HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	副次産物に含まれる健康食品，医薬，医療，美容用品関連素材
Author(s)	高橋，是太郎
Relation	水産資源の先進的有効利用法 ： ゼロエミッションをめざして / 坂口守彦，平田孝監修．(ISBN: 486043093X)．pp．67-76．
Issue Date	2005
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48578
Type	journal article
File Information	NTS_takahashi.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

第1節

副次産物に含まれる健康食品，医薬，医療，美容用品関連素材

Abstract

イカの皮およびミール，秋サケの生殖巣，ホタテガイ外套膜，キヒトデの内臓などの未利用・低利用成分について，高付加価値利用方途として，細胞分化誘導補助剤，脳卒中予防剤，マクロファージ活性化剤，人工皮膚，変異原性物質の捕捉フィルター，抗菌性フィルム，化粧品材料，細胞培養基質など，非常に多様な形態を候補としてあげることができる。

1．はじめに

水産系副次産物を利用していくうえで，目指す方向が4通りある。すなわち，①需要が少量しか見込めなくても，高付加価値化を目指す方向，②付加価値は低くても，量的に大きな消費が見込めるものを目指す方向，③付加価値が高く，量的にも大きな消費が見込める医薬，医療用品のような形態を目指す方向，そして，④健康食品を目指す方向である。しかし，③はヒトに対する介入試験による確かな効果の証明，確かな安全性の証明，厚生労働省の認可に対する考え方など，越えるべきハードルがきわめて高く，現実には事業化が困難な場合が多い。これに対して健康食品はいわゆる背丈に応じた申請が可能であり，医薬品よりは事業化しやすいといえる。①の例としては化粧品，②の例としては食品や飼料，③の例としては既に巨額市場を形成しているエイコサペンタエン酸（EPA）エチルエステル製剤がある。

本節では消費量および副次産物（廃棄物）発生量ともに多い代表的水産物として，イカ，ホタテガイ，サケを取り上げる。紙面の都合上断片的にではあるが，それらの加工中に副生してくる部位・組織中に含まれている有望成分の食品・健康食品，医薬品，医療用品，美容用品への応用を試みている例について紹介する。また漁業被害が地域の大問題に発展している，ヒトデ（キヒトデ）の有望高付加価値成分についても触れる。ヒトデについては既にコンポスト化，肥料化，また一部は飼料化のプラントが稼動しており，それについては第3章第12節で詳しく述べられているので，参照されたい。

2．イカ皮，イカミール，および遡上サケの筋肉および精巣に豊富なドコサヘキサエン酸結合型リン脂質

ドコサヘキサエン酸（DHA），EPA，アラキドン酸は高度不飽和脂肪酸と呼ばれる。高度不飽和脂肪酸の組織への取り込みは，リン脂質（PL）のほうがトリグリセリド（TG）よりも優れているといわれている[1)]。これに加え，水分が主体を成す複合・混合系である“食品”においては，親水基と疎水基双方の原子団をもつPLは，食品中に容易に分散させることができる。よってDHA結合型TG（DHA-TG）含有食品よりもDHA結合型PL（DHA-PL）含有食品のほうが，DHAの有用機能とされる抗アレルギー性，抗炎症性，抗認知障害性，抗高血圧性，抗糖尿病性，抗腫瘍性，血液性状改善性に優れることが予想される。事実これらに関する

特許が最近みられるようになってきた。このようなPLのTGに対する優位性を考えると，DHA-PLに富むイカの皮やミール，未利用魚卵などの有用性が改めて注目される。遡上サケの筋肉および精巣の脂質中にもDHA-PLが多い。これらのPL中のDHAやEPAは*sn*-2位に結合していると考えられている。

2.1　制ガン補助食品・健康食品，医薬品としてのドコサヘキサエン酸結合型リン脂質

2.1.1　ガン細胞の分化誘導

日頃われわれは食事を通じていろいろなカロテノイドやレチノイドを摂取している。レチノイドの一種であるレチノイン酸には白血病ガン細胞を顆粒球に分化させて，無秩序な増殖を抑える作用があるが，その働きは必ずしも十分ではない。*in vitro*試験の結果，*sn*-2位にDHAを結合したPLは，レチノイン酸の細胞分化誘導作用を濃度依存的に促進し，脱ガンすなわちガン細胞の分化を促すことが知られている。例えばNBT（ニトロブルーテトラゾリウム）還元能をヒト前骨髄性白血病細胞（HL-60細胞）の分化の指標にした場合，DHA-PC（ホスファチジルコリン）およびDHA-PE（ホスファチジルエタノールアミン）は，レチノイン酸を取り込んだHL-60細胞のNBT還元能を有意に向上させる。これに対して*sn*-2位のDHAがオレイン酸やリノール酸（LA）に置き換わると，その効果が消失することが報告されている[2]。また**表1**[2]のように，遡上シロザケ精巣より分離したDHAに富むPLとジブチリルcAMPを併用した場合にも，濃度依存的にHL-60細胞のNBT還元能の上昇が認められる。

