

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2013 Vol.55 No.11

11

論 説

- 機能性食品粉末の作製と粉末の特質
- 大豆麹乳酸菌発酵液で用いられる植物性乳酸菌2種の紹介
- プーアル茶の保健作用
- 沖縄の伝統大豆発酵食品「とうふよう」もろみのアンジオテンシンI変換酵素阻害活性
- 知っておきたい日本の食文化 その三 日本人の主食、お米の歴史

連 載

- 二枚貝用飼料-6
- “地域密着でキラリと光る企業”
昔ながらのハム製法にこだわる『明宝特産物加工株式会社』
- ベジタリアン栄養学
歴史の潮流と科学的評価 (第2節 ベジタリアン食と慢性疾患予防)
- “薬膳”の知恵 (80)
- 築地市場魚貝辞典 (シログチ)



論 説

- ☐ 機能性食品粉末の作製と粉末の特質
..... 吉井 英文 1
- ☐ 大豆麴乳酸菌発酵液で用いられる植物性乳酸菌 2 種の紹介
..... 中山 雅晴, 前沢 留美子, 腰原 菜水 7
- ☐ プーアル茶の保健作用
..... 芳野 恭士 18
- ☐ 沖縄の伝統大豆発酵食品「とうふよう」もろみの
アンジオテンシン I 変換酵素阻害活性
..... 屋良 瞳, 手島 寛子, 安田 正昭, 橘 信二郎 29
- ☐ 知っておきたい日本の食文化
その三 日本人の主食, お米の歴史
..... 橋本 直樹 34

Contents

2013 年 11 月号

連 載

□ 二枚貝用飼料ー 6

..... 酒本 秀一, 山元 憲一 39

□ “地域密着でキラリと光る企業”

昔ながらのハム製法にこだわる『明宝特産物加工株式会社』

..... 田形 暁作 54

□ ベジタリアン栄養学

(第2節 ベジタリアン食と慢性疾患予防)

..... ジョアン・サバテ (Joan Sabate), 訳: 山路 明俊 62

□ “薬膳”の知恵 (80)

..... 荒 勝俊 73

□ 築地市場魚貝辞典 (シログチ)

..... 山田 和彦 77

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料
コクベース

new発酵調味料
D&M
ディアンドエム

ゼラチン&小麦グルテン
酵素分解調味料
エンザップ

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料
コクベース
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。

DM **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

機能性食品粉末の作製と粉末の特質

吉井 英文 (YOSHII Hidefumi) *

* 香川大学 農学部

Key Words：機能性食品・粉末・噴霧乾燥・商品開発

はじめに

高齢化・少子化社会において、健康な生活を維持していく上で機能性食品の役割は非常に重要となってきた。機能性食品とは、動植物や微生物から機能性成分を分離・精製し、これを通常の食品に配合して、その配合率や配合後の食品形態を適正に設計・作製することにより、生体調節機能をより効率的に発現させる食品と定義されている。機能性食品に含まれる機能性成分は熱、光、酸素などに対して非常に不安定であることが多い。また、機能性成分の体内への吸収を高めるために、機能性成分をナノエマルジョン化した後糖質などを用いて、安定で加工しやすい形に粉末化されることが多い。この機能性食品の粉末化手の約80%強は、噴霧乾燥法が用いられている。噴霧乾燥は液体材料を数十～数百 μm の微小液滴に噴霧し、これを高温の熱風で乾燥して粉末製品とする乾燥法である。乾燥時間は5～30秒であり、他の乾燥法に比較して極めて短い乾燥時間でしかも直接粒粉体製品を得ることができる。このため、液状材料などの粉末化と粉体輸送を兼ねた製造装置として、また最近ではナノ粒子を含有した粉末の作製法として注目を浴びている。本稿では、噴霧乾燥粉末の特質とその特性評価について、賦形剤中の拡散係数を中心に議論する。

1. 粉末化について¹⁻³⁾

典型的な機能性食品粉末は、ドコサヘキサエン酸(DHA)やエイコサペンタエン酸(EPA)のような高度不飽和脂肪酸(Polyunsaturated Fatty Acid)を多く含む魚油のエマルジョンを噴霧乾燥し微細液滴オイルを被覆剤中に含む粉末である。魚油のような脂溶性機能性食品粉末の開発が盛んに実施されているのは、動植物から脂溶性の機能性化合物が多く単離され、その生理活性が検討されているためである。この脂溶性機能性化合物の粉末化操作は、図1に示すように脂溶性の機能性物質を中鎖脂肪酸トリグリセリドオイルに溶解させたオイルまたは機能性脂質オイルを、乳化剤により被覆剤(賦形剤)溶液内で乳化し微細オイル液滴を含有する噴霧乾燥供給液を作製する乳化操作とこの溶液を噴霧乾燥により粉末化する噴霧乾燥操作よりなっている。食品工業では、各種フレーバーや液体脂質などを、マルトデキストリンなどの糖質によって包括した粉末が用いられている。賦形剤としては、各種糖質、ガム質、蛋白質、修飾澱粉、合成高分子など、様々な材料が用いられている。

粉末化の目的・意義は、貯蔵性をあげる、粉

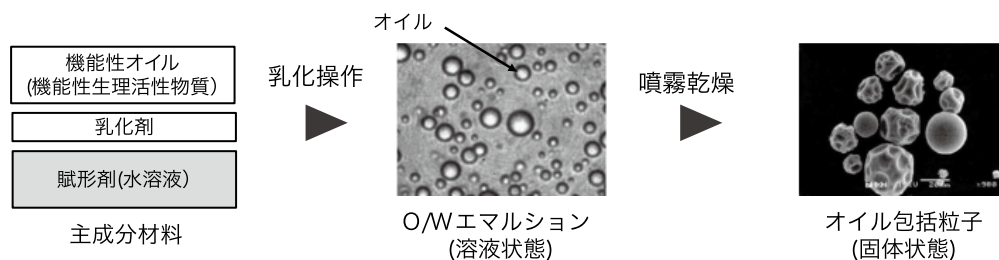
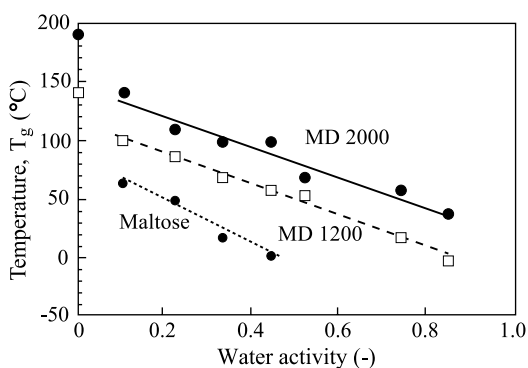


図1 脂溶性生理活性物質の機能性食品粉末作製手法

末（含有物質）の安定化，機能性（徐放性等）の保持3点が挙げられる。粉末化することは，水分活性 a_w を下げる（物質中の水の利用率（Availability）を下げる）ことにより粉末内の物質の反応性，移動性を下げることにある。乾燥より，液体から非結晶質状態への変換が乾燥の主目的のひとつである。粉末化（乾燥）を，物性的観点から言い換えるならば，粉末を形成する物質のガラス転移温度を上げることを意味する。食品粉末（主に糖質）のいくつかの物理的特質は，直接的・間接的に非晶質成分のガラス転移温度と関係している。ガラス転移温度は，温度に対して体積膨張率や比熱容量が急激に変化する温度である。食品のガラス状態は，食品の品質（粉体凝集，粉体表面のべたつき，再結晶化，結晶成長，拡散の制御，酵素反応の制御，コラプスの発生，化学反応の制御，粘弾性の変化，食感の変化など）と非常におおきな関係があり，有用な物性とされている。ガラス転移は，固体，ガラス質，過冷却液体間で生じる非晶質物質の状態転移である。非晶質物質は，非平衡系でありガラス転移を含む多くの変化があり時間依存性特質を持つ。一般的に，ガラス状態での物質移動は分子回転，振動が制限されている。一方，ガラス転移温度以上では並進移動が可能となる。それゆえ，非晶質ガラスでは物質は非常に安定であるが，ガラス転移温度以上では長期保蔵中に安定性が損なわれる。たとえば，非晶質，およびガラス状態のラクトースは非常に安定であるが，ガラス転移温度以上で分

子移動度が非常に大きくなり固体様特質が失われる。粉末化する際の賦形剤（被覆剤）は，賦形剤中の酸素の拡散係数，水分の吸着特性，溶解性，流動性等の物理化学的特性によってきめられる。糖質賦形剤は，噴霧乾燥により非晶質な形態をとる。非晶質状態からラバー状態，結晶状態への変換は，ある温度（ガラス転移温度）以上，または，ある含水率以上で起こる。図2に，分子量の異なるマルトデキストリンとマルトースの水分活性に対するガラス転移温度の関係を示す。非晶質な材料は，水によって可塑化（water soften）され，ガラス質（非晶質）領域温度が下がる。これは，ガラス転移が水，酸素等の拡散速度に影響を及ぼすことを意味する。これらのことから，ガラス転移温度の高い賦形剤が良いと思われる。しかし，糖質材料のマルトデキストリンを例に考えると，分子量の大きなマルトデキストリンの場合溶解性が悪く，噴霧時の

図2 水分活性とマルトデキストリン，マルトースのガラス転移温度の関係⁴⁾

水の拡散係数の点から乾燥しにくい低含水率の粉末ができにくいことが推察される。逆に、分子量の低い水飴のマルトデキストリンの場合、ガラス転移温度が低いために水分の吸湿性が大きいという難点はあるが、乾燥時の皮膜形成速度が非常に速いこと、乾燥速度が速いので、低含水率の粉末を作製しやすいこと、粉末の溶解性が良いことがあげられる。しかし、噴霧乾燥機出口空気温度を下げる必要があるなどの噴霧乾燥条件の選択が難しいという難点もある。賦形剤の選択は、機能性食品粉末を作製する上で非常に重要である。賦形剤の選択法について、きまった法則のようなものはなく、試行錯誤が続いているのが現状である。

粉末化操作の第1ステップの乳化操作は、油滴サイズを小さくし安定なエマルション溶液を作製するという目的がある。乳化操作が、粉末特質に大きく影響するため非常に重要である。油滴径の小さなナノエマルションを作製する手法として機械的エネルギーにより大きな油滴を破断していくトップダウン式と界面活性剤とオイルを分子的に組み合わせて構造を形成させるボトムアップ式の2方法がある。ボトムアップ式乳化手法で用いられる界面活性剤は、ポリグリセロールタイプのものが多く、粉末化に用いるには吸水性が高いために不向きである。そのため、蛋白質カゼイン、加水分解蛋白質、または修飾デンプンを用いて機械的に油滴平均径 500 nm 以下のエマルションを作製するトップダウン式乳化法が、粉末化には用いられている。近年、高压乳化機や機械的乳化機が開発され、溶液の特質と油滴平均径の関係について、検討されている⁵⁾。平均油滴サイズは、フレーバー粉末や機能性油脂粉末の表面オイル

に大きく影響する。

噴霧乾燥によるカプセル化において、乾燥速度をきめる特性は原液の微粒化特性と熱風と噴霧液滴との乾燥器内における接触状態が重要で、その特性に及ぼす因子として噴霧乾燥器のチャンバーの大きさ（横と縦の大きさ）とアトマイザーによる液滴生成が最も重要となる。噴霧液滴サイズは、アトマイザーの種類によりその形が変わる。アトマイザーには、回転円板、加圧ノズル、二流体ノズルの3種類がある。噴霧乾燥後の粉末は、直径5から300 μm の球形状をしている。図3に、噴霧乾燥粉末の形態を示す。噴霧乾燥粉末は、一般的に球形であるが、結晶性の高いものは球形でないものもある。また、粉末が凝集したものや、凸凹のしわが多い粉末、粉末内部が中空や結晶が析出したものといった様々な形態の粉末がある。Woltonら⁶⁾はこの方法で種々の条件における乾燥過程を研究し、乾燥粒子の形状を図3に示すように分類した。初期液滴を高温熱風（この場合は200℃）で乾燥した場合、多くの液滴は滴内部で気泡が発生し、膨張と収縮を繰り返しながら乾燥が終了する。この時乾燥粒子は中空となるが、粒子外形は球形、表面にシワが多い球形、および収縮した中空粒子などが観察されている。これに対して70℃の比較的低温度の熱風を使用した場合は、乾燥収縮して中実粒子とな

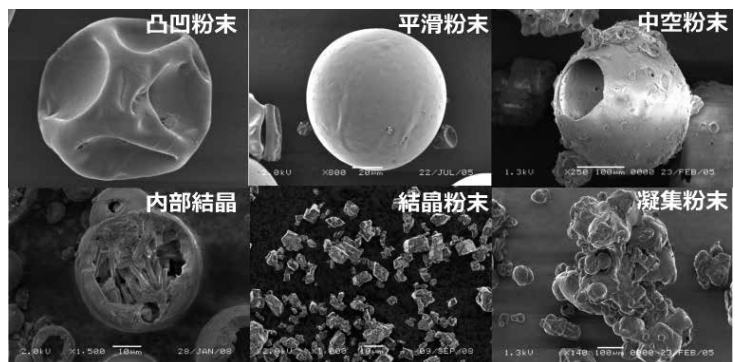


図3 噴霧乾燥粉末の様々な形態

るものが多いが、時として滴内部に気泡が発生し、中空となるものもある。しかしながらこの場合の中空粒子はその殻の厚みが厚く、また膨張による粒子形の増大は少ない。

2. 噴霧乾燥粉末の緩和現象

乳化フレーバー噴霧乾燥粉末中の物理的現象を、表1にまとめた。表に示すように、噴霧乾燥粉末は貯蔵中に賦形剤の相変化、フレーバーの移動、酸化、賦形剤中の酸素移動、水分の移動といった時間的に変化する諸現象がある。噴霧乾燥によってマイクロカプセル化された食品成分やフレーバーの徐放特性は、食品加工中の温度や湿度の環境変化によって変化する。また、カプセル粉末の保存中の吸湿によって、賦形剤として用いられている各種糖質の構造変化（アモルファス状態からラバー状態、結晶状態への変化）が起こり、徐放速度や酸化反応が増進される。機能性脂質の酸化等の現象も、フレーバー粉末と同様に扱える。緩和現象としての粉末の吸湿過程を表す式として、次のCrankの式(1)⁷⁾とWeibull⁸⁾の式(2)の2式が一般的に知られている。これらの式は、粉末表面は雰囲気と平

衡にあり、粉末外部の物質移動抵抗はないものとして提案された式である。

$$W_t/W_\infty = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{6}{\pi^2 n^2} \exp(-(n^2 \pi^2 D t)/r^2) \quad (1)$$

ここで、 W_t は、時間 t における粉末の乾量基準吸水割合 (wt%db)、 W_∞ は乾量基準平衡吸水 (wt%db) 率、 t は吸水時間 (s)、 r は粉末の半径 (m)、 D は粉末内の水の有効拡散係数 (m^2/s) である。Weibullの式（結晶変換を取り扱う場合はAvramiの式と呼ばれている）は、KWW式⁹⁾（Kohlausch-Williams-Watts式）と同一である。

$$(w_t - w_0)/(w_\infty - w_0) = 1 - \exp(-(t/\alpha)^n) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{r^2}{D} \quad (3)$$

ここで α は緩和時間 (s) と呼ばれる減衰定数であり、分子運動性の指標、 r は粉末の半径 (m) である。 β はフィッティングパラメータで、緩和時間の分布を表すと考えられている。

一般的である。この2つの式、水の拡散係数は含水率に依存しないとして求められている。湿度が高い条件やガラス転移温度以上での相関は難しいと考えられている。逆に乾燥時の水分重量変化については、Yamamotoら¹⁰⁾の乾燥実験で求めた重量変化曲線を無次元時間

$$\tau = \left(\frac{A_t}{W_s}\right)^2 t$$

で相関し、Regular regimeの方法で含水率に依存した拡散係数を得る方法を提案している。 A_t は有効乾燥面積、 W_s は乾燥固体重量である。この方法も乾量基準で0.1 wt%db以下の拡散係数の推定は難しい。水の糖質内固体中での拡散係数は、 $10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ ($3.9\% < W^{\text{db}} < 10.9\%$)¹¹⁾のオーダーである。

Einstein-Stokesの次式を用いて、カプセル物質内の溶質の拡散係数が推測できる。

$$D_{\text{trans}} = kT / 6\pi\eta c \quad (4)$$

ここで、 D_{trans} は、溶質の並進拡散係数、 k はボ

表1 噴霧乾燥粉末の緩和現象*

- 1) 乾燥中の液滴からの水、フレーバーの移動
糖質や蛋白質溶液中の水やフレーバーの拡散挙動
- 2) 乾燥中の被膜形成挙動
選択拡散理論
- 3) 乾燥後の糖質賦形剤の非晶質性
糖質や脂質等の結晶形成速度
- 4) 貯蔵中の粉末からのフレーバー徐放挙動
- 5) 貯蔵中の賦形剤の結晶生成（相変化）
- 6) 貯蔵中の粉末吸湿挙動
など

*緩和現象とは、外的条件の変化に対して系の状態が新しい外的条件の下での平衡状態に達するまでには遅れが存在する。このような遅れの存在する現象を緩和現象という。乾燥では、時間とともに液滴の糖質濃度が水の揮散により上昇し、水の拡散速度が変化する。同様に、貯蔵中の粉末の吸湿速度に依存して、粉末内の水やフレーバーの拡散速度は変化する。

ルツマン定数 (1.38×10^{-23} J/K), T は絶対温度 (K), η_c は賦形剤の粘度 (Pa.s), r は溶質の分子半径である。Champion ら¹²⁾ は, fluorescein の Sucrose 溶液中の拡散係数を Stokes-Einstein の式で推算した。ここで, 粘度は以下の式 WLF 式 (Williams-Landel-Ferry 式で関連したものを使用した。

$$\log(\eta_T / \eta_{Tg}) = -C_{1g}(T - T_g) / (C_{2g} + (T - T_g)) \quad (5)$$

ここで, η_T は溶液粘度, η_{Tg} はガラス転移温度における粘度, T は絶対温度, T_g はガラス転移温度, C_{1g} , C_{2g} はパラメーターである。 $\eta_{Tg} = 1.6 \times 10^{12}$ Pa.s, $C_{1g} = 19.8$, $C_{2g} = 51.6$ K である。Sucrose 中の fluorescein は, 試料温度がガラス転移温度である $T = T_g$ のとき D は 10^{-25} m²/s と推算された。ガラス転移温度近傍では, 非常に拡散係数が小さいことがわかる。拡散係数の含水率 (ガラス転移温度) への依存性が非常に大きく, 低い含水率が粉末作製で要求されるのは粉末内物質移動を制限するためである。平均値のガーニー・ルーリー線図を用いて, 球からの徐放拡散過程と同じとして無次元濃度 0.01 になる無次元時間 $\tau = Dt/R^2$ を求めると約 0.4 である。粉末径が 100 μ m では, 拡散係数が 10^{-17} m²/s の場合無次元時間 0.4 となる時

間が 1157 日であるが, 拡散係数が 10^{-15} の場合 12 日となり賦形剤による酸素の拡散阻止の役割が小さいことがわかる。また, 粉末径が 2 乗できいてくることから, 粉末径が 10 倍大きくなると 100 倍時間が大きくなるので, 粉末径が大きく中空がないほうが良いと推察できる。ここでは, 賦形剤の役割についてのみ議論したが, 脂溶性機能性物質を含む油滴を分散した噴霧乾燥粉末の場合, 油滴径, 油滴の分散度, 油滴量, 油滴内の機能性物質の酸化速度機構等粉末作製にかかわる検討事項は非常に多い。

Yoshii ら¹³⁾ は, 噴霧乾燥粉末からの酪酸エチルの徐放挙動を, 次式の Avrami の式 (Weibull 式) を用いて関連した。

$$R = \exp(-(kt)^n) \quad (6)$$

ここで, R はフレーバー残留率 (粉末の初期フレーバー含有量で, 徐放後のフレーバー含有量をわった値) である。 k は, 徐放速度定数, t は時間である。

フレーバー徐放挙動を, 非常に良好に相関でき, SSPS のように吸湿性の高い粉末の場合 1 より大きな n で相関できた。GA を含む賦形剤の場合 n は約 0.5 で拡散律速のフレーバー徐放であることがわかる。このアブラミ式を用いて

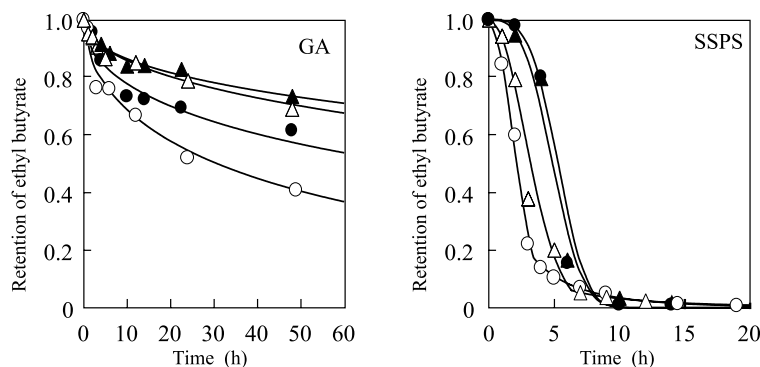


図5 酪酸エチルの噴霧乾燥粉末からの徐放挙動 (温度 50°C, 湿度 75%)¹³⁾

○●, MD conc. = 20% (w/w) ; △▲, 30% (w/w) . GA or SSPS concentration = 10% (w/w) . 黒く塗り潰したキは, ゼラチンを 1% 添加した系である。実線は, Avrami 式による相関である。

噴霧乾燥粉末からのリモネン徐放速度定数の湿度依存性（ガラス転移温度依存性）をみた結果、ガラス転移温度付近までは徐放速度定数は増加したが、ガラス転移温度より温度が増加すると噴霧乾燥粉末の吸湿のために粉末のコラップス現象（粉末の凝集）のためフレーバー徐放速度は低下した。この徐放速度定数と賦形剤中のフレーバー拡散係数について検討していく必要がある。フレーバーの定量は水の移動速度測定に比較して容易であるため、噴霧乾燥粉末の物質移動挙動を観察する手法として、フレーバー徐放挙動を測定する方法は良い方法である。

おわりに

噴霧乾燥法を用いた機能性物質の粉末化において、賦形剤は非常に重要である。粉末化後のフレーバーや酸素の拡散係数は粉末の含水率（ガラス転移温度）に大きく依存する。賦形剤は、粉末化後の溶解性や流動性を考慮する必要がある、また、乳化剤や他の添加材との相互作用を考える必要がある、拡散係数のみで議論することはできない。しかし、噴霧乾燥粉末の含水率をできるだけ小さく3%以下にするのが、機能性物質の安定性の点から望ましいと考えられる。粉末内の油滴分布や機能性脂質の安定性評価手法について、現在検討中である。

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

- 1) Ubbink, J. and Krüger, J. . Physical approaches for the delivery of active ingredients in foods. *Trends in Food Science & Technology*, **17**, 244–254, 2006.
- 2) Rish, S. J. and Reineccius, G. A., “Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients” , ACS Symposium Series No.590, Washington, DC, 1995.
- 3) 古田 武, 村勢 則郎, 安達 修二, 辻本 進, 中村 哲也 編, 「食品の高機能粉末・カプセル化技術」, (株)サイエンスフォーラム, 2003.
- 4) Kare, M., and Lund, D.B., *Physical Principles of Food Preservation*, CRC Press, page237, 2003.
- 5) 住友 尚志, 福富 純一郎, 重光 亨, 吉村 圭央, ホモジナイザーのバルブ形状と乳化作用, 日本食品工学会誌, **10**, 215-222, 2009.
- 6) Walton, D.E. and Mumford, C.J., Spray dried products-characterisation of particle morphology. *Trans. IChemE*, **77**, Part A, 21-38, 1999.
- 7) Crank, J. The mathematics of diffusion, 2nd Edition, Clarendon Press, Oxford, London, Chapter, 1,4, 10. 1975.
- 8) Christensen, F.N., Hansen, F.Y., and Bechgaard, H., Physical interpretation of parameters in the Rosin–Rammler–Sperling–Weibull distribution for drug release from controlled release dosage forms. *J. Pharm. Pharmacol.* **32**, 580–582, 1980.
- 9) Williams, G, and Watts, D.C. Non-symmetrical dielectric relaxation behavior arising from a simple empirical decay function, *Transactions of the Faraday Society*, **66**, 80-85, 1970.
- 10) 山本 修一, 液状食品乾燥における水分拡散機構と酵素失活機構の解析, 日本食品工学会誌, **7**, 215-224, 2006.
Yamamoto, S. Effects of glycerol on the drying of gelatin and sugar solutions. *Drying technology*, **17** (7–8), pp. 1681–1695, 1999.
- 11) Gianfrancesco, A., Vuataz, G., Mesnier, X., and Meunier, V. New methods to assess water diffusion in amorphous matrices during storage and drying. *Food Chemistry*, **132**, 1664–1670, 2012.
- 12) Champion D, Hervet H, Blond G, Le Meste M, Simatos D.. Translational diffusion in sucrose solutions in the vicinity of their glass transition temperature. *J Phys Chem B* **101**:10674-10679, 1997.
- 13) Yoshii, H., Soottitawata, A., Liua, X.D., Atarashia, T., Furuta, T., , Shizuo Aishima, S., Ohgawara, M., Linko, P., Flavor release from spray-dried maltodextrin/ gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **2**, 55–61, 2001.
- 14) Yamamoto, S. A short-cut method for determining concentration dependent diffusivity in liquid foods and polymer solutions from regular regime drying curves., *Drying Technology*, **19**, 1479-1490, 2001.

大豆麴乳酸菌発酵液で用いられる 植物性乳酸菌 2 種の紹介

中山 雅晴 (NAKAYAMA Masaharu)* 前沢 留美子 (MAEZAWA Rumiko)* 腰原 菜水 (KOSHIHARA Nami)*

* 株式会社喜源バイオジェニックス研究所 テクノさき研究室

Key Words：大豆麴乳酸菌発酵液・植物性乳酸菌・バイオジェニックス・降圧作用・RA 系・NK 細胞

はじめに

大豆麴乳酸菌発酵液は、液体大豆麴、黒糖、米糠エキス、炭酸カルシウムより成る培地に 6 種類の植物性乳酸菌^{注1)}と 1 種類の酵母を共生培養して作製する発酵系の健康食品基材であり、その詳しい製法に関しては、以前、本誌上にて詳細に報告した¹⁾。大豆麴乳酸菌発酵液の新規性の一つとして、液体大豆麴の使用が挙げられる。大豆麴乳酸菌発酵液に於ける液体大豆麴の使用に関しては平成 23 年に特許に至り²⁾、液体大豆麴が有する強力な抗酸化機能に関しては、これも以前、本誌上にて二度にわたり報告した^{3,4)}。その後、大豆麴乳酸菌発酵液で用いられる 6 種類の乳酸菌のうち、抗高血圧作用を有する *Leuconostoc mesenteroides* KN34 並びに免疫賦活作用を有する *Lactobacillus curvatus* KN40 の 2 種に関して平成 23 年と 25 年にそれぞれ特許に至ったので、本稿でこれらの乳酸菌に就いて紹介したい^{5,6)}。

1. 菌株の分離と同定

町のスーパーで売られている各種野菜漬けを

購入し、裁断後、滅菌蒸留水を適量加え、ホモジナイザーで攪拌～乳化して、分離用試料とした。平行して、弊社研究室に糠床を 3 床用意し、各種野菜を漬け込んだ後、定期的に試料採取を行って、分離用試料とした。分離は岡田等の方法に従った⁷⁾。GYP 寒天培地に上記ホモジネートを少量接種し、30℃で 48 時間培養後、培地上に生じた透明環の発現を指標に乳酸菌と思われる集落を釣菌。同培地にて 1 回継代後、生じた単集落を釣菌し、これを 10 ml の MRS 液体培地 (Difco) に接種。同培地で 2 回継代後、遠心操作によって菌体を回収し、新鮮 MRS 液体培地に再懸濁～バイアルに分注後、-80℃の冷凍庫に保存した。保存菌株は数百株に及んだ。これらを解凍し、MRS 液体培地で 30℃ 24 時間培養後、生態学的～生化学的検査を行った。具体的には、通性嫌気性、グラム染色陽性、運動性 (－)、カタラーゼの産生 (－) を指標として、乳酸菌と見なされる菌を選抜した。引き続き糖分解試験 (API 50CH, 日本ビオメリュー) を行い、菌種レベルのおおよその同定を行った。この時点で、乳酸菌と見なされた株は 130 株前後に限定された^{注2)}。これらに対し

注1) 特許公報に於いては「植物系乳酸菌」の名称を用いているが、本稿では「植物性乳酸菌」に統一した。

て試験管レベルでの一次試験を行い、高い成績を示した株を選抜した。選抜した株に対してさらに各種の動物実験を行い、一次試験との整合性を確認した。その後、これらの選抜菌株に対して 16S rRNA レベルでの標準株に対する相同試験を行い（テクノスルガラボ）、その結果に基づいて最終的な同定を下した。その結果、強い抗高血圧作用を有する株として *Leuconostoc mesenteroides* KN34 が、強い免疫賦活作用を有する株として *Lactobacillus curvatus* KN40 が同定された。

2. 抗高血圧作用を有する *Leuconostoc mesenteroides* KN34

2-1. レニン - アンジオテンシン系による血圧調節

生体の血圧調節には、レニン - アンジオテンシン系、自律神経系、ナトリウム利尿ペプチド系その他の複数のメカニズムが相互に関連し、これらが整合的に働く事によって適切な血圧の維持が図られる。中でもレニン - アンジオテンシン系による血圧調節は重要で、高血圧症の治療に於いては、この経路を阻害する事によって血圧上昇を抑えるタイプの薬剤が多く用いられる。レニン - アンジオテンシン系による血圧調節の機序は図 1 に示す通りであるが、概説すると、腎臓で作られたレニンが肝臓から分泌されるアンジオテンシノーゲンをアンジオテンシン I に転換する。アンジオテンシン I はさらに肺臓血管内でアンジオテンシン I 転換酵素 (angiotensin converting enzyme, ACE) によってアンジオテンシン II に転換され、これがアンジオテンシン II AT1 受容体に結合する事によって血管平滑筋の縮小を促して血管を収縮させ、

血圧上昇をもたらす⁸⁾。

レニン - アンジオテンシン系に作用を及ぼして血圧上昇を抑制するタイプの薬剤には、ACE の活性を阻害する事によって効果を発揮する ACE 阻害薬と、アンジオテンシン II の受容体への結合を阻害する事で血圧上昇を抑制するアンジオテンシン II 受容体拮抗薬の二種類が存在する。ACE の基質であるアンジオテンシン I はアミノ酸が 10 個連なったペプチドであり、ペプチダーゼである ACE はアンジオテンシン I のヒスチジン - ロイシン末端を切断する事によって、これをアンジオテンシン II に変える。この様な切断メカニズムから、ACE の効果部位に接合して切断効果を消失～減弱するタイプの薬剤が開発された。カプトプリルに代表されるこれらの ACE 阻害薬は、その多くが低分子ペプチドであり、高血圧症治療の第一選択薬として現在広く用いられている。ACE 阻害薬の多くが低分子ペプチドである事から、食品中の低分子ペプチドにも ACE 阻害による血圧上昇を抑制する効果が期待され、精力的な研究

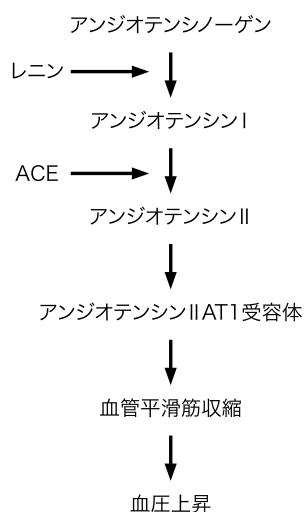


図 1 レニン - アンジオテンシン血圧調節系の概略

注 2) 本誌に於いて以前報告した数と特許公報上の数が一致しないが、同定不確実な乳酸菌株の存在によるもの。本稿では、「およそ 130 株」とした。

開発が成されてきた。その結果、本邦に於いてはこれまでに、動物性乳酸菌による発酵乳や、魚類タンパクを酵素処理して低分子ペプチドに分解したもの等、抗高血圧作用を謳った数種類の健康食品が市場に流通する。*Lactobacillus helveticus* CP790 株のタンパク分解酵素によって牛乳カゼインが分解され、数種の ACE 阻害ペプチドを産すると言う山本等の報告⁹⁾ にヒントを得、我々は、分離した 130 前後の植物性乳酸菌株による培養液が ACE 阻害活性を有するか、試験を行った。

2-2. ACE 阻害活性試験

試験方法は成書に従った^{10,11)}。大豆麹乳酸菌発酵液の培地¹⁾に各菌株と酵母 *Saccharomyces cerevisiae* AHU3035 を接種し、30℃ 72 時間共生培養した。培養終了後、上清を採取し、沸騰水中で 5 分間加熱して培養液由来酵素を失活させ、試料とした。HHL (Hippuryl-His-Lei, 和光純薬工業) を 2.15 mg/ml に 0.1 M ホウ酸ナトリウム緩衝液に溶解し、これの 100 μ l を 1.5 ml 容チューブに加えた。25 μ l の同緩衝液をこれに加えた後、5 M の塩化ナトリウム溶液を 10 μ l、乳酸菌試料を 35 μ l、牛肺由来 ACE (和光純薬工業) を 5 mU 加え、37℃ で 1 時間攪拌しつつ反応させた。その後、0.5N 塩酸を 100 μ l 加えて反応を停止させた後、酢酸エチルを 1 ml 加えて 1 分間攪拌。2000 rpm で 10 分間遠心して酢酸エチル層と下層とに分離後、酢酸エチル層から 800 μ l 採取し、別途試験管内で乾固した。これに 1 M 塩化ナトリウム溶液を 1 ml 加え、攪拌後、15 分間室温で放置。その後、石英セルに移送し、1 M 塩化ナトリウム溶液を 1 ml 混じて、分光光度計で吸光度を測定した (228 nm)。値を以下の式に適用し、阻害活性とした。

$$\text{ACE 阻害活性 (\%)} = \{ (C-S) \div (C-B) \} \times 100$$

C: 試料の代わりに 0.1M ホウ酸ナトリウム緩衝液を加えたセルの吸光度

S: 試料由来のセルの吸光度

B: 0.5N 塩酸をあらかじめ試料に加え、無反応としたセルの吸光度

試験は triplicate で行った。試験の結果、API 50CH の結果に基づいて *Leuconostoc mesenteroides* と同定された菌株の多くに、高い ACE 阻害活性が認められた (not shown)。

2-3. 自然高血圧症発症ラットを用いた血圧上昇抑制試験

試験管的に高い ACE 阻害活性を示した *L.mesenteroides* 株のうち、最も高い値を示した 1 株 (*L.mesenteroides* KN34) を選び、これの大豆麹乳酸菌発酵液上清が実際に生体の血圧低下作用を示すかどうか、自然高血圧症発症ラットである SHR ラット / イズモ (日本 SLC) を用いて調べた。方法は成書に従った^{10,11)}。血圧測定には非観血式自動血圧計 (ソフトロン) を用い、最高血圧と最低血圧を測定した。SHR ラットは 10 週齢の雄を購入後、1 ~ 2 週間の馴化期間を設けて血圧測定法に慣らし、その後 12 ~ 13 週齢に達した時点で本番の試験を行った。1 群 5 匹とし、試料は胃ゾンデを用いての単回投与とした。

初めに、1 回の投与量を決定する試験を行った。試料は *L.mesenteroides* KN34 と酵母の大豆麹乳酸菌共生培養液の上清を用い、ラット体重 300 g 当たり 5 ml 与えた。試験群は、試料 5 ml 投与群、これの蒸留水による 1/2 希釈と 1/4 希釈の、計 3 群設けた。陽性対照としてカプトプリルの 10 mg/kg/ 蒸留水群を、陰性対象として蒸留水投与群を設けた。試験群、対照群のいずれも、5 ml/300 g 投与した。投与 0, 1, 4, 8, 24 時間後^{注3)}に各群 3 回 / 匹測定し、平均値 ±

