

[総説]

薬剤としてみた海藻

西澤 一俊*

Marine algae from a viewpoint of pharmaceutical studies

KAZUTOSI NISIZAWA

NISIZAWA, K. 1978. Marine algae from a viewpoint of pharmaceutical studies. Jap. J. Phycol. 26 : 73-88.

Various marine algae have been used as human food, particularly in Japan, and there are many important algae among them from a pharmaceutical standpoint. Some of recent results from the studies of this field are described in the present review.

The marine algae contain various free amino acids which do not occur in higher plants. Of these amino acids, some are useful for pharmaceutical purpose. For example, domoic acid from *Chondria armata* as well as α -L-kainic and -allo-kainic acids from *Digena simplex* are known to be excellent anthelmintics, and laminine which is widely distributed in the Laminariaceae is an antihypertensive compound. Intravenous injection of its 10 to 30 mg per Kg (rabbit) caused a positive effect.

From such algae as *Monostroma nitidum* and *Porphyra tenera*, several kinds of betaines were isolated, and β -homobetaine was particularly effective to depress the plasma cholesterol levels of rats fed with a basal diet containing exogenous cholesterol. Similar hypocholesterolemic activity was found with alginates of a certain region of \overline{DP} , and with some iodine organic compounds such as mono- and diiodotyrosines which occur widely in brown algae. Fucosterol which is a typical sterol of marine brown algae also showed this hypocholesterolemic activity in the same grade as that of β -sitosterol. On the other hand, sulfated polysaccharides, particularly from brown algae were effective as the anti-bloodcoagulant and antihyperlipemia agent. It is further noticeable that the mucilaginous polysaccharides extracted from some marine algae, especially from *Sargassum horneri* showed a remarkable antitumor activity against Sarcoma-180 solid tumor cells as well as Ehrlich-ascites and -solid tumor cells transplanted to mice.

From some red algae belonging to the Rhodomelaceae, a variety of brominated phenolic compounds have been isolated and most of them were found to have an antibiotic activity against various kinds of bacteria and fungi. Furthermore, the seaweeds contain most of vitamins found in other foods of vegetable and animal origins, but some of the algae concentrate particular vitamins more than the latters.

There have been published a series of works to attempt to protect the body from the contamination of poisonous metals such as strontium and cadmium using marine algal acidic polysaccharides.

Kazutosi Nisizawa, Department of Fisheries, College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University, Shimouma-3, Setagaya, Tokyo, 154 Japan.

* 日大農獣医・水産(東京, 世田谷区下馬3, 〒154)
Dept. Fish. Coll. Agr. & Vet. Med. Nihon
Univ., Shimouma-3, Setagaya, Tokyo, 154.

緒 言

わが国の住民と海藻との間には、四面海に囲まれている国だけに密接な関係がある。歴史的事実からも原住民がその食生活へ利用していたことは事実である。例えば日本列島で1万年もの昔の人間の住居と思われる遺跡にも、現在食用にしているアラメ (*Eisenia bicyclis*), ホンダワラ (*Sargassum fulvellum*), ヒジキ (*Hizikia fusiformis*), ワカメ (*Undaria pinnatifida*) などの残骸がみられる¹⁾。また、大和朝廷の祭礼の際にも既に海藻が必ず神前に供養された記録もあるし、また万葉集に他の生物と共に出来来る海藻のこと考えても、日本史上の古から、大和民族と海藻とは既に深い繋りがあったように思われる。

日本人の食生活において、海藻のもつ有効成分が科学的に考えられるようになったのは、比較的最近のことではあるが、海藻をよく食べる特定の海藻地方の人々の寿命が長いことが、統計的に明かにされたのもその発端となっている²⁾。これらには必ず何らかの根拠があるはずであるが、それは従来民間の俗説の域を脱し得なかった。しかし、ここ30年ぐらゐの間に実験動物などが使われ、栄養効果または薬理効果試験も行われ、海藻の有効性も次第にその科学的基盤を確保するに至った。しかしまだ未詳の点も多く、学問的には将来に期待されている領域といえよう。

1. 海藻の多糖^{3,4)}

一般に食用とされている海藻は、主として緑藻・褐藻・紅藻植物の3藻門のいずれかに属している。例えばアオサの仲間 (*Ulva* 属) や振掛海苔などに利用されているアオノリの仲間 (*Enteromorpha* 属) は緑藻であり、最も普通に食用されるコンブの仲間 (*Laminaria* 属), ワカメやヒジキは褐藻、いわゆる海苔 (*Porphyra* 属) とか寒天原藻のマクサの仲間 (*Gelidium* 属), 乳製品のゼリー化などに使われるカラゲナン原藻としてのツノマタの仲間 (*Chondrus* 属) やスギノリの仲間 (*Gigartina* 属) は紅藻に属する海藻である。

(a) 緑藻 緑藻には貯蔵性多糖として、一般陸上高等植物のデンプンとはほぼ同質 (平均残基数, \overline{DP} , は低い) のデンプンがあり、多くの緑藻には共にアミロースとアミロペクチンが存在する。緑藻の細胞壁多糖 (細胞壁を構成し、水やアルカリでは簡単に抽出されない部分) は種類により異なるものもあり、例えば各細胞の隔壁がとれて多核性の大きな管状細胞となっている管状藻には、セルロースはなく、高等植物のもの

は異なる結合様式のキシラン (キシロース縮合体) もしくはマンナン (マンノース縮合体) をもっている。もちろんアオサやアオノリではセルロースが主要部を構成している。この外に陸上植物のヘミセルロースとは糖残基成の違うヘミセルロース (水では抽出されないがアルカリでは抽出される) もある。なかには、ラムノースを主構成糖とするエステル硫酸 (糖残基の一部に結合しているもの) 多糖 (ラムナン硫酸) をヘミセルロースとしているヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) やヒラアオノリ (*Ent. compressa*) のような緑藻もある。

この外に、緑藻には水溶性 (水または温熱水で抽出される) 粘質多糖もある。例えば、アオサやアオノリには、ガラクトース (Gal), メチルガラクトース (Me-Gal), ラムノース (Rha), キシロース (Xyl), グルコース (Glc), グルクロン酸 (Glc UA), エステル硫酸などから成る含ウロン酸 (UA) 硫酸多糖があり、その多くはタンパク質と結合し、複合多糖を形成している。また上記と中性糖は同種であるが UA をもたない中性多糖硫酸をもつ緑藻もある。ミル (*Codium* 属), イワヅタ (*Caulerpa* 属) ショグサ (*Cladophora* 属) などその例である。

(b) 褐藻 褐藻の貯蔵性多糖はデンプンではなく、ラッナランと呼ばれる水溶性グルカン (グルコースのみから成る多糖) である。これと同じ仲間の多糖はキノのコ細胞壁にもあり、またコムギやオオムギの水溶性またはアルカリ可溶のヘミセルロース画分にもある。褐藻には一般に \overline{DP} の低いセルロースがあり、また Xyl を多く含むヘミセルロースなどもあるらしいが、その性質は明らかにされていない。

褐藻に特有な多糖はアルギン酸で、これは糖残基の C₆ の位置が中性多糖 (セルロースなど) の CH₂OH の代わりに COOH となっている酸性多糖である。その構成糖としてアルギン酸分子にはマンヌロン酸 (ManUA) とグルロン酸 (GulUA) の2種があり、ManUA ブロックと GulUA ブロックと、両者が種々の順列で列ぶ混合ブロックとがある。これらブロックの長さや分子を占める割合などが、分子鎖長と共にこの酸性多糖の物性を支配する。ほとんど例外なく、このアルギン酸が褐藻に属する各種藻類の粘質多糖の主要成分となっている。しかしアルギン酸はアルカリ可溶で酸には不溶であるが、褐藻にはこのほかに、水や酸に可溶の褐藻特有の硫酸多糖がある。それは、フコイダンやサルガッサンといわれる硫酸多糖である。これによく似た構成成分ではあるが、むしろアルカリ

によく溶け出してくるアスコフィランもある。いずれもウロン酸をもつ含ウロン酸硫酸多糖である。

アスコフィランは、*Ascophyllum nodosum* (北東海岸に多く日本近海には全くみられない) から初めて抽出されたのでこの名称がつけられた。フコース (Fuc) 25%, Xyl 26%, Na-UA (ただしこの場合は GlcUA が主成分) 19%, エステル硫酸 (NaSO₃⁻ 基として) 13% から成り、それにタンパク質が結合している⁴⁾。すなわち、グルクロノキシロフカン硫酸-タンパク質複合体である。フコイダンは、市販の“根コンブ”などの切片をコップの水の中に入れておくと、抽出されて来る粘質多糖で、糖残基 40~50% (うち UA 2.6~20%), 硫酸基 (エステル硫酸) 2.5~30% で、その糖組成をモル比でみれば、Fuc:Xyl:GlcUA=2.5~14:1:1.8~3.0 で、それに少量の Gal がある幅広い構成糖比スペクトルをもつ酸性多糖である。

フコイダン (広義の“フカン”) の化学的研究は、外国では、*Fucus vesiculosus*, *F. spiralis* (ヒバマタ属), *Laminaria hyperborea* (コンブ属), *Himantalia lorea* (ヒバマタ科) などの褐藻を材料とし、わが国ではワカメなどが最もよく利用されている材料である。因に、*H. lorea* のフコイダンは、硫酸基 38%, Fuc 56.7%, Gal 4%, Xyl 1.5%, UA 3% であり⁴⁾、ワカメの代表的試料では、Fuc 14-24%, UA 8-16%, 硫酸基 6-68% (モル比では約 1:0.3-0.9:1.3-0.7) であるが、試料によっては、この外に Gal も Xyl も Ara も含むものである^{4a,4b)}。

サルガッサンは最初 *Sargassum linifolium* (ホンダワラ属) から得られたフコイダン系硫酸多糖で、タンパク質 (約 4%) と複合体を作り、その糖質部は、Fuc:Xyl:Man:Gal:GlcUA=2.5:2.5:1:8.4:4.6 (モル比) から成り、約 18% 硫酸基を含む³⁰⁾。従ってヒバマタの属フコイダンと顕著な相違は、マンノース (Man) をも構成糖とする点にある。

