秋季藻類シンポジウム「海藻と健康の展望—大学研究室からの報告」講演 (2006. 11. 18)

小川廣男:現代の食事情における海藻の役割

はじめに

海藻, それは愛すべき植物であり, 日本人が魚介類と同じく身近にし, 親しんできた食材である。海藻の名は, 古くは大宝律令(701年)の賦役令に紫菜, 凝海藻, 海藻などがみられるが, 驚くことにこれらは今日の海苔, 寒天, 若布とほとんど同じ姿で見ることができる。

一方、ヨーロッパでは海藻を食する国としてはアイスランドやスコットランド等の北方の国々やフランスの名が挙げられる程度であり、東南アジアの国々においても海藻を常食するところはない。これらの国々の海藻に対する認識は、海藻そのものではなくアルギン酸やカラギーナンの原材料、もしくはタラソテラピー(アルゴテラピー)等のための入浴剤や化粧品の範疇である。したがって、海藻に対する世界の認識は私たち日本人と隔たりがあったことを最初に指摘しておきたい。さらに、我が国において海藻は食品としてのイメージが強いために、それ以外の利用にはほとんど関心がもたれなかった。食用以外では、漆喰や捺染、洗濯糊などにその専門家が特定の海藻を利用するに過ぎなかった。

このように海外における海藻の利用分野は、表1に示すように食品用、医薬用、工業用、化粧品用、農業用等々の多岐にわたり、そのものを食することよりもそれを原材料として取り扱う視点が顕著であり、日本人のそれはひたすら食材であったが、しかし最近はこの関係が逆転しているようである。すなわち、日本人にあれだけ身近だった海藻は、カンテン、フコイダン、レクチン、アガロオリゴ糖などの生理活性物質あるいは健康食品や栄養補助食品(ダイエタリー・サプリメント)の供給源・原材料として関心が高まると共に、医薬・健康・化粧品などの非食品分野にさまざまな産業を興し、しかし海外では日本食の見直しから海藻サラダなど食用海藻への関心が高まっている。

我が国のこのような海藻事情の変化あるいは新しい背景に 留意しながら,

- 1. 日本人の食文化と海藻
- 2. 食料自給率にみる日本の食事情
- 3. 食育と海藻
- 4. 今, なぜ海藻か
- 5. 海藻と健康
- 6. 成分と健康

に分けて、海藻の有用性を冷静に考えてみたい。

1. 日本人の食文化と海藻

生物は生きるために食べなければならない。我々の食物は, 植物性・動物性を問わず, すべてが他者の命であるから, 命

表 1 海藻の用途

用 途	実 例								
食品用	安定剤・接合剤、アイスクリーム、ゼリー、寒天・羊羹・心太、 デンプンの老化防止剤、増粘剤、乳化安定剤 (ビール用泡沫安定剤など)								
工業用	繊維用捺染糊剤、鋳物型剤、溶接棒添加剤、水処理用凝集沈降剤、 マイクロカプセル基剤など								
医薬用	X線造影剤用安定剤、歯科印象剤基剤、歯磨剤、嚥下補助剤、 DDC用カプセルなど								
化粧品用	保湿剤、原料基準記載品								
その他	肥料、飼料								

を戴いて生きているという認識が人間の食の原点である。

さて、ヒトが属する霊長類は原猿類と真猿類に分けられる。 原猿類のキツネザルはまだ肉食だが、ヒトに近いゴリラは植 物性食である。チンパンジーは雑食だが基本は果物食である。 持っている消化酵素から見ても、霊長類の頂点に立つヒトは 植物性食生物である。進化が進むほど霊長類は植物性食にな る。

ところで、牙もなく、足も遅く、平らな爪しかない、そん なヒトがなぜ今日, 生き物の頂点に立っているのであろうか。 1つの例がある。コアラは犬に吠えられただけでびっくりし て死んでしまうこともある弱い生き物である。そのコアラが 生き延びてこられたのは、ユーカリを餌に選んだからだとい う。ユーカリには毒があったり栄養価が低いなどの理由で他 の生き物には利用価値のない植物である。コアラは、そのユー カリをひとり占めして今日まで生き延びてこられた。しかし, 昨今紫外線が強くなりユーカリの木が枯れ続けると,今度は コアラの運命はユーカリと一蓮托生となってしまった。ユー カリを選んだコアラの祖先は、そのような事態になるとは思 いもよらなかっただろう。一方、ヒトは雑食の道を選んだ。 それは低緯度に起源を発したヒトが、その後、北へ北へと移 住したことに関係がある。イヌイットの人たちは完全な肉食 である。その間にある地域の食のバラエティーが食文化その ものある。ヒトは、住み着いた地域の気候風土に適応した食 の体系を作ったからこそ生き延びられたのである。

さて、日本の食文化は大局的にみれば魚食である。この花 綵列島の気候風土に適応した食の体系が魚食であり海産物を 食の中心にした和食である。コンブを産しない沖縄の地にコ ンブ文化が展開する必然性は、政治性以上に海産物に命を預 けてきた民族の歴史である。長い日本の海岸線は、私たちに 様々な海藻を与えてきたはずである。今日、生理活性物質の 供給源、あるいはサプリメントそのものとしてさまざまな海 藻が登場し、海藻由来物質が提供されるのも、そのような歴

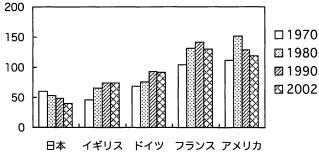


図1 主要先進国の食料自給率 (%)

史と地理条件に関係なしとはいえない。しかし、神餞の時代からノリ、ワカメ、コンブが選ばれ、今日までその関係に変化がないことは、むしろ食文化を考えるとき希有な状態であり、かつ食文化の保守的性格を意識せざるを得ない。私たち海藻に携わるものは、今日の利用海藻のバラエティーに目を奪われることなく、むしろ日本の海藻食文化は限られた種に支えられたからこその僥倖であることを、真剣に考える必要がある。

