

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2013 Vol.55 No.3

3

論 説

- アミノ酸分析のための固相抽出法
Solid phase extraction for amino acid analysis
- 生体アミン含有飼料を用いた有用・有害昆虫の行動操作
- 卵を食べると心臓に悪い?
- 複合化する中国の重金属汚染土壌と今後の展望
- コンビニ弁当の調査
- 養魚飼料原料としての食品廃棄物やバイプロ-2.
再生大豆油、ラーメン屑、ビール粕

連 載

- 食品企画・開発の事例研究
“企業”を立ち上げた驚くべきヒット商品
—『N-アセチルグルコサミン』UMIウェルネス株式会社—
- 築地市場魚貝辞典 (アマダイ類)
- “薬膳”の知恵 (74)



論 説

- アミノ酸分析のための固相抽出法
Solid phase extraction for amino acid analysis
..... 渡部 保夫, 石橋 智毅, 松井 都, 渡辺 誠也 1

- 生体アミン含有飼料を用いた有用・有害昆虫の行動操作
..... 佐々木 謙 9

- 卵を食べると心臓に悪い？
..... 城内 文吾, 菅野 道廣 15

- 複合化する中国の重金属汚染土壌と今後の展望
..... 三好 恵真子, 姉崎 正治 21

- コンビニ弁当の調査
..... 堀口 恵子 36

- 養魚飼料原料としての食品廃棄物やバイプロー 2.
再生大豆油, ラーメン屑, ビール粕
..... 酒本 秀一 45

Contents

2013 年 3 月号

連 載

□ 食品企画・開発の事例研究

“企業”を立ち上げた驚くべきヒット商品

－『N - アセチルグルコサミン』UMI ウェルネス株式会社－

..... 田形 暁作 56

□ “薬膳”の知恵 (74)

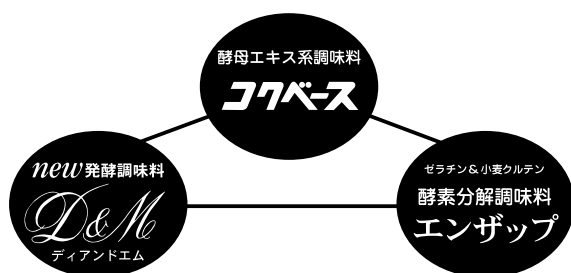
..... 荒 勝俊 64

□ 築地市場魚貝辞典 (アマダイ類)

..... 山田 和彦 69

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ



新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

コクベス
ラクティックイーストエキス
乳加工品・製パン・製菓・チーズ・バターへの
コクづけ、味や風味の底上げなど、ユニークな
特長がある乳酵母エキスです。



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3 日本橋西川ビル7F TEL (03) 3271-0755

アミノ酸分析のための固相抽出法

Solid phase extraction for amino acid analysis

渡部 保夫 (WATANABE Yasuo) * 石橋 智毅 (ISHIBASHI Tomoki) * 松井 都 (MATSUI Miyako) *
渡辺 誠也 (WATANABE Seiya) *

* 愛媛大学 農学部

Key Words : 固相抽出・アミノ酸・ γ アミノ酪酸・ギャバ

Key Words : solid phase extraction・amino acid・ γ -amino butyric acid・GABA

はじめに

いろいろなサンプルに含まれる物質を計測する分析技術は、多種多様であるが、高額な測定装置を必要とせず、また、危険な化学物質を使用することなく、感度よく迅速に測定できる技法の一つとして、酵素の特異性を利用する方法がある。酵素的定量法と呼ばれる技術であるが、臨床分野で広く利用されているばかりでなく、学術的にも多方面で利用されている。

また、化学成分を直接分離定量する各種クロマトグラフィー法とは異なり、酵素的測定技術は、目的成分（基質）が酵素により特異的に認識されて他の類似成分と明瞭に区別され、酵素と反応し、目的成分は別の物質（生成物）に変化する。生成物の測定が容易な場合、例えば、特異的な波長の光を吸収する生成物である場合、特に、酵素反応が NAD^+/NADH (340 nm) などの補酵素の変化と共役している酸化還元酵素を利用する場合など、簡単な分光高度計を用いて、目的成分を簡便に迅速に定量することが

できる。食品分析では、F-kit と呼ばれる製品がしばしば利用される¹⁾。このキットを使うことにより、「装置のコスト削減」「有害物質を排出しない」「訓練された分析技術が不要」「標準物質が無くても定量可能」の特徴をもって実験できるとしている。

しかしながら、酵素的定量法を精度よく実施するためには、添加するサンプルの純度を高く保つことが必須であると考えられる。酵素活性阻害剤が混在する不純なサンプルを加えることにより、想定していない酵素活性の低下を引き起こし、結果的に目的成分量を正確に測定できない危険性が常につきまとっている。

試料の「前処理」と云われる処理には、アセトンやアセトニトリルなどの有機溶媒や、トリクロロ酢酸 (TCA) や過塩素酸などの酸を用いてタンパク質を除く除タンパク法、タンパク質などの大きな分子と小さな分子について限外濾過膜を用いて分離する限外濾過法、疎水性の強い物質を抽出する溶媒抽出法、本稿で紹介する

Corresponding author: 渡部保夫 (Yasuo Watanabe)

連絡先: 〒790-8566 愛媛県松山市樽味3丁目5番7号

愛媛大学農学部生物資源学科応用生命化学教育専門コース

E-mail: watanabe@agr.ehime-u.ac.jp

Tel/Fax: 089-946-9849

固相抽出法などがある。最近ではその利便性から固相抽出法が注目されている²⁾。

1. 固相抽出法とは

固相抽出法 (Solid Phase Extraction) は、いろいろな化学物質をクリーンアップしたり、濃縮するための効果的な技術の一つである。化学結合型シリカゲルやポーラスポリマー、アルミナ、活性炭等の固定相 (固相) を用いて、複雑な組成を示す試料中から特定の目的成分のみを選択的に抽出し、分離・精製を行う手法のことをいう。昔から用いられているカラムクロマトグラフィーも広義では固相抽出法の一つである³⁾。

サンプル中に含まれる目的成分を精製、濃縮するためには、その成分を固相担体に結合させた後、適当な溶媒で溶出させる方法と、目的外不純物質を固相に結合させて目的成分を pass-through してクリーンアップする方法とがある。前者は目的物質を高濃度に濃縮できる。後者は、目的成分を濃縮することはできないが、目的成分が比較的高濃度であれば、以降の分析において妨害するであろう物質を除く効果が期待できる。なお、いろいろな化学物質を精製濃縮する処理は、固相抽出法以外にも、例えば、液液分配抽出法 (溶媒抽出)、蒸留・分留法、再結晶、遠心分離、膜透過など、多種多様あるが省略する。

この固相抽出法が利用されている分野は、医薬、食品、環境関係の分野など多方面であり、例えば、医薬関係では、血液に含まれたり尿に排出された薬剤の濃度測定、食品関係では、残留農薬の測定、食品添加物の測定、食品変異原物質汚染物質の測定、環境分野では、水質分析、内分泌攪乱化学物質の測定、重金属の分析、放射性元素の測定などで利用されており、分析法はそれぞれマニュアル化されている。詳細は「固

相抽出ガイドブック」⁴⁾などを参照されたい。

固相抽出法において、目的成分 (あるいは不純物) を固相に保持するためのメカニズムとして、逆相 (Reversed Phase)、順相 (Normal Phase)、イオン交換 (Ion-Exchange) などの効果が活用でき、それぞれの目的のために、各メーカーから安価なカートリッジ型やコマ型の製品が供給されている (図1)。溶液中に含まれる物質が、固相 (担体) 中を移動する間に、物質と固相との相互作用 (親和性) により、担体に吸着されたり、移動速度が遅くなるという原理に基づいており、特に、濃縮精製する場合には、吸着作用が特に有効となる。固相抽出法には多くの種類があるが、本稿ではイオン交換に限ってご紹介する。

分析化学の教科書には⁵⁾、水溶液中の化学物質を処理するために利用される親和性に関する原理として、「静電的な相互作用や錯形成を利用する固相抽出」と「疎水性相互作用を利用する固相抽出」に大別している。前者の静電的相互作用を利用したもの代表例はイオン交換樹脂であろう。「その樹脂のイオン性の官能基が溶液中の反対電荷を持つイオンを静電的な力で補足する」とある。後者の疎水的相互作用では、「スチレンジビニルベンゼン共重合体、オクタデシル基やフェニル基を化学的に結合したシリ

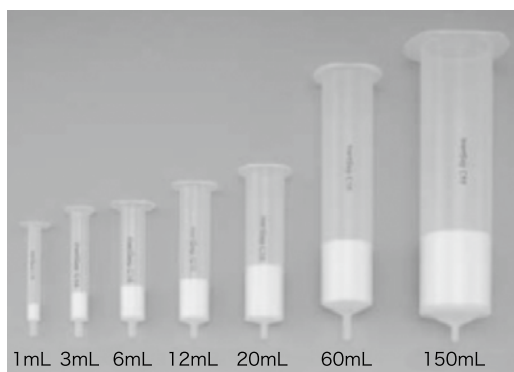


図1 各種カートリッジ

(GLサイエンスカタログより)

カゲルでは、疎水的な部位が水中の無極性成分を疎水的相互作用によって補足する」とある。

本稿での分析対象であるアミノ酸は、水溶液中でイオン化できるので、イオン交換樹脂を用いて固相抽出を行うことになる。従って、疎水的な相互作用に基づく固相抽出については省略する。

次に、アミノ酸の固相抽出に用いられるイオン交換樹脂について概略する。なお、イオン交換体カードリッジは、メーカーから各種の製品がいろいろな名称で販売されている。筆者らは、GLサイエンス(株)の製品を利用することが多いので、その製品を例として品名を記載する(表1)。

固相支持体として、メタクレートポリマー(Poly)やシリカゲルベース(Si)があるが、「前者は親水性が高く、補足したイオン化合物を簡単に脱離回収できる」とある^{3,4)}。例えば、強アニオン交換基を持ったものとしてMA-1, SAX など、弱アニオン交換基を持ったものと

してMA-2, NH2 など、強カチオン交換基を持つものとしてMC-1, SCX など、弱カチオン交換基を持つものとしてMC-2, CBA などがある。対象とするイオンとカートリッジとの関係については、吸着効率とその後の離脱回収の効率から、弱イオン性化合物については強イオン交換用固相を、強イオン性化合物の場合は弱イオン交換用固相を使用すると考えれば良い(表1参照)。

また、ガイドブックによれば、上記のそれぞれの交換基について、「前以て結合している対イオンは、それぞれ製品によって異なる」とあるので、注意が必要である。

陽イオン交換における吸着特性は、メーカーカタログから引用すると⁶⁾、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{Mn}^{2+} > \text{RNH}_3^{2+} > \text{NH}_4^{+} > \text{Na}^{+} > \text{H}^{+} > \text{Li}^{+}$ である。一般に、イオン交換体は、対イオンの電荷数(イオン価)が大きいものを選択して交換する性質があり、また、対イオンの電荷数が同じでも、アルカリ金属では、イオン半径(水和イオンの半径)が小さいほど強く樹脂に吸着されることが知られている⁵⁾。

2. アミノ酸の固相抽出について

メーカーのカタログでは、「対イオンと相対的吸着特性」の表によれば^{3,4)}、 H^{+} を対イオンとするSCX(官能基 $-\text{SO}_3^-$)は、「目的化合物が二級アミン、三級アミンまたは四級アミンであれば、 H^{+} や Na^{+} よりも相対的吸着特性は高いので、官能基が確実に帯電している条件であれば容易にイオン交換反応が起こる」とある。また、「保持しているアミン類化合物を溶出させるため、相対的吸着性の高いカリウム(K^{+})塩を用いる」とある。

アミノ酸のアミノ基は、 pKa 値より低い pH では、 RNH_3^{2+} であるので、強カチオン交換基をもつMC-1とSCXカートリッジ(GLサイエ

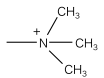
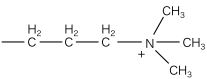
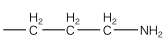
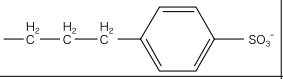
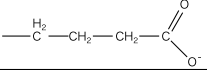
	支持体	品名	官 能 基	対象イオン
強 ア ニ オ ン	Poly	MA-1		弱酸性
	Si	SAX		
弱 ア ニ オ ン	Poly	MA-2		強酸性
	Si	NH2		
強 カ チ オ ン	Poly	MC-1	$-\text{SO}_3^-$	弱塩基性
	Si	SCX		
弱 カ チ オ ン	Poly	MC-2		強塩基性
	Si	CBA		

表1 各種イオン交換体

(品名: GLサイエンス社製)

ンス株式会社)を用いられ、アミノ酸をイオン交換体に結合し、アルカリ性溶液で溶出させることができる。なお、本稿で紹介するアミノ酸の固相抽出の条件は、先行文献⁷⁾を一部参考にして設定した。

なお、筆者は、食品素材に含まれる酵素(グルタミン酸デカルボキシラーゼ)の作用で γ アミノ酪酸(GABA, ギャバ)を富化(強化)する技術について研究しているので、GABAの固相抽出法を確立することが目標でもある。従って、まず、標準アミノ酸の混合物であるモデル試料を用いて固相抽出の条件設定を行った後、GABA 富化食材(GABA エキス)^{8,9)}を試料として分析した例を紹介する。

3. 材料及び方法

アミノ酸などの化学試薬は和光純薬(株)特級試薬を使用した。

固相抽出カートリッジとして GL サイエンス(株) InertSep MC-1 (イオン交換容量 100 mg, カートリッジ容量 3 mL), Inertsep SCX (イオン交換容量 200 mg と 500 mg, カートリッジ容量 3 mL) を用いた。固相抽出カートリッジの固相吸着体は乾燥密閉された状態で供給されているが、そのままでは水になじまないため、3 mL 程度のメタノールを流した後、水 (3 mL) を流しメタノールの除く操作を行う。この操作をコンディショニングという。ここで、イオン交換反応は比較的遅いと云われているので、流速は 1 滴 / 1 秒以下を目安とし、サンプル添加操作は特にゆっくり行う方がよい。本実験では吸引マニホールドを用いた減圧による吸着及び溶出操作で行ったが、カートリッジ先端に装着したコックを用いて流速を調節した。なお、カラムに溶液が残った状態でコックを閉めて乾燥しないようにすることに注意した。固相に気泡が入ると結合効率が悪くなるためである。

サンプルのアミノ酸は、0.1% (w/v) トリクロロ酢酸 (TCA) 溶液に溶解し、上記コンディショニングしたカートリッジにアプライした。固相 (SO_3^-) と親和力の強いものが優先的に吸着され、親和力の弱いものは結合せず、排出される。目的成分 (アミノ酸) だけを固相に残すために、適当な洗浄液 (例えば、0.1% TCA) でカートリッジを洗浄した (1 mL $\times$ 2 回)。溶出の前にカラムを十分に乾燥させると溶出効率がよいといわれているので、洗浄後に吸引を 5 分間程度続け、カラムを乾燥させた後、溶出液 (例えば、50 mmol/L KCl を含む 5% アンモニア水、3 mL) を通してアミノ酸を回収した。

アミノ酸の定量について、分析試料はクエン酸緩衝液 (pH 2.2, 和光純薬社製) で 10 倍希釈し、島津社製アミノ酸分析装置 (OPA 法) を用いて定量した。なお、操作法については後述する。

GABA エキスは既報で述べた方法により作製した。簡単に述べると、もち麦ヌカ 250 g を 1% (w/v) グルタミン酸溶液 (pH 4.0) に懸濁し、25℃で 15 時間保温した。遠心分離 (1,000 $\times$ g, 10 分間) により不溶物を除去した後、密閉容器に入れ、120℃で 20 分間オートクレープすることで調製した。GABA エキス (12 mL) の除タンパクのために終濃度 2% になるように 50% TCA (0.5 mL) 溶液を加えた後、遠心分離を行って上澄みを得た。0.1% TCA 濃度になるように水で 20 倍希釈した後、SCX カートリッジに負荷した。

4. 結果及び考察

4-1. モデルアミノ酸試料の固相保持条件の検討

グルタミン酸 (Glu) と γ アミノ酪酸 (GABA) の陽イオン交換体 (GL サイエンス社製, MC-1, 100 mg/3 mL) への保持を確認するために、それぞれ 0.1 mg を 0.1% トリクロロ酢酸 (TCA) 溶液、0.01 mol/L 酢酸溶液、水に溶解し、

MC-1 カートリッジに負荷した。それぞれの溶解液を用いて洗浄後 (1 mL × 2 回), 1.25% アンモニア水で保持されたアミノ酸を溶出した。結果を図 2 に示した。pH 未調整の水に溶解した場合と比べて、酸性条件である 0.1% TCA や 0.01 mol/L 酢酸溶液に溶解したアミノ酸を負荷した場合、特に GABA においては、未吸着 (pass-through) 区分と洗浄液 (washing) 区分ではほとんど検出されず、溶出 (elution) 区分にはほぼ 90% 程度が回収できた。一方、Glu においては、MC-1 を利用した場合、TCA や酢酸溶液とともに、未吸着や洗浄液に多くが検出され、保持されないことが分かった。

これらの結果から、溶解液として 0.1% TCA 溶液を用いることにした。これは、食品サンプルについて実験する場合、除タンパク操作を固相抽出の前処理として実施すれば、非特異的な吸着物質を減じることが期待できることも考慮した。加えて、データは示さないが、固相カートリッジとして疎水性相互作用も期待できる SCX (GL サイエンス社製) の方が吸着力が強いようであったので、以降の実験では SCX カートリッジを用いて実験することにした。

4-2. SCX カートリッジを用いた各種アミノ酸の固相抽出条件の設定

いろいろなアミノ酸 (1 mg) を 0.1% TCA 溶液に溶解したサンプル (1 mL) を SCX カートリッジ (500 mg, 3 mL) に負荷し、未吸着区分と 5% アンモニア水で溶出した溶出区分についてアミノ酸量を測定した。なお洗浄区分は分析していない。結果を図 3 に示した。GABA については、ほぼすべてが吸着保持され、90% 程度溶出回収できることが分かった。しかし、それ以外のアミノ酸については、特に、Ser や Glu, Gly については、未吸着区分でもわずかに各アミノ酸が検出され、溶出区分については、20% から 50% 程度の回収率であり、洗浄区分で溶出したか、カラムに吸着したままであったと推察された。そこで、溶出については強い対イオン (K^+) を含むアンモニア水を用いることとした。

図 4 に示したアミノ酸をそれぞれ 0.5 mg, 0.1% TCA 溶液に溶解したサンプル (1 mL) を、SCX カートリッジ (500 mg, 3 mL) に負荷し、0.1% TCA (2 mL) で洗浄後、20 mmol/L KCl を含む 5% アンモニア水で溶出した。それぞれ

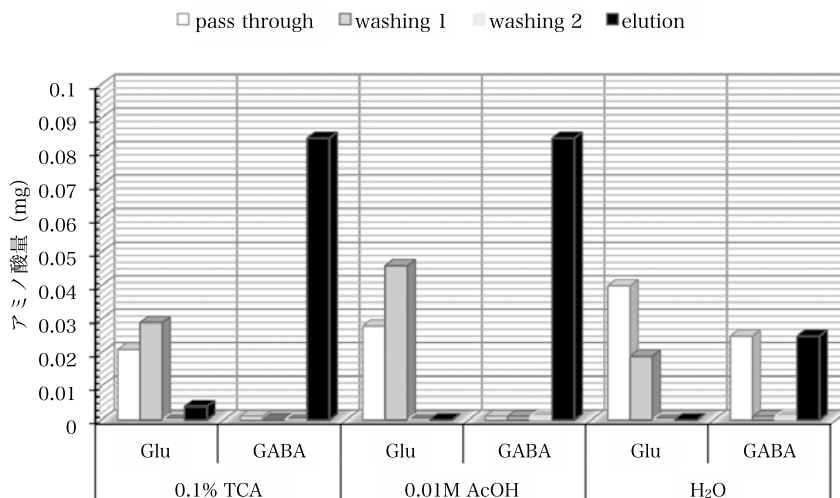


図2 グルタミン酸とγアミノ酪酸の固相抽出(陽イオン交換体 MC-1 カートリッジ)のための溶解液の決定

の区分の amino 酸含量を測定した結果を図 4 に示した。未吸着区分は全ての amino 酸についてほぼ検出できなかった。Asp, Ser, Glu, Gly では洗浄区分 (washing) に添加した amino 酸の多くが溶出してしまうことが分かった。20

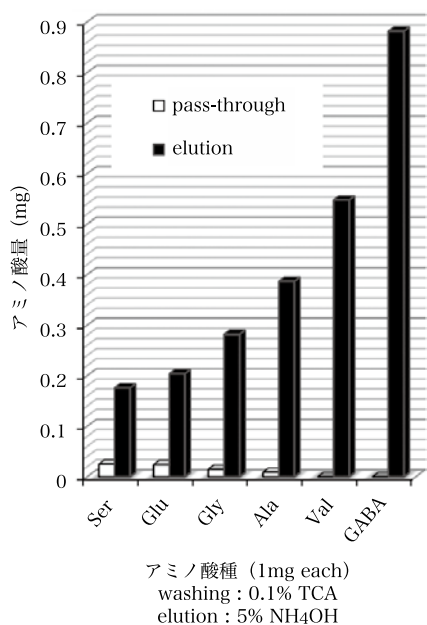


図 3 各種 amino 酸の固相抽出 (陽イオン交換体 SCX カートリッジ)

mmol/L KCl を含む 5% アンモニア水 (elution-1) で、多くの amino 酸で溶出が観察され、Ala では 85%, Val, Met, GABA では 93% 前後が回収できた。図には 200 mmol/L KCl を含む 5% アンモニア水 (elution-2) で溶出した結果も示しているが、更なる溶出は観察されなかった。図 3 の実験と比較すると、特に、Ala や Val では溶出液に K⁺ が含まれると溶出効率 (回収率) が著増することが分かった。

5. 陽イオンカラムを用いた amino 酸分析装置による amino 酸の分離分析

ここで、本実験で各 amino 酸量の測定に用いた amino 酸分析装置 (高速液体クロマトグラフィー法+ポストカラム OPA 誘導体化法) における陽イオンカラムによる amino 酸の分離について概説する。(1) 分析サンプルはクエン酸ナトリウム緩衝液 (pH2.2) で 10 倍希釈した。(2) [分離条件] 分析カラム Shim-pack Amino-Na, アンモニアトラップカラム: Shim-pack ISC-30/S0504Na, 移動相 (島津 amino 酸移動相キット

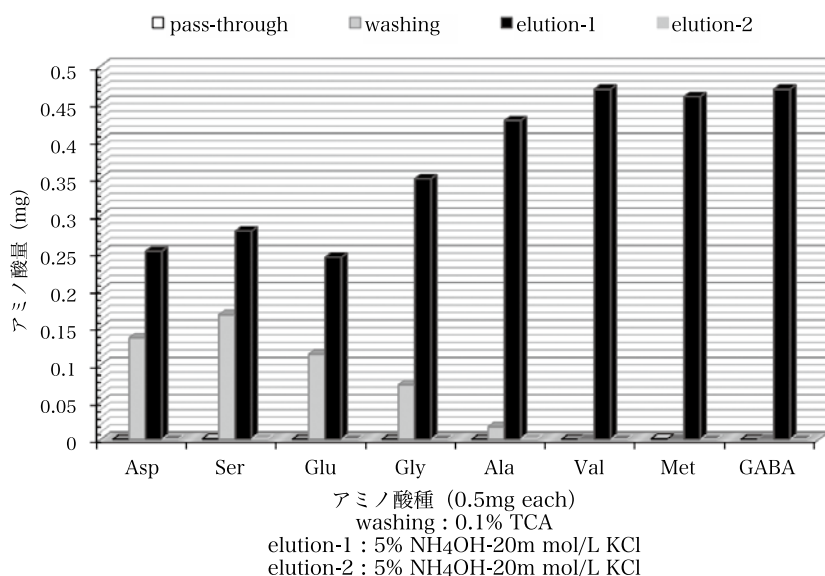


図 4 各種 amino 酸の固相抽出 (陽イオン交換体 SCX カートリッジ)

Na 型) A 液:クエン酸ナトリウム緩衝液, B 液:ホウ酸含むクエン酸ナトリウム緩衝液, C 液:水酸化ナトリウム溶液, 流量:0.4 ml/min, 注入量:10 μ l. (3) [検出条件] 反応試薬:島津アミノ酸分析キット OPA 試薬:A 液:次亜塩素酸ナトリウム含むアルカリ溶液, B 液:OPA 含むアルカリ溶液, 反応試薬流量:各 0.2 ml/min, 検出:蛍光検出, 励起波長:350 nm, 蛍光波長:450 nm で行った。分析結果を, 図 5 に示した。

Shim-pack Amino-Na カラムは, 陽イオン交換クロマトグラフィー用カラムであり, 本実験で使用した SCX と同じ原理でアミノ酸と相互作用する。アミノ酸はアミノ基とカルボキシル基の両方を構造中に有する両性イオンであるから, 陽イオン交換においては, 酸性の強いもの(陰イオンになりやすいもの)程早く溶出し, 塩基性の強いもの(陽イオンになりやすいもの)程遅く溶出するといわれている。酸性の強いものは, 陰イオンになりやすく, SO_3^- 基の陽イオン交換体では反発が想定される。

本実験の SCX カートリッジを用いたアミノ酸の固相抽出では, Asp, Ser, Glu, Gly は, この酸性の強いアミノ酸類であるために, 完全に固定されず洗浄区分に溶出してしまい希望した固相への完全な吸着は達成できなかったと

推察された。しかしながら, 図 3, 4 に示したように, 全てのアミノ酸について, 未吸着区分(pass-through)にはほとんど検出されないことから, 溶解液による洗浄操作を省けば(幾分, 非特異的な夾雑吸着物質の混入はあろうが), 少なくともこの図に示したアミノ酸についてはほぼ定量的に回収できると結論できる。

6. GABA エキスからの GABA の回収

最後に, 実際の GABA 食材に含まれる GABA サンプルを, SCX イオン交換カートリッジを用いた固相抽出について検討した。まず, GABA エキス中に含まれる GABA 量をアミノ酸分析装置で測定した。0.489 mg の GABA を含むエキス希釈液(0.1% TCA, 3 mL)を SCX カートリッジに負荷し, 本研究で確立した条件(図 4 で述べた)で回収した。溶出液に含まれる GABA 量は平均で 0.487 mg (± 0.057 mg)であり, 平均するとほぼ 100% の回収率を確認した。

おわりに

筆者らは, 大麦類のハダカ麦, モチ麦を材料として, 精白モチ麦粒やモチ麦ヌカ, ハダカ麦ヌカを Glu 溶液に浸漬し, 保温すること

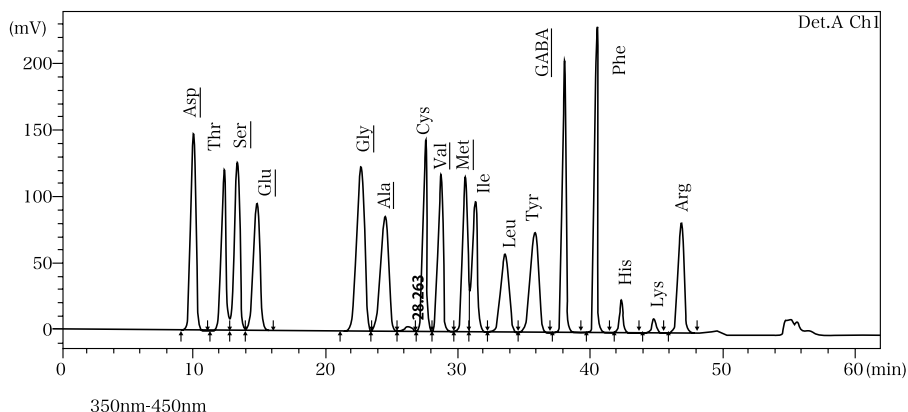


図 5 Shim-pack Amino 陽イオン交換カラムを用いたアミノ酸分析

で、食材に含まれる酵素（グルタミン酸脱炭酸酵素）の作用によって γ アミノ酪酸（GABA）が高生産できることを発見した⁹⁻¹¹⁾。その生産性、すなわちギャバ含量を測定するために、アミノ酸分析装置を用いてきたが、より簡便な測定法を開発する目的で、酵素的定量法を考えた。GABAはGABaseと呼ばれる酵素により、コハク酸に分解される。GABaseとは γ アミノ酪酸アミノトランスフェラーゼとコハク酸セミアルデヒドデヒドロゲナーゼの複合物であり、*Pseudomonas fluorescens* 細菌由来のものが市販されている。後者の酵素反応では $\text{NADP}^+ \rightarrow \text{NADPH}$ 変化が共役している。この酵素を用いれば、GABA含量を、分光光度計（UV領域）を用いて酵素的に測定できる¹²⁾。さらに、GABaseを用いた可視領域での測定法

についても提案されている¹³⁾。ただ、酵素的定量法では、使用するサンプルの純度が問題であり、酵素阻害剤の除去に細心の注意を払う必要がある。

本研究はGABA測定のための前処理法の確立を目的としていた。アミノ酸の固相抽出技術として、全てのアミノ酸種について精製、濃縮する固相抽出法の条件は確立できてはいないが、筆者らのGABA測定のための前処理という立場で言えば、充分に利用可能な技術を確立できた。

イオン交換体についても、各メーカーでいろいろ特徴のある製品を開発しているので、本研究では満足できる固相抽出（精製及び濃縮）技術とはならなかった酸性アミノ酸についても、詳細な条件設定により達成可能と推察する。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) http://www.food-analysis.jp/download/pdf/f_kit/toriatukai_kiso.pdf
- 2) 井上嘉野則，山本敦：ポリマー系固相抽出剤の機能化と食品分析への応用，化学と生物，**48**, 51-57, 2010.
- 3) GLサイエンス：試料前処理総合カタログ vol. 1, 2009.
- 4) 固相抽出ガイドブック編集委員会：固相抽出ガイドブック，ジーエルサイエンス，2012.
- 5) 本浄高治ら：基礎分析化学，化学同人，2005.
- 6) シグマ-アルドリッチ：固相抽出製品カタログ SPE catalogue, saj1459, 2012.
- 7) 宮下正弘，瀬山義幸：ヨウ素化アミノ酸の逆相高速クロマトグラフィーのための固相抽出法，*Bunseki Kagaku*, **53**, 1167-1175, 2004.
- 8) 渡部保夫，鳥居枝里子，渡辺誠也，前田耕作：六条大麦ヌカを用いた γ -アミノ酪酸の高生産の要因，日本食品科学工学会誌，**59**, 291-294, 2012.
- 9) 渡部保夫：もち麦を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術（その2），*New Food Industry*, **54**(7), 38-44, 2012.
- 10) 渡部保夫，鳥居枝里子，大野一仁，前田耕作：もち麦粒を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術，日本食品科学工学会誌，**58**, 182-185, 2011.
- 11) 渡部保夫：もち麦を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術（その1），*New Food Industry*, **54**(6), 27-34, 2012.
- 12) 赤間一仁：RTS小麦胚芽CECFキットを用いた3種類のイネカルモジュリンの機能解析，*Biochimica*, **100**, 14-15, 2005.
- 13) 米田俊浩： γ -アミノ酪酸の簡易迅速測定方法，特開 2011-130666, 2011.