DHA-PLはHL-60細胞のような浮遊性のガン細胞のみならず，固着性のガン細胞に対しても細胞分化誘導性物質に対する促進効果が認められる。例えば結腸ガン細胞（Caco-2細胞）においても，酪酸ナトリウムによる細胞分化を促進する（**図1**）[2]。酪酸ナトリウムは腸内細菌によって食物繊維からも生成されるので，DHA-PLが大腸ガンの抑制に貢献できる可能性がある。ただし，*in vitro*の試験結果ではCaco-2細胞に対して比較的強い細胞分化誘導促進効果をもつのは，DHA-PS（ホスファチジルセリン）型のPLである。そこでホスファチジル基転移反応によって，あらかじめPCをPSに変換しておくことが望ましいと考えられる。

DHA-PLの制ガン機作については多くの推察があるが，DHA-PLの細胞分化誘導促進作用に加えて，細胞周期をG_1期からS期に移行させるときに働くc-*myc*遺伝子にも影響を与えて，ガン細胞の増殖を抑制していることが示唆されている[2]。

2.1.2　ガン顕在化物質の産生抑制[3]

制ガン食品成分といえば，キノコ由来のグルカン，海藻のフコイダン，ポリフェノール類がよく知られている。グルカンおよびフコイダンの制ガン作用様式は，免疫システムの活性化によるものとされる。またポリフェノールは活性酸素種による遺伝子の損傷や組織の炎症を抑えることにより，発ガンやガンの進行を抑制するためと考えられている。このような作用機作に対し，DHAやEPAをはじめとするn-3系高度不飽和脂肪酸のガン抑止作用は，細胞膜に取り

表1　ジブチリルcAMPによるヒト前骨髄性白血病細胞（HL-60細胞）の分化に及ぼすシロザケ精巣リン脂質（DHA結合型ホスファチジルエタノールアミン）の影響[2]

処理	NBT還元能（%）
ジブチリルcAMP（100 μM）	11.6 ± 1.1
ジブチリルcAMP＋シロザケ精巣ホスファチジルエタノールアミン（10 μM）	22.2 ± 1.9
ジブチリルcAMP＋シロザケ精巣ホスファチジルエタノールアミン（25 μM）	34.0 ± 3.9
ジブチリルcAMP＋シロザケ精巣ホスファチジルエタノールアミン（50 μM）	42.9 ± 1.1

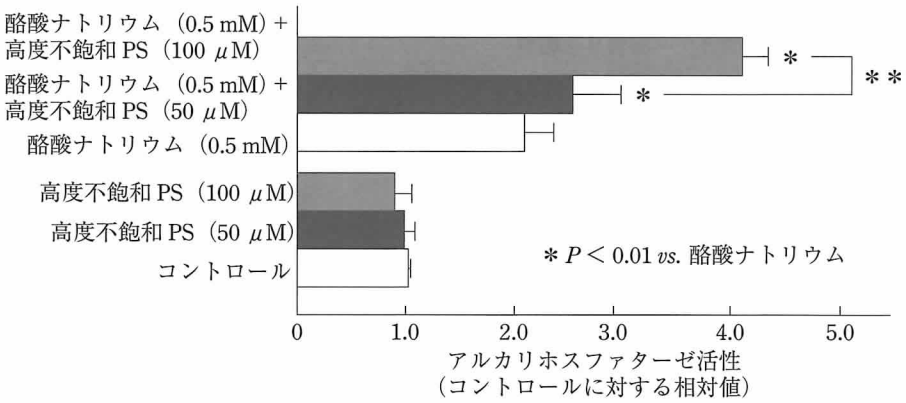


図1　ヒト結腸ガン Caco-2 細胞の分化に及ぼす DHA 結合型ホスファチジルセリンと酪酸ナトリウムの併用効果[2)]