テクスチュアーは筆者の専門の一つではあるが、水気ばかりで呈味に乏しい海藻が味・匂いに並ぶ三大食要素の一つとして現代食文化において初めて認知されたテクスチュアーの魅力をその昔から保持していたとは考えにくい。その意味で、日本人にとってなぜ海藻かを考える前になぜノリなのか、なぜワカメなのか、なぜコンブなのかを後形質的海藻の歴史によらず、海藻そのものの必然性において考察すべきである。

2. 食料自給率にみる日本の食事情

いま、私たちの食に関する関心事は何であろうか。安全・安心、トレーサビリティー、保健機能、それとも健康増進であろうか。実は、これらは政府のそれとは異なる。2006年(平成18年)の『我が国の食料自給率とその向上に向けて-食料自給率レポート-』(1) に数字を求めてみると、国は食料の約6割を海外に依存する我が国の食料自給率の向上にやっきとなっていることが分かる。

人口 127,687,000 人 (2004年10月1日) の国は, 1999年 (平成11年) に食料の安定供給などを基本理念とした「食料・農業・農村基本法」を制定し、翌年これに基づいて策定した「食料・農業・農村基本計画」において、食料自給率の

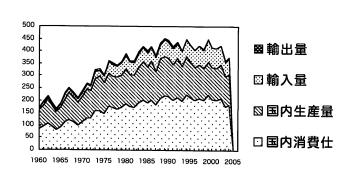


図2 海藻類の需要量等(千トン)

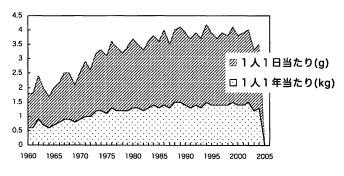


図3 一人当たりの海藻の消費量

目標を示し目標達成のために解決すべき課題まで提示した。 しかし、その後の自給率に変化はみられなかった。このため、 国は2004年3月に工程管理の手法を取り入れた「食料・農 業・農村基本計画」を策定し、旧計画の検証と反省から新た な目標の達成に向けた課題とそれをになう関係者の役割や具 体的な取り組み内容を明示した。政府、地方公共団体、学識 者、農業者・農業団体、食品産業事業者、消費者・消費者団体、 正に官民一体となって取り組まなければならない問題として 食料自給率の向上を位置づけたのである。

それでは、肝腎の自給率にどれほどの認識があるだろうか。 図1は我が国の供給熱量ベース(カロリーベース)食糧自給率が4割(2004年)に過ぎないことを示しているが、同年の生産額ベースでは70%、主食用穀物自給率では60%であるにも関わらず、飼料用を含めた穀物自給率は28%に過ぎない。これらの数字の裏には、国内産の高価格、コメの自給率95%(うち主食用100%)が隠れている。そのため主食用は100%だが、油や肉を供給するための飼料作物の自給率となるとわずか25%である。

さて、私たちの関心事である海藻類の需給数字をみてみよう(図2,3)。先の農林水産省の報告(1)では,2004年度(カッコ内の数字は2003年度)の国内生産量は12.0(11.8)万トン、輸入量は6.8(6.2)万トン、輸出量は0.3(0.2)万トン、国内消費仕向量18.5(17.8)万トン、1人当たり年1.3(1.2)kg、1日3.5(3.3)gとなっている。この食用海藻に限っても自給率は66(65)%である(図4)。海藻に親しみ毎日のように食する日本人として、この数字を大きいと見るか小さいと見るかには色々な考えがあろうが、1970年度(昭和45

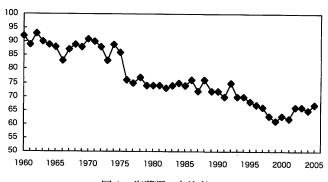


図4 海藻類の自給率(%)

年度)の自給率91%を最高に年々減少する数字の中に私は 日本人の**海藻離れ**を思うのである。

「海藻、それは愛すべき植物であり、日本人が魚介類と同じく身近にし、親しんできた食材である」と「はじめに」において述べたが、自給率65%という数字は主食用穀物自給率の60%、牛乳および乳製品の67%、鶏肉の69%に並ぶものであって、決して日本人と海藻の良好な関係を保証する数字とはなっていない(図4)。

世界に冠たるこの魚食国は 1984 年度(昭和 59 年度)の 100%を最後に今や自給率 49%の魚食国となりその国民は魚食難民となってしまったが、自給率 65%の海藻についても難民となってしまったことに気づいていない日本人は食用海藻をまだ美しく誤解していると云わざるを得ない。国民と政府の食料事情に寄せる関心事項の乖離はさて置くとして、その中にあっての海藻離れが語りかけるものは食に対する日本人の単なる知識離れではなく、日本人が正に食の知識難民あるいは食盲になりつつあることへの警鐘ではあるまいか。

食を取り巻く社会状況の変化にも目を向けなければならない。台湾と香港にコメを輸出していることをご存じであろう。今度は中国へコメを輸出するらしい(2006年10月29日報道)。そして、古米、古々米をアルコール醗酵の原料にも使うという。72.6万トンのコメを輸入し19.3万トンを輸出する国(2004年度)。の話しである。その前年度は、それぞれ95.7万トン、23.7万トンであった。その国の食は、食料供給の他に別の食事情を抱える。すなわち、

- 高齢化
- 少子化
- 世帯人数の減少

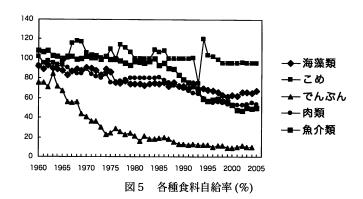
がもたらす食事情の変化である。今や高齢化社会は「化」が とれて高齢社会となり,少子化は政府・自治体による出産奨 励策を創出し,核家族が抱える不安の常在は短絡的な社会に おける云い知れない不安を想起させる。