生体アミン含有飼料を用いた 有用・有害昆虫の行動操作

佐々木 謙 (SASAKI Ken) *

* 金沢工業大学 応用バイオ学科

Key Words：生体アミン・行動・人工飼料・昆虫

はじめに

昆虫は我々の生活で身近な存在である。昆虫の中にはミツバチのようにその生産物（ハチミツやローヤルゼリーなど）や花粉媒介の行動が人間にとって有益になるものもいれば、スズメバチのようにその攻撃行動が人間に危害や恐怖心を与えるものもいる。後者は有害昆虫であるのだから農薬や殺虫剤を用いて駆除・撲滅してしまえばよい、という乱暴な意見も聞かれることがある。しかし、これらの昆虫も自然界の中では生態系を維持している重要な存在であり、それらを駆除・撲滅してしまえば、それ以外の害虫がはびこることになるであろう。このような有用昆虫や有害昆虫の行動を操作し、有用昆虫をより効率的に働かせる、あるいは有害昆虫を殺さずにその攻撃性を抑制させることができれば、“自然にやさしい”昆虫と人との共生が実現するかもしれない。

昆虫を含む動物の行動は脳や神経系の活動の結果である。したがって、昆虫の脳活動を人為的に操作できれば、前述のような行動操作も可能になる。昆虫の脳では神経ホルモンや神経修飾物質と呼ばれる生理活性物質が特定の行動の動機付けを調節している。つまり、これらの物質は脳内のある特定の神経回路の活性化・不活

性化、あるいは特定の行動に関わるニューロンの閾値を変化させることにより、行動の発現を調節する。そこで、餌を介して昆虫の脳内物質量を人為的に調節できれば、行動の操作が実現できるかもしれない。このようなことをヒトに当てはめてみると、なんとも恐ろしい技術のように思えるが、鬱病などの気分障害の治療・改善に用いられる向精神薬などの利用がそれに相当する。

脳内物質の供給は餌の種類や摂取量による影響を受ける。私たちのグループでは、餌からの栄養摂取と脳内物質の生産、および行動への影響について研究しており、餌を介した脳内物質量の調節によって昆虫の有用な行動を引き出せると考えている。本稿では餌による有用・有害昆虫の行動操作について、具体例を挙げながら紹介したい。

1. 動物の行動を調節する脳内物質

脳・神経系で作用する神経作用性物質は、その機能から、神経伝達物質、神経修飾物質、そして神経ホルモンに分類される¹⁾。神経伝達物質はシナプス間の化学伝達の仲介物質として数ミリ秒単位でシナプス後膜に情報を伝達するの

に対し、神経修飾物質はニューロンの終末から局所的なニューロン群に作用し、標的ニューロンの閾値やシナプス伝達効率に影響を与える。神経ホルモンは血液（体液）に拡散し、場合によっては循環することにより、広範囲の標的細胞に作用し、新たな遺伝子発現を引き起こす。このような様々な機能を併せもつ代表的な神経作用性物質が、生体アミン類や神経ペプチド類である。

2. 生体アミン類の合成・代謝系とその作用

生体アミン類はアンモニアの水素原子を炭化水素基で置換した生体内の化合物である。生体アミン類（特にモノアミン）は炭化水素基の構造から、フェノール系アミン（オクトパミン・チラミン）、カテコール系アミン（ドーパミン・ノルアドレナリン・アドレナリン）、インドール系アミン（セロトニン・メラトニン）、およびヒスタミンの4つに大別される¹⁾。これらの合成・代謝経路の大部分は、脊椎動物と無脊椎動物の脳・神経系で共通しているが、その機能や合成酵素の活性は両者で異なる。これらの生体アミン類はいずれもアミノ酸から合成され、フェノール系・カテコール系アミンはチロシン

から、インドール系アミンはトリプトファンから、ヒスタミンはヒスチジンからつくられる。

無脊椎動物（特に昆虫類）の脳で重要なはたらきをしている生体アミン類はドーパミン・オクトパミン・チラミン・セロトニンである（表1）。ノルアドレナリンやアドレナリンも昆虫の脳内には微量で存在する²⁾が、脊椎動物の場合と異なり、これらが生理活性物質として使われている明確な証拠はない。生体アミン類は、特異的な受容体に結合して作用する。脊椎動物と無脊椎動物の両方において、生体アミン類の受容体は、Gタンパク質共役型受容体と呼ばれるグループに属し、細胞膜を7回貫通する構造を備えている³⁾。その受容体タンパク質に生体アミン類が結合することにより、セカンドメッセンジャー（特にcAMP）の細胞内濃度は増加、あるいは減少する。セカンドメッセンジャーはイオンチャネルの開閉に影響を与えるとともに、遺伝子発現に関わる転写因子の量にも影響を与える。昆虫においても、主要な生体アミン類の受容体遺伝子がクローニングされ、細胞レベルの機能が決定されている。

昆虫における生体アミン類の作用は様々で、種間で共通の作用もあれば、種固有の作用もある（表1）。昆虫一般に、ドーパミンは活動性

表1 代表的な生体アミンとその前駆物質および生体アミンによる行動への作用

生体アミン	前駆物質	行動への作用
カテコール系アミン		
ドーパミン	チロシン → DOPA	活動性の上昇 ^{4,5)} 、覚醒 ⁶⁾ 、嫌悪学習 ⁷⁾ 、嗅覚連合学習の抑制 ⁸⁾ 、卵巣発達 ⁹⁾
フェノール系アミン		
オクトパミン	チロシン → チラミン	飛翔行動の促進 ¹⁰⁾ 、攻撃性の上昇 ¹¹⁾ 、産卵行動の持続 ¹²⁾ 、飛翔時のエネルギー代謝の転換 ¹⁰⁾
チラミン	チロシン	飛翔行動の抑制 ¹³⁾ 、卵巣発達の促進 ¹⁴⁾ 、性フェロモン合成の抑制 ¹⁵⁾
インドール系アミン		
セロトニン	トリプトファン → 5-ヒドロキシトリプトファン	概日リズム ¹⁶⁾ 、メスの交尾行動の変化（モンシロチョウ） ¹⁷⁾ 、相変異の転換（バッタ） ¹⁸⁾

の上昇に関与し^{4,5)}、覚醒・歩行・飛翔の活性化^{4,6)}、嫌悪学習の成立⁷⁾、産卵行動や卵巣発達を促進する⁹⁾。オクトパミンもドーパミンと同様に行動の活性化に関与するが、末梢（感覚系・運動系）で作用する傾向がある。攻撃性の上昇^{10,11)}、飛翔の持続¹⁰⁾、産卵行動の持続¹⁰⁾、飛翔時のエネルギー代謝系の転換などの役割¹⁰⁾も担っている。オクトパミンの前駆物質のチラミンはオクトパミンとは異なる独自の受容体を持ち³⁾、オクトパミンとは拮抗的な作用を示す^{13,14)}。セロトニンは概日リズムに関与し¹⁶⁾、夜行性あるいは昼行性の昆虫が示す時間にリンクした行動や性行動を修飾する。モンシロチョウでは交尾後のメスの交尾拒否行動の発現¹⁷⁾、バッタでは密度依存的な相変異の転換¹⁸⁾にも関与していることが報告されている。

3. 生体アミン類の経口摂取と脳内アミン量

ヒトにおいて、血中の生体アミン類の多くは血液脳関門を通り抜けることができず、生体アミン類を投与しても末梢でのみ作用する。したがって、ヒトの脳内に生体アミン類を取り込ませたい場合は、血液脳関門への透過性の高い前駆物質を用いることが多い。一方、開放血管系の昆虫類では、血液脳関門が発達しておらず、血液（体液）中の生体アミン類は脳表層のグリア細胞を高い透過率で通り抜けることができる¹⁹⁾。したがって、生体アミン類を昆虫の体液中に注射した場合、末梢神経系や筋だけでなく、中枢神経系にも作用する。注射後の生体アミンは血中の分解酵素により比較的短時間で代謝されていく。生体アミンを持続的に作

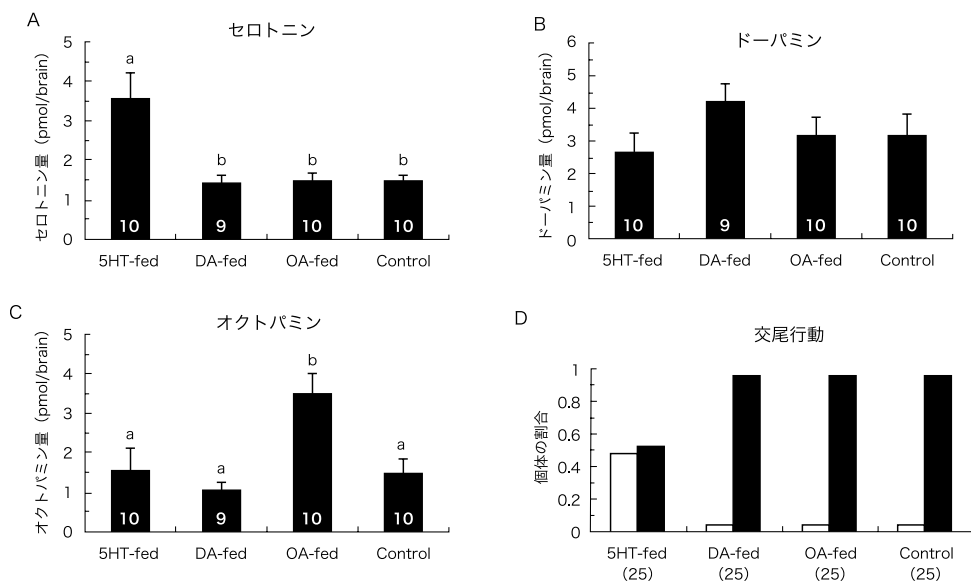


図 1

モンシロチョウの未交尾メスに3種類の生体アミンをそれぞれ経口摂取させた時の脳内アミン量 (A-C) と交尾行動への影響 (D)。10%ショ糖溶液にセロトニン (5HT)、ドーパミン (DA)、オクトパミン (OA) をそれぞれ 2mg/ml 溶解し、経口摂取させた。翌日、これらの個体の脳内アミン量を HPLC-ECD 法で分析・定量し、あるいは交尾行動を観察した。脳内アミン量のグラフ (A-C) では、棒中の数字はサンプル数を示している。交尾行動のグラフ (D) では、交尾をしなかった個体を白で、交尾をした個体を黒で示している。括弧内の数字はサンプル数を示している。文献 17 参照。

用させたい場合は、経口摂取の方が適している。昆虫に生体アミンを経口摂取させると、その代謝効率は生体アミンの種類によって異なるが、脳内のアミン濃度は高い値で維持され（図 1A-C）、交尾行動の変化（図 1D）や生殖器官の発達を引き起こすことができる^{9,17)}。

昆虫において、生体アミンの代わりにその前駆物質を経口摂取させても、脳内アミン濃度を高く維持することができる（図 2）。例えば、ドーパミンの前駆物質である DOPA を昆虫に経口摂取させると、脳内に DOPA が取り込まれ（図 2A）、脳内のドーパミン量やその代謝物質量が上昇する（図 2B-C）²⁰⁾。昆虫ではドーパミン合成酵素である DOPA 脱炭酸酵素の活性が高く、基質である DOPA の脳内量を増やすと効率良く脳内のドーパミン量を高めることができ

る（図 2D）²⁰⁾。

4. 餌の種類や摂取量と脳内アミン合成量との関係

昆虫の脳内アミン量は餌の種類や摂取量による影響を受ける。摂取した餌に生体アミンやその前駆物質が多く含まれていれば、餌摂取量に比例して脳内に取り込まれるアミン量も増加する（図 2D）。例えば、ミツバチの女王はワーカーよりも脳内ドーパミン量が 4 倍程度多いが（図 3）、脳内のドーパミン合成酵素の活性はほぼ同じである（図 3A）²⁰⁾。女王はチロシンなどのアミノ酸を多く含むローヤルゼリーを餌として摂取するために^{21,22)}、血中チロシン量がワーカーよりも高く²³⁾、脳内の DOPA 量、

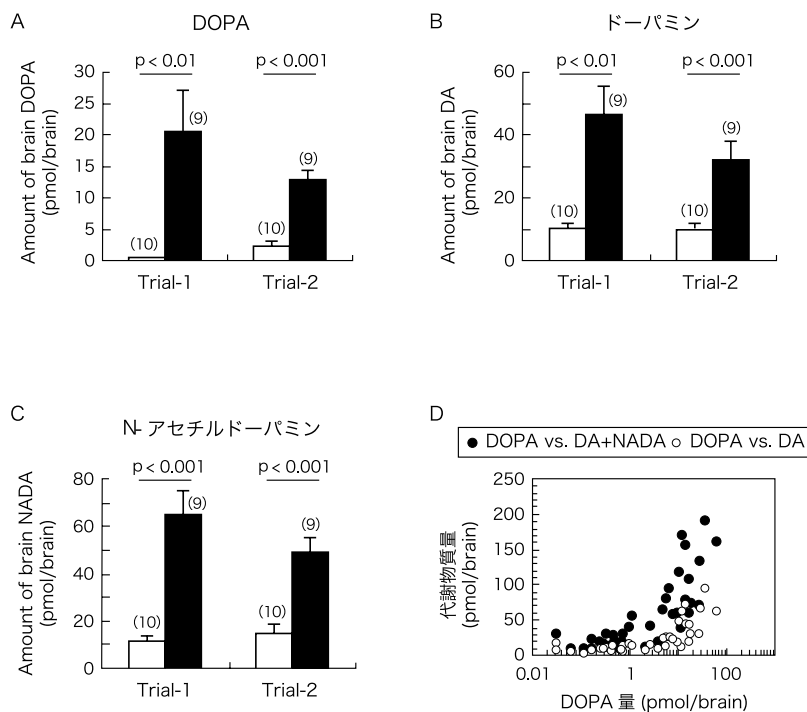


図 2

セイヨウミツバチワーカーに DOPA を経口摂取させた時の脳内 DOPA 量 (A)、ドーパミン (DA) 量 (B)、DA 代謝物質 (N アセチルドーパミン) 量 (C)、および DOPA と DA・DA 代謝物質量との相関 (D)。40% ショ糖溶液に DOPA を 0.5mg/ml 溶解し、8 日間経口摂取させた。2 回の試行 (Trial 1 と Trial 2) の結果を示している。グラフ中の括弧内の数字はサンプル数を示している。文献 20 参照。

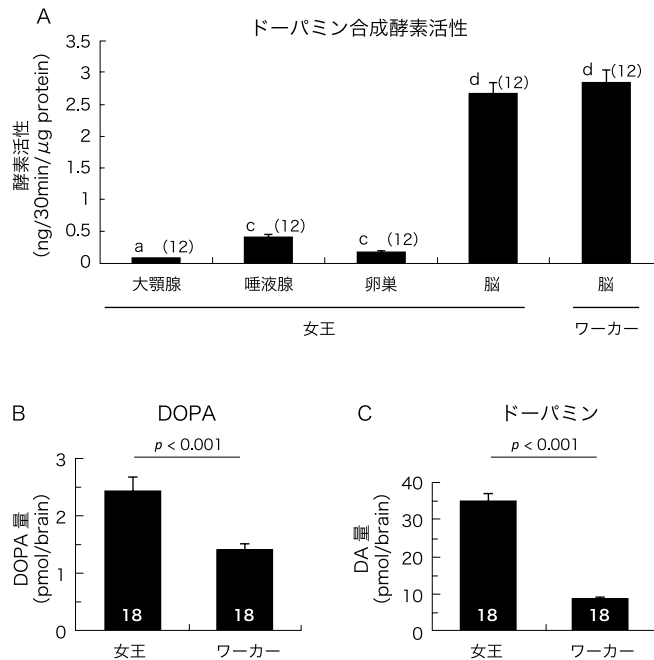


図 3

セイヨウミツバチの女王とワーカーにおけるドーパミン合成酵素活性(A)と脳内 DOPA 量(B)と脳内ドーパミン量(C)。ドーパミン合成酵素活性のグラフでは、有意差のある群間を異なるアルファベットで示している。括弧内の数字はサンプル数である。脳内アミン量のグラフ(BとC)では、棒中の数字はサンプル数を示している。文献 20 参照。

ドーパミン量ともに、ワーカーよりも多い(図 3B-C)¹⁷⁾。私たちの予備的な実験では、ショ糖に溶かしたローヤルゼリーをワーカーに摂取させると、ショ糖のみを摂取した個体よりも脳内のチロシン量やドーパミン量、チラミン量が増加する結果が得られている。さらにチロシンを経口摂取させたワーカー個体では、採餌行動が抑制され、卵巣発達が促進されることが確認されている。このようにミツバチの社会では、巣内の栄養状態に応じて個体の脳内アミン量に変化し、行動に影響を与えている可能性がある。

5. 人工飼料による有用・有害昆虫の行動操作

有用昆虫や実験昆虫用に様々な人工飼料が製造され、販売されている。それらの飼料に生体アミンやその前駆物質であるチロシンやトリブ

トファン、ヒスチジンといったアミノ酸を多く配合し、摂食させることにより、有用昆虫の繁殖行動を活発にさせたり、性成熟を促進させたりすることは可能である。また、花蜜を摂取するハナバチ類やチョウ類などでは、糖液に生体アミンやその前駆物質を溶かし、給餌させることにより、行動を操作することができる。ハナバチ類やチョウ類の口吻は種によって長さが異なるため、有用昆虫のミツバチやマルハナバチには比較的浅い給餌器を、口吻の長いチョウには底の深い給餌器で摂取させることにより、野外でも特定の昆虫種に選択的に給餌できるかもしれない。生体アミンの種類も1種類ではなく、数種類の組合せで摂取させることも可能である。例えば飛翔行動を活性化させたい場合は、中枢神経系で行動活性を高めるドーパミンと中枢神経系と末梢神経系で飛翔行動を促進するオ

クトバミンを組合せて摂取させれば、より高い効果が得られるであろう。

おわりに

本稿では有用昆虫や有害昆虫の行動を生体アミン類の経口摂取で操作できる可能性について紹介した。野外で特定の昆虫に生体アミンの経口摂取を施したい場合に、その昆虫が摂食する際の性質（ある特定の匂いを好む、ある場所で摂食するなど）が分かっているならば、効率よく給餌させることができる。また、種特異的な摂食誘引物質、あるいは摂食阻害物質を用いること

により、生体アミンを経口摂取させる種を限定できると考えられる。このように、昆虫の摂食行動や摂食のための味覚受容や嗅覚受容の研究の知見を積極的に活かすことにより、より効果的な行動操作が期待できるはずである。さらに、生体アミンやその前駆物質を含む天然物は多く存在し、それらを人工飼料に配合することにより、生産コストも低く抑えられるかもしれない。このように生体アミンには様々な応用可能性があり、多くの研究者に基礎研究だけでなく、応用研究にも取り組んでもらいたいと切望している。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) Evans, P. D.: *Adv. Insect Physiol.*, **15**, 317–473, 1980.
- 2) Sasaki, K., Nagao, T.: *J. Insect Physiol.*, **47**, 1205–1216, 2001.
- 3) Blenau, W., Baumann, A.: *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, **48**, 13–38, 2001.
- 4) Nishi, Y., Sasaki, K., Miyatake, T.: *J. Insect Physiol.*, **56**, 622–628, 2010.
- 5) Akasaka, S., Sasaki, K., Harano, K., Nagao, T.: *J. Insect Physiol.*, **56**, 1160–1166, 2010.
- 6) Van Swinderen, B., Andretic, R.: *Proc. R. Soc. B*, **278**, 906–913, 2011.
- 7) Vergoz, V., Roussel, E., Sandoz, J., Giurfa, M.: *PloS ONE*, **2**, e288, 2007.
- 8) Menzel, R., Heyne, A., Kinzel, C., Gerber, B., Fiala, A.: *Behav. Neurosci.*, **113**, 744–754, 1999.
- 9) Sasaki, K., Yamasaki, K., Tsuchida, K., Nagao, T.: *Naturwissenschaften*, **96**, 625–629, 2009.
- 10) Roeder, T.: *Ann. Rev. Entomol.*, **50**, 447–477, 2005.
- 11) Stevenson, P.A., Hofmann, H.A., Schoch, K., Schildberger, K.: *J. Neurobiol.*, **43**, 107–120, 2000.
- 12) Kalogianni, E., Theophilidis, G.: *J. Exp. Biol.*, **198**, 507–520, 1995.
- 13) Schulz, D. J., Robinson, G. E.: *J. Comp. Physiol. A*, **187**, 53–61, 2001.
- 14) Lange, A. B.: *Gen. Comp. Endocrinol.*, **162**, 18–26, 2009.
- 15) Hirashima, A., Yamaji, H., Yoshizawa, T., Kuwano, E., Eto, M.: *J. Insect Physiol.*, **53**, 1242–1249, 2007.
- 16) Saifullah, A. S. M., Tomioka, K.: *J. Exp. Biol.*, **205**, 1305–1314, 2002.
- 17) Obara, Y., Fukano, Y., Watanabe, K., Ozawa, G., Sasaki, K.: *Naturwissenschaften*, **98**, 989–993, 2011.
- 18) Anstey, M.L., Rogers S.M., Ott, S.R., Burrows M., Simpson, S.J.: *Science*, **323**, 627–630, 2009.
- 19) 佐々木謙 : *New Food Industry*, **51**, 76–82, 2009.
- 20) Sasaki, K., Matsuyama, S., Harano, K., Nagao, T.: *Gen. Comp. Endocrinol.*, **178**, 46–53, 2012.
- 21) Haydak, M. H.: *Ann. Rev. Entomol.*, **15**, 143–156, 1970.
- 22) Townsend, G. F., Lucas, C. C.: *Biochem. J.*, **34**, 1155–1162, 1940.
- 23) Hrassnigg, N., Leonhard, B., Crailsheim, K.: *Amino Acids*, **24**, 205–212, 2003.

卵を食べると心臓に悪い？

城内 文吾 (SHIROUCHI Bungo) *¹ 菅野 道廣 (SUGANO Michihiro) *²

*¹ 九州大学大学院 農学研究院栄養化学分野, *² 九州大学・熊本県立大学名誉教授

Key Words：卵（卵黄）・コレステロール・頸動脈のプラーク・冠動脈心疾患

はじめに

多くの消費者の間で、「コレステロール (Chol) を食べると血液の Chol 濃度が上昇し、動脈硬化そして心疾患のリスクが高まる」と言う風が吹けば桶屋が儲かる的な筋書きが固着しており、Chol を含む食品は直感的に忌避されている。極端な場合には、Chol の存在そのものが拒否されることさえある。鶏卵、とくに卵黄は通常の食品中では最も多く Chol を含んでおり（卵 1 個当たり約 200 mg 強）、最も危険な食品として、その摂取に二の足を踏む人は相当に多い。

一方、鶏卵は栄養的に極めて優れていて、健康な食事の献立に無くてはならない食品であることを、ほとんどの人が理解している。卵 1 個当たりのエネルギー量は 70 kcal 程度に過ぎないが、高栄養価のタンパク質を多く含み、種々のビタミンとミネラルに富み、しかも十分な量の抗酸化成分を含んでいる。卵は満腹感、体重調節、目の健康、健全な妊娠などの面で優れた効果を有している極めて安価で安全な食品である。そして、健康な人にとっては少なくとも 1 日 1 個の摂取は循環器系疾患のリスクを高めることはないことが、これまでの疫学調査や介入試験で確かめられている。そのような状況にあ

る中で、「卵黄は喫煙と同等に動脈硬化を引き起こす可能性がある」との刺激的な研究論文が発表された。

この小文では、「卵黄危険説」の真相と、それにどう対応すればよいのかについて解説し、Chol を巡る健康な食生活の基本概念に触れてみたい。

1. 「卵黄は動脈硬化を促進する」との Spence らの論文

2012 年 7 月 に,” Egg yolk consumption and carotid plaque”（卵黄の摂取と頸動脈プラーク）というタイトルの論文が、動脈硬化研究者の間では高く評価されている論文誌の一つである *Atherosclerosis* 誌に、オンラインで発表された（最終的には 10 月号に掲載）¹⁾。この論文では、血管予防クリニックへ通院する患者 1231 人（女性 47.1%，平均年齢 61.5 歳，糖尿病患者の割合 13.3%）を対象に、超音波による 2D 断層法により頸動脈のプラーク面積（total plaque area; TPA）が測定されている。同時に、喫煙量（1 日の喫煙箱数×喫煙年数，Pack-years of smoking）と卵黄摂取量（1 週間の卵黄数×摂取年数，Egg-yolk years）を含む生活状況，服

薬の有無，病歴に関する調査が行われている。卵黄摂取量を五分位階に別け解析した結果，以下の点が観察された。

- ① TPA 値が 40 歳以降，加齢に伴い一次関数的に増加するのに対し（図 1），喫煙と卵黄摂取の増加は TPA 値を指数関数的に増加させた（図 2）。
- ② TPA 値に対する卵黄摂取の影響は，喫煙の

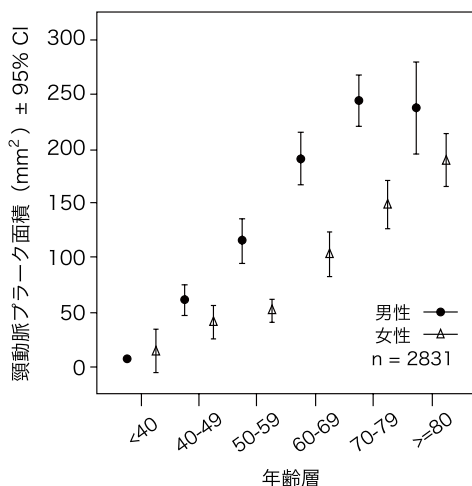
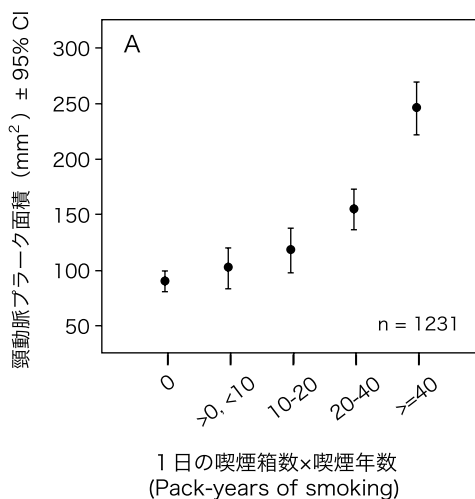


図 1 頸動脈プラーク面積に及ぼす年齢の影響（血管予防クリニック通院患者 $n=1231$ ）（文献 1 より作図）



影響の 2/3 程度に相当した。

- ③ 1 週間に 2 個未満の卵黄を摂取する人 ($n = 388$) の TPA は $125 \pm 129.62 \text{ mm}^2$ であるのに対し，3 個以上摂取する人 ($n = 603$) では $132.26 \pm 142.48 \text{ mm}^2$ と有意に増加した（年齢調整後 $p < 0.0001$ ）。
- ④ 重回帰分析の結果，卵黄の摂取量は性別，血清総 Chol 値，収縮期血圧，糖尿病，Body Mass Index (BMI) および喫煙量（年齢は喫煙量および卵黄摂取量に組み込まれている）に関わらず，有意な TPA 予測因子であることが示された（表 1）。

これらの結果を基に，著者らは「心疾患のリスクがある人は卵の常食を避けるべきである」と結論している。ただし，この種の研究論文では研究成果の限界を示す常套句となっている「この仮説は，食事や運動やウエスト囲のような他の関与因子について，より詳細な前向き研究を行い評価すべきである」という文が結論として書かれていることを看過してはならない。マスコミはしばしばこの点を無視し，今回も「卵は心臓病に対し喫煙と同等に危険」と短絡している。

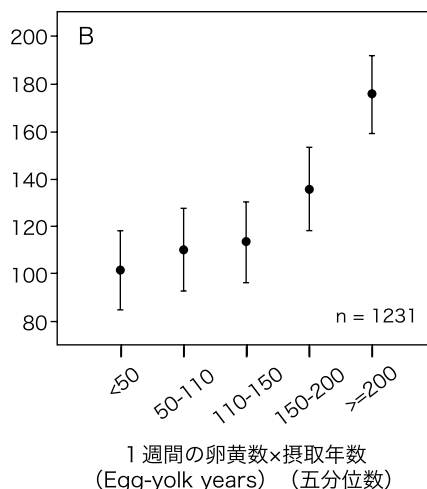


図 2 頸動脈プラーク面積に及ぼす喫煙本数（A： $n=1231$ ）および卵黄摂取（B： $n=1231$ ）の影響（文献 1 より作図）

表1 頸動脈プラーク面積¹⁾を予測する回帰関数(重回帰分析)

説明変数 ²⁾	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	t 値	P 値
(定数項)	2.073	0.460		4.502	0.000
女性	-0.803	0.113	-0.184	-7.110	0.000
血清総コレステロール値	-0.171	0.046	-0.095	-3.712	0.000
収縮期血圧	0.023	0.002	0.247	9.767	0.000
喫煙量 (Pack-years of smoking)	0.031	0.003	0.280	10.930	0.000
糖尿病	0.914	0.161	0.144	5.669	0.000
BMI	-0.033	0.009	-0.097	-3.828	0.000
卵黄摂取量 (Egg-yolk years)	0.002	0.000	0.124	4.897	0.000

寄与率 (R^2) = 0.277

1) 目的変数 (予測する変数): ベースラインの頸動脈プラーク面積 (立方根変換による正規化)

2) 説明変数 (予測に用いる変数)

卵黄摂取量は性別, 血清総コレステロール値, 収縮期血圧, 糖尿病, BMI および喫煙量で調整後も有意な予測因子であった (年齢については喫煙量及び卵黄摂取量に組み込まれている) (文献 1)

