

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2010 Vol.52 No.9

9

論 説

- 大豆イソフラボン抽出物サプリメントの閉経期女性の骨密度への影響 —無作為化比較試験のメタ分析—
- 経口摂取により活性を持つペプチドの同定
- ヨード強化卵長期摂取がインスリン分泌指数へ及ぼす影響
- 納豆菌ファージのネバネバ分解酵素とその利用
- 弾性表面波法を用いた果菜類の食感（果肉硬さ）判定技術の開発
- 消費者の望む商品を開発する
- 特許明細書から見た油脂結晶と食品
- 外食産業と配食ビジネスにおける低塩・高カリウムの重要性
- 重金属の野菜中への蓄積量の予測手法 —安心・安全な野菜とは—

連 載

- 薬膳の知恵 (50)
- 築地市場魚貝辞典 (サンマ)

製品解説

- 良薬、口にうまし—和田萬の金胡麻—



論 説

- ☐ 大豆イソフラボン抽出物サプリメントの閉経期女性の
骨密度への影響 ―無作為化比較試験のメタ分析―
.....卓 興鋼, 石見 佳子 1

- ☐ 経口摂取により活性を持つペプチドの同定
.....佐藤 健司 12

- ☐ ヨード強化卵長期摂取がインスリン分泌指数へ及ぼす影響
.....横山 次郎, 下川 雅信, 富岡みゆき, 井上 肇 21

- ☐ 納豆菌ファージのネバネバ分解酵素とその利用
.....木村 啓太郎 27

- ☐ 弾性表面波法を用いた
果菜類の食感（果肉硬さ）判定技術の開発
.....池田 敬, 崔 博坤, 大澤 雅子 33

- ☐ 消費者の望む商品を開発する
.....山川 茂宏 37

- ☐ 特許明細書から見た油脂結晶と食品
.....宮部 正明 45

- ☐ 外食産業と配食ビジネスにおける
低塩・高カリウムの重要性
.....田形 皖作 53

Contents

2010 年 9 月号

連 載

□ 薬膳の知恵 (50)

..... 荒 勝俊 59

□ 築地市場魚貝辞典 (サンマ)

..... 山田 和彦 65

製品解説

□ 良薬, 口にうまし —和田萬の金胡麻—

..... 内田 あゆみ 70

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料
コクベス

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

大豆イソフラボン抽出物サプリメントの閉経期女性の 骨密度への影響 —無作為化比較試験のメタ分析—

卓 興鋼^{*1} 石見 佳子^{*2}

^{*1} TAKU Kyoko (独立行政法人国立健康・栄養研究所 情報センター),

^{*2} ISHIMI Yoshiko (同研究所 食品保健機能プログラム)

KeyWords：大豆イソフラボン抽出物・閉経期女性・骨密度・メタ分析・エクオール

はじめに

骨粗鬆症の有病率は、性・年代別分布から、男女とも年齢とともに増加し、その頻度は、男性より女性のほうがほぼ3倍高いと報告されている(図1)¹⁾。これらのことから、もし有病率に変化がないと仮定した場合、現在のところわが国における骨粗鬆症患者数は約780万～1100万人であると推定できる。

閉経後女性における骨量減少及び骨粗鬆症は、エストロゲン(estrogen)濃度の急激な減少により引き起こされた高回転骨代謝に起因すると考えられている^{2,3)}。閉経後女性においては、腰椎及び大腿骨近位部の骨密度(BMD)が1年当たり平均1～2.4%減少する^{2,4)}。ホルモン代替療法(hormone replacement therapy, HRT)は骨量減少を伴う閉経後女性のBMDを

上昇させる効果があるが、ホルモン関連がんのリスクを上昇させたり⁵⁻⁷⁾、望ましくない副作用を引き起こしたりするため、コンプライアンスが低い^{8,9)}。

疫学研究では、大豆を多く摂取している女性は典型的な欧米食を摂っている女性に比べ、骨粗鬆症リスクが低いことが示唆されている⁹⁻¹¹⁾。従って、女性ホルモンによる好ましくない副作用を引き起こさない植物性エストロゲン(Phytoestrogens)が注目されている^{8,12)}。利用されている主な植物性エストロゲンは大豆イソフラボンであり、その化学構造はエストロゲンと似ている¹³⁾。

10報の無作為化比較試験(RCT)を統合したメタ分析において、イソフラボン摂取者は摂取しないものに比べ、腰椎BMDが有意に20.6

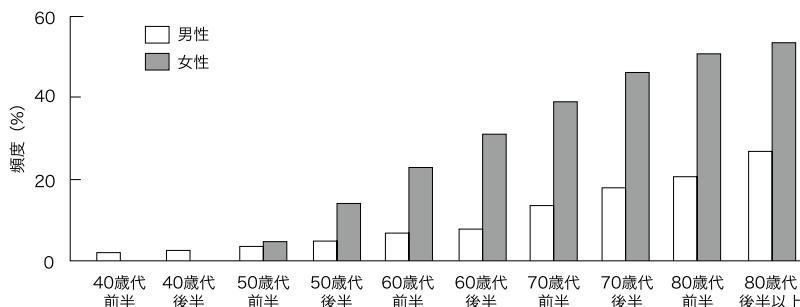


図1 骨粗鬆症有病率の性・年代別分布¹⁾

mg/cm² 上昇した¹⁴⁾。しかし、この報告では、大豆たん白質と大豆イソフラボン抽出物の効果を検証した研究を統合しているため、大豆たん白質及び他の組成成分の影響を除外できない。変化率で表わす腰椎 BMD への効果及び大腿骨近位部 BMD への効果が示されなかった。サブグループ解析では大豆イソフラボン抽出物の効果を認めないし、20.6mg/cm² 程度の上昇が臨床的に意義のある変化なのか不明である。また、1つの研究内の複数の比較を同じメタ分析に採用しているため、メタ分析の方法論的に問題がある¹⁵⁾。

大豆イソフラボンの恩恵を受けたいが普段大豆製品あるいは大豆食品を摂取できないまたは摂りたくない場合には、大豆イソフラボン抽出物サプリメントが利用される。また、大豆たん白質の有用な効果は、イソフラボン及び他の大豆成分の相乗効果を必要とする可能性がある¹⁴⁾。従って、抽出された大豆イソフラボン（イソフラボンを含む大豆たん白質あるいは大豆食品ではないもの）の効果を説明することがより臨床的に重要である。2つのメタ分析はサブグループ解析において大豆イソフラボン抽出物の有意な効果を示さなかった^{14, 16)}、その原因はおそらく4つの RCT 研究しかが採用されていなかったためである。我々は、大豆イソフラボン抽出物（イソフラボンを含む大豆たん白質あるいは大豆食品ではないもの）の閉経期女性の腰椎 BMD への効果を検証した13報の論文（12個の RCT 研究）を特定した^{8, 17-28)}。本メタ分析は、大豆たん白質という栄養素それ自体あるいは大豆たん白質中の他の組成成分の影響を取り除き、大豆イソフラボン抽出物サプリメントの摂取による閉経期女性の腰椎及び大腿骨近位部 BMD への効果について、初期値からの変化の絶対量（mg/cm²）と変化率（%）と2つの指標を用いて評価した²⁹⁾。

1. 方法

文献データベース PubMed（1966–2008）³⁰⁾、CENTRAL（1966–2008）³¹⁾、ICHUSHI（1983–2008）³²⁾、CNKI（1979–2008）³³⁾、Wanfang Data³⁴⁾、CQVIP³⁵⁾、NSTL³⁶⁾を対象に、2008年9月まで発表された関連の論文を検索した。関連論文の文献リストをマニュアル的に検索した。入手した論文の全文をレビューし、下記の基準をすべて満たした研究をメタ分析に採用した（図2）。

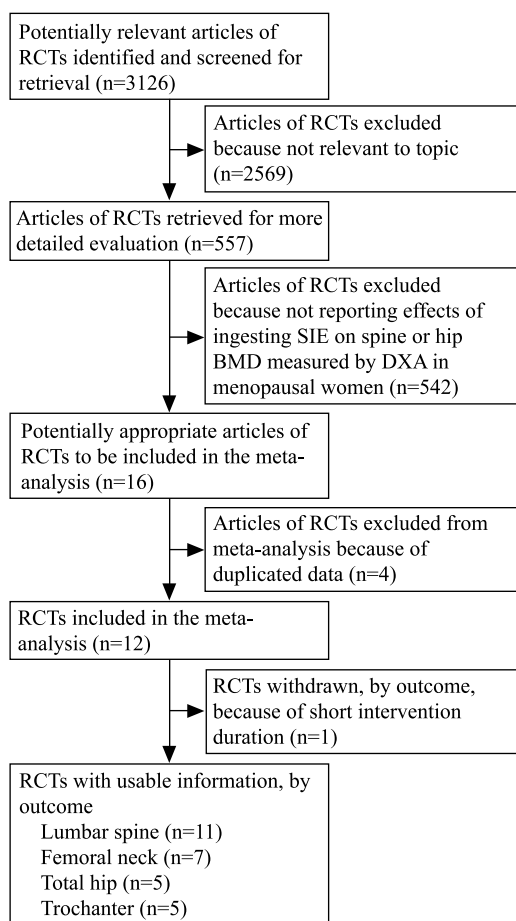


図2 臨床試験の検索及び選択²⁹⁾

Abbreviations: RCTs, randomized controlled trials; BMD, bone mineral density; SIE, soy isoflavone extracts, DXA, dual X-ray absorptiometry.

- 1) 英語, 日本語, あるいは中国語で発表された無作為化並行群間比較試験である。
- 2) クロスオーバーデザインの場合は第1期のデータを報告している。
- 3) 閉経期女性において, 大豆イソフラボン抽出物サプリメント (イソフラボンを含む大豆たんぱく質あるいは大豆食品ではないもの) の腰椎あるいは大腿骨近位部 (大腿骨頸部, 全体, 転子間) のBMDへの効果を検証した。
- 4) BMDの値はDXA法 (dual X-ray absorptiometry) で測定した。

各研究の関連データをメタ分析用に抽出し, 介入前後の変化量の標準偏差は必要に応じて報告されている統計値 (例えば, 信頼区間, 標準誤差, p 値, t 値, F 値) より計算したり, 介入前後値間の相関係数を推定したりして得た¹⁵⁾。必要な場合は, BMDのデータは報告されているグラフより入手した。また, 可能な場合は, 著者に連絡し報告されていない必要なデータを得た。

研究の質はJadad scale (3点未満は低品質)³⁷⁾と米国医療研究品質局 (AHRQ) のABCグレード法 (Cカテゴリーはバイアスがあり, 低品質)³⁸⁾を用いて評価した。介入割付の隠蔽性は「十分」, 「不十分」, 「不明」と評価した³⁹⁾。データの抽出と質的評価は2人で行い, 結果が一致しない場合は議論により合意を得た。

メタ分析はRevMan (バージョン 5.0.20; Nordic Cochrane Center, Oxford, England) を用いた。大豆イソフラボン抽出物の摂取によるBMDへの効果は, 介入前後の変化量又は変化率の群間平均差 (イソフラボン摂取群の変化値ープラセボ摂取群の変化値) として評価した。各研究間の異質性が有意な場合 ($p < 0.1$) は, 変量効果モデルによる結果を示し, そうでない場合は固定効果モデルによる結果を示した¹⁵⁾。感度解析は介入前後値間の相関係数レベル,

BMDデータの測定時点, 研究デザイン (プラセボ対照研究のみの場合), 研究の質 (低品質の研究を除外した場合) に基づいて行った。研究が10報以上ある場合は, 介入期間, イソフラボンの摂取量, 被験者の地域, 初期のBMD値に基づき, サブグループ解析及びメタ回帰を行った。食品安全委員会が1日当たり75 mg以下の大豆イソフラボンの摂取は安全としているため, イソフラボン摂取量に基づくサブグループ解析は75 mg/日以下あるいは75 mg超に分けて行った。潜在的な発表バイアスは, ファンネルプロット及びEgger's testにて検討した。メタ回帰及びEgger's testはStata 10.1 (StataCorp LP, College Station, Tex) を利用して行った。

2. 結 果

文献検索 (図2) により, 13報の論文 (12個のRCT研究) をメタ分析に採用した8, 17-28)。2報の論文は同じ1つのRCT研究の半年²⁵⁾と1年²⁶⁾の結果を報告している。各研究の特徴を表1に示した。ただ1報の研究は, 介入割り付けの隠蔽性が「十分」と評価され¹⁸⁾, 残りの研究は情報が不足しているため「不明」と評価された。各研究内比較群間の被験者の大豆イソフラボン, カルシウム, ビタミンDの摂取量及び身体活動はほぼ同様であった。ほとんどの研究は参加者の普段の食事, ライフスタイル, 体重を維持するように設計された。いくつかの研究は副作用についての報告が不十分であるが, イソフラボンと対照群とはほぼ同様であり, 重篤な副作用は報告されなかった。

骨代謝は1回転に6ヶ月かかるため, 介入期間が6ヶ月未満の場合はBMDの評価に不十分とされている²⁶⁾。そのため, 1報3ヶ月間のRCT (研究の質も低かった)²⁴⁾をメタ分析より除外した。検索された3126報論文より, 最終的に11^{8, 17-23, 25-28)}, 7^{8, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 28)}, 5^{18,}

表 1 採用された臨床試験の特徴²⁹⁾

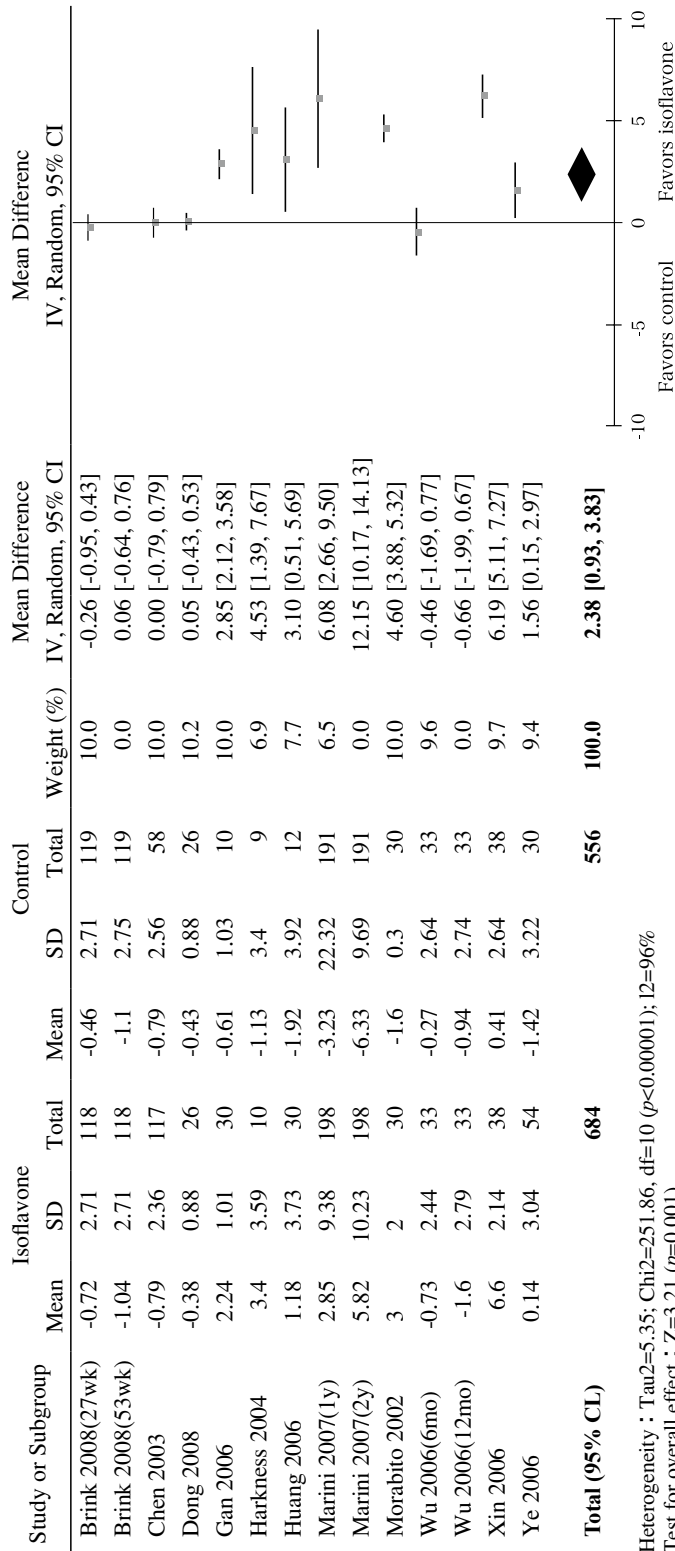
Study	Design [†]	Follow-up	Participants [‡]	Intervention [§]	Baseline mean BMD outcomes (g/cm ²)	Jadad scale	Quality category
Brink 2008 ¹⁷⁾	P; R, DB+, WD	27, 53 wk	N: 300/237 (21%) PoW; mean age: 53 y; TSM = 33 (12-60) mo; non-osteoporotic (spine Z-score ≥ 2); Netherlands, Italy, France	110 mg IAE [25-35% De, 60-75% Ge, 1-5% Gle] vs. placebo	L1-4: 0.990; mean (SD) T-score = -0.0 ± 1.1	4	C (dropout > 20%)
Chen 2003 ¹⁸⁾	P; R+, DB+, WD	1 y	N: 203/175 (14%) PoW; mean age: 54.2 y; TSM = 4.1 (1-10) y; Hong Kong	40 and 80 mg IAE [46% De, 15% Ge, 39% Gle] vs. placebo	L1-4: 0.860; FN: 0.682; TH: 0.819; Tr: 0.605	5	A
Dong 2008 ¹⁹⁾	P; R, WD	12 mo	N: 60/52 (13%) PoW; mean age: 54.7 y; TSM = 6.2 (≥ 1) y; T-score < -1.5 China	100 mg IC [66 mg IAE: 39% De, 61% Ge, 1% Gle] + calcium vs. calcium only (control)	L2-4: 0.756; FN: 0.719; Tr: 0.552	2	B
Gao 2006 ²⁰⁾	P; R	24 wk	N: 50/50 PoW; age: 48-62 y; TSM ≥ 1 y; China	60, 90, and 150 mg IF vs. no-treatment (control)	L1-4: 0.974	1	B
Harkness 2004 ²¹⁾	CO; R+, DB, WD	6 mo $\times$ 2	N: 20/19 (5%) PoW; mean age: 70.6 y; TSM = 19.1 (> 8) y; T-score < 2.5; USA	110 mg IAE [40% De, 52% Ge, 9% Gle] vs. placebo	L1-4: 0.881; TH: 0.800	4	B
Huang 2006 ²²⁾	P; R, OL, WD	1 y	N: 43/42 (2%) PoW; mean age: 52.4 y; TSM = 4.4 (1-13) y; Taiwan	100 and 200 mg IAE [29% De, 71% Ge] vs. regular diet only (control)	L1-4: 0.881; FN: 0.812; Tr: 0.715	2	B
Marini 2007 ²³⁾	P; R+, DB+, WD	12, 24 mo	N: 389/389 (10, 22%) PoW; mean age: 54.5 y; TSM = 63 mo (≥ 1 y); femoral neck BMD < 0.795 g/cm ² (-1.0 T-score); Italy	54 mg pure Ge vs. placebo	L: 0.840; FN: 0.670	5	A, C (dropout > 20%)
Morabito 2002 ⁸⁾	P; R, DB+	1 y	N: 90/90 PoW; mean age: 51.5 y; TSM = 6.5 (≤ 1) y; femoral neck BMD < 0.795 g/cm ² (-1.0 T-score); Italy	54 mg pure Ge vs. placebo	L: 0.925; FN: 0.688	3	A
Uesugi 2003 ²⁴⁾	P; R, WD	3 mo	N: 22/21 (4%) PoW; mean age: 53.7 y; TSM = 6 (5-10) y; non-osteoporosis; Japan	62 mg IC [38 mg IAE: 52% De, 11% Ge, 37% Gle] vs. placebo	L2-4: 1.040	2	C (unclear analyzed N)
Wu 2006a ²⁵⁾ , b ²⁶⁾	P; R, DB+, WD	6, 12 mo	N: 136/128, 108 (6, 21%); mean age: 54.4 y; TSM = 3.2 (1-5) y; Japan	75 mg IC [47 mg IAE: 54% De, 13% Ge, 34% Gle] vs. placebo	L2-4: 0.899; FN: 0.672; TH: 0.782; Tr: 0.595	4	A, C (dropout > 20%)
Xin 2006 ²⁷⁾	P; R, DB	6 mo	N: 76 MW; age: 45-55 y; TSM ≤ 5 y; China	50 mg pure De + calcium vs. calcium only (control)	L2-4: 0.715; TH: 0.643	2	C (unclear analyzed N)
Ye 2006 ²⁸⁾	P; R+, SB, WD	6 mo	N: 90/84 (7%) PoW; mean age: 52.3 (1-5) y; TSM = 2.6 (1-5) y; China	84 and 126 mg IAE [52% D(e), 15% G(e), 33% G(e)] vs. placebo	L1-4: 0.864; FN: 0.702; TH: 0.800; Tr: 0.588	3	B

