



Title	大学におけるゼロエミッション研究
Author(s)	高橋, 是太郎; Takahashi, Koretaro
Description	特集 水産物のゼロエミッション ー課題と展望ー 1. 各機関, 団体における取り組み 1.2
Citation	冷凍, 84(975), 11-17
Issue Date	2009-01-15
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/42704">https://hdl.handle.net/2115/42704</a>
Type	journal article
File Information	reitou-01-011-017.pdf



1. 各機関，団体における取り組み

1.2 大学におけるゼロエミッション研究

Research on Zero-Emission Ongoing in Universities

キーワード：貝殻，ウロ，シラコ，ヒトデ，キトサン，複合脂質  
Shell, Mid-gut gland, Milt, Starfish, Chitosan, Complex lipids

高橋 是太郎\* Koretaro TAKAHASHI

1. はじめに

水産のゼロエミッション研究は，大学よりも公設の研究機関の方が盛んである．大学で行われている水産ゼロエミッション研究も，ほとんど民間企業あるいは公設の試験研究機関と共同で行われている．すなわち，もっとも産官学の連携をとりやすい研究領域の一つでもある．大学が連携の中心となっている場合，萌芽的研究が多く，速やかに産業化できるものはごく限られている．

水産廃棄物の利用は，従来も今も餌，肥料が主体である．餌や肥料はそれ自体の付加価値は高いとはいえないが，他の産業廃棄物との比較では価値は非常に高い．水産分野が「ゼロエミッションの優等生」といわれている所以である．水産廃棄物の成分，構造を調べていくと，そこには広範かつ高度な利用価値が秘められていることに気がつく．

本稿では，そのような高度利用価値の可能性の一端を示す大学での萌芽的研究を中心に述べる．

2. イカの廃棄物

2.1 イカスミ

弘前大学医学部および青森県産業技術開発センターの研究グループは，アルゼンチンマツイカ (*Illex argentinus*) のイカ墨汁に，熱に強い制ガン物質を見出した<sup>1)</sup>．その本体は特異な構造をもつムコ多糖-ペプチド複合体 (図1)<sup>1)</sup> であり，墨の黒色の素であるメラニン自体には抗腫瘍性がないことを明らかにした．現在用いられている制ガン剤の多くは副作用を伴うが，アルゼンチンマツイカに含まれる制ガン物質は副作用を伴う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することによって制ガン効果を発揮することが同研究グループにより証明されている．しかし，アルゼンチンマツイカの墨汁嚢は小さく，量的確保が難しいことが難点となっている<sup>2)</sup>．また，イカの体重に占める墨袋の重量は

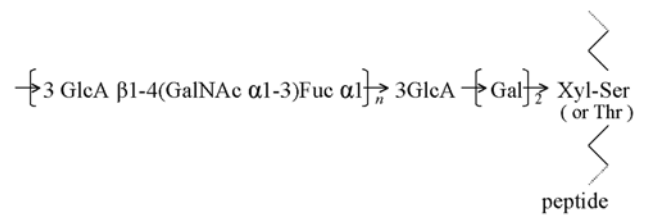


図1 イカ墨汁嚢に含まれる新規多糖構造を有する抗腫瘍性ペプチドグリカンの構造<sup>1)</sup>

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

0.3%程度に過ぎず，ゼロエミッションへの量的寄与率は低い．

2.2 イカの骨

別名“ペン”とよばれるイカの背骨には，カニ由来のα-キチンとは分子配列の方向性が異なるβ-キチンと呼ばれる有機物が含まれている．キチンはリゾチームという生体防御に関わるタンパク質の産生を促進する働きがあり，生体とよくなじむ成分でもある．北海道大学大学院工学研究科ではこのような特性に着目し，イカの骨の創傷被覆材としての利用について検討してきた<sup>3)</sup>．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．これに加え，水蒸気の通過性やシートへの成型のしやすさも現在の主流であるカニのキチンより優れている．カニより劣点は大量に集める手間にある．創傷被覆材はやがて自分自身の皮膚に置き換わるが，イカのキチンシートにサケの皮からとったコラーゲンをラミネートすると，これまでの仔牛コラーゲンをを用いた人工皮膚と比べても遜色のない皮膚細胞の定着をみることができると報告されている<sup>3)</sup>．図2<sup>3)</sup>にその定

\*北海道大学大学院水産科学研究院  
Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University  
原稿受理 2008年10月8日