このような社会生活環境の変化に加えて世代による嗜好の 多様化、健康への不安、さらには保健機能食品(特定保健用食 品と栄養機能食品)やさまざまな健康食品に過剰なまでの期待 がかけられる食事情は健全な状況とは云えない。ヒステリック な好奇心が、健康食品のブームを支え、保健機能食品や最近の カンテン需要の異常ブームを引き起こしていると思っているな らば、それは海藻難民の海藻に対する大きな誤解である。

3. 食育と海藻

日本人は何を食べているのだろうか。前章では食料自給率 に焦点を当てて、日本人が食についての大いなる難民であり、 まさかの海藻難民であることを指摘した。

食品には産地表示が義務づけられているが、自分の口に入る食品の産地を本当に理解して食事をしている人がどのくらいいるであろうか。先に上げた「食料・農業・農村基本計画」において国は「地産地消」を推奨するが、私たちには昔から**身土不二**という言葉がある。前章の食料事情のときと同様に



ここにも国民と国の認識に乖離が存在すると云わざるを得ない。国は「地産地消」について、これは地域の消費者ニーズに即応した農業生産と、生産された農産物を地域で消費しようとする活動であり、その活動を通じて、農業者と消費者を結び付けることによって地産地消を推進するとしている。つまり、生産者と消費者を結びつけることが食料自給率をアップさせることにつながるというのである。

一方、身土不二は、身体と環境は不可分とするもので、生まれ育った土地において収穫される季節の物を常食すれば、身体はその環境に無理なく調和することを教える。これは、きちんとした食生活をしていれば健康でいられるとする薬(医)食同源や薬食一如に通じるものである。換言すれば、居住する風土に根ざした伝統的な食生活を推奨する言葉である。これは何を意味するのであろうか。

世界各地からもたらされた食料によって季節を喪失した食品が日本にあふれている。我が国の然るべき土地柄で育まれた日本古来の食品は、もはや手にすることができないといってよいほど外国の風土に育った日本人のための食料が海を渡ってくる。海藻も例外ではない。特に三大養殖海藻のうちノリとワカメについては、規格、品質ともに甲乙付け難いほどの接近度・完成度を見せつけられるようになってきたことについては、これまでに海外において養殖方法や加工方法を指導なさった方々ですら驚きを隠さない。

このような食環境の変化の中にあって、望んでも身土不二は果たせず、唯一安価という点においてのみ自分を納得させるしかない日本であってよいのであろうか。現代日本人30~60歳代男性の3割が肥満であり、糖尿病の可能性が疑われる人は全人口の13%に及ぶ。さらに、過剰なやせ志向により20歳代女性の4人に1人がやせ過ぎであるといわれて久しい。成長期のこの偏った栄養状態や適正体重に満たない若い女性には将来の骨粗鬆症が心配される。このような状況を打開するために、2005年6月の第162回通常国会において食育基本法が制定されたのであるが、健全な食生活を実践するために必要な知識や意識を高めるための「食育」について、農水・文科・厚労の三省において良くいえばその特徴を生かした、悪くいえば連携のない取り組みの齟齬が早くも現れている。

そもそも食育基本法には、「食」をめぐる環境の変化の中で、 国民の「食」に関する考え方を育て、健全な食生活をするこ

表2 歴史的にみる海藻の用途

用途	海藻名
救荒食	ヒジキ,アラメ,エゴノリ(餓しん草)
医 薬	カイニンソウ, コンブ, アラメ, ハバノリ
祭 事	コンブ, ノリ, ワカメ, ヒジキ, アラメ, イギス,
	エゴノリ
贈答	ワカメ, コンブ, ノリ
肥料	アラメ,ホンダワラ
農薬	ホンダワラ、ソゾ、ハナヤナギ
建材	ホンダワラ, ツノマタ, ミル
糊料	フノリ, ツノマタ

とがもとめられるとともに、都市と農村漁村の共生・対流を進め、「食」に関する消費者と生産者との信頼関係を構築して、地域社会の活性化、豊かな食文化の継承発展、環境と調和のとれた食料の生産及び消費の推進並びに食料自給率の向上に寄与することが期待されている。したがって、食文化を維持・増進し、食文化を喪失してしまったものは再興し、地域とその生産物の関係をエビデンスを添えて理解しなければならない。その対象として、さして美味しくもなく栄養成分(分量)にも乏しい海藻が千年以上もの間食べ続けられている理由の解明は、その悠久の歴史とは裏腹に急務であると思う(表 2)。

4. 今. なぜ海藻か

海藻由来の物質にはいろいろな生理活性が知られている。例えば、抗腫瘍活性、抗ウィルス活性、抗菌活性、腸内細菌の改善、抗アレルギー活性、抗酸化活性、消臭作用、活性酸素消去作用、コレステロール低下作用、血糖値低下作用、血圧降下作用抗、アンジオテンシン I 変換酵素阻害作用、赤血球凝集素(レクチン)活性、プロスタグランジン産生能、紫外線吸収作用などである。ポリフェノールのみでもこの中の半数以上の効能を示すことが確認されているから、さらに魅力的である。

産業界においては、これらの機能に期待して、未利用資源から生理活性物質を得て医薬品・化粧品のみならず食品や農薬などの分野に利用するための試みがなされている。その一部は各種サプリメントや特定保健用食品として商品化もなされているが、多くの場合その利用形態は生物体を粉末にして基材に添加する乱暴なものである。そのため、物質としての生理活性機能や作用は確認されてはいるものの商品としての効能が明確に確認できるものは多くはない。そこで、安全性(Safety)・効能の科学的根拠(Evidence)・作用機作(Mechanism)の確認とその抽出・精製を容易ならしめる方法が確立できるならば、その基礎研究のみならずその利用を大きく推進することが可能となる。

ところで、ここで一つ指摘しておきたい。資源となる海藻が備えていなければならない条件は、それが普通に見られる 海藻であり、かつ潜在的に資源量が期待できるもののうち有 用性が確信できるものである。海藻に関わる者として、海藻 のスクリーニングによる物質探索の果てに化学合成で終焉を 迎えるようなこと, あるいは根こそぎの乱獲によってブームを終えるようなことには耐えられない。