注3) 特許公報の記載である 0, 4, 8, 12, 24 時間を訂正する。

標準偏差として表した (図2)。結果は、カプトプリルによる血圧減少は投与1時間後に顕著であったが、試験群に於いては、全ての群で投

与8時間後に最大の減少値を示した。試験群に於いては、最高最低血圧共に、血圧低下の程度は各濃度間で明白な違いは見られなかった。具

体的には、最高血圧の降圧差として、試料 1/1 群で 23.25 mmHg, 1/2 群で 22.34 mmHg, 1/4 群で 24.75 mmHg であった。一方で、ラット個体間のバラツキの程度に各群間で大きな違いが見られ、1/1 群で最高～最低血圧共にバラツキが最小であった (not shown)。以上の結果から、培養上清を希釈せずにそのまま 5 ml/300 g 投与する事に決定した。

ACE 阻害活性試験で最も高い成績を示した *L.mesenteroides* KN34 に加え、低い成績を示した *Lactobacillus curvatus* KN17 と *Lactobacillus sakei* KK1082^{注4)} の大豆麹乳酸菌発酵液上清を用意し (両者共に酵母と共生培養)、比較した。

対象として、蒸留水群、10 mg/kg/ 蒸留水カプトプリル群に加え、大豆麹乳酸菌発酵液の培地上清を用意し、それぞれ 5 ml/300 g に投与。8 時間後の最高最低血圧を測定して、投与前との降圧差を比較した。実験は 2 回行った (図3)。*L.mesenteroides* KN34 の培養上清は、蒸留水群に対して有意な

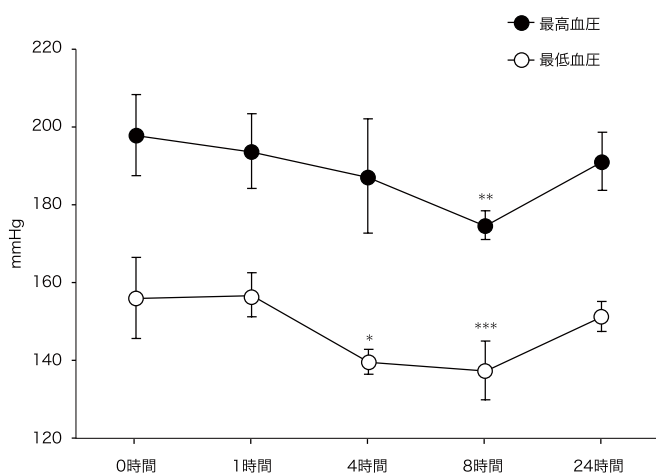


図2 *Leuconostoc mesenteroides* KN34 と酵母との共生培養による大豆麹乳酸菌発酵液上清の SHR ラットに対する降圧作用 (1/1 試料 5ml/300g 単回投与による日内変動)

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ 対 0 時間 (ANOVA, Tukey HSD)

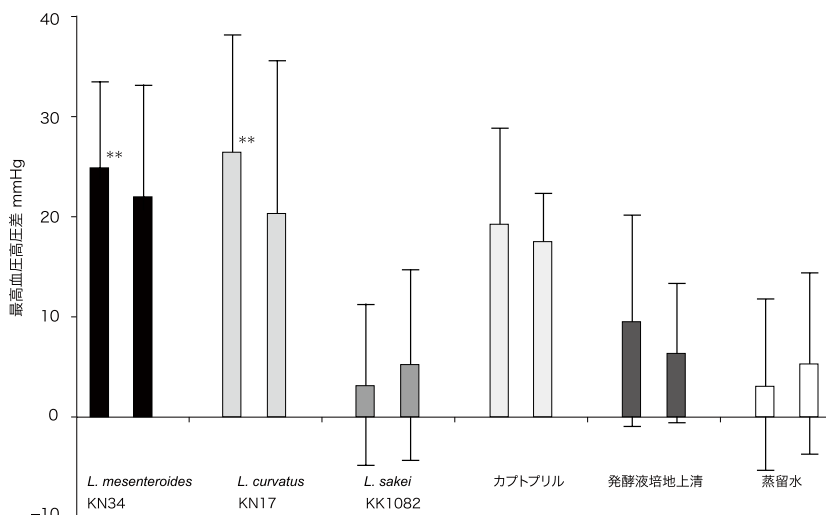


図3 各乳酸菌培養液の SHR ラットに対する最高血圧降圧差 (0 時間と 8 時間の差)

** $p<0.01$ 対蒸留水 (ANOVA, Tukey HSD)

注4) 特許公報に於いては、それぞれ *Lactococcus lactis* KN17, *Lactobacillus fermentum* KK1082 と記載されているが、その後の詳細な同定により、それぞれ *Lactobacillus curvatus* KN17 並びに *Lactobacillus sakei* KK1082 に訂正する。

降圧差を示した ($p<0.01$)。 *L.sakei* KK1082 の培養上清は、全く降圧作用を示さなかった。一方で、ACE 阻害活性を示さなかった *L.curvatus* KN17 の培養上清は、ラットを用いた実験に於いては、 *L.mesenteroides* KN34 と同等の降圧作用を示した。以上の結果から、 *L.mesenteroides* KN34 の大豆麹乳酸菌発酵液には顕著な降圧作用が認められ、その本体は ACE 阻害活性を有する何らかのペプチドの可能性が示唆された。一方で、 *L.curvatus* KN17 の大豆麹乳酸菌発酵液上清は殆ど ACE 阻害活性を示さなかったにも関わらず、ラットを用いた実験に於いては *L.mesenteroides* KN34 と同等の降圧作用を示したことから、 *L.curvatus* KN17 の降圧作用は ACE 阻害以外の経路による可能性が示唆された。

3. 免疫賦活作用を有する *Lactobacillus curvatus* KN40

3-1. Th1/Th2 バランス説と Th17/Treg バランス説

生体の免疫系は免疫細胞間のバランスの上に恒常性が保たれており、そのバランスの破綻により様々な疾病が誘発されると考えられる。免疫細胞間のバランスを維持する機構は極めて複雑であり、安易な簡略化は困難であるが、敢えてこれを概説してみたい。免疫系の基本的な役割は細菌やウイルス等の病原性外来因子から生体を守る事であり、これを作用面から大別すると、細胞性免疫と液性免疫とに分けることが出来る。細胞性免疫は免疫細胞が直接的に外敵に接触してこれを攻撃するタイプの免疫反応であり、液性免疫は外敵に対して抗体等の液成因子を産生し、これによって攻撃するタイプの反応である。細胞性免疫は外敵に対する攻撃に留まらず、外来因子に感染した自らの細胞や、或いは自身に生じた外敵であると見なされるガン細胞を排除する役割も果たす。それぞれの反応に

於ける効果細胞としては、B 細胞や NK 細胞、CTL 等があるが、これらの反応を制御する細胞としては、細胞性免疫に於いては Th1 細胞が、液性免疫に於いては Th2 細胞が存在し、両者共にそれぞれの免疫応答を制御する一連のインターロイキン (IL) の産生パターンにより識別される。細胞性免疫に於いては、NK 細胞や CTL を活性化する IFN γ や NK 細胞を活性化する IL12 等によって特徴付けられ、液性免疫に於いては、B 細胞を活性化する IL4 等の産生が特徴である。両者の関係は、Th1 細胞の活動が活発になると Th2 細胞が抑制される一方で、Th2 細胞の活発化は Th1 細胞の抑制に繋がると言う相対的抑制関係にある。その為、従来より、両者のバランスの維持そのものが免疫系全体のバランスを意味するものである、と見なされてきた¹²⁾。

近年、Th1/Th2 バランスでは説明出来ない現象も数多く指摘される様になり、Th1/Th2 バランスによる説明に加え、IL17 産生を特徴とする Th17 細胞と、TGF β 産生を特徴とする Treg 細胞の関係の重要性が唱えられる様になってきた。概説すると、外敵侵入に対する防御機構としては、これまでの Th1 や Th2 に加えて Th17 細胞の役割が重要視される様になり、同時に、これらの防御細胞の働きによって過剰となった局所の炎症反応を抑制する細胞群の役割もまた重要視される様になってきた。この抑制系の細胞の一大団が、Treg 細胞である。Th17 細胞と Treg 細胞の関係は、Th1 細胞と Th2 細胞と同じく、一方の活性化が他方の抑制を生じると言う双方向の抑止関係にある。従って、Th1/Th2 と同様に、Th17/Treg の相対的関係が重要となる為、現在では「免疫系のバランス」と言う概念の細胞レベルでの説明に於いては、従来唱えられてきた Th1/Th2 バランスに加えてこれら Th17/Treg バランスをも考慮に入れる必要があり、免疫を語る際の複雑さが一層加速してい

る感がある¹³⁾。

3-2. マウス単球由来培養細胞株 J774A-1 を用いた IL-12 産生誘導試験

我々は、従来の Th1/Th2 バランスの概念に従って、細胞性免疫を活性化する可能性を持つ乳酸菌の選別を試みた。Th1/Th2 バランス説によれば、Th1 細胞優位の状況に於いては細胞性免疫による外敵への防御効果のみならず自身のガン細胞に対する抑制効果が強化される反面、これが強くなりすぎると自己免疫疾患増加の可能性が考えられる一方で、Th2 細胞優位の状況に於いては、液性免疫による外敵への防御効果が増大する傍ら、花粉症やアトピー性皮膚炎等に代表される I 型アレルギー増加の可能性が考えられる、とされる。また、両者は相互抑制的な関係にある為、Th2 細胞優位の状況ではガン細胞に対する防御効果が抑制される可能性があるとの説明も成され、これを裏付ける報告も存在する^{14,15)}。

Strachan が 1989 年に唱えた衛生仮説によると、日本を含む先進諸国の近年の衛生環境の改善は Th2 細胞優位の状況を生み出している、との事である¹⁶⁻¹⁸⁾。例えば、幼少期から家畜に慣れ親しむ環境で育った子供は、この間に牛馬の糞中に含まれる細菌類に暴露される結果、アトピー等の罹患率が有意に減少するとの報告がある¹⁹⁾。これが正しいとするならば、幼少期に於ける適度な細菌類の刺激により、その後の Th2 優位の状況を改善し、よりバランス平衡した状況へと導く事が出来る可能性を示すものと思われる。近年の我が国のアトピー患者や花粉症患者数の増加の原因としては、杉花粉やダニ等の直接的原因物質の過剰が主たる要因であるのは間違いの無い所であるが、一方で、上記で述べた様な幼少期に於ける衛生環境の過度の改善に一因を求める事も概ね支持されると考える。従って、細菌類の意図的な摂取により Th2 優位の状況を Th1 方向へ導く事が可能である

ならば、Th1/Th2 バランス説に基づく限りに於いて、結果的にガン細胞に対する抑制効果の増強を期待する事が可能と成る。

IL12 は、LPS 等に代表される細菌菌体由来成分等の刺激によって、マクロファージや樹状細胞から分泌される Th1 細胞系のサイトカインである。マクロファージや樹状細胞から分泌された IL12 は、その後、NK 細胞や Th1 細胞を活性化し、活性化した Th1 細胞は IFN γ を分泌する。Th1 細胞による IFN γ 分泌によって一連の細胞性免疫が発動し、効果細胞である NK 細胞や CTL が活性化して、最終的にアポトーシスによる死をガン細胞にもたらす、と説明される¹³⁾。これに基づき、菌株検索の第一段階として、マクロファージの IL12 産生増加をもたらし乳酸菌菌株の探索を行った。

-80℃で冷凍保存していた乳酸菌株およそ 130 種を解凍し、10 ml の MRS 液体培地に接種した。30℃ 18 ~ 24 時間培養後、115℃ 20 分で高压加熱滅菌処理を施した。3,500 rpm で遠心して死菌体を回収後、PBS で 2 回洗浄。10% FBS (牛胎児血清) 加 RPMI1640 培地 (日水製薬) に最終濁度 0.008 に希釈した (650 nm)。試料としては分離乳酸菌株の他に、乳酸菌標準株、ビフィズス菌標準株、その他グラム陰性菌標準株等を加え、さらに大腸菌由来 LPS とコンカナバリン A を対象として用いた。

マクロファージとしては、BALB/C マウス単球由来 J774A-1 株を用いた (東北大学加齢医学研究所)。J774A-1 株は 10% FBS 加 RPMI1640 培地に懸濁し、5% CO₂ 炭酸ガス孵卵器内で 37℃ 48 時間培養後、96well マイクロプレートに 5 × 10⁴ 個 /well に加えた。各 well に 100 μ l ずつ死菌体懸濁試料を添加し、5% CO₂ 炭酸ガス孵卵器に設置して、24 時間培養した (triplicate)。培養終了後、各 well の IL12 量を、抗 IL12 抗体 ELISA プレート (Genzyme) を用いて測定した。ELISA リーダーで吸光度を測定し (450

nm), 結果を標準 IL12 量 (pg/ml) として表した。実験は 2 回繰り返し, 高 IL12 産生刺激効果を有する株として, *Lactobacillus curvatus* KN40 を選抜した (not shown)。

3-3. C57BL/6N マウスを用いた NK 細胞活性化試験

マクロファージより分泌された IL12 は, その後 NK 細胞に働きかけ, これを活性化する。活性化 NK 細胞は細胞性免疫の効果細胞として働き, 非自己と認識された細胞に対して一連の攻撃を行う。攻撃された細胞はアポトーシスと呼ばれる自死行動によって死滅する。従って, ガン細胞が NK 細胞によって非自己であると認識される限りに於いて, NK 細胞の活性化はガン細胞の抑制に働くと思なされる。マウス単球由来 J774A-1 株に対して高い IL12 産生刺激を有する結果が得られた *L. curvatus* KN40 死菌体の経口投与が, 実際に生体の NK 細胞を活性化することが出来るか, マウスを用いて調べた。

L. curvatus KN40 加熱死菌体をマウス用餌 (粉体 MF, オリエンタル酵母工業) に混ぜ, ビスケット状にしたものを試料とした。試料は, 0, 0.0025, 0.005, 0.01, 0.02% の 5 種類用意した (重量%)。マウスは C57BL/6N マウスの雄を購入し (日本チャールズリバー), 飼化後, 上記試料を 3 週間与えた。各群 8 匹ずつをもって 1 群とし, 8 週齢時にジエチルエーテル下にて屠殺して, 実験に供した。試験方法は成書に従った²⁰⁾。効果細胞には以下の手順で調整したマウス脾臓細胞を用い, 標的細胞には A/Sn マウス T 細胞リンパ腫由来の YAC-1 細胞を用いた (東北大学加齢医学研究所)。屠殺マウスの脾臓から細胞を分離し, これを 15 ml プラスチック試験管に 1 匹毎に集めて 1,200 rpm で 5 分遠心後, 上清を廃棄。沈査に 0.83% の塩化アンモニウム溶液を数 ml 加えて十分に攪拌し, 赤血球を溶血した。PBS で 3 回洗浄後, 10% FBS 加 RPMI1640 培地 10 ml に懸濁し, これを 25 cm²

の平底プラスチックフラスコに播種。フラスコを 5% CO₂ 孵卵器内に設置し, 37℃ 30 分放置してフラスコ底面に付着細胞を付着させた後に培養液中の浮遊細胞を回収して, これを効果細胞とした。YAC-1 細胞は -80℃ で冷凍保存中のものを解凍し, PBS で 3 回洗浄後, 10% FBS 加 RPMI1640 培地に接種。5% CO₂ 孵卵器内で培養後, 対数増殖期にあるものを回収し, 10% FBS 加 RPMI1640 培地に 4×10^5 /ml に調整した。ET 比 (効果細胞数: 標的細胞数) は 50:1 と 25:1 とし, マウス脾臓浮遊細胞は前者に於いて 2×10^7 /ml に調整した。YAC-1 細胞 (標的細胞) とマウス脾臓浮遊細胞 (効果細胞) の両者を 50 μ l ずつ混じ, 96well U 字型プレートに 100 μ l/well に播種した (triplicate)。細胞傷害活性は, Promega 社の CellTiter 96™ AQueous キットを用いて生残細胞数を推定する事により導いた。具体的には, 各々の well に MTS (tetrazolium 化合物) と PMS (phenazine methosulfate) の混合溶液を 20 μ l/well に加えた後, プレートを 5% CO₂ 孵卵器内で 37℃ 4 時間培養した。培養終了後, 各 well 上清の吸光度を ELISA リーダーで測定して formazan 量を求め (492 nm), 各 well 中の生残細胞数の指標とした。NK 細胞活性の値は, 以下の式により, マウス脾臓浮遊細胞の YAC-1 細胞に対する傷害活性値 (%) として表し, 図 4 に各群マウスの平均値 ± 標準偏差として表した。

NK 細胞活性 (%)

$$= [1 - \{(ET - B) - (E - B)\} \div (Y - B)] \times 100$$

ET: 浮遊細胞 + YAC-1 細胞

B: ブランク

E: 浮遊細胞のみ

Y: YAC-1 細胞のみ

L. curvatus KN40 死菌体の摂取により, マウス NK 細胞の YAC-1 細胞に対する傷害活性は

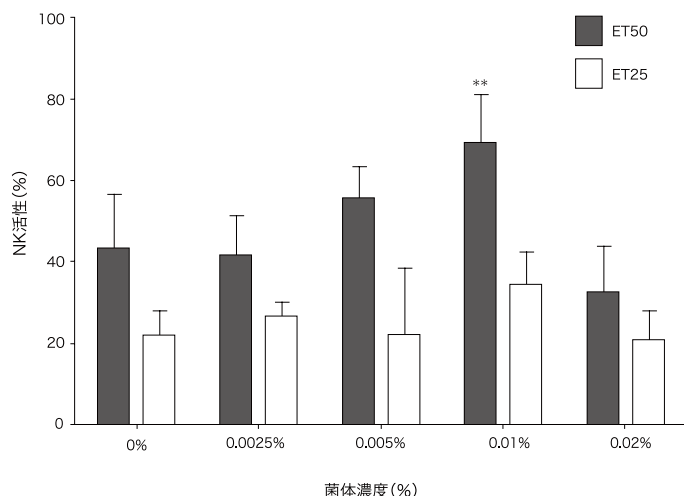


図4 *Lactobacillus curvatus* KN40 加熱死菌体摂取後の C57BL/6N マウス NK 活性変化

** $p < 0.01$ 対 0% (ANOVA, Tukey HSD)

濃度依存的に有意に増加した ($p < 0.01$)。一方で、0.02% 投与時に於いては寧ろ活性が低下した事から、濃度依存性は一峯性である事が示唆された。

3-4. B16F10 マウスメラノーマ細胞の肺転移抑制試験

L. curvatus KN40 死菌体の経口投与がマウス NK 細胞を活性化する事が明らかとなった事から、*L. curvatus* KN40 死菌体の投与によって細胞性免疫が増強される可能性が示唆された。Th1/Th2 バランス理論に基づき、*L. curvatus* KN40 死菌体のマウスへの経口投与が実際にガン細胞抑制に効果を示すか試みた。ガン細胞抑制試験としては、細胞性免疫に反応性が高いと言われるマウスメラノーマ細胞を用いた肺転移抑制試験を行った。C57BL/6 マウス由来の黒色細胞腫であるメラノーマ細胞 B16F10 株をマウス尾静脈から接種すると、細胞は肺臓に達し、黒色の細胞結節を形成する。この時、肺への転移数は NK 細胞やマクロファージ等の細胞性免疫効果細胞の活性に依存し、細胞性免疫の活性下に於いては転移結節数が減少する、と報告さ

れている²¹⁾。従って、NK 細胞を活性化する *L. curvatus* KN40 死菌体をマウスへ経口投与する事により、メラノーマ細胞のマウス肺臓への転移が抑制される可能性が期待される。方法は成書に従った²²⁾。

NK 細胞活性化試験と同様に、*L. curvatus* KN40 加熱死菌体を 0, 0.01, 0.1% に混じた MF ビスケットを作製した。-80℃ に冷凍保存の B16F10 マウスメラノーマ細胞 (東北大学加齢医学研究所) を解凍し、PBS で洗浄後、10% FBS 加 RPMI1640 培地 10 ml に懸濁し、5% CO₂ 孵卵器内で 37℃ で培養し

た。対数増殖期に収穫し、PBS で洗浄後、同緩衝液に 2×10^6 /ml/ 匹に調整した。C57BL/6N 雄マウスを購入し、調化後、5 週齢より上記餌を 4 週間与えた。1 群 8 匹とし、給餌開始 2 週後、B16F10 細胞 /PBS をマウス 1 匹当たり 0.2 ml に尾静脈から接種した。接種 2 週後にジエチルエーテル下でマウスを屠殺し、肺臓を採取。これを Bouin 液にて固定後、実体顕微鏡下で転移結節数を数えた (図 5)。結果は、各試料濃度群の平均値 ± 標準偏差で表した (図 6)。図から明らかな様に、*L. curvatus* KN40 死菌体は、B16F10 マウスメラノーマ細胞の肺への転移を有意かつ濃度依存的に抑制した ($p < 0.01$ 並び

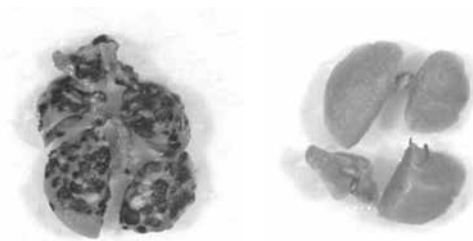


図5 B16F10 メラノーマ細胞の肺転移像(対照のみ)

左：陽性対照 (0% 群) の転移結節像
右：陰性対照 (メラノーマ細胞非接種) の肺臓

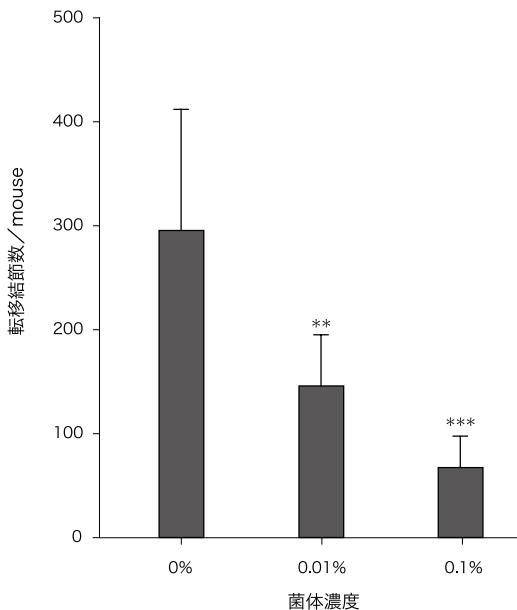


図6 *Lactobacillus curvatus* KN40の加熱死菌体投与によるC57BL/6NマウスのB16F10メラノーマ細胞転移抑制

** $p<0.01$, *** $p<0.001$ 対0% (ANOVA, Tukey HSD)

に $p<0.001$)。興味深い事に、NK細胞活性化試験では0.02%の濃度でNK活性は低下したが、転移抑制試験に於いては、0.1%の死菌体濃度でより強い抑制効果が得られた。

4. 考察

ACE阻害活性試験に於いては、生化学性状検査と糖分解試験によって*Leuconostoc mesenteroides*と同定された菌株の多くに高い活性が見いだされた。中でも高い活性を示した*L.mesenteroides* KN34と酵母との共生培養によって得られた大豆麹乳酸菌発酵液の培養上清は、SHR自然高血圧症発症ラットを用いた実験に於いて、有意に高い降圧作用を示した。一方で、ACE阻害活性試験で阻害活性を示さなかった*L.curvatus* KN17と*L.sakei* KK1082両者の大豆麹乳酸菌発酵液は、同SHRラットを用いた実験に於いて、前者は*L.mesenteroides*

KN34と殆ど同等の降圧作用を示したが、後者には同作用は見られなかった。以上の結果から、1) 植物性乳酸菌の中には、その培養液がラットの血圧上昇を抑制する作用を有するものが存在する事、2) 乳酸菌の種類により降圧作用の機序が異なる可能性がある事、の少なくとも2点が明らかとなったと思う。素直に読み解けば、*L.mesenteroides* KN34はACEの作用を阻害する事によって降圧作用を示すのに対し、*L.curvatus* KN17の場合はACE阻害活性とは別の経路による作用である事が示唆される。

しかしながら、ACE阻害性ペプチドやアンジオテンシンⅡ受容体ブロッカーの様な効果物質と考えられる因子は現時点に於いては未特定である為、メカニズムに関しては推測の域を出ない。さらに、今回の試料は上記乳酸菌株と酵母との共生培養によって得られたものである為、酵母による代謝の影響も排除出来無い。従って、今回の結果は現象の記述の枠内に留まるものである。今後の課題としては、1) 原因物質の特定を含むメカニズムの解明、2) ヒトに対する降圧作用の証明、の2点が上げられる。近年、徐々にではあるが、植物性乳酸菌培養液の降圧作用に関する報告が増えつつある。今回、ACE阻害活性が殆ど見られなかった*L.curvatus* KN17の培養上清に於いてもSHRラットに対する強い降圧作用が見られた事から、従来型のACE阻害活性以外の作用機序に基づいた降圧作用を有する植物性乳酸菌の探索も、今後は期待されるだろう。

L.curvatus KN40に関しては、その加熱死菌体がマウス単球由来J774A-1株に対して強いIL12産生刺激能を有する点、これの経口投与がC57BL/6Nマウス脾臓細胞のNK活性を濃度依存的かつ有意に上昇させる点、さらに同処置によりマウスメラノーマB16F10細胞のC57BL/6Nマウスに於ける肺転移結節数を濃度依存的かつ有意に減少させる点から、細胞性免

疫を活性化することによって Th1/Th2 バランスを改善し、その結果としてメラノーマ細胞の転移抑制をもたらす可能性が示唆された。特に、加熱死菌体の経口投与によって上記結果がもたらされたことから、乳酸菌の免疫賦活作用に於いては、投与菌の生死は問題では無い事が強く示唆されたと考える。

乳酸菌の死菌体投与による免疫賦活作用に関する報告は、初期には実験動物への皮下や腹腔内接種によるものが多かったが^{23, 24)}、その後、腸管免疫学の発展とも相まって経口投与による実験が多く行われる様になり、パイエル板 M 細胞からの菌体の直接的な取り込みや、菌体由来ペプチドグリカンや菌体表面糖鎖、或いは菌体内から漏出する DNA 等による TLR 刺激等の経路を介して、将に乳酸菌菌体成分が、局所免疫のみならず、体全体の免疫機構に大きく影響を及ぼす事が次第に明らかに成ってきた^{25, 26)}。即ち、食品として取り込まれる乳酸菌は単にお腹の調子を整えるに留まらず、生体の免疫バランスに大きく影響を及ぼしている可能性が活発に議論されつつある。一方で、従来の実験で用いられてきた乳酸菌の多くはヒト乃至は動物由来の乳酸菌であり、植物性乳酸菌による免疫賦活作用の報告は多くない。また、乳酸菌死菌体の経口投与によって生体の免疫能が向上する事は上記報告等によって既に明らかである一方で、食品関連市場に於いては生きた乳酸菌のみが効果を発揮するとの概念が未だに流通しており、この点も啓蒙の努力が必要とされる所である。

今回の IL12 産生誘導試験から、多くの植物性乳酸菌の加熱死菌体がマクロファージを介して IL12 の産生を誘導する事が分かった。その一方で、対照として加えた 18 株のビフィズス死菌体試料の IL12 産生誘導能は顕著に低かった (not shown)。ビフィズス菌による生体の免疫賦活能に関する報告は多いが、例外はあるも

の、生きたビフィズス菌の経口投与によるプロバイオティクス効果、或いはオリゴサッカライド等を経口投与することによって腸管常在ビフィズス菌の増殖を図るプレバイオティクス効果を狙ったものが多い²⁷⁻²⁹⁾。従って、ビフィズス菌による生体の免疫賦活能は、その菌体以上に腸管内での生菌としての働きが重要である可能性も考えられ、死菌体の免疫賦活作用の観点から見た場合には、ビフィズス菌とその他の乳酸菌とは一線を画する可能性も指摘出来る。*L.curvatus* KN40 の加熱死菌体は、試験管レベルの試験に於いて強い IL12 産生刺激能を示したのみならず、動物実験に於いても、濃度依存かつ有意に NK 活性を高め、メラノーマ細胞の肺への転移を抑制した。しかしながら、これらの一連の効果が経時的かつ因果的に関連した結果であるかどうかは未確定である。*L.curvatus* KN40 死菌体投与後のマウスの IL12 の発現量は未測定であり、また、NK 活性の上昇が直接にメラノーマ細胞の肺転移抑制に結びついたのかも、現時点に於いては不透明である。これらは今後の課題である。

おわりに

市販のスイカの奈良漬けから分離された *Leuconostoc mesenteroides* KN34 による発酵液上清は SHR ラットに対して顕著な降圧作用を示し、メロンの醤油漬けから分離された *Lactobacillus curvatus* KN40 の加熱死菌体は C57BL/6N マウスに対して強い免疫賦活作用を示した。両者とも、英国の微生物学者 Fuller によって 1989 年に定義された「腸内フローラのバランスを改善することにより人に有益な作用をもたらす生きた微生物」と言うプロバイオティクスの概念からは逸脱するものである。これら、生菌以外の摂取によってもたらされる生体への好ましい効果を表す概念として、1996 年、光岡知足博士によって「腸内フローラを介

することなく、直接、免疫賦活、コレステロール低下作用、血圧降下作用、整腸作用、抗腫瘍効果、抗血栓、造血作用等の生体調節、生体防御、疾病予防、回復、老化制御等に働く食品成分」と定義されるバイオジェニックスの概念が提唱された。今回紹介した2種の乳酸菌はバイオジェニックスの範疇に含まれる

ものである。未だ生菌としての効果のみに注目が注がれがちな乳酸菌であるが、バイオジェニックスの観点に立つ事により、従来型の食品素材としての乳酸菌の役割がさらに一段の広がりを見せる可能性がある事を指摘して、本稿の締め括りとした。

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

- 1) 中山雅晴, 前沢留美子, 腰原菜水, 中村泰輝: *New Food Industry*, **51**, 28-44, 2009.
- 2) 藤田稔, 中山雅晴: 特許第 4794486 号, 平成 23 年 8 月 5 日
- 3) 中山雅晴, 前沢留美子, 腰原菜水: *New Food Industry*, **53**, 20-32, 2011.
- 4) 中山雅晴, 前沢留美子, 腰原菜水: *New Food Industry*, **54**, 55-66, 2012.
- 5) 藤田稔, 中山雅晴: 特許第 4810483 号, 平成 23 年 8 月 26 日
- 6) 藤田稔, 中山雅晴: 特許第 5204986 号, 平成 25 年 2 月 22 日
- 7) 乳酸菌研究集談会編: 乳酸菌の科学と技術, 学会出版センター, 1996.
- 8) 医学の歩み: 「高血圧の全て」, 医歯薬出版株式会社, Vol. **202** No. 9, 2002.
- 9) Yamamoto N, et al. *J Dairy Sci*, 917-922, 1994.
- 10) 川岸舜朗編著: 生物化学実験法 38, 学会出版センター, 1995.
- 11) 篠原和毅, 鈴木建夫, 上野川修一編著: 食品機能研究法, 光琳, 2000.
- 12) 佐治重豊, 峠哲哉編: 新しい癌免疫化学療法の指針, 医薬ジャーナル社, 1999.
- 13) 高津聖志, 清野宏, 三宅健介監訳: 免疫学イラストレイテッド 第 7 版, 南江堂, 2009.
- 14) He X, et al. *Molecules*, **16**, 8343-8352, 2011.
- 15) Hetland G, et al. *Adv Pharmacol Sci*, article ID 157015, 10 pages, 2011.
- 16) Strachan DP. *BMJ*, **299**, 1259-1260, 1989.
- 17) Strachan DP. *Thorax*, **55** S2-S10, 2000.
- 18) Sheikh A and Strachan DP. *Otolaryngol Head Neck Surg*, **12**, 232-236, 2004.
- 19) McGeady SJ. *Pediatrics*, **113**, 1107-1113, 2004.
- 20) 矢田純一, 藤原道夫編著: リンパ球機能検索法, 中外医学社, 1994.
- 21) Matsuda T, et al. *Evid Based Complement Alternat Med*, article ID 743153, 5 pages, 2011.
- 22) がん転移研究会編: がんの浸潤・転移研究マニュアル, 金芳堂, 1997.
- 23) Kato I, et al. *Microbiol Immunol*, **27**, 611-618, 1983.
- 24) Nanno M, et al. *J Leukoc Biol*, **46**, 89-95, 1989.
- 25) Rizzello V, et al. *J Biomed Biotechnol*, article ID 473097, 10 pages, 2011.
- 26) Inamine A, et al. *Clin Immunol*, **143**, 170-179, 2012.
- 27) Hosseini A, et al. *Expert Opin Biol Ther*, **12**, 1323-1334, 2012.
- 28) Wang S, et al. *J Dairy Sci*, **95**, 4813-4822, 2012.
- 29) Mokrozub VV, et al. *Mikrobiol Z*, **74**, 90-98, 2012.
- 30) Fuller R. *J Appl Bacteriol*, **66**, 365-378, 1989.
- 31) 光岡知足編: 腸内フローラとプロバイオティクス, 学会出版センター, 1996.