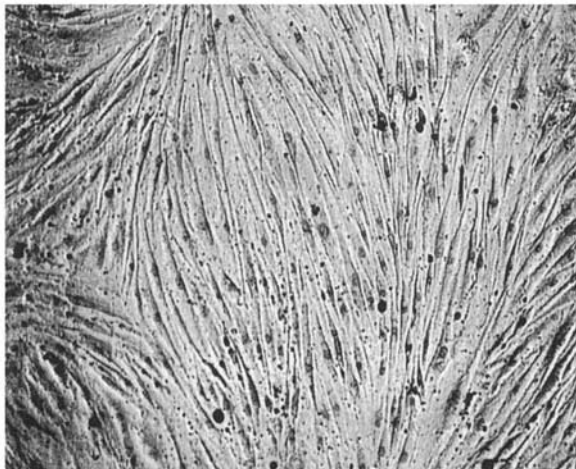


図2 サケ皮コラーゲンをイカのβ-キチンにラミネートした創傷被覆材に定着したヒト繊維芽細胞 (8日目)<sup>3)</sup>

着の様子を示すように、おおよそ8日目で皮膚細胞の増殖と定着が十分に進むことが認められる<sup>3)</sup>。

2.3 イカの肉の切れ端

イカの肉の切れ端はイカミールと呼ばれ、イカの珍味加工における副次産物ではあるが、商品価値はミールの中でももっとも高く、廃棄物の範疇には入れ難い。このイカミールからはさらに価値の高いドコサヘキサエン酸(DHA)結合型リン脂質を得ることができる。DHA結合型リン脂質の有用機能としてまず明らかになったことは、金沢医科大学や北海道大学大学院水産科学研究科(現在は研究院,以降当研究院と略記)によって研究がなされた,細胞分化誘導剤とともに浮遊性のガン細胞に対して作用させた際にみられる細胞分化誘導促進機能<sup>4,6)</sup>である。ガン細胞が分化すると,暴走的な増殖が止まり,やがてガン細胞は死滅する。

その後当研究院によって, Caco-2細胞のごとき接着性のガン細胞に対しても同様の細胞分化誘導促進機能が認められ, Caco-2細胞に対しては特にホスファチジルセリン(PS)形態のDHA結合型リン脂質が細胞分化誘導促進機能に優れることが判明した<sup>7,8)</sup>。すなわち,エイコサペンタエン酸(EPA) 8.4%, DHA 40.7%を含むイカホスファチジルコリン(PC)からホスファチジル基転移反応によりPSを調製して,酪酸ナトリウムの細胞分化誘導作用に対する促進効果を調べたところ,酪酸ナトリウムの単独添加に比してDHA結合型PSを併用することにより,分化の指標であるアルカリホスファターゼ活性が約2倍に上がることが認められた(図3<sup>7,8)</sup>)。

このような細胞分化誘導促進機能による制ガン作用に加え,その後DHA結合型リン脂質のうち,特にDHA結合型ホスファチジルエタノールアミン(PE)は浮遊性のガン細胞に対して*c-myc*ガン遺伝

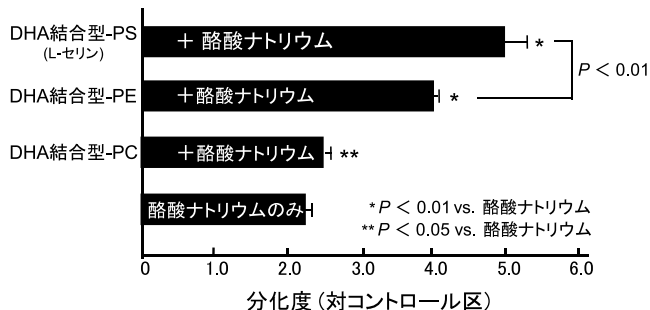


図3 酪酸ナトリウムによるCaco-2細胞の分化誘導に対するDHA結合型リン脂質の促進効果<sup>7,8)</sup>  
 PC:ホスファチジルコリン; PE:ホスファチジルエタノールアミン; PS:ホスファチジルセリン  
 DHA結合型リン脂質:50mM,酪酸ナトリウム:0.5mM  
 平均値±S.D.(n=7)  
 Pは有為差検定の危険率を示す(以下同様)。

子の過剰発現を抑制することが示唆された<sup>9-11)</sup>。一般にDHA結合型PEは,DHA結合型PCの次に多い水産リン脂質である。弘前大学医学部,関西大学工学部(現在は化学生命工学部)における*in vivo*の実験では,イカミールリン脂質(DHA結合型リン脂質を主成分とする)をリポソーム化することにより,それを皮下注射した繊維芽肉腫(Meth A)のマウス(図4<sup>12)</sup>)や経口投与した骨髄腫(sp2)のマウスに対しての抗腫瘍性<sup>13-15)</sup>が認められた。興味深いことに,アガリクスの水抽出物のごとき免疫賦活性物質をDHA結合型リン脂質リポソームに内包化すると,加算効果的にマウスに対する抗腫瘍性が向上することが認められた(図5)。