近年になって,腫瘍誘因物質の一つである一重項酸素(活性酸素)を生体内酸化カスケードにおいて消去する強力な抗酸化活性や抗腫瘍活性が,ビタミンEの数百倍もあることを示すことが確認されたカロテノイド類のうち,陸上植物には見られないフコキサンチンやルテインおよび未利用状態にある多様な海藻カロテノイド類のことが話題になる。しかし,産業においていかに期待できるものであっても,海藻の生活環,海藻の文化,海藻食文化を脅かす開発に組みすることはあってはならない。その上で,今まさに,上述のごとき可能性を持つ海藻の利用が期待できよう。

5. 海藻と健康

健康食としての海藻の効能はすでに多くの紹介がなされているので、ここではおさらいにとどめる。

まず、食用海藻の種類と生産量を『海藻資源』(大野正夫氏の統計)(2) に求めると、世界中では、221 種類の海藻が何らかの形で利用されている。その内訳は、アオノリやヒトエグサなどの緑藻が32種、コンブやヒジキなどの褐藻が64種、アマノリやオゴノリなどの紅藻が125種である。紅藻と褐藻の約半数の種類は、アルギン酸やカラギーナンあるいはカンテンなどのゲル化能を有する粘質多糖類の原藻として供されているが、工業的に利用される種類は限られている。他に、医薬用として24種、家畜の飼料や肥料に25種が利用されている。

一方、海藻の生産量については、その52%が養殖により生産される(内訳は緑藻74%、褐藻82%、紅藻22%)。また、養殖量の90%は日本、中国、韓国の三国で占められ、コンブ、ノリ、ワカメ、オゴノリがその主要海藻となっており、養殖海藻は食用海藻であるといっても差し支えない。世界に目を転じると、海藻生産量は日本、中国、韓国にフランス、イギリス、チリを加えた6カ国でその90%を占める。利用される海藻も、褐藻ではコンブ属、マクロキスティス属、ワカメ属、紅藻ではアマノリ属、オゴノリ属、マクサ属、さらにツノマタ属やキリンサイ属を擁するスギノリ目の海藻が中心となっている。このように、221種類とはいうものの産業規模で利用される海藻の種類は限られていることも、陸上植物に見られない特徴である。

次に、海藻の用途としてはそのまま食す食用はもとより、そのしなやかさの元となる粘質多糖類の性質に起因するものが多い。海藻の主要多糖類は、次の3つである。また、その用途は表3にまとめた。

- 1) アルギン酸: コンブ科 (Laminariaceae) や巨大海藻の レッソニアなど褐藻類から得られる。
- 2) カラギーナン: 紅藻類のツノマタ属 (Condrus) やキリンサイ属 (Eucheuma) から得られる。
- 3) カンテン: テングサ科 (Gelidiaceae) やオゴノリ科 (Gracilariaceae) などの紅藻から得られる。

次に海藻の成分について述べる前に、分析技術が格段に向

表3 三大海藻多糖類の用途

	主な原藻	供給国	用 途				
アルギン酸	Lessonia Macrocystis Ecklonia (カジメ) Laminaria Durvillaea	チリ アメリカ 南アフリカ 北欧 中国 オーストラリア	食品用:増粘・乳化安定剤 ビール用泡沫安定剤 栄養機能食品 工業用:繊維用捺染糊剤 溶接棒添加剤 水処理用凝集沈降剤 マイクロカブセル基剤など 医薬用: X線造影剤用安定剤 歯科用印象基剤など				
	Ascophyllum	ノルウェー, カナダ	化粧品用:原料基準記載品 肥料,飼料				
-	Ascophyllum Chondrus ocellatus など	大西洋沿岸 (カナ	肥料,阿科				
	(ツノマタ類)	ダ, ヨーロッパ)	食品用:安定剤				
カ -	Kappaphycus alvarezii	フィリピン	結着剤				
ラギ	Eucheuma denticuratum	タイ	アイスクリーム増粘剤				
1	(キリンサイ)	インドネシア	ゼリーなど				
1+	Gigartina	チリ					
1,	(スギノリ属)	アルゼンチン	医薬用:カプセル剤				
1	Iridaea	ブラジル	歯磨剤など				
	(スギノリ科ギンナンソウ属)	ペルー					
		スペイン, ポルトガ					
	Gelidium elegans	ル, モロッコ, 韓国,	食品用:寒天,羊羹,心太				
1	(マクサ)	日本、メキシコ、イ	デンプンの老化防止剤				
ŀ		ンドネシア	増粘剤				
	Gelidium pristoides	南アフリカ	特定保健用食品など				
カンテン	Gracilaria vermiculophylla (オゴノリ)	チリ、アルゼンチン、ブラジル、ベルー、トルコ、日本、 韓国、中国、台湾、フィリピン	工業用:鋳物型材など 医薬用:歯科用印象基剤 嚥下補助剤				
	Furcellariaceae	デンマーク (カナダ	DDC用カプセルなど				
	(ススカケベニ科)	産)					
	Porphyra haitanensis (埴紫菜)	中国	化粧品用:保湿剤				

上した結果,検出限界が ng (10-9g:ナノグラム), pg (10-12g: ピコグラム) にまで上がっていることについて言及したい。すなわち,含有量がその生理・薬理・医学効果を期待できない程度の極めてわずかなものであっても,その存在の報告があれば,私たちはその成分に何らかの効果を求めたりあるいは危険視してしまう傾向がある。このことにまず注意をしなければならない。

さて、食品成分は、分類の仕方によって枠組みが変わる。 食品化学的には、水分、炭水化物、脂質、タンパク質、灰分 の5成分を一般成分という。3大栄養素という場合は、糖質・ 脂質・タンパク質を指す。5大栄養素は、これにビタミンとミ ネラルが加わる。さらに、食物繊維が加わって6大栄養素とな る。表4に科学技術庁資源調査会の「五訂日本食品標準成分表」 から抜き出した「のり」、「こんぶ」、「わかめ」、「ひじき」の化 学成分を示した。これらを例に一般成分について略述する。