褐藻にはこのように、一連の含ウロン酸硫酸多糖が存在することが特質である。

(c) 紅藻 アサクサノリなどの仲間を除いては、紅藻一般にはセルロースは存在することになっている。紅藻には、陸上植物はもちろんのこと、緑藻や褐藻にもない珍しい多糖が多い。貯蔵性多糖としては、アミロペクチンとグリコーゲンの中間位の紅藻デンプンがあり、また細胞と細胞の間を埋めているアガールやカラゲナン系多糖がある。これらの粘質多糖は熱水でよく抽出され、よく似た物性を示すが、ゲル形成能には

大きな差があり、またその糖組成も違う。アガールは D-ガラクトース (D-Gal) 約 50% を含み、その残部は、3,6-アンヒドロ-L-ラクトース (3,6-A-L-Gal), L-ガラクトース (L-Gal), メチルガラクトース (Me-Gal) が種々の割合から成っており、不均一分子系である。またカラゲナンは、スギノリ科紅藻 (ツノマタ, スギノリ, *Gigartina* 属, *Iridophycus* 属など), イバラノリ科紅藻 (イバラノリ, サイダイバラなど), スズカケベニ科紅藻 (*Furcellaria* 属など) やオオムカデ科紅藻 (*Euclima* 属など), いずれもスギノリ目に属する紅藻から採れる粘質多糖の総称で、やはり不均一分子系をなす。例えば κ カラゲナンは D-Gal 60%, 3,6-A-D-Gal 50%, 硫酸基 7% から成るし、λ カラゲナンには硫酸基は 35% もある。従ってカラゲナンとアガールとの構成残基の違いは、前者の 3,6-A-Gal は D-系であり、後者では L-系であることと、アガールには上記の外に硫酸基が 4-10% ほかに、少量のエステル結合をするビルビン酸が含まれていることにある。またカラゲナンには Me-Gal がほとんど見出せない点も大きな違いである。

わが国では古来から糊にするフノリの主成分多糖フノランはフクロフノリ (*Gloiopeltis furcata*) などフノリ科紅藻の粘質多糖で、Gal:3,6-A-Gal 比はほぼ 1に近い分子もあるが (ゲル化力最大)、後者が Gal 15-18% 程度しかない分子群もある。また Me-Gal を含む分子もあるが、その硫酸基は一樣に Gal の 1.2~1.7 倍も含む硫酸多糖である^{4c)}。

アサクサノリは同じ紅藻でも、植物系統学的には下等な原始紅藻に属し、既に述べたようにセルロースはなく、その代り厚いアンナン層をもつ。またポルフィランと呼ばれるカラゲナン類似多糖がある。不均一分子系で、D-Gal 24-45%, Me-Gal 3-38%, 3,6-A-L-Gal 5-19% のほかに L-Gal 硫酸 6-11% (アガールやカラゲナンには少量の L-Gal が含まれてはいる) から成り、D-Gal と Me-Gal の和は 3,6-A-L-Gal と L-Gal 6S の和にはほぼ等しい点や糖組成の点ではアガールによく似ているが、エステル硫酸含量やその C6-結合 (6S) の点ではカラゲナンに似ている。このように、紅藻には、D- と L- の両型の Gal と、3,6-A-L-Gal か 3,6-A-D-Gal かを含み、またそれらの Me 誘導体を持ち、水溶液では糊状から硬いゲルを作る様々の粘質多糖が存在している。

以上緑・褐・紅の海藻における各藻門に特徴的な種々の多糖を、その構成糖組成の違いの面から述べたが、これらはまたそれぞれ特有の糖残基間の結合様式をも

Table 1. Sugar composition of various marine algae in 3 algal phyla.

Glc; glucose, Gal: galactose, Man; mannose, Fuc; fucose, Rha; rhamnose, Xyl; xylose, uro; uronic acid, GlcUA; glucuronic acid, ManUA; mannuronic acid, GulUA; guluronic acid, SO₄; ester sulfate, examples of amount; Glc>glc>(glc).

| Algal species | | Mucilaginous polysaccharides (Soluble in water and dilute alkali) | Hemicellulosic polysaccharides (Soluble in conc. alkali) | Cellulosic fraction (Insoluble in conc. alkali) |
|----------------------------|----------|---|--|---|
| Chlorophyta | | | | |
| <i>Enteromorpha</i> sp. | (アオノリ属) | Gal, 4-O-Me-gal, | Xyl, L-Rha, glc, | Glc, ara or (ara), |
| <i>Ulva lactuca</i> | (アオサ属) | L-Rha, Xyl, Glc, | Gal, Ara, or (ara), | (xyl), rha |
| <i>Chlorella</i> sp. | (クロレラ属) | GlcUA, SO ₄ | (man), or (xyl) or (rha) | |
| Phaeophyta | | | | |
| <i>Fucus</i> sp. | (ヒバマタ属) | Fuc, Xyl, GlcUA, | Fuc, Xyl, GlcUA, | Glc, fuc, xyl or |
| <i>Undaria pinnatifida</i> | (ワカメ) | Gal, ManUA, SO ₄ , | Gal or gal | (fuc), (xyl), uro |
| <i>Laminaria</i> sp. | (コンブ属) | GulUA, man or | | |
| <i>Sargassum</i> sp. | (ホンダワラ属) | (man), Ara or ara | | |
| Rhodophyta | | | | |
| <i>Porphyra</i> sp. | (アマノリ属) | D,L-Gal, Xyl, SO ₄ , | Xyl, gal, Man | Glc, xyl, (gal) or |
| <i>Gelidium</i> sp. | (テングサ属) | 6-O-Me-gal, | | (xyl), Man |
| <i>Chondrus</i> sp. | (ツノマタ属) | 3,6-A-D,L-Gal | | |
| <i>Rhodomenia palmata</i> | (ダルス) | | | |

っており、多糖分子としてはいずれも著しく複雑な構造である。しかし、これらの中には人体に何らかの薬理効果を示すものが多い。いまこれらの多糖の糖残基成分を藻門別にまとめてみる (Table 1)。

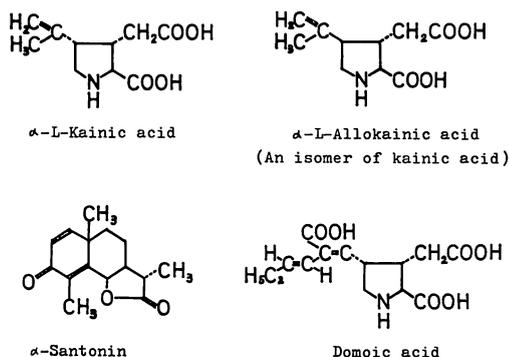
2. アミノ酸および類似化合物

(a) タンパク質とアミノ酸: 海藻には陸上植物にはあまり見られない珍しい遊離アミノ酸が幾種類も含まれているが、海藻のタンパク質それ自体には、陸上植物のものと同種のアミノ酸を含み、従って消化率もほぼ同程度である。遊離アミノ酸含量は、海藻の成長期、四季、葉状体の部分などによって異なるが、一般には葉柄から2/3位の所が最も高いとされ、夏より冬の方が、また秋より春の方が高い。種類によっては4~5% (乾量) しかないものもあるが、アサクサノリ (*Porphyra tenera*) やスサビノリ (*P. yezoensis*) などいわゆる海苔では20~40 (乾量) に達し、ほぼオート麦とか、トウモロコシにも匹敵する⁵⁾。

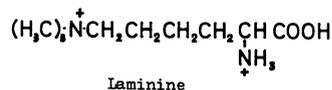
(b) カイニン酸およびドモイ酸: 紅藻マクリ (*Digenaea simplex*) から、駆虫効果のあるプロリン誘導体2種が単離され、これはカイニン酸およびアロカイニン酸 (アクリの別名海人草に因む) と呼ばれ、それは次のような構造であることが分った。従来よく用いられた駆虫剤のサントニンとは全く別種の化合物であり、その効力もカイニン酸より劣る⁶⁾。

次で、マクリと同科のハナヤナギ (*Chondria ar-*

mata) からカニン酸などと同じように駆虫効果のある物質が単離されたが、これも母藻の俗称に因んでドモイ酸 (ドモイはハナヤナギの方言) と名付けられ、次のような構造式が与えられた⁷⁾。



(c) ラミニシ: 最初ミツイシコンブ (*Laminaria angustata*) からマウスの血圧を降下させる効果のあるアミノ酸が単離され、母藻の属名に因んでラミニンと名付けられ、次の構造が決定された⁸⁾。

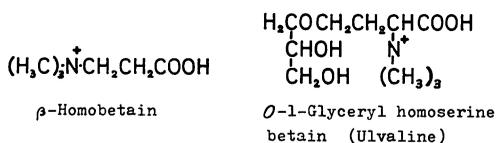
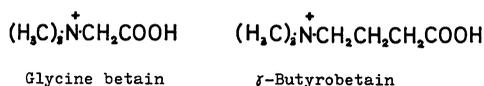


ラミニンの LD₅₀ 値はマウスで 394 mg/kg (静注), 2.98-3.57 g/kg (腹腔注) であり、その 10-30 mg/kg 静注でウサギの血圧が一過性的に降下し、また血圧降

下の際心拍数は変わらない。小腸、血管などの平滑筋を弛緩する作用もある。従って、平滑筋の収縮を起すアセチルコリンやヒスタミンの働きを压える。

その後ラミニンは、ミツイシコンブ以外のコンブ属、マコンブ (*L. japonica*)、ホソメコンブ (*L. religiosa*)、ゴヘイコンブ (*L. yezoensis*)、トロロコンブ (*Kjellmaniella gyrata*) などヤスジメ (*Costaria costata*)、ネコアシコンブ (*Arthrothamnus bifidus*)、アラメ、カジメ (*Ecklonia cava*)、アントクメ (*Eckloniopsis radicata*)、ワカメ (*U. pinnatifida*)、ヒロメ (*U. undarioides*)、チガイソ (*Alaria crassifolia*) などのコンブ科 (Laminariaceae) 藻類からも検出された (0.01 ~ 0.1 μM/g) 乾燥藻体⁹⁾。