Spence らは, これまで食事の Chol, したがって卵黄は有害ではないという説に異論を唱え, 消費者だけでなく医師までも誤解していると主張してきている²⁾。長年にわたり実績がある Chol 摂取制限の推奨に逆らうのは賢明な対応ではないとし, 心筋梗塞や脳梗塞の発症後に卵の摂取を辞めるのは肺癌と診断されてから禁煙するのと同じことで, 手遅れであると論じてきている。つまり, 食事の飽和脂肪酸や Chol は冠動脈心疾患のリスク因子であるとする A. Keys や M. Hegsted の学説支持者で, 健康な人でも卵は摂取制限すべきと強調してきている。日常摂取している食品中の Chol にはかなりの割合で酸化型が含まれており (最大 12% 程度), 炎症反応を誘起して動脈硬化の危険性を孕んでいることも判断の背景にある²⁾。そして, 健康な人では卵の摂取は危害を与えないとする大規模な疫学研究³⁾においても, 研究期間中に糖尿病になった人では, 卵を毎日摂取すると冠動脈疾患の発症が 2 倍に高まることが観察されているのを見過ごしていると警告してきている。

2. Spence らの論文に対する反論

上記の論文に対し, American Egg Board (AED) と Egg Nutrition Center (ENC) は直ちに「信じられない」との見出しで強く反論した⁴⁾。すなわち, 「この論文の内容は驚くべきものであり, 健康な成人は心疾患のリスクに何ら影響を及ぼすことなく卵を摂取できるという 40 年以上にわたる研究の成果を否定するものである」として, 以下の点を指摘し反論した。

- ① 10 万人以上の被験者を対象としたハーバード研究で, 卵の摂取が 1 日 1 個以下の人と 1 個摂取している人との間で, 循環器疾患のリスクに有意な差は認められておらず, 1 日 1 個までの卵の摂取は, 総合的に見て健康な成人の心疾患や脳卒中のリスクに対し実質的な影響を及ぼさないと結論されている³⁾。
- ② 健康な成人では, 1 日 1 個の卵の摂取は 1 個以下の場合より冠動脈心疾患のリスクが低いことを認めた研究がある。栄養的に貧弱な食事, 喫煙, 肥満そして身体活動不足のような生活スタイル因子の影響が, 性別に依存するけれども, 心疾患リスクの

30-40%にも及んでいる⁵⁾。

- ③飽和脂肪酸がCholよりもヒトの血清Cholをより上昇しやすい⁶⁾。
- ④2010年のDietary Guidelines for Americansでは、卵は健康な食事に欠かせない栄養素に富む食品と認識されている。卵は飽和脂肪酸や高カロリーの食品と共に摂られることが多いが、そのような組み合わせの影響が無視されている。
- ⑤Spenceらの研究は観察研究であり、関係の可能性を示唆するに過ぎず、実際の因果関係を示すものではない。卵の摂取と喫煙以外の食事因子あるいは行動因子については検討されておらず、運動習慣、ウエスト囲、飽和脂肪の摂取、アルコール、あるいは通常、卵と一緒に摂る高脂肪の肉やその他の高脂肪の添え料理の影響については無視されている。
- ⑥卵の摂取が多い人は、同時にヘビースモーカーである上に、1週当たり5個の卵摂取者の人の割合は僅かに過ぎないので、得られた結論は少数の人についての成績に基づくものである。
- ⑦卵の摂取とTPAとの間の関係を報告しているが、循環器疾患の指標として通常用いられている血清の総Chol, LDL-Chol, HDL-CholあるいはBMIなどについての相関性は示されていない。

マスコミの対応も盛んである。栄養士であるD. Ruxtonの意見を紹介した情報では⁷⁾, Spenceらの論文が査読制度が確立され、インパクトファクターも高い専門誌に掲載されていることを評価しながらも、「原因であるのか、それとも無関係な関連性なのかと言う点が考慮されておらず、プラーク形成に関与する他の因子についての補正もなされていない。朝食に目玉焼きを食べる人はトーストにバターを塗るであろう」と述べ、多くの研究で食品中の

Cholが血液の総Chol及びLDL-Chol濃度に及ぼす影響の程度は、食事の飽和脂肪酸の影響よりずっと低いことを強調している。また、US Egg Nutrition CenterやAmerican Egg Boardの対応についても紹介されており⁸⁾, 血液Chol濃度が高い人では卵の上昇作用が顕著であるという論文を引用し、産卵鶏用の飼料を変えることにより影響を低減できると述べている⁹⁾ (このことに関連し、卵のChol含量は2002年時に比べ、2010年では14%低下していることを2011年2月8日、USDAが発表している。大サイズ卵で215 mgから185 mgに低下)。

以上のような反論がなされているが、自己防衛という立場からは当然の姿勢であろうし、むしろ間一髪入れずの対応は流石である。わが国では何の動きもなく、Spenceらの論文そのものも話題とはならなかったようである。この国情の差をどう見るか、意見が分かれるところであろうが、「外野」からこのような論争を見聞するのは格好の刺激でもある。

3. コレステロール問題の考え方

以上のように、Spenceらの論文には強い反論が出されているが、どう理解すればよいのだろうか。

食事成分（この場合はChol）が循環器疾患のリスクへどう影響するのかについては、通常、空腹時の血液Chol濃度を基に判断されている。最近では、食後の血液レベルでの判断も求められるようになっている。Spenceらも空腹時ではなく、食後の血液レベルの測定を支持しているが、残念なことに発表論文には採血時間の詳細は示されていない。一方、動脈硬化性病変のより直接的診断指標としてTPAの測定も行われてきている。その点では、Spenceらの研究結果は高く評価できよう。問題は、これまで述べられた批判からも解るように、実験系が非常

に単純化され、卵黄摂取量と喫煙量だけで判断されている点である。動脈硬化性疾患に対する脂質異常症以外の危険因子としては、高血圧、糖尿病、喫煙、加齢、性別、早発性冠動脈疾患の家族歴など多くの因子が関わっているもので¹⁰⁾、広い視点からの考察が不可欠である。

表1に示されている標準回帰係数からも解るように、TPAへの影響の大きさは喫煙、収縮期血圧、女性、糖尿病、卵黄摂取量、BMI、血清総コレステロール値の順であった。すなわち、卵黄摂取がBMIや血清総コレステロール値以上にTPAの予測因子となるという結果が得られたことから、「心疾患のリスクがある人は卵の常食を避けるべきである」との結論が導かれたと判断される。しかし、動脈硬化性疾患は遺伝的素因に過食、身体活動不足をはじめとする多くの環境因子が加わり発症する。残念なことに、本研究では卵黄以外の食品についての食事調査は行われておらず、コレステロール、食事脂肪酸、食物繊維、食塩、アルコールおよび総エネルギー摂取量、脂肪エネルギー比率、炭水化物エネルギー比率など、重要な影響因子の関与については検討されていない。動脈硬化予防に有効である継続的な身体活動ならびに有酸素運動の影響についても不明である。結局、Spenceらの研究からは、卵黄摂取量の増加によりTPA値が増加したとは言い切れないのである。したがって、一見すると卵黄摂取量の増加がTPAの増加を導くという重みがあるデータに見受けられるが、交絡因子（TPAに影響を与える恐れのある因子）の排除が不完全であり、得られたデータのみで卵黄摂取の危険性を標榜し、卵黄摂取に責任を求めるのは適切ではないと考えるのが妥当であろう。また、TPAは早期動脈硬化の診断に有用であるとみなされているが、実際に心血管や脳血管疾患による死亡のリスクとどの程度結び付いているのかは明らかではない。「心疾患に影響する食事、運動

やウエスト囲（内臓脂肪面積）などの交絡因子に関する詳細な情報を集めた前向き研究によって、本研究結果は再検証されるべきである」と述べられているのも当然のことであろう。

おわりに

Spenceらの論文は、卵の摂取が血液Chol濃度、ひいては冠動脈心疾患にどのような影響を及ぼすかという点で、新しい情報を提示したことは確かである。ただ、今回の論文の評価にはかなりの制約があり、今後の研究成果を待たねばならない。しかしながら、Cholの摂取を忌避する風潮はわが国においても相当に根強く、専門の医師でさえその摂取には慎重であるという現実がある。健康診断では血液のChol値に最も関心が集まる。それで、卵市場でもほんの僅かばかりChol含量が低くても消費者の購買意欲をそそるようでもある。なお、最近の疫学調査の結果では、飽和脂肪酸は従来考えられてきたようには危険な脂肪酸ではないことが指摘されていることも提示しておきたい^{11,12)}。

卵に含まれる栄養・生理機能成分の種類と量が果たす健康効果をよく理解し、この安価で安全な食品を注意して摂取すれば健康の面で有益であろう。わが国の食事摂取基準では、Cholの摂取目標量は1日当たり成人では男性750mg未満、女性では600mg未満となっている。通常の食生活では、卵を1日2個程度なら摂取可能な基準である。しかし、最近の国民健康状態を勘案すれば、やはり1日1個程度が適切であろう。ちなみに、Spenceらが示したカナダ人の場合、1週間当たりの卵の摂取量は多くの人で5個以下であり、TPA値も低かった。

結局、どのような状態の人を対象にするかによって、食事Cholの影響は違ってくることがよく理解し対応することが肝要である。例えば、高齢者の場合、血清LDL-Chol値が同じであってもCholの吸収率が高い人では、低い人

と比べ、心血管障害のリスクが高いようであることなども考慮に入れておかなければならないであろう¹³⁾。しかし、一般論としては特定の食品成分にのみ焦点を当て、その健康への影響を判断することを避け、食事全体のレベルで評価すべきであることを強調したい。われわれは、Chol だけをつまみ食いしているわけではない。いずれにしても、健常者では恒常性を維持する

能力があり、血清の Chol レベルに及ぼす食事由来の Chol の影響は小さくなく、身体活動を含めた健康な生活スタイルにリスクの回避を求めるきであろう。その意味で、食事指導は健康には良策であろうけれども、人生にとっては愚策かもしれないことをも肝に銘じて、質の高い食生活 (QOL) を送りたいものである。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) Spence JD, Jenkins DJA, Davignon J. Egg yolk consumption and carotid plaque. *Atherosclerosis*, **224**, 469-473, 2012.
- 2) Spence JD, Jenkins DJA, Davignon J. Dietary cholesterol and egg yolk: Not for patients at risk of vascular disease. *Can. J. Cardiol.*, **26**:e336-e339, 2010.
- 3) Huff FB, Stampfer MJ, Rimm EB, Manson JE, Ascherio A, Colditz GA, Rosner BA, Spiegelman D, Speizer FE, Sacks FM, Hennekens CH, Willett WC. A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *JAMA*, **281**, 1387-1394, 1999.
- 4) Statement by the Egg Nutrition Center and American Egg Board on Recently Published Research on Egg and Cholesterol Consumption. <http://www.incredibleegg.org/health-and-nutrition?tmpl=component&P...> (August 14, 2012). 詳細は www.incredibleegg.org または www.eggnutritioncenter.org
- 5) Barraji L, Tran N, Mink P. A comparison of egg consumption with other modifiable coronary heart disease lifestyle risk factors. A relative risk apportionment study. *Risk Anal.*, **29**, 401-415, 2009.
- 6) Harman NL. Increased dietary cholesterol does not increase plasma low density lipoprotein when accompanied by an energy-restricted diet and weight loss. *Eur. J. Nutr.*, **47**, 287-293, 2008.
- 7) Addy R. Nutritionist challenges egg-busting study, August 14, 2012. <http://www.nutraingredients.com/content/view/print/663397>
- 8) Addy R. Egg-busting study faces further fire. FOOD navigator.com, August 21, 2012. <http://www.foodnavigator.com/content/view/print/664894>
- 9) Shapira N. Not all eggs are created equal: the effect on health depends on composition. *Can. J. Cardiol.*, **27**, 264.e5; 264.e7-8, 2011.
- 10) 日本動脈硬化学会編. 動脈硬化性疾患予防ガイドライン 2012 年度版.
- 11) Yamagishi K, Iso H, Yatsuya H, Tanbe N, Date C, Kikuchi S, Yamamoto A, Inaba Y, Tamakoshi A. Dietary intake of saturated fatty acids and mortality from cardiovascular disease in Japanese Collaborative Cohort Study for evaluation of Cancer Ris (JACC) Study. *Am. J. Clin. Nutr.*, **92**, 759-765, 2010.
- 12) Baum SJ, Kris-Etherton PM, Willett WC, Lichtenstein AH, Rudel LL, Maki KC, Whelan J, Ramsden CE, Block RC. Fatty acids in cardiovascular health and disease: A comprehensive update. *J. Clin. Lipidol.*, **6**, 216-234, 2012.
- 13) Strandberg TE, Tilvis RS, Pitkala KH, Miettinen TA. Cholesterol and glucose metabolism and recurrent cardiovascular events among the elderly. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **48**, 708-714, 2006.

複合化する中国の重金属汚染土壌と今後の展望

三好 恵真子 (MIYOSHI Emako) ^{*1} 姉崎 正治 (ANEZAKI Shoji) ^{*2}

^{*1} 大阪大学大学院人間科学研究科グローバル人間学専攻, ^{*2} 大阪大学大学院人間科学研究科博士課程後期

Key Words：中国・重金属汚染土壌・鉱山業・インプロセステクノロジー

はじめに

21 世紀に突入して、世界市場をめぐる競争環境に新たな構造変化が生じており、もはや「グローバリゼーション (Globalization)」を超えた「グローバリティ (Globality)」^{注1)} への時代の到来が叫ばれている。すなわち、グローバリゼーションでは、先進国の企業が世界市場に進出し、活動範囲を拡大するという文脈で語られることが多かったが、そこに世界中の新興国が参入するグローバル規模の競争へと進展し、「あらゆる人びと、あらゆる場所から、あらゆるものを競い合ってゆく (“We will all be competing with everyone, from everywhere, for everything”)」という新たな現実直面しているといえよう。

中でも劇的に躍進する中国経済は、2008 年のリーマンショックによる打撃を受けたものの、そこからいち早く回復した国であり、2009 年には「米中戦略・経済対話」も開催され、中国の GDP は日本を抜いて世界第 2 位に台頭し、世界経済の牽引役としてその存在感が急勾配で高まりつつある。一方で中国の外交戦略は調整期にある中、領土や資源問題等を巡り極めて緊

張関係が強まる空間において、今後中国は、高度成長期の対外戦略の方向性をいかに正当に位置づけてゆくか、また中国の周辺に多数存在する構造的問題をいかに系統的に整理しつつ、国家の戦略的方向性に基づいてこれらの軽重と緩急を見定めてゆくかが求められるであろう。

さらに、グローバリゼーション以降の初の世界の工場として君臨した中国にとって、改革・開放政策以来の経済のメカニズムの中に新たなグローバル経済システムの欠陥が内在化しており、世界各国から中国への環境問題の集約化が引き起こされている。この現象は英国や日本等のこれまでの世界の工場とは極めて異質な構造であり、その問題を一層複雑化させている。加えて中国には、顕著な地域間格差が存在し、東部・南部沿海地域では外資の進出による圧縮型工業化、急速な都市化、大量消費社会の形成による複合的な環境問題が生じる反面、西部では枯渇資源消費型経済発展、貧困と環境劣化に直面している状況も見過ごしてはならない。このような中国における環境問題の複雑性・深刻化は、「発達した国家での 100 年の工業化の過程

^{注1)} Sirkin, Harold L.; Hemerling, James W.; Bhattacharya, Arindam K (2008) ‘Globality: Competing with Everyone from Everywhere for Everything’ Business Plus. から引用

で段階的に出てきた環境問題が、我が国では既に集中的に現れており、既に汚染事故の多発する矛盾が突出した時期に入っている」(2007年11月22日国務院通知)¹⁾という中央政府の言及の中に真摯に写し出されている。

したがって、環境問題を巡る各種基準を世界水準に追従しようとする中国の動向は評価できるものの、グローバルスタンダード化へ射程を置くことが必ずしも有効であるとは限らず、むしろ中国の持つ固有性の問題に目を向ける対策が講じられるべきではないだろうか。すなわち、環境汚染はグローバルな課題に発展するものの、その被害や負荷がローカルな場で展開されること、そしてその度合いもローカルな場の多様性に依存しているという「構造的な問題」として捉える必要があり、特に中国の場合、それが如実に社会の中で反映されているからである。

そこで本稿では、経済的に躍進し続ける中国における重金属汚染土壌に焦点を当てることとする。中国では、建国以来、政策的に鉱山開発の内陸部の工業化の推進により、重金属汚染が国土の広範囲に拡大し、各地域で重金属汚染の実態が明らかにされてきているが、今後は、高度経済成長の伴う都市型の汚染の問題が重層してくると予測される。しかしながら、中国の土壌汚染防止法は現状では法として整備途上にあり、重金属汚染防止第十二次五カ年計画も、その策定が待たれる段階にある。こうした汚染土壌の修復に対して、中央政府は300億元の財政を投じる計画があり、大規模な修復事業への外国企業の参入が目論まれ、日本も含めた各国から大きなビジネスチャンスとして見込まれている。本稿では、中国の重金属土壌汚染問題を、構造的問題の切り口から俯瞰的に捉えつつ、ま

ず中国における土壌汚染の実態、続いて環境政策およびその対策の現状、さらには技術開発の現状や今後の動向も踏まえ、学際的・包括的に論じていきたい。

1. 深刻化・複合化する重金属汚染土壌と急がれる対策

1-1. 政策的に推し進められた鉱山開発と内陸部の工業化のもたらす複合汚染

土壌汚染の形態を大別すると、鉱山業(鉱業と製錬業)起因の場合と化学工場等から発生する場合とに分けられる。鉱山業からは重金属汚染が主体であるが、化学工場等からは、金属元素と化学物質の起因が考えられる。その他にも農業地帯では、農薬汚染並びに河川・湖沼からの農業用水や底泥利用による汚染が発生する。

鉱山が汚染原因となるのは、主として「カットオフグレード^{注2)}」と「エコリックサック^{注3)}」に由来し、さらに鉱山・鉱床・鉱脈によって、汚染源の多様性も加わってくる²⁾。鉱山では、主要目的の元素の富鉱を精選してゆく過程で廃鉱石を発生し、さらに精鉱にする段階で尾鉱を生じる。したがって、①廃鉱石や尾鉱の堆積物からの侵出水、②廃坑からの侵出水、③豪雨・洪水等による廃鉱石・尾鉱堆積物の崩壊並びにダムの決壊等での大量流出という3つの問題の発生が推察される。さらに金属鉱石には、硫化物が多く、微量の鉄分が含まれる場合があるので、好気条件下での鉱廃水は、強度の酸性水に変貌し、鉱毒水の原因となり、採掘中は無論のこと廃鉱山になってもその管理が必要になる³⁾。

中国では、建国以来、政策的に鉱山開発と内陸部の工業化が推進された結果、重金属汚染が

注2) 経済的に採掘可能な下限鉱石品位。これ以下では廃棄物となる。

注3) 抽出される対象元素の量に対する廃棄鉱物の全量のことを指し、同一元素でも地質的条件や技術によって異なる。銅の場合は、約300倍の廃棄物が発生すると言われている。

国土の広範囲に及んで発生したことが特徴的である⁴⁾。しかしながら、今日まで引き続く高度経済成長下において、個人採掘を除いても約2400の非鉄金属鉱山が稼働状態にあると言われ⁵⁾、さらに中小採掘業者が多数であることや非鉄金属鉱山以外の石炭・鉄鉱石鉱山開発も同時に運行している。したがって、複合汚染化する中で、実効性のある汚染防止対策の実施が極めて困難な状況にあり、その間にも汚染は確実に重層し続けているといえよう。

2002年から2005年にかけて、中国国家環境保護総局が珠江デルタ・長江デルタ等の経済発展地区を対象に「典型区域土壤環境質量状況調査研究」を実施・評価した結果によると、銅、水銀、ヒ素、カドミウム、ニッケルなどの重金属による汚染が深刻な状況に及んでいることが科学的に検証されている⁶⁾。またこの頃から同様な調査が各地で行われるようになり、重金属汚染の実態が徐々に明らかになるとともに、各

地の「癌の村」の存在が報じられるようになった⁷⁾。

例えば、広東省北部韶関地区の大宝山鉱山(鉄鉱石のほか銅、亜鉛、鉛など多金属硫化物鉱山、1958年に創業し66年から本格採掘)からの廃水や汚泥の垂れ流しによる汚染によって、河川周辺の水界生態系が全滅してしまった。また涼橋村や上堤村では1984年頃から癌死亡者が急増しており、概ね1997年から2004年にかけてピークに達している⁶⁾。同時にイタイイタイ病も発生しており、この鉱山の廃水路が珠江デルタに繋がっているため巨大な潜在的汚染源になっている可能性が示唆された。また、湖南省は非鉄金属資源の豊富な産出地として知られる一方で、最大級の水口鉱山(亜鉛、鉛の鉱山で、1896年から本格的採掘)や株州製錬所から、カドミウム、鉛、水銀、ヒ素、六価クロムの排出量が最も多く、土壤汚染の深刻な省の一つになっている⁸⁾。図1は、2005年以降に中国で

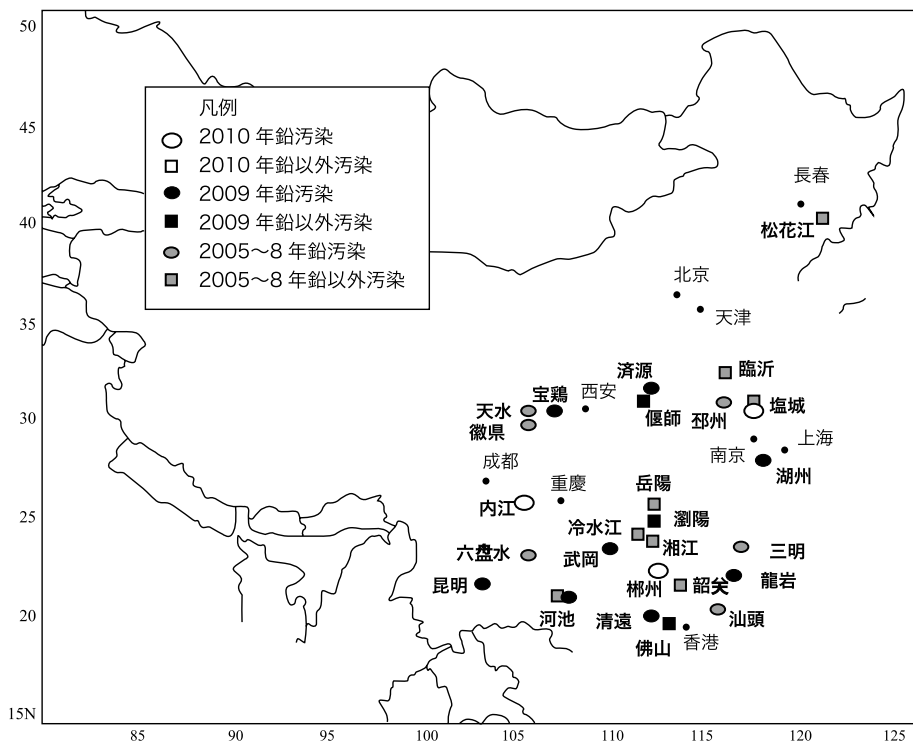


図1 中国の非鉄金属産業関連の産業汚染地図⁹⁾

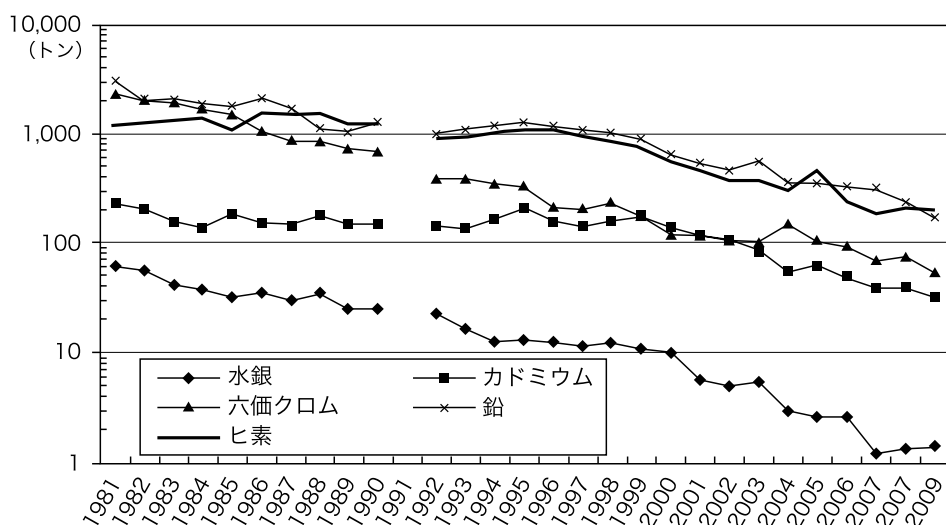


図2 中国の工業排水中有毒物質の排出状況¹⁶⁾

註：1998年以降は郷鎮工業のデータを含む。

(出所)『中国環境年鑑』各年版、『中国環境統計年報』2007～2009各年版より作成。

発生した非鉄金属関連の汚染事件の分布を示したものであるが⁹⁾、これらが全容を示すものではないものの、鉱山立地の企業城下町での発生が多く、鉱山業と重化学工業の双方が関与する複合汚染の状況が読み取れる。

一方、2000年前後から学術的研究グループによっても、香港¹⁰⁾、珠江デルタ¹¹⁾、北京¹²⁾、南京¹³⁾、広州¹⁴⁾、太湖水系¹⁵⁾など各地域における重金属汚染の深刻な報告が顕在化してきている。

図2に中国における鉱業・製錬業を含む工業排水中の有害物質（鉛Pb、砒素As、六価クロムCr⁶⁺、カドミウムCd、水銀Hg）^{注4)}等の重金属類の排出状況の経年変化¹⁶⁾を示したが、減少傾向にはあるものの、2009年における総計は年間約600トンであり、その約70%が鉄（黒色金属）、非鉄（有色金属）の鉱業や製錬業から排出されている。

このような状況を受けて、国家環境保護総局

の周生賢局長は、2008年の第1回「土壤汚染対策会議」において、「中国の土壤汚染はきわめて多様で、以前に排出された汚染物質と現在の汚染物質が混在し、重金属汚染は食品安全や国民の健康のため、今後未然防止を中心に解決を図る必要がある」と言及している。さらに中国の耕作面積の約20%にあたる2000haが汚染されており、年間1200万トンの食糧が投棄され、200億円の損失を出している事態も公表している^{6, 17)}。よって、環境・人体の両面から重金属汚染に対する対策が急がれるものの、中国では、土壤汚染防止法がこれまで何度となく公布見込みとされながらも、現状では法として整備途上の段階から脱していない（詳細は次章に記載）。他方、「循環経済促進法」（2009年1月施行）の中で、鉱山利用に対し、採鉱許可申請時の要件として、「持続可能な鉱山業」に相当するいくつかの項目の目標値の提出とその遵守が義務付けられた¹⁾。

注4) これら5元素のうち、Hg、Cd、Pb、Cr⁶⁺は、EUのRoHS（電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関するEUからの使用制限指令）の対象金属。

1-2. 越境移動する都市電子廃棄物（循環資源の弊害）

既に、*New Food Industry* の既刊でも紹介しているように¹⁸⁾、グローバル化の進展に伴い、鉱山業のような国内の支柱産業とは別の角度からも中国の重金属汚染問題が拡大している。すなわち世界の工場として各国から電子部品が集まる中国は、電子ゴミの集積地でもあり、その処理に伴って引き起こされる重金属汚染への対策の遅れが問題視されている^{18, 19)}。中国広東省汕頭（スワトウ）市近郊の貴嶼（Guiyu）は、大量の都市ゴミ・電子ゴミが持ち込まれる電子ゴミ重金属中毒の村として知られている。貴嶼村は、もともと純粋な農業生産地であったが、1995年頃から電子廃棄物を搬入して処理業務を手掛ける業者が現れ始めてからは、農業を大幅に上回る収入の刺激により広範囲の創業ブームが興るに従い、最大規模の電子廃棄物処理地域に変貌していった。この問題に対して、最初に警告したのが米国の環境保護団体「パーゼル・アクション・ネットワーク（Basel Action Network: BAN）」による報告書（2002）²⁰⁾であり、世界を震撼させ、国連や NGO 団体の関心を吸引する契機となった。河川の泥と土壤に関する重金属汚染を対象とした 2011 年の調査²¹⁾においても、重金属汚染が国家基準の 100 倍以上に達すると報告されている。

こうした環境汚染への懸念の高まりに連動して、住民の健康被害やリスクに関する疫学的・医学的調査も進んできている。貴嶼一帯の住民の皮膚の炎症、頭痛、目眩、吐き気、慢性胃炎の高度の発症²²⁾、貴嶼村の幼稚園児を対象とした調査において 82% の子どもの血液から 100 μ g/L を超える鉛の検出（IQ・中枢神経の発達や将来の生殖機能などに悪影響を及ぼすレベル）²³⁾、貴嶼周辺と隣接する澄江（Chengjiang）に住む子どもの鉛とカドミウムの血中濃度の比較調査において貴嶼の子どもは著しく値が高

く、平均身長も有意に低い²⁴⁾等、いずれも深刻な状況にある。しかしながら医療体制が不十分で、出稼ぎ労働者も多く、住民の健康被害の全容は明らかにされていない。その他、芳香族炭化水素（PAHs）²⁵⁾や PCB やプラスチック類の燃焼により非意図的に発生するダイオキシン類（PCDD, PCDF）²⁶⁾の土壤汚染に関する学術的調査も行われており、二次的被害の深刻さも明らかにされている。これらの環境汚染の実態は、Wong ら²⁷⁾が総括的にまとめているが、より詳細なデータとその分析が急務である。

2. 中国における関連法規制の現状と課題

2-1. 制定が待たれる「土壤污染防治法」

中国における環境法制度は、最上位に総合的環境基本法と環境保護単行法等の「法律」が定められており、その下に国务院が制定する環境「行政法規」、次に「地方法規」が位置付けられ、さらにその下に国务院の「部門規章」と「地方政府規章」とが対等の関係で存在している。近年の環境保護強化の象徴的な動きの 1 つとして、2008 年より「環境保護総局」から「環境保護部」へと「部」に昇格されたことが挙げられる。

基本法としての「環境保護法」（1974 年に制定、1989 年に改正）は、環境保護に関する原則的な理念を示している。本法では、国务院の環境保護行政主管部门（具体的には環境保護部を示す）と地方の環境行政の役割分担について述べられ、また基本的な環境管理制度としての「三同時制度」、「排污費徴収制度」、「環境影響評価制度」等についても言及され、実施根拠となっている¹⁶⁾。ただし具体的な環境規制については、本法の下に設けられている各種污染防治法等によって執行される。よって特定の対象を専門的に扱う単行法の中で環境污染防治に関するものとしては、「海洋汚染」、「水質汚濁」、「大

気汚染」,「廃棄物」,「騒音」の5つが制定されている。しかしながら「土壤汚染防止法」に関してはいまだ整備途上にあり,公布に至っていない。2005年から2008年に実施された全国土壤汚染状況を踏まえて,当初は2009年内の公布が目指されていたものの⁹⁾,現在も進行中にある。この間,2010年2月に専門家等による土壤汚染防止草案がまとめられ,2015年施行予定との情報もあるが²⁸⁾,施行予定は具体的には明らかにされていない。

