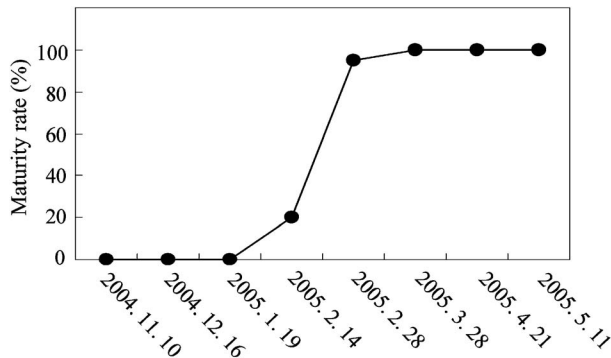


Fig. 5 Seasonal variation in maturity of akamoku off Oshima Island.

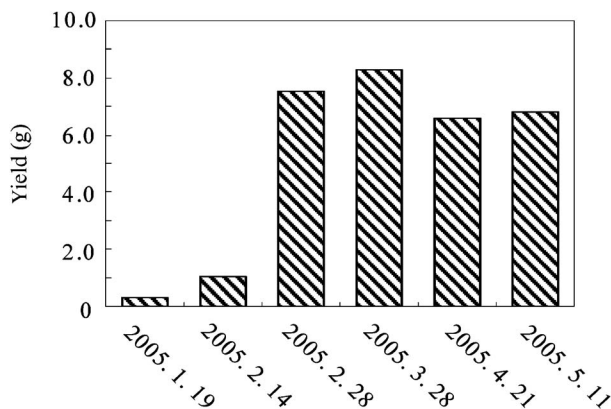


Fig. 6 Seasonal variation in the fucoidan content in akamoku (per 100 g of dried alga, $n=2$).

6.60~6.79 g のフコイダンが含まれていた。

フコイダン構成成分の季節変動 各アカモクサンプル

Table 1 Seasonal variation in chemical composition of purified fucoidan from akamoku

	Percent contents of fucoidan		Mole ratio
	Uronic acid (%)	Sulfate (%)	Fucose: Xylose: Glucose
2005. 2. 28	2.9	28.6	1.00 : 0.02 : 0.01
2005. 3. 28	2.2	27.0	1.00 : 0.01 : 0.01
2005. 4. 21	2.8	27.1	1.00 : 0.02 : 0.02
2005. 5. 11	2.9	26.0	1.00 : 0.02 : 0.02

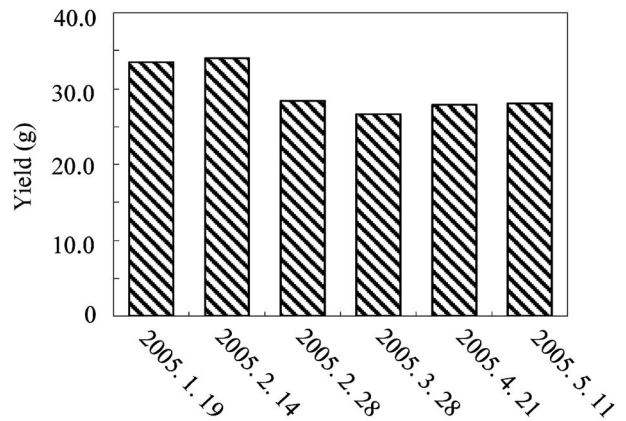


Fig. 7 Seasonal variation in the alginate content in akamoku (per 100 g of dried alga).

から得られたフコイダンの構成成分について分析を行った。その結果、全てのサンプルにおいて変動は少なく、ウロン酸は 2.2~2.9%, 硫酸基含量は 26.0~28.6% の範囲内に算出された。また、主要構成糖と考えられるフコース, キシロース, グルコースの比率は 1.00 : 0.01 : 0.01~1.00 : 0.02 : 0.02 の範囲内に算出された。

アルギン酸含量の季節変動 フコイダンと同様にアルギン酸含量についても季節変動の評価を行った。結果を Fig. 7 に示す。アルギン酸含量は全ての測定サンプルについて乾燥藻体 100 g あたり 26.7~34.1 g の範囲で算出された。また、2005 年 2 月 14 日に最大値 (34.1 g/乾燥藻体 100 g) を示し、その後僅かに減少する傾向が見られた。

考 察

福岡県大島産アカモクの成長と成熟の推移 アカモクは 1 年生の褐藻であり、大島松ヶ下沖水深 3 m では 11 月頃から成長を開始し翌年 5 月には消失した (Fig. 4)。その間の藻体の全長, 湿重量は 2004 年 11 月 10 日から、2005 年 2 月 14 日までの約 3 ヶ月間に連続的に増加した。その後も成長を続けた後、2005 年 3 月 28 日以降は減少に転じている。