プーアル茶の保健作用

芳野 恭士 (YOSHINO Kyoji) *

* 沼津工業高等専門学校 物質工学科

Key Words：プーアル茶・後発酵茶・抗メタボリックシンドローム作用・抗アレルギー作用

はじめに

茶 (*Camellia sinensis*) は世界的に摂取されている飲料であり、日本では殺青処理により茶葉中のポリフェノールオキシダーゼを変性させ、発酵を起こさないように製造した緑茶が一般的である。この不発酵茶である緑茶を使用して、葉中の酵素ではなく微生物で発酵させることで製造された加工茶が黒茶である。黒茶は、後発酵茶あるいは微生物発酵茶とも呼ばれる。黒茶は中国、日本の両国で作られており、原料としては中国産黒茶は大葉種を、日本産黒茶は小葉種をそれぞれ用いている。殺青後の堆積方法により、乾堆積を行うプーアル (普洱) 茶、湿堆積を行う六堡茶、湖南黒茶、富山黒茶、漬け込み堆積を行う阿波番茶、湿堆積と漬け込み堆積の両方を行う碁石茶など、様々なものがある¹⁾。プーアル茶の製造工程の概要を図1に示す。富山黒茶 (飲用方法によりバタバタ茶とも

呼ばれる)、阿波番茶、碁石茶が、日本で作られる黒茶として知られているものである。モンゴルなどの中国周辺の地域では、長期保存に適したレンガ状に製造した黒茶 (磚茶) 等から植物性の栄養素等を摂取するとされ²⁾、黒茶の歴史は古いものと考えられる。プーアル茶の保健作用としては、「雲南誌」、「雲南見聞録」、「百草鏡」に、脂肪分の消化を助ける、酒を覚ます、渴を止める、風邪を治す等の記載があるとされる³⁾。また、中国西南部、チベットの伝承として、その周辺のヒトおよび家畜は、日常的に黒茶を摂取しており、摂取を怠ると鼻血が出たり足腰が立たなくなったりすると言われている。さらに、ヒトでは消化不良や下痢、悪心の際の民間治療に用いられているようである⁴⁾。茶の保健作用としては、従来、不発酵茶の緑茶、半発酵茶のウーロン茶、全発酵茶の紅茶に関する報告が多くまとめられてきたが⁵⁾、プーアル茶等の

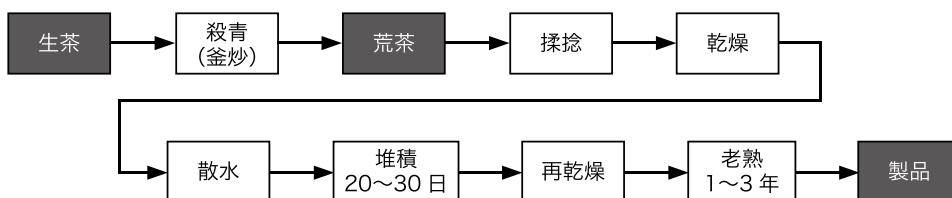


図1 プーアル茶の製造工程の概要

黒茶についても徐々に科学的な検討が行われるようになってきた。この報告では、著者のこれまでの報告を含めたプーアル茶の保健作用について概説する。

1. プーアル茶の成分

茶の水溶性呈味成分としては、微生物発酵と経年熟成の過程を経ることで、プーアル茶中の遊離還元糖やアミノ酸の含量が緑茶、ウーロン茶、紅茶に比較して低いことがわかっている^{3, 6-8)}。他の種類の茶の糖質が主に水溶性低分子画分に多いのに対し、プーアル茶では水溶性高分子画分に多い⁹⁾。ただし、不溶性の炭水化物が微生物によって分解され可溶性糖質になるため、甘味を呈する糖質の含量は他の種類の茶より高くなるという報告もある³⁾。プーアル茶中の水溶成分であるアスコルビン酸、テオガリン、ストリクチニン、1,4,6-トリ-O-ガライル-D-グルコースの含量は、他の種類の茶に比較して低い^{9, 10)}。茶葉中の呈味成分の一つ、主要ポリフェノール類であるカテキン類の含量は、没食子酸エステル型のものを中心に他の種類の茶よりも極めて低く、代わりに褐色のカテキン酸化重合物と没食子酸が増加している。ポリフェノール成分の多くは水溶性の高分子画分に含まれ、フラバノールは水溶性低分子画分に、会合型タンニン¹¹⁾は *n*-ブタノール抽出画分と水溶性高分子画分にそれぞれ多く含まれる^{3, 6-11)}。プーアル茶の水溶性成分の中で、他の種類の茶中の含量と差がないあるいはむしろ高いとされるものには、カフェインおよび2-O-L-アラビノピラノシル-ミオイノシトールなどがある⁶⁻¹¹⁾。カフェインを分解できる微生物が少ないことが、その理由と考えられる³⁾。プーアル茶におけるこれらの成分上の特徴は、一般的に他の黒茶にも見られるものである^{1, 7)}。

茶の脂溶性成分であるクロロフィルは、プー

アル茶ではほぼ検出されず、堆積中に褐色のフェオフィチン、あるいはさらに黒色のフェオフォルドに酸化分解される。また、カロテノイドは、半分近くが褐色の酸化物になり、-および-ヨノン等の低分子化合物に分解されている³⁾。

プーアル茶中のカテキン類は、微生物のエステラーゼ等により加水分解されて没食子酸を生じたり、酸化重合反応を受けて橙赤色のテアフラビンや赤褐色のテアルビジン、褐色のテアブロウニン等に変換される。これらのプーアル茶葉中の含量は、それぞれ約0.3%, 0.2~0.5%, 7~8%であり、これらの成分がプーアル茶葉独特の褐色から黒色の色調に関連するものと考えられる^{3, 12)}。プーアル茶中の褐色成分は、ウーロン茶や紅茶、焙じ茶の色素と比較しても極めて重合度が高いものと推測される¹³⁾。プーアル茶中には特異的な蛍光を発する成分が含まれており、この特性は腐植物質と類似している¹⁴⁾。この成分は、微生物発酵による長期の熟成期間に産生されるものと考えられ、カテキンなどのポリフェノール類や微生物由来のタンパク質を含有する極性の高い高分子複合体であることが示唆されている。

以上の報告とは異なり、プーアル茶からはテアフラビン類^{10, 11)}、カフェインの基本骨格であるメチルキサンチン類および没食子酸¹⁵⁾は検出されない、または検出されても少ないという結果を示す研究もある。発酵や熟成の期間の長さの違いにより、プーアル茶中の成分組成も様々に変化するものと考えられる。

プーアル茶の独特の香りは「陳香」と呼ばれ、その香気成分としては特に-テルピネオール等のテルペンアルコールの含量が高い^{3, 16, 17)}。花様香気を放つリナロール、ネロール等も含まれる³⁾。また、メトキシベンゼン誘導体も揮発性成分として含まれており、これはプーアル茶中の担子菌類によって産生されるものと考えら

れる⁸⁾。一方、プーアル茶のカビ臭あるいは古茶臭の原因成分としては、(E, Z)-2,4-ペンタジエナール等の不飽和アルデヒド類、1-ペンテン-3-オール等の鎖状アルコール類およびフェノールエーテル等がある^{3,16)}。

富山黒茶中には、ビタミンB₁₂が多く含まれており、ビタミンB₁₂欠乏ラットで見られる尿中メチルマロン酸の排泄量の増加を抑制することが報告されている¹⁸⁾。プーアル茶にも同様の効果があるかどうかについては、今後の検討が期待される。

2. プーアル茶に含まれる菌種と毒素産生能

プーアル茶の堆積過程における発酵に関連する微生物を検討した研究は多く、プーアル茶から検出された真菌としては、*Blastobotrys* 属のような酵母、*Aspergillus* 属や *Eurotium* 属 (*A. glaucus* 群に属す)、*Fusarium* 属、*Penicillium* 属、*Trichoderma* 属のような糸状菌類、*Basidiomycetes* 属のような担子菌類、*Rhizopus* 属のような接合菌類、また真菌以外には、*Actinoplanes* 属、*Streptomyces* 属のような放線菌類、*Paenibacillus* 属のような細菌類がある^{4, 8, 19-28)}。具体的には、真菌としては *A. acidus*, *A. cristatus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. sydowii*, *A. versicolor*, *B. adenivorans*, *E. amsterodami*, *E. repens*, *F. culmorum*, 細菌としては *A. aurantiacus*, *A. pallidoaurantiacus*, *A. purpeobrunneus*, *P. pueri*, *S. bacillaris*, *S. cavourensis* subsp. *cavourensis*, *S. cinereus* が同定されている。これらの菌類の多くは、自然界に一般的に存在するものである。また、これらの中にはマイコトキシンを産生することが知られている菌があるが、プーアル茶から単離された菌では毒素の産生は認められないか、認められる場合にも培地に茶成分を添加することで産生が認められなくなる^{22, 25, 27)}。その他の中国産黒茶からは、*A. glaucus*, *A. oryzae* などの真菌も検出されている²⁸⁾。

3. プーアル茶の抗メタボリックシンドローム作用

図2に、プーアル茶から調製された複数の画分に含まれる成分とその保健作用に関して報告のあるものをまとめた。まず、プーアル茶には、動物における腹壁脂肪の蓄積抑制作用や同組織の脂質代謝酵素活性の促進作用に関する報告がある。プーアル茶の摂取は、ラット血漿コレステロール量およびトリグリセリド量、腹壁脂肪重量を低下させる。緑茶では、コレステロール量の低下しか起こらない。また、プーアル茶により、脂肪組織のリポプロテインリパーゼ活性は低下する傾向が見られ、アドレナリン感受性リパーゼ活性は著しく増加する²⁹⁾。このような効果には、プーアル茶中のテアブロウニンが関与している可能性がある³⁰⁾。ラットへのテアブロウニンの投与は、上記の作用以外に肝性リパーゼの活性促進や糞中胆汁酸量の増加といった作用も示し、食事性コレステロールの代謝および排泄を生体内で促進することが期待される。プーアル茶の水抽出物が、食品中の混合胆汁塩ミセルを沈殿させることも知られている³¹⁾。一方で、プーアル茶の脂質低下作用は、その酢酸エチル抽出物でもっとも強いという報告や³²⁾、プーアル茶に含まれる天然のロバスタチンとポリフェノールの共同作用によるという報告もあり³³⁾、有効成分のさらなる検討が必要と考えられる。プーアル茶の脂質低下作用はヒトでも認められており³⁴⁾、その摂取がメタボリックシンドローム誘発の動脈硬化や肥満の予防および改善に有効であることが示唆されている。このような脂質低下作用は、日本の黒茶である富山黒茶や碁石茶にも認められる。プーアル茶の血圧に対する作用に関連しては、抗トロンビン活性が高いという報告があるが³⁵⁾、-アミノ酪酸 (GABA) の含量は発酵の進行とともに減少するともされている³⁶⁾。

プーアル茶の動物の血糖値に対する作用に関しては、プーアル茶抽出物を投与量 20 mg でマルトースまたはスクロースと同時にマウスに投与したところ、マウス血漿グルコース濃度の上昇がD-キシロースと同程度以上に有意に抑制されることを、著者らは以前に報告している³⁷⁾。この効果は、5, 10, 20 mg の投与量において、投与量依存적である傾向が見られている。特に、マルトースとの同時投与では、プーアル茶抽出物の 20 mg の投与量で糖消化酵素である小腸

マルターゼ活性と血漿インスリン濃度の上昇が有意に抑制される。抽出物の分画による検討から、この効果へのポリフェノール成分の関与はあまり強くないと思われる。他の報告を見ると、プーアル茶には-グルコシダーゼ活性を非競合的に阻害する(-)-エピガロカテキンガレートや(-)-エピカテキンガレートが含まれており、-アミラーゼやスクラーゼに比較するとマルターゼに対する活性阻害作用が強いとされる³⁸⁾。また、プーアル茶中の酸性ヘテロ多糖類は、アロ

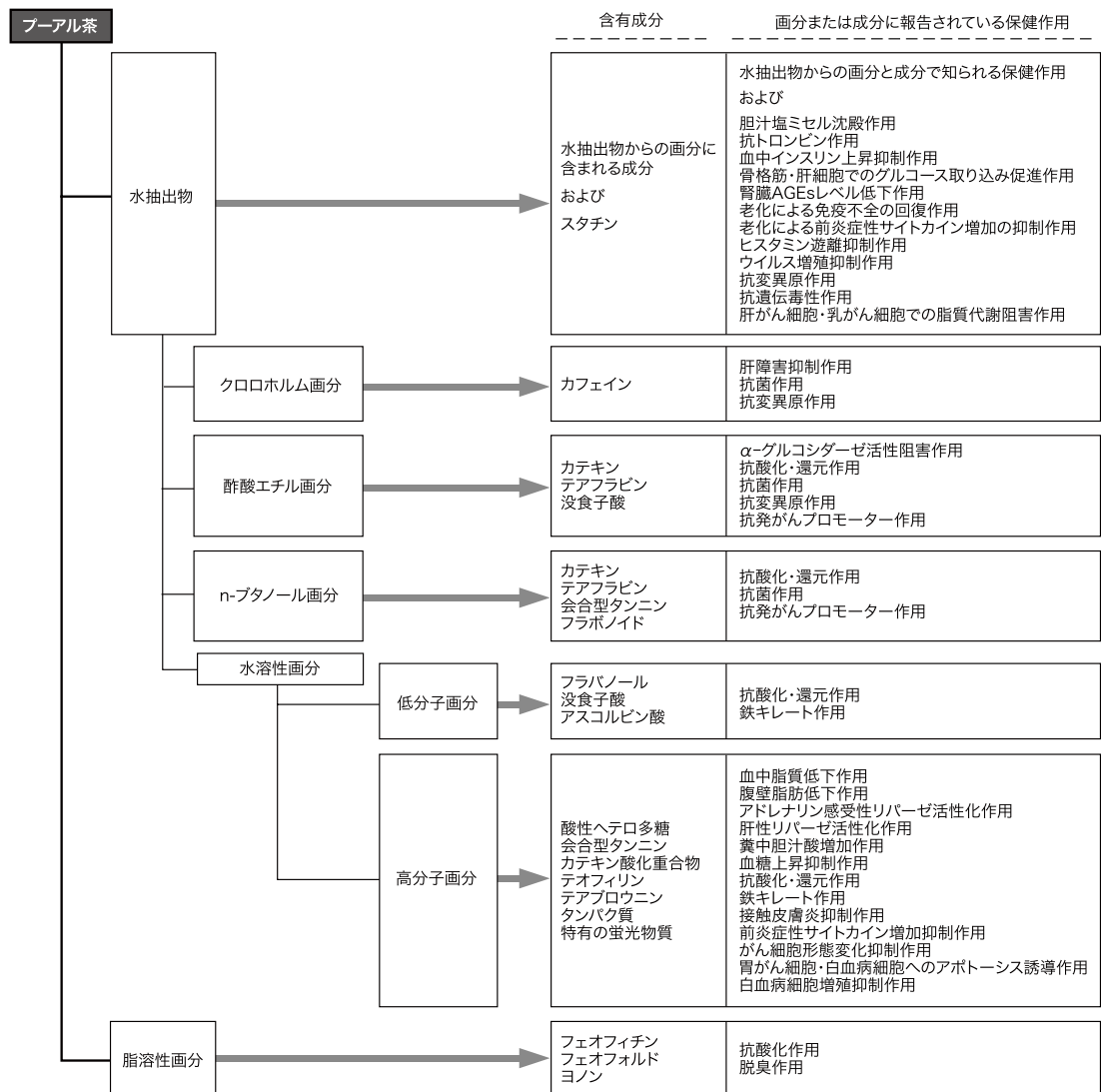


図2 プーアル茶から調製された画分中の成分とその保健作用

キサン誘発糖尿病マウスの血糖値を有意に低下させる³⁹⁾。糖吸収抑制作用とは別に、プーアル茶には骨格筋細胞や肝細胞でのグルコーストランスポーターの移行やインスリン受容体タンパク質の発現を増加する作用があり⁴⁰⁾、2型糖尿病モデルマウスで血糖値とインスリンレベルの低下が見られている⁴¹⁾。また、糖尿病におけるネフローゼに関連し、プーアル茶にはマウス腎臓における糸球体基質の膨張とイムノグロブリンDの沈着を減少させるとともに、腎臓の終末糖化産物(AGE)の蓄積を減少させて、AGE受容体(RAGE)の発現を再構築することで腎障害を抑制する効果もある⁴²⁾。

以上の知見から、プーアル茶には他の種類の茶とは異なる独特の抗メタボリックシンドローム作用が期待できるものと考えられる。

4. プーアル茶の抗酸化作用

成分の項でも示したように、茶の抗酸化成分として知られるカテキン類やアスコルビン酸の含量は、他の種類の茶に比較してプーアル茶では低い。そのため、プーアル茶の*in vitro*における抗酸化力は他の茶よりも低いという報告が、著者らのもの⁹⁾を含めて散見される^{43,44)}。しかし、一方では、プーアル茶の褐色成分がリノレン酸の自動酸化反応やラット肝臓ミトコンドリアおよびミクロソーム脂質過酸化反応に対して抗酸化作用を示す⁶⁾、プーアル茶が活性酸素吸収能力(ORAC)法や2,2-ジフェニル-1-ピクリルヒドラジル(DPPH)ラジカル消去法で強い抗酸化作用を示す³⁸⁾、プーアル茶が調整雰囲気包装したソーセージの冷蔵において脂質酸化反応を抑制する⁴⁵⁾、プーアル茶がFenton反応によるプラスミドDNA損傷や窒素酸化物の生成を抑制する⁴⁶⁾、プーアル茶の水抽出物がリポソーム、タンパク質、デオキシリボースモデル系での酸化損傷を抑制し金属結合

能、還元力、ラジカル捕捉力を示す⁴⁷⁾、などプーアル茶が他の茶と比較して劣らない抗酸化作用を発揮するという報告も多い³³⁾。著者らは、水抽出物ではないが、プーアル茶の脂溶性成分を含む茶殻のクロロホルム-メタノール抽出物が、他の種類の茶に劣らず、タラ肝油中のエイコサペンタエン酸とドコサヘキサエン酸の酸化分解を抑制することを報告している⁴⁸⁾。

プーアル茶の抗酸化成分としては、カテキン類やフラボノイド、その他のポリフェノール、アスコルビン酸などが挙げられている⁴⁷⁾。ガレート型カテキンの加水分解で生じる没食子酸も、スーパーオキシドアニオンラジカルの捕捉作用や鉄キレート作用などの抗酸化作用を示す⁴⁹⁾。また、カテキンの酸化重合物であるテアフラビン、テアルビジン、テアプロウニンも、ヒドロキシラジカルやDPPHラジカルの捕捉作用、過酸化水素による細胞障害予防作用、*tert*-ブチルヒドロペルオキシド(*t*-BHP)によるラット肝臓ホモジネートの脂質過酸化反応抑制作用といった抗酸化作用を示す^{50,51)}。

以上のような*in vitro*での抗酸化作用だけでなく、プーアル茶には動物体内や細胞内で抗酸化作用を発揮するという報告がある。既述のように、プーアル茶にはマウス腎臓におけるAGEの蓄積を減少させる効果がある⁴²⁾。また、プーアル茶中の酸性ヘテロ多糖類をアロキサン誘発糖尿病マウスに投与すると、血清および肝臓中スーパーオキシドジスムターゼ活性および過酸化脂質レベルの変化は、健常マウスの値と同レベルにまで改善され、抗酸化酵素系の一つである血清グルタチオンペルオキシダーゼ活性は健常マウスより高くなる³⁹⁾。プーアル茶の水抽出物は、*t*-BHP投与ラットの血清グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(GOT)活性、グルタミン酸ピルビン酸トランスアミナーゼ(GPT)活性および過酸化脂質レベルを低下させ、肝臓損傷に対して抑制作用を示

す⁵²⁾。著者らも酸化ストレスを負荷したマウスにおいて、プーアル茶の熱水抽出物が血中総抗酸化力の低下および血中、肝臓、腎臓における酸化ストレスの上昇を抑制することを認めている（芳野：未発表）。培養細胞を用いた実験でも、プーアル茶は *t*-BHP による HepG2 細胞における活性酸素種（ROS）発生を阻害したり⁵¹⁾、マクロファージ RAW 246.7 細胞におけるリポポリサッカライドあるいはニトロプルシドナトリウム誘発の NO 産生を抑制する^{44, 53)}、B 型肝炎ウイルス感染 HepG2 2.2.15 細胞内の ROS のレベルを減少させるといった抗酸化作用が認められている⁵⁴⁾。プーアル茶の抗酸化作用は、動脈硬化や糖尿病に対して期待される予防作用や、次項で示す抗炎症作用などにも寄与するものと考えられる。

5. プーアル茶の抗アレルギー作用・抗炎症作用

著者らは、プーアル茶の水抽出物を 50 mg/kg の投与量でオキサゾロン誘発 IV 型アレルギーモデルマウスに経口投与したところ、その耳介の浮腫が有意に抑制されることを認めている⁵⁵⁾。プーアル茶の水抽出物から調製した親水性で分子量が約 12,000 以上のテアプロウニン様画分の経口および経皮投与でも、有意なアレルギー反応抑制作用が見られた。その際、前炎症性サイトカインであるインターロイキン-12（IL-12）の耳介レベルの増加も抑制されており、これが抗アレルギー作用のメカニズムの一部である可能性が示唆された。プーアル茶の水溶性高分子画分中の抗アレルギー成分は、ポリフェノール、多糖もしくはタンパク質を含む高度に複雑な化合物であると予想される。動物の免疫系や炎症に対するプーアル茶の作用については、他にも報告されている。プーアル茶は、老化促進モデルマウス（SAM-P8）の末梢

血におけるナイーブ T 細胞、CD8⁺ CD28⁺ T 細胞および NK 細胞の画分を顕著に増加させるが、IL-6 レベルは低下させ、免疫不全の回復と前炎症性サイトカインの低下により免疫老化を予防することが示唆されている⁵⁶⁾。既述のプーアル茶によるリポポリサッカライド誘発マクロファージ NO 産生の抑制作用も、プーアル茶の炎症抑制作用に関連するものと考えられる⁴⁷⁾。リポポリサッカライドと D- ガラクトサミンで惹起されたラット肝障害もプーアル茶抽出物の投与で抑制されるが、この場合の有効成分はカフェインと考えられている⁵⁷⁾。また、遅延型の IV 型アレルギーだけでなく即時型の I 型アレルギーに対する作用に関しても、プーアル茶の熱水抽出液の MC/9 細胞からのヒスタミン遊離を抑制する効果が、他の種類の茶とともに報告されている⁵⁸⁾。

6. プーアル茶のその他の保健作用

プーアル茶の粉末や水抽出物には、*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Mycoplasma pneumoniae*, *M. salivarium*, *M. orale*, *Staphylococcus aureus* などに対する抗菌作用があり、これらの菌の感染症やマイコプラズマ肺炎の予防が期待される⁵⁹⁻⁶¹⁾。この作用には、(-)- エピカテキンやカフェインなどが関与しているものと考えられている⁶⁰⁾。著者らも、他の種類の茶よりも効果が低いものの、プーアル茶に虫菌菌である *Streptococcus mutans* に対する増殖抑制作用があることを報告している⁶²⁾。また、細菌やマイコプラズマだけでなく、HepG2 2.2.15 細胞に感染させた B 型肝炎ウイルスの増殖をプーアル茶エキ스가抑制することも知られている⁵⁴⁾。

プーアル茶の水抽出物は、*Salmonella typhimurium* TA98 株および同 TA100 株に対するアフラトキシン B1 または 4- ニトロキノリン-N- オキシドの変異原作用を弱いながらも抑制

する⁶⁰⁾。また、*Salmonella umu* 試験においても、強くはないが抗遺伝毒性作用を示す⁶³⁾。これらの作用に対するカテキン類やカフェインの関与については明確ではない。著者らは、プーアル茶の水抽出物から調製したクロロホルム画分と酢酸エチル画分が、*E. coli* B/r WP2 株における抗変異原作用を示すことを報告している⁶⁴⁾。さらに、プーアル茶の酢酸エチルおよび *n*-ブタノール画分には BJ6 細胞に対する抗発がんプロモーター作用が、また、その水溶性高分子画分には BJ6 細胞における細胞形態変化抑制作用が認められた。プーアル茶を含む各種茶葉の非透析性高分子画分には、ヒト白血病 U937 細胞の増殖を抑制し、アポトーシス小体形成を誘導するとともに DNA ラダー形成を誘導する効果、およびヒト胃癌 MKN-45 細胞に対してアポトーシスを誘導する効果があることも確認されている⁶⁵⁾。プーアル茶は、さらにヒト肝がん細胞である HepG2 細胞³²⁾ や MCF7 乳がん細胞⁶⁶⁾ において、脂肪酸シンターゼおよびアセチル CoA カルボキシラーゼの活性を阻害することで、それらの脂質代謝系を抑制することが報告されており、多様な機能による抗がん作用が推測される。

プーアル茶の脱臭作用については、その廃葉 60% 含有紙を調製したところ、30 分以内にアンモニア濃度を嗅覚閾値濃度である 1 ppm 以下に低下させることが報告されている⁶⁷⁾。

おわりに

プーアル茶を含む黒茶の多くは、自然界での堆積過程を経るため、その成分組成が変化することで期待される保健作用も必ずしも常に一定ではない可能性がある。そこで、近年では微生物による発酵過程を管理することで、いわゆる人工の黒茶の製造が試みられるようになってきた。まず、プーアル茶中に検出される細菌の中から *S. bacillaris* と *S. cinereus* を緑茶

に接種した場合に、市販のプーアル茶に比較して DPPH ラジカル捕捉作用と GABA 含量が高くなる一方、味や香気には顕著な差は認められないことが報告されている²⁶⁾。*S. bacillaris* 単独の接種では、総ポリフェノール含量が多くラジカル捕捉力も高い結果となり、*S. cinereus* 単独の摂取ではスタチンと GABA の含量が高くなる⁶⁸⁾。ガレート型カテキン類の加水分解は起こるがカフェインは分解されず、特に *F. solani* を接種した場合にはフラボノイド配糖体のルチンの含量が増加するとともに、セスキテルペノイドの一種であるブルメノール B の生成が確認されている⁶⁹⁾。変異原性、アフラトキシン産生性ともに陰性の *Aspergillus* 属真菌株 (FARM AP-21280), *A. oryzae*, *A. awamori*, *Eurotium* sp. (FARM AP-21291) を用いて緑茶を発酵させた茶では、通常のプーアル茶には見られない成分として、ラットで脂質低下作用が認められるテアデノール A およびテアデノール B が検出されている^{70, 71)}。通常のプーアル茶では検出されていないが、一般的な酵母として知られる *Saccharomyces cerevisiae* を用いて緑茶を発酵させた場合にも、ガレート型カテキン類が減少しカフェイン量は変化しない⁷²⁾。発酵により渋みは減少して旨みや甘味は増加する傾向が見られ、ラットにおける血糖値低下作用は弱まったが、血糖値の上昇が穏やかで血糖値低下時間の延長が見られている。

既述のように、プーアル茶に含まれる菌類に毒素の産生は認められないが、他の種類の茶と同様に安全上注意すべき点が黒茶にもある。まず、プーアル茶に含まれる金属類として、アルミニウム、鉛、カドミウム、水銀、亜鉛、銅およびヒ素の量が複数の研究で報告されている。いずれの金属含量も中国の安全濃度限界よりは低かったが、中国雲南省昆明市および普洱市ではヒ素についてはその発がんリスクに気をつける必要があるとされている⁷³⁾。また、鉛および

亜鉛鉍山近辺の中国広東省楽昌市の茶園のプーアル茶では、亜鉛が多めに検出されている⁷⁴⁾。アルミニウムは、シュウ酸およびフッ素との錯体として存在し⁷⁵⁾、新芽を使用する緑茶よりはプーアル茶の方がその含量が高い⁷⁴⁾。また、いくつかの健康茶の中で、プーアル茶やウーロン茶などの中国産の茶葉に、有機リン系農薬または有機塩素系農薬などの残留農薬が多く検出される傾向が見られている⁷⁶⁾。環境からのこれらの汚染については、他の食品と同様、今後とも継続的に監視する必要がある。

プーアル茶そのものの毒性に関しては、その水抽出物には S9 mix の添加の有無にかかわらず、*S. typhimurium* TA98 株および同 TA100 株に対して細胞毒性と変異原性は認められていない⁶⁰⁾。また、マウス、ラット、ヒト等において、プーアル茶あるいはその抽出物の投与では急性毒性、亜慢性毒性ともに認められていない³⁴⁾。

以上のような様々な保健作用を示すプーアル茶であるが、黒茶は一般にカビ臭や古茶臭、さらにやや煙様のフェノール系の匂いを呈し、それらは木茎様の香りに近く、緑茶のような爽やかな青葉様や花様の香りはほとんど感じられない。このような黒茶の香気は、日本人の好みでないことが多く、実際の嗜好調査でも 20～30 歳代のヒトと料理専門家は黒茶を好まなかったという報告がある^{7,77)}。最近、緑茶、ウーロン茶、紅茶の PET ボトルや缶入りの飲料がよく消費されるようになってきたが、プーアル茶についてはこれまでに缶入り飲料等として販売された例はあるものの、他の種類の茶に比較してあまり一般的ではない。しかし、脂質代謝酵素の活性化等、他の種類の茶とは異なる効果が期待できることから、プーアル茶は魅力的な健康飲料の一つであることに変わりはないものと考えられる。

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

- 1) 将積 祝子, 松本 貴志子, 高木 節子, 他: 高速液体クロマトグラフィーによる黒茶類のカテキンとカフェイン量. 山田家政短大研究紀要, **14**: 19-23, 1988.
- 2) 唐澤 傳英: モンゴル国の食習慣の現状. *Foods Food Ingredients J. Jpn.*, **160**: 103-114, 1994.
- 3) 野上 浩孝: プーアル茶. *Foods Food Ingredients J. Jpn.*, **211**: 167-170, 2006.
- 4) 山西 貞: お茶の科学. 裳華房, 1992.
- 5) 富田 勲: 茶の科学. ファルマシア, **31**: 36-41, 1995.
- 6) 渋谷 茂雄: 普洱茶成分に関する研究 - 普洱茶特有成分の検索 (3)-. 沼津高専研究報告, **18**: 113-119, 1983.
- 7) 将積 祝子, 高柳 博次, 阿南 豊正, 他: 中国産白茶 (Bai-cha), 黄茶 (Huang-cha), 青茶 (Qing-cha), 黒茶 (Hei-cha) の化学成分, し好調査. 茶業研究報告, **60**: 59-65, 1984.
- 8) Z. Gong, N. Watanabe, A. Yagi, *et al.*: Compositional change of *Pu-erh* tea during processing. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**: 1745-1746, 1993.
- 9) K. Yoshino, Y. Nakamura, M. Tamura, *et al.*: Polyphenols and other components in the fractions prepared from the infusions of various tea leaves. *Numazu Coll. Tech. Res. Ann.*, **31**: 79-86, 1997.
- 10) 李家華, 周 紅傑, 清水 圭一, 他: 雲南熟プーアル茶の発酵過程におけるポリフェノールおよびカフェインの変化. 農業生産技術管理学会誌, **15**: 73-79, 2008.
- 11) 芳野 恭士, 原 征彦: 茶カテキン類およびテアフラビン類の高速液体クロマトグラフィーによる定量法. 沼津高専研究報告, **27**: 87-91, 1993.
- 12) 渋谷 茂雄: 普洱茶成分に関する研究 普洱茶特有成分の検索. 沼津高専研究報告, **16**: 91-98, 1981.
- 13) 芳野 恭士, 青木 実苗, 池谷 拓速, 他: 茶葉褐色成分の Sephadex LH-20 カラムクロマトグラフィーによるパターン分析. 日本食品化学学会誌, **2**: 9-13, 1995.
- 14) 山崎 勝子, 村上 哲生, 佐野 満昭, 他: プーアル茶の蛍光特性. 日本食品科学工学会誌, **60**: 87-95,

2013.

- 15) J.-K. Lin, C.-L. Lin, Y.-C. Liang, *et al.*: Survey of catechins, gallic acid, and methylxanthines in green, oolong, Pu-erh, and black teas. *J. Agric. Food Chem.* **46**: 3635-3642, 1998.
- 16) 川上 美智子, 小林 彰夫, 山西 貞, 他: 堆積茶, 中国産磚茶と黒茶の香气特性. 日本農芸化学会誌, **61**: 457-465, 1987.
- 17) X. Xu, M. Yan, Y. Zhu: Survey of influence of fungal fermentation on the development of volatile compounds in the Puer tea manufacturing process. *Eng. Life Sci.*, **5**: 382-386, 2005.
- 18) H. Kittaka-Katsura, S. Ebara, F. Watanabe, *et al.*: Characterization of corrinoid compounds from a Japanese black tea (Batabata-cha) fermented by bacteria. *J. Agric. Food Chem.*, **52**: 909-911, 2004.
- 19) 小崎 道雄: 食品製造技術の高度化講習会. 静岡県工業技術センター, p.11, 1985.
- 20) 将積祝子: ニーハオ中国茶, 茶の文化振興会編. 東洋医学舎, p.202, 1985.
- 21) 塚本 均, 河村 伝兵衛, 大石 一男: 中国雲南省産プーアル茶 製品中の微生物について. 茶業研究報告, **67**: 76, 1988.
- 22) J. H. Clarke, J. M. Naylor, J. N. Banks, *et al.* The mycofloras and potential for mycotoxin production of various samples of green, fermented and late fermented tea. 茶業研究報告書, **79**: 31-36, 1994.
- 23) M. Abe, N. Takaoka, Y. Idemoto, *et al.*: Characteristic fungi observed in the fermentation process for Puer tea. *Int. J. Food Microbiol.*, **124**: 199-203, 2008.
- 24) B.-C. Kim, W.-J. Jeong, D. Y. Kim, *et al.*: *Paenibacillus pueri* sp. nov., isolated from Pu'er tea. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **59**: 1002-1006, 2009.
- 25) J. M. Mogensen, U. Thrane, J. C. Frisvad, *et al.*: *Aspergillus acidus* from Puerh tea and black tea does not produce ochratoxin A and fumonisin B2. *Int. J. Food Microbiol.*, **132**: 141-144, 2009.
- 26) Y.-S. Chen, B.-L. Liu, Y.-N. Chang: Bioactivities and sensory evaluation of Pu-erh teas made from three tea leaves in an improved pile fermentation process. *J. Biosci. Bioeng.*, **109**: 557-563, 2010.
- 27) Z. J. Zhao, H. R. Tong, L. Zhou, *et al.*: Fungal colonization of Pu-erh tea in Yunnan. *J. Food Saf.*, **30**: 769-784, 2010.
- 28) 胡月齡, 胡建程, 錢澤澍: 茶葉科学, **4**: 53-58, 1984.
- 29) M. Sano, Y. Takenaka, R. Kojima, *et al.*: Effects of Pu-Erh tea on lipid metabolism in rats, *Chem. Pharm. Bull.*, **34**: 221-228, 1986.
- 30) J. Gong, C. Peng, T. Chen, *et al.*: Effects of theabrownin from pu-erh tea on the metabolism of serum lipids in rats: Mechanism of action, *J. Food Sci.*, **75**: H182-H189, 2010.
- 31) H. Fujita, T. Yamagami: Antihypercholesterolemic effect of Chinese black tea extract in human subjects with borderline hypercholesterolemia. *Nutr. Res.*, **28**: 450-456, 2008.
- 32) T.-D. Way, H.-Y. Lin, S.-J. Tsai, *et al.*: Pu-erh tea attenuates hyperlipogenesis and induces hepatoma cells growth arrest through activating AMP-activated protein kinase (AMPK) in human HepG2 cells. *J. Agric. Food Chem.*, **57**: 5257-5264, 2009.
- 33) L. S. Hwang, L.-C. Lin, N.-T. Chen, *et al.*: Hypolipidemic effect and antiatherogenic potential of Pu-erh tea. *ACS. Symp. Ser. (Am. Chem. Soc.)*, **859**: 87-103, 2003.
- 34) H. Fujita, T. Yamagami: Efficacy and safety of Chinese black tea (Pu-Ehr) extract in healthy and hypercholesterolemic subjects. *Ann. Nutr. Metab.*, **53**: 33-42, 2008.
- 35) 野田 裕子: 発酵食品における血液関連生理活性物質について. 一宮女子短期大学紀要, **44**: 11-17, 2005.
- 36) M. Zhao, Y. Ma, Z.-Z. Wei, *et al.*: Determination and comparison of γ -aminobutyric acid (GABA) content in Pu-erh and other types of chinese tea. *J. Agric. Food Chem.*, **59**: 3641-3648, 2011.
- 37) 芳野 恭士, 中戸川 奨, 長澤 友樹, 他: プーアル茶抽出物および紅茶テアフラビンのマウス糖吸収抑制作用. 沼津高専研究報告, **46**: 331-336, 2012.
- 38) 三上 奈々, 藤野 加奈子, 繁田 真弓, 他: プレンド健康茶およびその原料茶葉における抗酸化活性および糖質分解酵素阻害活性の評価. 山口県立大学学術情報電子版 (CD-ROM), **6**: KANGOEIYO 5-11, 2013.
- 39) P. Xu, H. Chen, D. Hochstetter, *et al.*: Oral administration of Puerh tea polysaccharides lowers blood glucose levels and enhances antioxidant status in alloxan-induced diabetic mice. *J. Food Sci.*, **77**: H246-H252, 2012.
- 40) Y. Yamashita, L. Wang, Z. Tinshun, *et al.*: Fermented tea improves glucose intolerance in mice by enhancing