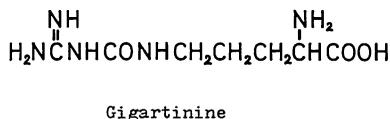
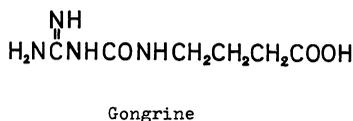
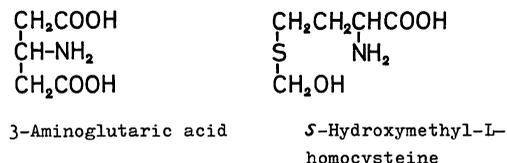
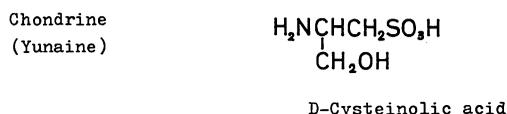
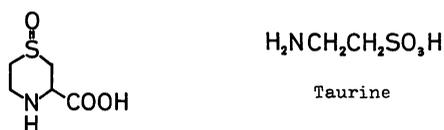
(d) ベタイン類: 緑藻のヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) や紅藻のアサカサノリ (*Porphyra tenera*) から次にその構造式で示すようなベタイン類が単離され、その薬効が試験された。これらのうち、ラットに与える飼料中に 1% コレステロールを混ぜ、それに 0.12% のベタインを混ぜたものと混ぜないものを与えた後の血漿中のコレステロール水準を比較すると、ベタイン入りの飼料では対照区の 70% 程度で留った。但しこの際肝臓中のコレステロール水準には影響がみられなかった。この作用は β-ホモベタインが最も強い^{10,11,12,13)}。



(e) 一般遊離アミノ酸⁵⁾: 海藻中の遊離アミノ酸は季節により著しく変動し、例えばスジアノリ (*E. prolifera*) とアオサの 1 種 (*U. lactuca*) の 1 ~ 3 月における含量を示す (Table 2)。この両海藻共に一般的に、1 月と 2 月におけるある種のアミノ酸の含量はかなり特徴的に変動しており、また 3 月には全般に高い。次に、緑・褐・紅藻の 5, 6 月の試料におけるその含量を比較してみると、Table 3 に示すように、藻門の違いによると思われるような明かに特徴的な含量の差異が観察された。ワカメなどの旨味の一つであるグルタミン酸含量は、ワカメが最高である。S-アミノ酸またはその誘導体では、緑藻アオサには D-システイノリン酸が圧倒的に多いのに反し、タウリンが低いこ

とヤコンドリが紅藻ユナに多く、S-ヒドロキシメチル-L-ホモシステインは同じ紅藻でもツノマタには多く (表示していない)、アカバやユナには少ない。

この外に海藻特殊アミノ酸としては、ハナヤナギから 3-アミノグルタル酸、オキツノリ (*Gymnogongrus flabelliformis*) からゴングリン、ギガルチニンなどが単離されている。これらの特殊アミノ酸の薬理効果はまだよく知られていない。アカバに多いタウリンの薬理効果については、胆汁の分泌を促し、脂肪の吸収をよくすることや制汗作用のあることが知られている。



3. 脂 質

海藻のエーテル可溶画分には、中性脂肪類や油分のほかに、ステロール類があるが、褐藻ではまだコレステロール検出されていない。褐藻エゾイシゲ (*Pelvetia wrightii*) からペルベステロールと名付けられたステロールが単離されている。これらのエーテル可溶の不飽和画分には、臍臓リパーゼの賦活効果がある。またコンブからの脂肪不飽和化物中のビタミン A 含量は眼鏡印肝油とほぼ同じ位であるという (C.L.O. で表かすと、それぞれ 107.4 × 118.2 である)¹⁴⁾。

また、褐藻のマツモ [*Analiplus japonica* (新) = *Heterochordaria abientina* (旧)、食用に供される] のエーテルに可溶画分を餌に 27 mg/ラット/日 の割

Table 2. Changes in the contents of free amino acids of *Enteromorpha prolifera* and *Ulva lactuca* during January to March ($\mu\text{g/g}$ dry weight).

| Amino acids | | <i>Enteromorpha prolifera</i> | | | <i>Ulva lactuca</i> | | |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|-----------|
| | | Late Jan. | Middle of Feb. | Late Mar. | Late Jan. | Late Feb. | Late Mar. |
| α -Alanine | (α -Ala) | 1201 | 345 | 2356 | 495 | 543 | 1106 |
| β -Alanine | (β -Ala) | 484 | 129 | 1254 | 365 | 319 | 518 |
| γ -Aminobutyric acid | (γ -Aba) | | | | 50 | - | - |
| Arginine | (Arg) | + | ++ | - | 485 | - | - |
| Asparagine | (Asn) | 2512 | 210 | ++ | 562 | 775 | ++ |
| Aspartic acid | (Asp) | 499 | 125 | 623 | 102 | 181 | 186 |
| Cysteic acid | (Cya) | ++ | + | ++ | - | - | - |
| Cystine | (Cys) | + | ++ | +++ | 182 | + | + |
| Glutamic acid | (Glu) | 3000 | 861 | 3576 | 257 | 560 | 1339 |
| Glycine | (Gly) | 361 | 113 | 1629 | 117 | 134 | 285 |
| Histidine | (His) | ++ | ++ | 1294 | 75 | + | + |
| Hydroxyproline | (Hpr) | ++ | + | ++ | + | + | + |
| Leucine | (Leu)* | 333 | 236 | 2543 | 218 | 169 | 635 |
| Lysine | (Lys) | - | - | 198 | 116** | 113** | 146** |
| Methionine | (Met) | 111 | - | 729 | 169 | - | 199 |
| Phenylalanine | (Phe) | 617 | 274 | 1585 | 675 | 607 | 1049 |
| Phenylserine | (Pse) | - | - | +++ | | | |
| Proline | (Pro) | ++ | ++ | +++ | 568 | +++ | ++ |
| Serine | (Ser) | 171 | 114 | 465 | 450 | 65 | 237 |
| Threonine | (Thr) | 336 | 148 | 1029 | 78 | 151 | 520 |
| Tryptophane | (Trp) | - | - | - | + | + | + |
| Tyrosine | (Tyr) | 340 | 108 | 1612 | 560 | 346 | 997 |
| Valine | (Val) | 205 | 133 | 1668 | 95 | 84 | 525 |
| Amount estimated | | 10169 | 2797 | 20579 | 5619 | 4065 | 7942 |

*Contains isoleucine(Ile)

**Ornithine(Orn)

合に混じて与えると、この海藻粉末5%混入餌を与えた時と同じ程度に血液中のコレステロール水準を低下させた(約12%)^{15,16)}。これは褐藻一般に存在するフコステロールの効果と思われる。この効果はラットでの生体実験より難で行った方がさらに有効に現われた。なお、この褐藻から得たフェオフィチンやフェオフィルビドなどのクロロフィル系色素画分も同様の効果を示した。フコステロールの効果は同時に用いた β -シトステロールの効果とはほぼ同じ程度である¹⁷⁾。このようなエーテル可溶画分は量的には一般的に多くはなく、例えばコンブ属では1%(乾重)に過ぎないが、エゾイシゲ属の *Pelvetia canaliculata* のように8%(乾重)もある藻もある。一般に海藻が干潮に晒されると

高脂質の傾向になるという。恐らく乾燥から身を護るためと思われる。

またヒジキからのエーテル可溶画分から、クロロフィル分子の一部を形成しているフィトールが単離されているが、これはやはり膵臓リパーゼの賦活効果を示した¹⁸⁾。

4. 沃素および臭素有機化合物

(a) 沃素有機化合物: 褐藻たとえばマツモ、コンブ、ワカメ、オオバモク属や紅藻のイトグサ属には、沃素原子が1~3個結合したチロシン誘導体がある。乾燥マツモの例でみると、モノ沃素チロシン 1.49 mg %, ジ沃素チロシン 2.06 mg %, トリ沃素チロシン 2.41 mg %, チロキシン(甲状腺ホルモン) 2.84 mg

Table 3. Amino acid composition in ethanolic extract from various marine algae harvested in May and June ($\mu\text{g/g}$ dry weight). t; trace amount.

| Amino acids | <i>Ulva pertusa</i> (アヲアヲ) | <i>Undaria pinnatifida</i> (ウカメ) | <i>Chondria crassicaulis</i> (ユナ) | <i>Neodilsea endoana</i> (アカバ) |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Alanine | 17.7 | 617 | 71.4 | 25.6 |
| Alloisoleucine | 0 | 2.7 | 0 | 0 |
| Arginine | 2.5 | 36.5 | t | 1.3 |
| Aspartic acid | 4.4 | 5.4 | 67.1 | 6.1 |
| Chondrine | 26.7 | 41.0 | 193 | 29.0 |
| Citrulline | 0 | 0 | 0 | 40.7 |
| Cysteic acid | 35.5 | 4.8 | 13.3 | 9.6 |
| D-Cysteinoic acid | 152 | 1.9 | 57.4 | 0 |
| Glutamic acid | 31.6 | 69.6 | 49.5 | 0.7 |
| Glycine | 9.1 | 455 | 29.1 | 5.6 |
| Histidine | 0 | 2.1 | 3.3 | 0.6 |
| Isoleucine | 3.7 | 11.2 | 6.4 | 0.4 |
| Leucine | 6.6 | 19.6 | 5.3 | 1.7 |
| Lysine | 0.9 | 34.6 | 3.6 | 0.5 |
| Methionine | 0 | 1.7 | t | 0 |
| Ornithine | 0 | 0 | 0 | 1.6 |
| Phenylalanine | 4.1 | 9.2 | 0 | 0 |
| Proline | 40.0 | 156 | 50.8 | 8.8 |
| Serine | 11.9 | 64.4 | 12.9 | 2.6 |
| S-Hydroxymethyl-L-homocysteine | 0 | 0 | 0 | 4.6 |
| Taurine | 1.8 | 11.8 | 14.5 | 216 |
| Threonine | 5.7 | 90.3 | 12.0 | 2.5 |
| Tryptophane | 2.4 | 5.8 | 12.6 | 0 |
| Tyrosine | 2.1 | 10.1 | 0 | 0 |
| Valine | 3.5 | 11.1 | 7.6 | 1.7 |
| NH ₃ | 3.7 | 16.6 | 10.5 | 4.2 |
| Total amount | 368.1 | 1698.6 | 640.3 | 366.2 |