1) タンパク質: 乾燥重量当たりで比較するとノリはタンパク質が例外的に 40%もあるが、一般的には 10%前後である。湿重当たりに換算するとノリの他は 1%程度になってしまうため、海藻がタンパク質源として期待されることはないが、ノリのタンパク質を酵素で分解して得られるオリゴペプ

チドが血圧降下作用を示したという報告があり、健康補助食品として商品化されてもいる。

- 2) 炭水化物:海藻の炭水化物は乾物当たり 50%前後であるが、存在する部位によって
- a) セルロースやキシラン, マンナンなどの細胞壁をつくる構造多糖類
 - b) デンプンやラミナランなどの貯蔵多糖類
- c)海藻に特徴的なヌラヌラの成分であるアルギン酸(コンブ酸)やカラギーナン、カンテンなどの細胞間粘質多糖類の三つに分けることができる。海藻に期待されるサプリメントの効果は、含有量からみても構造多糖類と細胞間粘質多糖類が分類される食物繊維が筆頭であろう。その食物繊維は、干しのりでは炭水化物の約81%、まこんぶ(素干し)では約44%、わかめ(素干し)では約79%である。食物繊維は陸上植物にも豊富であるが、海藻には、近年注目されている水溶性食物繊維が著量含まれている。

なお、アルギン酸は分子量数十万から数百万の高分子であるが、D-マンヌロン酸からなる M ブロックと L-グルロン酸からなる G ブロック、あるいは交互の D-マンヌロン酸と M ブロックと L-グルロン酸からなる MG ブロックによって構成され、この構造が物性以上に薬理効果に関わる。

また、カラギーナンはカゼインと結合しやすいため、乳製品の粘度調整等に用いられる。カラギーナンは、2つのガラクトースが単位となって、D-ガラクトース、3,6-アンヒドロ-L-ガラクトース、硫酸エステルのついたガラクタンなどの混合化合物で、基本的に0.125 M カリウムイオンによりゲル化する κ -カラギーナン、ゲル化しない λ -カラギーナン、カルシウムイオンによってゲル化する ι -カラギーナンの三種類がある。分子量は数十万から数百万の高分子であるが分子量10 万以下(粘度5 mPa·s以下:水の粘度の5 倍程度)のものは潰瘍を引き起こす例が知られているため、国連食糧農業機関 (FAO) では、1 日当たり70 mg以下/kg体重を勧告している。

カンテンは D- ガラクトースと、3,6- アンヒドロ-L- ガラクトースからなるアガロースとよばれる中性ガラクタンとアガロペクチンとよばれる酸性ガラクタンが混合したもので、熱可逆ゲルを形成する。最大の特徴はゲル化する温度と加熱溶解する温度の差が50℃にも及ぶことである。このゾルからゲルへ、ゲルからゾルへの転移温度の違いを利用してバラエティーのある菓子作りを可能としている。ゲル化能はアガロースの方が強く、両者の割合の違いがカンテンの性状に反映している。

3) 脂質:海藻の脂質は数%以下で、湿重当たりに直すとさらにその十分の一以下になってしまうので、栄養学的には考慮されてこなかった。しかし、陸上植物と比べてオレイン酸やリノールさん等の不飽和脂肪酸やアラキドン酸やエイコサペンタエン酸(EPA)などの高度不飽和脂肪酸の割合が高く、また糖と脂質が結合したジガラクトシルジアシルグリセロール(DGDG)のような貝類の付着忌避や摂食誘因に関

						1444	70477470		HP 100 E	, _, -	<u> </u>					
		i				無	無機質						食	食		
	水	た	脂	炭	灰		カ	カ	マ	リ	鉄	亜	銅	1		塩
		ん		水		 	リ	ル	グ			1		コレ	物	相
		ぱ		化		リ	ウ	シ	ネ					ステ		当
		<		物		ウ	ム	ウ	シ					ㅁ	繊	量
	分	質	質		分	ム		4	ウ	ン		鉛				
									4					ル	維	ì
食品名	g	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	g	g
ほしのり	8.4	39.4	3.7	38.7	9.8	610	3,100	140	340	690	10.7	3.7	0.62	21	31.2	1.5
まこんぶ、素干し	9.5	8.2	1.2	61.5	19.6	2,800	6,100	710	510	200	3.9	0.8	0.13	0	27.1	7.1
乾燥わかめ,素干し	12.7	13.6	1.6	41.3	30.8	6,600	5,200	780	1,100	350	2.6	0.9	0.08	0	32.7	16.8
ほしひじき	13.6	10.6	1.3	56.2	18.3	1,400	4,400	1,400	620	100	55.0	1.8	0.18	1	43.3	3.6

表4 養殖海藻の一般成分(可食部 100 g 当たり)

(科学技術庁資源調査会編,2000,五訂日本食品標準成分表からの抜粋)

係する糖脂質も見つかっている⁽³⁾ ため、新たな利用の研究 が期待されるが、日々摂取する食品としての栄養効果におい て海藻の脂質を過大評価する理由はない。

4)海藻の灰分:海藻の灰分は、生育土壌のミネラル環境に影響される陸上植物と違って、ミネラルの宝庫といわれる海水の良好なミネラルバランスを反映している。含有率も乾重当たり10~30%近くあり、ミネラルの供給源ないしは補助材として極めて優れている。その一方で、ヒジキなどはヒ素等の重金属を特異的に高率で含有しているため、食品衛生学上の見地から、輸入禁止とする国々がある。