込まれたn－3系脂肪酸がn－6系脂肪酸のアラキドン酸（AA）と置き換わり，AA由来のプロスタグランジンE_2（PGE_2）や炎症性エイコサノイドの産生を低下させることに由来するといわれている。すなわち炎症が連続的になるとガンが顕在化するが，炎症性エイコサノイドの産生を回避することによって，これをある程度防ぐことができる。またPGE_2は血管新生,ガン細胞増殖刺激，抗腫瘍免疫抑制活性を有するので，このエイコサノイドが過剰産生されないようにすることが，ガンの進行抑止に繋がるとされている。この他，炭素鎖の鎖長延長酵素や不飽和化酵素が働く際に，DHAやEPAがLAと拮抗して，LAがAAに合成されるのを阻害する。またPGE_2および炎症性エイコサノイドの合成酵素である，シクロキシゲナーゼを阻害することも，ガンの抑止に関係していると考えられている。このような働きをもつDHAやEPAがPLの形態をとることによって，速やかにしかも持続的に細胞膜に取り込まれ，効果的にガンの顕在化を抑止する作用機作が推察されている。

2.1.3　リポソームの経口摂取による大腸ガンの抑制

PLは親水基と疎水基を同一分子内にもつことから，水中では疎水基が水を嫌ってリポソームと呼ばれる球状小胞になる。生イカ（マイカ）の皮100 g中には0.3～0.5 gのPLが含まれており，そのうちの30%前後をDHA-PLが占めている。イカPC：イカPS（イカPCからホスファチジル基転移反応により誘導）を4：1に混合してリポソームを調製し，Colon 20大腸ガン細胞を植え付けたBALB/cマウスにリポソームを飲ませつづけると，腫瘍の増大を抑制することが認められた[4)]。動物実験の結果がそのままヒトにも期待できるとは限らないが，注射によるマウスの線維芽肉腫腫瘍に対する顕著な増大抑制[5)]や先のガン細胞分化誘導促進能と併せて考えると，ヒトにおいても大腸ガン抑制効果を期待できる可能性は高いと思われる。

2.2　高血圧患者用脳卒中予防素材

脳卒中易発ラット（SHR）にDHA-PLを豊富に含むイカミールPLやイカ皮PLを経口投与すると，明確な脳卒中予防効果が認められる（**図2**）[6)]。すなわちPLではあっても，卵黄PLのように分子内にDHAをごく少量しか含まないPLや，分子内にDHAを含んでいても，TG形態であっては脳卒中予防効果はない。唯一DHA-PLの形態をとる場合にのみ，脳卒中予防効果が発現している。このことから高血圧症患者の脳卒中発症リスクを低減させる食品・健康食品，医薬品への展開が期待され，今後介入試験によるヒトでの効果の確認が強く望まれる。

2.3　細胞の柔軟性賦与

魚油を食すると血液粘度が低下し，血液がさ

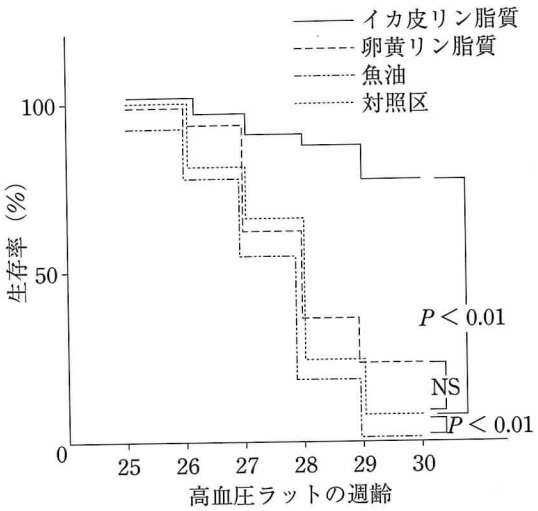
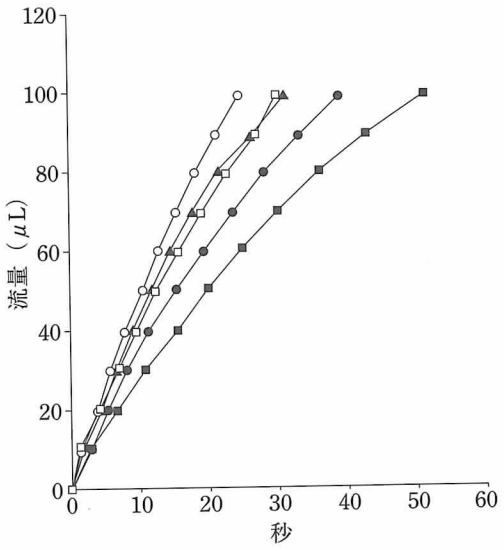


図2　イカPLを含む餌料の高血圧ラットに対する脳卒中防止効果[6]