法としては整備途上にあるものの,1999年に国家環境保護部基準として施行された「工業企業土壤環境質のリスク評価基準(HJ/T25-1999)」が存在する。本基準は,工業企業の立地選定等にものみ用いられ,基準を超過する汚染土壤の処理は,有害廃棄物の処理と同様に,汚染原因企業が自己責任で実施すると規定されている。基準は,89項目が対象となり,日本の土壤汚染対策法の特定有害物質25物質に比べて格段に多い。しかし総砒素以外については,基準値自体が日本よりも緩くなっており,また基準は参考と位置づけられ,実際にはほとんど利用されていないとの情報もある²⁸⁾。その他,土壌と地下水の状態を分類するための環境基準として,土壌質量標準(GB15618-1995)と地下水質量水準(GB/T14848-93)が定められているが,これらの基準に基づく調査や対策を求めるものではない。また暫定的ではあるが,展覧会に限定して業界を管理する省庁が作成した,展覧会用地土壤環境品質評価基準(HJ350-2007)があるものの,国家基準よりも緩い内容となっている。

2-2. 五カ年計画における環境政策の動向

中国では,中期的な重点事業や経営運営のあり方を示す五カ年計画策定時に,計画期間における環境政策の方針を定めた「国家環境保護計画」を発表している。従来,中国におけるエネルギー政策は,経済発展およびエネルギー生産

拡大を最優先していたが,第十一次五カ年計画(2006年~2010年)では,GDP成長率7.5%を維持しながら,同時に資源節約型社会構築を重要な目標とするように大きく方針転換し,本計画が全ての環境政策の基本方針として示された。最終年の2010年は,目標達成に向けて国务院から地方政府への努力要請の強化が伝えられた。

引き続き第十二次五カ年計画(2011年~2015年)は,2011年3月に全国人民代表大会議にて採択された。その前の十一次計画の期間中に,四川大地震,チベット等の政治騒乱,世界金融危機等の不測の事態が発生したにも関わらず,GDPを含めて,目標を上回る実行を達成できたと評価される一方で,エネルギー・環境問題,所得格差,技術革新能力の脆弱性等を含む「不協調・不均衡・持続不可能」な社会構造を抱えているとの認識の元,本計画では「経済発展方式転換の加速」に焦点が当てられている。具体的には,①安定で比較的高い経済発展の実現,②経済構想の戦略的調整が著しい進展を遂げること,③都市と農村住民の収入が全体的に比較的前進ペースで増加すること,④社会的なソフトインフラ整備の著しい強化,⑤改革開放のさらなる深化という5つの目標が明示され,さらにその達成のための任務として,環境対策に関連する「資源節約・環境保護型社会への転換」を含む10点が挙げられている。

この第十二次五カ年計画を受けて,さらに主要個別分野に関する五カ年計画も策定されることになり,その内「重金属汚染防止第十二次五カ年計画」は,2011年2月に国务院で批准された。その計画では,2015年までに重点区域における重点重金属汚染物質排出量を2007年比で15%削減し,非重点区域における重点重金属汚染物質の排出量は,2007年の水準を超えないことと規定されている。これを受けての地方政府の取り組みとして,現在までに全国の

31 省（自治区，直轄市）がそれぞれの重金属汚染対策計画を作成してきた。

また中国工業情報化部は，2012 年 1 月に「非鉄金属工業第十二次五カ年計画」を発表した²⁹⁾。これは，「国民経済と社会発展第十二次五カ年計画要綱」並びに「産業転換・グレードアップ計画」に基づき，非鉄金属工業の健全な発展を推進するための指導的文書となっており，①発展の現状，②発展環境，③指導理念及び主要目標，④主要任務，⑤主要プロジェクトからなる。特に，主要目的の中の「省エネ・排出物削減」として，例えば「銅については，旧式製精錬設備淘汰の目標は計画期間内に 30 万トン」，また「環境整備」としては「2015 年までに重点エリアの重点金属汚染物質の排出量を 2007 年比で 15% 減少させる」と明記されている。さらに主要プロジェクトの中には，「重金属汚染防除プロジェクト」が含まれている。

2-3. 法の執行体制と構造的課題

中国における環境法規の執行体制において「中央」と「地方政府」とでは，役割が分担されており，「国家級」，「省級」，「県（市）級」という三層構造となっている（図 3）³⁰⁾。国家環境保護部は，省級の環境保護局（環保局）に対して，業務指導を行うだけという緩い協力関係にしかない点が特徴的であり，省級環保局に

対する人事権並びに財政権は，省級の人民政府が保有しているため，地方政府の影響が主導的になりやすい構造的になっている。

上述のように，中国における重金属汚染対策は中央並びに地方政府ともに着実に取り組んでいるものの，政策面が整備・施行されてもそれだけでは不十分であり，問題の根底に存在する「政策決定とその成果との剥離」を指摘せざるを得ない。したがって，政策決定とその成果との距離を克服するための「人間の安全保障」を目指す取り組み（被害者救済制度等を含む）が多次的に求められ，超大国へと台頭する中国だからこそ，今後益々重要視されるべきであろう。ただし中国の場合，対策と取り組みの強化の鍵を握る行政の役割が大きいために，地方の主導力をむしろ活かしつつ，地方の動向も視野に入れたより具体的なスキームを明示することも肝要になると考えられる。

2-4. 市民社会の成長と今後の可能性

2009 年に陝西省宝鶏市において数百人の児童らに血中鉛濃度の基準値超過が報告されたが，これは地元住民の抗議行動と共に中国メディアでも大きく取り上げられ，汚染源の汚鉛・亜鉛製錬企業が生産停止に至り，さらに鉛の主要生産省で生産停止が広がっていった⁹⁾。中国において，こうした「民衆の抗議」が報道

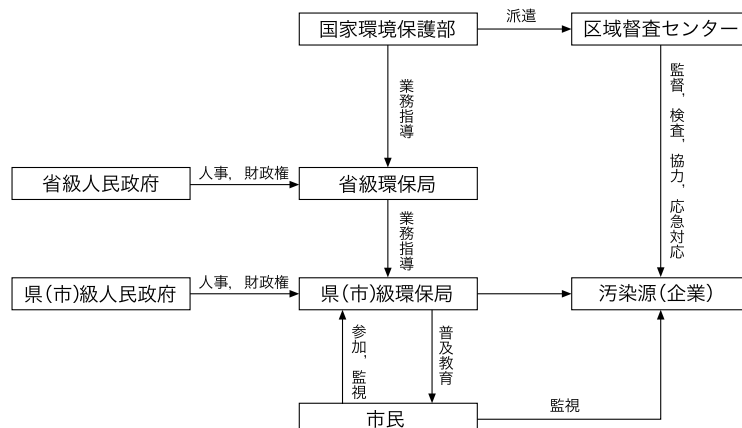


図 3 中国における環境管理体制³⁰⁾

され始めたのが2008年以降からであり、この背景として2007年10月の胡錦濤総書記による政治報告が反映していると考えられる。すなわち、人民の政府に対する「知る権利、参与する権利、意見を表明する権利、監督する権利」を認めると宣言し、党の正しい指導の範疇で民衆の声を政策に取り入れようとする姿勢³¹⁾が市民社会に影響を及ぼしたと推察される。こうして中国の市民社会は、初期性と未発達性を内包しながらも、徐々に形成・発展を遂げており、特にソーシャルメディアが作り出す市民空間や非営利組織の活動のインパクトの影響が大きくなっている。中国における環境問題は、社会的な課題として既に上位に位置し、多様なステークホルダーによるアプローチが重要になり、とりわけ市民の課題解決への参画を推進してゆくことが主要な課題の一つになることは間違いない。

3.

汚染土壌の修復並びに持続可能な重金属浄化技術開発

中国では、汚染工場の強制閉鎖の事例は公表されているものの、大規模な修復事業への外国企業の参入等の検討が、ようやく始まった段階にある³²⁾。一方、汚染土壌の修復に関して、既に先進国では多くの成果が蓄積されており、さらに現在も新規の技術開発が進められている状況にある。よってここでは、中国の開発の現状を述べるとともに、主として日本における先行事例を踏まえつつ、今後の中国への適用の可能性を模索してみたい。なお、技術面から重金属汚染を検討する場合、①過去から現在に至る汚染に対して修復するエンド・オブ・パイプ型の汚染処理と、②今後、金属関連産業が未来志向的に獲得すべき持続可能な技術開発とがあり、本稿では、この二つの側面からまとめつつ論じてみる。

3-1. 汚染土壌に対するエンド・オブ・パイプ型の修復技術

表1は、日本における土壌汚染の修復技術を、環境基準の超過事例に対して実施された対策面から整理して示したものである³³⁾。

これまでの経緯から、日本における重金属汚染修復対策は、幾つかの段階が存在し、まず一段階目として、1973年の「農地汚染防止法」施行後の農用地における修復対策である。これは「現位置封じ込め法」の中でも、最も簡便な希釈土法（または客土工法；埋め込み客土法と上乘せ客土法がある）が主に採用されていた³²⁾。よって、汚染源を農用地の下部に埋め込んだだけであり、本質的な恒久対策には至らなかった。引き続き二段階目として、2005年施行の「土壌汚染対策法」以後は、表1にも示されているように、約85%（2418件中2037件）が掘削除去であり、この方法は最も効果的で確実であるものの、処理コストが嵩むことと、掘削土壌の処理によって汚染が拡散する恐れがあることが指摘されている。さらに、土壌の移動に伴うエネルギー消費やCO₂を発生させることや、掘削土壌の約70%が最終処分場に埋め立てられており、処分場問題（場所、寿命等）が深刻になりつつある。そこで、確実に安価な原位置浄化システムの開発が急がれており、三段階目として、2010年の「改正汚染土壌対策法」では、汚染実態に即した現位置処理法が推奨されており、処理する場所として、in situ（汚染土壌内）やon situ（汚染土壌の地上）が挙げられる。そして処理方法も、従来の物理的方法に対し、電気化学的方法³⁴⁾や生物化学的方法（バイオ/ファイトレメディエーション bio/phyto-remediation）およびその複合型が検討されている^{35)~37)}。すでに実用化段階にあるバイオリメディエーションには、土壌中へ標的金属を餌とする微生物を注入するバイオオーギュメンテーション（bio-augmentation）と、その場に生存し

表1 日本における環境基準超過事例の対策処理内容³³⁾

		超過事例		VOC (第一種) 超過		重金属等 (第二種) 超過		農薬等 (第三種) 超過		複合汚染	
		H20	累計	H20	累計	H20	累計	H20	累計	H20	累計
地下水の水質の測定		33	(517)	6	(214)	23	(201)	0	(5)	4	(97)
土 壌 汚 染 の 除 去	掘削除去	375	(2,824)	39	(399)	290	(2,037)	1	(11)	45	(377)
	原位置浄化	57	(975)	35	(630)	6	(88)	0	(0)	16	(257)
	バイオレメディエーション	4	(77)	4	(49)	0	(4)	0	(0)	0	(24)
	化学的分解	14	(136)	10	(74)	0	(14)	0	(0)	4	(48)
	土壌ガス吸引	7	(250)	4	(194)	0	(4)	0	(0)	3	(52)
	地下水揚水	28	(471)	15	(295)	4	(57)	0	(0)	9	(119)
	その他	4	(41)	2	(18)	2	(9)	0	(0)	0	(14)
封 じ 込 め	鋼矢板工法	4	(56)	2	(6)	2	(32)	0	(1)	0	(17)
	地中壁工法	1	(26)	0	(2)	1	(19)	0	(0)	0	(5)
	その他	3	(39)	1	(3)	2	(29)	0	(0)	0	(7)
遮水工封じ込め		2	(19)	0	0	2	(12)	0	(2)	0	(5)
原位置不溶化		0	(69)	0	(2)	0	(55)	0	(1)	0	(11)
不溶化埋め戻し		3	(73)	0	(2)	3	(62)	0	(1)	0	(8)
遮断工封じ込め		0	(31)	0	(2)	0	(23)	0	(0)	0	(6)
土 壌 入 換 え	指定区域内土壌入換え	14	(30)	0	(1)	14	(24)	0	(0)	0	(5)
	指定区域外土壌入換え	28	(94)	4	(17)	23	(60)	0	(0)	1	(17)
盛土		10	(112)	0	(2)	10	(95)	0	(0)	0	(15)
舗 装	コンクリート舗装	26	(160)	1	(6)	20	(126)	0	(1)	5	(27)
	アスファルト舗装	24	(191)	0	(4)	18	(155)	0	(0)	6	(32)
立入禁止		18	(115)	3	(22)	14	(74)	0	(1)	1	(18)
その他		7	(269)	1	(117)	4	(115)	0	(3)	2	(34)
回答事例数		472	(3,673)	66	(755)	351	(2,418)	1	(16)	54	(484)

注1) () 内の数字は、土壤環境基準設定以降、平成20年度末までの累計件数である。

注2) 1つの区域において、複数の措置が行われることがあるため、措置の内容の回答事例数とは一致しない。

ている有効微生物に養分を注入して活性化させるバイオスティミュレーション (bio-stimulation) の二つの方法が存在する。

日本ではこのような生物化学的方法が、カドミウムや六価クロムの重金属汚染土壌の処理対策として一部実用化されており^{38, 39)}、特に、コストの面でも期待されている方法が生物学的処理法であることから、土壤微生物や植生の有する自然の浄化機能を活用する土壤汚染浄化や復元の技術開発が進められている^{34, 40~44)}。しかしながら2008年までの基準値超過事例対策の中の適用事例累計は、77件(2%強)にとどまっている(表1)。

生物学的処理法への関心は中国においても同様であり、今世紀に入って研究が盛んに行われているが、その実施においては、日本と同様に今後の課題である¹⁷⁾。一方、アメリカでは1980年の「スーパーファンド法」制定後に汚染処理対象が急増し、革新的浄化法として生物学的処理法が開発されて広く採用されるようになった^{36, 45, 46)}。しかし、主に有機化学物質の分解浄化が目的であり、重金属対象の事例はアメリカにおいてもまだ少ない。

恒久対策の方法の選定に当たっては、汚染されている場所の広さと汚染濃度によって選択肢が異なり、概して濃度が高く面積が小さい場合

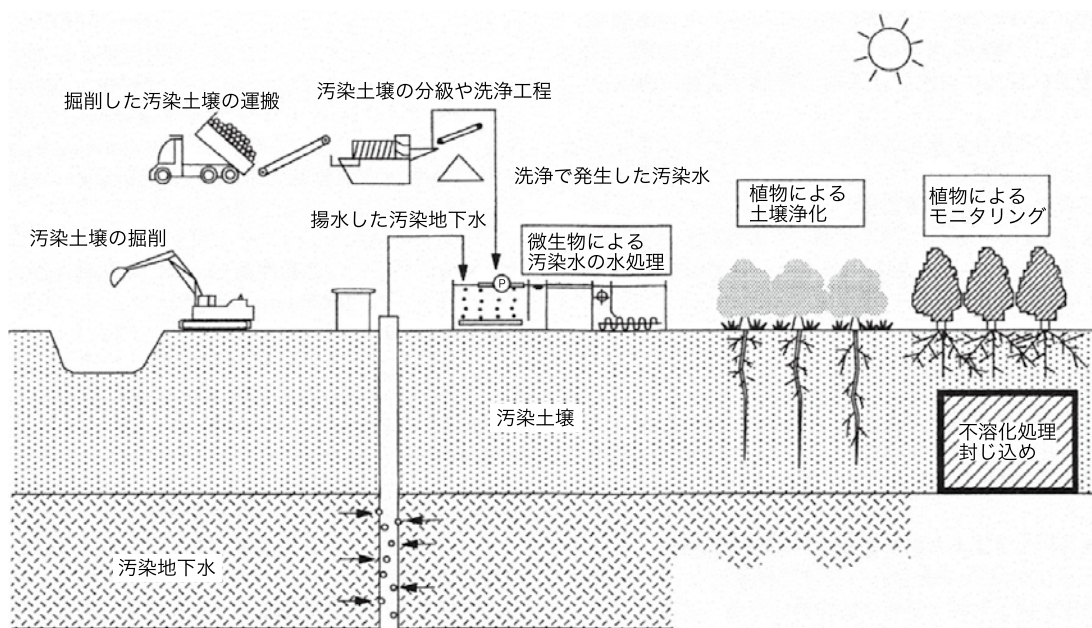


図4 バイオ／ファイトレメディエーションを含む汚染土壌処理の概念図⁴⁷⁾

には、コスト高でも掘削除去や物理化学的な方法が採用され、濃度は低いが汚染面積が膨大な場合には、生物化学的方法が有効とみられている（図4）⁴⁷⁾。したがって、高濃度域で物理化学的処理を行い、低濃度域になってから生物化学的方法にするとという複合型が構想され³⁴⁾、それらの選択と組み合わせに関しては、その場所の地勢、地下水の状況、地質を考慮して決定される。他方、土壌中の金属元素の反応に着目すると、土壌の構成鉱物によっては、土壌中のpH（酸性度）が下がると電離溶解しやすく、特に鉱山の廃水、尾鉱の浸出水は酸化状態にあるので強い酸性液となり、ほとんどの金属を溶解する。また、電気化学的に荷電して固定化し、逆に耐酸性微生物を使ってイオン化し抽出除去する方法（バイオリーチング bio-leaching）も利用される。さらに高pHにして硫化物や鉛イオン化して不溶体化したり、吸着固定したりすること等への展開も期待される。

中国では、現在、大規模な浄化・復元の実績は少なく、2007年北京化学工業第3工場跡地

の修復作業が最初の事例とされている⁸⁾。さらに中国の場合、日本と異なり、汚染地域が河川や湖沼周辺にあり、かつ広範囲に及んでいるので、修復浄化技術の実施にあたっては、これまでの日本の技術がそのまま応用できるとは限らず、中国の地勢的・土壌学的条件を考慮しながら、なお一層の工夫と研究の進展が望まれる。

軸芯となる学術研究の側面からは、国家環境保護部南京環境科学研究所や中国科学院南京土壤研究所が中心的役割を果たしているほか、各省の主要大学でも研究が行われ、中国土壤学会等も機能している^{17, 32)}。中でも南京土壤研究所が中心となって、国際土壌修復会議（SoilRem）が企画され、2000年から4年ごとに中国国内で開催されている。2008年の第3回会議（南京）では、提出論文の傾向は、重金属汚染問題から有機汚染物質の修復研究へと転換し、また微生物や植物を利用した修復技術の研究の増加傾向が見られた⁴⁸⁾。

3-2. 今後に向けた持続可能な技術開発

未来志向的に、今後金属関連産業にとっての

持続可能な方法としては、概して2つが挙げられる。まず「インプロセステクノロジー」⁴⁹⁾であり、これは国連の「クリーナー・プロダクション」と同義と考えられ、大型かつ高温処理の装置産業である鉄鋼業が着目した手法であり、特に異業種間を横断する形で大量の廃棄物を製鉄プロセス内で再利用、再資源化しようとするものである。もう一つが、「インバースマニュファクチャリング」⁵⁰⁾であり、設計→生産→使用→廃棄の従来型生産システムに加え、回収→分解・選別→再利用→生産という再資源化のための「逆工程」まで含む循環型社会のための生産システムを目論むものである。

インプロセステクノロジーは、現在、我が国において、都市型の一貫製鉄所では鉄鋼プロセスを環境技術の「プラットフォーム」として活用され、新しい社会システムの構築が目指されている(図5)⁵¹⁾。廃棄金属資源のみならず、プラスチック屑などがエネルギー源として使用され、最終処分場の延命に対してもその寄与は大きく、またステンレス製錬で発生するクロムを含むスラグやダストも本法で資源化が実施されている。

他方、インバースマニュファクチャリングは、製品のライフサイクルを想定した廃品やスクラップ問題に対応し、将来的には循環型生産の中での製品生産工程で、資源・エネルギーを極限までの有効活用することを目指している。業種ごとで逆工程の取り込み状況には開きがあるものの、現在大規模に実施されつつあるのは大型家庭電化製品業界と自動車産業分野においてである。

日本のこれまでの実績を踏まえ、中国で検討の価値がある一つの方向性は「インプロセステクノロジー」の適用であると考えられる。つまり、中国における鉄鋼業が近年世界のトップクラスに成長し、その地勢的位置や規模の大きさから、廃棄物の増大を引き起こす原因となっているものの、他方では、廃棄物処理工場つまり、地域社会の再資源化工場になり得る可能性を有しているからである。また中国の場合、2010年のステンレス粗鋼生産量は1125万トン(MRB 2011-02-05)で世界第1位に君臨し、しかも国内メーカー上位3社(太原、宝鋼、無錫)が国内生産高の約70%を占めているため、その副産物である六価クロム重金属汚染源が地域的に集

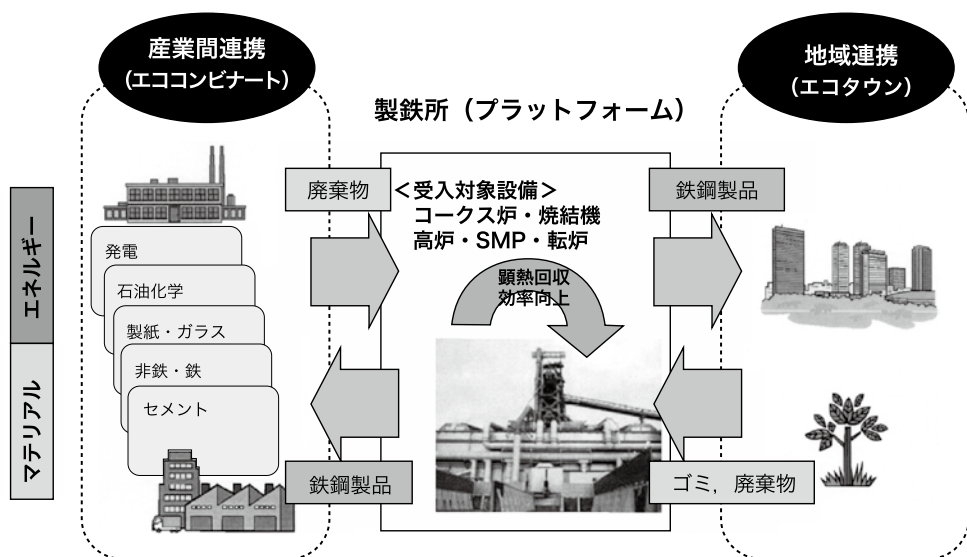


図5 鉄鋼業をプラットフォームとする循環型社会の構築 (一部筆者加筆) ⁵¹⁾

中していると考えられる。中でも山西省の太原不銹鋼有限公司は年間 300 万トンの生産設備を持つ世界のトップ企業であり、この製鉄所で発生するクロムを含有するスラグ等の廃棄物量は年間 20 万トンを超えるものになる⁵²⁾。この量を中国の 2007 年度の統計数値にある固形廃棄物量と比較すると、中国全体の年間固形廃棄物量が約 20 億トンであるのに対し、山西省は約 1.5 億トンで、しかもその総合利用率は約 50% であることから、山西省の未利用固形廃棄物量は約 7500 万トンになる¹⁾。この数値に対して、太原不銹鋼有限公司のクロム系廃棄物の量はわずかであるものの、周辺土壤がアルカリ性土壤であることも考えられるので、堆積場所によっては六価クロムが溶解し易く、地下水汚染に繋がる懸念がある。中国環境保護部の 2011 年の報告書において⁵¹⁾、クロムスラグの処理量を単独で示していることからその深刻な実態が推察される。したがって、クロム含有副産物の処理に関してはインプラント化を図るのが妥当であると考えられ、持続可能な資源循環型製鉄所の建設になり得るものと期待される^{53, 54)}。

ただし、中国における鉄鋼生産は、華北・東北地域に位置する「資源立地型」である一方で、鋼材生産は、遠隔の沿岸地域で行われており、日本のように、鉄源から最終製品まで同一地域で造る一貫企業や専業企業の成立が難しい現状もある⁵⁴⁾。それでも既存の生産システムに資源循環型志向を織り込むことは、一つの無理の少ない方向性であり、また世界の工場として君臨する中国にとって、改めて環境配慮した姿勢への表明が求められるため、技術協力も含めた国家間・地域間協調の充足が望まれる。

おわりに

中国における重金属汚染土壤は、主として鉍山や精錬業に起因していたが、目下、高度経済成長を突き進む中国において、やがて都市型の

汚染の問題が噴出してくると予測される。ただし、我が国は汚染土壤の修復において 40 年の蓄積を有しているものの、今後中国で深刻化してゆく都市型汚染は、日本の経験とは全く異質のものとして展開すると考えられる。すなわち地下水汚染を含み、さらに汚染面積の広がりや汚染物質の複層性等も加わるために、これへの対応は、最後に述べたように、既存の経験知を超えた革新的な技術開発とその実践が求められるであろう。

当研究室においても、枯渇資源の持続可能性を視野に入れつつ、重金属汚染改質並びに電子廃棄物から有用貴金属の抽出等の理論構築を確立し、その実践的展開に関しても着々と遂行している⁵⁶⁾。本研究が独創性を有する点としては、歴史学・製錬工学・人間環境論を基軸とした文理融合研究により生み出されたところであり（当時の製錬技術に関して描写された古文書を含むスペイン語で記述された歴史的資料を読み解きながら現代科学の視点から再構築した）、また低コスト処理や対象の汎用性等の実質面も兼ね備えている。さらに特出すべき事柄として、過去を生きる人々の生業の中から培われた技術より抽出された開発である点が、結果的に現実社会の中で確実に運用してゆく実践面での優位な展開（多様性を持つ社会に受け入れられ、かつ浸透しやすい）に結びついていることである。すなわち、技術を実際に活用するのは人間であるため、逆にその営みから開発の鍵を得るという姿勢は、基礎研究の高度化への注視だけでは見落としがちな、社会に柔軟に対応できる技術開発のあり方として評価されると考え、今後の実践的展開に臨んでゆきたい。

以上、本稿では重金属汚染について包括的に論じてきたが、グローバルに展開する中国の環境問題に挑戦するためには、自然科学的な理解や技術・方法論のみならず、社会や経済・政治の仕組みをどのように変えてゆくかを含めて、

長期的な視野で時間的・空間的な変化の相に沿って体系的な実践へと移されることが肝要となるであろう。さらに未来世代に向けて、技術革新を含む多次元的な環境問題解決を足がかり

としながら、「交錯・対抗から共存・共生・共創」を目論む日中協力関係が醸成されてゆくことを期待してゆきたい。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 中国環境問題研究会編 (2009)『中国環境ハンドブック 2009-2010 年度版』蒼蒼社
- 2) 谷口正次 (2008)『メタル・ウォーズ』東洋経済新報社
- 3) 有馬啓・田村学造 (1980)『生物による環境浄化』東京大学出版会
- 4) 田辺裕監修 (1996)『図説大百科世界の地理—中国・台湾・香港』朝倉書店
- 5) 日本環境会議編 (2000)『アジア環境白書— 2000/2001』東洋経済新報社
- 6) 馬燕 (2008)「中国の土壤汚染の現状」畑明郎他編『アジアの土壤汚染』世界思想社
- 7) 中国環境問題研究会編 (2004)『中国環境ハンドブック 2005-2006 年度版』蒼蒼社
- 8) 熊敏邦 (2008)「中国の土壤汚染への提言」畑明郎・田倉直彦編『アジアの土壤汚染』世界思想社
- 9) 渡邊美和 (2010)「中国の鉛製錬—環境問題と生産への影響」金属資源レポート (JOGMEC), Vol.40, No.2, 211-224
- 10) 陈同斌・黄铭洪・黄焕忠・周海云 (1997)「香港土壤中的重金属含量及其污染现状」『地理学报』, Vol.52, No.3, 228-236
- 11) 陈玉娟・温琰茂・柴世伟 (2005)「珠江三角洲农业土壤重金属含量特征研究」『环境科学研究』, Vol.18, No.3, 77-75, 87
- 12) 陈同斌・郑袁明・陈煌・郑国砥 (2004)「北京市土壤重金属含量背景值的系统研究」『环境科学』, Vol.25, No.1, 117-122
- 13) 房世波・潘剑君 等 (2003)「南京市土壤重金属污染调查评价」『城市环境与城市生态』, Vol.16, No.4, 4-6
- 14) 柴世伟・龙祥葆・向运荣 等 (2003)「广州市郊区农业土壤重金属含量特征」『中国环境科学』, Vol.23, No.6, 592-596
- 15) 卢少勇・焦伟・张烨 (2010)「环太湖河流沉积物重金属污染及其稳定度分析」『环境科学』, Vol.31, No.10, 2311-2314
- 16) 中国環境問題研究会 (編) (2011)『中国環境ハンドブック 2011-2012 年度版』蒼蒼社
- 17) 郑国璋 (2007)『农业土壤重金属污染研究的 - 理论与实践』中国环境科学出版社: 北京
- 18) 三好恵真子 (2010)「集積する都市電子廃棄物による中国の環境問題とその対策—人間の安全保障とサステイナビリティ学の実践的展開を目指して—」*New Food Industry*, Vol.52, 53-61
- 19) 三好恵真子 (2011)「集積する都市電子廃棄物による中国の環境問題並びに希少金属回収に関する技術開発」大阪大学中国文化フォーラム・ディスカッションペーパー, No.2011-11, 1-16
- 20) The Basel Action Network (BAN), Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), (2002), Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia . Available at <http://www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf>, Accessed June 25, 2010
- 21) 林文傑 (2011)「貴州電子ゴミ処理により河川の泥と土壤に対する重金属汚染」生態環境学報, Vol. 20, No.1, 160-167
- 22) Qui, B., Peng, L., Xu, X., Lin, X., Hong, J. and Huo, X. (2004), Medical investigation of E-waste demanufacturing industry in Guiyu town., In International Conference on Electronic Waste and Extended Producer Responsibility in China. Beijing, April 21-22
- 23) Peng, L., Huo, X., Xu, X. J., Zheng, Y. and Qui, B. (2005), Effects of electronic waste recycling disposing contamination on children's blood lead level., J. Shantou Univ. Med. Coll. (In Chinese), Vol.18, 48-50
- 24) Zheng, L., Wu, K., Li, Y., Qi, Z., Han, D., Zhang, B., Gu, C., Chen, G., Liu, J., Chen, S., Xu, X., Huo, X., (2008),

- Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an e-waste recycling town in China., *Environmental Research*, Vol.108, 15-20
- 25) Yu, X.Z., Gao, Y., Wu, S.C., Zhang, H.B., Cheung, K.C. and Wong, M.H., (2006), Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils at Guiyu area of China, affected by recycling of electronic waste using primitive technologies., *Chemosphere*, Vol.65, 1500-1509
- 26) Yu, X., Zennegg, M., Engwall, M., Rotander, A., Larsson, M., Wong, M. H. and Weber, R., (2008), E-waste Recycling Heavily Contaminates a Chinese City with Chlorinated, Brominated and Mixed Halogenated Dioxins., *Organohalogen Compounds*, Vol.70, 813-815
- 27) Wong, M. H., *et al.*(2007) *Environmental Pollutions*, Vol.149, 131
- 28) 三菱総合研究所 (2011)「平成 22 年度 海外環境規制・環境産業に関する調査報告書 (平成 22 年度地域温暖化問題等対策調査事業)」
- 29) 中国網 (2012)「有色金属工业“十二五”发展规划 (全文)」2012 年 2 月 1 日
- 30) 環境省 HP「中国における環境汚染の現状と対策, 慣用対策技術ニーズ」(最終更新日 2012 年 3 月 21 日)
- 31) 清水美和 (2006)『「中国問題」の核心』筑摩書房
- 32) 畑明郎編 (2011)『深刻化する土壤汚染』世界思想社.
- 33) 環境省水・大気環境局 (2010)『平成 20 年度土壤汚染対策法の施行状況及び土壤汚染調査・対策事例等に関する調査結果』
- 34) 新苗正和・青木悠二・青木謙次 (2008)「不飽和土壤への導電学的手法の適用に関する研究: 六価クロム汚染土壤への適用」『環境資源工学』vol.55, pp.66-71
- 35) 藤原靖 (2002)「土壤汚染対策法と重金属汚染土壤の浄化技術の現状と課題」『環境バイオテクノロジー学会誌』vol.2, pp.117-126
- 36) 藤田正憲・池道彦 (2006), 『バイオ環境工学』シーエムシー出版, pp.44-51, 66-69
- 37) 吉原利一編 (2010)『地球環境テキストブッカー環境科学』Ohmsha
- 38) 椎葉究・隈丸潤・岩城全他 (2006)「六価クロム含有高アルカリ性建設泥土のバイオレメディエーション」吉田和哉編『環境バイオテクノロジー学会誌』vol.6, No.1, 47-51
- 39) 杉山友康 (2009)「微生物による六価クロム汚染土壤の浄化」吉田和哉編『メタルバイオテクノロジーによる環境保全と資源回収-新元素戦略のキーテクノロジー-』シーエムシー出版
- 40) 森川弘道・高橋美佐・川村義史 (2001)「ファイトレメディエーションによる環境修復の新展開」『環境バイオテクノロジー学会』vol.1, 1-14
- 41) 早川孝彦・栗原宏幸 (2002)「重金属環境汚染に対するファイトレメディエーション技術の実用化に向けて」『環境バイオテクノロジー学会誌』vol.2, 103-115
- 42) 王効拳・李法雲・杉崎三男 (2004)「ファイトレメディエーションによる汚染土壤修復の現状と展望」『全国環境研究会誌』vol.29, 85-94
- 43) 佐々木眞敬・山本恵 (2009)「バイオレメディエーションによる汚染環境の浄化」吉田和哉編『メタルバイオテクノロジーによる環境保全と資源回収-新元素戦略のキーテクノロジー-』シーエムシー出版, 53-56
- 44) 田村和也・大嶺聖・安福則之 (2009)「微生物の代謝を利用した重金属汚染土の浄化効果」『第 8 回環境地盤工学シンポジウム』189-192
- 45) 小暮敬二 (2000)『地盤環境の汚染と浄化修復システム』技法堂
- 46) 藤田正憲編 (2001)『バイオレメディエーション実用化への手引き』リアライズ社
- 47) 藤原靖 (2002)「土壤汚染対策法と重金属汚染土壤の浄化技術の現状と課題」『環境バイオテクノロジー学会誌』Vol.2, 117-126
- 48) 高木和弘 (2008)「第 3 回国際汚染土壤修復会議 (SoilRem2008) 参加報告」『農業と環境』No.104
- 49) 谷口尚司 (2005)「地球環境問題とインプロセス技術」『CAMP-ISIJ』vol.18, pp.714-717
- 50) 増井慶次郎 (2005)「インバース・マニユファクチャリングによる製品 3R システムの高度化」(独)産業技術総合研究所
- 51) (社)日本鉄鋼連盟 (2007)「鉄鋼業における資源有効利用の取り組み」産業構造審議会環境部会廃棄物・

リサイクル小委員会第4回基本政策WG資料3-4

- 52) 中华人民共和国・环境保护部 (2012)『2011 中国环境状况公报』
- 53) 姉崎正治・三好恵真子 (2011)「中国の重金属汚染土壌の現状と今後の対策に向けてー日本の歴史的射程から得られた教訓と最新技術開発の展望を踏まえて」大阪大学中国文化フォーラム・ディスカッションペーパー, No.2011-7, 1-24
- 54) 三好恵真子 (2012)「中国の環境問題をどう捉えるべきか：サステナビリティ学の実践的展開を目指して」田中仁・三好恵真子 (編)『共進化する現代中国研究ー地域研究の新たなプラットフォーム』122-150
- 55) 奥野嘉雄 (2006)「中国における鉄鋼生産野見直しと高炉の動向」, 新日鉄技報, Vol.384, 14-19
- 56) 三好恵真子・姉崎正治 (2012)「独創的な文理融合研究によるレアメタル回収技術開発と実践的展開への挑戦ー先人の知恵の結晶を未来に活かすー」大阪大学人間科学研究科紀要, No.39, 印刷中

コンビニ弁当の調査

堀口 恵子*

* Horiguchi Keiko (東京農業大学)

Key Words：弁当・食品添加物・保存料・調査・コンビニエンスストア

はじめに

コンビニエンスストア（以下コンビニ）の米飯弁当について学生の研究部活動で15年間調査してきた。コンビニの歴史、栄養素摂取量比率（14年間）、食品添加物調査（15年間）について報告する。最初に歴史について、次に調査研究を紹介する。

1. コンビニの歴史発祥

最初に、コンビニの歩みつまりコンビニの歴史について調べたが、日本のコンビニがどれであるのかは、関連資料が少ないことや、コンビニの定義も当時は曖昧であり、いろいろな説がある。1971年7月にココストアの1号店が愛知県春日井市に開店、1971年8月にセイコーマート1号店が札幌市に開店。1973年9月ファミリーマートが実験第1号店を埼玉県狭山市に開店。日本初のコンビニエンスストアとしている。

世界での始まりは、テキサス州の氷屋さんだったとする。1927年、アメリカ・テキサス州のオーククリフという小さな町の小さな氷小売販売店までにさかのぼるとする説が多い。

コンビニの、コンビニエンスとは日本語で便

利な、ストアとはお店という意味である。最初は、「トーテム・ストア」と呼ばれ、店舗の庭に建てたトーテム・ポールが、今でいうコンビニのシンボルとなっていた。

この流れでいくと、1974年5月東京都江東区でセブン・イレブン1号店の誕生が日本のコンビニ文化の始まりであり、最初にコンビニが登場して、今年で37年になる。

翌75年には24時間営業が福島県郡山市で始まった。2003年には出展数が、1万店舗を達成し2005年には、セブンアンドアイ・ホールディングスの運営管理を統合するなど巨大産業となった。

コンビニが登場するまでは、どの店も売り物の値段や品質を大切に、良い商品を安く売る事で客をひきつけたが、時代に沿った「便利」を売るという、新しい考え方で革命を起こし身近なものになった。「パリッコフィルム」のおにぎりは、1978年に考案され発売されたが、パリパリのりの手巻きおにぎりにびっくりさせられた。その後も、「ツナマヨ」おにぎりが1983年に発売され、明和短大でもいくつかの商品の官能検査を行い、塩辛いとかの結果を報告している。コンビニの発展と平行して我々の食卓が動いてきたことは確かである。また、学

生の研究と共にと言った方が合っているかもしれない。

阪神淡路大震災のときに、セブン・イレブンがおにぎり 6 万 4000 個、飲料水 3 万本を届けたというニュースは、” あのおにぎりだな” と記憶に新しい。

2) 世界のコンビニ

米合衆国は、ガソリンスタンドと併設されている形態の店舗が多い。当然自動車用品も販売され、広大な国土を移動するのに必要なであろう。日本のように 24 時間チェーン店での営業ではないようである。深夜まで営業する店は、「ナイトオウル Night Owl」直訳でフクロウと呼ぶこともあるようである。

アジアでは台湾で日本より遅く、1970 年代末にコンビニがオープンした。人口比としては、世界一のコンビニの数のようである。他のアジア地区にも 2000 年頃から日本のコンビニが進出をしている。中国では、コンビにはまだ新興産業であり普及しているとはいえない。上海には、1000 店舗以上が店出しているようであるが。

ニュージーランドでは、「デーリー」dairy と呼ばれる小売店が日本のコンビニに相当するが 24 時間営業ではないようである。

ヨーロッパでは、宗教上や文化上の理由から長時間営業の小売店が少なく、コンビニという業種自体が成立しにくいようである。特にドイツでは、法規制の関係で小売店の長時間営業が不可能なので、早朝や深夜、日曜、祝日に営業

するのはガソリンスタンドと併設店などの一部に限られている。

ノルウェー・スウェーデン・デンマークにセブンイレブンが少しあるようである。

このようにお国柄が違くと、生活のリズムや消費する品物も違うようである。

日本の経済産業省の商業統計での業態分類としての「コンビニエンスストア」の定義は、飲食料品を扱い、売り場面積 30 平方メートル以上 250 平方メートル未満、営業時間が 1 日で 14 時間以上のセルフサービス販売店を指す。としている。

2. 栄養素摂取量比率について (14 年間)

コンビニは、我々の生活に定着しコンビニに立ち寄らない日はないというくらい身近になった。また、学生の中には冷蔵庫代わりという考えのヒトも少なくない。取扱商品は食料品から日用品まで数多くある。平成 17 年の明和展で、コンビニに関するアンケート調査を行った。アンケートに協力頂いた方は、男性 44 名、女性 133 名、合計 177 名、10 代から 60 歳以上まで幅広い年代層であった。その結果、利用頻度が高いのは、弁当と飲み物であった (図 1)。弁当を買う時に健康に気を配る方は全体の 40% であり、特に気にしない方が 60% で、気にしないの方が若干多いという結果であった。弁当の価格については、高いとの回答が全体の約

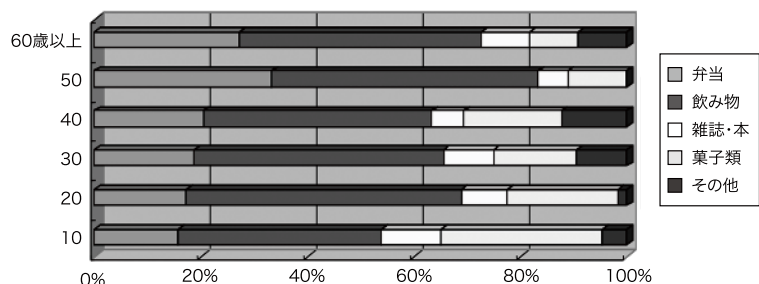


図1 コンビニでよく買うものは何ですか

35%, 手頃であるとの回答が全体の約 60% であり, 安いという認識の方は少なかった。

1) 栄養素摂取量比率

食品科学研究部では, この弁当に着目し栄養素摂取量比率と食品添加物の表示調査を行ってきた。目的は, 健康的に生活するための弁当選択の一助になることである。

弁当の調査方法は, 前橋市内のコンビニ 7 店舗 (セブンイレブン, ファミリーマート, ローソン, セーブオン, ampm, デイリーヤマザキ, ミニストップ) の売上ベスト 5 の米飯弁当を毎年 35 個購入し, 15 年間で 525 個購入し調査したことになる。その弁当の栄養素摂取量比率 (14 年間) と食品添加物 (15 年間) について調査した。

図 2 に栄養素摂取量比率の結果を示した。

栄養素摂取量比率調査の弁当の数は, 1 年で 35 個 × 14 年間で合計 490 個の結果である。この結果よりエネルギーは 112%, 蛋白質は 137%, 脂質は 141%, 炭水化物は 105% の充足率である。平成 21 年に限ってはエネルギーは 116%, 蛋白質は 140%, 脂質は 115%, 炭水化物は 113% の充足率であった。脂質の摂取量が 26% 減少していたと言うことは, 健康に気をつけて脂質の多い弁当を選択しなくなったためと理解できる。

さらに, ビタミン C が 74%, カルシウムが 76%, 食物繊維が 64%, 鉄が 28% とかなり不足していることがわかり, 14 年間での変化は, ほとんどみられなかった。このことは, 弁当のミネラルに関する栄養の研究が, ほとんどされないで弁当を作っているということになる。

図 3 に主菜の使用頻度の 15 年間の結果を示した。それぞれの主菜の使用傾向を見ると, 牛肉が好まれている年は, 豚肉が好まれず, 豚肉が好まれる年は, 牛肉が好まれないという, 豚と牛は対比傾向にあった。

青線は牛肉の使用頻度を示しているが, 牛肉の利用が低い平成 2005 年は, BSE の関係で米国から牛肉が輸入されていない年である。和牛は値段が高く, ワンコイン 1 個で買えるコンビニ弁当には使われていないことがよくわかる。

鶏肉は年々増加傾向にあったが, 2007, 2008 年の調査では減少傾向にあった。これは, 鳥インフルエンザの影響であると考えられる。

栄養素摂取量比率からみると, 14 年間の調査より比較的バランスの良かった弁当は, のり弁当と幕の内弁当であった。栄養素摂取量比率のバランスが良いというのは, PFC 比率に基づいて調査したものである。

PFC 比率とは, 一般にエネルギーになるタン

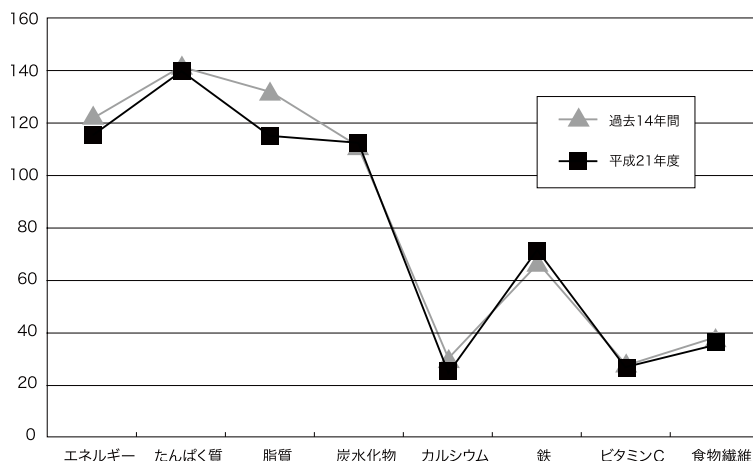


図 2 栄養素摂取量比率・14 年間

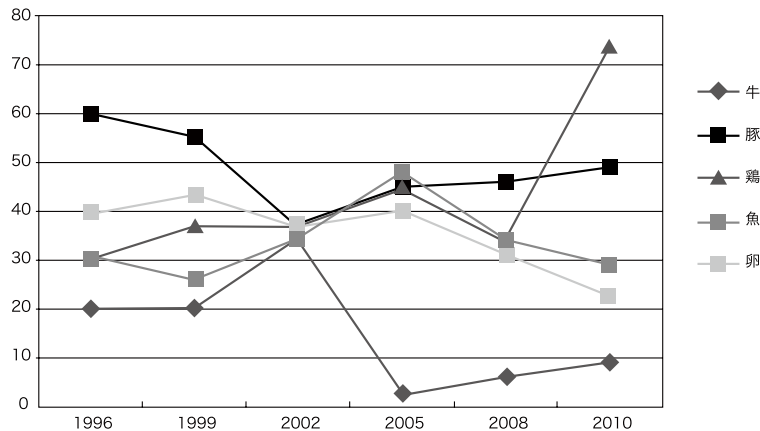


図3 主菜の使用頻度・15年間

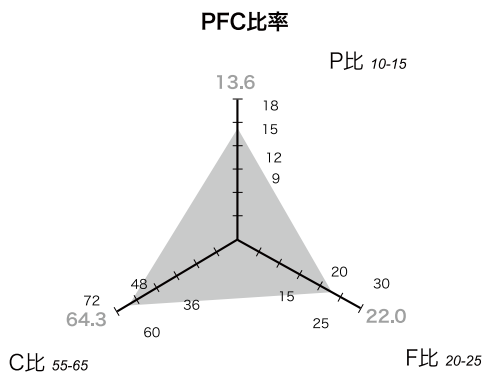


図4 PFC比率

パク質 (Protein) が 20% 未満 (10 ~ 15%), 脂質 (Fat) が 20 ~ 30% (20 ~ 25%), 炭水化物 (Carbohydrate) が 50 ~ 70% (55 ~ 65%) の総摂取エネルギーに対する割合のことをいう。() 内の数字は、調べ始めたときの値であり、15年間の調査の途中で厚生労働省から提示される比率割合の基準が変わったことで値が二つ示されている。タンパク質、脂質、炭水化物の3つをグラフにし、そのグラフが正三角形になった時にバランスが良いといえる。図4にPFC比率の良い「のり弁当」の例を示した。

2) 栄養素摂取量比率のまとめ (14年間)

(1) エネルギーは、過去13年間の平均がエネルギー112%, たんぱく質137%, 脂質141%, 炭水化物105%の充足率であった。

(2) 平成(20)21年度は、エネルギー(124)116%, たんぱく質(150)140%, 脂質は(139)115%, 炭水化物(115)113%の充足率であった。
(3) 栄養素の不足は、平成(20)21年度ビタミンCが(71)74%, カルシウムが(67)76%, 食物繊維が(61)64%, 鉄が(24)28%とかなり不足していた。
(4) PFC比率の比較的良好な弁当は、「のり弁当」と「幕の内弁当」であった。

3. 食品添加物調査について

図5にコンビニ弁当の一括表示の一例を示した。これから食品添加物を読み取った。

表示は、多く使用されている食材から順番に書くことになっている。調味料(アミノ酸等)から始まり、ソルビットまでの6行が食品添加物の表示である。こんなに沢山の添加物が使われていることがわかる。ミックスのり弁当一個に使用されていた食品添加物は、22個であった。

図6にコンビニ弁当一個に含まれる食品添加物の15年間の推移と食品添加物の種類数の推移を示した。

1996年に食品添加物は8.8個使用されていたが、2010年には14.0個であり増加している。1996年には、40個であった。2001年の夏休み

の8月にセブンイレブンの弁当には、保存料は使っていないというテレビコマーシャルが流れた。7月に食品添加物の調査がしてあり、その時には、保存料の使用が認められており、種類は35個であった。保存料を使用しないという2002年より食品添加物の種類は、うなぎのほりに増加し2002年48個、2007年71個、2010年62個であった。2001年のコマーシャル後の11月に同じ調査を行った。その結果が図7である。確かにコマーシャルどおりに、保存料の使用は認められなかった。図8は、2007年のセブンイレブンの7月、11月の食品添加物の調査結果である。毎年、同じ調査を行ったが保



図 5 弁当の一括表示

存料の使用は、認められなかった。

他のコンビニも右へならえて保存料の使用は少なくなっている。

図 9 に保存料を含む 15 年間の食品添加物使用頻度の結果を示した。7 店舗の合計で示した。この調査を始めた 1996 年は、夏休みに O-157 が日本中をかけめぐり、大きな食中毒の事件が発生した年である。その翌年の 1997 年の夏には、O-157 に注意を払い保存料の使用が大幅に増加している。2001 年の保存料を使用していないというコマーシャル以来、他のコンビニも保存料の使用を抑え大幅に減少している。しかし、保存料を使用していない代わりに代替の食品添加物つまり、pH 調整剤や乳化剤、香辛料、酸化防止剤、甘味料などの増加が認められている。なんといって保存料以外のその他の食品添加物の数の増加が著しい。今まで使用されていない新しい天然の添加物がどんどん使用されているということである。

図 10 に食品添加物使用順位を示した。pH 調整剤はすべての弁当に使用されていた。調味料、アミノ酸、色素カラメルもほぼすべての弁当に使用されていることがわかった。保存料も約 25% の弁当に使われていた。

図 11 に保存料の推移を示した。

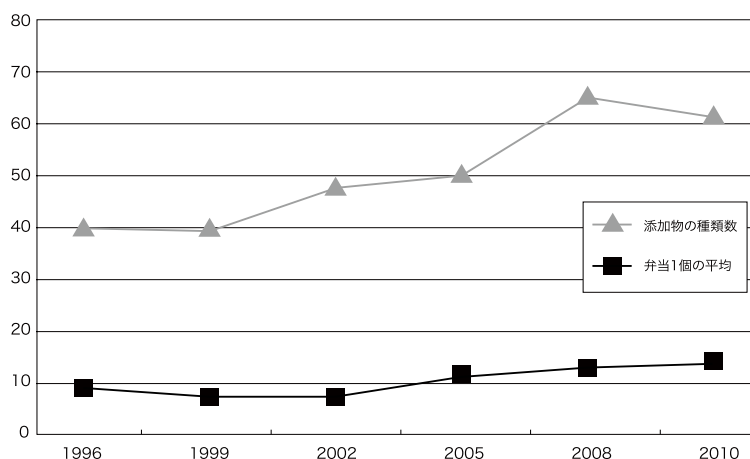


図6 弁当一個に含まれる食品添加物の15年間の推移と種類数の推移

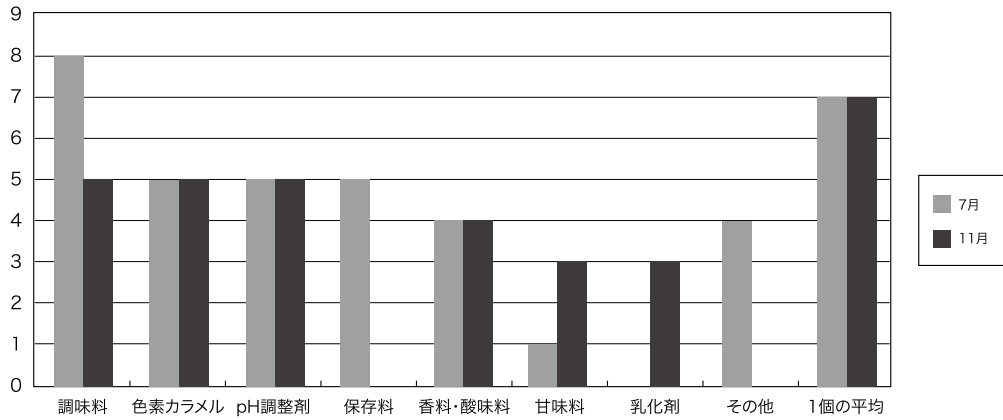


図7 セブンイレブンの7月、11月の保存料調査(2001)

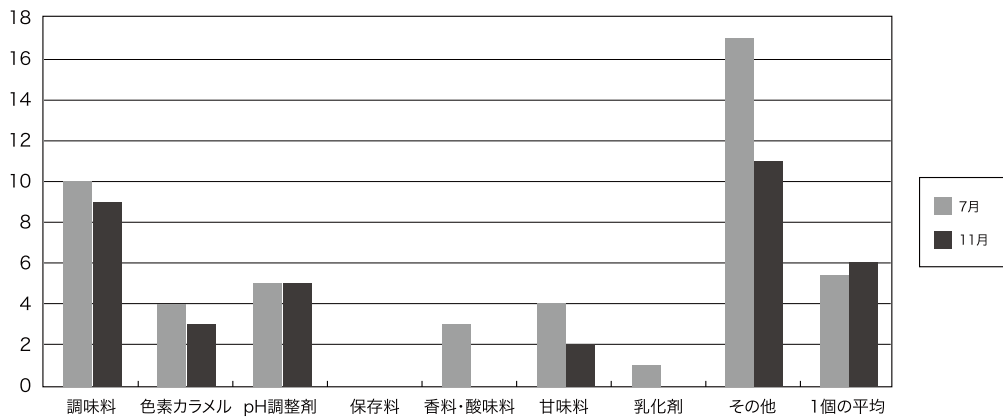


図8 セブンイレブンの7月、11月の保存料調査(2007)

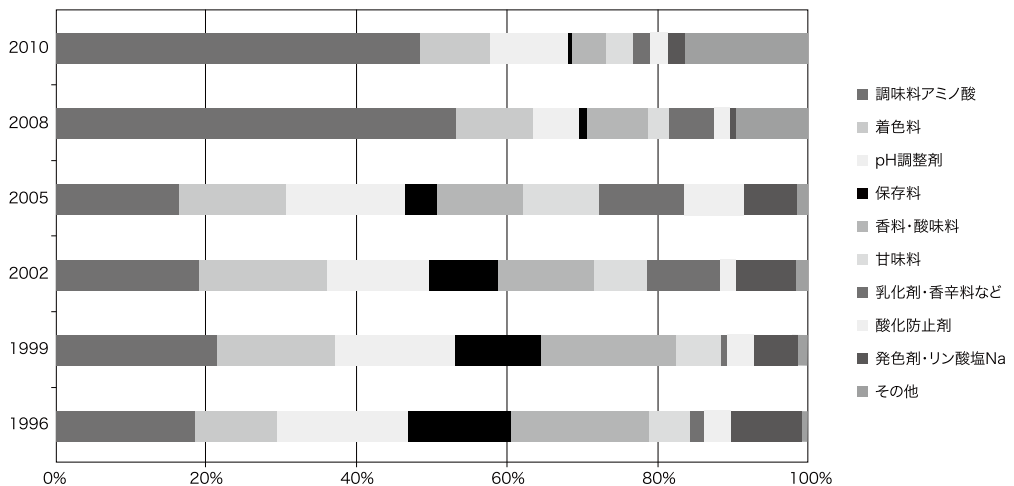


図9 食品添加物使用頻度・15年間

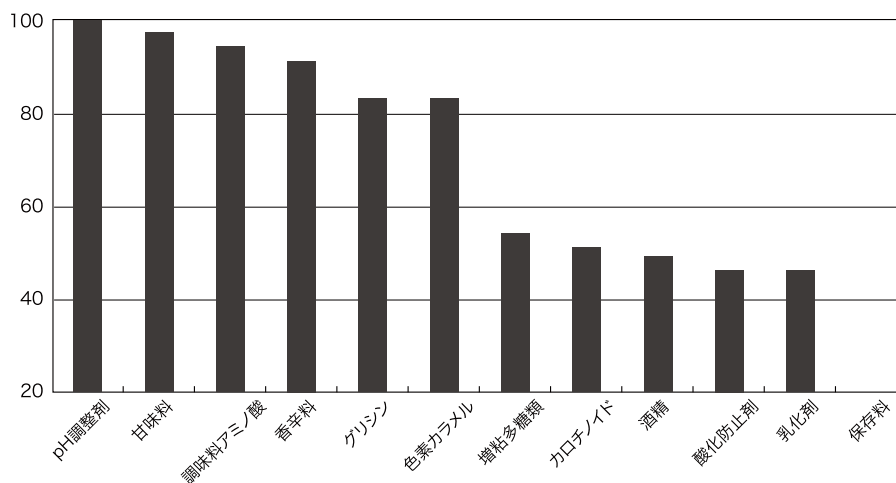


図 10 食品添加物使用順位

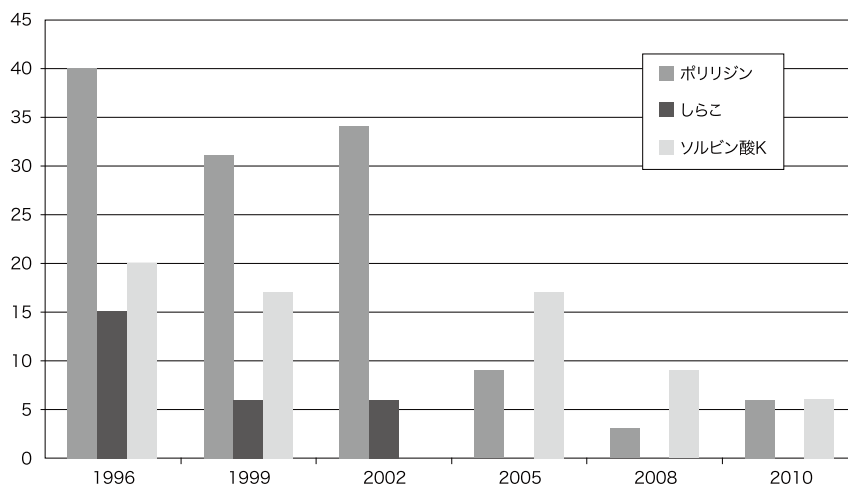


図 11 保存料の推移

2001年の夏の、保存料を使用していないというコマーシャル以来、保存料のポリリジンの使用が、大幅に減少している。これは放線菌の培養液よりイオン交換樹脂を用いて吸着、分離して得られたものである。成分は、 ϵ -ポリリジンである。また、しらこたん白抽出物の使用も減少している。しらこたん白質特定の魚の精巢（しらこ）の中の核酸およびアルカリ性たん白質を、酸性水溶液で分解後、中和して得られたものである。主成分は、アルカリ性たん白質（プロタミンヒストン）である。ソルビン酸は

2001年より2年間は減少したが、また増加している。ソルビン酸カリウムは、試験管内の実験で変異原性（遺伝子に傷をつける毒性）のあることがわかっている。変異原性と発がん性とは、密接な関係があるといわれている。

食品添加物の危険度事典によると、添加物を5段階に分類し、5のものは、「極力さけるべきもの」として、発がん性や催奇形性が確認されているもの。4のものは、「できるだけ避けるべきもの」とし、発がん性や催奇形性が疑わしいもの。これらをまず拒否することとしてい

ます。3は、「できれば避けたほうがよいもの」として長期間摂取し続けた場合、障害がでないとは言えないものとしていますが、ポリリジンとしらこたん白抽出物は、3に分類され、ソルビン酸カリウムは4に分類されている。

図12にコンビニ別食品添加物使用数を示した。

ampmは、1999年から2004年まで、冷凍食品の弁当であったので、食品添加物の表示がなく調べられなかったが、2005年からは表示されるようになったので、急激に増加していることがわかる。

セブン・イレブンは2001年の夏のコマーシャル以来減少している。年々増加傾向にあるのは、ミニストップ、セーブオン、ファミリーマートなどである。

弁当に使用されている食品添加物で使用量の1位は調味料アミノ酸、2位はpH調整剤、3位は色素カラメル、4位はグリシン、5位は増粘多糖類、次いで酸味料、カロチノイド、香料、酢酸Na、香辛料、リン酸Na、ポリリジン、ステビア、乳化剤、膨張剤、酸化防止剤、酒精、甘草、紅麹、クチナシ、ソルビン酸K、亜硫酸塩Na、パプリカ、しらこ、VC、カゼインNa、