一方,EPAおよびDHAの摂取が血管系の疾病予防に有効であることはよく知られている。また,DHAおよびEPAを含む脂質であれば,脂質クラス(脂質の分子形態,たとえばトリアシルグリセロール形態,エチルエステル形態,リン脂質形態などによる違い)によらず,何れの分子形態であっても同様に有用作用が発揮されるものと思

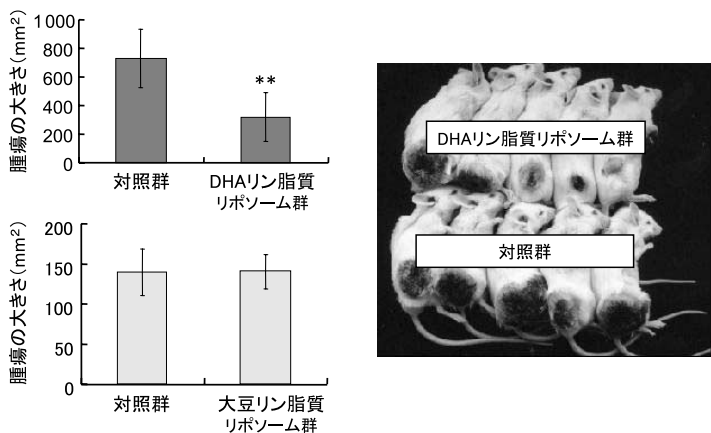


図4 線織芽肉腫に対するリポソームの抗腫瘍作用<sup>12)</sup>  
 平均値±標準偏差 (n=6) \*\*P<0.01 vs. 対照群

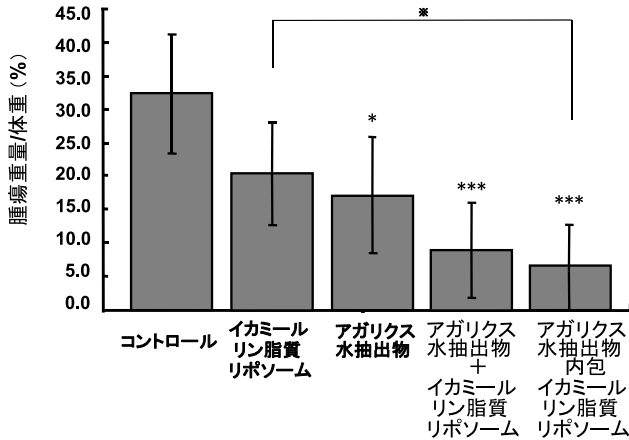


図5 アガリクス水抽出物を部分内包もしくは共存させたイカミールリン脂質リポソーム分散液を20日間経口投与したBALB/c 骨髄腫担ガンマウスの体重に占める腫瘍の重量<sup>13)</sup>  
各投与濃度および総量については文献13参照  
\*  $P < 0.05$ , \*\*\*  $P < 0.001$ , \*  $P < 0.05$

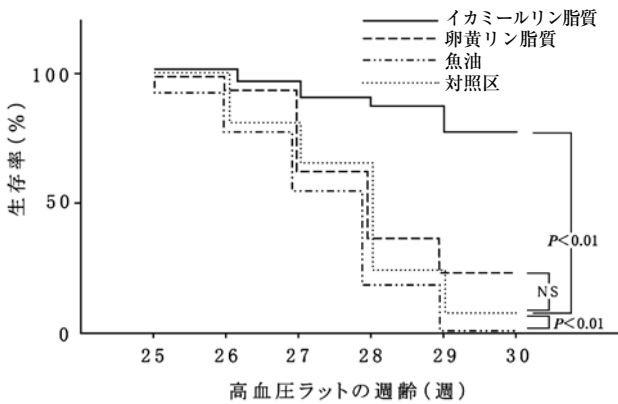


図6 イカミールリン脂質を含む餌料の脳卒中易発ラット (SHR) に対する脳卒中防止延命効果<sup>16)</sup>

われている。しかし、千葉大学医学部では同じ種類の高度不飽和脂肪酸を分子内にもつ脂質（脂肪酸組成が同一）であっても、脂質クラスによって疾病予防作用が著しく異なる場合があることを明らかにしている。すなわち図6<sup>16)</sup>のように、脳卒中易発ラット (SHR) においては、精製魚油のようなトリアシルグリセロール形態のDHAの投与では脳卒中に対する予防効果がなく、イカリン脂質のようなリン脂質形態のDHAの投与においてのみその予防作用が現れる。また、リン脂質形態であっても、卵黄レシチンのように分子内にDHAがほとんどなければ、脳卒中予防作用は発現しないことも明らかになった。