- translocation of glucose transporter 4 in skeletal muscle. *J. Agric. Food Chem.*, **60**: 11366-11371, 2012.
- 41) W.-H. Du, S.-M. Peng, L.-F. Tan, *et al.*: Hypoglycemic effect of the water extract of Pu-erh tea. *J. Agric. Food Chem.*, **60**: 10126-10132, 2012.
 - 42) S.-J. Yan, L. Wang, Z. Li, *et al.*: Inhibition of advanced glycation end product formation by Pu-erh tea ameliorates progression of experimental diabetic nephropathy. *J. Agric. Food Chem.*, **60**: 4102-4110, 2012.
 - 43) T. Hashimoto, N. Oi, H. Sakakibara, *et al.*: Comparative study of antioxidative activity among the six great chinese teas; green, white, yellow, oolong, black, and Pu-erh teas. *ITE. Lett. Batter. New Technol. Med.*, **7**: 484-487, 2006.
 - 44) Y. Xu, H. Zhao, M. Zhang, *et al.*: Variations of antioxidant properties and NO scavenging abilities during fermentation of tea, *Int. J. Mol. Sci.*, **12**: 4574-4590, 2011.
 - 45) L. Martinez, I. Cilla, J. A. Beltran, *et al.*: Antioxidant effect of rosemary, borage, green tea, pu-erh tea and ascorbic acid on fresh pork sausages packaged in a modified atmosphere: Influence of the presence of sodium chloride. *J. Sci. Food Agric.*, **86**: 1298-1307, 2006.
 - 46) Y.-S. Lin, J.-K. Lin, Y.-J. Tsai, *et al.*: Factors affecting the levels of tea polyphenols and caffeine in tea leaves. *J. Agric. Food Chem.*, **51**: 1864-1873, 2003.
 - 47) P.-D. Duh, W.-J. Yen, B.-S. Wang, *et al.*: Effects of Pu-erh tea on oxidative damage and nitric oxide scavenging. *J. Agric. Food Chem.*, **52**: 8169-8176, 2004.
 - 48) 後藤 孝信, 長池 剛, 芳野 恭士, 他: 魚油の酸化反応に対する茶がら抽出物の抑制効果. 沼津高専研究報告, **31**: 93-95, 1996.
 - 49) 芳野 恭士, 杉浦 由佳: 没食子酸代謝物および類似化合物の抗酸化作用. 沼津高専研究報告, **39**: 131-136, 2005.
 - 50) K. Yoshino, Y. Hara, M. Sano, *et al.*: Antioxidative effects of black tea theaflavins and thearubigin on lipid peroxidation of rat liver homogenates induced by *tert*-butyl hydroperoxide. *Biol. Pharm. Bull.*, **17**: 146-147, 1994.
 - 51) Z. Yang, Y. Tu, H. Xia, *et al.*: Suppression of free-radicals and protection against H₂O₂-induced oxidative damage in HPF-1 cell by oxidized phenolic compounds present in black tea, *Food Chem.*, **105**: 1349-1356, 2007.
 - 52) P.-D. Duh, B.-S. Wang, S.-J. Liou, *et al.*: Cytoprotective effects of pu-erh tea on hepatotoxicity *in vitro* and *in vivo* induced by *tert*-butyl-hydroperoxide. *Food Chem.*, **119**: 580-585, 2010.
 - 53) B.-S. Wang, L.-W. Chang, W.-J. Yen, *et al.*: Protective effects of pu-erh tea on LDL oxidation and nitric oxide generation in macrophage cells. *LWT Food Sci. Technol.*, **41**: 1122-1132, 2008.
 - 54) S. Pei, Y. Zhang, H. Xu, *et al.*: Inhibition of the replication of hepatitis B virus *in vitro* by Pu-erh tea extracts. *J. Agric. Food Chem.*, **59**: 9927-9934, 2011.
 - 55) K. Yamazaki, K. Yoshino, C. Yagi, *et al.*: Inhibitory effects of pu-erh tea leaves on mouse type IV allergy. *Food Nutr. Sci.*, **3**: 394-400, 2012.
 - 56) L. Zhang, P.-F. Tu, W.-F. Shao, *et al.*: Decreasing pro-inflammatory cytokine and reversing the immunosenescence with extracts of Pu-erh tea in senescence accelerated mouse (SAM). *Food Chem.*, **135**: 2222-2228, 2012.
 - 57) P. He, Y. Noda, K. Sugiyama: Suppression of lipopolysaccharide-induced liver injury by various types of tea and coffee in D-galactosamine-sensitized rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **65**: 670-673, 2001.
 - 58) 山本 (前田) 万里: アレルギーを抑制する茶成分. 日本生物工学会シンポジウム講演要旨集 1998, 81-84, 1998.
 - 59) 帖佐 浩, 戸田 真佐子, 大久保 幸枝, 他: 茶およびカテキンのマイコプラズマに対する抗菌・殺菌作用. 感染症学雑誌, **66**: 606-611, 1992.
 - 60) S.-C. Wu, G.-C. Yen, B.-S. Wang, *et al.*: Antimutagenic and antimicrobial activities of pu-erh tea. *LWT. Food Sci. Technol.*, **40**: 506-512, 2007.
 - 61) S. U. Yajuan, Y. Wang, P. Li, *et al.*: Antibacterial property and mechanism of a novel Pu-erh tea nanofibrous membrane. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **93**: 1663-1671, 2012.
 - 62) K. Yoshino, H. Ikeya, T. Sei, *et al.*: Antimicrobial activity of tea extracts on cariogenic bacterium (*Streptococcus mutans*). 食品衛生学雑誌, **37**: 104-108, 1996.
 - 63) T. Ohe, K. Marutani, S. Nakase, *et al.*: Catechins are not major components responsible for anti-genotoxic effects of tea extracts against nitroarenes. *Mutat. Res.*, **496**: 75-81, 2001.
 - 64) 陳 風雷, 芳野 恭士, 出川 雅邦, 他: プーアル茶熱湯抽出物とその分画物の抗変異原・抗発がんプロモー

- ター作用. 日本環境変異原学会第 27 回大会プログラム・要旨集, 日本環境変異原学会, p.128, 1998.
- 65) S. Hayakawa, T. Kimura, K. Saeki, *et al.*: Apoptosis-inducing activity of high molecular weight fractions of tea extracts. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **65**: 459-462, 2001.
- 66) J.-K. Lin, L.-Y. Shoei-Yn: Mechanisms of hypolipidemic and anti-obesity effects of tea and tea polyphenols. *Mol. Nutr. Food Res.*, **50**: 211-217, 2006.
- 67) T. Takahashi, Y. Aso, W. Kasai, *et al.*: Synergetic deodorant effect and antibacterial activity of composite paper containing waste tea leaves. *J. Wood Sci.*, **57**: 308-316, 2011.
- 68) K.-C. Jeng, C.-S. Chen, Y.-P. Fang, *et al.*: Effect of microbial fermentation on content of statin, GABA, and polyphenols in Pu-erh tea, *J. Agric. Food Chem.*, **55**: 8787-8792, 2007.
- 69) S. Huang, K. Seki, K. Ishimaru, *et al.*: Chemical constituents of green tea extracts fermented with *Penicillium*, *Fusarium* or *Rosellinia*. 日本食品化学学会誌, **15**: 84-88, 2008.
- 70) 河村 傳兵衛: 微生物制御発酵茶の誕生. 月間「茶」, 2011/6 月号: 14-17, 2011.
- 71) R. A. Wulandari, K. Ishimaru, N. Haraguchi, *et al.*: HPLC and HPLC-TOFMS analyses of tea catechins and theadensols. 日本食品化学学会誌, **18**: 116-121, 2011.
- 72) 渡辺 祐子, 松浦 寿喜, 早川 潔, 他: 酵母発酵による茶の成分・香味・機能性の変化. 第 25 回茶学術研究会講演会講演要旨, pp.23-26, 2010.
- 73) H. Cao, L. Qiao, H. Zhang, *et al.*: Exposure and risk assessment for aluminium and heavy metals in Puerh tea, *Sci. Total Environ.*, **408**: 2777-2784, 2010.
- 74) M. H. Wong, J. W. C. Wong, Z. Q. Zhang, *et al.*: Trace metal contents (Al, Cu and Zn) of tea: Tea and soil from two tea plantations, and tea products from different provinces of China. *Environ. Geochem. Health*, **20**: 87-94, 1998.
- 75) 堀江 秀樹, 向井 俊博, 後藤 哲久, 他:²⁷Al - NMR を用いた茶浸出液中のアルミニウムの存在状態の解析. 日本食品工業学会誌, **41**: 120-122, 1994.
- 76) 新村 牧子, 斎藤 公男, 中野 憲, 他: いわゆる健康茶に含まれる残留農薬について. 福島県衛生公害研究所年報, **6**: 44-48, 1989.
- 77) 将積 祝子, 松本 貴志子, 高木 節子, 他: 六堡茶の製法とし好性. 山田家政短大研究紀要, **12**: 3-7, 1986.

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

沖縄の伝統大豆発酵食品「とうふよう」もろみの アンジオテンシン I 変換酵素阻害活性

屋良 瞳 (YARA Hitomi) * 手島 寛子 (TESHIMA Hiroko) * 安田 正昭 (YASUDA Masaaki) *
橘 信二郎 (TACHIBANA Shinjiro) *

* 琉球大学農学部 亜熱帯生物資源科学科 発酵・生命科学分野

Key Words : とうふよう・もろみ・紅麹・アンジオテンシン I 変換酵素阻害・降圧作用・伝統食品

はじめに

高血圧症は生活習慣病のひとつであり、世界保健機関 (WHO) では収縮期血圧が 140 mmHg 以上または拡張期血圧が 90 mmHg 以上に保持された状態と定義している¹⁾。厚生労働省の「平成 22 年国民健康・栄養調査」によると、わが国における高血圧症有病者の割合は男性 60.0%、女性 44.6% であり、平成 12 年の調査結果と比べて男性において 7.9% の増加が認められている²⁾。血圧水準が高いほど、脳卒中、心筋梗塞、心疾患および慢性腎臓病などの罹患率および死亡率が高くなる。このような中であって、依然として高血圧症未治療者の割合が高いことが懸念されており、生活習慣の改善による血圧低下を図る必要があると提言されている。厚生労働省が掲げる「健康日本 21」においても、高血圧症改善に関する提言が盛り込まれている³⁾。

血圧調節には、交感神経などいくつかの要素が関与しているが、近年、特にレニン-アンジオテンシン系による体液性の血圧調節機構が注目されている。この系において、強力な血圧上昇ペプチドであるアンジオテンシン II はアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE, EC 3.4.15.1) の働きによってアンジオテンシン I より生成する⁴⁾。一方、ACE は降圧系のカリクレイン-

キニン系において降圧ペプチドのブラジキニンの分解にも働く⁵⁾。よって、ACE 阻害物質は昇圧ペプチドの生成抑制とともに降圧ペプチドの分解抑制にも働き、血圧降下に有効とされている。

高血圧症の治療には、降圧剤として利尿薬、カルシウム拮抗薬、あるいは ACE 阻害薬が臨床で用いられている。ACE 阻害薬にはカプトプリルやリシノプリル等の合成 ACE 阻害剤が用いられるが、稀に副作用として咳や口腔内の違和感、重篤な副作用として血管浮腫や腎機能低下による高カリウム血症などが報告されている⁶⁾。そのため、近年では副作用の少ない食品由来の ACE 阻害ペプチドが特定保健用食品素材として注目されている⁷⁾。これまでに数多くの食品由来 ACE 阻害ペプチドが報告されており、特に大豆発酵食品由来の ACE 阻害ペプチドは近年の発酵食品ブームとも相まって注目度が高い。わが国の伝統的な大豆発酵食品である味噌⁸⁾ や醤油⁹⁾、納豆¹⁰⁾ などで種々の ACE 阻害ペプチドが報告されている。

沖縄県では、中国の腐乳を起源とする伝統的大豆発酵食品「とうふよう」が琉球王朝時代から食されている。とうふようは、乾燥させた島豆腐 (沖縄の豆腐) を麹 (紅麹, 黄麹), 泡盛および少量の食塩で調製した「もろみ」に漬込

んで3～5ヶ月間発酵・熟成させる¹¹⁾。この熟成期間に、豆腐の大豆タンパク質は麹菌が産生した各種プロテアーゼの作用によってペプチドおよび遊離アミノ酸に分解される¹²⁾。Kubaらは、とうふようの発酵熟成によって生じたペプチドからACE阻害ペプチドを単離し、その構造および諸性質を明らかにしている¹³⁾。さらに、Kubaらは、紅麹菌の産生するプロテイナーゼを用いた大豆タンパク質の加水分解物や紅麹そのものからもACE阻害ペプチドをそれぞれ単離し、とうふようの生理機能について報告している^{14, 15)}。しかしながら、とうふようの漬込みに用いるもろみの生理活性についてはほとんど知られていない。そこで、本報では、当該もろみの生理活性探索とその有効利用を図るために、発酵熟成前後におけるもろみ中のACE阻害活性の変化を調べたので紹介させて頂く。

1. とうふよう「もろみ」抽出物

もろみは乾燥豆腐の漬込みに利用され、とうふようの発酵熟成に重要な麹の産生する各種酵素の供給源であるとともに、紅麹菌の産生する色素や生理活性を有する2次代謝産物の供給も担っている^{16, 17)}。しかし、もろみの生理活性についてはこれまで明らかにされていない。そこで、我々は乾燥豆腐の漬込み前後のもろみの生理機能を知るために、今回はACE阻害活性の変化について調べた。

乾燥豆腐を漬込む前と漬込んで製品のとうふようを取り除いた後のもろみをそれぞれ凍結乾燥し、乾燥重量の5倍容の蒸留水を加えて懸濁させ、25℃で200 rpm, 1時間振とうすることで抽出液を得た。抽出液をろ過し、遠心分離(9,000 × g, 15分, 25℃)で得られた上清画分をそれぞれ漬込み前もろみ水抽出液および漬込み後もろみ水抽出液とした。

もろみ水抽出液に含まれる高分子量タンパク質や多糖類(特に米由来デンプン質)などを除去するために、等量の100%メタノールを加えて攪拌した後、遠心分離(8,900 × g, 10分, 室温)により清澄上清を得た。得られた各清澄水抽出液をエバポレーターで濃縮乾固させ、乾燥重量濃度が100 mg/mlになるように蒸留水に再溶解した。

2. もろみのACE阻害活性

ACE阻害活性は、合成基質であるN-[3-(2-furyl)acryloyl]-L-Phe-L-Gly-L-Gly(以下FAPGGと省略, シグマ - アルドリッチ社製)を用い、Murrayらの方法¹⁸⁾に従い行った。ACEは、ウサギ肺アセトン粉末(シグマ - アルドリッチ社製)より抽出した粗酵素液を用いた。もろみ試料(乾燥重量濃度100 mg/ml) 50 μlに、0.9 M塩化ナトリウムを含む0.3 Mホウ酸ナトリウム緩衝液(pH 8.3) 300 μlと50 mMホウ酸ナトリウム緩衝液(pH 8.3)に溶解した1 mM FAPGG溶液500 μlを加えて37℃で5分間ブレインキュベーションした後、ACE粗酵素液50 μlを加えて酵素反応を開始し、37℃で60分間酵素反応を行った。100 mM EDTA溶液100 μlを添加して酵素反応を停止し、分光光度計(Shimadzu UV-1800, 島津社製)を用いて340 nmの吸光度を測定した。ポジティブコントロールとして、リシノプリルを用いた。

豆腐の漬込み前後におけるもろみ水抽出液のACE阻害活性の変化を調べ、その結果を図1に示した。豆腐の漬込み後のもろみにおけるACE阻害活性(72.8 ± 9.2%)は、漬込み前(40.7 ± 4.0%)のそれに比べて有意にACE阻害活性が増大した($p < 0.05$)。図には示していないが、メタノールによるタンパク質およびデンプンの除去処理前の試料においても同様に漬込み後のもろみのACE阻害活性(69.1 ± 3.2%)は、漬

込み前 ($41.1 \pm 4.9\%$) のそれに比べて有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。これらの結果から、豆腐の漬込みによって熟成期間中に生成したペプチドなどの低分子化合物がもろみへ移行し、ACE 阻害作用を示したことが強く示唆された。とうふよりの発酵熟成過程で、豆腐の大豆タンパク質は麹菌が産生するプロテアーゼの作用により分解され、ACE 阻害ペプチドを生成することが Kuba らによって報告されている^{13, 14)}。また、紅麹そのものにも麹菌の産生するプロテアーゼが作用し、米タンパク質由来の ACE 阻害ペプチド生成することも明らかにされている¹⁵⁾。よって、もろみにもこれらの ACE 阻害ペプチドが含まれていることが想定される。

ACE 阻害ペプチドの中には、消化酵素によって分解され、期待される阻害効果を発揮しないものも含まれる。一方で、もろみ中では ACE 阻害活性を示さなくとも、消化酵素の作用によって断片化されることではじめて阻害活性を示すプロドラッグタイプの ACE 阻害ペプチドもあり得る。そこで、もろみ水抽出液の ACE 阻害活性の消化酵素に対する耐性について *in vitro* で調べた。代表的な消化酵素として、ペプシン (ブタ胃粘膜由来、シグマ - アルドリッチ社製)、キモトリプシン (ウシ膵臓由来、シ

グマ - アルドリッチ社製) およびトリプシン (ウシ膵臓由来、シグマ - アルドリッチ社製) を用い、Kuba らの方法¹³⁾ に従い、連続消化酵素処理を行った。すなわち、乾燥重量濃度 100 mg/ml に調製した漬込み前後のもろみ水抽出液試料に等量の 0.1 M HCl と 0.1 M HCl に溶解した 0.05% (w/v) ペプシン溶液 (pH 2.0) を加えて 37℃ で 6 時間それぞれペプシンによる酵素処理を行った。各反応液を 5 分間煮沸して酵素反応を停止し、遠心分離 ($8,900 \times g$, 10 分, 室温) した後、得られた上清をエバポレーターで濃縮乾固した。続いてキモトリプシンとトリプシンをそれぞれ 0.025% (w/v) 濃度で溶解させた 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 8.0) を加えてペプシン消化試料を溶解させて 37℃ で 6 時間酵素処理を行った。反応液を 5 分間煮沸して酵素反応を停止し、遠心分離 ($8,900 \times g$, 10 分, 室温) した後、得られた上清を連続消化酵素処理試料として ACE 阻害活性測定に用いた。試料中のタンパク質濃度は、牛血清アルブミンを標準タンパク質として用いて Lowry 法¹⁹⁾ に従って行った。

消化酵素処理による豆腐漬込み前後のもろみ水抽出液の ACE 阻害活性の変化を調べ、その結果を図 2 に示した。連続消化酵素処理によっ

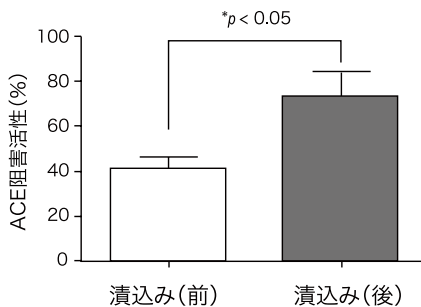


図 1 もろみ抽出液の ACE 阻害活性

豆腐漬込み前後のもろみ水抽出液の凍結乾燥重量濃度を 100 mg/ml に調製し、ACE 阻害活性を Murray らの方法で測定した。統計解析は GraphPad Prism ver. 5 を用いて、student *t*-test で行った。

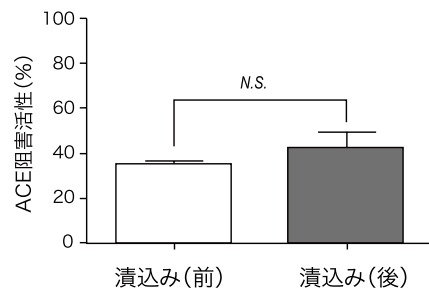


図 2 消化酵素処理後のもろみ抽出液の ACE 阻害活性

豆腐漬込み前後のもろみ水抽出液をそれぞれ消化酵素で処理し、乾燥重量濃度を 100 mg/ml に調製して ACE 阻害活性を測定した。統計解析は GraphPad Prism ver. 5 を用いて、student *t*-test で行った。

て、豆腐の漬込み前後におけるもろみ水抽出液中の ACE 阻害活性に有意な差は認められなかった。この結果は、メタノールによる除タンパク質処理前の試料でも同様であった。また、漬込み前のもろみ水抽出液では連続消化酵素処理の前後において ACE 阻害活性に有意な差が認められなかった。すなわち、豆腐の漬込みによって熟成期間中に生成した大豆タンパク質加水分解物由来の ACE 阻害ペプチドは、その大部分が消化酵素により分解され ACE 阻害効果を失うものの、強力な消化酵素耐性ペプチドの存在も強く示唆された。現在、もろみ中の消化酵素耐性ペプチドの精製を行っており、その構造解析と機能解析についても検討中である。

おわりに

沖縄県の伝統的大豆発酵食品であるとうふようは、紅麹を発酵熟成に用いることから、モノコリン K²⁰⁾ や γ -アミノ酪酸 (GABA)²¹⁾ などの生理活性物質の効果が期待できる。モノコリン K は血中脂質濃度を低下させる抗肥満効果が報告され、GABA は抑制性の神経伝達物質として血圧低下作用が報告されている。大豆は良質なタンパク質とともにフラボノイドを多く含み^{22, 23)}、ゲニステインやダイゼインなどの大豆イソフラボンは抗酸化作用²⁴⁾に加えて女性ホルモン様の作用を有することから骨粗鬆症²⁵⁾や更年期障害の軽減効果²⁶⁾、抗動脈硬化作用²⁷⁾などが期待できる。また、大豆タンパク質は、熟成期間中に麹菌が産生する各種プロテアーゼの作用によりペプチドに断片化され、様々な生理活性ペプチドを生成する¹²⁾。

本報では、豆腐の漬込み前後におけるもろみの ACE 阻害活性の変化を調べた。とうふようの発酵熟成期間中に大豆タンパク質由来の ACE 阻害ペプチドはもろみ中に増加するが、これらのペプチドは消化酵素の連続作用によって容易に分解されるものの、消化酵素耐性の ACE 阻害ペプチドも存在することが示唆された。腸管で吸収され得る ACE 阻害ペプチドは、大豆タンパク質および麹由来^{14, 15)}の消化酵素耐性ペプチドであることを示唆する結果が得られた。したがって、とうふようを食する際には漬け汁のもろみも有効に摂取することで、より効果的な機能性の発揮が期待される。また、とうふようのもろみ調製には豆腐や麹以外にも泡盛が使用されていることから、発酵で生成した各種生理活性物質や紅麹および豆腐に由来する各種生理活性物質のアルコール存在下における生体内吸収効率への影響などについても興味を持たれる。一方、とうふようもろみの生理活性成分とその有効性については未解明なままである。本報において、もろみ中の ACE 阻害ペプチドの消化酵素耐性と有用性が示唆されたが、実際にどれくらいのペプチドが腸管で吸収され、標的部位においてどのように作用するのか、あるいは ACE 以外の標的に対する機能性など全容解明にはまだまだ多くの課題が残されており、今後の精力的な研究が望まれる。

[謝辞]

本研究を遂行するにあたり、とうふようもろみをご提供頂きました株式会社紅濱に厚く御礼申し上げます。

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

- 1) World Health Organization 2013: A global brief on hypertension silent killer, global public health crisis. WHO 2013.
- 2) 平成 22 年国民健康・栄養調査結果の概要（厚生労働省統計報告）
- 3) 21 世紀における国民健康づくり運動「健康日本 21」（厚生労働省）
- 4) Yang H. Y. T., Erdös E. G., Levin Y.: A dipeptidyl carboxypeptidase that converts angiotensin I and inactivates bradykinin. *Biochim. Biophys. Acta*, **214**: 374-376, 1970.
- 5) Yang H. Y. T., Erdös E. G., Levin Y.: Characterization of a dipeptide hydrolase (kininase II: angiotensin I converting enzyme). *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **177**: 291-300, 1971.
- 6) 今泉 勉：高血圧診療学，永井書店（大阪），pp. 163-191，2011.
- 7) 岡 達三，二川 健，奥 恒行（編集），日本栄養・食糧学会（監修）：機能性タンパク質・ペプチドと生体利用，建帛社，pp. 9-19，2010.
- 8) 寺中 毅頼，江澤 真，松山 惇，他：米味噌，麦味噌，および豆味噌抽出液のアンギオテンシン I 変換酵素抑制効果，日本農芸化学会誌，**69**: 1163-1169，1995.
- 9) Okamoto A., Hanagata H., Matsumoto E., *et al.*: Angiotensin I converting enzyme inhibitory activities of various fermented foods. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **59**: 1147-1149, 1995.
- 10) 伊部 さちえ，吉田 恵子，熊田 薫：納豆のアンギオテンシン I 変換酵素阻害活性，日本食品科学工学会誌，**53**: 189-192，2006.
- 11) 安田 正昭：とうふよう製造に関する研究—製造秘伝の科学的解析と技術展開—，日本食品科学工学会誌，**37**: 403-409，1990.
- 12) 安田 正昭：大豆発酵食品「豆腐よう」に関する食品科学的研究，日本食品科学工学会誌，**57**: 181-190，2010.
- 13) Kuba M., Tanaka K., Tawata S., *et al.*: Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides isolated from Tofuyo fermented soybean food. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **67**: 1278-1283, 2003.
- 14) Kuba M., Tana C., Tawata S., *et al.*: Production of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from soybean protein with *Monascus purpureus* acid proteinase. *Process Biochem.* **40**: 2191-2196, 2005.
- 15) Kuba M., Tanaka K., Sesoko M., *et al.*: Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides in red-mold rice made by *Monascus purpureus*. *Process Biochem.* **44**: 1139-1143, 2009.
- 16) Yasuda M., Tachibana S., Kuba-Miyara M.: Biochemical aspects of red koji and tofuyo prepared using *Monascus* fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **96**: 49-60, 2012.
- 17) Jůzlová P., Martínková L., Křen V.: Secondary metabolites of the fungus *Monascus*: a review. *J. Ind. Microbiol.* **16**: 163-170, 1996.
- 18) Murray B. A., Wallsh D. J., FitzGerald R. J.: Modification of the furanacryloyl-L-phenylalaninylglycylglycine assay for determination of angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity. *J. Biochem. Bioph. Meth.* **59**: 127-137, 2004.
- 19) Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., *et al.*: Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**: 265-275, 1951.
- 20) Endo A.: Monacolin K, a new hypocholesterolemic agent produced by *Monascus* species. *J. Antibiot.* **32**: 852-854, 1979.
- 21) Kohama Y., Matsumoto S., Mimura T., *et al.*: Isolation and identification of hypotensive principles in red-mold rice. *Chem. Pharm. Bull.* **35**: 2484-2489, 1987.
- 22) 食品成分データベース（文部科学省），<http://fooddb.mext.go.jp/index.pl>
- 23) Wang HJ., Murphy P. A.: Isoflavone content in commercial soybean foods. *J. Agric. Food Chem.* **42**: 1666-1673, 1994.
- 24) 池田 稜子，太田 直一，渡辺 忠雄：大豆発酵過程における抗酸化性物質イソフラボンの変化，日本食品科学工学会誌，**42**: 322-327，1995.
- 25) Ishimi Y., Miyaura C., Ohmura M., *et al.*: Selective effects of genistein, a soybean isoflavone, on B-lymphopoiesis and bone loss caused by estrogen deficiency. *Endocrinol.* **140**: 1893-1900, 1999.
- 26) 福原 正生，大隈 明子，渡辺 良嗣，他：大豆イソフラボンの継続的摂取は更年期傷害を改善する（会議録），日本産科婦人科学会雑誌，**53**: pp. 323，2001.
- 27) Anthony M. S., Clarkson T. B., Williams J. K.: Effects of soy isoflavones on atherosclerosis: potential mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr.* **68**: 1390S-1393S, 1998.

知っておきたい日本の食文化

その三 日本人の主食，お米の歴史

橋本 直樹 (HASHIMOTO Naoki) *

* 食の社会学研究会

Key Words：米・歴史・食文化・和食

1. 米作りを始めたので古代国家が誕生した

今から二千数百年前、縄文時代の末期、狩猟採取に頼っていた食料が不足し始めたころ、タイミングよく中国大陸から稲作の技術を携えて、多数の渡来人が移住してきた。稲は高温で雨の多い日本の気候に適した作物であったから、水田稲作は数百年のうちに全国に広がり、多量に収穫できる米が日本人の主食になったのである。伝来した稲の原生地は中国大陸、長江の中、下流域であり、そこでは早くも七千年前から水田稲作が行われていた。この水田稲作の技術が山東半島から朝鮮半島西海岸を経て、あるいは山東半島から遼東半島、朝鮮半島を経由して、我が国の九州に伝えられたと考えられている。

日本で最も古い灌漑水田跡は紀元前5世紀、約2500年前の福岡市板付遺跡、野多目遺跡であり、鋤、鍬などの木製農具、穂摘みをする石包丁などが出土する。そこには4アール規模の長方形の水田がいくつも広がっていて、田植えをしていたらしい形跡も残っている。九州北部で始まった灌漑稲作はその後どのように東北にまで伝えられたのであろうか。二、三百年後の弥生前期には中国、近畿地方に広大な水田が作られるようになるが、台地が多くて灌漑しにく

い関東、東北地方で稲作が行われるのは、紀元1世紀、弥生中期から後期であったと考えられる。この頃の水田跡が青森県の砂沢遺跡や垂柳遺跡で発見されているので、水田稲作が九州から本州北端にまで伝わるには約500年を要したと考えられる。

アジアの稲は主にジャポニカ種とインディカ種であるが、日本に伝えられたのは米粒に丸みがあり、炊くと粘りと甘みが強くなる温帯ジャポニカ種である。刈り取った稲穂はそのまま袋や壺に入れて穴倉か高床式倉庫に貯蔵しておき、木臼と竪杵を使って脱穀した。その米を土器を使って水分の多い汁粥か、少なめの固粥に煮て食べていたらしい。次の古墳時代になると土器の鉢底に穴をあけ布を敷いて洗った米を入れ、水を入れた甕に重ね、火にかけて蒸す甑（現在の蒸籠）が中国から伝わってきたので、蒸した強飯を食べるようになった。現在の「ご飯」に相当する柔らかい姫飯が広く普及するのは、今から500年ほど昔の室町時代からである。そのころから糯米に代わって粘りの少ない「うるち米」の栽培が行われるようになったが、うるち米は蒸しても柔らかにならないので鉄釜を使って高熱で水分がなくなるまで炊き上げる姫飯にして食べるようになったのである。

稲は収量の良い作物であり、当時でも一粒播けば百粒ぐらいが稔り、反当たり百キロ弱の米

が収穫できたらしく、しかも毎年、同じ田に連作しても収量が減少することがない。栄養価に富み、貯蔵性もよく、美味である。品種改良が進んだ現在であれば、一株から二千粒ほど収穫できるからご飯にすれば茶碗半杯になる。稲という優れた穀物を得たことにより、わが国は僅か数百年のうちに狩猟採取に頼る縄文社会から農耕をする弥生社会に移行して古代文明社会を築くことができた。狩猟採取による食料が不足し始めていた縄文末期の人口は8万人弱であったが、農耕を始めて食料が豊かになると60万人程度に急増している。同じころ、西ヨーロッパで栽培していた小麦は一粒を播いて三粒ほどしか収穫できなかったから、人口密度は日本に比べてずっと少なかったのである。世界のいずれの地域でも、農耕によって穀物が安定して収穫できるようになると、ようやく生活に余裕ができて人口が増え、集落が大きくなって古代王国が誕生するのである。

古代の文明はどこでも大河の流域で農耕を始めることから起こった。そこには洪水で上流から運ばれてくる肥えた土壌が堆積していて、水の便もよく、穀物がよく栽培できたからである。西アジアではチグリス川とユーフラテス川に囲まれた三日月地帯に紀元前3500年ころメソポタミヤ文明が興り、少し遅れてアフリカのナイル川流域にエジプト文明が生まれた。紀元前2500年ごろにはインドでインダス河流域にインダス文明が興った。中国の黄河や長江の中流に古代文明が始まったのは紀元前4000年ごろである。

世界の4大文明がいっせいに興った紀元前4000年ごろ、わが国ではまだ縄文時代であり、狩猟、採取と漁労の生活が続いていた。ようやく紀元前数百年前になって、中国大陆から水田稲作が伝来して農耕生活が始まり、食料の心配がなくなると人口が増え、集落が大きくなって、各地に豪族が支配するクニが分立するようになった。そして、紀元4世紀に西日本、畿内のクニを統合して大和王権という古代国家が成立したのである。食料の確保は人間個人の生存に

欠かせないことは言うまでもないが、人間の集団社会の成立にも欠かせぬことなのである。古代においては「食べることの社会的役割」が現代よりもはるかに大きかったと言ってよい。

2. 米作りを経済基盤とする国家体制が続いた

古墳時代になると稲作の規模が大きくなり、収穫できるコメはクニの統治者によって集中的に管理されるようになる。米をクニの収入にする社会構造が生まれるのである。稲作を本格的に行うようになった古墳時代の人口は約540万人と推定され、狩猟採取の縄文時代に比べて数十倍に増えている。水田稲作によって食料の安定した生産体制を整えたことが古代国家が興る基になったのである。4世紀に畿内の有力なクニを統合して誕生した大和王権が隋、唐の政治体制に倣って本格的な律令国家に移行したのは7世紀から8世紀の奈良の都に栄えた飛鳥、白鳳、天平の時代である。律は今日の刑法、令は行政法や民法に相当するものであり、律令に基づいて官制、身分制、田制を定めて民衆を統治するのが律令制である。文武天皇の701年、大宝律令が制定され、天皇を中心にした中央集権国家体制が完成する。

華やかな天平文化が開花した奈良の都の経済を支えたのは米であった。米を十分に調達することは国の最重要事であるから、稲作は国家の税収を賄う重要な産業として国を挙げて推進された。日本の神話では稲は神より授けられた穀物であるとされている。「太陽神である天照大神が皇孫、瓊瓊杵尊を豊葦原の瑞穂の国に降臨させるに際して稲穂を持参させた」のであるから、その子孫である天皇家が司る祭祀儀礼の中で収穫した米を神に捧げて豊作を感謝する新嘗祭が最も重要とされているのである。奈良時代には酒を飲んだり肉を食べたりすると稲作が失敗すると信じられていたから、大化2年には稲作が忙しい季節に農民が魚を食べること、酒を飲むことを禁止する禁酒令が出され、天武4年には殺生禁止の詔を發布して農耕に使う牛馬を

殺すことを禁じている。僧侶に経を読ませ、役人たちに酒と肉を禁じて稲作の無事を祈願することもしばしば行われた。

孝徳天皇の大化2年、646年、大化の改新によって、全ての田畑、領民を公有にする公地公民制度が発足し、公民には口分田を支給する班田収授法が実施された。それまでは王族、豪族が耕地と農民を私有していたのを改めたのである。公民男子には2反、女子には1反120歩の水田を支給し、戸ごとに収穫した米を租（田租）として物納させることになった。

奈良時代には、全国の耕地面積は百万町歩（約百万ヘクタール）で、水田は70万町歩に達していたと考えられる。その頃、水田1ヘクタール当たりの米の収量は1トンぐらいであったらしいから、約70万トンの収穫があったであろう。国家に納められる米は田租、出挙、義倉などを合わせて10%ぐらいになったであろう。班田収授の制度で成年男子1人に支給される口分田、2反は24アールに相当する。口分田1反から収穫できる稲は平均して40束、米にして8斗、120キログラムぐらいであったと考えられるが、口分田1反につき稲1束5把を租として徴収したから、租は収量の多い上田なら収穫量の3%、下下田なら10%に相当した。

口分田2反から収穫できる米は240キログラムであるが、そこから租税、義倉（飢饉に備える備蓄米）、日用品の購入などに必要な米を差し引くと、飯米にできるのは3分の2、160キログラム程度になったらしい。米だけを食べるのであれば、一人、1日に米5合、1年で1.8石、270キログラムが必要であることを考えると、夫婦二人に支給された口分田から手にする飯米、一日約5合で一家が食べるのは容易ではない。

奈良時代の班田収授制に始まった米の収穫を経済基盤とする政治体制はこの後、江戸時代の石高制を経て明治維新になるまで1300年間続き、いつの時代にも新田を開墾して米の収穫を増やすことが政治の最重要課題であった。平安京の貴族に代わって政治を担当することになっ

た武士は領国の農業経営に熱心であった。大規模な水田開発が進められ、稲を刈り取った田圃に麦を育てる二毛作が始まった。牛馬を使う耕作、草木灰などの施肥、水車による灌漑などが普及して、米の反当たりの収量は倍増した。米の収穫量が増えたので、公家、僧侶と武士は米飯を常食するようになったが、農民は米を年貢として領主に納め、税のかからぬ麦、粟、稗、蕎麦などの雑穀を主食にしていた。