赤色102号、赤色106号、黄色4号、黄色5号、アトナー、コチニール、赤キャベツ、紅花、ラック色素、青色1号、銅葉緑素、分解ペクチン、キシロース、孟宗竹抽出物、VE、かんすい、炭酸Ca、漂白剤・次亜硫酸塩Na等沢山の食品添加物の使用が認められた。

1) 食品添加物のまとめ（15年間）

(1) コンビニ弁当1個の食品添加物使用数の平均は、調べ始めた最初の年の1996年には8.8個であり、15年後の2010年には14.0個になり増加したことが確認できた。

(2) 保存料の使用は、2001年のセブン・イレブンが弁当に保存料を使用しませんというコマーシャル以来、減少傾向にあった。食品添加物の危険度事典3に分類されている保存料の目的で使用されているポリリジンは、2001年には57%も使用されていたのに、2006年からは0%であった。同じく4に分類されているソルビン酸Kも2001年には、14%の使用であり2002、2003年と0%になったが、その後、2010年には6%と増加していた。

(3) 保存料の替りの食品添加物として、pH調整剤、甘味料、香辛料、酸化防止剤、乳化剤な

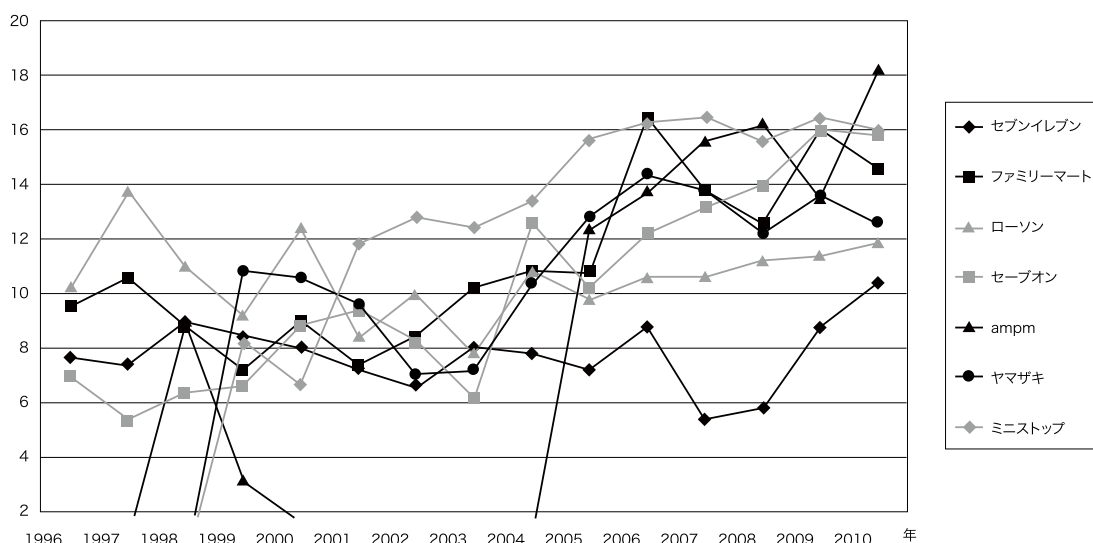


図12 コンビニ別食品添加物使用数

どの増加が認められた。保存料は使っていないというコンビニ弁当製サイトの言葉のあやに、消費者は惑わされ、その中身の真実を知らされていないのが現実である。そこで、保存料の代わりに食品添加物が沢山増加（添加）されているという真実について声を大にして言いたい。食品添加物の保存料の使用は減少しても、その他の食品添加物の使用数は年々増加傾向にあったと言う事実を消費者に知ってほしい。

おわりに

最初は、主婦がコンビニを利用することは罪悪感（定価で販売している）のような気持ちを持ってコンビニのドアを開けていたが、15年間の経過をみると慣れてきてしまいコンビニ

を利用することは日常的なことになってしまった。コンビニ弁当を学生と調査してきたが、コンビニ弁当をなくして現在の日本の食は語れない。一人でも多くの栄養士の卵の学生が自身の健康、ひいては社会の人々の健康の管理ができるようになってほしいと願いつつ続けてきた仕事である。食べ物から環境をとらえ直していくと、食べることが生産や流通を含め世界の食糧事情や地球環境までつながることに気づき、食べることを通して環境に優しいライフスタイルを考えることが可能になる学生に育ってほしいとも願いつつ仕事をしてきた。定年退職を機にこの調査を終わりとしたが、卒業生の多くが私からの学びを引き継ぎ社会で活躍することを祈りつつ、この原稿の締めくくりとしたい。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 渡辺雄二 「食品添加物危険度辞典」1999
- 2) 千葉 保 「コンビニ弁当 16万キロの旅」太郎次郎社エディタス 2006
- 3) 山田博士 「危ないコンビニ食」現代書館 2004
- 4) 黒山美沙樹 「コンビニ食から世界が見える」食農教育3月号 農山漁村文化協会 2008
- 5) 渡辺雄二 「コンビニ時代の食品添加物」芽ばえ社 2001
- 6) 山田博士 「あぶないコンビニ食」三一書房 1999
- 7) 体験を伝える会添加物110番編 「食品・化粧品」危険度チェックブック 2001
- 8) 西島基弘 「食品添加物は敵？味方？」丸善 2000
- 9) 増尾 清 「食品添加物とつきあう法」農山漁村文化協会 1994
- 10) 山本弘人 「食べるな。危ない添加物」2006
- 11) 北野 大 「農薬・添加物こうすれば安心して食べられる」1995
- 12) 増尾 清 「家庭でできる食の安全術」2002
- 13) 増尾 清 「食べてはいけない！」危険な食品添加物 徳間書館 2004
- 14) オーガニック研究会「水・塩・みそ・しょうゆ」菊地書館 1999
- 15) 吉田 勉 「食品添加物」芽ばえ社 1990
- 16) 日高 徹 「食品添加物の常識」幸書房 1996
- 17) 安部 司 「食品の裏側」東洋経済 2005
- 18) 東京・食品安全ネットワーク編「安全な食べ物ガイド」家の光協会 1991
- 19) 肥後温子 「加工食品ガイドブック」柴田書店 1992
- 20) 西岡 一 「添加物のQ & A」ミネルヴァ書房 1998
- 21) グループこんべいとう 「食育」学習研究社 2007

養魚飼料原料としての食品廃棄物やバイプロー 2. 再生大豆油，ラーメン屑，ビール粕

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

Key Words: 食品廃棄物・バイプロ・再生大豆油・ラーメン屑・ビール粕・養魚飼料原料・成形性・嗜好性・成長・飼料効率・タンパク質効率

前報¹⁾の菓子粉，出汁粕，パン屑に続いて本報では再生大豆油，ラーメン屑，ビール粕の養魚飼料原料としての可能性を紹介する。

再生大豆油

学校給食施設，ファストフード店，ファミリーレストランなどから回収した使用済み大豆油を再生処理した油で，規格は以下の通り。酸価:25 mg/g 以下，沃素価:90-128g/100g，鹼化価:190mg/g 以上，抗酸化剤:0.05%。「平成11年第2回油化学製油技術セミナー，フライ油使用における技術的課題と将来展望，廃食用油の利用と今後の動向」によると，この再生大豆油は畜産用飼料，特にブロイラーの飼料に可也の量利用されているとのこと。

試験は2回行い，試験-1で養魚飼料用油脂源としての可能性を，試験-2で魚油と再生大豆油の適切な混合割合を調べた。

試験 -1

1. 材料と方法

供試した再生大豆油は酸価(AV):2.1 mg/g，過酸化価(POV):4.4meq/Kgで，脂質クラス

は非極性脂質が99.9%，極性脂質が0.1%であった。非極性脂質の大部分がトリグリセライド(TG:94.2%)で，残りがステリルエステル(SE:2.3%)，遊離脂肪酸(FFA:1.4%)，ダイグリセライド(DG:1.3%)，遊離コレステロール(FC:0.7%)であった。極性脂質はフォスファチジルセリン(PS:0.1%)が大部分で，フォスファチジルエタノールアミン(PEA)も微量含まれていた。

養魚飼料の油脂源としては一般に魚油や大豆油が用いられる。そこで魚油と大豆油も供試油として用い，再生大豆油との比較を行うことにした。

表1に供試油の脂肪酸組成を示す。この表には何れかの油に1%以上含まれている脂肪酸のみを記してある。大豆油，再生大豆油は魚油に比べてオレイン酸(18:1n9)，リノール酸(18:2n6)，リノレン酸(18:3n3)が多く，パルミチン酸(18:1n7)が少ない。EMA(20:1n9)，EPA(20:5n3)，DMA(22:1)，DHA(22:6n3)は含まれていない。大豆油と再生大豆油の比較では，再生大豆油に18:1n9が多く，18:2n6と18:3n3が少ない。この違いは大豆油のロットの違いが原因しているのか，加熱調理による18:2n6と18:3n3の分解によるのか，あるいは

表 1 供試油の脂肪酸組成

供試油	魚油	大豆油	再生大豆油
14:0 (%)	6.1		0.4
16:0	13.1	11.2	12.4
16:1n7	10.5	0.1	0.6
18:0	2.6	4.1	4.2
18:1n9	20.1	22.5	33.2
18:1n7	1.2		1.8
18:2n6	0.3	54.2	39.3
18:3n3	0.5	8.0	5.1
20:1n9	17.1		
20:5n3	8.3		
22:1	12.3		
22:6n3	4.0		
Σn3	13.6	8.0	5.1
Σn6	2.0	54.2	39.3
Σn3/Σn6	6.8	0.15	0.13

調理中に食品の油脂が溶入した為かは不明であるが、加熱調理による影響である可能性が高い。

表 1 下段の Σn3, Σn6, Σn3/Σn6 は 1% 以下の脂肪酸も含めて求めている。大豆油は魚油に比べて n3 系脂肪酸が少なく、n6 系脂肪酸が多いので、Σn3/Σn6 が小さくなる。

これらの 3 種の油を用いて A-D の 4 試験区を設定した。A 区は市販ニジマス用飼料（ハードペレット）、B 区は A 区飼料に魚油を外割で 5% 吸着させた飼料、C 区は大豆油を外割で 5% 吸着させた飼料、D 区は再生大豆油を外割で 5% 吸着させた飼料である。各飼料の分析値を表 2 に示す。油添加区（B, C, D 区）は無

表 2 試験飼料の分析値

試験飼料	A	B	C	D
水分 (%)	9.7	9.1	9.7	9.6
タンパク質	47.2	44.9	45.1	45.3
脂質	8.5	12.9	12.5	12.4
炭水化物	20.9	19.5	18.6	19.3
灰分	11.0	10.3	10.4	10.4
Cal/100g	308	335	330	332
CP 比	6.53	7.46	7.32	7.33

A: 市販ニジマス飼料, B: A+ 魚油外割 5% 添加, C: A+ 大豆油外割 5% 添加, D: A+ 再生大豆油外割 5% 添加

添加区（A 区）に比べて脂質が多いので、その他の成分はやや少なくなっている。また、カロリー量と CP 比（カロリー/タンパク質比）も高くなっている。油添加区間で各成分含量に違いは認められない。

表 3 に各飼料の脂肪酸組成を示す。大豆油、再生大豆油添加区は 18:1n9, 18:2n6, 18:3n3 の組成比が高くて 16:1n7, 18:1n7, 20:1n9, 20:1n7, 20:4n6, 20:5n3, 22:5n3, 22:6n3 の組成比が低く、供試油の脂肪酸組成を反映している。

飼育試験は屋内に設置した 400L 容角型 FRP 水槽を用いて行い、各区に平均体重約 125g のニジマス成魚を 5Kg ずつ収容した。水温は 14℃, 給餌は日に 2 回（午前 1 回, 午後 1 回）, 給餌率は改変ライトリッツ給餌率, 飼育期間は 1 月 26 日から 4 月 22 日の約 3 カ月間である。

飼育試験終了時に生残率, 飼料効率（増重量×100/給餌量）, タンパク質効率（増重量×

表 3 試験飼料の脂肪酸組成

試験飼料	A	B	C	D
14:0 (%)	2.3	3.2	1.3	1.4
16:0	19.0	15.3	15.1	16.1
16:1n7	3.0	4.7	1.7	1.9
18:0	6.7	4.6	5.5	5.8
18:1n9	23.7	19.1	25.4	28.2
18:1n7	2.4	3.3	0.3	2.1
18:2n6	18.7	10.5	34.2	27.9
18:3n3	2.1	1.6	3.9	3.5
20:1n9	1.6	2.6	0.9	1.1
20:1n7	0.7	1.8	0.4	0.4
20:2n6	1.0	0.7	0.5	0.5
20:4n6	1.9	6.3	0.9	1.0
20:5n3	3.5	7.7	1.9	1.9
22:5n3	0.9	1.0	0.4	0.4
22:6n3	7.9	7.9	4.1	4.2
Σn3	14.8	18.0	10.5	10.3
Σn6	21.9	18.1	36.0	29.7
Σn3/Σn6	0.68	1.05	0.29	0.35
DHA/EPA	2.25	1.03	2.22	2.22
DHA/18:1n9	0.33	0.41	0.16	0.15

100/ 給与タンパク質量) を求めた。また、各区から 20 尾をサンプリングし、うち 10 尾を全魚体の一般成分分析に用いた。残りの 10 尾は FA100 麻酔下でヘパリン処理した 1mL プラスチック注射筒を用いてキュービエ氏管から各尾等量ずつ採血し、区毎にプールして遠心分離を行い血漿を得た。血漿はグルコース (Glu)、総コレステロール (T-Cho)、総タンパク質 (T-Pro)、トリグリセライド (TG)、アルカリ性フォスファターゼ (ALP) の分析に用いた。

採血後の魚の尾叉長と体重 (採血量の補正済み) を測定して肥満度 (体重 $\times$ 100/ 尾叉長³) を求めた。更に解剖して内臓 (心臓と腎臓以外の全ての臓器を含む)、肝臓、腹腔内脂肪蓄積組織 (DL) の重量を測定して体重比を求めた。背肉と肝臓は各尾から等量ずつ採取し、区毎に纏めて一般成分の分析に供した。また、飼料の分析値と給餌量、飼育試験開始時と終了時の総重量および全魚体の分析値から飼料成分の魚体蓄積率を求めた。

2. 結果

2-1. 飼育成績

再生大豆油添加飼料の摂餌性に問題は無く、いずれの試験区も活発な摂餌が認められた。

表 4 に飼育試験の結果を示す。油無添加区 (A 区) より添加区 (B, C, D 区) の方が成長、飼料効率、タンパク質効率の全てが高いが、添加区では大豆油区 (C 区) がやや劣っていた。再生大豆油区 (D 区) は魚油区 (B 区) と略同等かそれ以上の結果を示していた。飼育成績の面で再生大豆油の使用は全く問題無いようである。

2-2. 魚体測定と解剖の結果

表 5 に魚体測定と解剖の結果を示す。

油無添加区では飼育試験開始時と終了時で肥満度、内臓・肝臓・DL 体重比の何れもが略同じ値を示していた。一方、油添加区では全て高い値を示していたが、添加区間では大豆油区がやや低い値を示していた。再生大豆油区は肝臓体重比がやや小さいだけで、肥満度、内臓体重比、DL 体重比は魚油区とほぼ等しい値を示していた。再生大豆油区の肝臓体重比が小さいが、表 6 の背肉と肝臓の分析値を見ると同区の脂質含量は魚油区と同じ高い値を示していた。普通魚体や肝臓の脂質含量が多いと肝臓体重比も高い値を示すので、何故再生大豆油区の肝臓体重比が小さい値を示したのかは不明である。グリ

表 4 飼育試験の結果

試験飼料	A	B	C	D
生残率 (%)	100	87.5	100	92.7
増重量 (Kg)	3.80	4.05	3.85	4.27
給餌量 (Kg)	5.64	5.64	5.64	5.64
飼料効率 (%)	67.4	71.8	68.3	75.7
タンパク質効率 (%)	142.9	159.9	151.5	167.1

表 5 魚体測定と解剖の結果

時期 試験飼料	開始時	終了時			
		A	B	C	D
尾叉長 (cm)	22.6	26.1	26.1	25.9	26.1
体重 (g)	126.4	227.2	243.5	227.9	241.7
肥満度	1.10	1.28	1.37	1.31	1.36
内臓体重比 (%)	9.20	10.82	12.67	11.11	11.46
肝臓体重比 (%)	1.02	1.18	1.26	1.23	1.08
DL 体重比 (%)	1.93	1.76	2.92	2.05	2.93

表 6 背肉と肝臓の分析値

時期 試験飼料	開始時	終了時			
		A	B	C	D
背肉					
水分（%）	78.7	77.2	77.1	77.8	77.1
タンパク質	20.1	21.3	21.2	21.4	21.8
脂質	0.9	0.6	0.6	0.7	1.0
灰分	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6
肝臓					
水分（%）	78.6	76.2	75.9	76.5	76.4
タンパク質	14.6	14.8	14.4	15.0	15.0
脂質	2.9	3.7	4.1	3.9	4.1
灰分	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4

コーゲン含量が大きく違っていたのかもしれない。

2-3. 背肉と肝臓の分析値

表6に背肉と肝臓の分析値を示す。飼育試験終了時には何れの試験区も開始時より背肉のタンパク質と肝臓の脂質が多くなっていた。終了時の背肉では再生大豆油区の脂質が、肝臓では魚油区と再生大豆油区の脂質が他区よりやや高い値を示していた。

2-4. 血漿の分析値

表7に血漿の分析値を示す。飼育試験終了時において再生大豆油区のT-ProとALPが他区より高く、T-ChoとTGは魚油区と略等しい値を示していた。血漿の分析値からも再生大豆油区は魚油区と同等かそれ以上に成長が良く、魚の調子が良いことが分かる。大豆油区は供試油中で最も結果が悪く、T-ChoとT-Proが油無添加区より低い値を示しているのは問題である。大豆油のみを添加した飼料でニジマスを経期間飼育するのは好ましくないものと思われる。

2-5. 全魚体の分析値

表8に全魚体の分析値を示す。飼育試験終了時の脂質含量は再生大豆油区 $\geq$ 魚油区 $>$ 大豆油区 $\gg$ 油無添加区の順であった。

2-6. 飼料成分の魚体蓄積率

表9に飼料成分の魚体蓄積率を示す。油添加区の方がタンパク質と脂質、特に脂質の蓄積率が高かった。タンパク質、脂質共に再生大豆油区の蓄積率が最も高かった。何れの油添加飼料も成分は殆ど同じで給餌量も同じなので、この蓄積率の違いが成長、飼料効率、タンパク質効率の違いに現れているのであろう。

3. 判断

・ニジマスの再生大豆油に対する嗜好性に問題は無い。

表7 血漿の分析値

時期 試験飼料	開始時	終了時			
		A	B	C	D
Glu (mg/dL)	202	94	89	98	87
T-Cho (mg/dL)	295	356	398	287	402
T-Pro (g/dL)	4.2	4.1	4.1	3.4	4.4
TG (mg/dL)	266	384	490	383	458
ALP (IU/L)	164	174	192	163	243

表8 全魚体の分析値

時期 試験飼料	開始時	終了時			
		A	B	C	D
水分 (%)	72.0	74.7	71.9	72.3	71.5
タンパク質	17.5	17.1	16.9	17.5	17.2
脂質	8.1	6.1	9.0	8.1	9.5
灰分	2.9	2.1	2.0	2.2	2.0

表9 飼料成分の魚体蓄積率

試験飼料	A	B	C	D
タンパク質 (%)	23.7	26.0	26.4	28.3
脂質	27.0	55.2	44.6	68.0
灰分	6.8	6.3	8.8	6.1

・飼育成績、魚体成分、飼料成分の魚体蓄積率などから、ニジマス飼料への油添加効果は明確である。

・添加効果は再生大豆油 $\geq$ 魚油 $>$ 大豆油で、再生大豆油はニジマス飼料の油脂源として十分に利用出来ると判断する。一方、大豆油は結果が劣るので、単品での長期使用は避けるべきである。

・再生大豆油は脂肪酸組成からして長期使用する場合には魚油と混合使用すべきであると考える。

試験 -2

試験 -1 で再生大豆油はニジマス飼料の油脂源として利用可能なことが分かった。但し、その脂肪酸組成からして単独で長期使用するのは適切でないと思われる。よって、試験 -2 では魚油と再生大豆油をどの程度の割合で混合使

用すれば良いかを調べる。

表 10 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C	D	E	F
市販ニジマス飼料	100	100	100	100	100	100
魚油（外割 %）		5	3.75	2.5	1.25	
再生大豆油（外割 %）			1.25	2.5	3.75	5
水分（%）	8.8	8.2	8.2	8.3	8.3	8.4
タンパク質	47.8	45.8	45.7	45.5	45.4	45.5
脂質	8.0	12.4	12.5	12.5	12.4	12.5
炭水化物	20.2	19.4	19.1	18.9	18.5	18.7
灰分	10.5	10.0	9.5	9.9	10.0	9.9

1. 材料と方法

表 10 に示す A-F の 6 試験区を設定した。基本飼料は試験 -1 と同じ市販のニジマス飼料である。A 区は油無添加, B 区は魚油を外割で 5% 添加, C 区は魚油の 25% を再生大豆油で代替, D 区は 50% を代替, E 区は 75% を代替, F 区は 100% を代替した区である。それぞれの飼料の分析値は下段に示してある。油添加区 (B-F 区)

は無添加区 (A 区) に比べて脂質が多く, その他の成分がやや少ない。油添加区間では飼料成分に殆ど違いは認められない。

飼育試験は屋外の 400L 容水路型コンクリート水槽を用いて行い, 平均体重約 32g のニジマス若魚を 3Kg ずつ収容した。飼育期間は 10 月 27 日から 1 月 26 日の約 3 カ月間である。その他の飼育条件や調査項目は試験 -1 と同じであるが, 今回は飼育試験終了時に背肉の脂肪酸組成も調べた。

2. 結果

2-1. 飼育成績

表 11 に飼育試験の結果を示す。生残率に区間差は無かった。成長, 飼料効率, タンパク質

表 11 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E	F
生残率 (%)	100	98.9	98.8	100	97.7	100
増重量 (Kg)	5.6	5.75	5.75	5.5	5.5	5.5
給餌量 (Kg)	5.435	5.435	5.435	5.435	5.435	5.435
飼料効率 (%)	103.0	105.8	105.7	101.2	101.2	101.2
タンパク質効率 (%)	215.4	230.8	231.3	222.5	222.9	222.3

効率にも大きな区間差は認められないが, B 区 (魚油のみ) と C 区 (魚油: 再生大豆油 = 3:1) が他区よりやや高い値を示していた。

タンパク質効率は油無添加区より添加区の方がやや高く, 不明確ながらも油によるタンパク質の節約効果が認められた。

2-2. 魚体測定と解剖の結果

表 12 に魚体測定と解剖の結果を示す。飼育試験終了時には開始時より肥満度, 内臓体重比, 肝臓体重比, DL 体重比の何れもが小さくなっており, 魚体への脂質の蓄積量が減少していることを窺わせた。終了時の肥満度と内臓体重比は各区とも略同じ値を示したが, 肝臓体重比は再生大豆油が多くなるに従って小さくなる傾向が認められた。DL 体重比は逆に再生大豆油が

表 12 魚体測定と解剖の結果

時期 試験区	開始時	終了時					
		A	B	C	D	E	F
尾叉長 (cm)	13.5	20.5	20.5	20.4	21.0	20.5	19.8
体重 (g)	32.0	100.1	97.4	96.5	104.6	97.1	90.4
肥満度	1.30	1.16	1.13	1.14	1.13	1.13	1.16
内臓体重比 (%)	14.6	10.9	9.9	10.3	10.3	10.8	11.8
肝臓体重比 (%)	1.59	1.03	1.00	0.92	0.90	1.08	0.87
DL 体重比 (%)	1.94	1.18	1.38	1.78	1.50	1.74	1.73

表 13 背肉と肝臓の分析値

時期 試験区	開始時	終了時					
		A	B	C	D	E	F
背肉							
水分（%）	79.6	78.2	78.6	78.2	78.2	78.3	78.3
タンパク質	18.9	20.4	20.3	20.6	20.6	20.4	20.3
脂質	1.2	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	1.0
灰分	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7
肝臓							
水分（%）	75.7	78.1	77.9	76.8	77.6	77.7	77.7
タンパク質		16.2	15.8	16.5	16.3	16.4	16.4
脂質	3.5	3.4	3.3	3.6	3.3	3.3	3.5
灰分		1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5

増えると大きくなり、C区（魚油：再生大豆油=3:1）以上の区で略一定値を示した。

再生大豆油を添加すると肝臓体重比が小さくなるのは試験-1の結果と同じである。肉眼での観察ではあるが、肝臓に異常が有るようには見えなかったの、肝臓の肥大が防げることは良いことなのかも知れない。

2-3. 背肉と肝臓の一般成分

表 13 に背肉と肝臓の一般成分を示す。背肉では終了時に何れの区でも水分と脂質がやや減少し、タンパク質が増加している。飼育試験中に魚体の脂質蓄積量が減少したのではないかと推定出来る表 12 の結果が分析値からも証明された。油添加区間の比較では、再生大豆油の添加量が増えるにつれ、脂質が極僅かずつではあるが増えていた。肝臓では各区とも終了時に水分が増えていのみで、油添加区間では何れの成分にも一定の傾向は認められなかった。

2-4. 背肉の脂肪酸組成

表 14 に飼育試験終了時の背肉の脂肪酸組成を示す。再生大豆油の添加量が多くなるに従って 18:1n9, 18:2n6, 18:3n3, 20:1n9, 20:2n6 の占める割合が増え、16:1n9, 18:1n7,

20:5n3, 22:5n3, 22:6n3 の占める割合が減少する。20:1n9 は再生大豆油に含まれないのに増えているのは、再生大豆油に大量に含まれている 18:1n9 が体内で 20:1n9 に転換されたものと思われる。その他の脂肪酸の動向は魚油と再生大豆油の脂肪酸組成の違いから略説明できる。

再生大豆油によって n9 系と n6 系の脂肪酸が占める割合が大きく増え、n3 系の 18:3n3 が僅かに増える。一方、n3 系高度不飽和脂肪酸 (20:5n3, 22:5n3, 22:6n3) は大きく減少する。よって、 $\Sigma n3 / \Sigma n6$ と DHA / 18:1n9 は値が小さくなる。

表 14 背肉の脂肪酸組成

試験区	A	B	C	D	E	F
14:0 (%)	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1
16:0	18.1	17.7	17.7	17.0	16.3	17.6
16:1n9	2.0	2.0	2.1	1.8	1.8	1.6
18:0	5.0	4.6	4.9	4.8	4.9	4.8
18:1n9	13.4	10.6	12.6	13.3	16.2	17.1
18:1n7	2.0	2.3	2.4	2.1	2.1	1.9
18:2n6	8.4	5.7	7.6	8.9	12.1	13.6
18:3n3	0.9	0.8	0.9	1.1	1.4	1.5
18:4n3	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0
20:1n9	0.9	0.4	0.5	0.7	0.8	1.2
20:2n6	1.7	1.3	1.3	1.6	1.6	1.9
20:5n3	3.9	5.5	5.2	4.3	3.4	2.8
22:5n3	1.3	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0
22:6n3	36.0	38.9	35.6	36.0	30.7	28.9
$\Sigma n3 / \Sigma n6$	4.28	6.80	4.97	4.21	2.78	2.24
DHA/EPA	9.14	7.10	6.87	8.40	8.92	10.32
DHA/18:1n9	2.70	3.58	2.84	2.71	1.89	1.68

表 15 血漿の分析値

時期 試験区	開始時	終了時					
		A	B	C	D	E	F
Glu (mg/dL)	151	86	93	95	89	82	87
T-Cho (mg/dL)	303	244	300	321	273	291	313
T-Pro (g/dL)	3.9	3.0	3.7	3.9	3.5	3.5	3.5
TG (mg/dL)	437	173	233	291	319	245	294
ALP (IU/L)	311	259	339	269	261	260	283

また、DHA より EPA の減少の割合が大きいのので DHA/EPA も値が大きくなる。

ニジマスの必須脂肪酸は 18:2n6, 20:4n6 (18:2n6 から転換される), 18:3n3, 20:5n3, 22:6n3 (18:3n3 から 20:5n3, 22:6n3 へと転換される) とされているので、再生大豆油の大量使用によって n3 系高度不飽和脂肪酸の組成比が小さくなることはあまり好ましいことではな

い。組成比と同時に絶対量も調べておく必要があるように思う。

2-5. 血漿の分析値

表 15 に血漿の分析値を示す。終了時の値を見ると、T-Cho, T-Pro に油の添加効果が認められ、中でも C 区 (魚油: 再生大豆油 =3:1) の結果が良かった。TG は魚油単独区 (B 区) より再生大豆油添加区の方が高くなる傾向が認められた。ALP 活性は魚油単独区の値が高く、Glu には区間差は認められなかった。

血漿成分からすると B 区 (魚油単独区) と C 区 (魚油: 再生大豆油 =3:1), 特に C 区の結果が良い。

2-6. 全魚体の分析値

表 16 に全魚体の分析値を示す。終了時には油添加によって各区とも水分が減少し、脂質が増加していた。油添加区間では何れの成分においても明確な区間差は認められなかった。

2-7. 飼料成分の魚体蓄積率

表 17 に飼料成分の魚体蓄積率を示す。油添

表 16 全魚体の分析値

時期 試験区	開始時	終了時					
		A	B	C	D	E	F
水分 (%)	75.2	75.8	73.4	73.9	73.6	72.2	73.4
タンパク質	15.7	17.4	16.8	17.0	17.0	16.9	17.2
脂質	7.5	5.0	7.0	7.5	7.2	8.0	7.2
灰分	2.5	2.5	3.1	2.7	3.0	3.0	2.6

表 17 飼料成分の魚体蓄積率

試験区	A	B	C	D	E	F
タンパク質 (%)	39.5	40.2	41.0	39.4	36.1	40.1
脂質	47.3	57.8	63.7	56.8	64.9	57.0
灰分	24.6	36.2	31.1	33.3	33.1	27.1

加によって脂質と灰分の蓄積率が高くなっているが、タンパク質には違いが認められなかった。油添加区間ではそれぞれの成分の蓄積率に大きな違いは無かった。

3. 判断

・再生大豆油の添加量が多くなるに従って魚体の脂質含量が多くなる傾向が認められるものの、それ以外に異常は認められない。

・飼育成績、魚体成分、飼料成分の魚体蓄積率などから、魚油と再生大豆油の混合比は 3:1 程度が良いと判断する。

ラーメン屑

本試験で用いたラーメン屑とは賞味期限切れや破袋による返品、製造ライン上での割れや砕けなどの規格外品を一緒にして粉碎したラーメンの麺で、パーム油でフライしたフライ麺である。