[†] CO, crossover; DB, double-blinded (gives 1 point to Jadad scale); DB+, double-blinded by appropriate method (gives 2 point); OL, open-labeled; P, Parallel; R, randomized (give 1 point); R+, randomized by appropriate method (gives 2 point); SB, single-blinded; WD, withdrawals and dropouts described (gives 1 point).

[‡] BMD, bone mineral density; N, randomize/analyzed number (dropout rate) of participants; MW, menopausal women; PoW, postmenopausal women; TSM, averaged time since menopause.

[§] IAE, isoflavone aglycone equivalents; IC, isoflavone conjugate containing glycoside and aglycone forms; IF, isoflavones (form and composition unknown); D(e), daidz(e)in; De, daidzein; Ge, genistein; G(e), genis(e)in; Gl(e), glycit(e)in; Gle, glycitein.

[¶] FN, femoral neck; L, lumbar spine; TH, total hip; Tr, trochanter.

図3 大豆イソフラボンの腰椎骨密度 (BMD) への効果 (%)²⁹⁾

Mean Difference, weighted mean difference between percentage changes (%) of spine bone mineral density (BMD) from baseline for isoflavone and control groups; random, random effects model. Horizontal lines denote the 95% CI. Data sets for long duration not included in the meta-analysis were signed 0.0% Weight. , point estimate (size of the square corresponds to its weight); , combined overall effect.

21, 25-28), 5^{18, 19, 22, 25, 26, 28)} 報の RCT 研究をそれぞれ腰椎, 大腿骨頸部, 大腿骨近位部全体, 転子間の BMD への効果を評価するために選択した (図 2)。初期値と介入後値間の相関係数は 5 報の論文 (4 個の RCT 研究)^{19, 22, 25, 26, 28)} より, 14 個が計算され, それぞれの値は近似しており, 平均値は 0.98 (0.96 ~ 1) であった。

1240 被験者を含む 11 報の RCT をメタ分析したところ, 1 日平均して 82 mg (47 ~ 150 mg, アグリコンとして) の抽出大豆イソフラボンを 6 ヶ月 ~ 1 年間摂取した群は対照群に比べ, 腰椎 BMD を有意に 20.25 mg/cm² (95% CI, 7.62 ~ 32.89 mg/cm²; $p = 0.002$) あるいは 2.38% (95% CI, 0.93 ~ 3.83%; $p = 0.001$; 異質性 $p < 0.00001$, 変量効果モデル; 図 3) 上昇させた。選択された 11 報の RCT 研究のうち, 7 報の研究はイソフラボンによる腰椎 BMD へのポジティブな効果を示した。感度解析 (初期値と介入後値間の相関係数を 0.75 または 0.5 と仮定する場合, 長い期間の測定値を使用した場合, プラセボ対照研究のみを解析した場合, 低品質な研究を除外した場合) では, 大豆イソフラボンの腰椎 BMD への効果は大きく変化しなかった。

表 2 大豆イソフラボンの腰椎骨密度 (BMD) への効果に関するサブグループ解析^{† 29)}

Variables	No. of trials	Sample size	p for heterogeneity	Fixed effect model		Random effects model	
				WMD (95% CI)	p -value	WMD (95% CI)	p -value
Intervention duration	6 ^{17, 20, 21, 25, 27, 28)}	522	<0.00001	17.72 (14.03, 21.41) mg/cm ²	<0.00001	18.74 (1.25, 36.23) mg/cm ²	0.04
				1.81 (1.40, 2.21) %	<0.00001	2.31 (0.16, 4.47) %	0.04
1 year	5 ^{8, 18, 19, 22, 23)}	718	<0.00001	8.74 (5.90, 11.58) mg/cm ²	<0.00001	22.64 (1.54, 43.74) mg/cm ²	0.04
				1.23 (0.88, 1.58) %	<0.00001	2.52 (0.17, 4.87) %	0.04
Isoflavone dose	6 ^{8, 18, 19, 23, 25, 27)}	818	<0.00001	11.70 (9.10, 14.30) mg/cm ²	<0.00001	20.79 (1.48, 40.09) mg/cm ²	0.03
				1.53 (1.20, 1.85) %	<0.00001	2.59 (0.26, 4.92) %	0.03
> 75 mg/d	5 ^{17, 20, 22, 28)}	422	<0.00001	13.21 (8.73, 17.69) mg/cm ²	<0.00001	19.49 (2.64, 36.34) mg/cm ²	0.02
				1.37 (0.91, 1.83) %	<0.00001	2.10 (0.31, 3.90) %	0.02
Region of participants	7 ^{18-20, 22, 25, 27, 28)}	535	<0.00001	9.01 (6.44, 11.59) mg/cm ²	<0.00001	15.06 (0.89, 29.23) mg/cm ²	0.04
				1.17 (0.86, 1.49) %	<0.00001	1.85 (0.16, 3.54) %	0.03
Western	5 ^{8, 17, 21, 23)}	705	<0.00001	21.97 (17.34, 26.60) mg/cm ²	<0.00001	31.46 (0.56, 62.37) mg/cm ²	0.05
				2.20 (1.71, 2.68) %	<0.00001	3.56 (0.13, 6.99) %	0.04
Basal spine BMD	3 ^{17, 20, 22)}	319	<0.00001	12.31 (7.42, 17.20) mg/cm ²	<0.00001	17.06 (7.55, 41.66) mg/cm ²	0.17
				1.27 (0.78, 1.76) %	<0.00001	1.78 (0.74, 4.29) %	0.17
Normal bone mass	8 ^{8, 18, 19, 21, 23, 25, 27, 28)}	921	<0.00001	12.02 (9.48, 14.55) mg/cm ²	<0.00001	21.70 (5.43, 37.97) mg/cm ²	0.009
				1.56 (1.24, 1.87) %	<0.00001	2.64 (0.69, 4.60) %	0.008

[†] BMD, bone mineral density; WMD, weighted mean difference; p -value, test for overall effect of each subgroup; p -value (diff), test for subgroup differences.

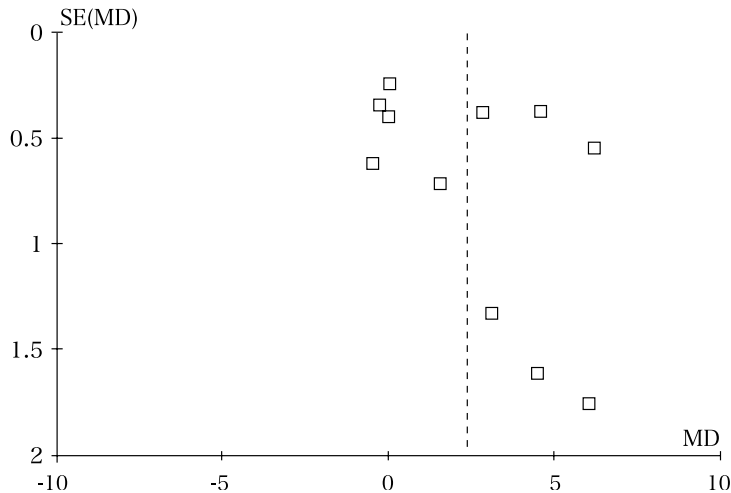


図4 大豆イソフラボンの腰椎 BMD への効果 (%) に関するファンネルプロット²⁹⁾

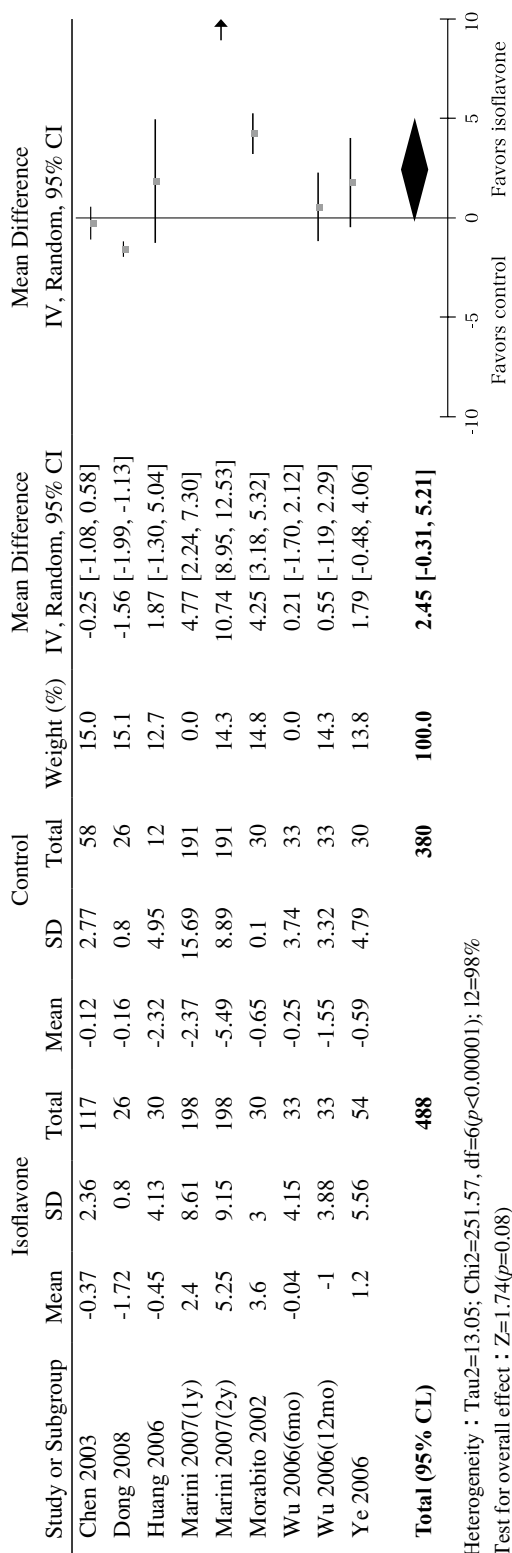
MD, weighted mean difference between percentage changes (%) of spine bone mineral density (BMD) from baseline for isoflavone and control groups; SE(MD), standard error of MD; fixed, fixed effect model.

大豆イソフラボンの腰椎 BMD への効果に関するサブグループ解析の結果を表2にまとめた。固定効果モデルを利用したメタ分析の結果では、6ヶ月の介入期間あるいはアジア地域の研究サブグループは1年の介入期間あるいは西洋地域の研究サブグループに比べ、大豆イソフラボンの腰椎 BMD への効果がより強いことを示した。変量効果モデルを利用したメタ分析の結果では、西洋地域の研究サブグループはアジア地域の研究サブグループに比べ、その効果が約2倍であった。ファンネルプロット(図4)及び Egger's test より、明らかな発表バイアスは認められなかった。

868 被験者を含む7報の RCT をメタ分析したところ、1日平均して76 mg (47 ~ 150 mg, アグリコンとして)の抽出大豆イソフラボンを6ヶ月~1年間摂取した群は対照群に比べ、大腿骨頸部 BMD を 10.24 mg/cm^2 (95% CI, $-3.73 \sim 24.20 \text{ mg/cm}^2$; $p = 0.15$) あるいは 1.48% (95% CI, $-0.54 \sim 3.50\%$; $p = 0.15$; 異質性 $p < 0.001$, 変量効果モデル) 上昇させたが、有

意ではなかった。感度解析(初期値と介入後値の相関レベルを0.75または0.5と仮定する場合)では、結果は大きく変わらなかった。しかし、重複測定データのある研究の長い介入期間のデータを使用した場合は、大豆イソフラボンを6ヶ月~2年間摂取した群は対照群に比べ、大腿骨頸部 BMD を 16.89 mg/cm^2 (95% CI, $-2.34 \sim 36.11 \text{ mg/cm}^2$; $p = 0.09$) あるいは 2.45% (95% CI, $-0.31 \sim 5.21\%$; $p = 0.08$; 異質性 $p < 0.00001$, 変量効果モデル; 図5) 上昇させる傾向があった。

それぞれ5報の RCT 研究のメタ分析では、対照群に比べ、大豆イソフラボンの摂取による大腿骨全体 (2.45 mg/cm^2 ; 95% CI, $-1.41 \sim 6.30 \text{ mg/cm}^2$; $p = 0.21$; 固定効果モデル。あるいは 0.05% ; 95% CI, $-0.53 \sim 0.63\%$; $p = 0.86$; 固定効果モデル。) 及び転子間 (-0.40 mg/cm^2 ; 95% CI, $-6.58 \sim 5.78 \text{ mg/cm}^2$; $p = 0.90$; 変量効果モデル。あるいは -0.07% ; 95% CI, $-1.15 \sim 1.02\%$; $p = 0.91$; 変量効果モデル。) の BMD への有意な効果を認めなかった。感度

図5 大豆イソフラボンの大腿骨頸部 BMD への効果 (%) ²⁹⁾

Mean Difference, weighted mean difference between percentage changes (%) of femoral neck bone mineral density (BMD) from baseline for isoflavone and control groups; random, random effects model. Horizontal lines denote the 95% CI. Data sets for long duration not included in the meta-analysis were signed 0.0% weight. ■, point estimate (size of the square corresponds to its weight); ◆, combined overall effect.