コンブ, ワカメ, ヒジキのヒ素含有率は, それぞれ湿重1 g 当たり 92.2, 41.3, 138.2 μg である (4)。海藻に含まれる 主要なヒ素化合物はアルセノシュガーである(5)が、周知の 通りヒジキは無機態のヒ素を顕著に含む 60。塩見らはマウ スを使った代謝実験で、アルセノシュガーの経口投与と静脈 投与によってほぼ100%が2~3日の短時間で体外に排泄 されることを報告している(7)。また、Hanaoka らは、天然 ヒジキと煮熟処理済みの市販ヒジキについて水に浸ける前と 後のヒ素含有量を計測して、天然ヒジキでは乾物1g当たり 浸漬前 231.0 µg, 浸漬後 96.5 µg, 市販ヒジキでは同浸漬前 123.5 µg, 浸漬後 9.3 µg と, 浸漬することによってヒ素量 は半分以下になることを報告している(8)。しかし、無機態ヒ 素の許容量として、フランスと同様に乾物基準で3 ppm 以 下としているフード・ケミカル・コーデックス三訂(アメリ カ国立食品栄養研究審議会編 1981) に照らすと、ヒジキの 総ヒ素のうち約 $15\sim50\%$ が無機態の亜ヒ酸 AsO_3 やヒ酸 AsO₄ であるとしても、許容量の3 ppm を大きく超えてしま う。歴史的事情もあるがオーストラリアでは、1 ppm の魚介 類規制を海藻に準用しているのでもはや絶望的である。この ような状況では、摂取したヒ素はすべて排泄されることが分 かっていても、その反応機序を化学的に解明しない限り海外 の納得は得られない。

6. 成分と健康

海藻成分以上にその機能についても多岐にわたる有用例の報告があり、これまでの日本海藻協会のシンポジウムにおいても度々取り上げられていることはご承知の通りである。したがって、ここでは海藻そのものに視点をおき健康の関わりに限って話しを進める。

これまでの食物繊維に代わって、近年はフコイダン(モズク抽出物)やフノラン(フノリ抽出物)の生理活性機能が注目されているが、食物繊維の有益性の指摘は、食事中の食物繊維の多寡による食物の腸内通過時間と糞便量の違いを調査した1972年のBurkittの報告から始まるもので、そう古いことではない。わずか30年あまりで食物繊維は過去の興味になった感があるが、この間、はたして数々ある食物繊維の効能に比べて私たちの利用回数や摂取量は高まったであろうか。確かに海藻サラダはポピュラーな食品にはなったが、食物繊維のその効能ほどには摂取量は伸びていないようである。日本の食事情の項で紹介したように、1人当たりの年間粗食量は2004年度(平成16年度)概算値で1.3(1.2)kg、1日3.5(3.3)gに過ぎず、効能が功を奏して摂取量が伸びたとは思えない数字である(カッコ内は2003年度確定値)。海藻ブームは幻だったのであろうか。

生理活性物質に関する近年の関心の高まりは、特別なものがある。その背景として、産業界においては高付加価値を生み出す医薬・農薬・化粧品等への関心、あるいは高純度を実現するファインケミカルの発展と相まって、安心感のある生物由来の新規有効物質への根強い待望論がある。加えて、生活習慣病の発症を遅延させ、健康寿命を延ばし、QOL(生活の質)を改善する予防医学の視点が登場した。すなわち、食を通して生体機能の維持・回復・向上が図れる可能性が示されるや、国民の間にはタンパク質、脂質、糖質、ビタミン、ミネラルの五大栄養素に続く第6番目の栄養素として異常なまでの関心を集めたカンテン、すなわち食物繊維に代表されるような食品の第三次機能への期待があった。

ミネラル	アオサ	ヒジキ	アラメ	ツノマタ
カリウム (K)	5815	2276	889	2483
カルシウム (Ca)	557	591	641	1745
ヴァナジウム (V)	4.12	1.27	0.03	3.86
クロム (Cr)	2.48	0.42	0.45	2.54
マンガン (Mn)	1.56	3.78	0.35	16.6
鉄 (Fe)	156	6.95	7.15	36.2
コバルト (Co)	2.52	-	0.08	0.71
ニッケル (Ni)	0.08	0.28	0.12	0.88
銅 (Cu)	1.58	0.22	2.81	1.59
亜鉛 (Zn)	17.0	3.90	7.18	28.1
ヒ素 (As)	1.94	20.9	1.58	97.3
セレン (Se)	0.48	0.11	0.08	0.81
モリブデン (Mo)	0.66	-	0.24	0.99
ョウ素 (I)	-	33.2	105	43.2

表 5 海藻 4 種のミネラル分析 (PIXE 法:プラズマ誘導 X 線放射分析)

(Kazutoshi Nishizawa: SEAWEEDS KAISO, Japan seaweed association, Tokyo, 2002, p.59)

今日,第三次機能をになう食品は厚生労働省の認可を必要とする「特定保健用食品」と認可審査を必要としない「栄養機能食品」とに分類され、めまぐるしい消長を繰り返すほどに大きな産業分野に発展している。しかし、生物由来の経口物質が「サプリメント」の名の下に各種の栄養補助剤が無批判に芥のように生まれては消えている現状は、食を通じた国民的予防医学からみて斯界の持続的発展の上からは好ましいものではない。医薬品は薬事法によって厳しく管理統制されているが、健康食品や機能性食品には法令上の明確な定義がないことも扇動的な流通市場の形成に働いているといえなくもない。

そこで,この分野の健全な発展を妨げている要因を考察してみる。

第一に物質としては抽出方法ならびに精製方法の確立の遅れがその物質に関する基礎研究を妨げ、そのため量的な保証の欠如が神話的効能の流布を許している

第二にその物質の供給源である生物自体に関する生活環(ライフサイクル)や生息環境との関係における分布や資源としての生産量などの知見の欠如が前述の第一の問題を許している。

食物繊維は、腸内滞留中に種々の生理作用を提供する。以 下に現在知られている食物繊維の生理作用について記す。

- a) 便性改善・便秘予防(結果的に大腸ガンや痔疾の予防につながる)
- b) 膨満効果・肥満予防 (満腹感による過食防止が期待できる)
 - c) 血圧降下作用・高血圧の予防
- d) 血清総コレステロールの低下・動脈硬化の予防, 胆石 予防
 - e) 大腸ガンの予防
 - f) 血糖値の上昇抑制効果・糖尿病予防
 - g) 腸内細菌の活性化・免疫力の向上
 - h) 海藻のミネラル