### 3. サケの廃棄物

#### 3.1 サケのシラコ

秋サケの最大の商品価値はイクラや筋子の原料になる卵巣にあり、卵巣をとった後のゼミドレスは新巻その他

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シラコが大量に発生する。シラコは精巣であるがゆえに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PCRキットの試薬に用いられるなど、ドリンク以外の高附加価値利用方法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の抽出が困難を伴い、大きな課題になっている。鎖長の長いDNAを大量に生産できれば、論理回路、機能性ナノワイヤーへの利用が可能となり、その利用価値は計り知れない。

北海道大学大学院地球環境科学研究科（現在は研究院）では、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を開発し<sup>17)</sup>、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、抗菌シートを作製した。表1<sup>17)</sup>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。このことから、DNA-アルギン酸フィルムの医療や食品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さり込むこと）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）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。

気体用のフィルタとしては、ダイオキシン除去率90%を謳ったサケシラコDNA含浸空気清浄機用フィルタが既に製品化されている。

#### 3.2 サケの皮

サケの皮から得られたコラーゲンはコラーゲン補助食品として利用されるばかりでなく、高度に品質を高めた

表1 銀イオンキャリアとしてのサケシラコ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<sup>2</sup>)<sup>17)</sup>

銀イオン (μg)	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
		4.21
<i>E. coli</i>	89	226
<i>S. aureus</i>	387	708

ものはライフサイエンス研究における細胞培養マトリクス（細胞の足場）としても利用されている。また、先にも述べたように、創傷被覆材としての研究も進められている。最近、創傷被覆材作製時にサケのシラコからとったDNAを併用することにより、自身の皮膚の再生がより順調に進み、創傷被覆材としての性能が一層高まること、北海道大学大学院工学研究科と日生バイオ(株)との共同研究によって明らかにされた。

### 3.3 川ブナサケ、ホッチャレサケ

川ブナサケ、ホッチャレサケはブナ臭といわれる不快臭が伴うこともあり、食用にされず生ごみになっている。当研究院では、メーラード反応を利用してこれらの魚のタンパク質を糖で化学修飾し、咀嚼困難な人のタンパク質源にしたり、魚が嫌いな人向けの食品材料にする研究を行っている<sup>18-20)</sup>。川ブナサケやホッチャレサケに限らず、商品価値のない多くの魚に適用することができ、今後の世界規模でのタンパク質資源の不足に対応できる一つの選択肢といえる。

## 4. ホタテガイ

ホタテガイは体重の20%にも満たない貝柱に商品価値が集中し、残りの80%は廃棄物に位置づけられている。特に貝殻は体重の半分を占め、日本全国で約25万トン排出されており、量的にもっとも多い。外套膜も殻の1/10量以下とはいえ約2万トン排出されており、その有効利用は重要な課題である。

### 4.1 ホタテガイの貝殻

筐体などの増量材というと、通常はその添加による強度低下などの品質悪化を連想する。しかし、ホタテガイ貝殻の粉碎・粉末化物を増量材として用いた場合は、これを加えることによってむしろ強度が向上する。その理由は、貝殻の粉碎・粉末化物の形状にある。すなわち、多くの物は粉碎を重ねることによって角が取れ、次第に粉碎物が多角形状になっていくが、ホタテガイ貝殻の場合は粉碎を重ねても、長径対短径の比率（アスペクト比）が高いまま維持される。そしてそのことによって、筐体内部に無数の“ひっかかり”を作り、強度が向上する。当研究院は、(株)エスイーシーと共同でホタテガイ貝殻粉碎物を寒天またはコラーゲンに練りこんだXBT (expendable bathythermograph) 用筐体 (図7) を開発した (特願2008-

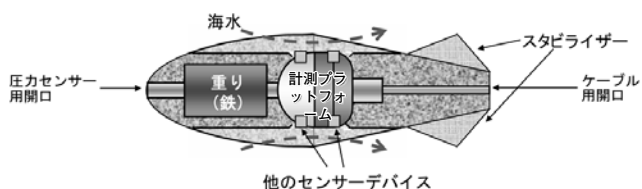


図7 ホタテガイ貝殻を用いたXBT用筐体

090351, 2008-090363, 2008-090385)。XBTとは船を止めることなく航行しながらランチャーで海中に投げ込む使い捨ての水温や塩分濃度のセンサーであり、海洋の利権や軍事的事項にも絡む大きな需要の見込める製品である。1筐体当たり約5kgの貝殻を使うことから、本格的な製造体制に入れば5000トン程度の貝殻の消費を見込める。