解析（初期値と介入後値の相関レベルを 0.75 または 0.5 と仮定する場合，長い介入期間のデータを使用した場合）では，その結果が同様であった。

3. 考 察

本メタ分析では，閉経期女性において，1 日約 82 mg（アグリコンとして）の抽出大豆イソフラボンを 6 ヶ月～1 年間摂取した群はイソフラボンを含まない対照群に比べ，腰椎 BMD を有意に 2.38% 上昇させた。感度解析では，大豆イソフラボン抽出物の腰椎 BMD を上げる効果が頑強であることを示した。この効果は表 3 に示されている医薬品，またはエストロゲンあるいはビスホスフォネート（bisphosphonates）^{2, 40-42)} の効果より弱い，自然に発生する閉経後の骨減少をほぼ抑制できることが示唆された。大豆イソフラボン抽出物が大腿骨頸部の BMD を上げるのには時間がかかるようである。本メタ分析では，大豆イソフラボン抽出物の大腿骨全体及び転子間の BMD への有意な効果を認めなかった。その原因はおそらく解析できる 5 報の RCT 研究の数が足りなかったためであると考えられる。

1 日あたり 82mg の大豆イソフラボン（アグリコンとして）の摂取は，日本で普段摂取されている量（平均 47.2mg/ 日）⁴³⁾ の約 1.7 倍である。イソフラボンの BMD

表3 DXA 測定部位による医薬品治療後骨密度変化率の相違^{#1)}

医薬品	腰椎正面	大腿骨近位部	前腕骨
アレンドロネート	7.48%/2～3年	5.60%/3～4年	2.08%/2～4年
リセドロネート	4.54%/1.5～3年	2.75%/1.5～3年	
ラロキシフェン	2.51%/2～3年	2.11%/2～3年	2.05%/2年
ホルモン補充療法	6.76%/2年	4.12%/2年	4.53%/2年
カルシトニン	3.74%/1～5年	3.80%*/1～5年	3.02%/1～5年
副甲状腺ホルモン	8.6%/21ヵ月	3.5～3.7%/21ヵ月	-0.8～1.5%*/21ヵ月

PTHは20 μ g 投与群の結果、その他はいくつかの臨床試験のメタ分析の結果を示す。

プラセボとの差（平均値）。* プラセボとの間に有意差なし。

上昇効果の作用機序はまだ不明であるが、イソフラボンの化学構造が閉経後の骨量減少を軽減できると知られているエストロゲンと似ていることから、エストロゲン様作用によるものと考えられる^{2,40)}。

各研究間の異質性は大豆イソフラボンの習慣的摂取²⁶⁾、閉経期間の長さ⁴⁾、介入期間²³⁾、イソフラボンの用量^{28,44)}、イソフラボン製品の組成⁴⁵⁻⁴⁷⁾、被験者の人種の違いに由来すると考えられる。イソフラボン配糖体は健常成人の腸上皮細胞によって完全に吸収されず、その生物利用には、まず腸内 β グルコシダーゼによる加水分解が必要である⁴⁷⁾。アジア人と西洋人はダイゼインをその代謝産物であるエクオールに変換する腸内細菌叢の素質が異なる⁴⁸⁾。エクオールは容易に吸収され、エストロゲン α および β 受容体の両方に結合し、強いエストロゲン様作用を示す⁴⁶⁾。また、エクオールは大豆イソフラボンの骨量減少予防効果にもっとも関与しているとの報告がある⁴⁹⁾。本メタ分析では、解析できるRCT研究の数が限定的であること及び必要なデータが不足していることにより、研究間の大豆イソフラボンの腰椎BMDへの効果の違いに影響する因子を評価できなかった。

本メタ分析で得られた大豆イソフラボン抽出物の腰椎BMDの上昇効果（20.25 mg/cm²）は、先に発表された抽出大豆イソフラボンとイソ

フラボンを含む大豆分離たん白質を検証した研究のメタ分析¹⁴⁾の結果（20.6 mg/cm²）とはほぼ一致した。従って、大豆イソフラボンは抽出物サプリメントで摂取されても、分離大豆タンパク質の組成分として摂取されても、弱いながらも、有意に閉経期女性の骨密度を上げる効果がある。また、本メタ分析でも、大豆イソフラボンを6ヶ月間摂取すれば、閉経期女性の腰椎BMDへの有益な効果が期待できることが示唆された。

結論として、閉経期女性における大豆イソフラボンの腰椎BMDの上昇効果は医薬品の効果に及ばないが、本メタ分析は大豆イソフラボン抽出物サプリメントが確かに腰椎BMDを有意に改善し、且つ顕著な副作用がなかったことを示した。本研究は大豆イソフラボンサプリメントが閉経後自然に発生する骨減少の予防にのみならず、エストロゲンまたはビスホスフォネート治療の副作用に耐えられない閉経後の骨量減少あるいは骨粗鬆症患者に補完的・代替的に使用できる可能性を示唆した。今後、大豆イソフラボンの腰椎BMDへの効果を影響する因子及び大腿骨近位部のBMDへの効果を検証するためには、さらなる研究が必要である。

謝辞

本研究は、部分的に（財）不二たん白質研究振興財団の研究助成金により実施された。

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

- 1) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会, ed 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版. 東京: ライフサイエンス出版; 2006.
- 2) Nielsen TF, Ravn P, Bagger YZ, *et al*: Pulsed estrogen therapy in prevention of postmenopausal osteoporosis. A 2-year randomized, double blind, placebo-controlled study. *Osteoporos Int*, **15**(2):168-174, 2004.
- 3) Seeman E: Estrogen, androgen, and the pathogenesis of bone fragility in women and men. *Curr Osteoporos Rep*, **2**(3):90-96, 2004.
- 4) Pouilles JM, Tremollieres F, Ribot C: Effect of menopause on femoral and vertebral bone loss. *J Bone Miner Res*, **10**(10):1531-1536, 1995.
- 5) Breast cancer and hormone replacement therapy: collaborative reanalysis of data from 51 epidemiological studies of 52,705 women with breast cancer and 108,411 women without breast cancer. Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer. *Lancet*, **350**(9084):1047-1059, 1997.
- 6) Anderson GL, Judd HL, Kaunitz AM, *et al*: Effects of estrogen plus progestin on gynecologic cancers and associated diagnostic procedures: the Women's Health Initiative randomized trial. *JAMA*, **290**(13):1739-1748, 2003.
- 7) Beral V: Breast cancer and hormone-replacement therapy in the Million Women Study. *Lancet*, **362**(9382):419-427, 2003.
- 8) Morabito N, Crisafulli A, Vergara C, *et al*: Effects of genistein and hormone-replacement therapy on bone loss in early postmenopausal women: a randomized double-blind placebo-controlled study. *J Bone Miner Res*, **17**(10):1904-1912, 2002.
- 9) Salamone LM, Pressman AR, Seeley DG, *et al*: Estrogen replacement therapy. A survey of older women's attitudes. *Arch Intern Med*, **156**(12):1293-1297, 1996.
- 10) Somekawa Y, Chiguchi M, Ishibashi T, *et al*: Soy intake related to menopausal symptoms, serum lipids, and bone mineral density in postmenopausal Japanese women. *Obstet Gynecol*, **97**(1):109-115, 2001.
- 11) Zhang X, Shu XO, Li H, *et al*: Prospective cohort study of soy food consumption and risk of bone fracture among postmenopausal women. *Arch Intern Med*, **165**(16):1890-1895, 2005.
- 12) Messina MJ: Soy foods and soybean isoflavones and menopausal health. *Nutr Clin Care*, **5**(6):272-282, 2002.
- 13) Kuiper GG, Lemmen JG, Carlsson B, *et al*: Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta. *Endocrinology*, **139**(10):4252-4263, 1998.
- 14) Ma DF, Qin LQ, Wang PY, *et al*: Soy isoflavone intake increases bone mineral density in the spine of menopausal women: meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr*, **27**(1):57-64, 2008.
- 15) Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Version 4.2.6, Updated September 2006. 2006; <http://www.cochrane.org/resources/handbook/Handbook4.2.6Sep2006.pdf>. Accessed September, 2008.
- 16) Liu J, Ho SC, Su YX, *et al*: Effect of long-term intervention of soy isoflavones on bone mineral density in women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Bone*, **44**(5):948-953, 2009.
- 17) Brink E, Coxam V, Robins S, *et al*: Long-term consumption of isoflavone-enriched foods does not affect bone mineral density, bone metabolism, or hormonal status in early postmenopausal women: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *The American journal of clinical nutrition*, **87**(3):761-770, 2008.
- 18) Chen YM, Ho SC, Lam SS, *et al*: Soy isoflavones have a favorable effect on bone loss in Chinese postmenopausal women with lower bone mass: a double-blind, randomized, controlled trial. *J Clin Endocrinol Metab*, **88**(10):4740-4747, 2003.
- 19) Dong J, Zhen WH, Piao JH, *et al*: Relationship between estrogen receptor gene Px haplotype and the effect of calcium and soy isoflavone supplementation on bone mineral density of Chinese postmenopausal women (in Chinese). *Chin J Prev Med*, **42**(5):329-334, 2008.
- 20) Gao YP, Li RH, Guo SZ: The effect of soy isoflavone on bone metabolism in postmenopausal women (in Chinese). *J Shanxi Med Univ*, **37**(6):633-635, 2006.
- 21) Harkness LS, Fiedler K, Sehgal AR, *et al*: Decreased bone resorption with soy isoflavone supplementation in postmenopausal women. *J Womens Health (Larchmt)*, **13**(9):1000-1007, 2004.
- 22) Huang HY, Yang HP, Yang HT, *et al*: One-year soy isoflavone supplementation prevents early postmenopausal bone loss but without a dose-dependent effect. *The Journal of nutritional biochemistry*, **17**(8):509-517, 2006.

- 23) Marini H, Minutoli L, Polito F, *et al*: Effects of the phytoestrogen genistein on bone metabolism in osteopenic postmenopausal women: a randomized trial. *Ann Intern Med*, **146**(12):839-847, 2007.
- 24) Uesugi T, Toda T, Okuhira T, *et al*: Evidence of estrogenic effect by the three-month-intervention of isoflavone on vaginal maturation and bone metabolism in early postmenopausal women. *Endocr J*, **50**(5):613-619, 2003.
- 25) Wu J, Oka J, Higuchi M, *et al*: Cooperative effects of isoflavones and exercise on bone and lipid metabolism in postmenopausal Japanese women: a randomized placebo-controlled trial. *Metabolism*, **55**(4):423-433, 2006.
- 26) Wu J, Oka J, Tabata I, *et al*: Effects of isoflavone and exercise on BMD and fat mass in postmenopausal Japanese women: a 1-year randomized placebo-controlled trial. *J Bone Miner Res*, **21**(5):780-789, 2006.
- 27) Xin Y, Yang HY: Influence of daidzein tablets on climacteri syndrome and bone mineral density of women (in Chinese). *Chin J Osteoporos*, **12**(2):149-151, 2006.
- 28) Ye YB, Tang XY, Verbruggen MA, *et al*: Soy isoflavones attenuate bone loss in early postmenopausal Chinese women : a single-blind randomized, placebo-controlled trial. *Eur J Nutr*, **45**(6):327-334, 2006.
- 29) Taku K, Melby MK, Takebayashi J, *et al*: Effect of soy isoflavone extract supplements on bone mineral density in menopausal women: meta-analysis of randomized controlled trials. *Asia Pac J Clin Nutr*, **19**(1):33-42, 2010.
- 30) PubMed. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>.
- 31) Cochrane Central Register of Controlled Trials. http://www.mrw.interscience.wiley.com/cochrane/cochrane_clcen_tral_articles_fs.html.
- 32) 医学中央雑誌 . <http://www.jamas.or.jp>.
- 33) China National Knowledge Infrastructure. <http://www.cnki.net>.
- 34) Wanfang Data. <http://www.wanfangdata.com.cn>.
- 35) CQVIP. <http://www.cqvip.com>.
- 36) National Science and Technology Library. <http://www.nstl.gov.cn>.
- 37) Jadad AR, Moore RA, Carroll D, *et al*: Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials*, **17**(1):1-12, 1996.
- 38) Balk E, Chung M, Chew P, *et al*. Effects of Soy on Health Outcomes: Evidence Report/Technology Assessment No. 126. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality;2005. AHRQ Publication No. 05-E024-2.
- 39) Schulz KF, Chalmers I, Hayes RJ, *et al*: Empirical evidence of bias. Dimensions of methodological quality associated with estimates of treatment effects in controlled trials. *JAMA*, **273**(5):408-412, 1995.
- 40) Bone HG, Greenspan SL, McKeever C, *et al*: Alendronate and estrogen effects in postmenopausal women with low bone mineral density. Alendronate/Estrogen Study Group. *J Clin Endocrinol Metab*, **85**(2):720-726, 2000.
- 41) Ravn P, Clemmesen B, Riis BJ, *et al*: The effect on bone mass and bone markers of different doses of ibandronate: a new bisphosphonate for prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis: a 1-year, randomized, double-blind, placebo-controlled dose-finding study. *Bone*, **19**(5):527-533, 1996.
- 42) Reid IR, Wattie DJ, Evans MC, *et al*: Continuous therapy with pamidronate, a potent bisphosphonate, in postmenopausal osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab*, **79**(6):1595-1599, 1994.
- 43) Arai Y, Watanabe S, Kimira M, *et al*: Dietary intakes of flavonols, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *J Nutr*, **130**(9):2243-2250, 2000.
- 44) Potter SM, Baum JA, Teng H, *et al*: Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. *The American journal of clinical nutrition*, **68**(6 Suppl):1375S-1379S, 1998.
- 45) Morito K, Aomori T, Hirose T, *et al*: Interaction of phytoestrogens with estrogen receptors alpha and beta (II). *Biol Pharm Bull*, **25**(1):48-52, 2002.
- 46) Morito K, Hirose T, Kinjo J, *et al*: Interaction of phytoestrogens with estrogen receptors alpha and beta. *Biol Pharm Bull*, **24**(4):351-356, 2001.
- 47) Setchell KD, Brown NM, Zimmer-Nechemias L, *et al*: Evidence for lack of absorption of soy isoflavone glycosides in humans, supporting the crucial role of intestinal metabolism for bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, **76**(2):447-453, 2002.
- 48) Arai Y, Uehara M, Sato Y, *et al*: Comparison of isoflavones among dietary intake, plasma concentration and urinary excretion for accurate estimation of phytoestrogen intake. *J Epidemiol*, **10**(2):127-135, 2000.
- 49) Setchell KD, Brown NM, Lydeking-Olsen E: The clinical importance of the metabolite equol-a clue to the effectiveness of soy and its isoflavones. *J Nutr*, **132**(12):3577-3584, 2002.

高付加価値食品開発のための 経口摂取により活性を持つペプチドの同定

佐藤 健司*

*SATO Kenji (京都府立大学大学院 生命環境科学研究科)

KeyWords：ペプチド・ACE 阻害ペプチド・メタボローム解析・コラーゲンペプチド

はじめに

ミルク・魚介類・ゴマ・ローヤルゼリー等のタンパク質の酵素分解物、すなわちペプチドの混合物を経口摂取することにより軽度高血圧者の血圧の低下が認められている。これらの食品の一部は、特定保健用食品として血圧が高めの方の食品として認可されている。また血中中性脂肪、体脂肪が気になる方の食品としてもグロビントタンパク質の酵素分解物、ペプチドではないが大豆コングリシニン等が認可されている。これらの事実はペプチドの混合物を経口摂取することにより有益な活性が存在することがヒトの集団において証明されている事を示している。これらの血圧降下の作用メカニズムとして、食品タンパク質の酵素分解物中のペプチドが血圧の調整に関わるエキソペプチダーゼ（アンジオテンシン転換酵素：ACE）の阻害活性を持つことから、ACE の阻害に基づくと考えられる場合が多い。そのため ACE の阻害を指標とした分画により、ACE 阻害ペプチドが同定され、活性ペプチドであると考えられている。一方、他のメカニズムに基づくペプチドによる血圧降下作用も最近提案されている。いずれの場合も、ペプチドやタンパク質は摂取後、消化を受け、さらに低分子のペプチド、最終的にはアミノ酸

に分解される可能性が高い。アミノ酸にはペプチダーゼ阻害等の特異的な活性は無いと考えられる。そのため食品由来のペプチドが経口摂取により有益な機能を持つことに対して懐疑的な研究者も存在する。しかし、ペプチドの摂取によりヒトの集団でプラセボに対して有意な生理効果が認められるため、生体内に活性を持つペプチドが吸収されることが強く示唆される。この問題を解決するため、前述の試験管内での活性測定法により同定された活性ペプチドの血中移行が調べられている。

その一例として ACE 阻害ペプチドを含むタンパク質の酵素分解物を摂取した小動物・ヒトの末梢血中の ACE 阻害ペプチド量がカラムスイチング法¹⁾ および液体クロマトグラフィー質量分析法 (LC-MS)²⁾ により調べられている。これらの先駆的な研究によりいくつかの ACE 阻害ペプチドのヒトの末梢血での存在が見いだされている。しかし、その量は血圧降下を示す量のタンパク質分解物を摂取した場合でも nM 程度であり、試験管内での ACE 阻害を示す μM レベルに比較してかなり小さい値である。そのためこれらの試験管内での ACE 阻害活性を持つペプチドが生体内で ACE の阻害により血圧を降下させる考え方に疑問が呈されて