食用海藻としてはヒ素の問題があるので海藻のミネラルについて若干解説する。人が生きてゆくために必要な元素を必須元素とよび,11の元素からなる必須常量元素(水素 H,炭素 C,酸素 O,

窒素 N, カルシウム Ca, リン P, イオウ S, カリウム K, ナトリウム Na, 塩素 Cl, マグネシウム Mg) と 15 の元素からなる必須微量元素 (鉄 Fe, 亜鉛 Zn, 銅 Cu, セレン Se, マンガン Mn, クロミウム Cr, ヨウ素 I, フッ素 F, ヒ素 As, ホウ素 B, モリブデン Mo, ニッケル Ni, ケイ素 Si, バナジウム V, コバルト Co) とがある。必須常量元素は人の体重の 99%を占め,96%の主要元素 (H, C, N, O) とそれを除いた 3%の準主要元素に分ける。

過剰摂取または欠乏による疾病が問題となるのは、体重の 1%に満たない必須微量元素によるものである。必須微量元素は、各種酵素の活性中心に取り込まれ触媒機能を司るため、 微量であっても重要な働きをしており、これを欠くと適正な 成長や健康あるいは正常な代謝を維持できず、他の元素で代 用できないため不足すれば欠乏症を発症する。したがって、 含有量はわずかであっても、確実に各種の微量元素を含有す る海藻は、必須微量元素の供給源として重要である。

無機成分から、水素、炭素、窒素、酸素を除いたものをミネラルというが、海水はミネラルの宝庫である。海水中のミネラル元素の量は地球規模で見ればそれぞれほとんど一定であるが、海藻はその種類に応じて、選択的かつ能動的に海水中のミネラルを吸収している。また、その吸収量には季節変動が伴うので、直接藻体を利用する際は、海藻のそのような特徴を考慮する必要がある。

表4の無機質をみると、わかめとこんぶにはナトリウムとカリウムが、干しのりには亜鉛とリンが、ヒジキには全般に無機成分の多いことが分かる。このように海藻のミネラルは、種によってその含有バランスが大きく違うために利用の仕方によっては、ミネラル供給源になる。

海藻食の欠点は、1回の食事で大量に食することができないことである。これを補うためには1回の量はわずかであっても継続的な摂取が有効である。また、濃縮ないしは含有量の多い部分を集めたサプリメントの利用も考えられる。

必須元素は日々の食事ないしあらゆる食品が共通に持っているものである。したがって、水分の多い海藻に期待される効果は、微量元素に求めるべきであろう。その中でも、海藻の濃縮作用によって高められたミネラルに着目すべきである。

ョウ素や近年注目されているセレンや亜鉛はその例である。

i) 海藻のビタミン

海藻はビタミンとミネラルに富んだ食品とされている。ともに 1 日当たり数 mg 以下の少量でも健康や恒常性の維持に効果がある。しかし、ミネラルと違ってビタミン類は可食部 100 g 当たりの比較に注意する必要がある。たとえば、保蔵状態の良いアマノリ(のり)のビタミン C(PA) にないをいたせば、その量を強調するべきではない。干し海苔は、野菜や多の海藻と比べるとビタミン C は確かに多いが C においても同様である。干し海苔のレチノール(ビタミン C においても同様である。干し海苔のレチノール(C (C (C) においても同様である。干し海苔のレチノール(C (C) においても同様である。干し海苔のレチノール(C (C) においても同様である。干し海苔のレチノール(C (C) においても同様である。干し海苔のレチノール(C) においても同様である。

j) 海藻の生理活性物質

生理活性物質とは、生物の生命活動を助長、制御、維持する化学物質と定義されることが多い。しかし、海藻は体に良いとされてはいるが伝承的に利用されてきたものが多いだけに、健康の維持や増進に関わる成分を特定することに遅れをとってきた。近年、食品の第一次機能(生命を維持するための栄養機能)と第二次機能(食事を楽しむための味覚機能)に続く第三次機能(免疫力の増進機能や抗酸化作用などによる生理調整機能)の重要性が指摘されるにつれ、病気にならないように健康を維持する予防的観点から食と健康を考える「セルフメディケーション」が注目されると、以下で触れるように海藻の成分についてもその効能や機能の解明が飛躍的に進んできた。

k) 種々の生理活性

海藻由来の物質には種々の生理活性が認められている。たとえば、抗腫瘍活性、抗ウィルス活性、コレステロール低下作用、抗菌活性、抗酸化活性、プロスタグランジン産生能、赤血球凝集素 (レクチン) 活性、アンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害作用等々である。具体例としては、テングサの一種であるオバクサのタンパク質に血糖値抑制効果が認められている (9)。オバクサからはまた、レクチンが抽出されている (10)。

1) 外線吸収物質

オゾン層の破壊による紫外線の地表到達量増加の影響は、地球環境の問題にとどまらず、南半球高緯度諸国においては皮膚がん患者の増加となって現実のものとなりつつある。特に、増加の激しい UV-B(320~280 nm)については、十数年前からその農作物に対する影響が調べられている。

海洋においては、減衰する紫外線量は予想に反して1m当たり20%に過ぎないこと明らかとなり、一次生産者の海洋 微細藻類に対する紫外線の影響が研究の対象になってきた。

ひるがえって、人に対する紫外線量増加の影響は、病理学 的には研究例があるものの日常生活に直接関係する衣食住の 視点からの研究は乏しい。その原因一つに、紫外線発生制御の高度な技術にもかかわらず、紫外線防御物質にその適当なものが少ないことが挙げられる。ことに、人に対する安全性が保証されなければならない医薬、食品、化粧品については、 TiO_2 や ZnO_2 のような金属化合物やパラアミノ安息香酸 (PBAA) 誘導体やベンゾフェノン誘導体などの有機化合物が選択できる工業生産物にない制約が多く存在する。そのため、生物由来の、特にその存在が分かっている海産植物を中心とした海産生物に抽出源としての期待がかかる。