%, 沃素結合タンパク質 2.14 mg % であり, また *Polysiphonia urceolata* (イトグサ属紅藻) それぞれ 0.77, 2.31, 0.79, 0.52, 0.79 mg % である。そこで, 例えばチロキシンやジ沃素チロキシンを 0.01~2 mg を, 含 1% コレステロール餌中に混合してラットに与えて飼育すると, 2~3 週間後には血中コレステロール水準が対照の 200 mg/dl が 125 mg/dl に低下した¹⁵⁾。

(b) 臭素有機化合物: 種々の海藻には臭素の有機化合物の存在が知られており, その多くは抗菌性を示すことが明かにされている^{19,20,21)}。まず, MAUTNER ×²¹⁾。エーテル抽出 (フジマツモから) の代りに, 紅藻イソモラサキ (*Symphocladia gracilis* または *S. latiuscula*) の藻体の 80% エタノール抽出シラップを, さらに水可溶画分(I)と不溶画分(II)とに分け, それぞれを種々のグラム陰性・陽性の菌の培養に適量加えると抗菌性を示した。次で, アオサ, ヒトエグサ(緑), マクリ(紅), ミツイシコンブ(褐), フジマツモ (*Rhodomela larix*) (紅)などから作った I および II 画分の抗菌性を調べると, 緑藻からのものより褐・紅藻

特に紅藻からのものが強かった。その後その主成分は臭素化フェノール化合物であることが分った (Table 4)²³⁾。

紅藻の臭素化フェノール化合物としては, いろいろなものが知られているが, 代表的なものを次に示す。いずれも各藻体からのアルコール抽出をさらにエーテル抽出して得られている²⁴⁾。

これら I~X の臭素化フェノール化合物の抗菌性はおよそ次のようである。 *Staphylococcus aureus* 20, *Pseudomonas aeruginosae*, *Proteus vulgaris* HX-19, *Salmonella pullorum*, *Escherichia coli* 8057, *Klebsiella pneumoniae* ST 101, *Saccharomyces uvarum* 7016, *Pichia membranaefaciens* K-17, *Schizosaccharomyces pombe* diner O-77, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniriforme* IAM 5062, *Trichoderma* T-1 ATCC 9645 IAM 5061, *Penicillium citrinum* 2125 の細菌および菌に対して, 成育阻害の極少量 ($\mu\text{g/ml}$ 培地) は, それぞれおよそ, I は 20, II は 29, III は 41, IV は 42, V は 79, VI は 106, VII は 32, VIII は 22, IX は 66, X は 15 前後であった。

5. 海藻酸性多糖の薬理効果

(a) 抗血液凝固作用と抗高脂血症作用: 動物起源の硫酸多糖のうち, ヘパリン (GlcUA とグルコサミン, GlcA と硫酸基から成る多糖) が抗血液凝固作用があり, 血液粘性を下げたり血液リパーゼを賦活して中性脂肪含量を低下させる効果があることは既に知られているが, 海藻の硫酸多糖のうちにはこれと同じ働きを示すものが多い。

この分野で最も多く研究されているのは, 褐藻のフコダン系多糖である。20年程前になるが, アメリカでは, 例えば *Himantothalia lorea*, *Macrocystis pyrifera*, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus*, *F. spiralis*, *Laminaria cloustoni* などの褐藻の乾燥粉末から熱水抽出物を採り, 酢酸鉛による沈澱物を除去後, バリウム中和で沈澱する画分から硫酸でバリウムを除いた上澄液のアルコール分画において, 47.5~63% で沈澱する II-V までのフコイダン画分 (平均分子量 2~3.5 万) が強い抗凝血効果を示すことから, この製法は特許となった²⁵⁾。この種の研究は日本でもあり, マコンブの抽出液の場合, 6, 7, 8 月の試料のうち, 6, 7 月のよく成育のた葉状体の抽出液が最も高い効果を示した。また, コンブ属のうちでは, 7 月採集のホソメコンブ (*L. religiosa*) が最も効果があった。しかし, このように抽出液そのもので試験した場合には, どの成分が真に有効であるか決められないことは勿論である²⁶⁾。

Table 4. Tests for the antibiotic activity of fractions I and II from various marine algae.
+; positive, -; negative, ±; not clear result.

| Dilution rate of fraction | Bacteria tested | | | | Dilution rate of fraction | Bacteria tested | | |
|--|--------------------|----|----------------|----|---------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | <i>B. subtilis</i> | | <i>E. coli</i> | | | <i>B. subtilis</i> | <i>B. mesentericus</i> | <i>P. vulgaris</i> |
| I | 24 | 48 | 24 | 48 | II | 48 | 48 | 48 |
| | (hr) | | | | | (hr) | | |
| (Green) | | | | | | | | |
| <i>Ulva pertusa</i> (アヲアサ) | 200 | - | + | - | 200 | + | + | ± |
| | 400 | + | + | + | 2000 | ++ | + | + |
| <i>Enteromorpha</i> sp. (アヲノリ) | 200 | + | + | + | 200 | + | + | ± |
| | 400 | + | + | + | 2000 | ++ | ++ | + |
| (Brown) | | | | | | | | |
| <i>Laminaria angustata</i> (ミツイシコンブ) | 200 | - | - | - | 200 | - | - | - |
| | 400 | - | + | - | 2000 | - | + | - |
| | 2000 | + | + | - | | | | + |
| <i>Undaria pinnatifida</i> (ワカメ) | 200 | ± | + | - | 200 | - | - | ± |
| | 400 | + | + | + | 2000 | - | + | + |
| (Red) | | | | | | | | |
| <i>Rhodomela larix</i> (フジマツモ) | 200 | - | - | - | 200 | - | - | - |
| | 400 | - | + | - | 2000 | - | + | ± |
| | 1000 | + | + | - | | | | + |
| <i>Digenea simplex</i> (マツリ) | 200 | + | + | + | 200 | + | + | ± |
| | 400 | + | + | + | 2000 | + | + | + |
| <i>Symphycladia latiuscula</i> (イソムラサキ) | | | | | 200 | - | - | - |
| | | | | | 2000 | - | - | ± |

本稿の始めの方で既に述べたように、褐藻の光合成の結果生じる貯蔵性多糖デンプンではなくラミナランである。この多糖に適度 (1.7 SO₃H/Glc 残基) に硫酸基を入れるか、またはスルファミン酸基 (0.5 NSO₃H/Glc 残基+1.1 SO₃H/Glc 残基) を入れた標品は、ヘパリンの約 1/4 ほどの効力を示した^{27,28)}。カギイバライリ (*Hypnea japonica*) からのカラゲナン系硫酸多糖 (アルカリ処理品 60 mg/100 g 体量/日) をラットの腹腔に注射すると血清の ⁴⁵Ca 量が増し、また骨の有機物質へのその取込量が上る。この作用は対照として用いたアガロース (*Pseudomas atlantica* の酵素で分解したもの) とかアルギン酸-Na にはみられなかった²⁹⁾。従って、血栓などの治療にヘパリンを与え続けると、骨の Ca が再溶解してその中に空洞が生じる病気になる。従ってこの際ヘパリンの代りにカラゲナンを用いればこの副作用が妨げることになる。

海藻特に褐藻の硫酸多糖のヘパリン様作用に関する実験はいろいろあるが、最近オオバモク属の *S. linifolium* からサルガッサンは、標準のヘパリン溶液では血液凝固時間は 1 時間であるのに比べ、72 時間も長かったという報告がある³⁰⁾。

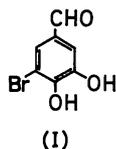
(b) 酸性多糖のコレステロール水準低下効果: アオノリ, アサクサノリ, マコンブの 3 種の粉末を 1% コ

レステロールを含む餌に 5% 混ぜ、ラットに経口的に与えて 10 週間ほど飼育して、その血漿と肝臓のコレステロール含量および肝臓全脂質と副腎全コレステロール含量を測定したところ、血漿中のコレステロールは、海藻粉末を与えぬものではコレステロール無添加対照区の約 2.1 倍に増大したが、アオノリやアサクサノリ粉末添加区では僅か 1.33~1.36 倍にしか増大しなかった。これに反してコンブ粉末添加は、コレステロール含量低下にほとんど効果を示さなかった。但し、肝臓コレステロール水準を低下させる効果は、いずれの海藻粉末添加によってもみられなかった。副腎コレステロール含量低下には、コンブ粉末が僅に役立ったのみであった¹⁶⁾。

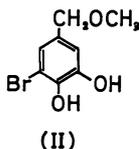
このようにアオノリやアサクサノリ粉末が少なくとも血漿中に取込まれるコレステロール含量を妨げることが事実であるとしても、それがこれらの海藻中にある硫酸多糖に心ずしも起因しているとは限らない。

その後のアサクサノリにおける研究では、酸性多糖と思われる画分(C)とアルカイドと思われる画分(D)が最も有効である結果が得られた (Table 5)³¹⁾。

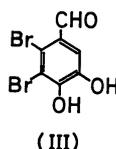
このほか、硫酸基はないが多くのカルボキシル基をもつアルギン酸で、ある範囲の DP のものがやはり血中コレステロール水準を低くするという実験もある



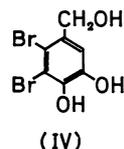
3-Bromo-4,5-dihydroxybenzaldehyde



3-Bromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether



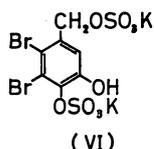
2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzaldehyde



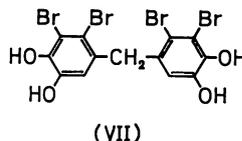
2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzyl alcohol (Ianosol)