■PL未処理赤血球，●大豆PLで処理，▲河川遡上シロザケ♂の筋肉PLで処理，○シロザケの白子のPLで処理，□イカ肝臓の膜（袋）のPLで処理。＊：日立原町電子工業Bloody5A使用

図3　各種PL処理したヒト赤血球の人工毛細血管モデルの通過速度[8]＊

らさらになることがよく知られている[7]。このとき血漿には粘度変化がないことから，粘度低下の主因は魚油TG中のEPAやDHAによる，血球の変形能の向上によるものといわれている。DHA-PLを豊富に含む水産PL各種を，インキュベートによってヒト赤血球に取り込ませ，その変形能改善効果を調べた。その結果，水産PLはいずれも大豆PLよりも優れていることが確かめられた（**図3**）[8]。先にも述べたように，DHAやEPAの機能を速やかに，かつ持続的に発揮するには，TG形態よりもPL形態のほうが優れていると考えられることから，食餌性PLによる血液性状改善が期待できる。DHA-PLがなぜ血球変形能を改善できるのかについては研究が進んでいないが，結果として細胞骨格を柔軟にしていることは確かである。このことから，次に述べる小腸上皮細胞モデルの細胞間経路（上皮細胞間の隙間を通る吸収形態で，タイトジャンクションと呼ばれる）においても，DHA-PLが上皮細胞の細胞骨格に影響を与えていることが推察される。

2.4　機能性物質に対する吸収促進

小腸上皮細胞モデル[9]を用いて水産PL，およびその中の主たる機能性PLであるDHA-PL合成物の，タイトジャンクション開閉への影響を調べた。その結果，タイトジャンクションから流出した蛍光試薬（ルシファーイエロー）量は，水産PL処理群のほうが大豆PL処理群よりも多く，タイトジャンクションを開ける作用が大豆PLよりも強いことが示唆された（**図4**）[10]。あらかじめそれぞれのPLを初期酸化させておいてから同じ実験を行っても，この関係が変わらないことから，タイトジャンクションの開口度は，PLの酸化度には依存しない作用機作であると考えられる。先の2.3項で水産PLが何らかの作用機作で細胞骨格に働きかけて，その変形能を高めていることを推察した。小腸上皮細胞においても水産PLが細胞骨格に働きかけて，タイトジャンクションを開けていることが推察される。タイトジャンクションの開閉とリポソームの通りやすさとは直接関係ないが，冒頭でも述べたように，経口投与されたPLは一部が分子構造を保ったまま血中に現れ，比較的長時間にわたって血漿中に存在しつづけることが強く示唆されている[11]。そのため何らかの形態で，PLがタイトジャンクションからも透過吸収されることは考えられることである。今後の研究が期待される。

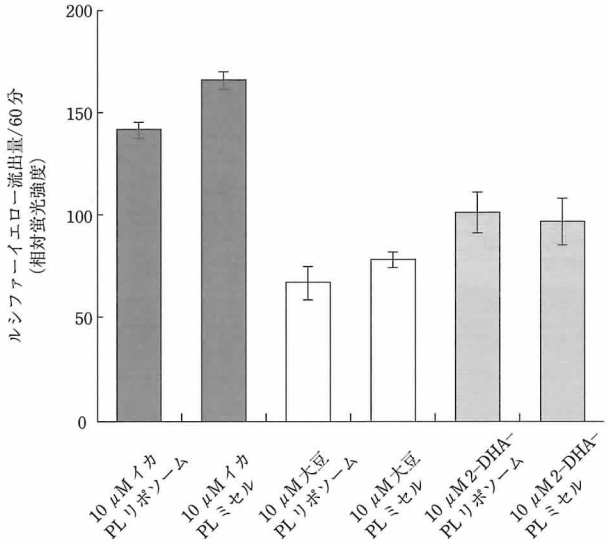


図４　小腸上皮細胞モデルにおける PL リポソームの吸収促進性[10]