また、アカモクの成長過程における形態変化の一つに生殖器床の出現が挙げられる。この生殖器床は配偶子を放出する為のものであり、形状の違いはあるものの雄株、雌株ともに有する。この生殖器床の出現を指標にアカモクの成熟率を判定した。その結果、2004年11月10日から2005年2月14日までのサンプルでは成熟株は全体の0~20%にすぎなかったのに対し、2週間後の2005年2月28日以降のサンプルは成熟率は95~100%に増加した (Fig. 5)。これらのことから、アカモクの全長や湿重量が成長に合わせて連続的に増加するのに対し、成熟率は特定の短期間に変化することが分かる。

福岡県大島産アカモクのフコイダン含量の季節変動
Fig. 6 に示したフコイダン含量の季節変動の結果から2005年2月14日のアカモクに含まれるフコイダン量は1.02 g (乾燥藻体 100 g あたり) であるのに対し、2週間後の2月28日のアカモクに含まれるフコイダン量は、7.52 g (乾燥藻体 100 g あたり) となり、短期間のうちに大幅に増加していることが明らかとなった。その後、3月28日のアカモクが、全測定サンプル中での最大値 (8.31 g/乾燥藻体 100 g) を示した。それ以降のアカモクに 6.60~8.31 g (乾燥藻体 100 g あたり) のフコイダンが含まれていた。これらの結果から、フコイダン含量が急激に増加する時期は、アカモクの成熟率が急増する時期 (2月14日~28日) と一致している事が分かる。アカモク加工関係者間では生殖器床の出現以降に藻体及び加工品の粘り気が増すことが経験的に言われており、今回の結果は「藻体の粘り気」、「生殖器床の出現」、「フコイダン含量」が密接な関連を有する可能性を持つと考えられる。つまり、フコイダンの生成はアカモクの成長 (全長、重量) よりもむしろ成熟 (生殖器床の出現) に関連しているといえる。

フコイダンの構成成分 得られたフコイダンについて糖組成分析を行ったところ、特に採取時期による大きな変動は観察されなかった (Table 1)。全体的に、ウロン酸量は低く、抽出画分にアルギン酸を含まないことを示す。また、一般にフコイダンには硫酸化度の異なるものが存在することが知られている。富士川らは各種褐藻から硫酸化多糖を抽出し、その硫酸化度を測定した結果、海藻の種類により 5~38% の範囲で異なる値を示すことを報告している。²¹⁾ この結果から、今回得られたフコイダンは比較的高い硫酸化度を有していたと考えられる。更に、グルコースは確認されなかったことからラミナラン等のグルカン類が適切に除去されていることが示された。以上のことから今回福岡県産アカモクから得られたフコイダンは、硫酸化度が高くウロン酸の少ない真正フコイダンであると推測される。²⁴⁾ 一般にフコイダンの生理活性はその硫酸化度に影響される。例えば抗 HIV 活性²⁵⁾ や抗腫瘍性 (私信: 松田, 2005) は多糖の

硫酸基量が多いものに高い効果が認められることが報告されている。ヒトが食物として摂取した場合の効果については、様々な要因が複雑に絡むため一概に結論付けることは出来ないが、硫酸化度の高いフコイダンを含む事が福岡県大島産アカモクの食品としての利用価値を高めると期待できる。

福岡県大島産アカモクのアルギン酸含量の季節変動
アルギン酸はフコイダンと同様、褐藻類に含まれる主要な粘性多糖類の一つである。アルギン酸はウロン酸を主要構成成分とする多糖であり、コンブ、アラメ、カジメ等の褐藻類に含まれる。藻体内では細胞間充填物質¹⁸⁾ としての役割を有する。このアルギン酸も血圧低下作用、¹³⁾ 整腸作用¹⁴⁾ といった生理活性が報告されている。今回福岡県大島産アカモクについて、アルギン酸の粗抽出を行い季節変動について検討を行った。その結果、アルギン酸はアカモク採取時期全体を通じて 26.7~34.1 g (乾燥藻体 100 g あたり) と変動が少ないことが明らかとなった (Fig. 6)。また、全サンプルを通じて最大値 (34.1 g/乾燥藻体 100 g) を示したのは2005年2月14日であり、フコイダンよりも早い時期に最大値を示した。これは、アルギン酸が細胞間充填物質として機能しているために、成長が盛んな時期に多く含まれるためと考えられる。浅川ら²⁶⁾ の英虞湾のアカモクに含まれるアルギン酸量の季節変動についての報告によると、同様の傾向が確認されている。これによると1月~3月のアルギン酸含量が、全て 19~33% の範囲内であった。同じ多糖類であるフコイダンが生殖器床の出現と共に大きく含有量が変動するのとは対照的である。

結論 一般に海藻に含まれる糖類は成長過程に応じて変動することが知られている。今回の試料についてもフコイダン含量は採取時期により大きく変動し、生殖器床の出現後に急増することが明らかとなった。同じ粘性多糖類であるアルギン酸に大きな変動が観察されなかった事とは対照的である。このことから、アカモクにおいては、フコイダンは配偶子の保護など生殖活動に何らかの役割を果たしているのではないかと推測される。