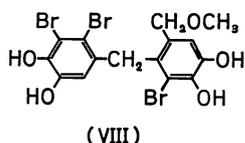
2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether (Ianosol methyl ether)



2,3-Dibromo-4,5-disulfate dipotassium



2,2',3,3'-Tetrabromo-4,4',5,5'-tetrahydroxydiphenyl methane



2,2',3-Tribromo-3',4,4',5-tetrahydroxy-6-methoxymethyl diphenyl methane



2,3,6-Tribromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether



2,3,6-Tribromo-4,5-dihydroxybenzyl ethyl ether

I, II はショウジュケノリ (*Polysiphonia urceolata*), また I はモロイトグサ (*P. morrowii*) から、III, IV, V, VI, VII, VIII はフジマツモ (*Rhodomela larix*) や *R. subfusa* から、また V, VI, VII はハケサキノコギリヒバ (*Odonthalia corymbifera*) から、そして IX, X はイソムラサキ (*S. latiscula*) から単離されている。

(Table 6)³²⁾。この結果 DP 226~417 のものが有効であった。

(c) 硫酸多糖の抗腫瘍性: 最近、菌の細胞壁多糖の一種が、移殖癌を萎縮させる働きを示すことから、多くの癌の治療にも用いられている。これと同じような働きが、褐藻から得られる硫酸多糖画分にもあることが明かにされて、興味を引いている^{33,34,35)}。これらの結果を Table 7 に要約してみる。これはマウスに単なる熱水抽出物を腹腔注射し、また部分精製品を皮下または腹腔注射でその効果を検討したものである。いずれの試料においても、Sarcoma および Ehrlich-carcinoma の固型または腹水の違いによらず、その育成が阻止されるばかりではなく、それぞれ特有の延命効果がみられた。

これらの試料中の糖成分に関する詳細は不明である

が、硫酸を含む酸性多糖が主成分をなすものと思われ、また緑藻(ミル)からのものは GlcUA 硫酸基を含むことから、含ウロン酸硫酸多糖 (Table 1 参照) と思われる。いずれにせよ、海藻のこの種の硫酸多糖が人工癌の抑制に有効であることは、今後さらに精製を重ね最も高い有効成分を確め、実際の癌の治療への可能性に望を掛けたい。多分硫酸多糖に起因すると思われるが、ニコチン障害を人為的に起こさせた白鼠にワカメ粉末を与えて、元の健康状態に戻させた実験もある^{38,39)}。

6. 海藻のビタミン

わが国でも、多くの研究者によって海藻に存在するビタミンの種類やその含有量などが広く研究されている。Table 8 にその例を示す⁴⁰⁾。この表でも明かのように、海藻のビタミン含量は動植物性食品中の含量に比べ、少いものもあるが多いものもある。例えば B₂

Table 5. Effect of various fractions from *Porphyra tenera* on the plasma cholesterol levels of rat. A; unsaponified fraction from an ether extract of original fronds, B; residue of an aqueous extract from the ether-extracted residue, C; precipitate from the above aqueous extract on addition of ethanol up to 80%, D; extractable fraction with absolute ethanol from a concentrate of 80% ethanol-soluble material, E; residual fraction insoluble in absolute ethanol.

| Rat group raised with | Plasma cholesterol levels | | |
|---|---------------------------|------------|--------|
| | Total (mg%) | Free (mg%) | % Free |
| I. Cholesterol-free basal diet (cont.1) | 176 ± 2.0 | 48.8 ± 1.5 | 27.7 |
| II. 1% cholesterol diet (cont.2) | 228 ± 1.5 | 49.0 ± 0.9 | 21.5 |
| III. I + 5% purple laver powder | 180 ± 2.1 | 51.5 ± 1.0 | 28.6 |
| IV. I + 5% A | 208 ± 1.8 | 57.5 ± 0.9 | 27.6 |
| V. I + 5% B | 204 ± 1.9 | 58.4 ± 1.0 | 28.6 |
| VI. I + 5% C | 188 ± 1.8 | 55.3 ± 1.0 | 29.4 |
| VII. I + 5% D | 188 ± 1.4 | 53.5 ± 0.8 | 28.5 |
| VIII. I + 5% E | 196 ± 1.5 | 57.5 ± 0.8 | 29.3 |

Table 6. Effect of Na-alginate and its fragments on plasma and fecal cholesterol levels and on fecal alginate contents of cholesterol-fed rats (5 individuals per group).

| Diet composition | Weight-gain (g/rat) | Plasma cholesterol (mg/100ml) | Fecal cholesterol (g/100g dry matter) | Fecal alginate |
|--|---------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| | | | | (g/100g dry matter) |
| I. With 1% cholesterol | 147 | 203.3 ± 6.3 | 7.6 ± 0.35 | 3.7 ± 1.0 |
| II. I + 3% commercial alginate | 138 | 177.2 ± 6.9 | 11.5 ± 0.28 | 98.4 ± 1.8 |
| III. I + 3% refined commercial alginate of DP, 417 | 137 | 158.1 ± 15.2 | 12.1 ± 0.28 | 110.3 ± 5.8 |
| IV. I + 3% refined commercial alginate of DP, 226 | 148 | 154.7 ± 13.3 | 12.0 ± 0.46 | 107.3 ± 5.5 |
| V. I + 3% alginate fragment of DP, 13 | 152 | 210.1 ± 14.0 | 10.3 ± 0.54 | 67.2 ± 6.1 |

などは特に紅藻に多く、また B₁₂ は、一般植物性食品には見出せないのに反し、海藻では動物性食品を越す量が多く、あるものでは動物の内臓の含量に匹敵している。個々の海藻についてみると、それぞれ特質はあるがアサクサノリなどには一般的にビタミンが多い。その意味ではビタミンのよい補給源である。海藻ではないが、クロレラのビタミン含量が特に高いこ

とは注目に値する。しかし、この種のデータは植物の採取場所、時期、老若、部位などにより異なることは考慮に入れておく必要はある。参考のために、他の文献のデータも挙げておく (Table 9)⁴¹⁾。

7. 重金属の選択的除去効果

古くから海藻は一種の健康食品であるという経験的事実から、日本人の間には長い間親まれていた食品で

Table 7. Antitumor activity of various fractions from several marine brown algae.

| Agal origin and fraction | Doses and sugar constituents of polysaccharides | Solid tumor cells of Sarcoma-180 | Ehrlich-carcinoma cells | |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Ascites | Solid |
| 1. <u>Gloiopeltis furcata</u> * (フクロフノリ) | Aqueous extract. (Galactan sulfate) | + | | |
| 2. <u>Sargassum fulvellum</u> * (ホンダワラ) | | + | + | + |
| 3. <u>Dictyopteris undulata</u> * (シラヤハズ) | 4.4mg/mouse. Intra-peritoneal injection. (LD ₅₀ = 35mg) | 96% life span elongation | | |
| <hr/> | | | | |
| 1. <u>Sargassum hornerii</u> (アカモク) | | | | |
| 2. <u>S. hemiphyllum</u> (イソモク) | | | | |
| DIP. Precipitate from salting-out dialyzed solution of hot-water extract, containing 50% carbohydrate. | A polysaccharide containing 20-30% sulfate, and Fuc. 125-750µg/mouse/day, subcutaneous or intra-peritoneal injection. | (2x10 ⁶ cells per mouse) | (3x10 ⁶ cells per mouse) | (2x10 ⁶ cells per mouse) |
| DIS. Ethanol precipitate from supernatant of the salting-out precipitation, containing 70% carbohydrate. | Ditto | + | + | + |
| DOI-VI. Sephadex G-25-gel filtration product of methanol-precipitate from dialyzed of salting-out precipitate of hot-water extract. | 75µg/mouse/day x 6 | 75% life span elongation | + | + |
| <hr/> | | | | |
| 1. <u>S. thunbergii</u> (サミトラフオ) | A polysaccharide containing Gal, Xyl, Fuc, Glc, Man, GlcUA and sulfate. 10-20mg/mouse/day x 10 | 40-100% life span elongation | (2x10 ⁵ cells per mouse) | |
| Fl. Ethanol-precipitate from hot-water extract ** | | | | |
| 2. <u>Codium pugniformis</u> (コブシミル) | A polysaccharide containing Gal, Ara, Man, amino acids, 0.25mg/mouse/day x 6 | 50% life span elongation | + | + |
| Ethanol-precipitate from hot-water extract | | | | |

* Yamamoto & Nagumo, 1973. ** Ito & Sugiura, 1976.

あることは既に述べたが、分析結果によると砒素含量などは法外に高い⁴²⁾。例えば、Table 10 に示すように、100 ppm を超えた含量の海藻もある。しかし一般にはこのような高含量の砒素も有機化合物の形で存在しているため毒性はないというのが定説となっている。事実海藻を食べて砒素の害と思われるような症状が生じたという報告は聞いたことがない。それは恐らくこの元素が酸性多糖（人体などでは不消化）などと堅く結合しているためではないかと思われる。もしそうであるとすれば、既に述べたように、緑、褐、紅の別なく、海藻にはなんらかの酸性多糖（硫酸基やカルボキシル基をもつもの）が多く含まれているので、害にならないのみならず、薬体としてはさらに多くの砒素を始めとする重金属を吸収結合する能力をもつものと推定される。海産生物が海水中の希土類元素を取込

む能力については、動物ではハマグリなど高いが、それとほぼ同程度に海藻も一般的に高いことも上記の推定を支持している (Table 11)⁴³⁾。

これに関連して、放射性ストロンチウム (⁸⁹Sr) に汚染された生物体から、海藻酸性多糖アルギン酸投与でそれを除けるという極めて注目に値する一連の研究がある⁴⁴⁾。ラットに ⁸⁹Sr を多量に与え、同時にアルギン酸またはその部分水解物を与えると、対照区に比べて ⁸⁹Sr の骨への取込み率は低下した (Table 12)。

その後この吸収阻害はアルギンの起源により違うことが分った (Table 13)⁴⁵⁾。この表から分るように、ManUA/GulUA が高いほど阻害率が低い傾向がみられる。これは酸部分水解物の poly-ManUA や poly-GulUA を用いて同様な試験をした結果でも明瞭であった。poly-ManUA による阻害は 70~75% であっ