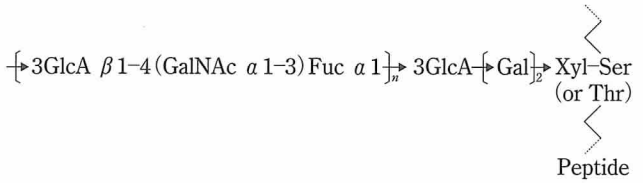
2.5　将来展望

わが国の健康食品産業は現在１兆円市場といわれる。米国が既に４兆円市場であることから，わが国も２兆円までは伸びる潜在性があるといわれている[12]。最近カプセル形状はもとより，錠剤形状までもが食品として認められるようになった。水産 PL はその機能性さえ認知されれば，カプセルにして高付加価値商品として販売できる。さらに元来が水にも油脂にもよく混和できることから，疾病予防あるいは免疫賦活訴求型の持続的な発展を望める新規食品の候補の一つとして，“明らか食品”にも展開可能なものと期待される。国内においては，肥満や糖尿病，コレステロールなどをターゲットにした，薬理効果を標榜する商品の著しい成長がみられる。健康志向が高まるなか，抗腫瘍目的の商品が，今後の健康食品市場において注目される可能性もある。DHA-PL や EPA-PL を豊富に含む水産 PL は多様な有用機能をもち，かつ安全性が高く（リン脂質形態のリンはリンの過剰摂取になりづらい），もっとも“つぶしの利く”素材の一つであるといえる。

3．イカ墨汁嚢に含まれる抗腫瘍性ペプチドグリカン

青森県産業技術開発センターと弘前大学医学部の研究グループは，アルゼンチンマツイカ（*Illex argentinus*）のイカ墨汁嚢に含まれる制ガン物質の本体が，特異な構造をもつムコ多糖-ペプチド複合体（**図５**）[13]であることをつきとめた。この物質は熱に強い点でも注目される。現在使用されている制ガン剤は，ほとんど例外なく副作用をともなう。しかし，アルゼンチンマツイカに含まれている抗腫瘍性物質は従来の制ガン剤とは異なり，免疫能を高める（マクロファージを活性化誘導する）ことによって抗腫瘍効果を発揮することが，同研究グループにより明らかにされている。BALB/ｃマウスの線維芽肉腫では注射によって著効を示し，多くのマウスが完全治癒に至る。しかし，アルゼンチンマツイカの墨汁嚢は小さく，まとまった量を確保することがむずかしいことが大きなネックになっている。またヒトのガンの大半を占める，カルシノーマへの効果についてはいまだ不明である。

中国では多様な病気にイカ墨が効くことが昔



Fuc：フコース，GlcA：グルクロン酸，GalNAc：N–アセチルガラクトサミン，
Xyl：キシロース，Gal：ガラクトース，Ser：セリン，Thr：スレオニン，
Peptide：ペプチド鎖

図5　イカ墨汁嚢に含まれる新規多糖構造を有する抗腫瘍性ペプチドグリカンの構造[13]

から知られており，漢方の『中薬大辞典』などにその効能や使用法が記載されている。このような歴史的背景もあり，中国の山東医科大学では「海墨特液」として既に臨床試験に入っている。

4．サケ白子DNA

秋サケの最大の商品価値は卵巣にあり，卵巣をとった後は新巻その他に利用される。このとき卵巣以外の内臓や鰓が廃棄物として発生する。一方，オスは内臓や鰓に加えて白子が大量に発生する。白子すなわち精巣は生殖巣であるがゆえにDNAが濃厚に含まれており，DNAドリンクなどに利用されてきた。最近はPCRキットの試薬に用いられるなど，ドリンク以外の高付加価値利用方途の開発も積極的に行われている。一般にDNAは鎖長を長く保ったままでの抽出精製が困難をともない，現在も鋭意研究が進められている。鎖長の長いDNAを大量に生産できれば，その利用価値は計りしれない。1990年代半ばにDNAのナトリウム塩とアルギン酸ナトリウムを混合し，ごく薄いシート状に流し込んだ後，塩化カルシウムで固めてアルギン酸フィルムにする技術が開発された[14]。薄いシート状に流し込む際に硝酸銀溶液をあらかじめ加えることによって，抗菌シートを作製できる。**表2**に示したように，DNAを入れて作製したアルギン酸フィルムは銀の保持量が約5倍も多く，DNAを入れずに作製したアルギン酸フィルムよりも明らかに抗菌性能が優れている。よってDNA–アルギン酸フィルムの医療分野への応用が期待される。

一方，DNA–アルギン酸フィルムはDNAを含むがゆえに，フィルター状に加工することによって，エチジウムブロミドのごとき変異原性がきわめて強い物質を，インターカレーション（DNAの塩基対の間に薬物などがざっくりと刺し込まれること）で容易に補足できる。このような特性は環境水や空気中の微量変異原性物質の定量に適している。すなわち一定体積の試験液もしくは気体を，DNAフィルム（DNAフィルター）に通過させた後，そのフィルムから変異原性物質を抽出・定量すれば，大量のサンプル処理が容易になる。一般に環境水や空気中の変異原性物質の量は極微量なので，従来は大量のサンプルからの濃縮操作が避けられず，多数の検体の分析を困難にしてきた。