近年、太古の時代から強い太陽光線に晒される海藻には紫外線吸収物質が存在していることが確認され、自己防御的なシステムが備わっていることが知られてきた。たとえば、紅藻類のツノマタなど、自身の中に紫外線吸収物質を多量にもつ。この物質の仲間の一つであるパリシンは、その濃度の増加とともに紫外線による海藻の生育阻害を防御することがわかっている(II)。そのような紫外線吸収物質は身近な海苔にも存在が認められているが、これを食した時の人におけるその機能は現在のところ不明であるが、食品の保健機能が注目される今日、生物由来の紫外線吸収物質の存在は大いに注目してよい。

m) アガロオリゴ糖

1990年には、食物繊維の抗癌機能が評価されて、アメリ カの国立癌研究所を中心としたガン予防のためのプロジェク ト(デザイナードフーズ・プロジェクト)で食物繊維に富む 食品が推奨されているのだが、一体、抗癌機作がそんなに単 純なものであろうか。最近、そのような疑問に対する解答が 出始めている。その一つがアガロオリゴ糖である(12)。アガ ロオリゴ糖は弱酸下で寒天を煮ると容易に得られる。また胃 酸の雰囲気下でも塩酸による加水分解で生成する。このアガ ロオリゴ糖が, 腫瘍の増殖や転移を助長する一酸化窒素 (NO) の体内発生を抑制するという。一酸化窒素は血管内皮の透過 性を上げることにより、腫瘍の増殖や転移に関与することが 分かっている(13)。一般的に糖鎖は化学的に不活性であると 思われがちであるが、アガロオリゴ糖は非還元末端にガラク トース残基をもつため肝細胞などに容易に吸収されてさらに 分解され、直接的にはその化合物が一酸化窒素合成酵素の遺 伝子発現を抑制することによって, 一酸化窒素の生体内産出 を抑えることも分かっている(12)。

以上,海藻の成分と健康について述べてきたが,健康食品として認知するために必要な要件として海藻成分にも次の三点が保証されなければならない。

- 1) 有効性
- 2) 安全性
- 3) 説明性

換言すれば, 上記番号に対応して,

- 1) 臨床結果に統計的有意差があること
- 2) 食経験があること
- 3) 作用機序が解明されていること

のいずれかを欠くと、その信頼性が根拠を失うことになる。

おわりに

今,日本人の食に関する関心は、食の安全と機能であろう。昔から「栄養があること、安全であること、おいしいこと」が食の三要素といわれ、最近では、食物繊維やポリフェノールなどを例として食機能をその要素に加えているようである。私は、むしろ「団欒」を加えている。

健康は食習慣に左右される。食の安全は成分だけの問題ではない。世界中から食材が集まる日本の食品は、郷土に根ざした食品とは違う危険性を秘めている。また同じものを食しても、おいしさの程度、栄養の吸収量、食する量、それぞれに1人ひとりが異なる。その事情を知って食事を作り、戴くことがかしこい食の選択だが、誰も教えてはくれない。そのようなとき、自然に行動を促してくれるのが食文化であり、伝統である。豊かな食文化があれば、コアラのような危機に陥ることはないはずである。

私たち日本人にとって、食文化とは何かを考えるとき、海藻は必ず登場する。しかしその時登場する海藻は、アマノリ、ワカメ、コンブ、加えてもヒジキ程度では寂しいが、かといって奇をてらった海藻をもちだす必要もない。食文化と海藻産業は分けて考える健全さが必要であろう。

参考文献

- (1) 農林水産省総合食料局食料企画課 2006. わが国の食料自給率と その向上に向けて.
- (2) W. L. ゼンケ・ホアイト・大野正夫 2001. 世界の有用海藻資源,

海藻資源 6: 21-26.

- (3) K. Sakata et al. 1989. Agric. Biol. Chem. 53: 1457-1459.
- (4) 安達修一ら 1980. 食衛誌 21: 13-17.
- (5) Edmonds, J. S., Francesconi, K. A. & Stick, R. V. 1993. Arsenic compounds from marine organisms, Natural Products Rep. 421-428.
- (6) Edmonds, J. S., Morita, M., & Shibata, Y. 1987. Isolation and identification of arsenic-containing ribofuranosides and inorganic arsenic from Japanese edible seaweed *Hizikia* fusiforme, J. Chemm. Soc. (Perkin Trans1): 577-580.
- (7) Shiomi, K, Chino, M., & Kikuchi, T. 1990. Metabolism in mice of arsenic compounds contained in the red alga *Porphyra yezoensis*, Appl. Organomet. Chem. 4: 281-286.
- (8) Hanaoka, K. *et al.* 2001. Arsenic in the prepared edible brown alga hijiki, *Hizikia fusiforme*. Appl. Organomet. Chem. 15: 561-565.
- (9) 西沢一俊 1993. 海藻と成人病予防. 研成社, 東京. pp. 183.
- (10) 山田信夫ら 1999. 東海大学海洋研究所研報、静岡. 20:85-92.
- (11) 牧野 愛・鈴木 稔・矢部和夫 1999. 海洋生物におよぼす紫外線の影響 3. エゾツノマタから得られた紫外線吸収物質 palythine の作用について. 藻類 47: 173-177.
- (12)加藤郁之進, 佐川裕章 1999. 海藻食物繊維による癌リスク軽減. 藻類 48: 13-19.
- (13) Chin, K. *et al.* 1997. Introduction of vascular endothelial growth factor by nitric oxide in human glioblastoma and hepatocellular carcinoma cells, Oncogene 15: 437-442.

(東京海洋大学海洋科学部食品生産科学科食品保全機能学講座 〒108-8477 港区港南4-5-7)