Table 8. Summarized vitamin contents of various algae on a dry weight basis (KANAZAWA)⁴⁰⁾.

| Species of algae | A | D | E | B ₁ | B ₂ | B ₆ | NiA | PAa | FA | Bio- | Lipo- | B ₁₂ | Cho- | Inosi- | C |
|---|-------------------------|------------------|-----|----------------|----------------|----------------|---------|---------|---------|----------|---------|-----------------|-----------|-----------|---------|
| | IU/100g (Pro-vitamin A) | (Ergosterol) r/g | r/g | r/g | r/g | r/g | r/g | r/g | m/g | m/g | m/g | m/g | r/g | r/g | mg/100g |
| Chlorophyceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulva pertusa</i> (アヲアサ) | | | | 0.90 | 2.83 | 7.50 | 2.35 | 118 | 224 | 420 | 62.8 | 61 | 330 | 27-41 | |
| <i>Monostroma nitidum</i> (ヒトエグサ) | | | | 1.19 | 8.46 | 10.28 | 4.11 | 429 | 115 | 515 | 12.6 | 79 | 219 | 75-80 | |
| <i>Enteromorpha linza</i> (ウスバアサリ) | 2900 | 3 | | 1.50 | 1.21 | 28.05 | | 270 | 198 | 175 | 97.5 | 417 | 95 | 10-257 | |
| <i>Caulerpa racemosa</i> (センブリイサ) | | | | 0.78 | 1.97 | 21.18 | 5.53 | 612 | 131 | 295 | 149.4 | 358 | 584 | | |
| <i>Chlorella ellipsoidea</i> (クロクラ) | 500000 | | | 111-183* | 10-23 | 23-37 | 0.3-2.5 | 112-125 | 3.5-8.5 | 2200-230 | 190-230 | 42-89 | 2200-2500 | 1600-2190 | 100-320 |
| Phaeophyceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dictyota dichotoma</i> (アヒシグサ) | | | | 0.75 | 6.14 | 15.20 | 0.73 | 521 | 187 | 500 | 10.1 | 77 | 125 | | |
| <i>Spathoglossum pacificum</i> (コモングサ) | | | | 0.36 | 0.84 | 25.21 | 0.25 | 566 | 150 | 655 | 7.0 | 87 | 114 | | |
| <i>Dictyopteria prolifera</i> (ヘラマハズ) | | | | 0.50 | 4.10 | 18.02 | 3.70 | 170 | 163 | 485 | 17.1 | 242 | 151 | 1005** | |
| <i>Padina arborescens</i> (ウキウチ) | | | | 0.29 | 0.99 | 8.86 | 1.74 | 542 | 160 | 230 | 4.2 | 27 | 690 | | |
| <i>Myelophycus caespitosus</i> (イワヒゲ) | | | | 0.27 | 3.06 | 14.17 | 3.15 | 88 | 162 | 360 | 7.6 | 618 | 1131 | | |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> (フクロノリ) | | | | 0.31 | 5.44 | 5.13 | 2.92 | 46 | 136 | 540 | 76.5 | 406 | 116 | | |
| <i>Hydroclathrus clathratus</i> (カゴメノリ) | | | | 0.34 | 2.82 | 3.51 | 3.07 | 657 | 161 | 330 | 65.8 | 49 | 408 | | |
| <i>Laminaria</i> sp. (コンブ) | 440 | | | 0.86 | 0.20 | 0.27 | 30.00 | | | | 3.0 | | | 3-91 | |
| <i>Ecklonia cava</i> (カジメ) | | | | 1.10 | 2.52 | 18.84 | 0.49 | | 209 | 90 | 3.3 | 262 | 379 | | |
| <i>Hizikia fusiformis</i> (ヒジキ) | 450 | 16 | | 0.28 | 2.67 | 6.80 | 1.49 | 218 | 237 | 230 | 5.7 | 33 | 326 | 0-92 | |
| <i>Sargassum fulvellum</i> (ホンダワラ) | | | | 0.30 | 5.03 | 8.65 | 2.30 | 634 | 126 | 300 | 25.4 | 95 | 60 | | |
| <i>S. thunbergii</i> (ウミトウモロコシ) | | | | 0.38 | 5.34 | 4.46 | 8.76 | 308 | 282 | 270 | 46.5 | 28 | 566 | | |
| <i>S. nigrifolium</i> (アラサメ) | | | | 0.48 | 6.21 | 17.19 | 0.49 | 249 | 159 | 410 | 20.7 | 24 | 197 | | |
| Rhodophyceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Porphyra tenera</i> (アサクサノリ) | 44500 | | | 1.65 | 23.08 | 10.4 | 68.33 | | 88 | 294 | 790 | 290.8 | 2920 | 62 | 10-831 |
| <i>Gelidium amansii</i> (マツタ) | | | | 1.60 | 17.95 | 20.10 | 1.22 | 782 | 61 | 570 | 35.9 | 4885 | 443 | | |
| <i>Chondrococcus japonicus</i> (アキノハナ) | | | | 1.41 | 10.51 | 8.15 | 1.30 | 97 | 40 | 250 | 219.7 | 1337 | 449 | | |
| <i>Grateloupia ramosissima</i> (スズムカデ) | | | | 1.38 | 6.27 | 24.46 | 2.32 | 719 | 82 | 530 | 29.4 | 1119 | 55 | | |
| <i>Gloiopeltis tenax</i> (マフノリ) | | | | 2.45 | 14.60 | 23.79 | 5.85 | 676 | 37 | 330 | 15.2 | 319 | 163 | | |
| <i>Hymnea charoides</i> (イバラノリ) | | | | 1.42 | 2.90 | 21.50 | 6.82 | 540 | 94 | 355 | 26.5 | 636 | 257 | | |
| <i>Gracilaria gigas</i> (オゴノリ) | 800 | | | 1.80 | 1.09 | 7.81 | 1.82 | 304 | 16 | 495 | 212.3 | 1492 | 324 | | |
| <i>G. textorii</i> (カバノリ) | | | | 4.60 | 6.92 | 33.90 | 9.73 | 668 | 153 | 965 | 75.7 | 230 | 668 | | |
| <i>Chondrus ocellatus</i> (ツノマタ) | | | | 2.19 | 14.73 | 29.65 | 7.04 | 69 | 700 | 89.2 | 856 | 111 | 16 | | |
| <i>Lomentaria catenata</i> (フツツナギ) | | | | 0.97 | 3.16 | 24.24 | 12.21 | 220 | 90 | 625 | 25.2 | 240 | 263 | | |
| <i>Laurencia okamurai</i> (ミツツツ) | | | | 0.53 | 10.24 | 39.02 | 8.97 | 763 | 95 | 300 | 100.2 | 1346 | 89 | 4 | |

* *Scenedesmus* ** *Dictyopteria divaricata*

Table 9. Vitamin contents in various algae per 100 g of dry weight (WADA)⁴¹⁾.

| Species | Vitamin content | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|--------|------|
| | Efficient A | D I.U. | A I.U. | Carotenoid I.U. | D I.U. | B ₁ mg | B ₂ mg | NiA mg | C mg |
| <i>Ulva</i> sp. (アサ) | 500 | 0 | 1500 | 0 | 0.04 | 0.52 | 10.0 | 0 | |
| <i>Enteromorpha</i> sp. (アオノリ) | 960 | 0 | 2900 | 0 | 0.06 | 0.30 | 6.0 | 10 | |
| <i>Prasiola japonica</i> * (カワノリ) | 80 | 0 | 240 | 0 | 0.44 | 0.32 | 1.5 | 0 | |
| <i>Laminaria japonica</i> (マコンブ) | 430 | 0 | 1300 | 0 | 0.08 | 0.32 | 1.8 | 11 | |
| Long tangle (ナガコンブ) | 250 | 0 | 750 | 0 | 0.08 | 0.40 | 1.8 | - | |
| Rishiri tangle (形無コンブ) | 320 | 0 | 960 | 0 | 0.06 | 0.09 | 2.0 | 15 | |
| <i>Laminaria angustata</i> (ミツイシコンブ) | 360 | 0 | 1100 | 0 | 0.02 | 0.20 | 2.0 | - | |
| <i>L. religiosa</i> (ホソメコンブ) | 130 | 0 | 390 | 0 | 0.07 | 0.19 | 3.5 | - | |
| <i>Kiellmaniella gyrate</i> (トロロコンブ) | 10 | 0 | 30 | 0 | 0.04 | 0.14 | 2.3 | 0 | |
| <i>Eisenia bicyclis</i> (アラメ) | 50 | 0 | 150 | 0 | 0.02 | 0.20 | 2.6 | 0 | |
| <i>Analipus japonica</i> (マツモ) | 0 | 180 | - | 0 | 3.3 | - | 3.3 | - | |
| <i>Hizikia fusiformis</i> (ヒジキ) | 0 | 450 | 1 | 0.1 | 4.0 | 0.2 | 4.0 | 0 | |
| <i>Nemacystus decipiens</i> (モヅク) | 30 | 0 | 100 | 0 | 0.04 | 0.04 | 2.0 | 0 | |
| <i>Undaria pinnatifida</i> (ワカメ) | 140 | 0 | 400 | 0 | 0.11 | 0.14 | 10.0 | 15 | |
| Porphyra tenera (アサクサノリ) | | | | | | | | | |
| Higher quality | 11000 | - | 33000 | 0 | 0.25 | 1.24 | 10.0 | 20 | |
| Medium quality | 10000 | 0 | 30000 | 0 | 0.21 | 1.00 | 3.0 | 20 | |
| Lower quality | 5600 | 0 | 17000 | 0 | 0.12 | 0.89 | 3.0 | 2.0 | |
| <i>Gracilaria verrucosa</i> (オゴノリ) | 260 | 0 | 800 | 0 | 0 | 0.03 | 0.5 | 0 | |
| <i>Phyllocladus sacrum</i> * (スイゼンジノリ) | 160 | 0 | 490 | 0 | 0.22 | 0.37 | 1.7 | 0 | |