気体用のフィルターとしては，ダイオキシン除去率90%を謳ったサケ白子DNA含浸空気清浄機用フィルターが既に製品化されている。

表2　銀イオンキャリアとしてのサケ白子DNAの有無の違いによるアルギン酸フィルム周辺の微生物阻止円の大きさ（mm^2）[14]

	銀イオン含浸アルギン酸フィルム	銀イオン含浸DNA結合アルギン酸フィルム
銀イオン（μg）	4.21	21.7
E. coli	89	226
S. aureus	387	708

5．サケコラーゲンおよびホタテガイ外套膜コラーゲン

水産物から得られるコラーゲンのことを，マリンコラーゲンあるいは海洋性コラーゲンと呼んでいる。給源になる組織は皮，鱗，骨，軟骨，外套膜，フィッシュソリュブルであるが，フィッシュソリュブルからは繊維状にはならない熱変性したコラーゲンしか得られない。マリンコラーゲンの特徴としては，変性温度が低いことがあげられる。そのためヒトの体温下で熱変性によって繊維化せず，しなやかな構造体を維持でき，保湿性が高くなると考えられている。また，冷蔵，冷凍下での保水性に優れており，冷凍食品を解凍，再凍結を繰り返した際のドリップ防止にも有効とされている。

5.1　医療への応用の試み

5.1.1　創傷被覆材としてのサケ皮コラーゲンとイカ骨のキチン

現在，仔牛のコラーゲンをカニのキチンシートにラミネート（薄く積層）したものが，創傷被覆材（人工皮膚）として利用されている。創傷被覆材が具備しなければならない性質としては，細菌の侵入を防ぎながら，水蒸気や浸出液を適度に出すことが求められる。またある程度の強度も必要である。その点，イカのキチンシートは破裂強度などが高いにもかかわらず，柔らかいという優れた性質を有している（**表3**）[15]。一般にキチンは生体防御に関わるタンパク質（リゾチーム）の産生を促進する働きがあり，生体ともよくなじむが，イカキチンはさらに水蒸気の通過性やシートへの成形のしやすさも，カニのキチンより優れている。創傷被覆材はゆくゆくは自分自身の皮膚に置き換わる。イカのキチンシートにサケ皮コラーゲンをラミネートしたものは，これまでの仔牛コラーゲンを用いた人工皮膚と比べても遜色なく，良好な皮膚細胞の定着をみることができる（**図6**）[15]。カニよりも劣る点は，小口で分散している原料の集荷の問題であろう。

表３　キチンシートの性能比較[15]

	固さ	破裂強度 (kP・m²/g)	破断長 (km)	米坪 (g/m²)
イカβ-キチンシート	12	6.9	6.9	21.9
カニα-キチンシート	66	3.8	7.1	21.9

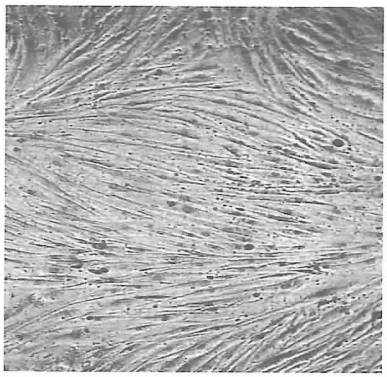


図６　サケ皮コラーゲンをイカのβ-キチンにラミネートした創傷被覆材に定着したヒト線維芽細胞（８日目）[15]

5.1.2　細胞培養用サケコラーゲンゲル

北海道留萌市にある水産会社では，17℃と低い変性温度を有するサケ皮コラーゲンが，低温で急速に線維化することに着目し，細胞増殖が早く，細胞をより高密度に培養できる，細胞培養用のゲルを産学連携で共同開発した。サケ皮由来タイプⅠコラーゲンは体温付近の37℃では不安定になる欠点があったが，修飾技術によりこれを克服し，製品化に至っている。緻密なコラーゲン線維上で培養できるので，より生体に近い環境下での増殖・分化に関する研究に向いているといわれる。このゲルはコラゲナーゼを用いることにより，ゲルを消化させて細胞のみを残すことができるので，継代培養に都合がよいといわれる。

5.1.3　関節の痛み防止および緩和用サケ頭部軟骨由来タイプⅡコラーゲン

一方，北海道根室市のある水産会社では，氷頭と呼ばれるサケ頭部の軟骨よりタイプⅡコラーゲンとコンドロイチン硫酸を同時抽出し，サプリメントとして製品化している。タイプⅡ