いる。この現象は以下のように説明できるかもしれない。

1. 試験管内の ACE 阻害活性を持つペプチドは消化・吸収の過程で殆ど分解されるが、食品中では活性を持たない他のペプチドが消化・吸収の過程で活性を持つペプチドに変化し、そのペプチドの作用により血圧の低下が生じた。
2. 吸収された nM レベルの試験管内での ACE 阻害活性を持つペプチドが、リセプターに対するアンタゴニスト、アゴニスト等の他のメカニズムにより血圧を降下させた。
3. 生体内での ACE が試験管内試験で用いた ACE よりかなり少なく、血液中に移行した ACE 阻害ペプチドで十分に生体内の ACE を阻害が生じ血圧の低下が生じた等の可能性が考えられる。

これらの問題を解決するためには標的組織に移行した食事由来ペプチドの網羅的な同定、同定されたペプチドの機能の解明、ペプチド摂取による生体側のレスポンスの検出が必要である。しかし、これらの検討は必ずしも十分には行われているとは言えない。本報ではこれらの観点に関する最近の知見を筆者の研究室での成果を中心に紹介する。経口摂取で効果のあるペプチドの同定が進み、活性成分とメカニズムの確かなペプチド性機能性食品の開発が進むことを願っている。

1. 生体に移行したペプチドの網羅的解析

構造解析を目的としたペプチドの分離には高性能液体クロマトグラフィー (HPLC) が汎用されている。特に逆相 HPLC の分離能は高く、適切なカラムと溶離液の選択により殆どのペプチドは分離可能である。しかし、図 1 に示すように、血漿の 75% エタノール可溶性除タンパク質画分を直接逆相 HPLC に注入すると非常

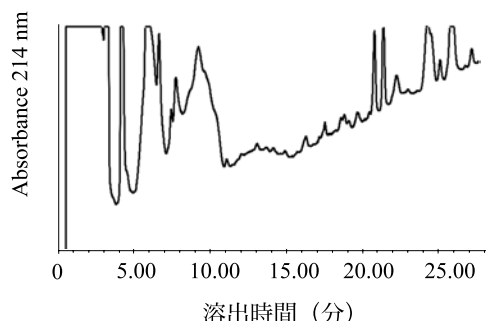


図 1 ヒト血液の 75% エタノール可溶性画分を直接逆相 HPLC で分画した結果⁴⁾
非常に多くのピークが生じ、特に 10 分以内に溶出する画分はピークが分離していない

に多くの非ペプチド成分のピークが生じ、この中から食事由来ペプチドを分離することは極めて困難である。最近逆相 HPLC と質量分析器 (MS) と組み合わせ、MS/MS によるフラグメント解析により直接血液の除タンパク質画分から食事由来コラーゲンペプチドの定量が行われている³⁾。この手法は前もって構造が決定されたコラーゲンペプチドを標準として用い、He との衝突で生じるフラグメントイオンのみを MS/MS によりサンプルから検出することで特異的な定量を行っている。すなわち定量対象のペプチドの構造が既知であることがペプチド検出の前提となる。もちろん MS/MS 解析は未知のペプチドの解析にも利用することは可能であるが、図 1 に示すように、生体サンプルの粗抽出物には極めて多くの成分が含まれ、それぞれのピークを全て MS/MS 解析することは非常に困難である。そのため、網羅的なペプチドの構造解析前には、ある程度のペプチドの分離が必要となる。

ペプチドを糖や脂質等の非ペプチド成分から分離するためには強カチオン交換樹脂による固相抽出が有効である。酸性下ではアミノ基を持つペプチドはスルホン酸を持つ強カチオン交換樹脂に吸着するが、大部分の糖質、脂質等は

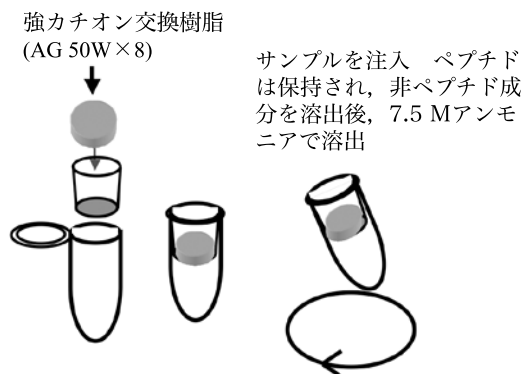


図2 カチオン交換樹脂を充填したミニスピナラムによるペプチドの濃縮

素通りする。吸着したペプチドは7.5 M アンモニア水溶液により溶出できる。我々はポリスチレンを基材とする Bio-Rad AG50W × 8 (H^+ 型) を充填したミニスピナラム (5 × 10 mm) (図2) をこの目的に用いている⁴⁾。この処理により約 1mL 程度の血漿中のペプチド・アミノ酸を回収し次の HPLC 分析に供す事ができる。またミニスピナラムは多検体のサンプルの同時処理も可能であり、極めて有効なペプチドの capturing/clarification step である。ただし、ピログルタミン酸ペプチドの様にアミノ基を持たないペプチド、リン酸、スルホン酸を持つ酸性ペプチド・アミノ酸はこの処理では非吸着画分に回収される。この点は留意する必要がある⁵⁾。

前述の固相抽出したペプチド画分を直接逆相 HPLC により分析しても、まだ非常に多くのピークが生じる。そのためサイズ排除クロマトグラフィー (SEC) による分画を前もって行うことが有効である。特に低分子ペプチドの分画に有効な Superdex Peptide シリーズはペプチドの分離に有効であった。SEC により調製したオリゴペプチド画分を逆相 HPLC で分画したところ、図3に示すように食事由来コラーゲンペプチドをいくつか同定することに成功している^{6,7)}。しかし、Pro-Hyp や Ala-Hyp 等の親水性のペプチドは逆相カラムに十分保持されず、

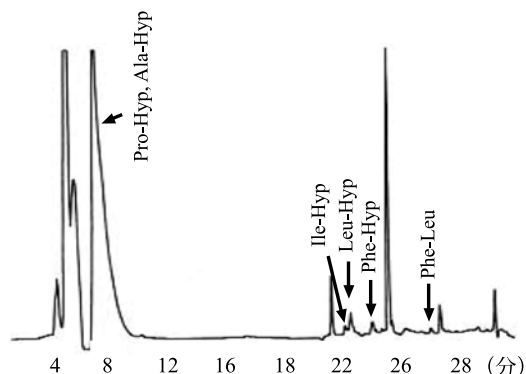


図3 ヒト抹消血中の食事由来コラーゲンペプチドの逆相 HPLC による分離⁶⁾
ペプチド画分をサイズ排除クロマトグラフィーで調製後、逆相 HPLC を行った

他の親水性成分との分離が不十分である。そこで疎水性で吸光団または蛍光団を持つ試薬を用いて誘導化を行った。タンパク質・ペプチドの1次構造解析で用いる古典的な誘導化剤であるフェニルイソチオシアネート (PITC) を用いた誘導化により親水性ペプチドも十分逆相 HPLC に保持され分離が改善された。また誘導物であるフェニルチオカルバミル (PTC) - ペプチドはペプチドシーケンサーで用いる Edman 分解の中間物質であるため、分離した PTC- ペプチドはそのままペプチドシーケンサーで配列分析が可能である^{4,5)}。この手法を用いてこれまでにヒトの抹消血中に食事由来コラーゲンペプチド (Hyp-Gly), エラスチンペプチド (Pro-Gly) 等を分離・同定している。

PITC を用いる方法は誘導化物の逆相 HPLC での分離も良い有効な方法であるが、構造解析には 100 pmol 程度が必要である。この値はペプチドシーケンサーを用いた一般的なタンパク質の検出限界 (<20 pmol) と比べかなり大きい。意外に感じるかもしれないが低分子ペプチドは自動ペプチドシーケンサーで用いる洗浄試薬でサンプルデスクから洗い流されやすく、高分子ペプチド・タンパク質と比べて回収率が悪くなる。そのため、PTC- ペプチドを逆相 HPLC で

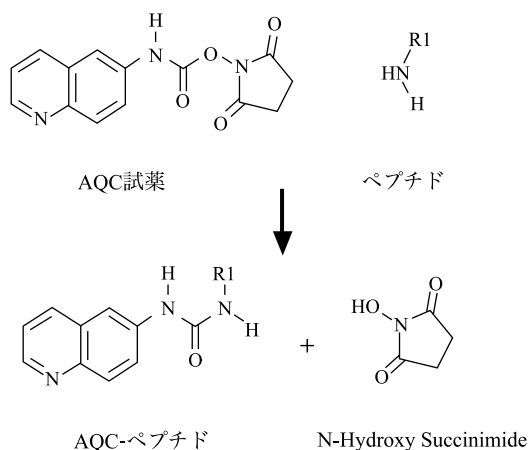


図4 AQC 試薬によるペプチドの誘導化

分離し Edman 分解による配列解析は微量のペプチドの同定には利用が困難な場合がある。そのため、近年高性能化の著しい Electron Spray Ionization-Mass Spectrometer (ESI-MS) を用いた配列分析を試みた。しかし、PITC の誘導化物である PTC- ペプチドはイオン化し難く、特に逆相 HPLC の分離に汎用される酸性溶媒中ではほとんどイオン化が認められず、ESI-MS および MS/MS 分析には不適であった。そのため他の誘導化法を検討した。その結果、図4に示す Waters 社からキットが発売されている

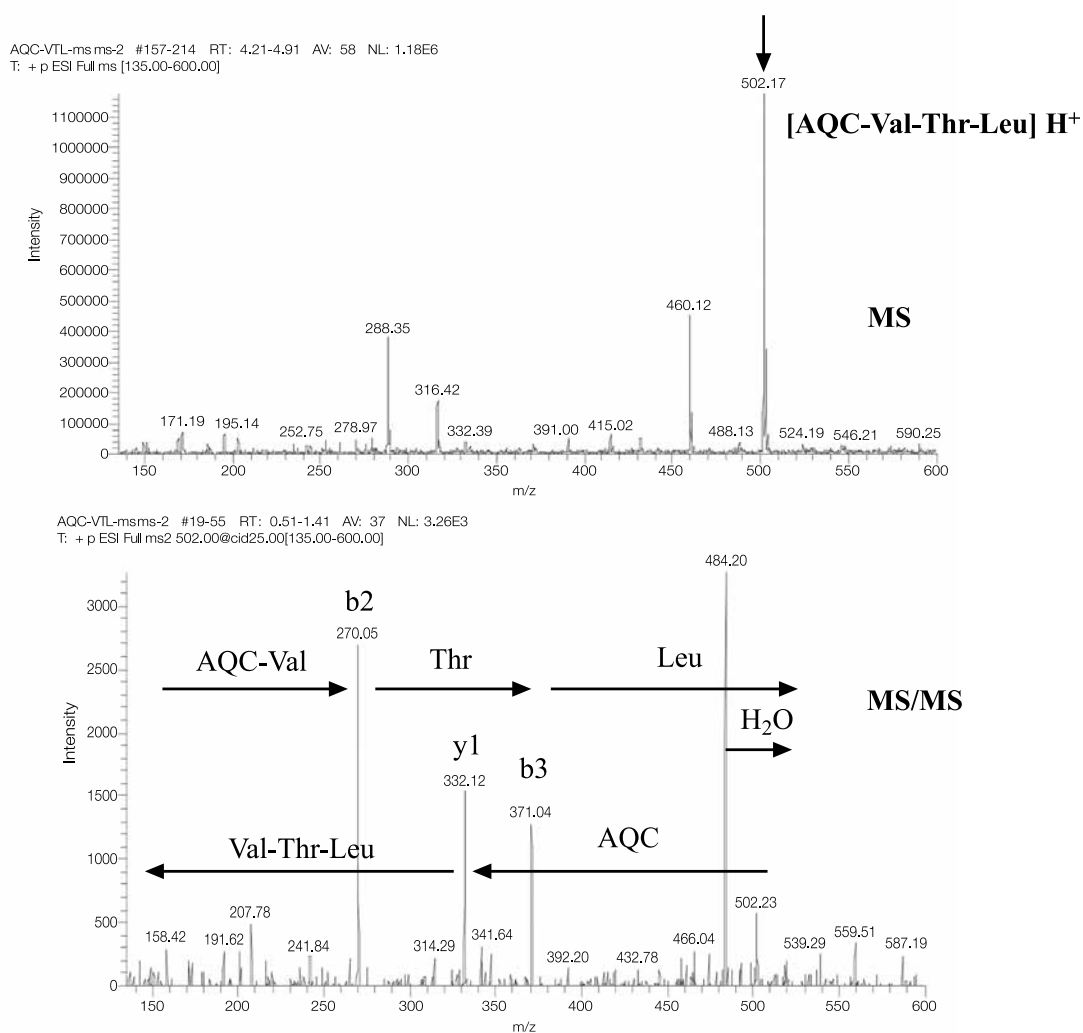


図5 AQC 化 Val-Thr-Leu の ESI-MS および MS/MS 分析

6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) を用いた誘導化を選択した。合成 Val-Thr-Leu を用いた AQC- ペプチドは図 5 に示すように ESI-MS のポジティブモードでイオン化され、さらに He に対する衝突で、構造情報を示す娘イオンが生じる。また AQC- ペプチドは疎水性を持ち、親水性ペプチドも逆相 HPLC で分離可能である。さらに誘導体が蛍光を持つため特異性の高い検出が可能である。

強カチオン交換樹脂を用いた固相抽出および SEC により調製したペプチド画分を AQC により誘導化後、逆相 HPLC で分離し、ペプチドの摂取により新たに生じてきた蛍光ピークを分離し、これを ESI-MS/MS を用いて構造解析することで数 pmol 程度の食事由来ペプチドの検出と同定が可能である。この手法を用いてグロビンタンパク質酵素分解物を摂取したヒト抹消血から Val-Ala を分離同定している。本法は血液等の生体試料中の食事由来ペプチドの同定に極めて有用であると考えている。

2. 食事由来ペプチドの機能

従来は試験管内での試験で活性を持つペプチドが同定され、そのペプチドが生体に吸収するかが調べられている。我々は逆に先に血液に移行するペプチドを同定し、その機能を試験管内試験で調べている。

コラーゲンペプチドの摂取により肌の状態の改善⁸⁾、関節の状態の改善⁹⁾が知られている。またこれらのヒトでの結果を支持する動物実験も報告されている^{10,11)}。前述のようにヒト血液に吸収されるペプチド主成分は Pro-Hyp である^{3,6,7)}。これらのコラーゲンペプチドの摂取による有益な活性の説明を試みるため、Pro-Hyp の機能を細胞培養系で検討した。我々はコラーゲン合成を行う主な細胞である線維芽細胞に対する作用をまず検討した。最初に、通常の実験に用いるプラスチックシャーレを用いて経代培養された線維芽細胞に Pro-Hyp を添加し、

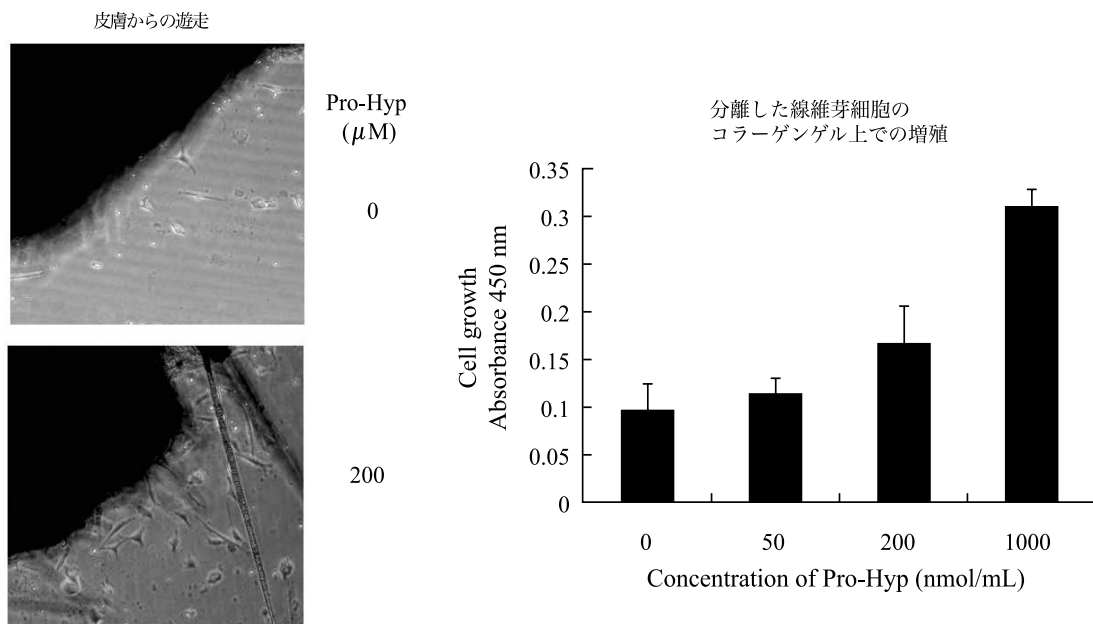


図6 Pro-Hyp のマウス皮膚からの線維芽細胞の遊走およびコラーゲンゲル上での線維芽細胞増殖に及ぼす影響

その影響を調べた。しかし、Pro-Hyp の存在に関係なく、プラスチック上では線維芽細胞は迅速に増殖し、Pro-Hyp の影響は観察できなかった。しかし、生体内では線維芽細胞はコラーゲン繊維に囲まれており、ほとんど増殖しないことが知られている。