* Fresh water alga

Table 10. Arsenic contents in various commercial marine algal products, determined by the diethylthiocarbamic acid-silver method.

| Samples analyzed and the number | As As ₂ O ₃ mg per kg sample | Samples analyzed and the number | As As ₂ O ₃ mg per kg sample |
|-----------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| 1. <u>Enteromorpha</u> sp. (アオノリ) | 0.4 | 26. <u>Hijikia fusiformis</u> (ヒジキ) | 121 |
| 2. Ditto | 0.6 | 27. Ditto | 131 |
| 3. Ditto | 0.9 | 28. Ditto | 161 |
| 4. Long tangle (長コシア) | 31 | 29. Ditto | 144 |
| 5. Ditto | 47 | 30. Ditto | 178 |
| 6. Ditto | 70 | 31. Ditto | 180 |
| 7. Ditto | 45 | 32. Ditto | 149 |
| 8. Ditto | 29 | 33. <u>Undaria pinnatifida</u> (ワカメ) | 45 |
| 9. Square tangle (角コシア) | 37 | 34. Ditto | 39 |
| 10. Ditto | 32 | 35. Ditto | 72 |
| 11. Ditto | 45 | 36. Ditto | 30 |
| 12. Ditto | 29 | 37. Ditto | 30 |
| 13. Ditto | 38 | 38. Ditto | 33 |
| 14. Ditto | 29 | 39. Ditto | 24 |
| 15. Ditto | 32 | 40. Ditto | 66 |
| 16. Ditto | 45 | 41. Ditto | 38 |
| 17. Stock tangle (株コシア) | 58 | 42. Ditto | 41 |
| 18. Ditto | 91 | 43. Ditto | 43 |
| 19. Tangle flakes (トココシア) | 61 | 44. <u>Porphyra tenera</u> (アヲアサノリ) | 33 |
| 20. Ditto | 43 | 45. Ditto | 17 |
| 21. Sliced tangle (オホコシア) | 89 | 46. Ditto | 13 |
| 22. Ditto | 36 | 47. Ditto | 26 |
| 23. Ditto | 74 | 48. Ditto | 32 |
| 24. Shred tangle (屑コシア) | 51 | 49. Ditto | 13 |
| 25. Ditto | 58 | 50. Ditto | 22 |
| | | 51. Ditto | 30 |

たが、poly GulUA では 71~84% の値が得られた。また酵素による部分水解アルギンでも同様で、元のアルギン (比粘度が 7.10 で ManUA/GulUA=1) の阻害率 55% に比べ、比粘度 2.16 で両 UA 比が 7.73 のものは 81% の阻害率を示した⁴⁶⁾。

このような事実は、Sr のみならずわが国に多い Cd (カドミウム)汚染者をその骨代謝異常や腎臓障害から救える可能性をも暗示し、ひいては腎障害から高血圧症、心臓や血管障害に関係する Zn, Cu 代謝にも調節能を示すものとして注目に値する。事実、ManUA/GulUA=0.74 のアルギン部分水解物は、塩化カドミウムの過剰投与によるラットを死から救うことができた⁴⁷⁾。また、Ascophyllum nodosum のフコイダンの金属結合力は、Pb>Ba>Cd>Sr>Cu>Fe>Co>Zn>Mg>Mn>Cr>Ni>Hg>Ca で、Ca の存在下では Ba>Pb>Cd>Fe>Sr>Co>Cu>Ni>Cr>Mg>Zn>Hg>Mn であった⁴⁸⁾。

8. 肥料, 飼料. 健康食品としての海藻

海藻を肥料として用いた例は古いが、現在でも有機農業の一環として広く用いられている。Ascophyllum nodosum の粉末製品アルギット (Algit) はその例で、健康食および飼料、肥料などとして市販され、その施肥は土壌細菌数を増すという⁴⁹⁾。乳牛に 200 g/頭/日の割合でこの粉末を与え 7年間の生産高を、対照区 (100 g 市販塩類成分/頭/日) のものと比較すると、4% 脂肪基準で、78,172 kg/73,175 kg の結果が得ら

Table 11. Contents of rare earth elements in various marine organisms (μg/kg wet weight).

| Organism | Organ | Ce (Cerium) | Eu (Europium) | Tb (Terbium) | Yb (Ytterbium) | Lu (Lutetium) |
|---|-------------|-------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| 1. <u>Paralichthys olivaceus</u> (ヒラメ) (flounder) | Muscle | 1.38 | 0.04 | 0.03 | 0.28 | 0.01 |
| 2. <u>Seriola quinqueradiata</u> (アフリ) (yellow tails) | Muscle | 2.38 | 0.14 | 0.07 | 0.39 | 0.01 |
| 3. <u>Engraulis japonica</u> (若セグロイワシ) (immature anchovy) | Whole body | 7.34 | 0.22 | 0.63 | 1.50 | 0.06 |
| 4. <u>Meretrix lusoria</u> (ハマグリ) (clams) | Soft part | 39.3 | 2.06 | 2.54 | 5.43 | 0.23 |
| 5. <u>Ulva pertusa</u> (アヲアサ) (green laver) | Whole frond | 39.1 | 0.77 | 0.97 | 1.67 | 0.24 |
| 6. <u>Sargassum fulvellum</u> (ホンダワラ) | Ditto | 22.3 | 0.54 | 1.78 | 0.97 | 0.26 |
| 7. <u>Undaria pinnatifida</u> (ワカメ) | Ditto | 3.70 | 0.09 | 0.30 | 0.61 | 0.09 |
| 8. <u>Hijikia fusiformis</u> (ヒジキ) | Ditto | 19.2 | 0.24 | 0.62 | 0.68 | 0.22 |

Table 12. Variation of bone uptake with dosage of ^{89}Sr : Effect of feeding different amounts of sodium alginate.

| Bone uptake | $\frac{\text{Expt.}}{\text{Control}} \times 100$ | | |
|---|--|--------------|----|
| | 1.4 (Drinking water) | 10 (Food) | 20 |
| % Alginate | | | |
| Dose ^{89}Sr /diet (μCi) | | | |
| 50 | 58 | 37 | 28 |
| 20 | 48 | 37 | 16 |
| 5 | 57 | 33 | 23 |
| 0.2 | 74 | 36 | 20 |

Table 13. Inhibitory effect of alginate on the intestinal absorption of radioactive strontium.

| Alginate from | ManUA/GulUA | % Inhibition (^{89}Sr) |
|------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Highly effective: | | |
| <u>Macrocystis pyrifera</u> | 2.37 | 80 |
| <u>Egregia menziensi</u> | 2.13 | 74 |
| <u>Nereocystis luetkeana</u> | 1.78 | 69 |
| <u>Alaria marginata</u> | 2.06 | 60 |
| <u>Laminaria digitata</u> | 1.99 | 60 |
| Moderately effective: | | |
| <u>Ascophyllum nodosum</u> | 2.77 | 58 |
| <u>Laminaria sp.</u> | 2.86 | 57 |
| <u>Pelvetia sp.</u> | 3.45 | 50 |
| <u>Nereocystis luetkeana</u> | 2.88 | 54 |
| Ditto | 2.30 | 44 |
| Least effective: | | |
| <u>Hedophyllum sessile</u> | 6.28 | 26 |
| <u>Laminaria sp.</u> | 5.12 | 34 |
| <u>Alaria marginata</u> | 6.48 | 3 |

れた⁵⁰⁾。

わが国では、最近 Mosanon (モザノン) と称し、アルギン (Na) を主剤とする農薬 (アルギン酸-Na 50%, 鉱物質微粉, カゼイン-Na, 分散剤, 展着剤等 50%) が市販されている。その 200~300 倍希釈液を

タバコの葉に散布することにより、人為的に TMV (タバコモザイクウイルス) 2 γ 含液を接種しても、その発病率を 90~96% 阻止するという結果が得られた⁵¹⁾。

アメリカなどでは、香辛料と混ぜた海藻粉末 (Macrocystis など) が振掛け用として販売されているが、日本では、アオノリ粉末などを振掛け用としている。また、アサクサノリやコンブ、ワカメ、ヒジキの加工品が多く市販されている一方、健康食品としてクロレラ、ヒジキ (Alkalon), ワカメ (Viva Natural)⁵²⁾ などの粉末も市販品として出されている。いずれも既に述べたような藻類の特質を強調して作った製品であるが、Viva Natural には藻体粉末ではなく、温水抽出物の乾燥粉末製品もある。

結 言

海藻には直接人体の栄養になる栄養素のほか、人体のもつ消化酵素 (腸内細菌のものは別として) では、少なくとも *in vitro* では作用を受けないような特殊多糖があり、それらは一般的にみて各藻門により構造の著しく異なるものが多い。しかし、これらは動物実験では、それぞれ特有な薬理効果をもっている。例えばフコイダン系硫酸多糖の抗高コレステロール水準効果を始め抗腫瘍効果、または抗血液凝固効果などである。

一方、水溶性の比較的低分子の化合物として、血圧降下能を示すアミノ酸、抗高コレステロール水準効果をもつペプチン類などがあり、アルカリやアルコール可溶性成分として沃素有機化合物や、広い作用スペクトルをもつ抗菌性臭素化フェノール化合物などが知られている。

このような諸事実を総合的に観れば、海藻は、適度にこれを用いれば人体にとって一つの健康増進能をもつ食品と看做さざるを得ない。また、陸上植物には発見できない特殊多糖やアミノ酸が既に発見されているのであるから、将来の研究により、多くの海藻成分の中からは、さらに人体や家畜家禽にとって有効な化合物が発見されるかも知れない。この意味で、海藻は工業分野のみならず医薬分野においても重要な対象物としてさらに根本的に見直す必要があるのではないかと思う。