コラーゲンまたはコンドロイチン硫酸の単一・高純度品ではないので，医薬品にはなっていないが，症状緩和目的に使用されている。

5.2　ヘアケア製品への応用の試み

ホタテガイ外套膜は“ヒモ”と呼ばれ，北海道だけでも年間3万t前後発生している。サケの皮よりも発生量がきわめて多く，発生量の季節変動もはるかに小さい。既にヒモ取り機（**図7**）が多くの事業所に導入されており，ホタテガイ外套膜の分離は容易にできる状況にある。現在のところ，ヒモは発生量のごく一部が受注生産的に釣り餌，あるいは珍味に加工されているに過ぎない。このためヒモ取り機の減価償却すらままならない事業所が少なくない。ごく最近，ホタテガイ外套膜コラーゲンペプチドがキューティクルの傷んだ髪の毛を，部分的に修復する効果に優れていることを示唆する発表がなされた（**図8**）[16]。一般に海洋性コラーゲンは，サケの皮由来のものでさえ生臭さの問題が残るが，ホタテガイ外套膜コラーゲンには生臭さがほとんどなく，この点でも優位性がある。最大の難点は収率の低さにあったが，北海道立水産試験場により解決の目処がついて，権利化の見通しになった。目下，ホタテガイ外套膜コラーゲンスポンジの性能評価が行われており，フェイシャルパックや高齢者用歯周マトリックス構築補助用途への応用が検討されている。

図7　ホタテガイ外套膜の自動分別機（自動ヒモ取り機）（口絵参照）

6．ヒトデ（キヒトデ）の有望高付加価値成分

先に述べたように，ヒトデによる漁業被害が年々深刻化している。駆除のために水揚げされる量は，北海道だけに限っても年間2万t近くにも及ぶ。とくに大量に水揚げされる道東地域では，水揚げされたヒトデのほとんどすべてを土壌改良材（コンポスト）および肥料（第3章参照），一部は水産餌料にまで加工している。これによって道東地域では生ゴミとしての処理費用が軽減した。しかし，漁業者が加工処理費用を一部負担していることに変わりはない。増える一方のヒトデ駆除のためだけに，出漁・水揚げをますます強いられる状況（**図9**）にあっては，早急にその経費的負担を軽減しなければ