一方、傷等が生じた時には線維芽細胞が傷口に遊走し、そこでコラーゲンを合成し、傷の修復を行う。これらの生体に近い条件での線維芽細胞に対する作用を検討した。マウスの皮膚片（真皮、表皮、毛がついた状態）を培養すると皮膚片から線維芽細胞が遊走してくる。この現象は先ほど説明した傷の修復モデルになると考えられる。図 6 に示すようにこの培養液に Pro-Hyp を加えると遊走してくる線維芽細胞数が増加した¹¹⁾。さらにコラーゲンゲル上に初代培養線維芽細胞を播種すると、子牛血清存在下でも増殖はほとんど止まる。この系は組織中での線維芽細胞のモデルになると考えられる。この系に Pro-Hyp を加えると線維芽細胞の増殖が認められる（図 6）。

以上の結果は生体に近い培養系でのみ線維芽細胞に対する Pro-Hyp の作用が認められた。これらの系で観察された線維芽細胞への作用はヒト血中に認められたコラーゲンペプチドの最大値に相当する濃度で生じている¹¹⁾。またこれらの現象は Pro-Hyp が傷の修復を促進することを示唆し、肌荒れ等の改善に関係することが予測できる。この研究以来、Pro-Hyp の機能が試験管内と生体で調べられている。Nakatani et al. は Pro-Hyp は軟骨の石灰化を抑制し、プロテオグリカンの合成を促進することをラットと細胞培養系で示している¹²⁾。さらに最近、Ohara et al. は Pro-Hyp が線維芽細胞の増殖とヒアルロン酸の合成を促進することを細胞培養系で見いだしている¹³⁾。さらに平成 22 年度日本栄養・食糧学会では日本ハム（株）の河口らが血中に移行したコラーゲンペプチドの混合物が

血管の eNOS の発現を増加させ、血管内皮の機能を増進する可能性を示している。コラーゲンペプチド以外でもエラスチンペプチドを摂取したヒト血中に存在する Pro-Gly が血管内皮細胞の増殖を促進することが見いだされている。

ヒト血中に移行したペプチドが細胞培養系で活性を持ち、さらにこれらのペプチドの摂取により動物実験で有益な活性が再現できているため、血液中に移行したこれらのペプチドが食品ペプチドの摂取による有益な機能を担っていると考えられる。コラーゲンペプチドの摂取により皮膚や関節の状態が改善するメカニズムは当初全く不明であったため、このような効果に疑問を呈する研究者がほとんどであった。しかし、血中に吸収されたペプチドを同定し、その機能を調べることで、メカニズムと活性成分がかなり明らかになっている。食品中のペプチドは血中に移行したペプチドと分子量分布が明らかに異なる場合があるため⁶⁾、試験管内の活性・およびペプチドの構造は生体内でのペプチドの活性と構造を必ずしも反映していないと結論できる。そのため、網羅的な食事由来ペプチド解析を先に行う本報で提案しているアプローチの方が、実際に生体で活性を持つペプチドの同定を容易にすると考える。

3. 生体のリスポンス

ACE などの酵素の阻害活性を指標とした試験管内の試験が食品中の活性ペプチドの同定に汎用されている。しかし、生体利用性を考慮しない場合はいかに高い活性を試験内で持っても標的組織に到達しない場合が存在する。そのため前節で生体に移行したペプチドを同定し、その活性を試験管内で評価するアプローチを紹介した。しかし、生体に移行したペプチドを同定することは、前述の AQC 誘導化と ESI-MS/MS を用いた手法でかなり容易になったが、

依然として困難な作業である。そこで、吸収されたペプチドを同定しなくても、血液等の生体試料中の酵素活性・阻害活性・また生成物の測定を行うことで実際に経口摂取でのペプチドの作用メカニズムを推定できる可能性がある。先駆的な例として、マイワシ肉酵素分解物を摂取した動物の血液中で ACE の生成物であるアンジオテンシン II が減少している例がある¹⁴⁾。

このデータは生体利用性を考慮しない試験管内での ACE 阻害の IC₅₀ による評価に比べ、実際に生体内での ACE の阻害を反映すると思われる。また血液および組織抽出物中の ACE に対する阻害活性の測定によっても生体中での ACE 阻害を評価できるかもしれない。ACE 以外にも炎症を引き起こすサイトカインは、前駆体がペプチダーゼで分解され活性化するのが知られている。その一例として腫瘍壊死因子 (TNF- α) 活性化酵素 (TACE) による TNF- α の活性化などがある。ペプチドを摂取した後、これらのペプチダーゼに対する阻害活性、またはこれらの酵素活性が変化すれば作用メカニズムを解明する一途となると考える。しかし、緩衝液と酵素、基質からなる試験管内のアッセイ系に生体成分の抽出物が加わると予想しない反応が生じる場合があり、注意が必要である。筆者の経験では血清には非常に強いペプチダーゼが存在し、そのペプチダーゼが非特異的に ACE, TACE に対する合成基質を分解する場合がある。合成基質の特異性が不十分な場合はペプチダーゼを含む抽出物中の特定のペプチダーゼ阻害活性を評価することが困難な場合がある。そのため除タンパク質処理によりペプチダーゼを除く工夫が必要になる。一方、エンド型のプロテイナーゼに対してはタンパク質性の阻害成分が生体に多く含まれている。これらの阻害成分を食品の摂取が誘導することで阻害活性が変化する場合も考えられる。いずれにせよこのような食品成分を摂取して、血液・組織

中の酵素活性・阻害活性、さらに生成物の量を測定する手法は研究例が少なく、また生体マトリックスの酵素活性への影響を十分考慮した反応系の確立が必要である。しかし、最終的なメカニズムを考える上でこのアプローチは重要であると考ええる。

まとめ

これまでに医薬品開発の発想で多くの機能性食品が開発されてきた。この考えにより多くの業績が生まれたが、食品と医薬品では開発における困難な箇所が異なる点は理解する必要がある。医薬品の場合はスクリーニングにより候補物質を選択し、動物実験、ヒトでの効果・安全性を評価してゆく。もし、生体利用効率が悪く、効果が生体で見られなかった場合は構造改変により生体でも活性を生じさせることが可能である。しかし、ヒト試験への安全性の確保が非常に大変である。一方、食品は、食経験があれば未分画物のヒトでの評価が比較的容易である。しかし、活性成分の同定が非常に困難である。そのためメカニズムの推定も困難である。また構造改変を行うと食品として扱うことが困難となる。そのため食品の開発を医薬品のように試験管内でのスクリーニング、動物実験、ヒト試験と行って行った場合、最終的にヒトで効果がなければすべての努力が無駄になる可能性がある。またヒトでの試験に精製物を用いることが難しい場合が多く、試験管内での活性成分を含む混合物を用いて生体で評価が行われる場合が多い。特に多くのペプチドが存在する食品タンパク質の酵素分解物に関しては単独のペプチドの機能をヒトで評価することは極めて困難である。そのため生体で実際に活性を担っている成分の同定が難しい。この問題を解決するために生体に移行している成分を網羅的に同定し、その活性を測定するアプローチを提案した。さらに動物・ヒトでの評価に用いることができる量

のペプチドを食品加工に利用できる手法で分画し分画物を生体で評価する手法も有効である。この目的のため、水のみを溶媒としてサンプルペプチドをアンフォラインとして用いる大量調製用等電点電気泳動法を開発している¹⁵⁾。

本報で提案したアプローチは食品ペプチドのメタボローム解析と言っても良いかもしれない。このようなオーミックスという概念は新しい考え方を示す有用なコンセプトであるが、時としてそのコンセプトを実現させるために研究を行うといった傾向も感じる。これは本末転倒であり、研究の過程で最も目的にあったアプローチ・手法を選択することが重要であると考ええる。場合によっては、エクソペプチダーゼ消化と組み合わせた従来の食品成分の試験管内で

の活性検索も有効であると考ええる。その時に必要なアプローチで結果を出すべきで、先行研究のスタイルに過度に類型化される必要は無いと考える。

また創薬を目的とした生理活性物質の研究では混合物を対象とした研究はその成果の出版が難しくなっている傾向がある。しかし、食品の機能性を考える場合、粗分画物がヒトや動物で効果があることは極めて重要で、貴重な情報である。ヒトで効果があって初めて生体への移行、そのメカニズム解明という困難な研究を行う意義ができてくる。この点を考慮し、ヒトへの投与が期待できる用量での粗分画物のヒト・動物での効果に関する知見が出版しやすい環境を作る必要があると考える。

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

- 1) T. Matsui, K. Tamaya, E. Seki, K. Osajima, K. Matsumo, T. Kawasaki: Absorption of Val-Tyr with *in vitro* angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity into the circulating blood system of mild hypertensive subjects. *Biol. Pharm. Bull.* **25**, 1228-1230 (2002)
- 2) M. Foltz, E. E. Meynen, V. Bianco, C. van Platerink, T. M. M. G. Koning, J. Klok: Angiotensin converting enzyme inhibitory peptides from a lactotripeptide-enriched milk beverage are absorbed intact into the circulation. *J. Nutr.* **137**, 953-958 (2007)
- 3) S. Ichikawa, M. Morifuji, H. Ohara, H. Matsumoto, Y. Takeuchi, K. Sato: Hydroxyproline-containing dipeptides and tripeptides quantified at high concentration in human blood after oral administration of gelatin hydrolysate. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **61**, 1-9 (2010)
- 4) M. Aito-Inoue, K. Ohtsuki, Y. Nakamura, E.-Y. Park, K. Iwai, F. Morimatsu, K. Sato: Improvement in isolation and identification of food-derived peptides in human plasma based on precolumn derivatization of peptides with phenyl isothiocyanate. *J. Agric. Food Chem.* **54**, 5261 - 5266 (2006)
- 5) N. Higaki-Sato, K. Sato, K. Esumi, T. Okumura, H. Yoshikawa, C. Tanaka- Kuwajima, A. Kurata, K. Kotaru, M. Kawabata, Y. Nakamura, K. Ohtsuki: Isolation and identification of indigestible pyroglutamyl peptides in an enzymatic hydrolysate of wheat gluten prepared on an industrial scale. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 8-13 (2003)
- 6) K. Iwai, T. Hasegawa, Y. Taguchi, F. Morimatsu, K. Sato, Y. Nakamura, A. Higashi, Y. Kido, Y. Nakabo, K. Ohtsuki: Identification of food-derived collagen peptides in human blood after oral ingestion of gelatin hydrolysates. *J. Agric. Food Chem.* **53**, 6531-6536 (2005)
- 7) H. Ohara, H. Matsumoto, K. Ito, K. Iwai, K. Sato: Comparison of quantity and structures of hydroxyproline-containing peptides in human blood after oral ingestion of gelatin hydrolysates from different sources. *J. Agric. Food Chem.* **55**, 1532-1535 (2007)
- 8) 小山洋一：コラーゲンの肌への作用・最新研究 食品と開発 **44**, 10-12 (2009)
- 9) R. W. Moskowitz: Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. *Semin. Arthritis Rheum.* **30**, 87-99, (2000)
- 10) M. Tanaka, Y. Koyama, Y. Nomura: Effects of collagen peptide ingestion on UV-B-induced skin damage. *Biosci.*

Biotechnol. Biochem. **73**, 930-932 (2009)

- 11) Y. Shigemura, K. Iwai, F. Morimatsu, T. Iwamoto, T. Mori, C. Oda, T. Taira, E.-Y. Park, Y. Nakamura, K. Sato: Effect of prolyl-hydroxyproline (Pro-Hyp), a food-derived collagen peptide in human blood, on growth of fibroblasts from mouse skin. *J. Agric. Food Chem.* **57**, 444-449 (2009)
- 12) S. Nakatani, H. Mano, C. Sampei, J. Shimizu, M. Wada: Chondroprotective effect of the bioactive peptide prolyl-hydroxyproline in mouse articular cartilage in vitro and *in vivo*. *Osteoarthritis Cartilage*, **17**, 1620-1627 (2009)
- 13) H. Ohara, S. Ichikawa, H. Matsumoto, M. Akiyama, N. Fujimoto, T. Kobayashi, S. Tajima: Collagen-derived dipeptide, proline-hydroxyproline, stimulates cell proliferation and hyaluronic acid synthesis in cultured human dermal fibroblasts. *J. Dermatol.* **37**, 330-338 (2010)
- 14) T. Matsui, A. Hayashi, K. Tamaya, K. Matsumoto, T. Kawasaki, K. Murakami, K. Kimoto: Depressor effect induced by dipeptide, Val-Tyr, in hypertensive transgenic mice is due, in part, to the suppression of human circulating renin-angiotensin system. *Clin. Exp. Pharm. Phys.* **30**, 262-265 (2003)
- 15) 佐藤健司, 橋本香織: 機能性ペプチドの大量分画と活性ペプチドの同定 化学と生物 **46**, 544-549 (2008)

ヨード強化卵長期摂取が インスリン分泌指数へ及ぼす影響

横山 次郎^{*1} 下川 雅信^{*2} 富岡みゆき^{*3} 井上 肇^{*4}

^{*1} YOKOYAMA Jiro (日本農産工業株式会社), ^{*2} ISHIMOKAWA Masanobu, ^{*3} TOMIOKA Miyuki (聖マリアンナ医科大学形成外科学教室), ^{*4} INOUE Hajime (聖マリアンナ医科大学形成外科学教室, 同大学院先端医学研究施設, 同大学幹細胞再生治療学 (ANGFA(株) 寄附) 講座)

KeyWords：ヨウ素・ヨード強化卵・インスリン・代謝異常症候群

Summary

海藻などを多く含む高ヨード含有飼料によって飼育された鶏から採卵された鶏卵はヨード強化卵と呼ばれ、脂質異常改善作用、抗アレルギー作用を有することが経験的にも実験的にも確認されている。今回ヨード強化卵の長期摂取に伴う、糖負荷試験に及ぼすインスリン分泌指数ならびに血糖値に対する影響について臨床研究を行った。

その結果事前の糖負荷試験における検討で、インスリン分泌指数で 0.4 以下の被験者においてヨード強化卵摂取群は有意にインスリン分泌指数の改善が認められた。さらに、ヨード強化卵摂取により糖負荷後血糖の上昇が有意に抑制された。

以上の結果より、ヨード強化卵摂取被験者においては、インスリン分泌指数の改善作用が認められ、ヨード強化卵には少なくとも初期インスリン分泌反応性を改善する作用があると考えられた。

緒 言

ヨウ素およびヨウ素化合物は、医薬品としても良く知られている。古くは、ヨードカゼインが気管支喘息治療に応用され、さらには、脂質レシチンを結合させたヨードレシチンも臨床的に不妊、肥満、気管支喘息などに応用されている。

一方、食品の中でヨード強化卵は、鶏に高ヨード含有飼料を与え、鶏卵中にヨードを強化した卵で、通常の鶏卵（通常卵 ヨード量 32.5 μg ）に比べ、ヨードを約 20 倍（650 μg ）も高濃度に含有している。経験的にヨード強化卵は、抗アレルギー作用¹⁾、脂質代謝調節^{2,3)}、抗高脂血症作用（脂質異常改善作用）^{4,5,6)} が知られている。そして、抗高脂血症作用と抗アレルギー

作用に関しては卵黄脂質分画⁵⁾にその活性成分が存在していることも報告されている。

近年増加している代謝異常症候群の中で、糖尿病は、治療の有無で予後が大きく変わることが知られる。特に日本に於いて大半を占める 2 型糖尿病は、肥満、運動不足、過栄養、ストレスなどにより、インスリン抵抗性を引き起し発病する。本疾患の場合、食生活を含め生活習慣を改善することにより、糖尿病の進展を抑え合併症を予防出来ることが知られている。ヨード強化卵は、前述したように生活習慣予防効果を有し、特に、脂質代謝の改善、抗高脂血症作用に効果が知られている。そこで、今回糖代謝に及ぼすヨード強化卵の影響について臨床研究を行った。同時に、その安

全性についても、普通卵摂取とヨード強化卵摂取による比較で観察した。

1. 材料および方法

1-1. 対象

日本鋼管病院、水江診療所京浜保健センターにおいて2002年9月～2003年3月迄に血清脂質が軽度上昇と診断され、正常血糖を示しているにも関わらず事前のOGTTでインスリン分泌指数0.4以下を示す34名ならびに、インスリン分泌指数0.4以上を示す34名のボランティアを被験対象者とした（68名年齢：25～62歳（ 46.7 ± 9.6 歳），BMI $18.3 \sim 32.2 \text{ kg/m}^2$ （ $23.8 \pm 2.9 \text{ kg/m}^2$ ））（Table1）。

Table 1 Subjects^{*1}

Characteristic	Value
Man/Woman	46/22
Age (y/o)	46.7 ± 9.6
BMI	$23.8 \pm 2.9 \text{ kg/cm}^2$

Mean $\pm$ S.D (^{*1}: n=68)

BMI:Body Mass Index

1-2. 試験方法

Fig. 1 に示すようにインスリン分泌指数で分類した2群を無作為にさらに普通卵もしくは

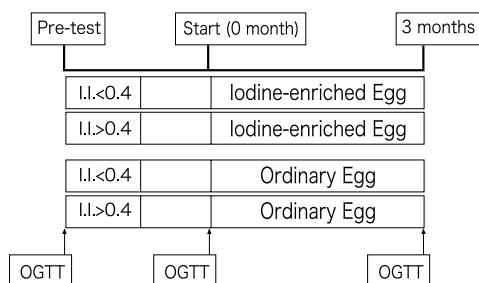


Fig. 1 Classification of experimental group.