### 4.2 ホタテガイの外套膜

乾貝柱製造時に出るホタテガイ外套膜は、塩辛などの濡れ珍味原料として利用されているが、その一方で、冷凍貝柱製造時に出される生鮮もしくは冷凍の外套膜は、大きく商品価値が低下する。特に、機械で分離した外套膜は、千切れて長さが短いため、釣り餌にごく一部が利用されているに過ぎない。よって、この短くなった外套膜の付加価値化が重要である。外套膜からは臭いの少ない化粧品原料に成り得る比較的良質の未変性コラーゲンが得られる (特許公開2008-162918) が、変性コラーゲンを加水分解することによってもヘアケア製品原料などの付加価値のある程度期待できる水溶性コラーゲンを得ることができる。当研究院では、加水分解によって得たホタテガイ外套膜コラーゲンペプチドに、図8のような髪の毛のキューティクル修復作用に基づく優れたヘアケア効果があることをみている<sup>21)</sup>。

### 4.3 ホタテガイの中腸腺

当研究院ではまた、ホタテガイの中腸腺にEPAが年間豊富に含まれていることを明らかにしている<sup>22)</sup>。EPAはかつてイワシから抽出されていたが、イワシが不漁の今日にあっては有望なEPAの給源の一つである。一方、同中腸腺には、高度不飽和リン脂質も豊富に含まれ、帯広畜産大学ではこのリン脂質を経口投与することによってsarcoma 180の担ガンマウスに対して抗腫瘍作用を示すことを<sup>23)</sup>、また当研究院ではこの中腸腺リン脂質との併用でワカメ油単体では抗肥満効果を発現し得ない低濃度においても抗肥満作用を発揮できることを報告<sup>24)</sup>している。

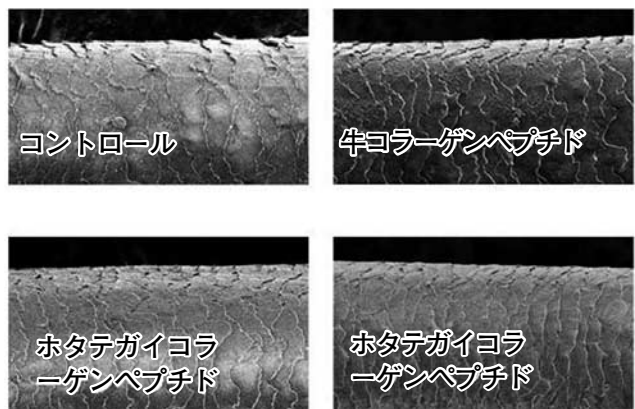


図8 ホタテガイコラーゲンペプチドのキューティクル修復効果<sup>21)</sup>

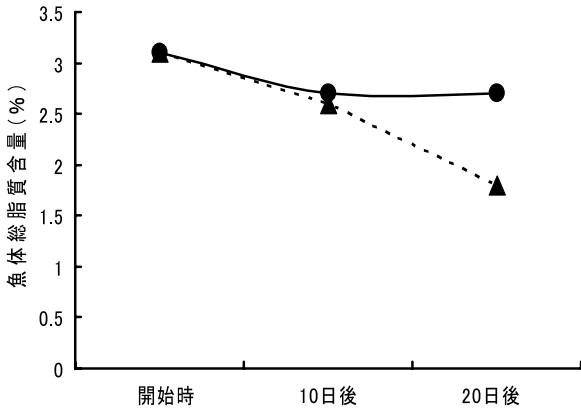


図9 サクラマス仔魚を用いた中腸腺脂質投与実験における全魚体総脂質含量 (%) の変化 (n=30)<sup>25)</sup> 仔魚の総脂質含量の低下は減耗に直結する ▲対照区； ●中腸腺脂質投与試験区

さらに当研究院では、さけますセンターとの共同研究により、中腸腺脂質が仔魚の減耗緩和に優れた効果を発揮し、フィードオイルとして有望であることも明らかにした (図9<sup>25)</sup>)。

以上のように、中腸腺は非常に有用な脂質成分を含んではいるが、その利用を阻んできた理由の一つに脂質抽出後の残渣処理の問題がある。この残渣はカドミウムを200 ppm前後含有する場合もあり、そのままでは利用方法がない。カドミウムを除去する常套手段は、酸性にしてカドミウムを遊離させる方法である。しかし、酸性にすることによって、残渣は著しく痛み、機能性が失われて2次利用が大きく制限される。当研究院では、最近このような機能性を損なうことなく、カドミウムを除去できる競争吸着法 (特願2006-113624) を開発した。この方法は、従来法が硫酸による強酸性下でのカドミウム遊離法であるのに対し、弱酸性～中性条件下でホタテガイ中腸腺から有害金属を除去する方法であり、有用成分の変性がきわめて少ない。競争吸着法では、カドミウム結合能力の高い吸着剤との併用が決め手であり、ホタテガイ中腸腺を弱酸性～中性下において混合攪拌するだけでカドミウムが吸着剤に移行する。カドミウム除去後の残渣は安全・安心な塩辛への利用はもちろん、調味液、餌料、肥料、抗酸化性プラスチックの創製<sup>26)</sup> など幅広い利用方法がある。