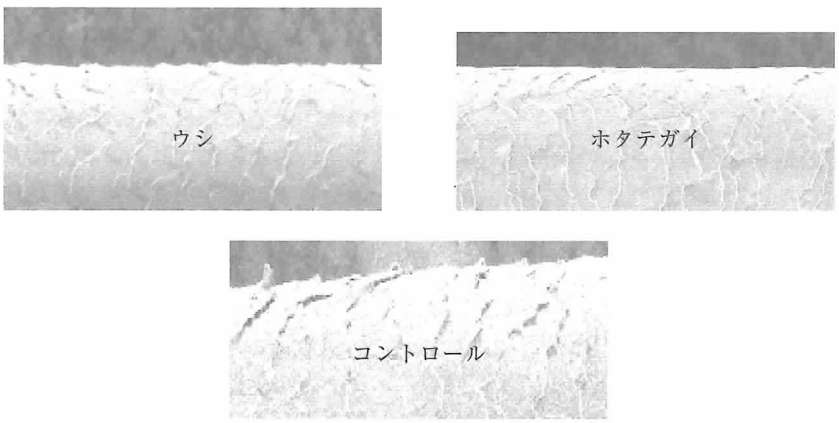


図8　ホタテガイ外套膜およびウシそれぞれのコラーゲンペプチドで修復した痛んだ髪の毛の表面（×600）

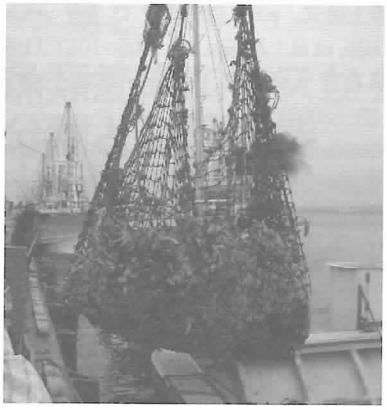


図９　根室港におけるヒトデ（キヒトデ）の水揚げ駆除（口絵参照）

ならない。もっとも抜本的な解決法は，ヒトデの中に付加価値の非常に高いものを見いだし，それを製品化することである。ヒトデにはガングリオシドのごとき制ガン医薬品になりうるものが含まれていることが一部には知られていたが，その絶対含有量は少なく，利用への道は現実的とはいえない。むしろ注目すべきはグルコシルセラミドである。その量は全内臓湿重量100ｇ当たり0.5ｇ前後，生殖巣湿重量100ｇ当りた0.3ｇ前後にも及ぶ（ただし，外皮が体重の80%前後を占める）。ちなみにグルコシルセラミド（セレブロシド）のキログラム単価は，純度４%前後のものでも末端価格20～30万円といわれている。著しく高価な理由は給源からの収率の低さにある。現在給源となっているのは米ぬか，小麦粉，コンニャクイモなどであるが，微量しかとれない。使用用途としては美容ドリンクや保湿性化粧品があげられる。その他，ヒトデには皮膚の保湿効果で知られるジアシルグリセリルエーテルも全内臓湿重量100ｇ当たり150 mg前後含まれているので，２種類の化粧品原料を同時に得られる優位性がある。化粧品の場合は臭気の残存が少しでもあると商品価値を失うので，得られたものの臭気の程度が事業化への現実味を決定づけるものと思われる。ヒトデからのグルコシルセラミドやジアシルグリセリルエーテルの抽出にあたり，最初に問題となったのは海水に由来する多量の塩分と，強靭な外壁の微細切化であったが，効果的な粉砕機（第３章第12節の図５）が開発されて，この点は解決された。

7．おわりに

サケ頭部軟骨からコラーゲンとコンドロイチン硫酸を同時抽出した例に限らず，複数の有効成分が相まって，より効果的に有用機能を発揮できる例は多い。例えばイカのゴロ（肝膵臓）油にはDHA，EPAともに著量含有されており，双方の健康性機能が補完しあう優れたサプリメントや場合によっては医薬品にもなりえる。しかし，市場（消費者）は単品の純度にこだわるあまり，DHA製品を標榜するときには，原料に共存するEPAは純度を落とす存在にしかなりえない。反対にEPA製品を標榜するときは，DHAが純度を落とす存在になる。とりわけ医薬品を目指す場合には，きわめて高い単一純度が求められる。そのため原料中にもともと共存していた場合であっても，まずはそれぞれの成分を分離して純度を高度に上げ，しかる後にそれらを再び混合して，医薬品にしなければならないという不合理性が生じる。水産系副次産物には多くの有用機能性物質が共存しており，単一機能性成分の利用を図っても採算が合わず，抽出残滓すなわち二次副次産物の利用が新たな課題となる場合が多い。このことから水産系副次産物の多段利用を図るプロセス設計の成否が，廃棄物減量化の決め手になることは明白である。プロセス設計の指針としては，付加価値がもっとも高いものの抽出をまず初めに行い，その抽出残滓から順次付加価値が高い順に抽出を進め，最後の残滓は肥料や土壌改良材にするのが一般に合理的であろう。しかし，現実には得られた個々の有価物の既存製品との価格競争がきわめて厳しく，市場性を精査した総合的な採算性の判断の適不適が成否を決める。

【参考・引用文献】

1）V. Wijendran, et al.：*Pediatr. Res.*, 51, 265-272 (2002).
2）細川雅史，他：水産機能性脂質，㈱日本水産

学会監修水産学シリーズ，p.146（2004）.
3）S.C. Larsson, et al.：*Am. J. Clin. Nutr.* 79, 935−945（2004）.
4）高橋是太郎，他：水産機能性脂質，㈳日本水産学会監修水産学シリーズ，p.174（2004）.
5）A.Fujimoto, et al.：*Fish. Sci.*, 68, 1639−1640（2002）.
6）井上良計：*New Food Industry*, 43（1），22−26（2001）.
7）藤田孝夫，他：水産食品と栄養，㈳日本水産学会監修水産学シリーズ，p.63（1984）.
8）高橋是太郎，他：リン脂質，機能性脂質のフロンティア，シーエムシー出版，p.125（2004）.
9）清水　誠，他：食科工，48（9），643−649（2001）.
10）眞鍋信一郎：北海道大学大学院水産科学研究科修士論文，p.64（2004）.
11）C. Galli, et al.：*Lipids*, 27, 1005−1012（1992）.
12）食品と開発編集部，食品と開発，37（3），22−25（2002）.
13）H.Matsue：Food Factors for Cancer Prevention, Springer−Verlag, pp.331−336（1997）.
14）K.Kitamura：Nucleic Acid Symposium Series（37），Oxford University Pressm, pp.273−274（1997）.
15）高井光男，他：平成6年度共同研究報告書「海洋生物コラーゲンを利用した機能性膜の開発」，産学官共同研究課題番号5，pp.20−35（1994）.
16）申　鉉日：平成16年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集，p. 16.

〈高橋是太郎〉