The experimental group was divided by using score of insulin index; i.e. less than insulin index (I.I.)<0.4 and more than ≥ 0.4 . Furthermore, these two groups were divided two subgroups of the ordinary egg (O-group) and the iodine-enriched egg (I-group). Both groups took an ordinary egg or iodine-enriched egg per a day for 3 months.

ヨード強化卵摂取群の2群分類した。被験各群ともヨード強化卵または普通卵を一日1個、調理方法は指定せず、3ヶ月間摂取させた。

1-3. 測定項目

被験者には、試験開始前開始3ヶ月後に一般生化学検査ならびに耐糖能検査を実施した。

1-4. 統計処理

得られた結果は、ANOVA 検定後必要に応じて対応のあるt検定を行い、 $p<0.05$ をもって有意差とした。

2. 結果

2-1. 一般生化学所見

ヨード強化卵もしくは普通卵を3ヶ月摂取した後の一般生化学所見に於いて、いずれも摂取前後で有意な変化は認められなかった。

2-2. 糖代謝関連項目

空腹時血糖、グリコヘモグロビン、免疫反応インスリンについても、インスリン分泌指数0.4以下とインスリン分泌指数0.4以上いずれの群に於いてもヨード強化卵または普通卵の摂取前後で有意な差はなかった。

2-3. 糖負荷試験

普通卵またはヨード強化卵の3ヶ月摂取前後の糖負荷試験に於いて普通卵とヨード強化卵摂取群を比較した時、インスリン分泌指数0.4以下を事前に示したでヨード強化卵摂取群で、負荷60分で血糖値の上昇が有意に抑制された（Fig. 2）。

2-4. インスリン分泌指数の変化

インスリン分泌に関しては同様に比較するとインスリン分泌指数0.4以下を示したヨード強化卵摂取群は、負荷60分でインスリン分泌が有意に増加していた（Fig. 3）。

2-5. 血糖値の推移

普通卵またはヨード強化卵を3ヶ月摂取し、糖負荷後の血糖の推移を示した。その結果、普

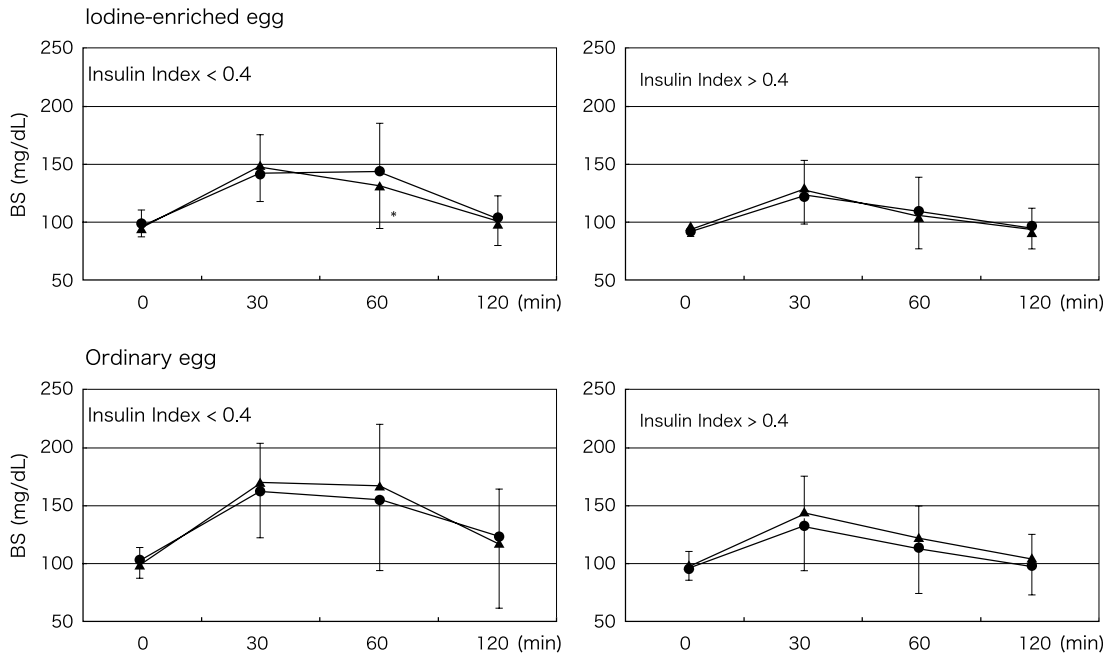


Fig. 2 Change of Blood sugar on OGTT 3 months after intake of egg.

Close circle: before intake of egg. Close triangle: 3 months after intake. Each symbol and bar represents mean $\pm$ SD. Statistical significance: * $p < 0.05$ as compared to data obtained before intake.

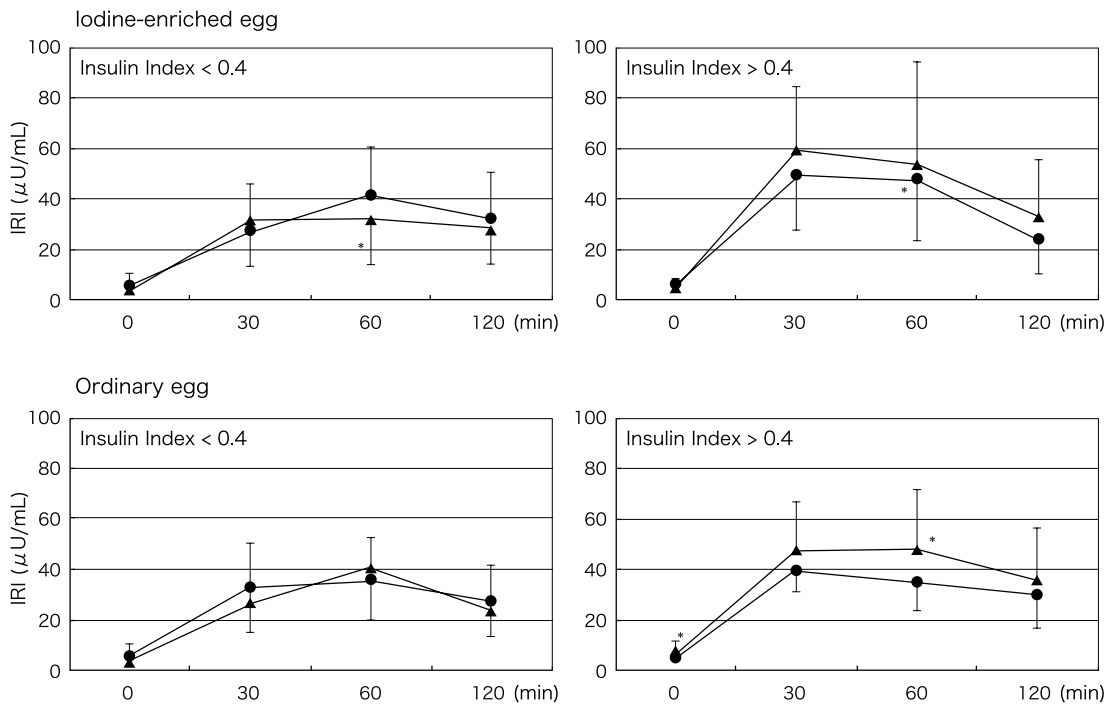


Fig. 3 Change of IRI on OGTT 3 months after intake of egg.

Close circle: before intake of egg. Close triangle: 3 months after intake. Each symbol and bar represents mean $\pm$ SD. Statistical significance: * $p < 0.05$ as compared to data obtained before intake.

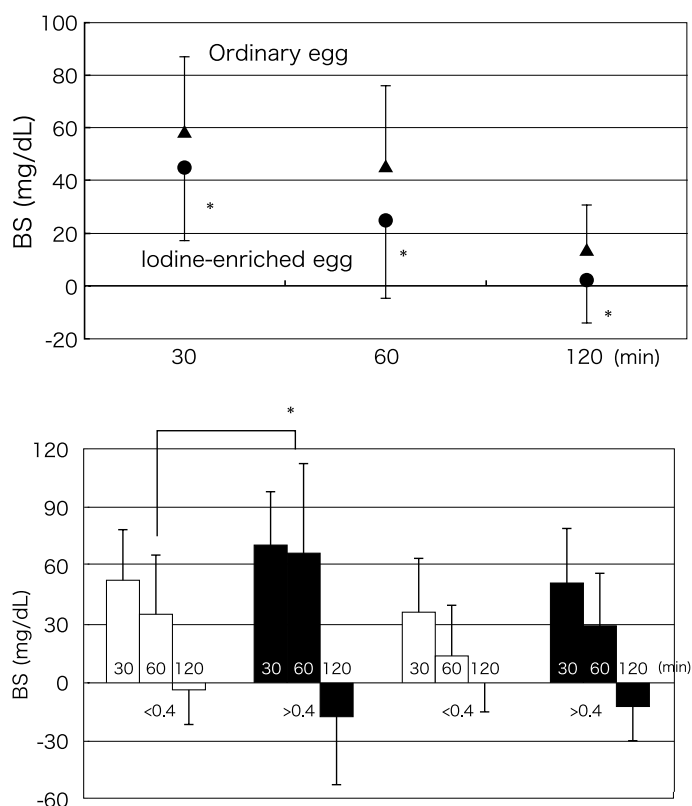


Fig. 4-1, 2 Increase rate of blood glucose after OGTT.

The data of Fig.4-1 was shown without classification of cut off score of insulin index. The data divided by cut off score of insulin index were also shown in Fig. 4-2.

Close circle: Iodine enriched egg. Close triangle: Ordinary egg. Each symbol and column represents mean $\pm$ SD. Statistical significance: * p <0.05 as compared to data obtained ordinary egg group.

通卵とヨード強化卵摂取群を比較した時、ヨード強化卵摂取群において血糖値が有意に低下していた (Fig. 4-1, 2)。その血糖値の上昇率を比較すると Fig. 5 に示した様にインスリン分泌指数 0.4 以下を示したヨード強化卵摂取群では、3 ヶ月の食卵で有意にインスリン分泌指数の改善を示し、初期過血糖の抑制作用が認められた。

3. 考 察

近年、生活習慣病などに対し医薬品とは異なる類似の効果の認められるサプリメント、健康食品が市販されている。これらの多くは、特定保健用食品として認可されその基準として、有効成分と作用機序が明確であることが条件である。ヨード強化卵は、実験的並びに少数例であるが臨床的に、脂質代謝異常改善作用と抗アレルギー作用そし

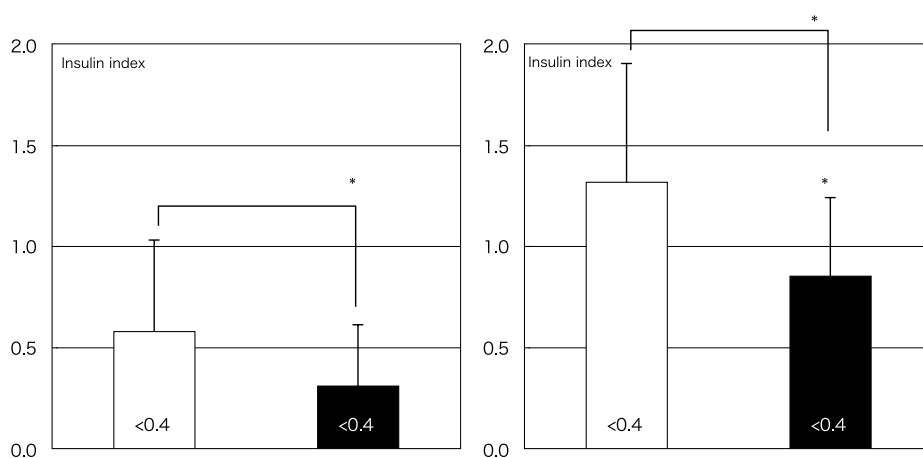


Fig. 5 Improvement of insulin index 3 months after feeding of the iodine-enriched eggs.

insulin index = (30min plasma insulin - fasting plasma insulin) / (30min plasma glucose - fasting plasma glucose) Each column represents mean $\pm$ SD. Statistical significance: * p <0.05 as compared to data obtained ordinary egg group.

て今回研究を行った抗糖尿病作用が明らかになっており、卵黄脂質分画⁵⁾にその活性成分が存在していることも明らかになっている。

本臨床研究では、ヨード強化卵を長期摂取させても、一般生化学検査、ならびに甲状腺機能に何ら有害事象は認められなかった。従って、ヨード強化卵の長期摂取の安全性は今回の検討である程度確認されたと考えられる。また一方で空腹時血糖、グリコヘモグロビン、IRI等に変化も認められず、この意味で一般的な経口血糖降下薬やインスリン様の作用は有していない事が明らかになった。この事実は、前臨床的研究に於ける実験的糖尿病ラットを用いたヨード卵長期投与における報告と同様の結果が得られた⁷⁻⁸⁾。

糖負荷試験において、インスリン分泌指数0.4以下以下のヨード強化卵摂取群は、初期のインスリン分泌改善が認められた。その結果、インスリン分泌指数の有意な改善を認め、ヨード強化卵には少なくとも初期インスリン分泌反応性を改善する作用が確認された。

最近強化インスリン療法が、糖尿病性合併

症に見られる心血管系のイベントを予防でき糖尿病進展予防に有効である事が報告されている⁹⁾。現在日本において大半を占める2型糖尿病では、膵疲弊に基づくインスリン分泌遅延、インスリン抵抗性の獲得などで、食後過血糖を引き起こす。これが動脈硬化症を誘導し、その結果虚血性心疾患、脳血管障害誘発の大きなリスクファクターと考えられる。したがって、食後過血糖予防として速効短時間型経口血糖降下薬を用いたナテグリニド¹⁰⁾などによる血糖調節法が推奨されている。

これらの事を総括すると、ヨード強化卵長期摂取による糖負荷後のインスリン分泌の立ち上がり改善は、日常生活における食後過血糖の是正を可能とするかもしれない。さらに、インスリン分泌指数の低下状態は、糖尿病誘発を強く指示する報告も出始めている。従って、糖尿病患者ならびに糖尿病予備軍に対して総摂取熱量を厳密に規定した食生活の中でヨード強化卵を導入する事が現況のナテグリニドを用いた初期過血糖は正の補助やインクレチン効果¹¹⁾などの作用を補助できる可能性が考えられる。

・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・

- 1) 河野博行, 瀬山義幸, 山下三郎, 荒牧 元, 井上 肇, 山田俊雄, 山田和雄, 石川 正, アレルギー性鼻炎に対するヨード強化卵の効果: 基礎的ならびに臨床的研究. 日薬理誌 **88**:223-228;1986
- 2) 片峯伸一郎, 星野信行, 戸塚耕二, 鈴木正成, ヨード強化卵の長期(7~9か月)投与がラットの脂質代謝に及ぼす影響 日本栄養・食糧学会誌 **36**:207-208;1983.
- 3) Katamine S., Hoshino N., Totsuka K. and Suzuki M., Effects of the long-term(17-19 Months) feeding of high-iodine eggs on lipid metabolism and thyroid function in rats., *J. Nutr. Sci. Vitaminol* (Tokyo). **31**:339-353;1985
- 4) 加地喜代子, 瀬山義幸, 山下三郎: ヨード卵の抗高脂血症作用 - スクリーニング法および有効画分の検索 -, 日薬理誌 **83**:255-261;1984
- 5) 加地喜代子, 瀬山義幸, 山下三郎: ヨード卵の抗高脂血症作用 - 卵黄脂質画分中の有効画分の検索 - 日薬理誌 **83**:325-329;1984
- 6) 加地喜代子, 瀬山義幸, 山下三郎: ヨード卵の抗高脂血症作用 - 作用機序の検討 -, 日薬理誌 **83**:451-457;1984
- 7) Tanaami S., Katamine S., Hoshino N., Totsuka K. and Suzuki M., Histopathological study on rats fed iodine-enriched eggs long-term (7 and 19 months)., *J. Nutr. Sci. Vitaminol*. **31**:29-42;1985
- 8) Katamine S., Tanaami S., Mamiya Y., Sekimoto K., Hoshino N., Totsuka K. and Suzuki M., Influences of feeding

of high-iodine eggs on hypo- and hyperthyroid rats.,*J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **31**:541-551;1985

- 9) Ohkubo Y., Kishikawa H., Araki E., Miyata T., Isami S., Motoyoshi S., Kojima Y., Furuyoshi N., and Shichiri M., Intensive insulin therapy prevents the progression of diabetic microvascular complications in Japanese patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus: a randomized prospective 6-years study. *Diabetes Res. Clin. Pract* **28**:103-117;1995
- 10) Ikenoue T. and Kondo N., Pharmacological properties of Nateglinide, rapid-onset/short-duration insulinotropic agent, in the treatment of Type 2 diabetes., *Folia Pharmacol, Jpn.*, **116**:171-180;2000
- 11) Holst JJ, Deacon CF. Inhibition of the activity of dipeptidyl-peptidase IV as a treatment for type 2 diabetes. *Diabetes.* **47**:1663–1670;1998

納豆菌ファージのネバネバ分解酵素とその利用

木村 啓太郎*

*KIMURA Keitarou (独立行政法人 農研機構 食品総合研究所 発酵細菌ユニット)