表 18 ラーメン屑の分析値

一般成分		脂肪酸組成	
水分 (%)	9.4	14:0 (%)	0.9
タンパク質	7.8	16:0	43.6
脂質	13.9	16:1n9	0.1
炭水化物	70.4	18:0	4.4
灰分	2.3	18:1n9	38.2
		18:1n7	0.7
		18:2n6	11.3
		18:3n3	0.2

1. 材料と方法

表 18 にラーメン屑の分析値を示す。炭水化物が主体で、パーム油でフライしてあるので脂質も多い。脂肪酸組成も独特で、パルミチン酸 (16:0)、18:1n9 および 18:2n6 が大部分である。この成分組成から養魚飼料の炭水化物源の代替原料として利用出来るか否かを調べることにした。

表 19 に用いた 4 試験飼料の組成と分析値を

表 19 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C	D
魚粉 (%)	59	59	59	59
米糠	19	19	9	
小麦粉	11			
ラーメン屑		11	21	30
脱脂大豆粕	7	7	7	7
ビール酵母	1	1	1	1
ビタミン・ミネラル混合	3	3	3	3
水分 (%)	6.5	7.8	6.4	6.7
タンパク質	49.7	47.2	47.4	46.8
脂質	6.9	7.9	8.7	9.3
炭水化物	23.4	25.2	26.2	27.6
灰分	11.7	11.2	11.3	11.1
Cal/100g	308	310	320	326
CP 比	6.20	6.57	6.75	6.97

表 20 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D
生残率 (%)	96	86	99	98
増重量 (g)	141.2	124.7	131.4	127.9
給餌量 (g)	120.9	120.9	120.9	120.9
飼料効率 (%)	116.8	103.1	108.6	105.8
タンパク質効率 (%)	235.2	218.4	229.0	226.3

示す。A 区はラーメン屑無添加、B 区は小麦粉の全量をラーメン屑で代替、C 区は小麦粉の全量と米糠の半量を代替、D 区は小麦粉と米糠の全量を代替した区である。この 4 試験区の比較で、ラーメン屑の炭水化物源としての有効性が小麦粉、米糠と如何違うかを比較出来る設定になっている。

ラーメン屑の添加量が多くなるに従って炭水化物と脂質が増え、カロリー量と CP 比も大きくなる。一方、タンパク質は僅かに減少する。

試験飼料は前報で説明した方法でハードペレットにしてから破碎し、必要な大きさの物を篩別して集めたクランブル飼料である。ラーメン屑の添加によって飼料製造上で問題になる点は無かった。

飼育試験は屋内に設置した容量 38.4L の塩ビ製水路型水槽を用いて行い、平均体重 0.3g の稚魚を各区 100 尾収容した。飼育期間は 9 月 7 日から 11 月 7 日の 2 カ月間である。その他の飼育条件、調査項目は前報の菓子粉の試験 -1 と略同じであるが、採血は尾柄部の切断によった。

2. 結果

2-1. 飼育成績

表 20 に飼育試験の結果を示す。ラーメン屑を添加した区の成長、飼料効率、タンパク質効率の何れもが無添加区よりやや悪くなっていた。

2-2. 全魚体の分析値

表 21 に全魚体の分析値を示す。何れの区も終了時には水分が減少し、タンパク質、脂質、灰分が増えていた。ラーメン屑の添加量が増えると飼料の脂質含量も増えるのに、魚体の脂質含量は全く増えていなかった。むしろ無添加区より低い値を示していた。これは前報の菓子粉同様にパーム油がエネルギー源として利

表 21 全魚体の分析値

時期 試験区	開始時	終了時			
		A	B	C	D
水分 (%)	84.1	78.7	79.3	79.1	79.1
タンパク質	11.3	14.3	13.9	14.0	13.8
脂質	3.3	6.4	5.1	5.0	5.1
灰分	1.7	2.2	2.0	2.2	2.1

用される為、魚体には脂質が蓄積されないことによるのか、あるいは消化吸収率が低いことによるのであろう。水分、タンパク質、灰分に区間差は認められなかった。

2-3. 血清の分析値

表 22 に血清の分析値を示す。Glu、T-Cho、T-Pro は各区のバラツキが大きく、一定の傾向は認められなかった。TG はラーメン屑添加区全てで無添加区より著しく値が低く、添加量の多少による違いは無い様である。これは全魚体の脂質含量と全く同じ結果である。ALP 活性はラーメン屑の添加量が増えるに従って低くなる傾向を示した。ALP 活性は魚の成長状態を反映する指標であるので、ラーメン屑の 20% 以上の添加は避けた方が良いのではないと思われる。

2-4. 飼料成分の魚体蓄積率

表 23 に飼料成分の魚体蓄積率を示す。ラーメン屑を添加するとタンパク質、脂質、灰分の

何れも蓄積率が減少し、特に脂質の減少が著しかった。ラーメン屑の脂質がエネルギー源として効率よく利用される為に蓄積率が低くなっているのであれば、その分タンパク質の節約効果によってタンパク質の蓄積率が高くなっても良いように思うが、結果はそうっていない。単に脂質の量の問題ではないように思われる。今回は飼料や魚体の脂肪酸組成などを調べていないので理由は分からないが、必須脂肪酸とその他脂肪酸とのバランスや絶対量、あるいは脂質とその他成分とのバランスなども十分考慮に入れなければならないのかも知れない。

3. 判断

・原因は不明であるがラーメン屑の脂質は、魚体に蓄積され難い。これは養殖魚の過剰な脂質の蓄積を防ぐには良いが、飼料タンパク質の魚体蓄積率を多少低くし、成長面でやや劣る点が問題である。

・ラーメン屑の炭水化物源としての効果は小麦粉よりやや劣り、米糠とほぼ同等である。

・ラーメン屑を養魚飼料の炭水化物源として利用するのは可能であるが、20% 以上の添加は避けた方が良いと判断する。

ビール粕

表 22 血清の分析値

試験区	A	B	C	D
Glu (mg/dL)	77	83	75	88
T-Cho (mg/dL)	394	480	368	464
T-Pro (g/dL)	3.2	3.6	3.1	3.2
TG (mg/dL)	786	420	592	454
ALP (IU/L)	373	369	361	343

表 23 飼料成分の魚体蓄積率

試験区	A	B	C	D
タンパク質 (%)	35.0	31.6	33.5	32.6
脂質	119.0	71.1	67.6	63.3
灰分	23.5	18.6	21.8	21.3

ビール粕の乾燥サイレージ品で、詳細は不明であるが、畜産分野では利用されているとのこと。

1. 材料と方法

炭水化物源としてのビール粕利用の可否を調べる。表 24 に示す 3 試験区を設定した。A 区はビール粕無添加、B 区は小麦粉の半量をビール粕で代替、C 区は小麦粉の全量をビール粕で代替した区である。ビール粕の添加量が増える

表 24 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C
魚粉 (%)	47	47	47
ミートミール	6	6	6
脱脂大豆粕	13	13	13
小麦粉	32.8	16.4	
ビール粕		16.4	32.8
ビタミン・ミネラル混合	1.2	1.2	1.2
水分 (%)	6.7	7.0	6.9
タンパク質	48.0	47.8	48.5
脂質	7.0	7.9	8.8
炭水化物	23.6	20.0	16.6
灰分	11.2	10.3	10.1

に従って脂質が多くなり、炭水化物が少なくなる。タンパク質は殆ど変らない。ビール粕は小麦粉より炭水化物が少なく（繊維質が多い?）、脂質が多い。タンパク質は小麦粉と略同じ含量である。

飼育試験は屋外の 400L 容水路型コンクリート水槽で行い、供試魚には平均体重約 120g のニジマス成魚を各区 5Kg 用いた。飼育期間は 10 月 20 日から 1 月 26 日の約 3 カ月間である。それ以外の飼育条件、調査項目は前述の再生大豆油の試験-2 とほぼ同じである。

試験飼料は小型のペレットマシンを用いてハードペレットにしたが、飼料製造上ビール粕には以下の問題点が有った。ビール粕は繊維状で軽く、目が粗い。自由粉碎機では十分に粉碎出来ずに粒径が粗くなり、ペレットマシンでの成形性が非常に悪くなった。出来たペレットも目が粗く、表面がバサバサできたない物になった。この様なペレットを使用すると水面に浮いたり、粉化率が高くなったりと色々な点で不都合を生じる。

2. 結果

2-1. 飼育成績

表 25 に飼育試験の結果を示す。ビール粕の添加量が増えるにつれて成長、飼料効率、タンパク質効率の何れもが悪くなり、特に

表 25 飼育試験の結果

試験区	A	B	C
生残率 (%)	90.5	93.0	100
増重量 (Kg)	4.00	3.74	3.10
給餌量 (Kg)	5.75	5.75	5.75
飼料効率 (%)	69.5	65.0	53.9
タンパク質効率 (%)	144.9	135.9	111.2

小麦粉の全量をビール粕で代替した C 区では著しく劣る結果を示した。

2-2. 魚体測定と解剖の結果

表 26 に魚体測定と解剖の結果を示す。小麦粉の半量をビール粕で代替した B 区の肥満度、内臓体重比、肝臓体重比、DL 体重比が高く、魚体の脂質含量が高いのではないかと思える結果を示した。小麦粉の全量をビール粕で代替した C 区は小麦粉のみの A 区と略同じ値を示しており、ビール粕の添加量が多くなると魚体への蓄積脂質量の増加は認められなくなった。

2-3. 血漿の分析値

表 27 に血漿の分析値を示す。TG は B 区が最も高く、魚体測定と解剖の結果と良く一致していた。T-Cho と T-Pro はビール粕の添加量が増えるに従って低くなり、特に小麦粉の全量を

表 26 魚体測定と解剖の結果

時期 試験区	開始時	終了時		
		A	B	C
尾叉長 (cm)	21.8	27.6	26.2	27.3
体重 (g)	123.7	248.4	215.6	238.0
肥満度	1.19	1.18	1.20	1.17
内臓体重比 (%)	10.7	8.1	9.5	8.6
肝臓体重比 (%)	1.23	0.89	1.02	0.95
DL 体重比 (%)	2.76	1.84	2.55	1.84

表 27 血漿の分析値

時期 試験区	開始時	終了時		
		A	B	C
Glu (mg/dL)	123	95	100	86
T-Cho (mg/dL)	286	400	392	358
T-Pro (g/dL)	3.7	4.7	4.3	3.8
TG (mg/dL)	385	378	430	363
ALP (IU/L)	322	293	215	260

表 28 飼料成分の魚体蓄積率

試験区	A	B	C
タンパク質 (%)	36.8	35.1	31.6
脂質	44.2	43.6	42.1

ビール粕で代替した C 区において低い値を示した。Glu と ALP は区間のバラツキが大きく、一定の傾向は認められなかった。

2-4. 飼料成分の魚体蓄積率

表 28 に飼料成分の魚体蓄積率を示す。分析ミスで灰分の蓄積率が異常な値を示したので、タンパク質と脂質のみを示す。タンパク質、脂質共にビール粕の添加量が多くなるに従って蓄

積率が低くなり、特に小麦粉の全量をビール粕で代替した C 区で低い値を示した。

3. 判断

・ビール粕はその物理的性状から粉碎し難く、粉碎後も目の粗い物が残る。よって飼料製造時に成形性が悪くなり、出来た飼料も目が粗く、表面がバサバサできたないペレットになる。

・飼育成績、血漿成分、飼料成分の魚体蓄積率など全ての指標がビール粕の添加量が多くなるに従って悪くなる。

・以上の結果から、ビール粕を養魚飼料の原料として利用するのは難しいと判断する。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 酒本秀一：養魚飼料原料としての食品廃棄物やバイプロー 1. 菓子粉，出汁粕，パン屑.
New Food Industry. 55 (2), 49-57 (2013)

“企業”を立ち上げた驚くべきヒット商品

—『N-アセチルグルコサミン』UMI ウェルネス株式会社—

田形 暁作*

*TAGATA Yoshinari (TAGATA 食品企画・開発)

Key Words: N-アセチルグルコサミン・ブランド化・マーケティング戦略・食品企画・開発の事例研究・商品開発 5 原則・開発品 5P

はじめに

UMI ウェルネス株式会社は 2004 年（平成 16 年）10 月 14 日に焼津水産化学工業株式会社（以後 YSK と略す）のグループ会社として資本金 5000 万円で設立された。会社の目的は健康食品、健康飲料およびビタミン・ミネラル等の栄養素を補給した栄養補助食品の販売ならびに輸出入である。また、事業内容は親会社である YSK が研究開発したオリジナル素材を生かして、人々の健康的な生活をサポートする商品の提供を行っている。YSK は主力である天然調味料や医療食事業のほか、医薬品メーカー、健康食品メーカー、化粧品メーカーなどに向けて自社で研究・開発・製造した機能性食品素材の原料供給を行っており、消費者向けの最終商品は販売していない。

UMI ウェルネス（株）の事業内容は、通信販売を通じて、年々拡大する健康・美容機能性食品市場に消費者の皆様にご喜んでもいただける商品を企画・開発し、販売していくことである。

1. 企業理念

UMI ウェルネスの企業理念は、YSK のグループ会社として YSK と同じ企業理念である。具

体的には「天然素材の持つ無限の可能性を追求し、“おいしさと健康”を通して豊かな生活に貢献する」である。

2. 開発品のカテゴリーと素材の決定と商品開発 5 原則

先ず業務として始めなければならないことは、UMI ウェルネスで販売する商品を企画・開発することである。商品を企画・開発するに当たり、商品のカテゴリーを決めなければならない（ドメインの決定）。また、決めたカテゴリーで技術的差別化ができる素材がなければならない。言い換えれば“ニーズとシーズの一体化”である。販売できる商品として完成させるにはその他の要件も満たさなければならない。この要件は前職で体験した「商品開発 5 原則」を参考にし、UMI ウェルネス（株）の「商品開発 5 原則」を作成することにした。この 5 原則に基づいて開発した商品は消費者の受け入れが非常に良かった。先ずは、UMI ウェルネスが販売する商品の「UMI の商品開発 5 原則」を検討し、以下のように決定した。

UMI 商品開発 5 原則

1. 真に消費者にとって有用な商品であること。
2. 創造的技術やノウハウが盛り込まれていること。
3. モニター使用テストで何らかの実感が確認できていること。
4. 商流、物流に適合していること。
5. 事業収支がとれること。

5 原則の中で、他社に真似されない創造的技術やノウハウが盛り込まれているという項目を満足する為に、YSK が開発・販売している素材の中から特許権を取得している素材を探す作業をした。その際、その素材の人での有効性試験の結果があることも重要である。それがないと、3 の「モニター使用テストで何らかの実感が確認できていること」という項目を満足することはできない。さらに、5 の「事業収支がとれること」という項目を満足させるためには最初に販売する商品であるがゆえに、100 億円以上の市場がある商品である方が好ましい。おそらく、最初の商品の売り上げは年間 10 億円以上ないと利益商品にはならないのではないかと推察したからである。

商品開発 5 原則の 2, 3, 5 を満足する素材を探索・検討した結果、“ひざ関節の痛みを和らげる”可能性が高い N- アセチルグルコサミンに巡り合った。

この素材はひざなどの関節痛を和らげることが知られており、お医者さんが患者さんで実施した定性的臨床試験で有効性を認めていた。さらに、この市場調査をした結果、出荷金額は約 400 億円あると言われており、売上高を 10 億円にするにはシェアを 2.5% 獲得すればよい。この数値目標を達成する可能性がある商品の企画・開発に着手した。その前に、N- アセチルグルコサミンについて説明する。

3. ひざなどの関節痛と N- アセチルグルコサミンについて

3-1. N- アセチルグルコサミン（以後 NAG と略す）とは

NAG は、体内にある成分と同じカタチをしたグルコサミンなので、天然型グルコサミンと呼ばれる。NAG は加齢によって引き起こされる、ひざの痛みなどを予防する効果が期待される。YSK は世界で初めて酵素分解法による NAG の量産化に成功し、数々の特許を取得している。NAG は、関節や肌にあるヒアルロン酸の「もと」となる成分である。ヒアルロン酸は関節ではクッションのように働き各部を保護する役割を担っている。肌ではうるおいを保つ役割を担っている。

一般のサプリメントなどに使われている通常のグルコサミンはグルコサミン塩酸塩（またはグルコサミン硫酸塩）といい、酸分解して抽出した成分なので、天然にはほとんど存在しないカタチをしていて、食べると特有の“苦渋味”がし、そのままでは食べづらい味である。NAG は、天然のカタチを壊さないようにじっくり丁寧に時間をかけて酵素分解して抽出しているので自然な甘さがある。その甘さの強さは砂糖の 1/3 であり、上品な甘みである。

関節のクッションの役割やからだのうるおい

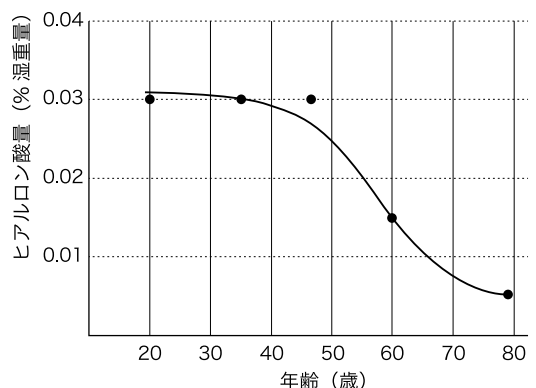


図1 加齢によるヒアルロン酸の減少

※ヒアルロン酸の主成分は N- アセチルグルコサミンである。

を担うヒアルロン酸は、年齢が若いうちは体内に充分存在しているが、年齢とともに減少し、60歳では20歳のころの約半分、80歳では約1/4に減ってしまう。しかし、補給目的でヒアルロン酸を摂取しても分子が大きいため、そのままでは吸収されにくいことが知られている。ヒアルロン酸の主成分のNAGは、ヒアルロン酸の400～3000分の1の大きさで体内に吸収されやすく、体内ではヒアルロン酸の生成をサポートする。

では、NAGは普段の食事ではどのようにして補えば良いのか。この疑問には良い答えはない。身近な食品では牛乳にも含まれているが、100mlあたり11mgと微量である。牛乳だけでは1日の摂取目安量の500mgを摂取するには牛乳を1日4.5リットル(200mlの牛乳を23本)飲まなければならない。NAGを効率的に毎日、無理なく摂取し続けるには、NAGを含む補助食品やサプリメントを摂取することを薦める。

3-2. NAGと通常グルコサミン(合成法)やヒアルロン酸との違い

食品やサプリメントなどで口から摂取した、

NAGや通常のグルコサミン、ヒアルロン酸は、それぞれ体内で吸収され、その後、ひざ関節軟骨、肌、眼球などの体内組織に運ばれて利用される。この「利用される割合」を「身につく率」と言い、「身につく率」が高いほどその効果が期待される。3種類の「身につく率」を図2に示した。

NAGに比べ、通常のグルコサミン、ヒアルロン酸は体内に吸収して「身につく」までの経路が長い。これが、「身につく率」が低い理由であると考えられる。

【参考資料】ヒアルロン酸の構造

ヒアルロン酸の構造は図3に示したようにN-アセチルグルコサミン(NAG)とグルクロン酸が交互に一分子ずつ結合してできたものである。従って、通常のグルコサミンは体内では天然型のN-アセチルグルコサミンになってから、ヒアルロン酸になっていくので経路が長くなると考えられる。

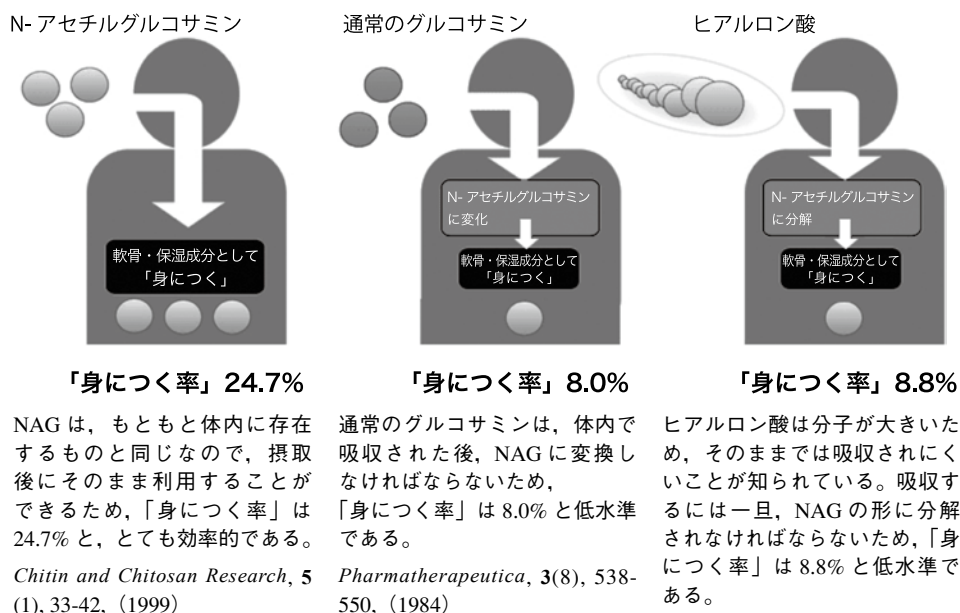


図2 3種類の「身につく率」

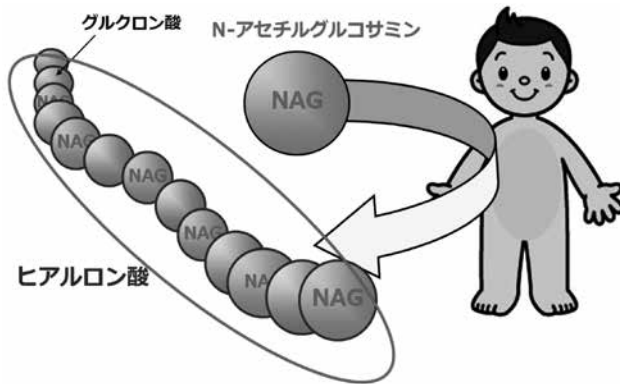


図3 ヒアルロン酸の構造

③関節痛を改善する効果

30歳代～60歳代の2人に1人は、ひざに痛みを感じている。YSKは、国内の成人男女800人（30歳代～60歳代）を対象に「ひざの痛みに関する意識調査」を行ったところ、ひざに痛みや違和感を訴える方が全体の半数以上、56.1%もいることが分かった。また、女性は男性よりも1.2倍、痛みを感じる人が多く、さらに肥満度の高い方ほどひざを痛めている方が多いという結果であった。ひざの痛みの多くは、加齢や酷使による軟骨の劣化が原因で引き起こされる。

● NAGを乳飲料に入れ、変形性ひざ関節症に対する治療効果試験

変形性ひざ関節症患者を2つのグループに分け、それぞれNAG500mg含有、0mg（プラセボ）

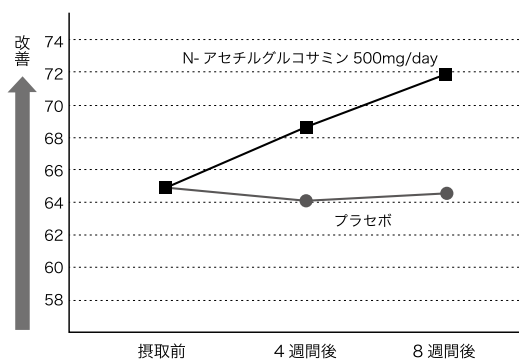


図4 臨床評価点（治療成績判定基準値）の総得点
出典：新薬と臨床，52（3），71-82（2003）

含有した乳飲料（125ml）を8週間摂取してもらった。

【結果】

摂取開始直前、4週間、8週間の経過を調べた結果、NAG含有乳飲料を摂取した群は、投与開始4週間後より改善効果が確認され、投与後8週間後はさらに改善度が高まった。治療効果試験のまとめを図4に示した。

評価方法：日本整形外科学会制定の

「変形性関節症疾患治療成績判定基準」に従って医師が評価を行った。具体的には疼痛、歩行能、階段昇降能、屈折角度、腫脹、日常生活動作、夜間自発痛、圧痛に関して4～5段階評価し、スコア化している。

NAG摂取でひざ関節痛の患者さんに改善効果が見られた理由を推察する。ひざ関節の軟骨には、体重圧と運動による摩擦から骨を保護する機能がある。軟骨は水分をたっぷり含んだスポンジのようなもので、骨と骨を結ぶクッションの役割を果たしている。この軟骨は、コンドロイチンやヒアルロン酸といった、NAGを主成分とする多糖類と、コラーゲンのタンパク質で構成されている。NAGは、ヒアルロン酸やコンドロイチンの生成を促進するためであると推察している。

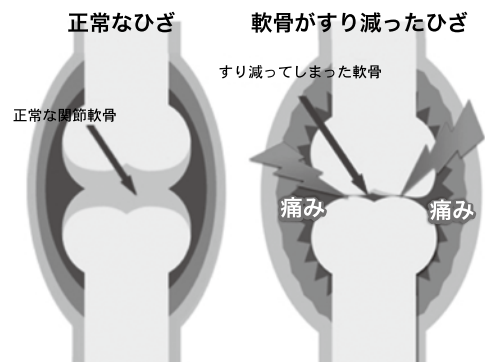


図5 ひざ関節の軟骨

4. 開発品 5P にのっとった商品企画・開発

NAG を素材とし、どういった商品に仕上げていくかを検討する前に、筆者が使用している“開発品はお客様に届く仕組みになっているか”をチェックする“開発品 5P”について記述する。

筆者は商品を企画・開発するときには“開発品 5P”をそばに置き、間違った進め方をしていないかをチェックしている。その“開発品 5P”を以下に示す（図 6）。

“開発品 5P”とは、先ず第一に『Product』ありきである。

『Product』には商品コンセプト、商品仕様、ネーミングなどがある。

第二は『Package』である。それには、包装仕様、包装デザインなどがある。

第三は『Price』である。開発 5 原則の第 5 に掲げている「事業収支がとれること」を達成するにはこの『Price』が重要である。

第四は『Place』である。お客様に届けるにはどのチャンネルが良いかの検討をする必要がある。

第五は『Promotion』である。店頭プロモーション、媒体プロモーションなど、費用がかかるので効果的なメディアミックスを充分検討しなければならない。これは事業収支に多大な影響を及ぼす。

最後に 5P ではないが、『Target』がある。全ての 5P は『Target』を明確にした後のことである。『Product』は『Target』が明確にならないと決まらないはずである。さらに、包装仕様を決定するうえで重要なのが T (Time), P (Place), O (Occasion) である。この考えに基づき、N-アセチルグルコサミン (NAG) を素材に使用した商品を具体的に考えていく。

『Product』は NAG であり、NAG の特徴はひざ関節痛を和らげることである。従って、商品コンセプトは“ひざ関節痛を和らげる”である。

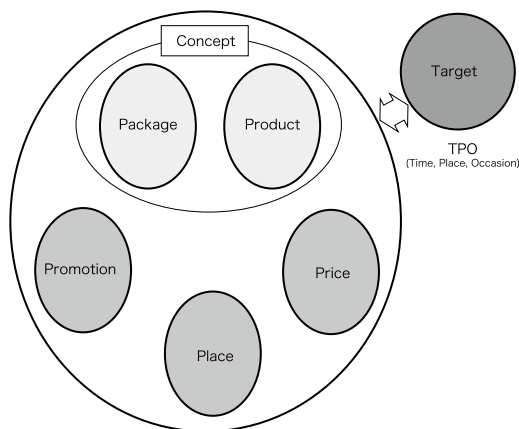


図 6 商品開発 5P; 開発品はユーザーの手元に届く仕組みになっているか

『Target』はひざ関節痛で悩んでおられる 50 歳以上である。メインターゲットは 60 歳以上の高齢者である。商品仕様と包装仕様は 60 歳以上の方が旅行など外出する機会が多いため、何時でも、どこでも、水なしで食べられることが商品仕様、包装仕様を考えるうえで重要である。具体的には商品仕様は携帯に便利であり、水なしで、いつでも、どこでも食べられることを考えると、錠剤が適当であると考えた。

現在販売されている通常のグルコサミンは安価であるが、味にはエグミがある。従って、硬い錠剤にし、エグミを感じないように数粒から十数粒を 1 日に飲む商品仕様になっている。通常のグルコサミンを飲んでおられる消費者の方に伺うと、粒数が多いので苦痛だという声が聞かれる。幸いにして、NAG はさっぱりした甘い味でおいしい。この特長を活かして食べる錠剤にすることを考えた。1 日に必要な NAG の量は 500mg の摂取で効果は確認されているが、1,000mg 摂取したほうが 500mg よりにより効果的という臨床結果もあるので、1,000mg を 1 錠の錠剤にすることを目標に商品開発を進めた。もちろん、配合設計に入るときは水なしで食べられる機能は考慮した。

『Package』の包装仕様は携帯性と衛生性を考慮し、PTP包装を考えた。商品仕様を考える上でもう一つの課題はNAG1,000mgを錠剤にし、PTP包装に壊さないで入れることである。水なしで、かつ、食べる錠剤にするには錠剤の硬さはできるだけ柔らかくしたい。一方、PTP包装に入れるには固くしたい。この相矛盾する要件を満足させるには基本配合を決め、現場の実機で試験を繰り返すしかない判断し、OEMメーカーに相談に行くことにした。その前に、錠剤の基本配合、錠剤の大きさ、錠剤の硬度をおおむねの目標として決めておかなければならない。錠剤の基本配合から錠剤の大きさはほぼ直径20mmとした。また、硬度は歯で噛んでも歯に負担をかけない5～15kgfとした。OEMメーカーは医薬品の錠剤を製造し、かつ、OEMも引き受けている企業1社、健康食品の錠剤のOEMメーカー3社、菓子の錠剤のOEMメーカー2社の計6社を訪問し、試作をお願いした。

結果は、どの企業においても、直径20mmで、かつ、硬度が5～15kgfの錠剤はできなかった。錠剤のOEM専門メーカーで30年以上この業務に携わっているベテラン技術者の方から「この開発は非常識だ」と言われた。このことから、自社の研究員が配合も含めてゼロから開発に取り組まないとできないと判断し、行動を起こした。開発は難航したが、あきらめずに試作を繰り返した。その結果、目標の“水なしで食べる錠剤”は完成し、PTP包装に充填することもできた。今回の商品は筆者が調べた範囲では未だ、類似品は販売されていなかったもので、早速、特許を出願した。特許については7.『N-アセチルグルコサミン』の特許出願と取得についてで詳しく紹介する。

『Place』は通信販売限定で、店頭販売はしない。

『Price』は単品は4,400円/1袋(1か月分)である。また、毎月お届けコースは3,960円で

ある。

『Target』は50歳以上でひざなど関節に痛みがある方である。メインターゲットはやはり60歳以上である。

『Promotion』は、はじめて通販事業に参入するため、生産1ロットを消化できる早期の顧客獲得が最大の課題であった。賞味期限は12か月なので、1ロット生産量が早期に販売できないと賞味期限切れとなり、廃棄処分をしなければならなくなる。早期の顧客獲得のためのマーケティング活動として実施したPromotionは新聞広告、当初は折り込みチラシである。メインターゲットの60歳以上の方に充分情報が伝わるためにはTVコマーシャルよりは文字媒体を考えた。現在は発売後まる8年過ぎたので、新聞広告のほかTVコマーシャルを主体に全国に展開している。『N-アセチルグルコサミン』の広告には阿藤快さんに出演いただいている。その一例を下記に示す。

健康生活のために!