江戸時代、徳川幕府の経済基盤は米を通貨とする石高制である。全国の水田、畑、屋敷地など全ての土地の経済価値をそこから取れる米の石数で見積もり、それを基にして年貢米を徴収して幕府や諸藩の財源にするのである。全国の総石高は約3000万石と言われたが、江戸中期の総耕地面積は296万町歩、そのうち水田は164万町歩であったから、実際に収穫できた米は2200万石ぐらいであったろう。米1石は当時、1両で売買されていたから、1両が現在の貨幣価値で約13万円とすると米の総生産額は3兆円になる。米の値段は現在より4倍も高価であったから、現在の物価にスライドさせると約12兆円になる。

江戸時代の武士の給与は年貢で徴収した米から支給された。上級武士は知行石高に相当する年貢米を藩から受け取るが、下級武士の俸禄は1人、1日につき米5合（年間、約1.8石）として計算し、10人扶持ならば年間18石が米俵で支給された。家族が夫婦と子供1人ならば飯米は1日1升で足りるから、残りの扶持米、14石を換金すると14両、約182万円になる。1日にすると、約5000円に過ぎないから、家族が食べる米以外の食料、薪炭など日用品を買うのに精いっぱいであったに違いない。

3. 慢性的な米不足が続いていた

日本人は米食民族だといわれている。弥生時代に稲作が大陸から伝来して以来ずっと、米を主食とし、酒、酢、味噌、醤油、菓子などの原料にも米を使ってきた。ご飯を食べることが日

本食の基本なのである。しかし、民衆は古代からずっと米だけを常食にしていたわけではない。日本列島の温帯モンスーン気象は稲作に適してはいるが、山地が多く水田にできる平地が少ないので収穫できる米は限られていたからである。静岡県登呂の弥生遺跡でも水田の面積は狭く、収穫できた米は必要とする半分もなかったから、住民はドングリ、クルミ、栗などを拾い、麦、大豆などを栽培していた。米はいつの時代にも絶えず不足していて、民衆が米をどうにか常食できるようになったのは江戸時代からであり、米不足が完全に解消して誰もが白いご飯を腹いっぱい食べられるようになったのは第二次大戦後のことなのである。

ご飯とごく少量のおかずで栄養を摂るには、1日に米が5合、750グラム必要であるから、一人当たり年間に1.8石、270キログラムの米が必要になる。しかし、稲作が始まった弥生時代以来、いつの時代にも米の生産量はこの必要量の半分程度に過ぎず、一般民衆はご飯を常食にはできなかったのである。

奈良時代の水田面積は70万町歩、約70万ヘクタールであり、70万トンの米が収穫できていたらしいが、当時の人口を700万人とすると一人当たり年間100キログラムであり、とても米を常食にはできない。江戸時代には新田の開発を幕府や諸藩、富裕な商人が競って推進したので耕地面積が増大し、江戸中期には全国の水田面積は160万町歩になり、米の収穫は約2200万石、320万トンに達したと推定できる。しかし、人口も増えたので一人当たり平均すれば130キログラム、1日2.4合に過ぎない。米は相変わらず不足していたからコメの値段は現在に比べて4倍も高く、江戸の武士や富裕な商人、稼ぎのよい職人たちは米の飯を食べることができたが、地方の百姓はそうではなかった。年貢米を納めると手許には食べる米が残らないので、麦や粟に野菜を混ぜた雑炊を食べていたのである。

米不足は明治になっても続いた。明治14年、1881年、稲の作付面積は259万ヘクタールに

なり、477万トンのコメが収穫できたが、一人当たりにすれば124キログラムで江戸時代よりも少ない。都市部では白いご飯を食べていたが、農村では明治20年ごろになっても麦、雑穀が6割、米が4割の混ぜ飯を食べていた。昭和58年、国民的人気者になったNHK、朝の連続ドラマ「おしん」の主人公、おしんが生まれたのは明治40年代、山形県の寒村である。おしんの家族は米が足りないので大根めしを食べている。

その後、稲作技術が進歩したので、ヘクタール当たりの収量が2トンを超えて生産量は増えたが、人口も増えるので米不足はかえって深刻になっていた。大正時代になると米の生産量は一人当たり148キログラムに増えたが、需要量も年間160キログラムに急増した。原因は諸産業が発展して都市の庶民は収入が増え、農村でも養蚕業などで現金収入が増えたからである。日清戦争、日露戦争、第1次大戦後に起きた好景気の影響でもあった。

当然ながら国内産米だけでは足りなくなり、朝鮮、台湾、さらにはビルマ、ベトナムからの外米輸入が始まり、多いときには輸入米が200万トンに近くなり、米の自給率が85%に下がった。第1次大戦後の大正7年、1918年には輸入米の供給が逼迫して米の買い占めが起き、米価が4倍にも暴騰して民衆の抗議暴動「米騒動」が起きたのである。月収が15円程度の低所得家庭では家計の2割5分、食費の6割が米代に消えた。

しかし、その後は第2次大戦が始まるまで米の消費量は年間160キログラム、1日3合弱、440グラムで推移し、輸入米を含めた供給量と均衡するようになった。明治時代に比べるとおかずを多く食べるようになったので、ご飯は少なくとも済むようになったからである。

ところが、第二次大戦が始まると米不足が再び激しくなった。農村では肥料が不足し、男子が徴兵されて労働力が足りなくなったので、米の生産量が急低下し、米不足を補う輸入米も途絶えた。政府は米を配給制にして一人1日、2

合3勺、345グラム、年間126キログラムを確保しようとしたが、戦争末期にはそれもできなくなった。戦争に敗れた昭和20年には米の生産量は550万トン、一人当たり77キログラムにまで落ち込んでしまった。サツマイモ、カボチャ、さらには豆粕、ふすま、米ぬか、芋の茎まで主食代わりに食べる「代用食」で飢えを凌がなければならなかった。

4. ご飯を食べる和風の食事に戻す

第二次大戦後に農地解放が実施されると農家の生産意欲が高まり、化学肥料と化学農薬を使って米の増産が始まった、米は1ヘクタール当たりの収量が3トンを超えて生産量が急速に増加し、昭和30年には戦前の生産量を回復した。さらに、昭和42年には過去最高の1445万トン、一人当たり145キログラムに達したが、皮肉なことに米の消費量は昭和38年の1341万トン、一人当たり年間139キログラム、1日380グラムをピークとして減少し始め、日本史上はじめて米が余るようになった。高度経済成長が始まったころの東京下町の風景を描いた映画「オールウエイズ 三丁目の夕日」に登場する人々の関心はもはや米の飯ではなく、テレビやマイカーに向けられている

現在、米の生産量は農水省の減反政策により約850万トンに制限されているが、消費量は約711万トン、一人当たりにはすれば戦前の3分の1、年間56キログラム、1日、153グラムに減少している。1日に食べるご飯は茶碗に2杯にまで減ったのである。その原因は、食事が洋風化して肉料理、油料理の副食を多く摂るようになったので、主食であるご飯の摂取量が減り、さらに三度に一度はパン食をするようになったからである。米から摂取するカロリーは戦前には総摂取カロリーの60%を占めていたが、今や23%に減少し、戦前、家計費の25%を占め

ることもあった米代は僅かに4%で済むようになったのである。

かくして稲作が伝来してから二千年、明治になってからでも百年は続いた米不足が完全に解消し、国産米は史上初めて生産過剰になったのである。米の生産を制限する減反政策が始まり、米の生産金額は1.8兆円、GDPの僅か0.4%に減少した。平成22年の水稻の作付面積は163万ヘクタール、米の生産量は847万トンである。そして、私たちの先祖が営々と拡張してきた水田の実に35%にあたる90万ヘクタールが休耕田として放置されている。平成7年には国家食糧管理法が廃止されて、奈良時代の班田制から始まり、中世の荘園制、徳川幕府の石高制、第二次大戦中の米穀配給制、と延々1400年続いてきた国家による米の生産管理体制が終わったのである。

このような「コメ離れ」「コメ余り」現象が起きたのは、古代以来続いてきた米飯を主食にして、魚や野菜を食べる伝統的な食習慣が第二次大戦後に大きく変貌し、パン食が増え、肉料理、油料理を食べる洋風の食事に変わったからである。民族伝統の食習慣が僅か数十年の短い期間にこのように様変わりしたことは諸外国にはかつてなかった現象なのである。

脂肪の摂取過多になっている現在の洋風の食事を見直し、現在、1日に茶碗2杯に減っているご飯をもう1杯多く食べて、その分だけ輸入小麦で作るパンやスパゲティを減らし、肉料理や油料理をセーブして和食中心の日本型食事に戻せば、食料自給率は50%に回復する。今後の食生活では国内で生産できる米をはじめとする農産物、魚介類を最大限に活用するように配慮したいものである。ご飯を中心にして魚や野菜を多く食べるヘルシーな和食を復活させることは食料自給率の回復に繋がり、さらに、中高年者に蔓延している肥満を減らし、生活習慣病の予防にもなるのである。

二枚貝用飼料— 6

酒本 秀一*1 山元 憲一*2

*1SAKAMOTO Shuichi,

*2YAMAMOTO Ken-ichi (水産大学校生物生産学科)

Key Words: 二枚貝用飼料・タウリン・ベタイン・珪藻土・牛乳・珪藻・アサリ・飼育成績

著者らは前報¹⁾でエグレートパウダー(全卵を酵素処理してタンパク質を低分子化した後乾燥した原料)を数段階の濃度で添加した飼料を用いてアサリ幼貝の飼育試験を行い、飼料の水溶性タンパク質含量が飼育成績に及ぼす影響を説明した。本報告ではタウリン、ベタイン、珪藻土および牛乳の飼料への添加効果について説明する。更に、配合飼料と二枚貝の餌として最も優れていると云われる珪藻との比較を行い、配合飼料の現状についても触れる。

今回報告する全ての試験は前報の試験-1と同時に行ったのであるが、一緒に説明するとゴチャゴチャして分かり難いと思うので、三つの試験に分けて報告する。

試験 -1

二枚貝の肉に高濃度で含まれるタウリン(Tau)とベタイン(Bet)、珪藻に多量に含まれる無機質の基本飼料への添加効果を調べた。

1. 材料と方法

1-1. 試験区と飼料

A-Eの5試験区を設定した。表

1に各区の内容と飼料の組成を示す。Aは無給餌区、Bは基本飼料(BD:組成は前報と同じ)のみの対照区、CはBD98%にTauとBetを1%ずつ添加したTau, Bet区、DはBD95%に珪藻土を5%添加した珪藻土5%区、E区はBD90%に珪素土を10%添加した珪藻土10%区である。珪藻土を用いたのは珪藻の無機質の組成に近いのではないかと考えた為である。用いたTau, Bet, 珪藻土は何れも試薬レベルの物で、業者から購入してそのまま用いた。

基本飼料の調製は以下の手順で行った。先ず味付海苔屑²⁾(焼成、味付された後裁断・成形される工程で生じる屑海苔で、既に加熱されており、調味料も付着している。)のみACM-10型微粉碎機を用いて平均粒径が約25 μ m以下になる様に微粉碎する。次に白糖、オキアミミール、ビタミン混合、ミネラル混合の混合物を同じ微粉碎機で味付海苔屑微粉

表1 試験区と飼料

試験区	飼料	基本飼料の組成	
A	無給餌	微粉碎味付海苔屑(%)	39
B	基本飼料(BD) 100%	白糖	40
C	BD98%+Tau1%+Bet1%	オキアミミール	10
D	BD95%+珪藻土5%	ビタミン混合	3
E	BD90%+珪藻土10%	ミネラル混合	3
		魚油	5

表2 飼料の分析値

試験区	B	C	D	E
湿物				
水分 (%)	8.5	8.4	8.4	8.0
タンパク質	25.4	26.1	24.1	22.8
脂質	9.0	9.0	8.4	7.9
灰分	10.6	10.5	13.9	18.0
炭水化物	46.5	46.0	45.2	43.3
水溶性タンパク質	6.3	8.2*	6.0*	5.7*
エネルギー (Cal/100g)	359.6	360.4	344.4	327.6
乾物				
タンパク質 (% 乾物)	27.8	28.5	26.3	24.8
脂質	9.8	9.8	9.2	8.6
灰分	11.6	11.5	15.2	19.6
炭水化物	50.8	50.2	49.3	47.1
水溶性タンパク質	6.9	8.9*	6.5*	6.2*
エネルギー (Cal/100g)	393.0	393.4	376.0	356.1

*: 計算値

砕品と略同じ粒径になる様に微粉碎する。味付海苔屑とその他原料の混合物を別々に粉碎するのは、両者の物性が著しく違うので均一に混合するのが難しいことと、微粉碎にも障害が生じることによる。両微粉碎物は流動層造粒機を用いて十分に混合した後魚油をスプレーし、飼料に均一に吸着させて基本飼料とした。

基本飼料と Tau, Bet, 珪藻土の混合はフードプロセッサーを用いて行った。基本飼料と夫々の添加物をカッター型の刃を付したフードプロセッサーに計り入れ、十分に混合して均一な飼料にした。調製済みの飼料は酸素不透過性

のアルミ袋に脱酸素剤と共に密封し、使用時まで冷蔵庫にて保存した。

飼料の分析値を表2に示す。上段が湿物の分析値で、下段が乾物換算値である。Tau と Bet の添加によってタンパク質がやや増え、水溶性タンパク質が大きく増えるが、その他の成分やエネルギー含量は対照区と大きな違いが無かった。珪藻土の添加量が増えるに従って灰分が増え、水分、タンパク質、脂質、炭水化物、水溶性タンパク質、エネルギー含量は何れも減少していた。C, D, E 区の水溶性タンパク質量は B 区の

基本飼料の分析値から計算で求めた値である。なお、飼料の分析は飼料分析法に従い、炭水化物含量は $100 - (\text{水分} + \text{タンパク質} + \text{脂質} + \text{灰分})$ で、エネルギー含量はタンパク質と炭水化物は 4Cal/g、脂質は 8Cal/g の値を用いて計算で求めた。

1-2. 飼育システム

本試験に用いた二枚貝の飼育装置は写真1に示すシステムで、山元が考案、作成した装置である。本システムについては前報で詳しく説明したので、詳細はそちらを見て欲しい。

1-3. 飼育試験

業者から購入した平均体重 0.7g のアサリ幼貝を上述のシステムを用いて飼育した。供試貝数は 30 個体/区、飼育期間は 7 月 11 日から 8 月 19 日（給餌日数は 40 日）。水温調節は行わなかったため、25.6℃から 27.7℃の間を変動した。通水量は約 300ml/分、給餌量は A 区以外 1 日 1g とした。

1-4. 調査項目

飼育試験開始時に各区共全供試貝の殻長、殻高、殻幅を個体別にノギスを用いて測定し、便宜的に貝殻を直方体と見做して体積（殻長×殻高×殻幅）を求めた。体重は貝殻表面の水を

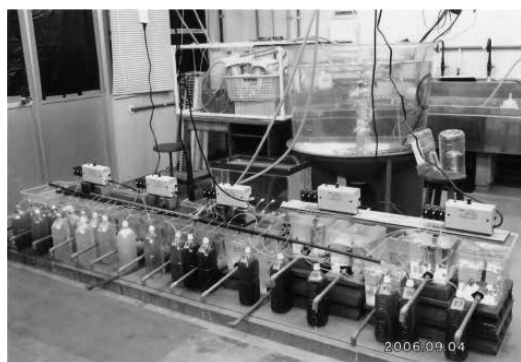


写真1 飼育システムの全体

ペーパータオルで拭き取った後電子天秤で測定した。また、試験に用いた貝とは別に同じロットの貝 60 個体を同様に処理した後ペーパータオル上に順番に並べて 105℃で 48 時間乾燥後重量を測定し、個体別に乾物比（乾物重量×100/湿物重量）を求めた。

飼育試験終了時には各区共 24 時間絶食させてから生残貝の全てを用いて開始時と同じ処理を行うと共に乾燥重量を測定し、乾物比も求めた。死貝については貝殻の大きさと湿物、乾物の重量を調べた。

これらの測定値から生残率（終了時生残貝数×100/開始時貝数）を求めると共に殻長、殻高、殻幅、体積、体重を飼育試験終了時と開始時で比較し、夫々の成長倍率（終了時/開始時）で各区の貝の成長状態を評価した。また、飼育期間中の貝の増重量と給餌量、給与タンパク質量から飼料効率（増重量×100/給餌量）とタンパク質効率（増重量×100/給与タンパク質量）を湿物と乾物で求めた。

2. 結果

2-1. 生残率

飼育期間中に D 区が 1 個体死亡したのみで、生残率に区間差は無かった。二枚貝の場合には 40 日程度絶食させても生残率が著しく減少することは無い様である。

2-2. 成長

飼育試験開始時と終了時の殻長、殻高、殻幅、

表 3 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E
生残率 (%)	100	100	100	96.7	100
殻長 (mm)					
開始時	15.8	15.5	15.6	15.5	15.8
終了時	15.7	16.0	17.0	15.8	16.6
終了時 / 開始時	0.99	1.03	1.09	1.02	1.05
殻高 (mm)					
開始時	10.7	10.6	10.6	10.7	10.6
終了時	10.7	11.0	11.6	11.9	11.5
終了時 / 開始時	1.00	1.04	1.09	1.11	1.08
殻幅 (mm)					
開始時	6.4	6.5	6.5	6.5	6.4
終了時	6.4	6.8	7.1	6.7	7.0
終了時 / 開始時	1.00	1.05	1.09	1.03	1.09
体積 (mm ³)					
開始時	1082	1068	1075	1078	1072
終了時	1075	1197	1400	1260	1336
終了時 / 開始時	0.99	1.12	1.30	1.17	1.25
体重 (mg)					
開始時	696	699	696	691	695
終了時	712	806	934	790	912
終了時 / 開始時	1.02	1.15	1.34	1.14	1.31

表 4 乾物重量と乾物比

試験区	A	B	C	D	E
乾物重量 (mg)					
開始時	383	384	383	380	382
終了時	383	461	539	448	536
終了時 / 開始時	1.00	1.20	1.41	1.18	1.40
乾物比 (%)					
開始時	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
終了時	53.8	57.2	57.7	56.7	58.8
終了時 / 開始時	0.98	1.04	1.05	1.03	1.07

体積、体重および夫々の成長倍率を表 3 に、乾物重量と乾物比の変化を表 4 に示す。

無給餌区（A 区）の値は何れも開始時と終了時で殆ど同じか、終了時の方がやや小さい値を示しており、飼育期間中に貝殻は成長しておらず、肉はやや痩せていたことが分かる。これに対して基本飼料を与えた B 区の成長倍率は何れも 1.0 以上の値を示しており、飼育期間中に貝は成長していた。この事から本試験に用いた基本飼料は二枚貝用飼料として有効であることが分かる。

Tau と Bet を添加した C 区の成長倍率は乾

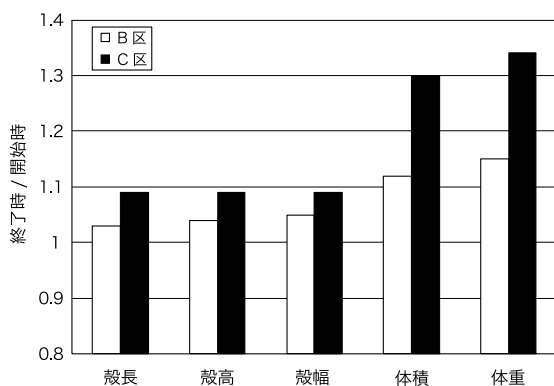


図1 Tau と Bet の添加が貝の成長に及ぼす影響

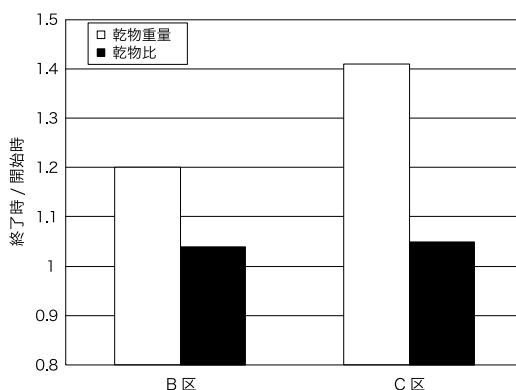


図2 Tau と Bet の添加が貝の乾物重量と乾物比に及ぼす影響

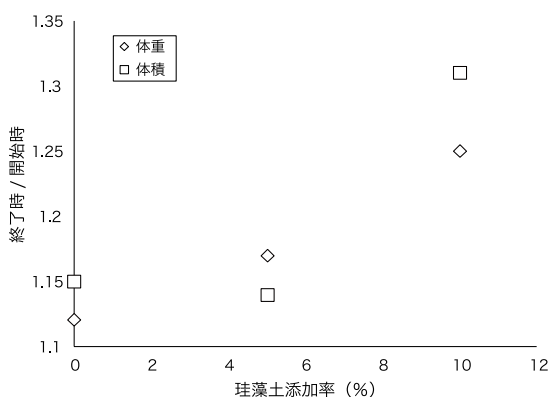


図3 珪藻土の添加率が貝の成長に及ぼす影響

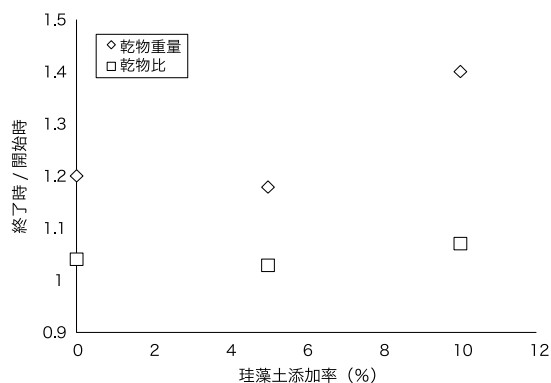


図4 珪藻土の添加率が貝の乾物重量と乾物比に及ぼす影響

物比以外何れも対照のB区より明らかに高く(図1, 2), Tau と Bet に明確な添加効果が認められた。また, 珪藻土の場合には5%添加区(D区)の成長倍率は何れもB区と差が無かったが, 10%添加区(E区)の値は何れもB区より高く(図3, 4), 珪藻土にも添加効果が認められた。

C区は湿物, 乾物共に体重の成長倍率がB区より高かったのに乾物比は両区で違いが無かった。これはTau や Bet を飼料に添加するとアサリの成長は促進されるが, 貝殻や肉等特定の部位が大きくなるのではなく, 全体が同じバランスで成長していたことを示すものと考ええる。また, 珪藻土を10%添加したE区の乾物比は明らかにB区より高かったが, これは貝殻の成

長割合が大きかったことによるのではないかと推測している。貝殻の主成分は炭酸カルシウムであるが, カルシウムは海水から, 炭酸は海水と体内の代謝によって生じる炭酸ガスから十分量が供給されると思われる。珪藻土の10%添加で貝殻の成長が良かったのではないかと推測出来る結果が得られたことは, カルシウム以外の無機質, 例えば珪素等が貝殻の成長にとって必要なのかも知れない。

2-3. 飼料効率, タンパク質効率

飼料効率とタンパク質効率を表5に示す。二枚貝の場合摂取する栄養成分が不足すると肉成分の可也の部分を水と置き換え, 所謂水貝の状態になり, 湿物の肉重量があまり変化しないので注意が必要である。湿物で肉の重さを測定す

表 5 飼料効率とタンパク質効率

試験区	A	B	C	D	E
湿物					
給餌量 (g)		40	40	40	40
総重量 (g)					
開始時	20.867	20.970	20.876	20.741	20.852
終了時	21.356	24.175	28.022	23.307	27.374
増重量 (g)	0.489	3.205	7.146	2.566	6.522
飼料効率 (%)		8.01	17.86	6.42	16.31
タンパク質効率 (%)		31.54	68.43	26.64	71.54
乾物					
給餌量 (g)		36.6	36.6	36.6	36.8
総重量 (g)					
開始時	11.477	11.534	11.482	11.408	11.469
終了時	11.493	13.826	16.159	13.389	16.070
増重量 (g)	0.016	2.292	4.677	1.981	4.601
飼料効率 (%)		6.26	12.78	5.41	12.50
タンパク質効率 (%)		22.52	44.84	20.57	50.40

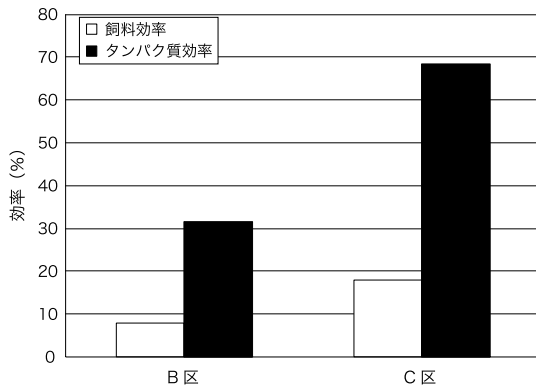


図 5 Tau と Bet の添加が飼料効率とタンパク質効率に及ぼす影響

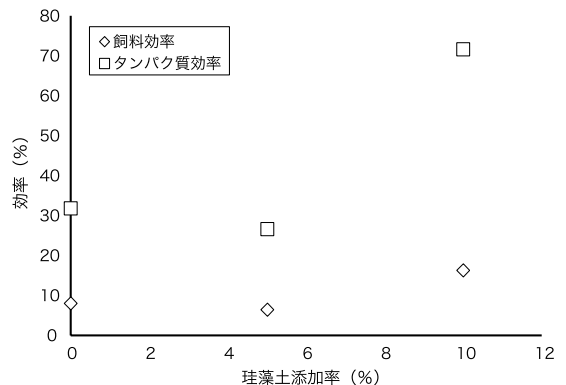


図 6 珪藻土の添加率が飼料効率とタンパク質効率に及ぼす影響

ると同時に肉質や乾物重量も調べておかないと判断を誤る可能性が有る。無給餌区 (A 区) の貝は飼育期間中に殆ど成長しておらず、飼育システムの濾過装置が正常に機能を発揮していたことが分かる。

Tau と Bet を添加した C 区の飼料効率, タンパク質効率共に対照の B 区より著しく高く (図 5), Tau と Bet が貝の成長を促進させる栄養成分として役立っていることが分かる。C 区の飼料効率 17.86%, タンパク質効率 68.43% は前報試験 -1 で最も飼育成績が優れていた基本飼料 90%+ エグレートパウダー 10% 区の 26.05% と

95.07% より低いものの, 可也高い値である。

珪藻土を 5% 添加した D 区の飼料効率, タンパク質効率は B 区と略同じであったが, 10% 添加の E 区の値は明らかに高く (図 6), Tau と Bet を添加した C 区と略同じ値を示していた。珪藻土も飼料に 10% 以上添加するとアサリの成長を促進する効果が有る様である。珪藻土に含まれる栄養成分は無機質が多いので, 基本飼料に無機質が不足していることが考えられるが, 以前に無機質の添加量を検討した試験では不足しているとの結果ではなかった。また, 本試験で珪藻土を 5% 添加した区に効果が認め

られなかったことも併せ考えると、珪藻土の場合は無機質供給源としての役割以外の作用を考えた方が良いのではないかと推測する。

3. 要約

・タウリンとベタインを1%ずつ添加した飼料でアサリ幼貝を40日間飼育したところ、無添加の対照区より成長が優れ、飼料効率、タンパク質効率共に高かった。タウリンとベタインは二枚貝用飼料の栄養成分として有効であると判断する。

・珪藻土を5%添加した飼料で飼育した区の成長と飼料効率、タンパク質効率は無添加の対照区と略同じ値を示したが、10%添加区では何れも対照区より高い値を示した。

・珪藻土には無機質の給源としての役割以外に二枚貝にとってプラスになる何らかの作用が有るのではないかと推測する。

試験-2

前報で二枚貝の育成にとって飼料の水溶性タンパク質が重要であることを説明した。ところが二枚貝用飼料は水に懸濁して給与する。この時に水溶性の画分が完全に水に溶出してしまつては二枚貝の消化管に取り込まれる機会が減少すると思われる。そうであれば水溶性の物質が何らかの固形物に吸着あるいは包含されていれば固形物と共に食べられ、栄養成分としての役割を果たし得るのではないかと推測した。

1. 材料と方法

1-1. 試験区と飼料

吸着材に基本飼料、吸着させる物に入手が容易で価格も安く、栄養成分のバランスもとれていると考えられる牛乳（森永乳業

表6 試験区と飼料

試験区	飼料
A	無給餌
B	基本飼料 (BD) 100%
C	BD300g+ 牛乳 200g
D	BD300g+ 牛乳 400g
E	牛乳 20ml/ 日

株式会社の特濃4.5) を用いることにした。

試験区は表6に示す5区を設定した。Aは無給餌区、Bは基本飼料のみの対照区、Cは基本飼料300gに牛乳を200g添加した区、Dは基本飼料300gに牛乳を400g添加した区、Eは牛乳のみを日に20ml与えた区である。なお、基本飼料の組成と調製法は試験-1と同じである。基本飼料に牛乳を添加したC区とD区の飼料は以下の手順に従って作成した。まず必要量の基本飼料をカッター型の刃を付したフードプロセッサに計り入れる。それに少量ずつ牛乳を添加し、攪拌する。この作業を繰り返し、必要量の牛乳を添加した飼料を得る。牛乳の添加量が多くなると飼料はダンゴ状になるので、攪拌、混合は十分時間をかけて行い、均一になる様に注意する。この様にして調製したダンゴ状の飼料は高水分対応型脱酸素剤と共に酸素不透過性のアルミ袋に密封し、使用時まで-20℃の冷凍庫で保存した。E区に使用した牛乳は開封後賞

表7 飼料の分析値

試験区	B	C	D
湿物			
水分 (%)	8.5	39.5	53.6
タンパク質	25.4	16.8	12.9
脂質	9.0	7.2	6.1
灰分	10.6	6.4	4.7
炭水化物	46.5	30.1	22.7
水溶性タンパク質	6.3	3.9	3.3
エネルギー (Cal/100g)	359.6	245.2	191.2
乾物			
タンパク質 (% 乾物)	27.8	27.8	27.8
脂質	9.8	11.9	13.1
灰分	11.6	10.6	10.1
炭水化物	50.8	49.7	49.0
水溶性タンパク質	6.9	6.4	7.1
エネルギー (Cal/100g)	393.0	405.3	412.1

味期限内に廃棄し、新しい物と交換した。

飼料の分析値を表7に示す。湿物では当然のことながら牛乳の添加量が増えるに従って水分が増え、その他成分は全て減少していた。乾物換算値では脂質とエネルギー含量が牛乳の添加量と共に増え、灰分と炭水化物は減少していた。ところがタンパク質と水溶性タンパク質含量は殆ど同じ値を示していた。意外なことであったが基本飼料への牛乳の添加によって含量が大きく変化するのは脂質のみで、それに伴ってエネルギー含量も変化していた。

1-2. 飼育試験

アサリ幼貝の飼育試験には試験-1同様山元の二枚貝飼育システムを用いた。牛乳を添加したC区とD区の飼料は給餌前日の夕方に必要量を冷蔵庫に移して解凍し、給与当日の朝濾過海水を加えてミキサーで均一に懸濁した。懸濁した飼料は給餌用ペットボトルに洗い込んで2Lに定容した。E区の牛乳は直接ペットボトルに洗い込んで定容した。

B区の給餌量は1g/日であったが、牛乳添加飼料は乾物の給餌量がB区と同じになる様にC区は1.5g、D区は2.0g/日とした。

その他の飼育条件や調査項目は試験-1と同じであった。

2. 結果

2-1. 生残率

A-D区で飼育期間中に死亡した貝は無く、生残率は何れも100%であった。牛乳のみを与えたE区では3個体が死亡し、生残率は90%と他区より明らかに低かった。E区で死亡個体

が多かったのは牛乳が海水中でフロックを形成し、貝が食べられない大きさになるばかりでなく、飼育水を著しく汚すことによって溶存酸素量が減少したことに原因があったものと考えられる。牛乳を基本飼料に吸着させたC区とD区で水の汚れが全くなかったとは言えないが、E区に比べて汚れは遥かに少なかった。両区では牛乳としての投与量がE区より少なかったことと、牛乳が基本飼料に吸着されて水中に溶出した部分が少なかったことによるのであろう。牛乳は生物化学的酸素要求量(BOD)が大きく、水中の溶存酸素量を減少させる物の代表として良く知られている。牛乳のみで配合飼料と同量の栄養成分を与えるのは特殊な飼育システムを開発しない限り難しいのではないかと思われる。

2-2. 成長

飼育試験開始時と終了時の貝殻の大きさ、体重および夫々の成長倍率を表8に、乾物重量と

表8 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E
生残率 (%)	100	100	100	100	90
殻長 (mm)					
開始時	15.8	15.5	15.7	15.6	15.7
終了時	15.7	16.0	17.1	16.7	15.6
終了時 / 開始時	0.99	1.03	1.09	1.07	0.99
殻高 (mm)					
開始時	10.7	10.6	10.9	10.7	10.7
終了時	10.7	11.0	11.9	11.5	11.6
終了時 / 開始時	1.00	1.04	1.09	1.07	1.08
殻幅 (mm)					
開始時	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5
終了時	6.4	6.8	7.2	7.0	6.4
終了時 / 開始時	1.00	1.05	1.11	1.08	0.98
体積 (mm ³)					
開始時	1082	1068	1112	1085	1092
終了時	1075	1197	1465	1344	1158
終了時 / 開始時	0.99	1.12	1.32	1.24	1.06
体重 (mg)					
開始時	696	699	696	695	694
終了時	712	806	969	899	716
終了時 / 開始時	1.02	1.15	1.39	1.29	1.03

(注) E区終了時の値は生残貝のみで計算

表9 乾物重量と乾物比

試験区	A	B	C	D	E
乾物重量 (mg)					
開始時	383	384	383	382	382
終了時	383	461	560	525	395
終了時 / 開始時	1.00	1.20	1.46	1.37	1.03
乾物比 (%)					
開始時	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
終了時	53.8	57.2	57.8	58.4	55.2
終了時 / 開始時	0.98	1.04	1.05	1.06	1.00

(注) E区終了時の値は生残貝のみで計算

乾物比の変化を表9に示す。無給餌区(A区)と牛乳区(E区)は何れの値も略1.0かそれ以下の値(E区殻高の1.08は測定ミスではないかと推測する。殻高のみが大きくなるのは考え難い。)で、飼育期間中に貝は殆ど成長していなかった。これに対しBの基本飼料区とC、D

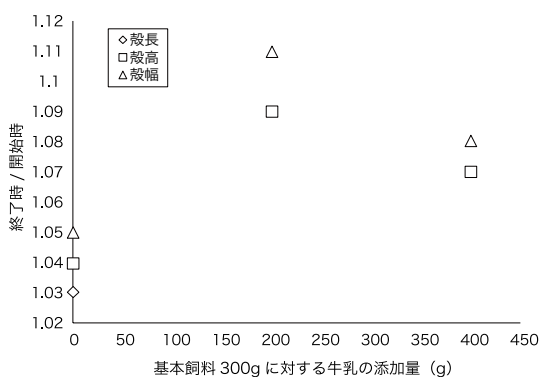


図7 牛乳の添加量が貝の成長に及ぼす影響

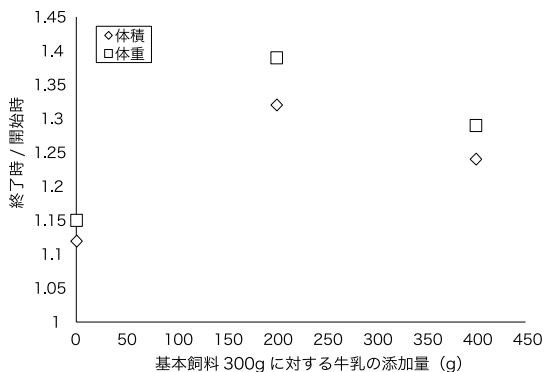


図8 牛乳の添加量が貝の体積と体重に及ぼす影響

の基本飼料+牛乳区は何れの値も1.0以上で、アサリは明らかに成長していた。

殻長、殻高、殻幅(図7)、体積および湿物、乾物の体重(図8, 9)はいずれもC>D>B区の順に成長倍率が高く、牛乳の添加効果が認められた。特に基本飼料300gに牛乳200gの添加量で効果が高かった。ところがB-D区の