## 5. ヒトデ

ヒトデによる漁業被害が一層顕在化している。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2万トン近くにも及ぶ。特に大量に水揚げされる道東地域では、ヒトデ駆除だけのための出

漁も強いられている。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得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、利用へのみちは現実的とはいえない。当研究院では、ヒトデ (キヒトデ) にグルコシルセラミドが多量含まれていることを示し、その量は全内臓湿重量100g当り0.5g前後、生殖巣湿重量100g当り0.3g前後にも及ぶことがあることを明らかにしている。使用用途としては、美容ドリンクや保湿性化粧品が挙げられるが、後者では臭いの残存が問題になっている。

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当り150mg前後含まれていることが判明した。さらに、EPA結合型リン脂質もグルコシルセラミドの約2倍量含まれており、トリアシルグリセロールを主体とする魚油よりも優れた血液性状改善効果があることが当研究院および関西大学化学生命工学部との共同研究によってごく最近報告された。すなわち、表2<sup>27)</sup>のように、血中の総コレステロール量およびLDLコレステロール量を下げる作用、反対にHDLコレステロール (善玉コレステロール) を上げる作用は、EPA結合型リン脂質の方がEPA結合型トリアシルグリセロールよりも優れている。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当り、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靱な外壁の微細切化であったが、効果的な粉碎機が開発されて、この点は解決された。

一方、ヒトデを健康食品にする試みも既に行われており、ラット体重250g当たり200mg/day (ヒト換算40g/day/50kg) を中期投与する安全性試験が東京家政学院短期大学で実施された<sup>28)</sup>。その結果、肝機能の指標となるALT、ASTならびにγ-GTP活性、T4、血液凝集能に関わるプロトロンビン時間、トロンボテストの測定結果に有意差がないことを確認している。さらに肝臓、腎臓の固定標本を作成し、病理所見を観察した結果においても異常はみられず、ヒトデを食品として利用しても問題がないことが示された。一般に、動物実験の結果だけではヒ

表2 ラットの血中脂質に及ぼすEPA結合型リン脂質の経口投与効果<sup>27)</sup>

	コントロール群	EPA-PC群	EPA-TG群	DHA-TG群
総コレステロール (mg/dL)	66.0 ± 9.2 <sup>a</sup>	55.1 ± 5.4 <sup>b</sup>	61.9 ± 7.6 <sup>a</sup>	64.4 ± 9.2 <sup>a</sup>
HDLコレステロール (mg/dL)	57.4 ± 7.6 <sup>b</sup>	64.9 ± 9.1 <sup>a</sup>	54.1 ± 15.9 <sup>b</sup>	53.6 ± 13.6 <sup>b</sup>
LDLコレステロール (mg/dL)	5.1 ± 0.8 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.7 <sup>b</sup>	5.2 ± 0.8 <sup>a</sup>	5.1 ± 1.2 <sup>a</sup>
遊離コレステロール (mg/dL)	12.6 ± 1.6	11.1 ± 3.1	13.0 ± 1.0	11.9 ± 4.9
コレステロールエステル (mg/dL)	53.6 ± 9.4 <sup>a</sup>	43.9 ± 4.1 <sup>b</sup>	48.9 ± 8.1 <sup>b</sup>	52.4 ± 7.6 <sup>a</sup>
リン脂質 (mg/dL)	124.7 ± 20.3 <sup>b</sup>	139.9 ± 34.1 <sup>a</sup>	102.4 ± 17.4 <sup>c</sup>	108.0 ± 28.0 <sup>c</sup>
トリアシルグリセロール (mg/dL)	41.3 ± 7.3 <sup>a</sup>	32.4 ± 5.6 <sup>b</sup>	28.1 ± 6.1 <sup>c</sup>	30.1 ± 5.1 <sup>c</sup>
総脂質 (mg/dL)	216.4 ± 51.4 <sup>a</sup>	196.9 ± 29.1 <sup>a</sup>	172.6 ± 32.6 <sup>b</sup>	174.0 ± 39.0 <sup>b</sup>
チオバルビツール酸価 (nmol/mL)	0.64 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.56 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.12 <sup>c</sup>

a>b>c P<0.05 TG:トリアシルグリセロール 下線部に注目

トに対する安全性の完全保証にはならないが、中国、特に山東省ではキヒトデが非常によく食されており、生物濃縮による重金属の蓄積、および鮮度低下によるアミンの生成にさえ注意すれば、安全性に何ら問題はないものと思われる。