引用文献

- 1) 宮下 章. 1974. 海藻. 法政大学出版局, 東京.
- 2) 近藤正二. 1964. 長寿と食習慣について. 石橋財

- 団, 東京.
- 3) 西澤一俊. 1976. 多糖類. 林 孝三編. 植物遺伝学: 核酸と生合成産物. 裳華房, 東京.
 - 4) PERCIVAL, E. and MCDOWELL, R.H. 1967. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides. p. 219. Acad. Press, New York.
 - 4a) 富士川龍郎, 中島克子. 1975. 褐藻におけるフコイダン様多糖の分布. 農化. 49: 455-461.
 - 4b) MORI, H., SASAKI, S.F. and NISIZAWA, K. 1977. Analysis of sugar constituents of brown algal polysaccharides in view of comparative biochemistry. Bull. Jap. Soc. Phycol. 25 (Suppl.): 169-187.
 - 4c) HIRASE, S. and WATANABE, K. 1972. Fractionation and structural investigation of funoran. p. 451-454. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
 - 5) 伊藤啓二. 1969. 海藻の遊離アミノ酸とペプチド. 日本産. 35: 119-129.
 - 6) 村上信二, 竹本常松, 鄭 然昌, 醍醐皓二, 高木信也. 1955. 海人草有効成分の研究 (第10報). α -アロカイニン酸について. 薬学雑誌 75: 1252-1257.
 - 7) 竹本常松. 1959. ドウモイ酸. 化学 14: 326-330.
 - 8) 竹本常松, 醍醐皓二, 高木信也. 1964. 海藻の降圧性成分に関する研究 (第1報). ミツシコンブの新成分 Laminine およびその他の塩基性成分. 薬学雑誌 84: 1176-1179.
 - 9) 竹本常松, 醍醐皓二, 高木信也. 1965. 海藻の降圧性成分に関する研究 (第3報). コンブ科海藻中の Laminine の分布調査. 薬学雑誌 85: 37-40.
 - 10) 阿部重信, 金田尚志. 1967. 水産物のシロネズミコレステロール代謝におよぼす影響に関する研究 VII. コレステロールの体分布とその排泄量におよぼすアサクサノリの影響. 1967. 日本産. 33: 1050-1056.
 - 11) ABE, S. and KANEDA, T. 1973. Studies on the effect of marine products on cholesterol metabolism in rats IX. Effect of betains on plasma and liver cholesterol levels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 391-393.
 - 12) ABE, S. and KANEDA, T. 1973. Studies on the effect of marine products on cholesterol metabolism in rats VIII. Isolation of hypocholesterolemic substance from green laver. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 383-389.
 - 13) ABE, S. and KANEDA, T. 1975. Studies on the effect of marine products on cholesterol metabolism in rats XI. Isolation of a new betaine, Ulvaline, from a green laver *Monostroma nitidum* and its depressing effect on plasma cholesterol levels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41: 567-571.
 - 14) 稲垣長典. 1947. 海藻の化学的利用に関する研究. 食料の科学 1: 194-195.
 - 15) TSUCHIYA, Y. 1969. Comparative hypocholesterolemic activities of marine algae. p. 747-757. In R. MARGALEF [ed.] Proc. VI Intern. Seaweed Symp. Subsecretaria de la Marina Mercante, Madrid, Spain.
 - 16) 金田尚志, 徳田節子, 荒井君枝. 1963. 水産物のコレステロール代謝におよぼす影響に関する研究 I. 食用海藻の効果. 日本産. 29: 1020-1023.
 - 17) 金田尚志, 荒井君枝. 1964. 水産物のシロネズミコレステロール代謝におよぼす影響 III. オオバモク脂質の効果. 日本産. 30: 589-593.
 - 18) 小林 毅, 長山英男, 和田せつ. 1975. ヒジキ中の新 activator フィトールによる腓エステラーゼ活性の促進. 農化. 49: 149-155.
 - 19) 入江 遠. 1969. 海藻の含臭素有機化合物. 日化. 90: 1179-1195.
 - 20) BHAKUNI, D.S. and SILVA, M. 1974. Biodynamic substances from marine flora. Botanica Marina 17: 40-51.
 - 21) MAUTNER, H. G., GARDNER, G. M. and PRATT, R. 1953. Antibiotic activity of seaweed extracts II. *Rhodolema larix*. J. Am. Pharm. Assoc. 42: 294-296.
 - 22) GLOMBITZA, K.-W., STOFFELEN, H., MURAWSKI, U., BIELACZEK, J. and EGGE, H. 1974. Antibiotica aus Algen. 9. Mitt. Bromophenole aus Rhodomelaceen. Planta Medica 25: 105-114.
 - 23) 斉藤 要, 鮫島宗雄. 1955. 海藻成分の抗菌性について (第3報). 農化. 29: 427-429.
 - 24) 蔵田一哉. 1976. 紅藻から単離した臭素化フェノール化合物の抗菌性について. 日本水産学会大会講演要旨, 下関, p. 106.
 - 25) 中島宜彦 (代理人), Chiba Ltd. (出願人). 1960. 新規な多糖類物質の製法. 特許公報, 昭 35-3098. p. 1-5.
 - 26) 木村 潤. 1941. 海藻中ニ含マレル血液凝固阻止物質ニツイテ. Acta Medica Hokkaidonensia 19: 427-436.
 - 27) HAWKINS, W. W. and LEONARD, V. G. 1958. The physiological activity of laminarin sulphate. Can. J. Biochem. Physiol. 36: 161-170.
 - 28) HAWKINS, W. W. and O'NEILL, A. N. 1955. The anticoagulant action in blood of sulphated derivatives of laminarin. Can. J. Biochem. Physiol. 33: 545-552.
 - 29) HONG, K. C., CRUESS, R. L. and SKORYNA, S. C. 1972. The effect of *Hypnea japonica* extract on bone metabolism in the rat. p. 566-568. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.

- 30) ABDEL-FATTAH, A. F., HUSSEIN, M. M. -D. and SALEM, H. M. 1974. Studies on the purification and some properties of sargassan, a sulphated heteropolysaccharide from *Sargassum linifolium*. *Carbohydr. Res.* 33: 9-17.
- 31) 阿部重信, 金田尚志. 1967. 水産物のシロネズミコレステロール代謝におよぼす影響に関する研究 VI. アサクサノリ中の有効成分の分別(2). *日水産.* 33: 361-366.
- 32) ITO, K. and TSUCHIYA, Y. 1972. The effect of algal polysaccharides on the depressing of plasma cholesterol levels in rats. p. 558-561. *In* K. NISIZAWA *et al.* [ed.], *Proc. VII Intern. Seaweed Symp.* Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 33) 中沢昭三, 黒田浩之, 安部史紀, 西野武志, 大槻雅子, 梅崎 勇. 1974. 海藻成分の抗腫瘍作用に関する研究(第1報). *Chemotherapy* 22: 1435-1442.
- 34) 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. *Chemotherapy* 24: 443-447.
- 35) 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3報). *Codium pugniformis* について. *Chemotherapy* 24: 448-450.
- 36) YAMAMOTO, I. and NAGUMO, S. 1973. Sarcoma-180 固型腫瘍に対するコンブおよび *Sargassum* の腫瘍阻止作用について. *日本癌学会総会講演要旨.* p. 1225.
- 37) ITO, H. and SUGIURA, M. 1976. Antitumor polysaccharide fraction from *Sargassum thunbergii*. *Chem. Pharm. Bull.* 24: 1114-1115.
- 38) WATANABE, Y. 1968. Harmful effects of nicotine can be prevented by intake of *Undaria*. Oral presentation at the general meeting of Nippon Dietetical and Foodtechnology Society (cited from the reference, 39).
- 39) TAKAGI, K. 1975. Seaweeds as Medicine. p. 321-325. *In* J. TOKIDA and H. HIROSE [ed.], *Advances of Phycology in Japan.* Gustav Fisher, Jena.
- 40) 金沢昭夫. 1963. 藻類のビタミン. *日水産.* 29: 713-731.
- 41) 和田常子. 1975. 海藻の研究法. p. 50-51. PO 出版社.
- 42) 下川洪平, 堀部信好, 寺町雅子, 森 仁. 1971. 食衛誌. 12: 330-332.
- 43) 鈴木浜治, 小柳 卓, 佐伯誠道. 1976. 海水中の希土類元素と海産生物による取り込みの研究. 放射線医学総合研究所特別研究, NIRS-R-5. 25-27.
- 44) SKORYNA, S. C., WALDRON-EDWARD and PAUL, T. M. 1965. Suppression of intestinal absorption of radiostrontium by substances occurring in Phaeophyceae. p. 395-404. *In* G. YOUNG and J. L. MCLACHLAN [ed.], *Proc. V Intern. Seaweed Symp.* Pergamon, London.
- 45) SKORYNA, S. C. and TANAKA, Y. 1968. Biological activity of fractionation products of brown marine algae. p. 737-746. *In* R. MARGALEF [ed.], *Proc. VI Intern. Seaweed Symp.* Subsecretaria de la Marina Mercante, Madrid, Spain.
- 46) SKORYNA, S. C., HONG, K. C. and TANAKA, Y. 1972. Effects of enzymic degradation products of alginates on intestinal absorption of radiostrontium. p. 605-607. *In* K. NISIZAWA *et al.* [ed.], *Proc. VII Intern. Seaweed Symp.* Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 47) TANAKA, Y., HURLBERT, A. J., ANAGELOFF, L. and SKORYNA, S. C. 1972. Application of algal polysaccharides as in vivo binders of metal pollutants. p. 602-604. *In* K. NISIZAWA *et al.* [ed.], *Proc. VII Intern. Seaweed Symp.* Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 48) PASKINS-HURLBERT, A. J., TANAKA, Y. and SKORYNA, S. C. 1976. Isolation and metal binding properties of fucoidan. *Botanica Marina* 19: 327-328.
- 49) 新鞍 宏編. 1976. アルギット農業実績発表全国大会発表要旨記録集. 全国アルギット農業推進協議会主催, 山口市.
- 50) JENSEN, A. 1972. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. p. 7-14. *In* K. NISIZAWA *et al.* [ed.], *Proc. VII Intern. Seaweed Symp.* Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 51) 山科裕郎. 1976. MOSANON 解説. 三菱化成工業, 東京.
- 52) 柳沢文正, 原 敏之. 1971. ササロンとアルカロン. 大衆医学社, 東京.
- 53) 遠山文雄. 1976. 健康管理のしおり. 海藻資源開発(株), 東京.