KeyWords：納豆・ファージ・粘り物質・ポリグルタミン酸・分解酵素

はじめに

“納豆をかき混ぜると、粘りが短時間で無くなってしまふ。”一般消費者、回転すし店、総菜メーカー等がこのような経験をしたら、その商品は返品され、納豆メーカーは対応に苦慮するだろう。このような事例は、まれにはあるが実際に起こっている。原因は、納豆菌に感染するバクテリオファージである（バクテリオファージは微生物に感染するウイルスの一種で、ファージと呼ばれることもある）。バクテリオファージは感染した宿主微生物細胞の中で自分のコピーを作り、やがて宿主細胞を破壊して外部へ娘ファージを放出する。納豆菌が全く生育出来ない程バクテリオファージ感染が重症な場合は、そもそも該当商品は出荷されないため問題は露見しない。しかし、バクテリオファージの混入数が極めて少数で、大多数の納豆菌が正常に生育した場合、感染に気付かずに商品は出荷されてしまう場合が多い。バクテリオファージは、単に納豆菌に感染するだけでなく、納豆の粘り物質である γ -ポリグルタミン酸を強力に分解する酵素を生産する。蒸煮大豆上では、酵素の拡散が制限されるため分解反応は局所的であるが、納豆をかき混ぜることで酵素が拡散し分解反応が促進される。そして、極

少量の酵素があるだけでもかき混ぜ中に粘りがなくなってしまう。これが“かき混ぜてみたら粘りがない”の実態である。

筆者らは、納豆菌バクテリオファージが作る γ -ポリグルタミン酸分解酵素 PghP (poly-gamma-glutamate hydrolase P) の研究を進め、その性質を詳細に解析した^{1,2)}。納豆の粘り物質 γ -ポリグルタミン酸はグルタミン酸が1万個ほど連結した高分子ペプチドである。タンパク質は通常、L型鏡像体のアミノ酸で構成され、ペプチド結合には α 位のカルボキシル基が使われている。 γ -ポリグルタミン酸はD型のグルタミン酸鏡像体を多く含み、ペプチド結合に γ 位のカルボキシル基が使われている。このような特徴的な構造を持つ高分子を分解する PghP は非常に珍しいペプチダーゼと言える^{1,2)}。本稿では、PghP 発見の経緯やこれまで明らかになった性質、最近の結晶構造解析の結果などについて概説する。

ところで、 γ -ポリグルタミン酸が分解された“粘らない納豆”は本当に無価値であろうか？上述したように“粘らない納豆”は、見かけ上は普通の納豆となんら変わらない。栄養的にも同等である。分解によって γ -ポリグルタミン酸のグルタミン酸重合度が低下して粘度が失わ

れているだけである。納豆を西洋に紹介した古い文献に、「納豆は東洋のチーズである」という記述が見られる。チーズの場合、そのまま食べるだけでなく、溶かしてプロセスチーズに加工されたり、粉末化して調味料としても使われている。特に、粉末化は多様な用途の開発に有用な性質であろう。納豆の場合は、干し納豆があるぐらいで、加工食品としての利用法はほとんど無いと言ってよい。最近売り出されたフリーズドライ納豆が好評を得ているように、加工納豆の潜在的用途は多いと思われる。しかし、納豆の粘りは、攪拌、分配、充填などの操作、および使用機器の洗浄を難しくするため、食品加工にとっては障害となる。つまり、他の粘らない食品と比べると配管は詰まりやすく、製品の均一化は難しく、充填も容易でない上、洗浄も困難である。ネバネバ分解酵素を利用すれば、こうした問題は解決されると期待できる。“粘らない納豆”の利用についても簡単に触れる。

1. ネバネバ分解酵素発見の経緯

納豆菌バクテリオファージが γ -ポリグルタミン酸を分解する酵素を作ること、少なくとも1970年頃から知られていたが³⁾、分解酵素の実体が不明なまま、しばらく研究は進展しなかった。しかしながら、80年代以降も汚染ファージの分離、ファージの形態観察、指示菌を用いたタイピングなどの基本的な解析が少数の研究者によって継続されていた。1990年には食品総合研究所が「納豆試験法」⁴⁾を刊行し、その中でファージの取り扱い、分離法、検査法などの試験法について概説している。一方、納豆メーカーの品質管理担当者の間でも、バクテリオファージの混入が粘り消失の原因であることはよく知られており、業界の新人にとっては必須の研修事項となっている。筆者らは、納

豆工場から分離された汚染ファージ ϕ NIT1が作る γ -ポリグルタミン酸分解酵素(PghP)の均一標品を得ることに成功し¹⁾、その後、大腸菌を利用した組換えPghPの大量調製が可能となったことにより、本酵素の解析は飛躍的に進展した²⁾。

ネバネバ分解酵素の研究に取りかかった端緒は、ある納豆メーカーからの相談であった。「工場バクテリオファージが発生したようなので、汚染源を特定するための検査法を新規採用者に会得させたい」という相談内容であったと記憶している。軟寒天を使ったプラーク形成と力価検定、スメアテスト、分離された納豆菌バクテリオファージの温度感受性などを調べて、汚染箇所の同定に協力した。当時、筆者は納豆菌によるネバネバ物質の生産制御機構を研究中であったため、 γ -ポリグルタミン酸の分析を日々の実験の一つとして行っており、免疫電気泳動法や蛍光検出法などの高感度の実験系をちょうど立ち上げたところであった。分離精製したファージ粒子による汚染実験を試しに行ったところ、感染培養上清に非常に強い γ -ポリグルタミン酸分解活性があることがわかった。早速、文献調査をした上で、この分解酵素の実体解明に取りかかった。

2. ネバネバ分解の実験方法

通常、プロテアーゼ・ペプチダーゼの活性測定は、*p*-nitroanilineなどで修飾した発色基質やアゾ化したカゼインを用いた比色法で行われる。非常に簡便で再現性も高い。 γ -ポリグルタミン酸分解実験では、エタノール沈殿などによって納豆菌培養上清から精製した γ -ポリグルタミン酸を基質として用いる(図1左)。分解産物をアガロースゲル電気泳動法によって分離後にメチレンブルーで染色するため、時間がかかり、しかも定量性はあまりよくない。合成

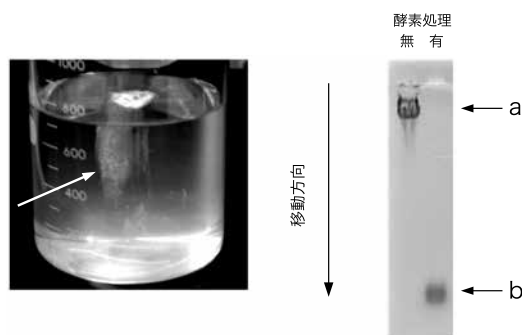


図1 左図：納豆菌の培養濾液にエタノールを加えると γ -ポリグルタミン酸は沈殿する（矢印部）。

右図：アガロースゲル電気泳動。高分子の γ -ポリグルタミン酸(a)はアガロースゲル中をゆっくり移動するが、PghPで酵素分解すると低分子化して移動度が大きくなる(b)。

基質を使う方法も考えられる。しかし、 γ -ポリグルタミン酸がD体L体の両方のグルタミン酸鏡像体を含み、且つその並び方がわからないこと、分解に必要なグルタミン酸の重合度の予測が難しいことなどから、酵素解析の最初のステップでは納豆菌由来の基質を使うのが定石である。分解産物の分子量を正確に求めるためには、ゲル濾過HPLCで分離したフラクション毎に質量分析を行う必要がある。納豆菌バクテリオファージの取り扱いで注意すべき点は、感染に Mg^{2+} を要求する場合があること^{5,6)}、冷蔵庫で保存すると急激に力価が低下する場合があることなどである。ファージ粒子の分離・精製や核酸の取り扱いでは、分子生物学実験でよく使われている大腸菌ラムダファージで用いられる方法をほぼそのまま利用できる。

納豆および納豆菌を対象とした実験マニュアル本として、「納豆の研究法」がある⁵⁾。汚染ファージに限らず、納豆の食品科学・工学的な分析法、実験手法についてはこちらを参照されたい。

3. PghPの性質と構造

PghPは γ -ポリグルタミン酸のペプチド結合をランダムに加水分解して（エンド型分解）、最終的に3～5量体のオリゴ γ -グルタミン酸にする。5量体が分解されずに貯まるので、この酵素は6量体以上を認識するものと推定された¹⁾。新規性の高い酵素であるPghPの機能改変など、新たな展開を模索する目的で、その基質結合部位や活性中心に関心が持たれた。しかし、PghPのアミノ酸配列（208残基）に既知のプロテアーゼ・ペプチダーゼとの配列相同性は見つからず、活性発現に亜鉛を要求すること以外の情報は得られなかった。

研究の停滞を打開するため、筆者らは（独）農業生物資源研究所の協力を得て、PghPの結晶構造解析を始めた²⁾。構造解析の詳細は省略するが、PghPはカルボキシペプチダーゼとよく似た立体構造を持っていることがわかった。カルボキシペプチダーゼは、PghPと同様に亜鉛を要求するメタロプロテアーゼの1種である。カルボキシペプチダーゼが切断するタンパク質のC末端には遊離のカルボキシル基がある。 γ -ポリグルタミン酸の側鎖は α カルボキシル基であるので、PghPとカルボキシペプチダーゼはよく似た仕組みによって、それぞれC末端あるいは側鎖のカルボキシル基を認識しているものと考えられる。しかしながら、PghPはエンド型の分解酵素であり、末端のアミノ酸を一つずつ遊離するエキソ型消化酵素であるカルボキシペプチダーゼとは違った方法で主鎖を認識していると思われる。PghPは γ -ポリグルタミン酸を3～5量体のオリゴペプチドに分解する。分解産物のオリゴ γ -グルタミン酸を使った商品開発が期待されるが、澱粉由来のオリゴ糖のような活用法は今のところ見つかっていない。酵素機能の改変によって、2量体や5量体

より長いオリゴペプチドの生産が可能になるかも知れない。酵素の立体構造情報を活用した研究を今後進展させる必要がある。

4. 納豆菌バクテリオファージの多様性

微生物分類学上、納豆菌 (*Bacillus subtilis* natto) は枯草菌 (*Bacillus subtilis*) に含まれる。バージェイの分類書に *Bacillus natto* として別種扱いで記載された時代があったようだが、現在は *Bacillus subtilis* に統一されている。枯草菌は代表的なグラム陽性土壌細菌であり、孢子形成、細胞壁合成研究などの基礎分野での研究蓄積がある。枯草菌バクテリオファージも多数分離されており、中には枯草菌実験室株と納豆菌の両方に感染できるファージも存在する。納豆菌・枯草菌のバクテリオファージは、長い尾部を持つ *Myoviridae* 型 (鞘付き) あるいは *Siphoviridae* 型 (鞘なし) が多く、短尾の *Podoviridae* は少ない⁷⁾。ファージの頭部の大きさは 40nm ~ 90nm で、尾部は長いものでは 300nm に達するものもある (図 2)。また、ゲノムサイズの小さい (50kb 程度) ものと大きな (130kb 程度) ものに分けられ、これは頭部

の大きさにほぼ対応している⁷⁾。ファージ感染の成立には、複数の要素 (細胞表層上のファージ受容体、ファージ感染への耐性機構である免疫ニティー、溶原化によるファージの潜在化など) が関係するため、特定のファージへの感受性の有無は菌株を区別する指標の一つとして活用されている (ファージタイピング)。一方で、ファージの中には、種を超えて *B. megaterium* や *B. pumilus*, *B. thuringensis* に感染できるものもあり、伝達性のプラスミドとともに種内・種間での遺伝子の平行伝播にも関与している。 ϕ NIT1 ファージの *pghP* 遺伝子下流には、トランスポゾン遺伝子 (IS605 family) がみついている (図 2)。*pghP* 遺伝子がトランスポゾン遺伝子と共に、ファージ間あるいは宿主間で伝達されている可能性がある。

納豆工場で頻繁に見つかるバクテリオファージは大きく分けて 2 種類ある。ひとつは鞘をもつ *Myoviridae* 型で、これが汚染ファージの大半を占める。もう一つは鞘なしの *Siphoviridae* 型で、感染増殖に Mg イオンを要求する⁶⁾。汚染源の特定は、工程管理上重要な問題であるが、汚染ファージの自然界での分布には不明な点が多い。そこで、筆者らは、納豆発酵に深刻な影響を及ぼす γ -ポリグルタミン酸分解酵素の枯草菌ファージ内での分布について、Ackermannらの枯草菌タイピングファージを利用して検討した^{1,6)}。タイピングファージは納豆製造とは無関係に分離されたが、 γ -ポリグルタミン酸分解能を示すものが高頻度で見つかった¹⁾。このことは、ネバネバを分解することがファージ間の生存競争に有利であることを示唆する。タイピングファージのゲノムサザン解析から *pghP* と相同な配列が存在することが判明し、このやっかいなネバネバ分解酵素が納豆工場以外の自然界にも広く存在していることが示唆された。

日本で使用されている主要な納豆スターター

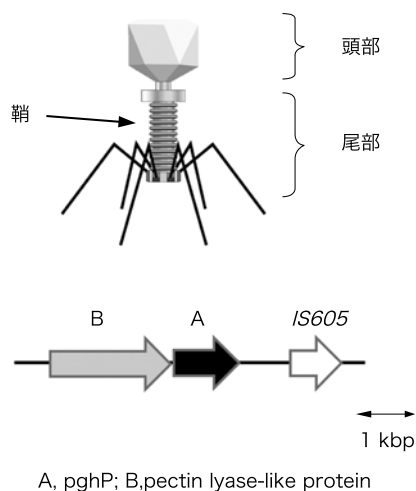


図 2 バクテリオファージの模式図 (上) と ϕ NIT1 ファージ *pghP* 遺伝子周辺の構造 (下)

3株（宮城野株（三浦株）、高橋株、成瀬株）は、同じ株から派生したと考えられている^{8,9)}。ファージ感受性にも違いはなく、これまで試した納豆菌ファージは、いずれの株にも同等に感染する。納豆工場で独立に見つかった汚染ファージは、筆者が調べた限り、全てが γ -ポリグルタミン酸分解酵素を生産した。ネバネバを大量に作る納豆菌が優占する環境では、ファージにとって分解酵素は必須のアイテムなのかも知れない。ただし、調べたファージは工場敷地内の側溝や土壌から分離された少数例を除けば、ネバネバが失われた発酵不良納豆から分離されている。分解酵素を持たないファージが見過ごされている可能性はある。

5. 粘らない納豆の利用

PghPを市販納豆に加えてみた。かき混ぜると、対照区（酵素なし）と比べて抵抗感が一時的に強くなり、粘性が増したように感じる。しかし、直後に粘性は急激に低下して、数分以内に豆はバラバラと分かれて、箸で一つずつ簡単に拾うことができるようになる（図3）。一時的に粘性が増したのは、粘性低下のみならず、部分分解により粘性が増大する分子量分布が存在することを示唆する。ネバネバ分解後の大豆表面には、薄く水飴でコーティングしたような

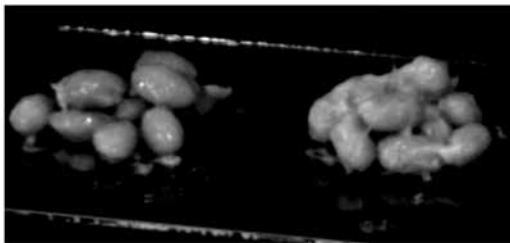


図3 ネバネバ分解酵素（PghP）を加えた納豆
市販納豆にPghPを加えてかき混ぜたもの（左）では、ネバネバが消失している。
右は対照区でPghPなし

艶、光沢があり、 γ -ポリグルタミン酸の吸水性によるしっとり感も維持されている。食べてみると、食感は確かに変わったが、匂いおよび味に変化は感じられなかった。粘らない納豆を作るならば、 γ -ポリグルタミン酸合成能を失った納豆菌を使えばよい、と思われたかも知れない。その場合、光沢感、しっとり感が得られないだけでなく、 γ -ポリグルタミン酸が適度に水分を吸収することがないために、菌体が不均一に増殖して一部に水分が貯まってしまい、正に“腐った”ように見えてしまう。粘らない納豆の製造は、分解酵素を利用して初めて可能なのである。

ところで、筆者らは納豆メーカーの協力を得て、ネバネバ増強納豆菌を開発したことがある。バクテリオファージのPghPとは比較できないほど弱い活性であるが、納豆菌は γ -ポリグルタミン酸をゆっくりと分解することができる。この分解反応は、納豆菌が菌体外に分泌する γ -グルタミルトランスペプチダーゼ（GGT）が担っている。GGTは、 γ -ポリグルタミン酸のN末端から一つずつグルタミン酸を遊離し（エキソ型分解）、納豆菌はそれを栄養として再利用している¹⁰⁾。よって、GGT欠損納豆菌が合成した γ -ポリグルタミン酸は、分解を受けることなく蓄積し、全体として γ -ポリグルタミン酸の生産量が増える¹⁰⁾。GGT欠損株は確かにネバネバ生産増強株と言える。しかし、GGT欠損株で作成した納豆では、チロシン結晶と思われる物質が増えた。そのため舌触りが悪くなり、商品としては不適であった。適度な分解を受けることなく蓄積した γ -ポリグルタミン酸の吸水力のため、チロシンなど溶解度の低いアミノ酸の不溶化・結晶化が促進されてしまった可能性があった。