また、今回得られた知見を利用して、フコイダンが豊富に含まれる時期を選んで採取することで栄養的価値の高い藻体を効率的に採取することが出来ると考えられる。これは、藻場の構成藻としての役割も担っているアカモク資源の乱獲を防ぎ、持続的な資源利用にもつながると期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり多糖、フコイダンの抽出方法についての御助言、御指導頂きました北海道大学 高橋是太郎教授、栗原秀幸助教授に深く感謝致します。

文 献

- 1) 吉田忠生. 「新日本海藻誌 日本産海藻類総覧」内田老鶴圃, 東京. 1998; 367-402.
- 2) 寺脇利信. 「藻類の生活史集成 第2巻 褐藻・紅藻類」(堀輝三編)内田老鶴圃, 東京. 1993; 160-161.
- 3) 大野正夫. 「海藻資源養殖学 水産養殖学講座 第10巻」緑書房, 東京. 1987; 219-225.
- 4) 大野正夫. 「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. 2004; 287-288.
- 5) 戸松 誠. 「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. 2005; 550-551.
- 6) 池原宏二. 日本海沿岸における食用としてのホンダワラとアカモク. 藻類 1987; **35**: 233-234.
- 7) 田幸正邦, 上原めぐみ, 川島由次, 知念 功, 本郷富士弥. オキナワモズクからフコイダンの分離・同定. 応用糖質科学 1996; **43**: 143-148.
- 8) 西出英一. ガゴメコンブからのフコース含有多糖の抽出法の検討. 日水誌 1981; **47**: 123-1235.
- 9) 酒井 武, 加藤郁之進. コンブ由来フコイダンのオリゴ糖は経口投与で血栓形成抑制作用を示す. 化学と工業 2005; **58**: 580-582.
- 10) 上原めぐみ, 田幸正邦, 川島由次, 福永隆生, 尚 弘子, 知念 功, 本郷富士弥. オキナワモズクから分離したフコイダンが高コレステロール食給与ラットの血清コレステロール濃度に及ぼす影響. 応用糖質科学 1996; **43**: 149-153.
- 11) 松田太一, 佐々木甚一, 栗原秀幸, 波田野六男, 高橋是太郎. アカモク (*Sargassum horneri*) 抽出物の抗腫瘍性. 北大水産彙報 2005; **56**: 75-86.
- 12) Itoh H, Noda H, Amano H, Ito H. Immunological analysis of inhibition of lung metastases by fucoidan (GIV-A) prepared from brown seaweed *Sargassum thunbergii*. *Anticancer Res.* 1995; **15**: 1937-1948.
- 13) 山田信夫. 「海藻利用の科学」成山堂, 東京. 2001; 90-104.
- 14) 浅岡 力. 低分子化アルギン酸ナトリウムの効能とその効果. *New Food Industry* 2001; **43**: 13-19.
- 15) Yamaguchi T, Ikawa T, Nishizawa K. Incorporation of radioactive carbon from $H^{14}CO_3^-$ into sugar constituents by a brown alga, *Eisenia bicyclis*, during photosynthesis and its fate in the dark. *Plants Cell Physiol.* 1966; **7**: 217-229.
- 16) Yamaguchi T, Ikawa T, Nishizawa K. Pathway of mannitol formation during photosynthesis in brown algae. *Plants Cell Physiol.* 1969; **10**: 425-440.
- 17) 山田信夫. 「海藻利用の科学」成山堂, 東京. 2001; 134-135.
- 18) Black WAP The seasonal variation in weight and chemical composition of the common British Laminariaceae. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 1950; **29**: 45-72.
- 19) 本谷益良, 木下富久, 石河正裕, 森 宏枝, 西澤一俊. Monthly determination of alginate, M/G ratio, mannitol, and minerals in cultivated *Laminaria japonica*. 日水誌 1992; **59**: 295-299.
- 20) 森 宏枝, 西澤一俊. Sugar constituents of sulfated polysaccharides from the fronds of *Sargassum ringgoldianum*. 日水誌 1982; **48**: 981-986.
- 21) 富士川龍郎, 中島克子. 褐藻におけるフコイダン様多糖の分布. 農化誌 1975; **49**: 455-461.
- 22) 福井作蔵. 「生物化学実験法 1 還元糖の定量法」学会出版センター, 東京. 1990; 62-64.
- 23) Dodgson KS, Price RG. A note on the determination of the ester sulfate content of sulphated polysaccharides. *Biochem. J.* 1962; **84**: 106-110.
- 24) 山田信夫. 「海藻利用の科学」成山堂, 東京. 2001; 130-134.
- 25) Schaeffer DJ., Krylov VS. Anti-HIV activity of extracts and compounds from algae and cyanobacteria. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2000; **45**: 208-227.
- 26) 浅川明彦, 大和田紘一, 田中信彦. 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 1984; **6**: 65-69.