## 6. カニの廃棄物

カニの廃棄物といえば殻を指すが、殻はキチン・キトサンの原材料として非常に重要である。カニのキチンは子牛のコラーゲンとラミネートすることによって、創傷被覆材として使用されている。一方、キチンの誘導体であるキトサンは、抗肥満用サプリメントや薬物副作用軽減剤として既に用いられており、マイクロカプセル材への利用も試みられている。岐阜薬科大学薬科学科では、リポソーム腸管付着剤としてのキトサンの研究が12年前に行われており<sup>29)</sup>、これを応用して当研究院では、キトサンコートイカミールリン脂質リポソームに骨髄腫抑制の相加効果があることを認めている(図10<sup>30)</sup>。通常、リン脂質リポソーム液にキトサン溶液を滴下させることによって、キトサンコートリポソームを調製するが、単に両者を混合しただけでも、時間がたてばキトサンがコーティングされてしまう。このことから、図10<sup>30)</sup>においてキトサンコートリン脂質リポソームと、キトサン溶液およびリポソーム液の単純混合系との間で、抗腫瘍性に差がなかったのは、単純混合系においても時間がある程度たてばキトサンコートリン脂質リポソームが結果的にできてしまったためと推察された。

## 7. 魚腸骨

大阪府立大学工学研究科では、魚のあら(骨、はらわた、ウロコなど)を亜臨界水で分解し、様々な有用物を取り出す研究を行っている<sup>31)</sup>。亜臨界水は超臨界水より

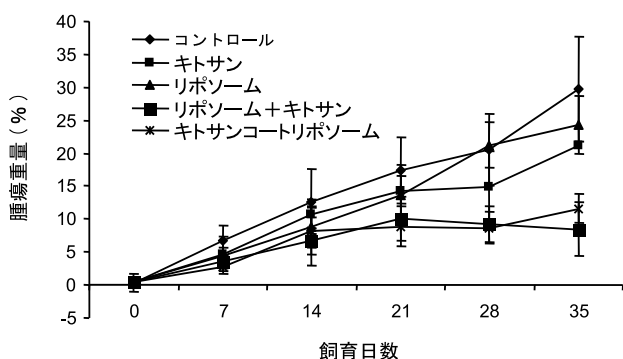


図10 キトサンをコートもしくは共存させたイカミールリン脂質リポソーム分散液を35日経口投与したBALB/c骨髄腫担ガンマウスの体重に占める腫瘍の重量<sup>30)</sup>  
各投与濃度および総量については文献30参照

は低温低圧ではあるが、有機物に対する分解力を持ち、これによって魚のあらを加水分解すると、固形分と液体に分かれ、液体はさらに水層と油層に分離する。固形分にはカルシウムやリン、水層にはアミノ酸や有機酸、油層にはDHA、EPAおよび燃料原料が含まれている。リンは様々な工業製品に利用されており、近年枯渇すると予測されている物質の1つである。また、水層中の有機酸の乳酸は、生分解性プラスチックの材料になる。理論的には医薬品、健康食品、家畜の栄養剤、食用油、バイオディーゼル燃料、メタンガスなど様々なものが取り出せる可能性を秘めている。

## 8. おわりに

これまで示してきたように、大学における水産ゼロエミッション研究は、“高付加価値化”あるいは“有効利用”の要素技術にかかる研究が大半である。残念ながら、全体の採算性をにらみながら、要素技術を効率的に組み合わせるプロセス設計の研究開発事例は今のところみられないのが現状である。この点が今後の大きな課題になっている。

## 文 献

- 1) J.Sasaki, K.Ishita, Y.Takaya, H.Uchisawa and H.Matsue : *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **43**, 455 (1997).
- 2) 高谷芳明 : 「平成7年度アカイカ好漁場探索調査報告書」, pp.155-163, 水産庁, (1995).
- 3) 高井光男, 清水祐一 : 「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」, pp.20-35, 産学共同研究, (1994).
- 4) M.Suzuki, K.Asahi, K.Isono, A.Sakurai and N.Takahashi : *Develop Growth & Differ*, **34**, 301 (1992).
- 5) 細川雅史, 大島宏哲, 甲野裕之, 高橋是太郎, 羽田野六男, 小田島肅夫 : *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 309 (1993).
- 6) K.Tochizawa, M.Hosokawa, H.Kurihara, H.Kohno, S.Odashima and K.Takahashi : *Jpn. Oil Chem. Soc.*, **46**, 382 (1997).
- 7) 小西めぐみ : 「平成14年度修士論文」, p.51, 北海道大学大学院水産科学研究科, 函館 (2003).
- 8) Z.Hossain, M.Konishi, M.Hosokawa and K.Takahashi : *Cell Biochem. Func.*, **24**, 159 (2006).
- 9) H.Ishigamori, M.Hosokawa, H.Kohno, T.Tanaka, K.Miyashita and K.Takahashi : *Molecular and Cellular Biochemistry*, **275**, 127 (2005).
- 10) M.Hosokawa and K.Takahashi : “Handbook of Industrial Biocatalysis”, Chapter 13, pp.1-13 (ed. by C.T. Hou), CRC press, Boca Raton (2005).
- 11) 高橋是太郎 : 「機能性脂質のフロンティア」, (佐藤清隆, 柳田晃良, 和田俊編), pp.120-127, (株)シーエムシー出