乾物比は1.04~1.06で3区間で殆ど違いがなく(図9), 牛乳の添加によって貝殻あるいは貝肉の何れかが特異的に大きくなることは無く、両者が略同じ割合で成長していたことが分かる。

2-3. 飼料効率, タンパク質効率

表10に飼料効率とタンパク質効率を示す。表7から分かる様に牛乳を添加したC区とD区の飼料は著しく水分含量が高いので、湿物で効率の比較を行うのは適切ではなく、乾物で比較しなければならない。飼料効率, タンパク質効率共に牛乳を添加したC区とD区の値が無添加のB区より高く、牛乳が貝の成長に効率良く利用されたことが分かる。

飼料効率, タンパク質効率共にC>D>B区の順に優れていたが、C区の値は前報の試験-1

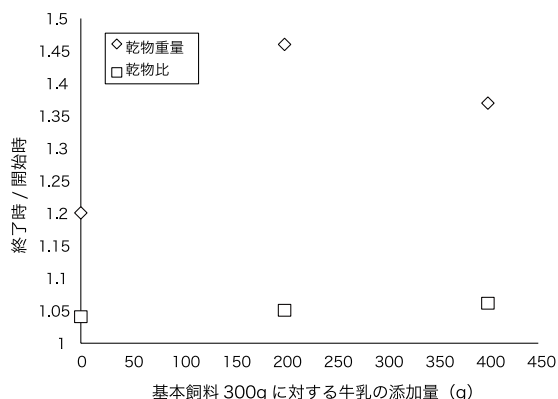


図9 牛乳の添加量が貝の乾物重量と乾物比に及ぼす影響

表 10 飼料効率とタンパク質効率

試験区	A	B	C	D	E
湿物					
給餌量 (g)		40	60	79	
総重量 (g)					
開始時	20.867	20.970	20.869	20.837	20.830
終了時	21.356	24.175	29.062	26.979	21.477
増重量 (g)	0.489	3.205	8.193	6.142	0.647
飼料効率 (%)		8.01	13.66	7.77	
タンパク質効率 (%)		31.54	81.31	60.23	
乾物					
給餌量 (g)		36.6	36.6	36.6	
総重量 (g)					
開始時	11.477	11.534	11.478	11.460	11.457
終了時	11.493	13.826	16.809	15.746	11.859
増重量 (g)	0.016	2.292	5.328	4.286	0.402
飼料効率 (%)		6.26	14.56	11.71	
タンパク質効率 (%)		22.52	52.37	42.12	

(注) E 区終了時の値は死貝の補正を行って計算

で最も成績が良かった基本飼料 90%+ エグレートパウダー 10% 区の値よりやや劣る程度で、D 区の値は基本飼料 80%+ エグレートパウダー 20% 区の値よりやや優れており、特にタンパク質効率が高い値を示していた。

3. 要約

・基本飼料に牛乳を添加した飼料でアサリ幼貝を飼育したところ、無添加の基本飼料より飼育成績が勝っていた。

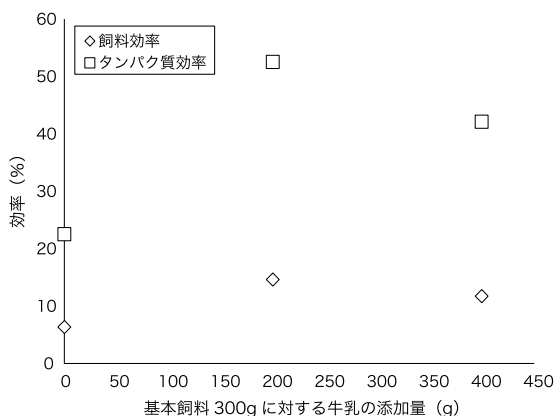


図 10 牛乳の添加量が乾物の飼料効率とタンパク質効率に及ぼす影響

・基本飼料 300g に牛乳を 200g 添加した区の飼育成績が最も優れており、次いで牛乳を 400g 添加した区であった。

・牛乳のみを与えた区の貝は殆ど成長せず、水の汚れの為か供試貝の 10% が飼育期間中に死亡した。

・以上の結果から、給餌時に成分溶出を抑制できれば牛乳は二枚貝用飼料の優れた原料になり得るものと推測する。

試験 -3

二枚貝の餌として最も優れていると云われる珪藻でアサリ幼貝を飼育し、珪藻と配合飼料が飼育成績に及ぼす違いを調べた。

1. 材料と方法

1-1. 試験区

表 11 に示す A-F の 6 試験区を設定した。A は無給餌区、B から F はヤンマー (株) から市販されている珪藻 (*Chaetoceros gracilis*) 濃縮

表 11 試験区と珪藻濃縮液給与量

試験区	珪藻濃縮液給与量
A	0
B	20
C	40
D	80
E	120
F	200

給与量単位: ml/ 日

表 12 珪藻の分析値

タンパク質 (%) 乾物)	28.4
脂質	14.8
灰分	43.2
炭水化物	13.6
エネルギー (Cal/100g)	286.4

液を1日20mlから200ml給与した区である。これまでに報告されている *Chaetoceros gracilis* の分析値の一例を表12に示す。他の植物プランクトンに比較して灰分が非常に高いことに特徴が有る。

1-2. 飼育試験

大型容器にパッキングされている市販の珪藻濃縮液を十分に混合して均一な濃度にした後小型容器に移し替えて冷蔵庫中に保存し、試験に用いた。毎日必要量の珪藻濃縮液を濾過海水を用いて給餌用ペットボトルに洗い込み、2Lに定容した。それ以外の飼育条件や飼育装置、調査項目等は試験-1と同じであった。

2. 結果

2-1. 生残率

F区で1個体が死亡したのみで、生残率に区間差は認められなかった。

2-2. 成長

表13に飼育試験の結果、表14に乾物重量と乾物比を示す。貝殻の大きさ（殻長、殻高、殻幅および体積）は珪藻の給与量に比例して大きくなっており、配合飼料とは違って200ml/日の給与量まで成長の停滞や減少は認められなかった。

図11に珪藻濃縮液の給与量と貝の体積、体重の成長倍率、図12に乾物体重の成長倍率と

表13 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E	F
生残率 (%)	100	100	100	100	100	96.7
殻長 (mm)						
開始時	15.8	15.8	15.6	15.5	15.6	15.7
終了時	15.7	15.8	15.9	16.8	18.2	19.2
終了時 / 開始時	0.99	1.00	1.02	1.08	1.17	1.22
殻高 (mm)						
開始時	10.7	11.0	10.8	10.9	10.6	10.7
終了時	10.7	10.8	11.1	12.6	12.5	13.4
終了時 / 開始時	1.00	0.98	1.03	1.16	1.18	1.25
殻幅 (mm)						
開始時	6.4	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4
終了時	6.4	6.5	6.7	7.1	7.7	8.2
終了時 / 開始時	1.00	1.00	1.03	1.09	1.20	1.28
体積 (mm ³)						
開始時	1082	1130	1095	1098	1058	1075
終了時	1075	1109	1182	1503	1752	2110
終了時 / 開始時	0.99	0.98	1.08	1.37	1.66	1.96
体重 (mg)						
開始時	696	695	693	694	693	692
終了時	712	733	801	948	1189	1358
終了時 / 開始時	1.02	1.05	1.16	1.37	1.72	1.96

表14 乾物重量と乾物比

試験区	A	B	C	D	E	F
乾物重量 (mg)						
開始時	383	382	381	382	381	381
終了時	383	400	454	562	696	792
終了時 / 開始時	1.00	1.05	1.19	1.47	1.83	2.08
乾物比 (%)						
開始時	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
終了時	53.8	54.6	56.7	59.3	58.5	59.5
終了時 / 開始時	0.98	0.99	1.03	1.08	1.06	1.08

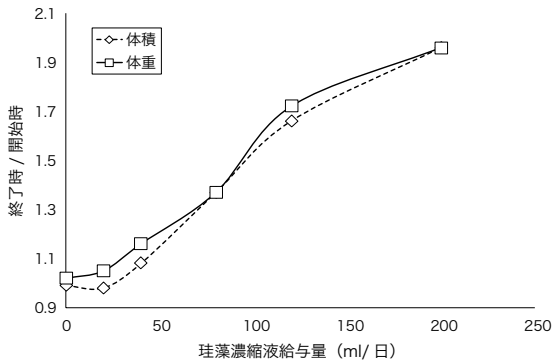


図 11 珪藻濃縮液の給与量が貝の体積と体重に及ぼす影響

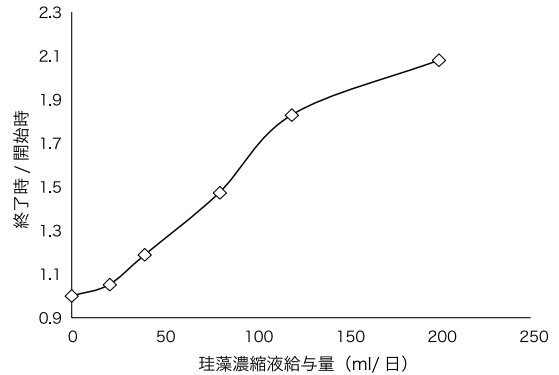


図 12 珪藻濃縮液の給与量が貝の乾物重量に及ぼす影響

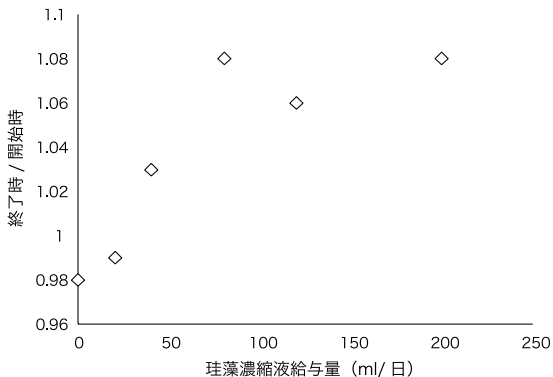


図 13 珪藻濃縮液の給与量が貝の乾物比に及ぼす影響

の関係を示す。何れも珪藻の給与量に従って直線的に大きくなるのではなく、シグモイド曲線を示すようである。200ml 以上に珪藻の給与量を増やすと成長倍率は次第に横這いになるのではないと思われる。また、珪藻の給与量が 100ml 以上の区では前報で最も飼育成績が良かった基本飼料 90%+ エグレートパウダー 10% 区以上の成長倍率を示していた。

貝の乾物比は珪藻濃縮液の給与量が 80ml までは給与量と共に高くなったが、それ以上の給与量になると略一定の値を示していた (図 13)。給与量が 80ml まで増えるに従って肉よりも貝殻の成長割合が大きかったのではないと思われる。それ以上の給与量になると貝殻も肉も略一定の割合で大きくなっていったのであろう。

3. 要約

- ・市販の珪藻 (*Chaetoceros gracilis*) 濃縮液をアサリ幼貝に 1 日 20 ~ 200ml 給与して 40 日間飼育したところ、給与量に従って成長が良くなった。

- ・配合飼料と違って珪藻の場合には 200ml/日の給与量まで貝に成長の停滞や減少は認められなかった。

- ・アサリは珪藻の給与量に従って直線的に大きくなるのではなく、シグモイド曲線様の成長をしているのではないと思われる。

考察

タウリン、ベタイン

タウリン (Tau) とベタイン (Bet) を基本飼料に 1% ずつ添加してアサリ幼貝を飼育すると成長が改善されたが、それはどのような機構によるのであろうか。Tau あるいは Bet に魚類³⁾で明らかにされた様な特別な作用が有るのであろうか。

二枚貝の成長は飼料の水溶性タンパク質量に影響されることが著者らの試験で分かっている。そこで基本飼料にエグレートパウダーを添加して水溶性タンパク質含量を変えた飼料でアサリ幼貝を飼育した前報¹⁾ 試験-1 の結果と

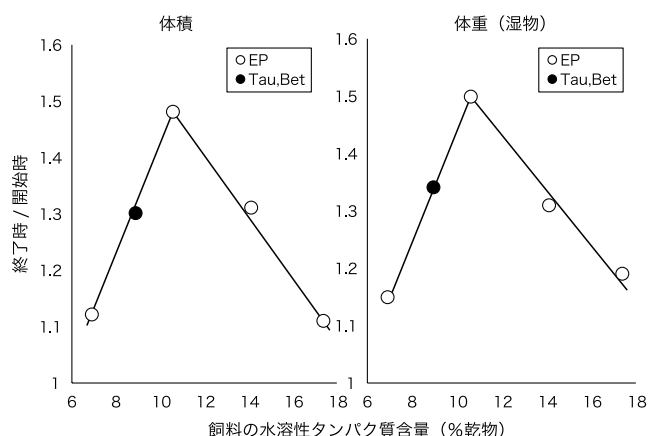


図 14 飼料の水溶性タンパク質含量と貝の成長の関係

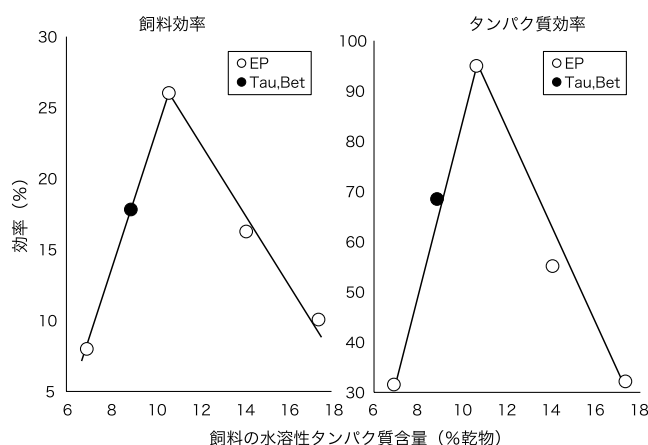


図 15 飼料の水溶性タンパク質含量が飼料効率、タンパク質効率に及ぼす影響

本試験での Tau, Bet 添加区の結果を併せてみる。Tau, Bet 添加区の貝の体積と体重の成長倍率 (図 14), 飼料効率およびタンパク質効率 (図 15) は飼料の水溶性タンパク質含量との相関図に綺麗に乗る。念の為に飼料のタンパク質, 脂質, 炭水化物およびエネルギー含量との関係も調べてみたが, 前報のグラフに一致することはないと断言は出来ないが, 飼料に Tau や Bet を添加すると水溶性タンパク質含量が増えることが貝の成長の促進に繋がっているのであって, Tau や Bet に特別な作用は無いのではないかとと思われる。そうであれば二枚貝用飼料に特に

Tau や Bet を添加する必要は無く, 安価で水溶性タンパク質が多い原料を用いれば良いことになる。

これまでの試験⁴⁾で飼料の粒径が同じ程度であればプロトプラスト化処理あるいはスフェロプラスト化処理を行ったスサビノリの方が無処理の物より二枚貝の飼育成績が勝ることが分かっている。酵素処理して細胞膜を除去したプロトプラストやスフェロプラストは未処理の物よりタンパク質含量が高く, 水溶性の部分も多い。これは給餌時の飼育水の色からも確認出来る。本試験の結果から, プロトプラストやスフェロプラストを使用した飼料の方が飼育成績が優れていた原因は, 飼料の水溶性タンパク質含量が多かったことによるのではないかと推測出来る。

この結果は, 二枚貝用飼料の原料として適切なアミノ酸組成を有し, 水溶性画分も多い物が有れば, 必ずしもスサビノリを使用する必要は無いことを示唆している。スサビノリを用いる必要が無ければ原料費が可

也削減出来, 二枚貝用飼料の実用化に一歩近づくのではないだろうか。

珪藻土

珪藻土も飼料に 10% 添加すると貝の成長が促進されたが, それはどのような作用によるのであろう。珪藻土 10% 添加区の貝の乾物比は明らかに対照区より高かったので, 貝殻の成長が促進されていた可能性が有る。貝殻の主成分である炭酸カルシウムの原料が対照区で不足していたとは思えないので, それ以外の無機成分が珪藻土から供給されることによって貝殻の成長を促進したのかも知れない。今後珪素を中心に調べてみる必要が有る。

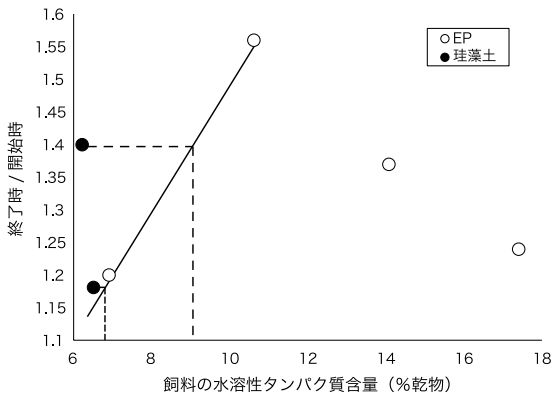


図 16 飼料の水溶性タンパク質含量と体重（乾物）の関係

飼料の無機質以外の成分、例えば水溶性タンパク質量と貝の成長倍率の関係は如何なっているのであろう。珪藻土の添加量が増えれば当然水溶性タンパク質量は減少する。それなのに貝の成長は促進されていた。これを如何考えれば良いのか。Tau, Bet の場合と同様に、エグレートパウダーを用いた飼料の水溶性タンパク質量と体重の成長倍率のグラフに珪藻土を 5% あるいは 10% 添加した区の結果を乗せてみると図 16 の様になる。珪藻土の添加量が増えると水溶性タンパク質量は減っているが体重の成長倍率は高くなっている。珪藻土添加区の値を右にズラしてエグレートパウダー添加区の線上に移してみると、珪藻土 10%

添加区はエグレートパウダー添加の場合の水溶性タンパク質量約 9% 乾物、珪藻土 5% 添加区は約 7% 乾物に相当する成長倍率であることが分かる。エグレートパウダーを使用した場合より飼料の水溶性タンパク質量が少なくても貝の成長倍率が高いことになり、少ない水溶性タンパク質を貝が効率良く利用していることになる。

何故このような結果になるのであろう。珪藻土は有機物の吸着材として知られている。飼料中の水溶性画分が珪藻土に吸着され、しかも珪藻土の粒径が二枚貝の餌として適している為、水溶性タンパク質を吸着した珪藻土をアサリ幼貝が効率良く食べたのではないだろうか。珪藻土の作用として無機質の給源であると共に、飼料の水溶性画分を吸着して二枚貝に食べさせる為のキャリアーとしての役割も大きいのではないかと推測する。

水溶性画分が多い飼料はどうしても飼育水を汚し、二枚貝の飼育環境を悪くする。珪藻土の様な吸着材を飼料に添加し、水の汚れを防ぐと共に貝の成長を促進する方法は魅力的で、十分実用化が可能な技術である様に思う。

牛乳

基本飼料に牛乳を添加しても貝の成長が促進されていた。飼料のタンパク質、脂質、灰分、炭水化物およびエネルギー含量と貝の成長に相関は認められなかった。そこで Tau, Bet, 珪藻土と同様に飼料の水溶性タンパク質量と貝の成長（体積，体重），飼料効率およびタンパク質効率との関係を調べたのが図 17 と図 18 である。エグレートパウダー添加区に比べて牛乳添加区の水溶性タンパク質量は少ないのに

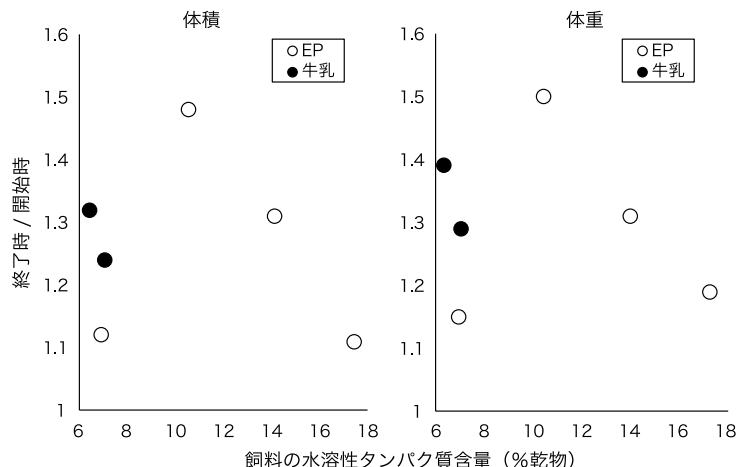


図 17 飼料の水溶性タンパク質含量と貝の成長の関係

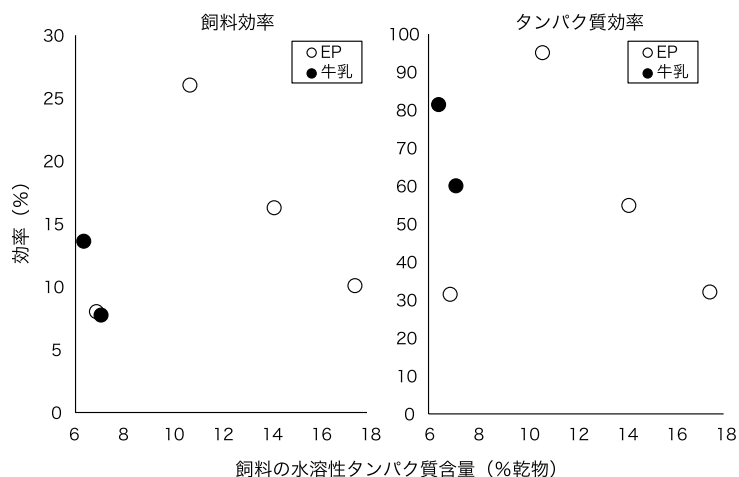


図 18 飼料の水溶性タンパク質含量と飼料効率、タンパク質効率との関係

貝の成長や飼料の効率は高く、特にタンパク質効率が低い値を示していた。これは牛乳を吸着した基本飼料を貝が食べることによってより多くの栄養成分を消化管に取り込んだことを示すものであろう。特にタンパク質効率が著しく改善されたことは、飼料に含まれる脂質や炭水化物をエネルギー源として有効に利用し、その分タンパク質が成長に用いられる割合が高くなっていたのではないかと推測出来る。牛乳の高い脂質含量が役立ったのかも知れない。

方法によっては牛乳の様に安価で入手しやすい物が二枚貝用飼料の原料として利用出来ることは大変興味深い。適切な牛乳の吸着材、牛乳の至適添加量、牛乳の添加によって栄養成分のバランスが良くなる基本飼料等を検討することによって、今後より安価で優れた性能を持つ二枚貝用飼料が開発出来る可能性が有る。

牛乳添加飼料は冷凍状態で流通させる必要が有るが、現在のようにコールドチェーンが発達していれば何の問題も無

い。また、牛乳の添加、混合は何処でも、誰でも出来る簡単な操作である。牛乳添加用のキッチンとした基本飼料さえ有れば各人が夫々のやり方に合った牛乳添加飼料を調製出来るので、この方がより現実的かも知れない。そうすれば冷凍品を流通させる必要も無い。

珪藻と配合飼料

珪藻濃縮液は添加量を 1 日 200ml まで増やしても配合飼

料と違って貝の成長に停滞や減少は認められなかった。これは珪藻が生きた植物プランクトンで細胞内に水溶性画分が多いこと、飼育水に懸濁させても成分の溶出が無いので飼育水が汚れないこと、配合飼料の様に沈下しないこと等が主な原因ではないかと推測する。また、粒径が二枚貝の餌として適している事も有る。多分給与した略全量が貝に食べられ、利用されたのであろう。これらの点では配合飼料は未だ珪藻には敵わない。粒径が適切で、水溶性画分が多くても溶出が少なく、水を汚さない飼料や沈下し

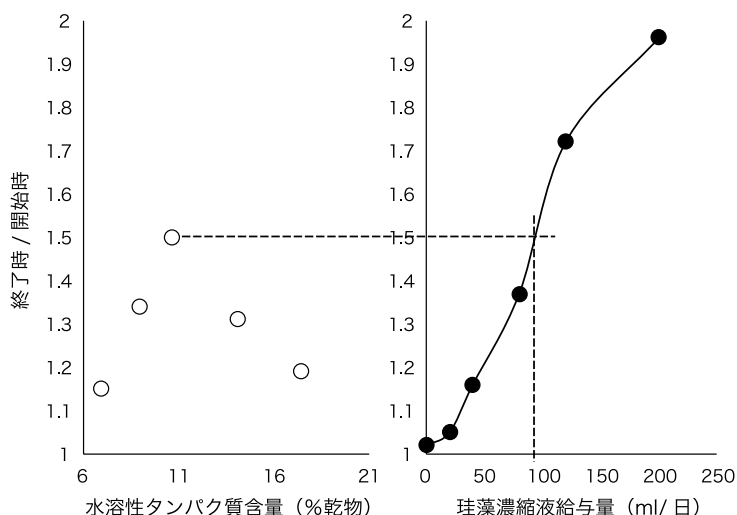


図 19 配合飼料と珪藻濃縮液の効果比較 (湿物体重成長倍率)

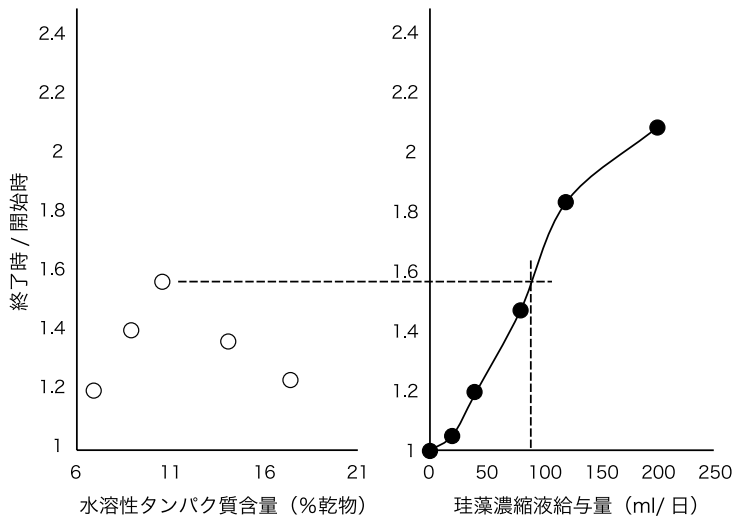


図 20 配合飼料と珪藻濃縮液の効果比較（乾物体重成長倍率）

基本飼料 90%+ エグレートパウダー 10% の配合飼料は原料費、微粉碎費、人件費等に利益を加えても 5000 円/Kg 程度であると思われるので、1g 約 5 円となる。この様に餌のコストのみで比較すると配合飼料の方が圧倒的に有利であるが、配合飼料は飼育水槽や飼育水の汚れの問題で現状では一定量以上給与できないこと、配合飼料を使用する為には特殊な飼育装置や給餌法の開発が必要と思われること、更に

難しい飼料の開発を進めなくてはならない。

現在までに著者等が開発出来ている配合飼料は珪藻と比べてどの程度の位置にあるのかを比較してみる。前報試験-1 で最も飼育成績が良かった基本飼料 90%+ エグレートパウダー 10% 区の体重の成長倍率を湿物と乾物で珪藻濃縮液と比較したのが図 19 と図 20 である。図から分かる様に配合飼料 1g は湿物体重の成長倍率で珪藻濃縮液の約 90ml に相当し、乾物で約 80ml に相当する。

配合飼料 1g ÷ 珪藻濃縮液 80ml としてコスト計算を行ってみる。未だ製品化されていない物と市販品のコストを比較するのは色々な面で無理があることを承知の上での試算である。珪藻濃縮液の価格は試験当時約 30000 円/10L であったので、80ml では約 240 円となる。一方、

は人の作業量の問題等色々な面で比較する必要が有る。

配合飼料の 5000 円/Kg は妥当な価格なのであろうか。この飼料の飼料効率は 26.05% であった。つまり 1Kg の飼料を与えても 261g しか貝は成長しないと云うことである。261g の貝で 5000 円は特殊な貝でない限り高すぎる。二枚貝用飼料の普及を図る為には更にコストダウンを進めなくてはならない。一方、珪藻濃縮液は殻長 3mm 程度までの貝の種苗生産には利用出来るが、それ以上の大きさの貝には価格の点で使用が難しいと云われている。この様な状況下で二枚貝の蓄養や育成を行おうとすれば、配合飼料と珪藻の良い点を活かす為に両者を併用するのが最も現実的なのかも知れない。

・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 酒本秀一, 山元憲一: 二枚貝用飼料- 5. *New Food Industry*, **55** (10), 51-64 (2013)
- 2) 酒本秀一, 大橋勝彦, 仙石義昭: 二枚貝用飼料- 3. *New Food Industry*, **55** (7), 67-79 (2013)
- 3) 竹内俊郎: 海産魚介類種苗の健全性向上に関する栄養学的研究. *日本水産学会誌*, **75** (4), 623-635 (2009)
- 4) 吉松隆夫, 荒木利芳, 酒本秀一: 平成 16-18 年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業 酵素処理によるアマノリ無利用資源の有効活用に関する研究 研究成果報告書 (独) 水産総合研究センター, 1-97 (2007)

“地域密着でキラリと光る企業”

昔ながらのハム製法にこだわる 『明宝特産物加工株式会社』

田形 暁作*

*TAGATA Yoshinari (TAGATA 食品企画・開発 代表)

Key Words : 明宝ハム・昔ながらの製法・村の畜産振興・食生活改善運動・郡上明宝村

『明宝特産物加工株式会社』は『明宝ハム』の名称で親しまれている。以後、『明宝ハム』と称する。『明宝ハム』は昭和28年に農山村の食生活改善運動と村の畜産振興が目的で製造を開始した。美しい山々、長良川の支流、文字通りの山紫水明の地・郡上明宝村で30余年の歳月をかけ明宝ハムのおいしさは育まれてきた。良質な国産の豚肉だけを原料とし、食品添加物の使用を極力おさえ、安心して召し上がっていただける商品に仕上げた。一度食べて頂ければその風味、豊潤さに満足され「もういっぺん食べたい」と県内外の多くの人々から絶賛されている。どう料理しても変わらぬ美味しさの「明宝ハム」は、岐阜の純粋な山村の人たちの優しさを込めた心の味といえる。

一見さり気なく、実はハムの醍醐味たっぷり、本物の味の「明宝ハム」は食卓に、ご贈答にピッタリ。一度食べて戴ければその味の虜になること間違いなし。今も、昔ながらの製法を守

り続けている。日々、商品開発研究を重ね、お客様の味覚にそった安心でよりよい商品づくりに心がけている。



1. 明宝ハムを取材した経緯

明宝ハムは食品関連の展示会に参加し、ブースを構え、商品紹介をしばしばされている。明宝ハムのブースを見つけるとブースに行き試食をさせていただき、この味がハム本来の味ではないかといつも感心している。実は、大学の沼津実習で沼津の魚市場からマグロを1本買い、解体し、マグロの赤身を取り出し、マグロ肉100%のソーセージを造った。その味わいの感激を想い起こす味である。それゆえに、明宝ハムを多くの消費者の皆さんに味わって戴きたく、蒲社長に取材をお願いした次第である。

2. 明宝ハムの会社概要

昭和63年1月会社設立。資本金3,000万円。年商は13億6千万円（平成25年3月現在）、



現在の明宝ハムの工場

従業員は82名である。

本社・工場は岐阜県郡上市明宝気良47-3にある。

3. 明宝ハムのコーポレートマーク

3つのコンセプトを軸にデザインされている

●自然に恵まれた明宝村の特産品を広く全国の家庭へ届け、皆さまに親しんでいただけるものであること。

●明宝村の七つの里と各組合・各種団体が協力しあって構成している成り立ちを表すこと。

●発展・飛躍する企業の意欲をイメージすること、の3点である。

このマークデザインは、社名イニシャルのMを単位集合で表わし、自然のイメージと、発展する企業イメージを山にシンボライズしている。今後、明宝特産物加工株式会社のシンボルとして、活用展開していく。



4. 会社沿革

●昭和63年1月

昭和28年から、明宝村の地で育てられてきた手作りハムを、全国の皆さんに親しんでいただけるようにと会社を設立し、事務所、工場（850m²）を建設する。

●昭和63年5月

「価値あるうまさ」をキャッチフレーズに、県内を中心に販売開始。

●平成元年12月

磨墨の里公園内に直営のミート店を開業。

●平成4年7月

本社工場横に第二工場（745m²）を増築。

●平成13年5月

高山市内にアンテナショップ「は～む舎」を開業。

●平成16年3月

郡上市合併（7町村）。合併に伴い所在地を「岐阜県郡上市明宝気良47-3」に変更。

●平成16年12月

「明宝温泉開発（株）」の株式100%引き受け（440株2,200万円）。

●平成16年12月

「（株）明宝マスターズ」の株式100%引き受け（200株1,000万円）

●平成18年1月

高山市内のアンテナショップ「は～む舎」閉店。

●平成21年6月

「明宝温泉開発（株）」の株式10%を一般社団法人明宝へ譲渡。

●平成23年5月

代表取締役の高田 徹が取締役会長に、取締役専務の蒲 昌範が代表取締役に就任。

5. 明宝ハムの「物づくり」について

5-1. 作り始めて半世紀。当時とかわらぬ本物の味

「明宝ハム」は昭和28年に農山村の食生活改善運動と村の畜産振興が目的で製造を開始した。美しい山々、長良川の支流、文字通りの山紫水明の地・郡上明宝村で30余年の歳月をかけ明宝ハムのおいしさは育まれてきた。良質な国産の豚肉だけを原料とし、食品添加物の使用を極力おさえ、安心して召し上がっていただける商品である。一度食べて頂ければその風味、



豊潤さにご満足され「もういっぺん食べたい」と県内外の多くの人々から絶賛されている。どう料理しても変わらぬ美味しさの「明宝ハム」は、岐阜の純粋な山村の人たちの優しさを込めた心の味といえる。一見さり気なく、実はハムの醍醐味たっぷりの本物の味である。

5-2. 素材の選定、手作りのこだわり

●おいしい味の秘密は、いい素材、手間ひまを十分かけた工程にある。

●明宝ハムは、豚のもも肉だけを使用している。

豚もも生肉だけを使用するので国内産でなくてはならない。冷凍、チルドの肉を使うと豚肉の臭みが出てしまう。おいしい明宝ハムを作るにはまずよいお肉からである。豚のもも肉で作っているが、その工程でいちばん手間がかかるのが肉の解体作業である。細かい筋の1本1本まで取除く。写真を見ていただくと分かりますが、完全に肉だけにする。この作業は明宝ハムにとっては重要な作業である。



5-3. 添加物について

保存料・着色料・酸化防止剤、増量剤は一切使用していない。極微量の亜硝酸Naとリン酸塩を用いている。ハムの起源はドイツの岩塩を使用しているために、発色剤が天然成分として入っていた。もともと、亜硝酸Naは天然の岩塩に硝石（硝酸菌により亜硝酸塩に分解）として存在し、発色効果のほか、塩漬した豚肉を見事に美味しい味に変化させる不



思議な作用・ボツリヌス菌を防ぐ作用等がある。明宝ハムが用いる量は厚生労働省の安全基準の1/3以下で、発色を目的としてはいないが、製品の表示に発色剤と記載しているのは厚生労働省の食品衛生法の表示法により表記している。

6. 50年の歴史を持つ明宝ハム

6-1. 最初は苦難の連続…

明宝ハムは、昭和28年当時の奥明方農協加工所の小さな1室で製造が試みられて以来、実に55年の歳月を経過している。そもそもハムの生産は、農協が村の畜産振興と山間地の食生活改善のために動物性タンパク質を摂取するという狙いで「新農村建設国庫補助」事業で始められたもので、ユニークなアイデアとして各方面から注目を浴びた。しかし、当時は農家がハムを購入することはぜいたくだと受け止められ消費も進まず、市場では大手メーカーに太刀打ちができず低迷が続いた。そこで現状打開のため、プレスハムに絞って八幡町を中心に土産品として売り出したが、それでも売り上げは伸びなかった。