「旅番組は歩くのが仕事だよ」阿藤快さん

特許取得
天然型
グルコサミン!

やっぱスゲえなあ!

阿藤快さんご推薦!
「TVショッピング番組や
ご自身のSNSブログを
通じて、知人・知人にでも紹介」

世界初! 量産化に成功!
酵素で抽出した「天然型」!

神田恭三 監製・阿藤快さん

おいしく続ける1日1粒を目安に!

無料サンプル
プレゼント!

他では販売していません
N-アセチルグルコサミン

定期購入なら送料無料でいつでもお届け!
毎月3,960円(税込) 10%OFF

0120-656-033 03-5368-1617

5. モニター評価

UMI 商品開発 5 原則の第 3 に「モニター使用テストで何らかの実感が確認できていること」とある。従って、この原則にのっとり試作品が完成したので、早速、関係者数人で 1 ケ月間の使用テストを実施した。対象者は社外の主婦で、ひざなど関節に痛みがある人である。関係者なので、開始から 1 週間ごとにアンケート用紙に記入していただき、ヒアリングをした。その結果、早い人では 1 週間頃から痛みが少なくなってきたという意見が聞こえてきた。効果のある人は 2 週間くらいで実感した。もちろん、効果を感じなかった方もおられた。この予備試験に自信を持ち、PTP 包装（シート包装）まで完成したので、社外の主婦 65 名（50 歳以上、ひざなど関節に痛みがある方）に 1 か月分（30 錠）を配布し、アンケートに答えて戴いた。その結果を表 1 に示す。



社外主婦モニター評価結果（配布 65 名、回収 50 名）

表 1 良くなったと感じた人が実感した日数

～ 6 日	10%
7 ～ 9 日	20%
10 ～ 12 日	24%
13 ～ 15 日	30%
16 ～ 18 日	4%
19 ～ 21 日	2%

● 1 か月間使用しての感想（OA）

- ・「1 錠」を「噛む」というのが画期的
- ・モニターが終わっても常用したい
- ・他社製品と比べて粉っぽくなくて食べやすい
- ・今まで 1 日に 30 粒飲んで大変だった（他社製品）

以上の結果より、UMI 商品開発 5 原則の第 3

の「モニター使用テストで何らかの実感が確認できていること」の要件を達成したことが確認できた。本結果より、本試作品を商品化すれば、ひざ関節などで悩んでいる方に喜んでいただけるという自信と、商品化しなければならないという責任感を感じた。

6. 開発した『N- アセチルグルコサミン』の商品紹介

6-1. 商品写真

商品全体とシート



- ・商品 1 袋に 30 錠（5 シート）入り。
- ・1 シートは 6 錠入り。（PTP 包装）

6-2. 商品特長

- ①体内で利用されやすい「天然型」グルコサミン使用
- ②水なしでどこでもおいしく
 - ・おいしく食べられるラムネタイプなので、おやつ感覚で毎日、手軽に続けられる。
- ③1 日 1 粒無理なく続く
- ④携帯に便利なシート型
 - ・1 粒ずつ取り出しやすいシート型のパッケージ。
 - ・バックに入れて手軽に持ち歩ける。

7. 『N- アセチルグルコサミン』の特許出願と取得について

『N- アセチルグルコサミン』錠剤ができたので、特許を出願した。出願内容の要約は、少ない錠数で生理活性が期待できる量の N- アセチルグルコサミンを摂取でき、かつ口腔内における優れた崩壊性と溶解性を有し、取扱い上の困難性を伴わない程度の硬度を有する N- アセチルグルコサミン錠剤、及びその製造方法を提供する。N- アセチルグルコサミンに、成形性の低い糖質を混合あるいは噴霧して、被覆及び／又は造粒し、得られた造粒物と成形性の高い糖類を混合して成型することにより、錠剤の硬度が 5 ～ 20kgf、1 錠あたりの質量が 1,000 ～ 3,000mg であり、口腔内において速やかに崩壊し、かつ溶解口腔内崩壊型 N- アセチルグルコサミン錠剤を得る。この口腔内崩壊型 N- アセチルグルコサミン錠剤は、N- アセチルグルコサミンを 30 ～ 90 質量 % 含有することが好ましく、1 錠あたり、“N- アセチルグルコサミンを 500 ～ 2,000mg 含有することが”好ましい。

詳細は、参考資料^{1, 2)}に添付したので参照願いたい。

おわりに

UMI ウェルネス株式会社は 2004 年 10 月に会社を設立し、翌年の 3 月には販売する第一号の商品『N- アセチルグルコサミン』が完成した。本商品は UMI ウェルネス（株）の開発 5 原則と開発品 5P に順じて開発された商品である。従って、ひざ関節などに痛みのある高齢者には有効であることがモニター評価で確認できた。さらに、商品としての特許も取得し、他社に真似されない商品に仕上がった。また、事業として成功させるために必要な MK・販売は目標の 1 ロット生産を販売する顧客作りに徹底し、予想以上の成果を上げたため、滑り出しは順調に進んだ。その後も、売り上げは順調に伸び現時点では全社の売り上げと利益の約 90% 強を締めている。今後も UMI ウェルネス（株）には、商品開発 5 原則と開発品 5P に順じた商品開発に注力し、お客様に益々、喜んでいただける商品を提供していただくことを期待したい。

[参考資料]

- 1) 特許第 4 4 0 3 1 8 2 号
- 2) 特許第 4 4 6 6 9 7 2 号

築地市場魚貝辞典（アマダイ類）

日一日と日がのびてきて、仲卸店舗に魚が並ぶ頃には明るくなってきた。もう春の足音も聞こえてきそうであるが、空気は冷たく魚を扱う手もかじかむ。築地市場の正門を入ったところに、3階建てのアパートのような建物が6棟並んでいる。関連事業者棟と呼ばれる建物で、事務所のほか、診療所や、秤、包丁、梱包材、衣料品から書籍を扱う店舗、そして食堂などが入っている。魚料理が売りの食堂では、旬の魚が看板料理になっている。買出しのついでに旬の魚が味わえるというのも、築地の良さの一つであろう。

今回も冬の魚、アマダイ類を紹介する。

一分類一

アマダイ類を分類学的に表すと、スズキ目アマダイ科アマダイ属となる。研究者によってはアマダイ類をキツネアマダイ類と合わせてキツネアマダイ科とする考えもある。キツネアマダイは一般には馴染みのない魚であるが、アマダイ類をさらに細長くしたような魚で、小型の種類が多く、主にサンゴ礁などの温暖海域にすんでいる。築地市場には入荷しないので、ここではキツネアマダイ類を除いて説明することにする。アマダイ類を簡単に言うと、ふつうの形をした魚のうち、おでこから口にかけて垂直に近く切り立っていて、尾鰭の中央付近が突き出ている魚ということになる。現在、アマダイ科にはヤセアマダイ類を除くと、アマダイ属を含む3属が含まれている。アマダイ属には16種が含まれている。このうち日本近海に分布するのはアカアマダイ、シロアマダイ、キアマダイのほか、5種である。築地



シロアマダイ



アカアマダイ

市場に入荷するのは、アカアマダイとシロアマダイで、キアマダイは稀である。

一形態一

アカアマダイは店先では切身で売られていることが多いが、小ぶりなのは干物にされるので、丸のままの姿を見たことのある方もいらっしゃるかもしれない。最も特徴的なのは、切り立った顔つきだろう。ふつうの魚の顔は眼から口先にかけてつまんで引き伸ばしたように突き出ているものがほとんどである。ところがアマダイ類は眼から先を切り落としたようになっている。眼はやや大きい。口は極端に大きくはないが、広く開いて前方に突き出すことができる。上下の顎には小さな歯が並ぶ。背鰭は頭のやや後から始まり体の後方まで連続する。尾鰭は上下の先端がやや尖って突き出し、中央付近もなだらかに突き出す。鱗（うろこ）はやや小さく、はがれにくい。



大きく突き出す口



アカアマダイの顔

アカアマダイの体色は、背中側は濃い桃色で、腹側にいくにしたがって淡くなり、腹は白い。眼の下側に白い三角形の斑紋がある。体の中央付近に背中から垂らしたような黄色い数本の縞模様がある。尾鰭は上方が桃色、下方は青みが



アカアマダイの尾鰭



シロアマダイの顔



シロアマダイの尾鰭

かった灰色で、中央から上方に黄色い縞模様がある。

シロアマダイの体色は、背中側は淡い桃色で、側面から腹側は白い。眼の下側や体側面に斑紋や模様がない。尾鰭は淡い桃色で、全体に黄色い不規則な縞模様がある。

体長はアカアマダイで 40cm，シロアマダイで 50cm を越える。

一生態一

アカアマダイは太平洋側では関東近海から、日本海側では青森県から、黄海、東シナ海、南シナ海まで分布する。成魚は水深 100m 付近の砂泥底にすみ、海底に自分が入れる深い巣穴を掘る。餌は甲殻類が多く、他に小魚やゴカイ、貝などを食べる。産卵期は 5 月から 10 月。一度に産卵せず、1 シーズンの間に複数回産卵する。卵の大きさは約 9 mm で、一度に 2000 粒から 3 万粒の浮遊性の卵を産む。孵化した稚魚は沖合で浮遊生活をした後、底棲生活へ移る。1 年で体長 13cm，2 年で 18cm，3 年で 22cm，4 年で 25cm，8 年で 35cm を越える。およそ 2 年で成熟すると考えられている。寿命は 8 年以上。

シロアマダイは太平洋側では関東近海から、日本海側では九州北部から、黄海、東シナ海、南シナ海まで分布する。成魚は水深 50m 付近の砂泥底にすむ。餌は甲殻類が多く、他に小魚などを食べる。産卵期は 4 月から 5 月。1 シーズンの間に複数回産卵すると考えられている。1 年で体長 16cm，2 年で 25cm，3 年で 31cm，4 年で 36cm，7 年で 45cm を越える。

一漁業一

やや沖合の海底にすむので、海底に伸ばしたロープにたくさんの釣り針を仕掛ける延縄、海底に立てた網に魚を絡めて捕る刺網、海底に下ろした網を船で曳く底曳網、釣りなどで漁獲されている。資源の減少に伴って種苗生産（親魚から採卵し、その卵から稚魚を育てる）技術の研究が行われている。商業的な養殖は、まだ行われていない。

アカアマダイとシロアマダイは東シナ海から南シナ海にも分布するので、中国からの輸入も多い。一時期、東南アジアやアメリカからのアマダイ類の輸入があったが、最近はあまりないようである。

築地市場では、アカアマダイ、シロアマダイともにほとんどが鮮魚で入荷する。底曳網で漁獲され



鮮魚

た小ぶりのものを詰め込んだ箱があるかと思えば、1匹ずつ丁寧に釣られラベルを打たれたものもある。活魚が入荷することもあるが、稀である。新鮮なシロアマダイは赤みが強く、一見するとアカアマダイと見誤りそうである。関東近海で漁獲されたものも入荷するが、山口県や長崎県、島根県など西日本からの入荷が多い。周年入荷するが冬場から春先に多く、夏場はやや少ない。冷凍品を扱う店をのぞくと、中国産の冷凍シロアマダイを見ることができる。丸のまま冷凍され、1匹ずつビニールにくるまれている。以前は香港辺りから輸入された生鮮のシロアマダイを見ることがあったが、最近では見られない。



輸入冷凍シロアマダイ

ー利用ー

上品な白身はやや柔いが、癖がなくいろいろな料理に向いている。生食は刺身よりも昆布でめる方が、身が絞まり旨味も増す。しかし、アマダイ類は加熱したものの方が喜ばれるように思える。塩焼き、味噌漬け、粕漬けなどの焼き物は、きめの細かい身が硬くならず、口の中でとろけるようである。蒸し物や椀だねとしても御馴染みである。てんぷらにも使われる。干物もよく見かけるが、小さいものでも旨味があっておいしい。ふつうシロアマダイがもっとも上等で、アカアマダイはそれに次ぐとされている。どちらが本当に上なのか、まだ自分の舌で確かめる機会がない。

アカアマダイの産卵期は、5月から10月、シロアマダイは4月から5月なので、どちらも産卵を控え、餌をたくさん食べ栄養を蓄えてきた冬から春が旬といえるだろう。

ーエピソードー

関東地方をはじめ多くの地方で「あまだい」と呼ばれるが、関西では「ぐじ」の方が通りがよい。瀬戸内海や若狭湾といった産地をひかえているので、ふるくから利用される馴染みの魚である。関東沿岸ではあまり多く漁獲されず、とくにシロアマダイは少ないので、以前は1種と思われていたふしがある。そのため古い図鑑を見ると「あか、しらかわ、きあまの3つの“型”に分けられる」と書いてあるものがある。「おきつだい」という呼び名も、時々聞くことがある。静岡県興津という場所でよく捕れたのでその名が付けられたという。あるいは、徳川家康がアマダイ好きであったという話も聞くことがある。晩

年の家康が住んだのも興津に近い駿府城（今の静岡）である。おきつという女性が、家康にアマダイの干物を持参し、感謝されたのでその名が付けられたとも言われる。いずれの呼び名も、その語源についての確証はない。

文 献

- 1) 上野輝禰・坂本一男：魚の分類の図鑑，東海大学出版会（1999）
- 2) 中坊徹次（編・著）：日本産魚類検索 全種の同定 第2版，東海大学出版会（2000）
- 3) 望月賢二（監）：魚の手帳，小学館（1991）
- 3) 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次：東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会（2007）

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭 酸
カルシウム
とは？

古くから食品に使用されている
安全性・吸収性に優れたカル
シウム源です。
用途も栄養強化はもちろんの
こと、練製品の弾力増強など
の品質改良、粉体の流動性
向上・固結防止といった加工
助剤などその目的は多彩です。

分散性・混合性に優れたものや、飲料用として
沈澱を抑制したタイプ等、品揃えしております。

一般の栄養強化には、「ホワイトン」

機能を求めるならば、「コロカルソ」

飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当に
お気軽にお尋ね下さい。



白石カルシウム株式会社

食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8 TEL. 03-3863-8913
本 社：大 阪 市 北 区 同 心 2-10-5 TEL. 06-6358-1181



“薬膳”の知恵 (74)

Key Words : 薬膳 ■ 養生茶 ■ 感冒

荒 勝俊*

風邪は、中医学において六気（風、寒、暑、湿、燥、火）の邪の侵入、あるいは季節の毒邪を感受して、邪が肺衛や肌表を犯す外感疾病と考えている。疾病因子としては、それぞれ風邪、寒邪、暑邪、湿邪、燥邪、火邪と呼ばれる。風は春に良く吹くので春の主気といわれるが、四季を通して現れる。風と寒、風と湿、風と燥、風と火は合併して病邪となる。風邪は寒と結びついた「風寒」、熱や燥と結びついた「風熱」、湿と結びついた「風湿」のパターンが多い。

中医学において人体は一つの有機的統一体と考えており、人体の構成要素である気・血・津液のバランスを改善させる事でその人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内を整え、新陳代謝を改善し、食生活を正常化する事で体質を改善できると考えており、感冒予防にもつながる考え方である。

中医学の基礎概念である陰陽五行学説に基づき、健康管理や病気治療のために食材の持つ様々な機能を組み合わせで作った“薬膳茶”を飲む事で、人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内を整え、感冒に対する予防

ができると考えている。



1. 感冒と中医学



中医学において、風邪は“感冒”と称される。感冒は、風、寒、熱邪や季節の毒邪が肺衛や肌表を犯す事で発症する外感疾病と考えられている。鼻汁、くしゃみ、頭痛、悪寒、咽頭痛、鼻閉、発熱、全身倦怠などが臨床所見として現れる。感冒は四季を通じて見られる多発病であり、特に冬季と春季に多く発症が認められる。

1) 六淫邪気

風、寒、暑、湿、燥、火、の六つの気候因子を外からの病因（外邪）と考える。これらは六淫または六気と称し、平素生体にとって必要なものであるが、必要以上に作用すると邪となり、病因になる。

“黄帝内経・素問・風論”に“風者、百病之長也”と書かれている。即ち、風が六淫の中心であり、万病の元だという事である。また、“黄帝内経・素問・風論”に“風者、善行而数変”と記述さ

* ARA Katsutoshi (技術士, 国際薬膳師, 漢方アドバイザー (JACDS), 薬草ガーデンマスター (JGS), 中国茶アドバイザー, 日本茶インストラクター (NIA), 中級評茶員, アロマセラピスト)

れている。風邪は全ての臓腑に対し影響を及ぼし易く、かつ病因として他の五気のいずれとも結びついて色々な変化を見せる。邪気となった風邪は、体の皮膚にある隙間、汗腺、毛穴から体に進入する。そしてそれらの隙間を弛緩させ、汗を出す。また風邪の性質は軽いので、頭など上半身を犯し、頭痛や肩こり、悪寒などを引き起こす。

六淫は、季節の気を犯す。気候が急変し温度差が大きくなると、季節の気（春季の風邪、夏季の暑邪、秋季の湿邪や燥邪、冬季の寒邪）を感受して、感冒にかかり易くなる。例えば、寒邪により過度に生体が冷やされると、陽気である衛気に作用し、まず悪寒して後に発熱する。さらに、寒邪が生体に作用することで、血・津液の流れを鈍らせる。暑邪によって過度に生体が熱せられると、高熱を発し、津液と気を傷める。湿邪（重濁、粘滞の性質を有す）が生体を侵すと、気の動きが鈍り、白帯や淋濁、下痢、湿疹、瘡瘍による汁気の流出がみられ、発病する。燥邪は肺を犯し易く、津液を傷める。また、中医学では風邪が六淫を先導し、他の寒、暑、湿、燥、火などを体に呼び込むと解釈している。例えば、風寒邪が体を犯すと悪寒がし、喉が痒くなり、水のような鼻水が出るのに対し、風熱邪だと悪寒よりも発熱が激しくなり、喉が痛くなり、黄色い粘っこい鼻水が出る様になる。この様に、風邪と他の邪気が交じり合い、より性質の複雑な症状になる。

2) 流行病毒

流行とは、季節が関係し、2～3年毎に小流行し、10年ごとに大流行する邪気の事である。病毒とは、害が激しい異気や疫癘（えきれい）の気と呼ばれ、強力な伝染性を持つ邪気である。

3) 正気失調

六淫邪気や流行病毒は人体を襲って感冒を引き起こすが、これらの邪気によるもの以外は、人体の正気失調が原因となる。

人体はストレスや疲労によって生体機能が低下する事で正気の失調が起こり、邪気がそれに乗じて侵入する。四時六気（四時＝四季、六気＝風、寒、暑、湿、燥、火）や、体質の違いによって病気の症状や進行状態が異なり、風寒、風熱、暑熱などと異なる症状が現れる。



1. 感冒と養生茶



1) 緑茶

古来、日本茶は“養生の仙薬”と呼ばれ、感冒予防の効果などが知られている。天曆5年(951)京の街に疫病が流行り、六波羅蜜寺の空也上人(903～972)に、時の村上天皇から『悪病退散のため祈祷せよ』とのお達しがあり、日夜懸命に祈祷したがその効が無く、ますます拡大した。そこで上人は、十一面観音像を安置した台車に茶を積み、京の街を引き回して街角に立ち祈祷するとともに、人々に薬用として梅干や昆布を添えたお茶を施した。お茶に梅干を入れてふるまったところ疫病は次第に下火となった。この功德にあやかり、村上天皇は正月元旦にこのお茶を服する様になり、この梅干の入ったお茶が「王服茶」「大福茶」と呼ばれるようになった。最近では緑茶がインフルエンザを抑える作用も動物実験で報告されている。

緑茶にはカテキンの一種であるエピガロカテキンガレートを多く含み、①細菌を攻撃する抗菌作用、②毒素を解毒する抗毒素作用、③ウイルスを抑える抗ウイルス作用、などが報告されている。特に、茶カテキンは極めて強いインフルエンザウイルス不活性化作用をもつ。インフルエンザウイルス液と茶カテキン液を混合した後、直ちに細胞上（イヌ腎臓細胞を平面培養）に感染させる。培養後、生じた溶菌斑を染色して数え、ウイルスの感染増殖の指標とした実験が報告されている。この報告によると、ウ

イルスとカテキンの混合液中のカテキン濃度が 1ppm において、ウイルスの感染は 100% 阻止され、溶菌斑は生じなかった。一般に 1 杯の茶の含有カテキン濃度は 500 ~ 1,000ppm である事から、インフルエンザウイルスに対する茶の効果は非常に大きい。ただし、既にインフルエンザウイルスに感染した細胞に茶を接触させても抗ウイルス効果は弱い。この作用メカニズムとして、茶カテキンがウイルス表面のスパイクに結合する事でウイルスの細胞への接着、侵入を阻止すると報告されている。

2) 板藍根茶

板藍根(バンランコン)はアブラナ科の“菘藍”の根で、中国の家庭には板藍根のエキスが常備され、冬の風邪対策の定番となっている。板藍根茶は、このエキスを煮だしたお茶で、風邪対策に加えて皮膚疾患(ニキビ、湿疹)の改善にも良いと言われている。

3) 黒茶

黒茶は中国六大茶類の中で、微生物発酵を経て作られたものを指す。黒茶は非常にバラエティーに富んだ茶類で“緊圧茶”と呼ばれる各種バラエティーのある形状に固められたものが多くある(図1写真右)。

黒茶には製造方法により“生茶”と“熟茶”の二つの製法が有る。生茶は摘みたての茶葉を炒って天日干しで仕上げた乾物の様なお茶で、一方熟茶は、麴カビ(“渥堆”(ウオードウイ))と呼ばれる醗酵法:人為的に菌が働きやすい環境を作る)により数ヶ月以上発酵させた後発酵

製法により作られる茶である

“渥堆”による茶の発酵に活躍する菌類は、黒麴カビ(*Aspergillus niger*)、青カビ(*Penicillium*)、クモノスカビ(*Rhizopus*)、灰緑麴菌(*Aspergillum glaucus*)、酵母菌(*Saccharomyces*)、土生麴菌(*Aspergillum terreus*)、白麴菌(*Aspergillum candidus*)、その他雑菌(*Bacterium*)、などが確認されている。これらの菌により茶葉に含まれるカテキンがプロアントシアニジンやテアシネンシンといった重合型のカテキンに変化する。カテキン同士が合体して大きな分子となった熟成茶重合カテキンには、感冒予防作用、殺菌作用、脂肪吸収抑制作用、高血圧改善作用、成人病予防作用、などを有する事が報告されている。

また、黒茶(熟茶)の銘茶とされる普洱餅茶(プーアール茶)は、緑茶として作られた茶を蒸して湿気を与え、それを固めて寝かせ自然のまま放置して、ゆっくりと菌の力で発酵を進めて作られた茶であるが、発汗作用が有るので熱性の感冒に効果が有る。

4) 涼茶

涼茶とは茶葉の銘柄ではなく、身体を冷やす目的の漢方茶やハーブティを指す。中医学において、中国南部に位置する香港や広東省は蒸し暑い気候により体に熱が溜まり易い。体に熱が溜まると消化不良や吹き出物などが增えるので、香港などでは過剰な熱を取り去る目的の“涼茶”が漢方薬店などで売られている。

涼茶には、効能別に多くの種類があり、菊花や金銀花を使った喉に良い“五花茶”、感冒に効く“感冒茶”などがある。

【中国・上海事情①⑥】

上海の果物屋さんの店先に直径 2cm 程の丸くて茶褐色の果実をブドウの房のように付けた果物が売られていた。果肉は、ライチに似た白く果汁の多いゼリー状のもので、中に大きな種



図1 黒茶

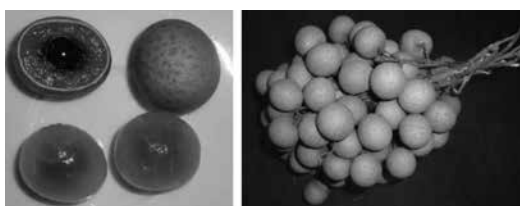


図2 龍眼

がある。この大きな種を龍の眼に例えて、“龍眼”という名がこの果物には付けられている。値段は500gで4～5元（約60円）で売られており、味は非常にジューシーで、甘さの質が良いと言われている。多く食べると鼻血を出すなどとも言われている。

龍眼はムクロジ科ムクロジ属の常緑小高木の果実である。主な生産地は福建省など中国南部やインド、台湾、ラオス、ベトナム、日本では沖縄などの一部地域で生産されている。龍眼の仲間としてランブータンやライチが有名である。

果実の栄養価としては、食物繊維、コリン、ナイアシン、ビタミンB₂、カリウム、などが含まれており、動脈硬化・高血圧・糖尿病の予防、便秘や貧血の改善作用、疲労回復作用、癌予防、などの効果を有する。また、コリン（神経伝達物質の前駆体）を含有する事から、脳の働きを改善させる働きを持つと言われている。最近では、記憶力を高めたり、老人性認知症の改善に役立つのではないかと指摘もされている。果実は生食だけでなく、乾燥したものも広く利用され、乾燥させた龍眼を入れた“佛跳牆”などが有名である。

龍眼は、生薬としても利用されており、果肉を乾燥させたものは竜眼肉または桂円肉と呼ば

れる。竜眼肉は補血、滋養強壮の効果を有し、疲労、不眠、貧血、病後、産後の肥立ち、胃腸改善、に効果を有する。

今回は風邪にまつわる落語として“風の神送り”を紹介する。

上方落語の演目の一つで、安永5（1776）年に大坂で刊行された落語本の“夕涼新話集”の一遍である“風の神”が原話。

上方において桂米朝が得意としていたが、東京では八代目林家正蔵の専売特許。

【風の神送り】

町内でも有名なヤブ医者、新春早々だというのに患者が寄り付かず、食うや食わずで悲鳴をあげていた。ところが、町内に悪い風邪が流行しだしたと聞いて大喜び。これで借金とおさらばできると、同じ境遇のヤブ医者仲間と陽気にお祝いをしていると、外で鉦や太鼓の音が聞こえてくる。

何が始まったかと聞いてみると、町内の悪い風



図3 風の神送り

* 風の神：風邪をはやらせる疫病神。江戸時代、インフルエンザによる死亡率は、コレラや赤痢・ジフテリアに劣らぬ高さだった。そこで、風邪が流行すると、祈禱や魔除けのまじないの他に、この癖のような町内単位の行事が行われた。

* 風の神送り：物乞いを雇って、灰墨を顔に塗って風の神に見立てたり、鬼や人形を作って町中で練り歩き、鉦太鼓でにぎやかに「風の神送れ」と風の神を川に追い払う行事。

邪に対するまじないとして、“風（風邪）の神送り”をしているとの事だ。

鳴り物に合わせて

若者 A:「そーれ、かーぜのかーみ、送れ、ど
んどん送れ」

若者 B:「送れ、送れ、かあぜのかーみ送れ」
という具合に、一人一人順番に送りながら最後
の人間が“風の神”を川に放り込むという趣向
だそうだ。

ヤブ医者:「ええ、いらんことを。無益な殺生だ!」
という事で、覆面をして“風の神送り”に参加
し、邪魔をする事にする。

若者 C:「かーぜのかーみー、送れ」
と言うと、

覆面男:「おなごりィ、おーしい」

と風の神を引き止めてしまった。

町の衆は怒り心頭で、覆面男を引きずり出す。

覆面をむしり取ったらヤブ医者 of 若だんな……。

若者 D:「とんでもねえ野郎だ」

一悶着有って、やっとヤブ医者が改心して、よ
うやく風の神を川の中へ。

ちょうどその時、川で夜網をしている二人が大
物を釣り上げた。

引き上げると人間だったから驚いた。

釣り人:「おい、てめえは何だ」

風の神:「オレは風の神だ」

釣り人:「あア、夜網（弱み）につけ込んだな」

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 中医学の基礎 平馬直樹・兵頭明・路京華・劉公望監訳 東洋学術出版社
- 2) やさしい中医学入門 関口善太著 東洋学術出版社
- 3) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社
- 4) 東洋医学の基本 後藤修司監修 日本実業出版社
- 5) 薬膳と中医学 徳井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 6) 全訳中医診断学 王憶勤主編 たにぐち書店
- 7) 漢方アドバイザー養成講座テキスト 漢方に関する基礎知識編 第二巻
JACDS
- 8) 中国茶譜 宛曉春主編 中国林業出版社
- 9) 中国茶図鑑 工藤佳治、兪向紅著 文藝春秋
- 10) 皇帝内経 養生図典 海豚出版社
- 11) 一天一道養生茶 上海科学普及出版社
- 12) 中国黒茶のすべて 呂毅、郭雯飛、駱少君、坂田完三著 幸書房
- 13) 安化黒茶 伍湘安編著 湖南科学技術出版社
- 14) 普洱茶 劉勤普 著 中国軽工業出版社
- 15) 茶葉生物化学 第3版 宛曉春 主編 中国農業出版社
- 16) 茶馬古道の旅 竹田武史 淡交社
- 17) 風起雲湧 普洱茶 呉徳亮著 西遊記
- 18) 雲南普洱茶 木霽弘、胡皓明、凌文鋒 編著

月刊 ニューフードインダストリー

NEW FOOD INDUSTRY

定期購読の
ご案内

月刊「ニューフードインダストリー」は創刊54年の食品業界誌です。

多くの食品メーカー、技術開発部門、研究機関、全国の大学・大学院などの教育機関、図書館などでご愛読いただいております。食の安全・健康・美に関する情報発信、新しい食品のご案内など広く情報を発信しております。

1年間の定期購読は、一括前払いで、定価の10%割引でご提供させていただいております。

年間購読料：**23,760**円（送料・税込）

お申し込み・お問い合わせは下記 FAX かお電話で

電話：**03-3254-9191** 担当：村松

FAX：03-3256-9559

ニューフードインダストリー年間購読申込用紙

住所 〒

氏名

会社名・所属

電話

FAX

E-mail

<http://www.newfoodindustry.com/>

ニューフードインダストリー 第55巻 第3号

印刷 平成 24 年 2 月 25 日

発行 平成 25 年 3 月 1 日

発行人 宇田 守孝

編集人 村松 右一

発行所 株式会社食品資材研究会

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)

TEL:03-3254-9191(代表)

FAX:03-3256-9559

振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318

三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432

郵便振替口座 00110-6-62663

印刷所 株式会社アイエムアート

定価 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:info@newfoodindustry.com