- 版, 東京 (2004).
- 12) A. Fujimoto, J. Sasaki, M. Hosokawa and K. Takahashi : “Essential Fatty Acids and Eicosanoids. AOCS Special Publication”, pp.290-295 (ed. by Y.-S.Huang, S.-J.Lin and P.-C.Huang), AOCS Press, Champaign (2003).
  - 13) K. Murakawa, K. Fukunaga, M. Tanouchi, M. Hosokawa, Z. Hossain and K. Takahashi : J. Oleo Sci., **56**, 179 (2007).
  - 14) K. Takahashi and K. Fukunaga : “Biocatalysis and Biotechnology for Functional Foods”, pp.79-90 (ed. by C.T.Hou and J.-F. Shaw), CRC press, Boca Raton (2007).
  - 15) 高橋是太郎 : 「食品機能性の科学」, pp.797-801 (西川研次郎監修), (株)産業技術サービスセンター, 東京 (2008).
  - 16) 井上良計 : New Food Industry, **43** (1), 22 (2001).
  - 17) H. Kitamura, Y. Kondo, N. Sakairi and N. Nishi : Nucleic Acids (Symposium Series), **37**, 273 (1997).
  - 18) 佐伯宏樹 : 化学と生物, **42** (12), 776 (2004).
  - 19) R. Sato, S. Katayama, T. Sawabe and H. Saeki : J. Agr. Food Chem., **51** (15), 4376 (2003).
  - 20) R. Sato, T. Sawabe and H. Saeki : J. Food Sci., **70** (1), C58 (2005).
  - 21) 申鉉日, 神雄介, 川上健作, 栗原秀幸, 高橋是太郎 : FRAGRANCE JOURNAL, (8), **86** (2005).
  - 22) K. Hayashi : Nippon Suisan Gakkaishi, **57** (7), 1397 (1991).
  - 23) 櫛泰典 : 「平成19年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 農水産資源活用マイクロカプセルによる機能性食品素材の開発」, p.67, 北海道経済産業局, 札幌 (2008).
  - 24) 宮下和夫 : 「平成19年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 農水産資源活用マイクロカプセルによる機能性食品素材の開発」, p.57, 北海道経済産業局, 札幌 (2008).
  - 25) 高橋是太郎 : 「平成16年度水産加工残滓高度リサイクル推進事業報告書」, pp.22-28, 独立行政法人水産総合センター, 横浜 (2004).
  - 26) S. Ono, D. Kasai, T. Sugano, K. Ohba and K. Takahashi : J. Oleo Sci., **53** (5), 267 (2004).
  - 27) 椎名徹, 福永健治, 井上良計, 高橋是太郎 : 日本油化学会第47回年会講演要旨集, p.3, G-002, (2008).
  - 28) 高橋是太郎, 馬場修, 高橋龍男, 佐田正蔵 : 「平成18年度 水産学術研究・改良補助事業報告」, pp.102-105, (財)北水協会, 札幌 (2007).
  - 29) H. Yamamoto, T. Niwa, T. Hino and Y. Kawashima : Pharm. Res., (13), 896 (1996) .
  - 30) 高橋是太郎 : オレオサイエンス, **8** (12) 印刷中, (2008).
  - 31) 吉田弘之 : 「亜臨界水反応による廃棄物処理と資源・エネルギー化」, 吉田弘之監修, (株)シーエムシー出版, 東京 (2007).

### Summary

Zero emission studies in Japanese universities have an important part to play in exploratory researches for useful functional compounds from fisheries byproducts in collaboration with National Research Institutes and private companies. Useful compounds occurring in fisheries byproducts are demonstrated. Squid ink peptide glucan could become useful as antitumor compound. Squid pen chitin laminated salmon skin collagen can be applied as artificial skin. Phospholipids from squid skin and muscle debris may be useful in preventing apoplexy. When the squid phospholipids are combined with cell differentiating compounds, they can exert antitumor activity. DNA from salmon milt can be applied to silver ion impregnated argentine film to increase more silver ion on. Scallop mantle collagen peptides are useful in restoring hair damage. Scallop mid-gut gland oil is effective in increasing the survival of larval fish. Scallop shell is extremely useful in producing expendable bathythermograph casing. Utilization research on fisheries byproducts is never-ending.