当時の生産量は年間3万6千本にとどまっていた。昭和48年明方農協は郡上農協に合併し郡上農協明方支店としてスタート。そのころは、郡上農協としても、明方ハムの生産は農協経営上赤字部門であり、まさに、お荷物的存在のた



創業時の社屋前にて

めハムの存在すら危ぶまれていた。そんな時、明方村の関係者は、郡上農協に対して何度となく「明方ハムは必ず人気が出てくるので、何とか努力して生産を続けて欲しい」と強く要望して来た。そして昭和 55 年明方ハムは NHK テレビ「明るい農村」で＜農民ハム 18 万本＞のタイトルで全国放映された。この放映を契機として、明方ハムは次第に名声を高め、多くのファンを得るに至った。

6-2. 村の特産に成長、大好評で品不足

●「幻のハム」とよばれるほどの人気商品に！

着色料・防腐剤・酸化防止剤を使わず良質な豚肉を原料に「手作り作業で 100% 豚肉」を売り物にしたことによると、高度成長経済を背景に台所もぜいたくになり又、自然食ブームに乗って生産量はぐんぐん伸び昭和 55 年に 10 万本、昭和 58 年 19 万本、昭和 62 年には約 38 万本と著しい成長を遂げた。しかし売れ行きはそれ以上で、農協明方支店など早朝から列ができ、またたく間に売り切れる状態が続き、なかなか手に入らないため『幻のハム』とまで言われた。このころ販路は 60% が隣接の八幡町で村内が 20% 残りが郡外であった。県内はもちろん県外でも“おいしいハム”としてひっぱりだこになった。これには、マスコミの宣伝力はもとより、関係者の努力と村民の力強い支えがあったからと言える。このような事態に対応するため、早急に工場を増築し増産しなければならなくなった。

6-3. 村がハム工場建設を決意

●ハムは村おこしのだいじな特産品として成長！

さいわいにも、昭和 60 年度から本村で進められている公社営畜産基地建設事業の「特認事業」として補助事業の採択の見通しもつき、現工場の場所で昭和 61 年郡上農協が村と協力して工場を拡張してハムの増産をする計画をした。ところが、農協は補助事業を断ったうえ、従業員確保を理由に工場を隣接の八幡に移すことを決めた。このことに村ではハムの生産は村おこしのだいじな特産品であり、今、ようやく豊かで活力のある産業基盤の拡充のために公社営畜産基地建設事業をはじめ、スキー場の計画・社会の誘致など村内での雇用の場をつくり、若者・中堅層に都会から U ターンしていただくように必死で頑張っている矢先だけに村のこうした働く場づくりの方向と違った、あるいは逆行とも思われる郡上農協の構想に、理解協力することはできないとした。そして新しく村主導で会社を作ることを計画した。

6-4. 第 3 セクターによるハム会社の設立

●確実に広がっている明宝ハムの人気！

そうした中で、村をあげて手づくりハムの生産をすることになり昭和 63 年 1 月村内の 7 つの各地区の消費組合・商工会・森林組合・畜産組合・村が出資をし、村民総参加による第 3 セクターハム製造販売会社『明方特産物加工株式会社』を設立した。会社では昭和 28 年から皆



創業時の薫製箱



明宝ハムの工場

様に愛され、育てていただいた明方ハムの製造技術と美味しい手づくりの味を、そっくりそのまま活かした手づくりハムとして商品名は『明方の宝』という願いを託した『明宝ハム』とした。その後、村では村おこしのため、やはり第3セクター方式の『めいほうスキー場』ができ、『明宝』の名前が知れ渡った。そこで名前の統一による村おこしを狙って自治体のCIを展開、平成4年4月村名を『明宝村』に改名した。

現在、明宝特産物加工株式会社が出来たことにより村の産業の育成、雇用の確保ができ過疎化への歯止めにもなっている。会社では「明宝プレスハム・スモークドハム・ポークソーセージ・スモークソーセージ・パセリソーセージ・ハンバーグ・フランクフルト」などの新しい商品を開発製造、消費者の人気もよく注文も多くなり平成4年には第2工場を設立した。

販売ルートも郡内はもちろん岐阜市、高山市、美濃加茂市などの代理店を通して精肉店、スーパーなど約450店舗に出荷している。



7. 明宝ハムができるまでの工程紹介

1) 解体工程 (1)

ここは「肉の解体室」。

国産豚のフレッシュなモモ肉の脂やスジをきれいに切り分けて、細かく解体していく。



ここで切り分けられた、ハムに使用しない脂とスジはそれぞれソーセージとして利用され、どちらにも利用できない材料は飼料・肥料として再利用される。

2) 解体工程 (2)

熟練した技で毎日約2トンの肉を捌(さば)いていく。スジの入っている場所や包丁を



入れる場所を覚えるのに1ヶ月以上、全ての作業が出来るようになるまで3ヶ月以上かかる。

3) 解体工程 (3)

肉のひとかたまりから全て手作業で脂とスジを切り分けていく。日本全国には約1,500



社のハム工場があるといわれているが、ここまで丁寧に細かい作業をしている工場はない。

4) 解体工程 (4)

工場内では作業服にも衛生管理を徹底しており、毛髪や体毛の混入を防ぐため耳や首ま



でを隠して、あまり肌を露出しないよう注意している。もちろん工場入場時には粘着ローラーや吸引装置を使い毛髪などの付着を取り除いている。

5) 解体工程 (5)

工場内は常に冷蔵庫のような温度に保たれているため、足が冷えるのを和らげる工夫をしている。



6) 解体工程 (6)

ここでは手作業で解体された肉を均等な大きさに切り分けていく。



7) 製造工程 (1)

ここは「ハムの製造室」。

解体室で細切りにした肉を約1週間、一定温度に管理された冷蔵庫内で熟成させる。熟成後の肉は企業秘密の調味料で味付けされ、ミキサーで攪拌される。



8) 製造工程 (2)

ここでは攪拌された肉を2台の充填機で1本1本丁寧に充填する。力の入れ具合が難しく、慣れないと中に空気が入ったりフィルムが破れたりしてうまくいかない。



9) 製造工程 (3)

1台の充填機で1日フル稼働で約2,000本生産することが可能で、工場全体では約4,000本生産できる。



10) ボイル殺菌工程 (1)

ここは「ボイル殺菌室」

ここで安心して召し上がっていただけよう加熱処理をする。



11) ボイル殺菌工程 (2)

ここで加熱処理をしたハムを冷却層で冷却する。冷却には工場敷地内の地下水を利用している。地下水は約15度で年間を通して温度変化が少ないため冷却水に最適。



12) 検品工程 (1)

ここでは殺菌処理されたハムをひとつひとつ型から外して検品していく。



13) 検品工程 (2)

1本ずつX線検査機に通して、異物の混入が無いかをチェックしていく。



14) 検品工程 (3)

内容量が規定の範囲内におさまっているのかを計量検査する。



15) 検品工程 (4)

最後にもう一度、1本ずつ目視にて検品作業を行う。



16) 出荷

出来上がったハムは東海三県を始め、全国のお客様のもとへ届ける。



8. 明宝ハムの商品紹介

明宝ハムの商品には一般市販用と贈答用がある。その中から人気No1～3の商品を紹介する。

☆明宝ハム人気 No1

長年愛され続けている明宝ハムの定番中の定番！味に自信あり



これが明宝ハム。

昭和 28 年の製造以来、大変好評をいただいている。豚のもも肉だけを使用し食品添加物の使用も極力ひかえたハム。味に自信あり、うまいハムはここにあり！昔なつかしの味のするハム。ギフト詰合せ可能商品サラダやオードブルなど、切ってそのままでお召し上がりいただける。

【商品名】	明宝ハム
【価格】	1,030 円（税込）
【内容量】	400g（1 本）
【保存方法】	冷蔵（10℃以下）
【賞味期限】	製造より 64 日
【ギフト詰合せ】	可能

明宝ハムの成分表示（100g あたり）

熱量（カロリー）	水 分	たんぱく質	脂 質
164kcal	66.7g	18.9g	8.6g
炭水化物	灰 分	ナトリウム	食塩相当量
2.8g	3.0g	840mg	2.1g

平成 20 年 7 月 15 日 財団法人 岐阜県公衆衛生検査センター調べ

☆明宝ハム 2 本とポークソーセージ 1 本入り
人気 No2

価格 2,672 円（税込）



☆スモークソーセージ 人気 No3



桜の木で丹念にスモークした芳醇な味わいのソーセージポークソーセージを基本に桜の木で丹念にスモークした大人の一品。

ピリッとしたアクセントと薫り高く味わい深さがプラスされた自慢の一品。

サラダやオードブルなど、切ってそのままでお召し上がりいただける。

【商品名】	スモークソーセージ
【価格】	567 円（税込）
【内容量】	250g（1 本）
【保存方法】	冷蔵（10℃以下）
【賞味期限】	製造より 64 日
【ギフト詰合せ】	可能

スモークソーセージの成分表示（100g あたり）

熱量（カロリー）	水 分	たんぱく質	脂 質
210kcal	62.0g	18.6g	14.0g
炭水化物	灰 分	ナトリウム	食塩相当量
2.4g	3.0g	850mg	2.2g

平成 19 年 12 月 6 日 財団法人 岐阜県公衆衛生検査センター調べ

☆新開発商品（明宝ハム 低塩タイプ）

お歳暮の発売を目標に人気 No1 の明宝ハム 400g の減塩タイプを開発中である。開発中であるが成分表示はほぼ以下の通りである。

明宝ハムスモークソーセージの成分表示 (100g あたり)			
熱量 (カロリー)	水 分	たんぱく質	脂 質
165kcal	67.7g	18.5g	9.5g
炭水化物	灰 分	ナトリウム	食塩相当量
1.3g	3.0g	600mg	1.5g

平成 20 年 11 月 財団法人 岐阜県公衆衛生検査センター調べ

現在販売中の明宝ハムに比べ減塩タイプは約 30% の減塩である。味は現在販売中の商品と遜色ない。

9. 明宝ハムの広告

● 2013 年 4 月 長編 CM

新しくリニューアルした「お天気レーダー」用の CM は、古典的な曲調の中で様々な明宝ハムを使ったレシピを映し出す。踊りだしたくなる音楽の中で、ブーボー・ブービー・ブーブーたちが昔ながらの遊びをしている。遊び疲れた 3 匹は、明宝ハムの商品に囲まれ仲良く安心してお昼寝。

● 2013 年 4 月 ラジオ CM

幸せを作る工房（タイプ A）篇 明宝ハムの美味しさに笑顔もほころぶ。みんなを幸せにしたいという思いを古典的な曲調にのせた。

幸せを作る工房（タイプ B）篇

大切な方への贈り物にはぜひ明宝ハムを。貰った方が、また食べたいと喜ばれる自慢の味

を歌った。

10. 販売ルートについて

販売ルートは郡内はもちろん岐阜市、高山市、美濃加茂市などの代理店を通して精肉店、スーパー、コンビニ、百貨店、道の駅など約 450 店舗に出荷している。また、贈答は明宝ハムのホームページから申込み可能。詳細は明宝ハムのホームページを参照いただきたい。

おわりに

明宝ハムは昔ながらの手作りの味であり、一度食べれば忘れられない味である。使用する豚も肉はもちろん国産の生肉である。できる限り食品添加物を加えないでつくっている。商品名は昭和 28 年から消費者の皆様に愛され、育てて戴いた商品なので、『明方の宝』という願いを託して『明宝ハム』としたと聞く。地域の皆さんの気持ちが伝わってくる商品名である。現在、歳暮に向けて売れ行き No1 の明宝ハムの減塩タイプを開発中である。減塩なのに美味しさは現在発売している商品と変わらないので、高血圧など塩分を気にされている方には朗報である。今後も、明宝ハムの味を維持し、さらなる商品を開発され、消費者の幸せに貢献していただくことを希望する。

<参考資料>

● Wikipedia 明宝ハム

● ホームページ：http://www.meihoham.co.jp/

歴史の潮流と科学的評価

(第2節 ベジタリアン食と慢性疾患予防)

ジョアン・サバテ (Joan Sabate) *1 訳：山路 明俊 (Akitoshi Yamaji) *2

*1 ロマリンダ大学栄養学部, *2 食のフロンティア塾

Key Words：人体計測学，肥満，減量，レプチン，ベジタリアン食養法

5章 ベジタリアン食と肥満予防

1. 公衆衛生問題としての肥満

肥満は、急激な勢いで、近代社会の悩みとなっています。現在、米国人口の少なくとも34%が肥満（理想体重の20%以上）で、理想体重以上の人は、55%以上にのぼります^{1,2)}。これは、米国の過去最高の記録を示しています³⁾。また、米国人にとって、特別なものでもありません。世界では、多くの過体重を含め、2億5,000万の肥満成人がいると推定されます。（総人口の7%）⁴⁾ 1998年の国際肥満学会で、WHOは肥満は世界的な流行と判定しました。先進国でも、似たような発展途上国でも、肥満は健康問題の上位5つの一つとランクされています⁶⁾。

もっと深刻なことの一つは、肥満は、急速に児童や若者の間に増加していることです。子供時代の肥満と成人になった時の肥満には強い相関があります。Serdulaらの分析⁷⁾では、就学前の児童の肥満の1/3が成人の肥満になり、就

学児童の約半数が成人の肥満になることを示しています。成人の肥満のリスクは、児童や若者やそれ以上の年齢の人にとって、さらに大きくなります。

多くの人は、脂肪の蓄積を美的な理由で嘆いていますが、主要な問題は、肥満を伴うマイナスの健康影響なのです。古代より、肥満は健康にとって危険なものとの共通の認識がありました。しかし、この憶測が事実かどうかを、近代疫学で確定することが残っていました。過体重が原因か、悪化に繋がる疾病のリストは、数多くあります。肥満に関係している代謝異常と疾病は以下があります：アテローム性脂質型、高フィブリノゲン濃度、インスリン抵抗性、高インスリン症、耐糖能異常、高尿酸血症、Ⅱ型糖尿病、冠動脈心疾患、高血圧、心筋梗塞、狭心症、胆嚢炎、通風、無呼吸障害、腎結核症、乳がん（閉経女性の）です⁸⁾。

Allisonら⁹⁾は、米国での28万人/年の死亡は過剰な体脂肪が原因だとしています。重度肥満の女性は、心臓血管疾患に対する主要なリスク因子のうち、少なくとも一つを持ち、肥満でない女性に比べ5倍の糖尿病悪化のリスクと、

1.5 倍のヘルニア盤で悩むリスクという 3 つのリスクがあります。心臓血管疾患のリスクは、肥満男性ではさらに高いのです。肥満男性は、肥満でない男性に比べ、少なくとも心臓血管リスクを一つ持つことが 5 倍になるようです。また、肥満男性は、5 倍の糖尿病リスクがあります¹⁰⁾。

肥満は、継続的で、拡大する問題という共通認識がありますが、介入は効果がないということで知られています。体重減少は、達成後、殆ど元の肥満に少しずつ戻ってしまいます。いつの時代でも、人口の 2/3 の殆どが、体重コントロールを実施していますが、追試のデータは、継続して体重維持に成功しているのは 5% 未満としています。体重を減少した人は 3～5 年以内に殆ど全て元に戻っているという悲しい事実があります¹¹⁾。

ベジタリアンの肥満は、対照とする肉食者よりあまり見られないことが観察されてきました¹²⁾。つまり、肉を含まない食事は、肥満の 1 次予防に効果的で、また、体重減少や維持のような 2 次予防にも効果的であることを示唆しています。介入か肥満の予防かどちらかの点で、ベジタリアン食の有効性を調べるためには、ベジタリアン食で生活する人と、対照とする肉食者の体格指数 (BMI) 等の肥満蓄積度を比較する必要があります。

2. ベジタリアンの人体計測学

A. ベジタリアンの栄養研究のメタ分析

1954 年、Hardinge と Stare¹³⁾ は、厳格なベジタリアン (ビーガン) とラクト・オボベジタリアンの栄養状態を、南カリフォルニアの非ベジタリアンと比較しました。身長には差はありませんでしたが、ベジタリアン、特にビーガンは対照の非ベジタリアンより約 10kg 低い体重でした。この画期的な研究以来、多くの国で、ベジタリアンと非ベジタリアンを対照にした、同様な小規模研究が数多く実施されました¹⁴⁾。これらの小標本型ベジタリアン研究からの BMI は、非ベジタリアンに比べて同じか、低いことを示しました。しかし、これらの研究型では、ベジタリアンと非ベジタリアンとの差は、研究集団を選択する基準によって最小に抑えられるようです。(例：人体計測学上のマッチングや不的確な肥満集団)

表 5-1 は、Messina&Messina¹⁴⁾ による「ベジタリアン食への実践者ガイド」の付録 D と E 中に記載されている、女性 36 人と男性 24 人の研究を使用したメタ分析結果を表しています。人体計測学のパラメーターは必ずしも研究の主要な計測変数ではありませんが、ほとんどの場合、この情報は記録され、報告されました。男性と女性の平均身長、体重と BMI は、それぞれの研究で、多くの参加者を用いて計算されました。結果は、男性と女性では類似していて、

表 5-1

性別	指標	ベジタリアン			非ベジタリアン		
		研究数	平均体重	人数	平均体重	人数	p 値
男性	身長 (cm)	16	176.6 (1.1)	402	176.8 (0.7)	422	0.48
	体重 (kg)	18	68.2 (1.4)	490	75.8 (0.5)	720	<0.0001
	BMI (kg/m ²)	24	22.6 (0.2)	589	24.7 (0.2)	813	<0.0001
女性	身長 (cm)	28	161.9 (0.5)	869	161.5 (0.5)	1092	0.46
	体重 (kg)	30	60.5 (0.6)	928	63.8 (0.8)	1350	0.006
	BMI (kg/m ²)	36	23.6 (0.4)	1140	25.4 (0.5)	1556	0.007

ベジタリアンと非ベジタリアン間の身長は有意差はありませんでした。しかし、ベジタリアンの体重と BMI には有意差がありました。全体として、ベジタリアンの女性を対照の非ベジタリアン女性と比べるよりも、ベジタリアンの男性を非ベジタリアン男性と比べた方が好ましいということです。ベジタリアン男性の平均体重は、非ベジタリアンより 7.6kg 少なく、女性ではその差は 3.3kg でした。平均して、ベジタリアン（男女共）は、非ベジタリアンに比べ、2 ポイント低い BMI となっています。

B. ベジタリアンの疫学研究

アドベンチスト健康調査（AHS）からのデータは、肥満に対してベジタリアン食の効果を比較できる興味のあるものです。セブンスデー・アドベンチスト教会の教義は、健康的な生活習慣を促進し、ベジタリアン食を会員に推薦する内容になっています。この調査は、約 34,000 人の食事と生活習慣を収集したもので、その後数年継続し、慢性疾患の罹患率と死亡を記録しました。1976 年の記録データでは、カリフォルニアのセブンスデー・アドベンチストの 45% はベジタリアンで、残りの 55% は、毎日か時折（1 回未満 / 1 週間）肉を摂取していました。このことは、ベジタリアンと非ベジタリアンを比べる上で、食事は基本的に異なりますが、両者は多くの社会・人口統計的特徴と生活習慣を共有しているので、価値のある研究集団となっています。

アドベンチスト健康調査コホートの 3 つの食

事群の中で、ベジタリアンと非ベジタリアン間の試験開始時での肥満率は、かなりの差がありました。表 5-2 は、全く肉を食べないベジタリアンの年齢調整平均 BMI、たまに肉を食べるセミ・ベジタリアンと 1 週間に 1 回以上肉を食べる非ベジタリアンを表しています。男女共に、BMI は肉の摂取頻度の増加に伴い、増加しました。ベジタリアン男性と女性は、非ベジタリアンに比べ 2 ポイント低い BMI でした。これらの結果は、中年（45 ～ 60 才）に対してですが、他の年齢でも同様な結果が見られました¹⁵⁾。

図 5-1 は、アドベンチスト健康調査コホートで、ベジタリアンと非ベジタリアンの 4 つの異なる年齢と性別毎の 3 種の BMI 群（低、中程度、高）からの比率を表しています¹⁶⁾。1976 年のカリフォルニア在住セブンスデー・アドベンチスト間では、大人の肥満は、非ベジタリアンの傾向があり、スリムな成人はベジタリアンの傾向でした。かなり明確な傾向が 4 つの性・年齢群で見られました。（図 5-1）中年とそれ以上の男性と女性で、ベジタリアンの大多数は低 BMI に含まれ、非ベジタリアンの大多数は高 BMI の肥満群にいました。中間の BMI 群では、ベジタリアンと非ベジタリアンに差は見られませんでした。

図 5-2 は、アドベンチスト健康調査コホートからのベジタリアンと非ベジタリアンの 5 群の BMI 分布を示しています。（Pramil Singh：個人的コミュニケーション）男女共、BMI とベジタリアンの間には驚くべき負の関係がみられました。データを読み取ることは困難で、また、

表 5-2 ベジタリアンと肥満*（アドベンチスト健康調査コホート）1976 年

BMI (kg/m ²)	ベジタリアン	セミ・ベジタリアン	非ベジタリアン	傾向分析の p 値
男性	24.3 (24.1, 24.4) **	25.2 (25.0, 25.3)	26.2 (26.1, 26.4)	0.0001
女性	23.7 (23.6, 23.9)	24.8 (24.7, 25.0)	25.9 (25.8, 26.0)	0.0001

*45 ～ 60 歳（他の年齢も同様な傾向を示す）。ベジタリアンは、肉、魚、鶏肉は食べない。

セミ・ベジタリアンは、<1 回 / 週、肉、魚、鶏肉を食べる。

非ベジタリアンは、1 回以上 / 週、これらの食品を食べる。

** 年齢調整後の平均（括弧内は、95%CI）。Fraser Am.J. Nutr. 1999 ; 70 (s) より引用（許可済み）

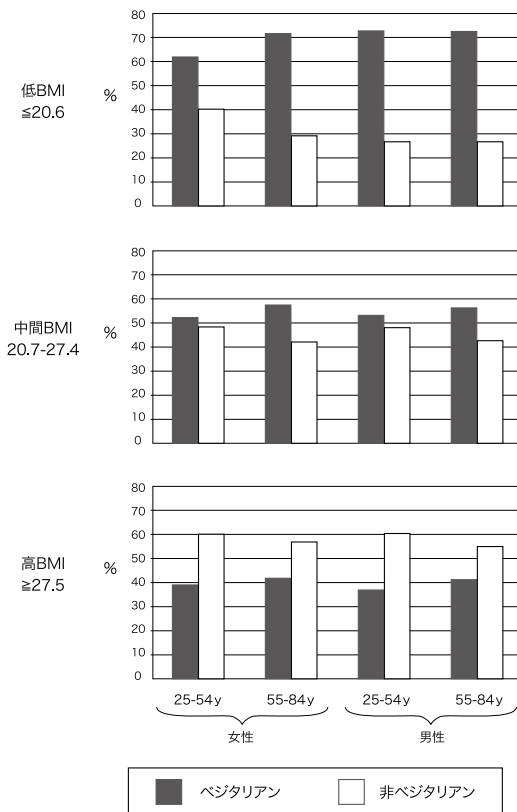


図 5-1 アドベンチスト健康調査コホートでの、ベジタリアンと非ベジタリアンの比率¹⁶⁾
(3 群の BMI と性別、年齢別)

この横断研究から推論することもできません。それでも、肉摂取の試験開始時の測定は、日常の食事への良い推定になることを示してきました。しかし、肥満を進行させるアドベンチストのベジタリアンは、不健康と信じてきた非ベジタリアン食に移行することはありません。それとは反対に、肥満を進行させるアドベンチストは、健康と信じてきたベジタリアン食を取り入れるか、こだわりを増加させるようです。もし何かあるとすれば、このことは、肥満とベジタリアン食間にある負の関係を弱めるということかも知れません。

この負の関係は、ヨーロッパでのベジタリアンの疫学研究でもまた見られました。オックスフォード・ベジタリアン研究の横断研究デー

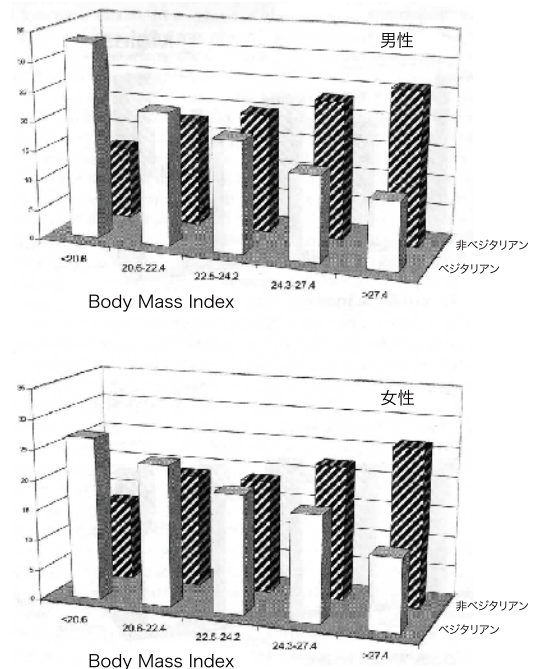


図 5-2 アドベンチスト健康調査コホートのベジタリアンと非ベジタリアンの BMI 5 群の分布状態

タを用いて Appleby ら¹⁷⁾ は、BMI と食事と他の生活習慣の関係を調べました。男女共、全ての年齢群で、肉を食べない人は肉を食べる人に比べ、平均 BMI は 1～2 ポイント有意に低値でした。興味あることに、女性では、食事間の差は年齢と共に増加しましたが、男性ではそれほど明らかではありませんでした。(図 5-3) 肉を食べない人に比べ、肉を食べる人の方が、過体重で、肥満は高率でした。(男性で 10% に対し 20%, 女性で 8% に対し、13%) 一方、肉を食べる人の BMI < 20kg/m² は低率でした。(男性で 17% に対し、9%, 女性で 33% に対し、18%) この研究では、肉を食べない人に比べ、より少ない食物繊維とかなりの動物性脂肪やアルコール飲料を摂取していた「肉食の人」を最近中止した人と、「長期間のベジタリアン(5 年かそれ以上)」との比較で、有意な BMI の差は見られませんでした。これらの食事因子と他

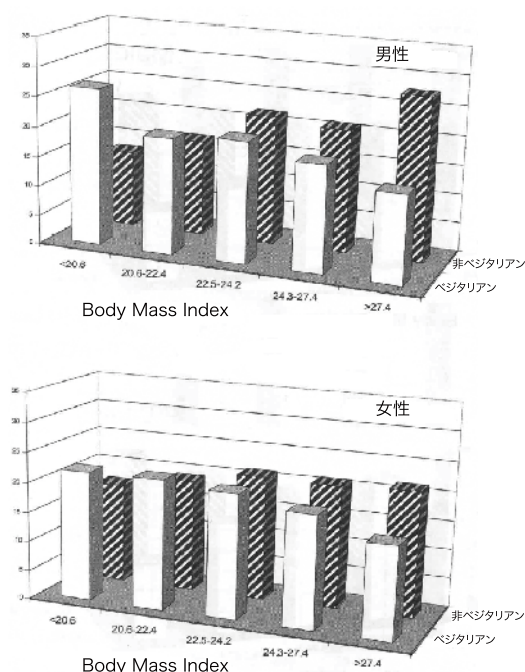


図 5-3 オックスフォード・ベジタリアン・コホート研究。性別、年齢別、ベジタリアンと非ベジタリアンの BMI 比較

の生活習慣因子を調整してみると、肉を食べる人と食べない人の BMI の差は 33% 低下しましたが、まだ、差はありました。つまり、これらの交絡因子は、肉を控えることは別の影響があることを示唆し、肥満に対するベジタリアン食の役割を十分に説明してはいません。ドイツの約 20,000 人のベジタリアンのコホートでは、BMI とベジタリアンの間には、また、負の関係が見られました。肉を完全に避ける厳格なベジタリアンは、通常肉を食べる人に比べ、痩身でした。

Key と Davey¹²⁾ は、肥満と肉の摂取との関係を検討するために、がんと栄養に関する英国の前向き研究 (EPIC 研究) で得られた約 4,000 人の男女のデータを使用しました。対象者は、肉を食べる場合は肉を食べる人、肉を食べず魚を食べる場合は魚を食べる人、肉や魚を摂らず乳製品や卵を食べる場合はベジタリアン、こ

れらの 4 群の食品を摂らない場合はビーガンと分類されました。男女共、平均 BMI は肉を食べる人で最も高く、ビーガンで最も低く、魚を食べる人とベジタリアンは中間でした。これらの BMI の差は、肉を食べる人とビーガンの平均体重差と同じく、男性で 5.9kg、女性で 4.7kg でした。肉を食べない群で、平均 BMI は、5 年かそれ以上彼らの食事にこだわってきた方が、短い期間のものよりも低い値でした。研究者によると、BMI の差は、4 群の食事間の質的な差に大きく影響されるということを、この食事パターンの持続との関連性が示唆しているとしています。肉を食べる人の間では男性の約 6.1%、女性の 9.1% が臨牀的に肥満でした。(BMI > 30) 対照的に、肥満罹患率は、ビーガンでは 3 倍低く (男性で 2%、女性で 4% 以下)、ベジタリアンや魚を食べる人では、肥満罹患率は男性で 3%、女性では 5% で、肉を食べる群よりかなり低い値でした。

図 5-4 は、成人のベジタリアンを対象にした、4 つの大規模コホート研究のデータを要約したものです¹⁹⁾。これらの研究は、同じコホートの非ベジタリアンとの比較を可能にしています。同じコホート内のどの研究でも、ベジタリアンは肉を食べる人より平均で 1~2 ポイント低い BMI でした。この差は男女で同様に見られました。コホート間では、BMI はかなり変化します。米国のコホートはヨーロッパのコホートより、BMI は大きくなります。これは、データ収集時の方法論的な差、地理的な位置、世俗傾向、倫理的・遺伝的差によるものと言えます。つまり、これらの疫学データは、肉を食べない食事は、低い BMI と成人の肥満罹患率に相關していることを明確に示唆しています。

C. ベジタリアン児童と肥満

ベジタリアン児童と青年の身体的成長と発達には、この本の別の章で扱われています。一般的

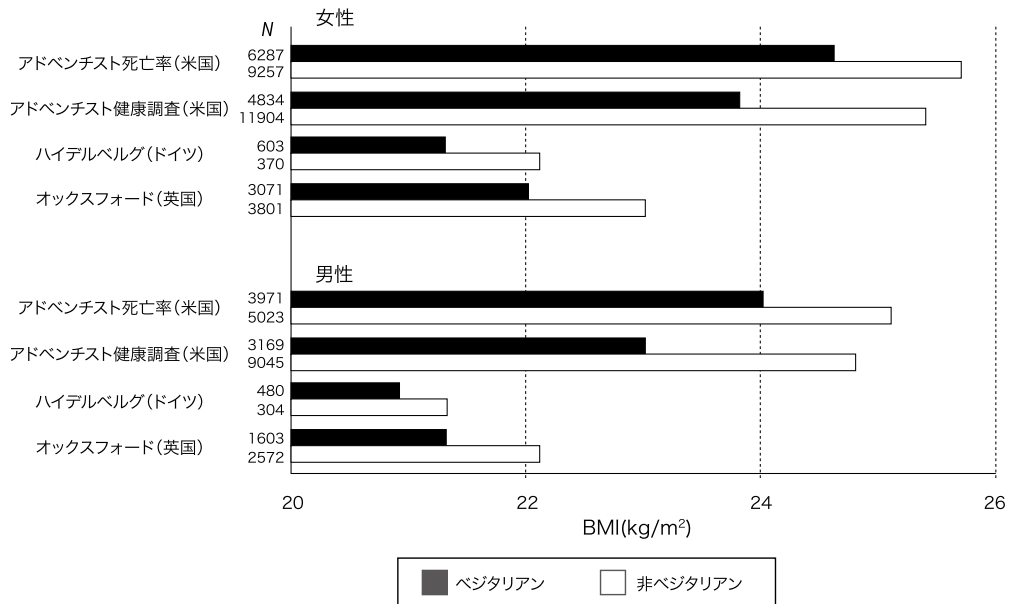


図 5-4 4 件の疫学研究でのベジタリアンと非ベジタリアンの平均 BMI

に、若いベジタリアンの児童は、非ベジタリアンよりやせている傾向にあり²⁰⁾、年長の児童についての調査データは限定されますが、この傾向はまた、年長の児童や青年でも見られる傾向です。Lousuebsakul と Sabate は²¹⁾、カリフォルニアのセブンスデー・アドベンチスト学校に通う 7～18 才の 870 人の児童の人体計測学データを調査しました。1/3 はベジタリアンでした。ベジタリアンの生活習慣は低い BMI と、特に青年女子の過体重の減少傾向と相関していました。特に、ベジタリアンの少年、少女は非ベジタリアンのクラスメートと比べ、平均してそれぞれ 1.4kg と 1.0kg の瘦身でした。また、ベジタリアンの方が、低い BMI と皮膚厚値でした。ベジタリアン青年女子は、低い肥満罹患率（国際基準で、BMI > 75 パーセンタイル）でした。児童の肥満と成人の肥満の関連性から見ると、就学期にベジタリンの生活習慣を取り入れることは青年期の肥満のリスクを低下させるだけでなく、成人期の肥満のリスクを低下させるかも知れません。さらに、ハーバードの成長調査のデータは、青年期の過体重は、いくつかの退行

性慢性疾患による死亡と、成人の体重とは関係なく、全ての原因による死亡を予期していることを示しています²²⁾。つまり、ベジタリアン食を児童期と青年期に取り入れ、肥満を防ぐことは、成人期の良くない健康影響を幅広く低下させることを示唆しています。

3. 減量とベジタリアン食

ベジタリアンは、肉を控えない人に比べ、体重と BMI が低い傾向にあることを示すデータは、全く一貫しています。しかし、ベジタリアン食を減量に利用しようとする適切な研究は事実上ありません。Nicholson ら²³⁾ は、Ⅱ型糖尿病患者に、大変に短い 12 週間の介入試験を実施し、一般的な低脂肪食では、平均して体重減少は 3.8kg でしたが、低脂肪のビーガン食では平均して 7.2g の減少があったと報告しています。この研究は、食事が同じ熱量でないと減量の処方は無効になります。

ベジタリアン食は、体重を減らしたい人に比較的頻繁に実践されるようです。Gilbody ら²⁴⁾

は、131人の若い成人女性の食事の実態を検討したところ、34.3%がベジタリアン食を実践したことがあるか、実践していることを見つけました。しかし、減量を実際に成功しているかどうかの点では、一般的な減量の介入に比べて、相対的にベジタリアン食が効果的かどうかは確認されませんでした。

ベジタリアン食は、一般の減量プログラムよりも、単調でない利点を持っているので、継続し易いかもしれません。Smithら²⁵⁾は、若年成人の減量とベジタリアン食を比較し、ベジタリアン食養法は、一般の減量食事プログラムよりも継続し易いことを確認しました。ベジタリアングループ(62%)に参加した殆どは、1年以上継続しましたが、減量食(61%)に参加した殆どは、わずか1年か3カ月でした。ベジタリアン食は容易に継続できるかも知れないことをこの研究は示していますが、希望する減量に到達するための効果的な食事とまでは言えませんでした。

4.

ベジタリアン食の抗肥満効果に対する可能な解説

ベジタリアンは他の集団よりも体重が軽いというデータがありますが、それは必ずしも肉を食べないからという理由にする必要はありません。ベジタリアンに肥満がないというのは、定期的な運動やアルコール摂取を控えるような健康的な生活習慣を実践している為のようです。しかし、野菜を豊富に食べ、肉を控えるということは、瘦身の体型に顕著な影響があるという2,3の証拠があります。腹部肥満の進行を予防するかも知れない習慣の一つは、野菜を食べることにあることを、Kahnや他の人による10年間に及ぶ79,000人の研究が示しました。1週間に19皿かそれ以上の野菜を食べる人は、胴周りの膨らみ上昇に屈服しませんでした、

1週間に7回以上肉(牛、ポーク、羊)を食べる人は、そうではありませんでした²⁶⁾。

ベジタリアン食は、総エネルギー摂取を低くすることができます。また、肉食の人と比べ、微量栄養素の組成や供給源は、異なる傾向があります。全般的に、それらは、食物繊維や炭水化物が多く、たんぱく質と脂肪が少ないのです。それらの栄養学的な相違が、ベジタリアン食の考えられる抗肥満効果を一部説明するかもしれません。

A. 食物繊維と総エネルギー摂取

平均的米国成人の食物繊維摂取は、1日当たり約15gですが、西欧の適正な1,800 kcalのベジタリアン食は、45gの繊維を含みます。もっと初期のベジタリアン食養法では、繊維量は80g/日との報告があります。繊維を元来多く含む食事は、体重維持や体重増加を防ぐためには有益であるかも知れないと、WoleverとJenkinsは、示唆しました²⁸⁾。果物や野菜の非栄養素の繊維は食物摂取量を増やすので、ベジタリアン食は、一般的な低エネルギー密度のために、積極的に肥満に影響を与えるのかもしれません。体積を基準にした場合、ベジタリアン食は、雑食の食事より、低カロリーです。つまり、ベジタリアン食の摂取量が大きくなったとしても、総カロリーは抑えられるかも知れません。Levinら²⁹⁾は、ベジタリアンと雑食の人を比較し、ベジタリアンの体重は雑食の人に比べ有意に低い(69.1に対し60.8)ことを報告しましたが、ベジタリアン食は、非ベジタリアンに比べ、有意に高いカロリー数になりました。(2,626.8 cal/日に対し、3,030.5 cal/日)

繊維は、また、短期間の食物摂取に影響することは明らかです。Levinら³⁰⁾は、繊維の多い朝食の重要性を研究して、繊維は空腹になることを減らし、また午前中の軽食を減らすことにも繋がり、さらには昼食の量を減らすことを

示しました。不幸にも、Delargy ら³¹⁾ のデータは、繊維の多い朝食を摂る人の殆どは、その日の遅い時間に朝の低いカロリーを補ってしまうので、一日の総エネルギー摂取量は変わらないことを明らかにしました。繊維を豊富に含む食事は、一日中、食欲を抑え続けるようにすることが出来るかもしれません。主に、果物に含まれる水溶性の繊維であるペクチンを、他の食べ物と一緒に、たった 5g 摂ることで、満腹感を増やします³²⁾。このことは、食欲を抑える一つの方法として、果物の摂取増加は重要なことであることを示しているのかも知れません。

カロリーの密度を減らし、食欲を抑えることに加え、さらに、繊維は肥満予防効果を持っているかも知れません。影響は穏やか（エネルギー摂取の 4% 以下）ですが、繊維は腸管からの脂肪とたんぱく質の吸収を妨げ、長期間、顕著な効果をもたらすことをベアー Baer ら³³⁾ は示しました。これは、一日 2,500 kcal の食事で、100 kcal の減少に相当します。1 年を通じては、3,600 kcal 以上の削減になり、理論的には、約 10 ポンド (3,500 kcal/ ポンドとして) の体重増加を防ぐことになります。

B. 炭水化物摂取

ベジタリアン食は、炭水化物、特に複合炭水化物をかなり含んでいる傾向にあります。高炭水化物食は、滞っている代謝の速度を上げ、反面、高脂肪食は代謝にあまり影響を与えないようです。脂肪を含まない過剰な炭水化物は、体重増加を妨げる働きをするインスリン関与の発熱反応を刺激するといういくつかの証拠があります³⁴⁾。若年のベジタリアン男性は、同様なエネルギー摂取にもかかわらず、非ベジタリンに比べ 11% 高い休息時の代謝率であることを、Toth と Poehlman³⁵⁾ は、見出しました。2つのグループの食事の主な違いは、ベジタリアンは炭水化物を豊富に摂ることと、脂肪摂取を控

えていることでした。

C. たんぱく質摂取

過剰なたんぱく質摂取は、過体重の原因になると、Campbell³⁶⁾ は報告しました。ベジタリアン食は、肉を含む食事に比べ、かなり低たんぱく質摂取になりがちです。数千人の中国人の食事調査をした中国研究は、たんぱく質摂取と体脂肪とは平行していることを示しました。低たんぱく質と低脂肪食の動物は、わずかな発熱反応の上昇により、余分なエネルギーを燃焼させることをキャンベルは示しました。このように、エネルギーは体脂肪になる代わりに、熱として放出されます。ラットによる彼の研究は、たんぱく質摂取が低い時、発熱反応は上昇し、消化されたエネルギーの多くは熱産生に必要とされることを示しました。低たんぱく質で、高炭水化物食の動物は、実際カロリー摂取が高いにもかかわらず、少ない体脂肪となります。面白いことに、また、低たんぱく質食の動物は、自発的により多く動きます。

Slattery ら³⁷⁾ は、また、5,000 人以上の若年成人の研究で、たんぱく質とのつながりを支持しました。たんぱく質摂取は、全ての年齢群で BMI と正に相関し、炭水化物の摂取は、体脂肪と負の相関を示しました。2 歳前に高たんぱく食を摂った児童は、その後の人生で肥満になり易いことを、Rolland, Cachera ら³⁸⁾ は示しました。肉が食事に含まれている場合には、容易にたんぱく質を摂りすぎてしまうので、ベジタリアンの子供達は有利かも知れません。これらの結果は、最近流行の、減量を目的とした高たんぱく質食から見ると、少し皮肉に見えます。

D. 脂肪摂取

肥満についての脂肪影響の研究は、少しあいまいですが、一般的に、高脂肪食は、同じカロリーの低脂肪食に比べ、かなりの程度、肥

満を促進します³⁹⁾。体脂肪が増加すると、脂肪由来の食品のエネルギー%も同様に増加します⁴⁰⁾。脂肪が巧妙に隠れている場合、高脂肪献立の人は、確実に、低脂肪の食事の人よりも多く食べることになります⁴¹⁾。この影響は特に肥満の人で明らかで⁴²⁾、児童にも及びます。Maffeis ら⁴¹⁾ は、肥満でない児童と肥満を比較した研究で、総合的にエネルギー摂取は類似しているにもかかわらず、肥満の児童は明らかに脂肪を多く摂っていることを確認しました。脂肪は、炭水化物やたんぱく質豊富な食事と同じく、有効な満腹信号を発生することや、連続したエネルギー摂取に対し補償効果を生産することもないので、高脂肪食では過剰なエネルギーを摂取し易いのです⁴⁴⁾。

しかし、脂肪の制限は、肥満問題に対し、最終の答えとは言えません。事実、Hervey, Bernio は、最近の研究で、カロリー制限の献立では、単に脂肪を制限した人に比べ、2倍体重が減少したことを示しました⁴⁵⁾。また、脂肪の質や種類は重要かも知れません。食事のP/S比は、減量を考える際、考慮に入れるべきかも知れません。van Marken lichtenbelt ら⁴⁶⁾ は、6人を対象にした小規模無作為断面研究を実施し、P/S比0.19と低い人に比べ、P/S比1.67の食事を2週間続けた人では、休息時の代謝率が3.6%上昇したことを示しました。

食欲調整ホルモン・レプチンの最近の発見は、また、興味ある手がかりを提供しています。レプチンの血清濃度は、体脂肪が増加する際、エネルギー摂取を低下させようとする阻害

的フィードバックをしながら、脂肪組織量と平行になる傾向があります。Cha ら⁴⁷⁾ は、レプチン濃度（少なくともラットでは）は、飽和脂肪より不飽和脂肪の方がよりレプチン様で、食事因子に反応することを示しました。

このことは、ベジタリアンにとって、食事の脂肪量が同様の時でさえも、食事調整が有利であることを示しているのかも知れません。

4. 結 論

一般的に、ベジタリアンやベジタリアン食養法は、雑食の人達に比べ、体重とBMIは低い傾向にあることをデータは示しています。これらの結果を導く実際のメカニズムは、正確には証明されていません。単純な事として、ベジタリアンは非ベジタリアンに比べ、総エネルギー摂取が低いことです。さらに、ベジタリアンの主要栄養素の濃度が低いことは、低いエネルギー摂取でも、満腹感を得られるのかも知れません。ベジタリアンの高繊維、低脂肪と比較的低いたんぱく質量は、体重増加を妨げる点で、有益のようです。ベジタリアン食は、肥満調整に対し万能薬でないことは明白ですが、肥満の発生を妨げ、また、多分、減量を目的とした食事介入の点で、有用であるかも知れません。肥満に反対の成果があることを示し、ベジタリアンの食養法は他にも期待できる利点がありそうなので、現在、社会を悩ませている肥満の流行に対し、賢明な介入かもしれせん。

. 参考文献

- 1) Kuczmarski,R.J. Prevalence of overweight and weight gain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 495s-502s, 1992.
- 2) Ammon,P.K. Individualizing the approach to treating obesity. *Nurse Pract.*, **24**(2):27-8, 31, 41, Feb 1999.
- 3) *Morb. Mortal. Wkly. Rep.* **46**:199-01, 1997.
- 4) James,W.P., and Ralph,A. New understanding in obesity research. *Proc. Nutr. Soc.*, **58**(2):385-93, May, 1999.
- 5) The World Health Organization Report. Related at the 8th International Congress on Obesity in Paris, Aug 31, 1998.
- 6) Johnston,J. Doctors warn about an epidemic of obesity. www.healthcoun.com, Oct 20 1998.
- 7) Serdula,M.K., Ivery, D., Coates,R.J., Freedman,D.S., Williamson,D.F., and Byers,T. Do obese children become obese adults? A review of the literature. *Prev. Med.*, **22**(2):167-77, Mar 1993.
- 8) VanItalli,T.B., and Lew,E.A. Estimation of the effect of obesity on health and longevity: A prospective for the physician. In: *Obesity Theory and Treatment*. Stunkard and Wadden (Eds), Raven Press, New York, 1993.
- 9) Allison D.B., Fontaine,K.R., Manson,J.E., Stevens,J., and VanItallie,T.B. Annual deaths attributable to obesity in the United States, MD. *JAMA*, **282**(16):1519-1522, 1999.
- 10) Lean,M.,*et al.* Effect of obesity on health and quality of life quantified. *Arch. Intern. Med.*, **159**:837 843, 1999.
- 11) Wadden,T.A. and Sternberg,J.A.,*et al.* Treatment of obesity by very low calorie diet, behavior therapy, and their combination: a 5-year perspective. *Int. J. Obesity*, **13**(Suppl.2), 39-46, 1989.
- 12) Key,T. and Davey,G. Prevalence of obesity is low in people who do not eat meat, Letter. *BMJ*, **313**:816-817, 1996.
- 13) Hardinge,M. and Stare,F. Nutritional Studies of Vegetarians. *J.Clin. Nutr.*, **2**(2):73-82, 1954.
- 14) Messina,M. and Messina,V. *The Dietician's Guide to Vegetarian Diets:Issues and Applications*. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, 431-442, 1996.
- 15) Fraser,G. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California Seventh-Day Adventists. *Am. J. Clin. Nutr.*, **70**(3):532s-538s, 1999.
- 16) Singh,P.N., and Lindsted,K.D. Body mass and 26-year risk of mortality from specific diseases among women who never smoked. *Epidemiology*, **9**(3):246-54, May 1998.
- 17) Appleby,P.N.m Thorogood,M., Mann,J.I., and Key,T.J. Low body mass index in non-meat eaters: the possible roles of animal fat, dietary fiber and alcohol. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, **22**(5):454-60, May 1998.
- 18) Chang-Claude,J. and Frentzel-Beyme,R. Dietary and lifestyle determinants of mortality among German vegetarians. *Intl. J. Epid.*, **22**(2):228-236, 1993.
- 19) Key,T., Fraser,G., and Thorogood,M.,*et al.* Mortality in vegetarians and non-vegetarians: a collaborative analysis of 8300 deaths among 76,000 men and women in five prospective studies. *Pub. Hlth. Nutr.*, **1**(1):33-41, 1998.
- 20) Jacobs,C. and Dwyer,J.T. Vegetarian children: appropriate and inappropriate diets. *Am. J. Clin Nutr.*, **48**:811, 1998.
- 21) Lousuebsakul,V. and Sabate,J. Dietary patterns and overweight in school-age children. *Faseb. J.*, **8**(4):A166, 1994.
- 22) Must,A., Jacques.P.F., Dallal,G.E., Bajema,C.J., and Dietz,W.H. Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *New Eng.J. Med.*, **5**:327(19):1350-5, 1992.
- 23) Nicholson,A.S., Sklar,M., Barnard,N.D., Gore,S., Sullivan,R., browning,S. Toward improved management of NIDDM: A randomized, controlled, pilot intervention using a low fat vegetarian diet. *Prev. Med.*, **29**("):87-91, Aug 1999.
- 24) Gilbody,S.M., Kirk,S.F., and Hill,A.J. Vegetarianism in young women:another means of weight control? *Int. J. Eat Disord.*, **26**(1):87-90, Jul 1999.
- 25) Smith,C.F., Burke,L.E., and Wing,R.R. Vegetarian and weight-loss diets among young adults. *Obes. Res.*, **8**(2):123-9, Mar 2000.
- 26) Kahn,H.S., Tatham,L.M., Rodriguez,C., Calle,E.E., Thun,M.J., Heath,C.W., Jr. Stable behaviors associated with adults' 10-year change in body mass index and likelihood of gain at the waist. *Am. J. Public Hlth.*, **87**(5):747-54, May 1997.
- 27) Van Horn,L., Fiber, lipids, and coronary heart disease. A statement for healthcare professionals from the Nutrition

- Committee, American Heart Association. *Circulation*, **95**(12):2701-2704, 1997.
- 28) Wolever, T.M., and Jenkins, D.J. What is a high fiber diet? *Adv. Exp. Med. Biol.*, **427**:35-42, 1997.
- 29) Levin, N., Rattan, J., and Gilat, T. Energy intake and body weight in ovo-lacto vegetarians. *J. Clin. Gastroenterol.*, **8**(4):451-3, 1986.
- 30) Levine, A.S., Tallman, J.R., Grace, M.K., Parker, S.A., Billington, C.J., and Levitt, M.D. Effect of breakfast cereals on short term food intake. *Am. J. Clin. Nutr.*, **50**(6):1303-7, 1989.
- 31) Delargy, H.J., O'Sullivan, K.R., Fletcher, R.J., and Blundell, J.E. Effects of amount and type of dietary fiber (soluble and insoluble) on short-term control of appetite. *Int. J. Food Sci Nutr.*, **48**(1):67-77, 1997.
- 32) Tiwary, C.M., Ward, J.A., and Jackson, B.A. Effect of pectin on satiety in healthy US Army adults. *J. Am. Coll Nutr.*, **16**(5):423-8, 1997.
- 33) Baer, D.J., Rumpel, W.V., Miles, C.W., and Fahey, G.C., Jr. Dietary fiber decreases the metabolizable energy content and nutrient digestibility of mixed diets fed to humans. *J. Nutr.*, **127**(4):579-86, 1997.
- 34) McCarty, M.F. The unique merits of a low-fat diet for weight control. *Med-Hypotheses*. **20**(2):183-97, 1986.
- 35) Toth, M.J., and Poehlman, E.T. Sympathetic nervous system activity and resting metabolic rate in vegetarians. *Metabolism*, **43**(5):621-5, 1994.
- 36) Campbell, T.C., and Vhen, J. Presented at Conference on the Role of Diet and Caloric Intake in Aging, Obesity, and Cancer, Reston, VA, October 28, 1998.
- 37) Slaterry, M.L., McDonald, A., Bild, D.E., Caan, B.J., Hilner, J.E., Jacobs, D.R., Jr., and Liu, K. Association of body fat and its distribution with dietary intake, physical activity, alcohol, and smoking in blacks and whites. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**(5):943-9, 1992.
- 38) Rolland-Cachera, M.F., Deheeger, M., Akrou, M., and Bellisle, F. Influence of macronutrients on adiposity development: a follow up study of nutrition and growth from 10 months to 8 years of age. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, **19**(8):573-8, Aug 1995.
- 39) Alfieri, M., Pomerleau, J., and Grace, D.M. Comparison of fat intake of normal weight, moderately obese and severely obese subjects. *Obes. Surg.*, **7**(1):9-15, 1997.
- 40) Miller, W.C., Lindeman, A.K., Wallace, J., and Niederpruem, M. Diet composition, energy intake, and exercise in relation to body fat in men and women. *Am. J. Clin. Nutr.*, **52**:426-30, 1990.
- 41) Prentice, A.M. Manipulation of dietary fat and energy density and subsequent effects on substrate flux and food intake. *Am. J. Clin. Nutr.*, **67**:535s-541s, 1998.
- 42) Blundell, J.E., Lawton, C.L., and Hill, A.J. Mechanisms of appetite control and their abnormalities in obese patients. *Horm-Res.*, **39** Suppl. 3:72-6, 1993.
- 43) Maffei, C., Pinelli, L., and Schutz, Y. Fat intake and adiposity in 8- to 11-year-old obese children. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, **20**(2):170-4, 1996.
- 44) Doucet, E., and Tremblay, A. Food intake, energy balance and body weight control. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **51**(12):846-55, 1997.
- 45) Harvey-Berino, J. The efficacy of dietary fat vs. total energy restriction for weight loss. *Obes. Res.*, **6**(3):201-7, 1998.
- 46) van Marken Lichtenbelt, W.D., Mensink, R.P., and Westerterp, K.R. The effect of fat composition of the diet on energy metabolism. *Z. Ernahrungswiss.*, **36**(4):303-5, 1997.
- 47) Cha, M.C., and Jones, P.J. Dietary fat type and energy restriction interactively influence plasma leptin concentration in rats. *J. Lipid Res.*, **39**(8):1655-60, Aug 1998.



“薬膳”の知恵 (80)

Key Words : 薬膳 ■ 中医学 ■ 痴呆証 ■ 養生食

荒 勝俊*

高齢化が進んでいる日本において“痴呆症”は非常に深刻な社会問題となっている。“痴呆症”は“脳血管性痴呆症 (MID)”と“アルツハイマー型痴呆症 (AD)”の二種類に分類される。脳血管性痴呆症は何回かの脳梗塞による発作(多発性脳梗塞)や脳出血の発作後に現れてくる痴呆である。具体的な症状として、物忘れや感情失調が認められる。一方“アルツハイマー型痴呆”は、ドイツの精神医学者アルツハイマー博士によって1907年発表されたもので、精神細胞の蛋白質が変性することが原因で発症する事が判ってきている。しかし、痴呆症は医学的に解明されていない部分が多く、治療が難しい病気の一つとなっている。

中医学において、痴呆症は精神、意識、情緒などを司る中枢部分へ通じる穴(竅)が塞がってしまった状態を指し、穴を塞ぐ原因となるものが“痰”(水分代謝の悪化により生じた水分)と“淤”(微小循環の悪化による水の停滞)である。中医学では人体を一つの有機的統一体と考え、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改善できると考えており、痴呆症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て作った“薬膳”により、人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内を整える事で痴呆症に対する予防ができると考えている。



1. 痴呆症



“痴呆症”は、脳の神経細胞が広範囲に死滅する事で障害を起こし、知力が減退する事を主な特徴とする病証である。主な症状は記憶・判断・計算・認識・分析の能力の減退とともに、性格・人格の変化などがある。

中医学において、痴呆症は精神、意識、情緒などを司る中枢部分へ通じる穴(竅:きょう)が塞がる事で引き起こされると考えられてお

* 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)

り、この穴を塞ぐ原因として“痰（水分代謝の悪化により生じた水分）”と“淤（微小循環の悪化による水の停滞）”の生体内における増加があげられている。“痰”や“淤”は、ストレスが長く続く事で体の中に火が生じ、水分や血液の流れを悪化させる事で生じると言われている。

痴呆症の病位は脳にあるが、その発症は心・脾・肝・腎臓の機能と密切な関係を有する事から、その改善には養心、補脾、益腎の作用を有する素材を用いて症状を治める方法が使われている。

①心脾両虚による痴呆症

“意”と“思”は脾の志とされ、感情・思考・意識・判断などの精神的な働きは心が統括する（神明を主る）と言われている。過度の思慮などによって心脾を損傷すると、気血を消耗して脳を養えなくなり痴呆症となる。脾は身体の気と血を作る働きが有り、欠乏すると脳の栄養不足となる。

心脾両虚には、棗、蓮の実、百合根、苦瓜、セリ、菜の花、タンポポ、緑茶、などが効果を有する。

②腎精不足による痴呆症

房事過多や老化によって腎精が不足し、髓が減り、脳髓に充分な栄養が補給できなくなると痴呆症になる。また、アルツハイマー型の痴呆症の際に認められる脳の空洞化は中医学における腎精虚に類似しており、本タイプに属すると考えられている。

腎精には、腎陰と腎陽があり、腎陽が虚している場合は、手足の冷え、腰の冷え、夜間の頻尿、残尿感があり、舌はぼてっとして白く、脈は弱く沈む症状を呈する。一方、腎陰が虚している場合には、腰痛、のぼせ、微熱、口が渇く、などの症状があり、舌は紅く、苔が少して、脈は速く細くなる。

腎陰の不足にはキノコやヒジキなど海草類、

黒豆など豆類が効果を有する。また、昆布、のり、ひじき、あさり、えび、かに、などの食材が効果を有する。腎陽が不足している場合には、肉桂粥、杜仲茶、生姜、シナモンなどが有効である。

③痰濁阻竅による痴呆症

食生活の不摂生や過度な心配によって脾胃が損傷し、脾胃の運化機能が弱くなる事で痰湿が生じる。痰湿が体内の気の循環を障害し、脳竅に届かなくなると痴呆症になる。

脾胃が弱い場合、イモ類、穀類、栗、豆類、はと麦、冬瓜、とうもろこし、などが効果を有する。

④於血阻絡による痴呆症

精神的ストレスによる気滞、あるいは老化や過労による気虚が原因で瘀血が生じ、脳の脈絡における気血運行が障害される事で痴呆症になる。於血の改善には紅花が効果を有する。

【中国・上海事情②】

蓮の実

秋になると上海市内では、蜂の巣の様な形をし、上面に並んだ沢山の穴の中に緑色でどんぐりのような形をした種子が入った独特の食材が売られるようになる。これは、“蓮の花托”を乾燥したもので、どんぐりのような種子が“蓮の実”である。この花托の特徴的な蜂の巣の形状から“蜂巢（ハチス）”と呼ばれていたが、その後略されて“ハス”と呼ばれる様になり、更

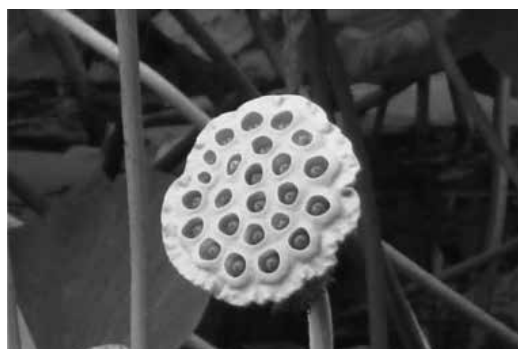


図1 蓮の実

に沢山の種子が連なっている様から“蓮”という漢字が当てられたと言われている。

市場では、この乾燥した花托はだいたい一つ3元（約50円）ぐらいで売られており、甘みと苦みがあって生のトウモロコシに似た食感がある。

“蓮”はスイレン科の多年草の水生植物で、熱帯から温帯地域にかけて沼地などに広く自生している。地中の地下茎から茎を伸ばし、水面に葉を出しており、地下茎は“蓮根（レンコン）”として親しまれている。白亜紀後期（約1億年前）に既に地球上に出現していたとも言われ、生命力の強い植物として認識され、古代インドでは神が蓮から誕生したという神話から吉祥の象徴とされている。仏教では、混沌とした暗黒の迷いの世界（泥水）の中にあっても、その迷いに染まらず悟り（花と実）を得る事を“蓮の花”に例え、仏教の台座である蓮台に蓮の花の形が使われている。

“蓮の実”は、千年以上も発芽力が消失しない程強い生命力を持つ事から、インドでは紀元前3000年もの古い時代から食用されてきた。古代中国においても、蓮の実の滋養強壮効能（精気の強化や活血作用）や婦人病改善効果が古くから知られ、皇帝への貢物として用いられてきた。未熟な蓮の実は柔らかく甘みがあるため、中国では生のまま食べられている。暗黒色で硬く熟した蓮の実は天日干しをして乾燥させたり、煮たり、炒めたりして食べられている。

蓮の実にはカリウム、カルシウム、ビタミンB₁、食物繊維などが豊富に含まれている。カリウムには体内の余分な水分を排出する働きがあり、細胞間に溜まる水分が原因で起こるむくみの予防や改善に効果を発揮すると考えられている。また、カリウムには余分なナトリウムと水分を体外へ排出する働きがあるため、高血圧の予防にも効果が有る。更に、蓮の実に含まれるビタミンB₁は体内において

糖質分解を補助し、効率よくエネルギーへと変換する働きを有する事から、疲労回復に効果を有するとされている。蓮の実には食物繊維が含まれており、体内で腸を刺激して、腸のぜん動運動⁶⁾を活発にさせる働きが有る。その為、蓮の実を摂取する事は便秘の解消や腸の病気の予防に効果があると言われている。

蓮は生薬としても用いられ、用いる部位によって蓮実（れんじつ）、蓮肉（れんにく）、蓮子（れんし）、蓮心（れんしん）、蓮衣（れんい）、荷葉（かよう）、荷葉蒂（かようてい）、荷梗（かこう）、蓮房（れんぼう）、蓮鬚（れんしゅ）、藕（ぐう）、藕節（ぐうせつ）、藕粉（ぐうふん）、などが有る。蓮実（れんじつ）や蓮肉（れんにく）には強壯、止瀉、鎮静、健胃、多夢、遺精、下痢、腰氣にその効果を有するとある。

今回は“粗忽の使者”を紹介する。

古典落語の演目の一つで、元禄14(1701)年に出版された笑話本の“軽口百登瓢箪”の第二巻に掲載された“そそな寄合い”が原話。

五代目柳家小さんや二代目桂古金治の専売特許。

【粗忽の使者】

杉平枳目之正（すぎだいら まさめのしょう）という大名の家臣に地武太治部右衛門（じぶた じぶえもん）という物忘れの激しい粗忽者の侍がいた。ある日、大切な使者を仰せつかり、殿さまのご親類の赤井御門守の屋敷に向かう事になる。

家を出る時がまた大変。慌てるあまり犬と馬を間違えたり、馬にまたがれば前後反対にまたがり、首をすげ替えろとか、腰を上げている間に馬を回せと言う始末。

先方に着くと、応対に出た家老の田中三太夫に対する肝心の口上を忘れ、必死に思い出そうとするがどうしても思い出せない。

治武衛門：「かくなる上は……その、あれをいたす。それ、あれ……プクをいたす」

田中：「ははあ、腹に手をやられるところを見ると切腹でござるか」

治武衛門：「そう、面目が無いのでそのプクをいたす」

あまりにも可愛そうなので、

田中：「何か思い出せる手だてではござらぬか」

治武衛門：「幼少のころから、物忘れをした時には尻をつねられると思い出すので、お願いしたい」

三太夫が早速試したが、今まであまりつねられ過ぎてタコになっており、いっこうに思い出せない。

田中：「ご家中にどなたか指先に力のあるご仁はござらんか」

これを耳にはさんだ屋敷で普請中の大工の留っこ。そんなに固い尻なら、一つ釘抜きでひねってやろうと作事場に申し出た。

三太夫も、大工を使ったとあっては当家の名にかかわるので、留っこを臨時に武士に仕立て、中田留五郎と名乗らせ、治部右衛門の前に連れていく事にする。

武士として、挨拶は丁寧に、頭に「お」、しま

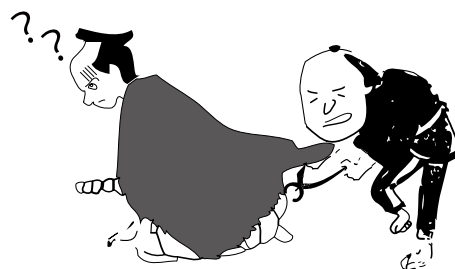


図2 粗忽の使者

いに「たてまつる」と付けるのだと言い含め、治部右衛門の前に出てきた留（中田留五郎）

留っこ：「えー、お私が、お貴方様のお尻さまをお捻りでござりたてまつる」

とわけのわからない口上を述べる。

ところがいざ治部右衛門と二人つきりになると途端に地を出し、治部右衛門に命令し始めた。

留っこ：「さあ、早く尻を出せ。いいか、どんなことがあっても後ろを向くなよ」

えいとばかりに、釘抜きで尻をねじり上げる。

治武衛門：「ウーン、痛たたた、思い出してござる」

三太夫が合いのふすまをガラリ。

田中：「して、お使者の口上は？」

治武衛門：「屋敷を出る折、聞かずにまいった…」

*****◀

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 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、俞向紅著 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) 中医治療学マニュアル 高明、木下和之、林曉萍 共著 メディカルユーコン
- 13) 脳を守る漢方薬 大山博行著 カッパ・ブックス

築地市場魚貝辞典（シログチ）

秋の日はつるべ落とし、とはよく言ったものである。それまで帰宅時間になっても、まだ西の空が明るかったのが、急に暗くなったような気がしてしまう。築地市場に周辺の高層ビルの影を落とす夕日も、目に見えて足早に沈んでいくような気がする。晴海通りでも僅かに聞こえていた鳴く虫の声も小さくなり、なんとなく感傷的な気分させられる季節である。感傷的とは裏腹に、食欲はますます旺盛なのであるが。

今回も秋の魚、シログチを紹介する。



シログチ

—分類—

東京ではシログチと呼ぶより「いしもち」と言ったほうが、通りが良いかもしれない。シログチは、スズキ目ニベ科シログチ属の魚である。

ニベ科の魚は世界におよそ 280 種、日本近海に 17 種知られていて、シログチの他、ニベ、オオニベ、コイチ、キグチなどが築地市場にも入荷する。関東近辺でふつうに見られるのはシログチとニベの 2 種類だけで、ほとんどは東シナ海以西に分布する。

なお本種をはじめて学術的に報告したのはオランダの医師であり博物学者であった Maarten Houttuyn（マールテン・ホッタイン。以前、築地おさかな普及センター資料館におられた魚類学者である阿部宗明博士はホータインと呼んでおられた）で、1782 年のことである。日本では江戸時代の天明と呼ばれる時期で、明治になる 90 年も前のことである。当時、まだ鎖国状態であった魚を入手し、極東からヨーロッパへ

運ぶのは、たいへんな苦勞があったのではないだろうか。

一形態一

体はやや細長く、体の断面は背腹方向に長い楕円形。頭は丸みをおびる。眼と口はやや大きい。小さいが鋭い円錐形の歯がある。鱗は大きめで取れやすい。鰭は独特で、背鰭の半分以上は柔らかい軟条(なんじょう)で支えられていて、硬い刺(とげ)は前の方にだけある、臀鰭(しりびれ)が小さい、尾鰭の中央部分が長いなどの特徴を持っている。これらの特徴は、シログチ以外のほとんどのニベ科の魚にも共通するものである。側頭部には、大きくて硬い耳石(扁平石)がある。このため「石持ち」の名がある。



シログチの顔

体は銀白色で、鰓蓋(さいがい; えらぶた)の上部に輪郭のぼやけた黒い斑紋がある以外、模様はない。

体長 30cm を越える。

一生態一

青森県から南シナ海に分布する。水深 15m から 140m の泥底にすむが、東京湾や瀬戸内海など、内湾のような場所を好む。海底近くを泳ぎ、小魚や甲殻類を食べる。大きな眼は、やや暗い海底で餌となるエビやシャコ、オキアミなどを見つけるのに都合が良いのであろう。生後 1 年で成熟し始める。繁殖期は 4 月から 8 月で、内湾などの沿岸で産卵する。直径およそ 0.7mm の浮遊性の卵を数万から 20 万粒産む。生まれた稚魚は沿岸の浅い場所で過ごし、成長とともに深い場所へ移動する。体長は 1 年でおおよそ 10cm, 2 年で 20cm, 3 年で 25cm, 6 年で 30cm に成長する。寿命は 7 年

一漁業一

シログチは海底付近にすむので、海底に下ろした網を船で曳く底曳網や、海底に這わせた網に魚を絡める刺網、釣りなどで漁獲されている。今でも行われているかよくわからないが、10 年ほど前には、羽田の沖などで魚の群れを船から網を入れて巻き取る旋網(まきあみ)の 1 種巻刺し網の漁船が築地の岸壁に直接横付けして水揚げしていた。スズキやコノシロが圧倒的に



ニベ

多かったが、その中にシログチも混ざっていた。レジャーとしての釣りの対象にもなっていて、横浜あたりの釣宿では釣り物にシログチとあるのを見る。シログチと同じニベ科の魚で大きくなるものが出て、カリブ海沿岸などではゲームフィッシングで人気があるらしい。



クログチ



オオニベ

輸入については、東シナ海から南シナ海にも分布しているので輸入される可能性はあるが、確認したことはない。養殖はされていない。ニベ科のオオニベは、四国などで養殖されている。

築地市場では、鮮魚で入荷する。鱗がはがれやすく弱い魚なので、活魚では入荷しない。統計資料はないが、毎年夏から秋にかけて見かけることが多いように思う。産地は愛知県や愛媛県、兵庫県などである。

一利用一

上品で甘みのある白身は、刺身でも美味しい。人によっては、身が柔らかく生食に向かないと言われる。先日、近所の魚屋でシログチ（イシモチと書かれていたが）の作りが売られていて、ためしに購入してみた。旨みがあって、なかなか美味しい魚だと再認識した次第である。ふつう塩焼きにされることが多いが、煮付けやフライなどにもなされる。また、大量に漁獲される地域では、練り製品の原材料として上等とされているようである。

シログチの産卵期は4月から8月で、秋というと産卵後で痩せているようであるが、旺盛な食欲のために栄養が回復するのか、秋が旬とされている。

一エピソード一

子供の頃、家の隣が魚屋だった。それがきっかけで魚が好きになったわけではないと思うのであるが、それでも小さい頃に見た魚とその名前をいくつか覚えている。自分が育ったのは、まだ緑が色濃く残る武蔵野であった。海から離れた魚屋に並ぶ魚は、今ほど流通の面でも冷蔵技術も発達していなかったので種類も限られていたし、特別なものを除いては生では食べられないと思っていた（我が家には、まだ氷式の冷蔵庫があり、ときどき大きな氷を入れに氷屋が来ていたのを覚えている）。そんな少ない魚の一つが「いしもち」であった。この白っ

ばい中ぐらいの大きさの魚は、塩焼きで食べる魚だぐらいの印象である。子供の図鑑にも「いしもち」の名で出ていて、そういう名前だと思っていた。ところが、学生の頃になって専門書や、そのころ出版された図鑑を見て驚いた。「いしもち」のところにはシログチと書かれている。現在でも、生物の共通語とも言うべき標準和名はシログチである。これはシログチの地方名が関係している。これを「いしもち」と呼ぶのは関東で、関西では「ぐち」と呼ばれる。図鑑で使われる名前が、いつ、どのような理由で変わったのか調べていないのでわからないが、愛着のある名前が失われたようで、なんとなく寂しい。

文 献

- 1) 河野 博 (監)：東京湾の魚類，平凡社 (2011)
- 2) 坂本一男：主婦の友ベスト BOOKS 旬の魚図鑑，主婦の友社 (2007)
- 3) 中坊徹次 (編・著)：日本産魚類検索 全種の同定 第3版，東海大学出版会 (2013)
- 4) 山田梅芳ほか：東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会 (2007)

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

ニューフードインダストリー 第55巻 第11号

印 刷 平成 25 年 10 月 25 日

発 行 平成 25 年 11 月 1 日

発行人 平井 朋美

編集人

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 モリモト印刷株式会社

定 価 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:newfood@newfoodindustry.com