PghPを使って分解された γ -ポリグルタミン酸は高分子としての諸性質（粘性、吸水性、保湿性など）を失っている。 γ -ポリグルタミン

酸の酵素的分解は、納豆の加工操作を容易にするだけでなく、チロシン結晶生成の他、アンモニウムなどの不快臭の発生・拡散、ストラバイト（リン酸マグネシウムアンモニウムの結晶）の形成など、保蔵に関わる諸問題を解決する糸口になるかもしれない。

おわりに

納豆菌ファージから見つかったネバネバ分解酵素は、発酵を阻害する悪玉として研究されてきた。本稿を、この酵素の特質を逆に利用した製品開発へ向けての提言としたい。新規酵素を食品添加物として使用するためには、諸々の手続きを踏む必要があり、費用もかかると思われる。実現するにはハードルが高いかも知れないが、分子量の異なるオリゴ γ -グルタミン酸を得ることを目的とした産業用酵素として活用することも可能であろう。納豆製造とは直接関

連しないが、 γ -ポリグルタミン酸は保湿剤や増粘剤としてすでに利用されている¹¹⁾。また、ドラッグデリバリーの担体としての報告も多数発表されている¹¹⁾。これらの分野で、分子量の異なる γ -ポリグルタミン酸を生産し、製品に物理化学的な多様性を持たせることも必要かも知れない。ネバネバ分解酵素を応用できる分野は、納豆製造以外にもありそうである。

謝辞

本稿で紹介した研究は、(独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所で執り行った。納豆菌ファージの研究をご指導いただいた故伊藤義文博士、ファージ試料を提供いただいた永井利郎博士、実験にご協力いただいた研修生、契約職員の皆様に感謝申し上げます。山本和貴博士からは、食品加工の視点から本稿に関する助言をいただきました。

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

- 1) Kimura, K. and Itoh, Y., Characterization of poly- γ -glutamate hydrolase encoded by a bacteriophage genome: Possible role in phage infection of *Bacillus subtilis* encapsulated with poly- γ -glutamate. *Appl. Environ. Microbiol.* **69**: 2491-2497 (2003).
- 2) Fujimoto, Z., Shiga, I., Itoh, Y., and Kimura, K., Crystallization and preliminary crystallographic analysis of poly- γ -glutamate hydrolase from bacteriophage NIT1. *Acta Crystallogr. F* **65**: 913-916 (2009).
- 3) Hongo, M., Yoshimoto, A., Bacteriophage of *Bacillus natto*. part III. Action of phage-induced γ -polyglutamic acid depolymerase on γ -polyglutamic acid and the enzymatic hydrolyzates. *Agric. Biol. Chem.* **34**: 1055-1063 (1970).
- 4) 納豆試験法研究会：納豆試験法。農林水産省食品総合研究所編。光琳，p70-p74, (1990).
- 5) 木内 幹 監修：納豆の研究法。恒星社厚生閣，(2010).
- 6) Nagai, T. and Yamasaki, F., *Bacillus subtilis* (natto) bacteriophages isolated in Japan. *Food Sci. Technol. Res.* **15**: 293-298 (2009).
- 7) Ackermann, H.-W., Azizbekyan, R. R., Bernier, R. L., de Barje, H., Saindouk, S., Valéro, J.-R., and Yu, M.-X., Phage typing of *Bacillus subtilis* and *B. thuringensis*. *Res. Microbiol.* **146**: 643-657 (1995).
- 8) Nagai, T., Tran, L.-S. P., Inatsu, Y., and Itoh, Y., A new IS4 family insertion sequence, IS4Bsu1, responsible for genetic instability of poly- γ -glutamic acid production of *Bacillus subtilis*. *J. Bacteriol.* **182**: 2387-2392 (2000).
- 9) Kimura K and Itoh Y, Determination and characterization of IS4Bsu1-insertion loci and identification of a new insertion sequence element of IS256 family in a Natto starter. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **71**: 2458-2464 (2007).
- 10) Kimura, K., Tran, L.-S. P., Uchida, I., and Itoh, Y., Characterization of *Bacillus subtilis* gamma-glutamyltransferase and its involvement in the degradation of capsule poly-gamma-glutamate. *Microbiology* **150**: 4115-4123 (2004).
- 11) Hamano, Y. ed. Amino-acid homopolymers occurring in nature, *Microbiology Monograph*, vol. 15, Berlin, Springer, (2010) in press.

弾性表面波法を用いた果菜類の 食感（果肉硬さ）判定技術の開発

池田 敬^{*1} 崔 博坤^{*2} 大澤 雅子^{*3}

^{*1} IKEDA Takashi (明治大学農学部), ^{*2} CHOI Pak-kon (明治大学理工学部), ^{*3} OOSAWA Masako (萩原農場)

KeyWords：弾性表面波法・体積弾性・ずれ弾性・スイカ果肉・食感調査

緒 言

スイカは夏の風物詩である。鳥取県の調査によると、消費者がなぜ夏にスイカを食べるのかというアンケートに対し、1番は甘さ、2番はシャリ感を楽しまたいからという結果が出ている（平成13年鳥取県市場開拓局調査）。このことからスイカ果実の甘さやシャリ感を知ることは、スイカの品種改良やマーケティングにおいて非常に重要であることが分かる。ここで果実の甘さに関しては、これまで糖度計など簡便な計測法がすでに開発され、生産や販売現場において作物の品質保証や差別化を行うために活用されているが、シャリ感を判定する技術はこれまで存在していない。

近年、弾性表面波法と呼ばれる技術が、柔らかいゲルの硬さを判定するために発展してきた¹⁻⁴⁾。この技術は物質の表面に沿った弾性表面波により硬さを計測するものである。一般的に硬さは弾性として表現されるが、それはさらに「体積弾性」と「ずれ弾性」に区別される。「体積弾性」は液相、固相どちらにも存在するが、「ずれ弾性」は液相には存在しない。ゲルのような水がほとんどを占める物質において、大量の水のために大きな「体積弾性」をもっているが、小さな「ずれ弾性」もつ

物質では、その「ずれ弾性」を正確に計測するのは容易ではなかった^{1,3-4)}。

弾性表面波の速さ(v)は柔らかい物質の「ずれ弾性」(G)の平方根と比例関係にある(ρ : 密度)^{1,3-4)}。

$$v = 0.955 \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

本研究においてこの技術はスイカ果肉の硬さの判定に応用できることを証明し、官能試験との比較試験を行ったので報告する。

1. 材 料

実験には（株）萩原農場より提供されたスイカ品種‘祭りばやし777’と‘早生日章’を用いた。収穫後5日以内に実験を行い、それぞれの品種に対して6個体以上行った。計測直前にスイカ果肉サンプル（中心付近と果皮付近）を約150×70×20 mmの大きさで切り出した。スイカ両品種を図1の灰色部のように、測定

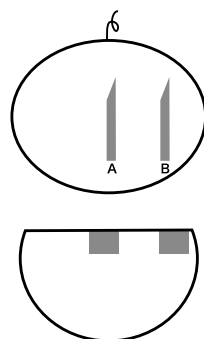


図1 スイカサンプルの切り出し方

時の弾性表面波の反射を防ぐためにサンプルの片側の先端を斜めに切り取った。種子はなるべくサンプル中に含まれないようにした。

2. 実験方法

2.1. 弾性表面波法

実験に使用した計測装置を図2に示す。振動子（オシレータ）を取り付けたシェイカーとスイカ果肉をスライドテーブルに載せる。ティルトステージで振動子とスイカ果肉の表面が平行になるように調節しながら軽く触れさせ、発振器とパワーアンプを使って、振動子を介して800 Hzの表面波を励起させる。スイカ果肉表面に表面波を励起した状態で、振動子から少し離れた位置に大きさ $10 \times 10 \times 1$ mmのPZTバイモルフ振動子を対向させて弾性表面波を検出する。検出した弾性表面波はバンドパスフィルターを付けたアンプでノイズを減じ、増幅させてオシロスコープ上に表示する。オシロスコープには発振器からチャンネル1に電気入力信号をトリガーソースとして入れ、チャンネル

2に検出信号、すなわち表面波の波形を表示させ解析を行う。次にサンプルと振動子を載せたスライドステージを動かし、振動子とPZTバイモルフを2 mmずつ離して信号を記録する。この伝搬距離をずらすことで変化する表面波の位相ずれを測定し、位相の時間差と距離グラフの傾きから表面波伝搬速度を求めた。スイカ1個体につき両部位とも6回測定した。

2.2. 官能試験

官能試験は18～24歳の被験者78名に対し、両品種の歯ごたえ（硬さ）を5段階で評価させた（数字が大きいほど硬い）。スイカサンプルを中心より放射状に同等に切り、全てのサンプルに中心部が行き渡るようにした。被験者には実験の意図が分からないよう、今回の実験とは無関係の質問をいくつか挿入した。

3. 結果

図3Aに両品種の中心部果肉組織の弾性表面波伝搬速度を、Bに両品種の果皮付近の弾性表面波伝搬速度を示す。同一個体で6点測定

した結果、‘早生日章’より‘祭ばやし777’の方が弾性表面波伝搬速度が10m/s以上大きかった。このことから‘祭ばやし777’の方が果肉組織が硬いと判断することができる。

また、果皮付近の果肉組織でも同様の結果が得られた。さらに同一品種の中心部組織と果皮付近組織ではほとんど差がなかった。そして同一品種の中でも中心と果皮で個体差の相関がある。これらの結果から、本計測法でスイカ食用部ではどちらの部位でも硬さ評価が可能であるということがわかった。

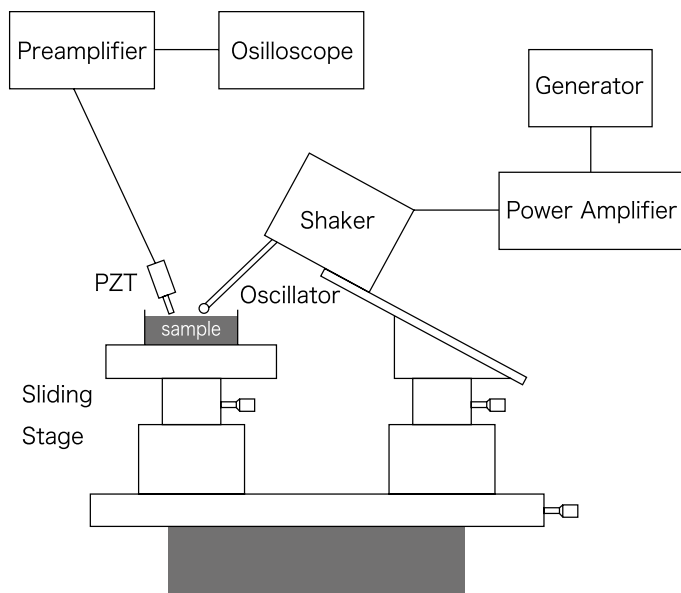


図2 計測装置概略図

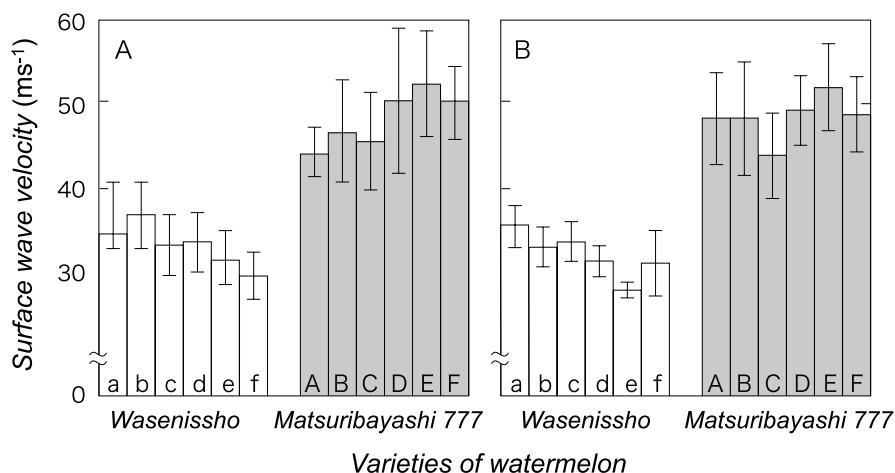


図3 ‘早生日章’ 及び ‘祭ばやし 777’ における中心部 (A), 果皮付近 (B) の弾性表面波伝搬速度
アルファベットは異なる個体を表し, 同一アルファベットは同じ個体からとったことを表す。エラー
バーは標準偏差を表す。

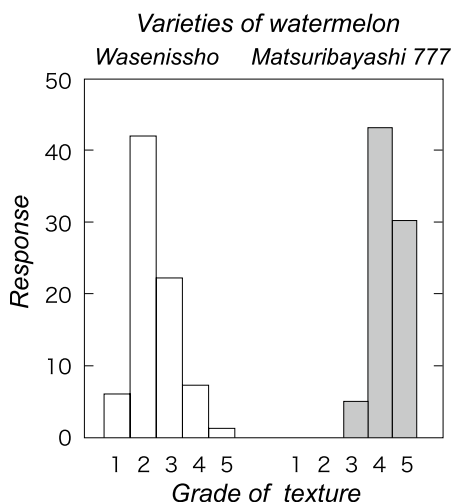


図4 スイカ ‘早生日章’ および ‘祭ばやし 777’ における官能試験結果
被験者数: 78 名, 被験者年齢 18 ~ 24 歳
評価: 軟らかい 1~5 硬い

次に図4にスイカ果肉食味官能試験の結果を示す。‘早生日章’では評価2, 3, ‘祭ばやし 777’では評価4, 5に評価が集中し, 食感調査でも‘祭ばやし 777’の方が果肉が硬いということが分かった。

4. 考 察

これまでにスイカ果実の品質を評価するために多くの研究がなされてきたが⁵⁻⁷⁾, それらは糖やカロテノイドのような, 果実内に含まれる溶質の分析などがほとんどであった。果実の硬さはその食感を構成する要素として重要である。硬さ評価はこれまでトマト⁸⁾, リンゴ⁹⁾, イチゴ¹⁰⁾などで, 硬さ試験器を用いて簡易的に行われてきた。しかしながらこの方法は大変簡単ではあるが, 果実の表面を傷つけることなく計測することが不可能であり, またどのような物理的要因が硬さに反映されているのか不明である。

また超音波を使った方法がこれまでアボガド¹¹⁻¹⁴⁾ やリンゴ¹⁵⁾ 果実の成熟度を判定するために研究されてきた。我々も予備試験として超音波法によりスイカ果肉の硬さを計測する実験を行った。その実験においてかなり薄く切ったスイカ果肉を使用したにも関わらず 500kHz 超音波は減衰し検出することができなかったことから, スイカ組織の硬さ検出に超音波を使用することは難しいことが分かった。

本実験方法は、ゲルの $10^4 - 10^5$ Pa 程度の小さいずれ弾性率を測定するのに有効であった¹⁻⁴⁾。ずれ弾性率はゲルの硬さを表現する最もよい指標である。本研究は弾性表面波を用いた果実の硬さ評価を初めて行ったものである。スイカ果肉は、ゲルと同様多くの水を含むがより複雑な繊維構造をもっている。それにも関わらず二つの品種で計測した弾性表面波速度の差が、官能試験から得られた硬さの差とほぼ一致した。

5. 結 論

弾性表面波速度は人が感じるスイカシャリ感と直接関係しているかどうかは不明だが、速度はスイカ果肉のずれ弾性を反映しており、官能試験での硬さ判定と類似した結果を示した。加えて本研究では、これまで計測に成功

してこなかったスイカの微少な硬さ特性の違いを判別することに成功した。このことから本計測法はスイカ育種目標などの設定の際の、硬さの数値化に役立つ可能性がある。また近年では、スーパーマーケットなどではカットスイカが販売されていることが多く見られるようになった。したがってこの計測法は正確には非破壊計測ではないが、果肉の表面を傷つけることなく、カットスイカの硬さ計測を行うことができる。スイカの品質を簡単に表す方法はこれまで糖度ぐらいしかなかったが、本技術がより簡素化されたならば、販売者や消費者にとってよい指標となる可能性を秘めていると考えられる。また今回はスイカのみで実験を行ったが、他の果菜類、果実においても応用できる可能性は十分に考えられるので、今後適用・発展させていく予定である。

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

- 1) P.K. Choi, *et al.*, Experimental observation of pseudocapillary and Rayleigh modes on soft gels, *J. Acoust. Soc. Am.* **106**, 1591-1593. (1999)
- 2) F. Monroy, D. Langevin, Direct experimental observation of the crossover from capillary to elastic surface waves on soft gels, *Phys. Rev. Lett.* **81**, 3167-3170(1998)
- 3) Y. Onodera, P.K. Choi, Surface-wave modes on soft gels, *J. Acoust. Soc. Am.* **104**, 3358-3363.(1998)
- 4) H. Takahashi, P.K. Choi, Sol-gel transition in gelatin observed with surface waves, *Japan. J. Appl. Phys.* **35**, 2939-2943.(1996)
- 5) A.R. Davis, *et al.*, A rapid hexane-free method for analyzing lycopene content in watermelon, *J. Food Sci.* **68**, 328-332.(2003)
- 6) Y. Kano, Effects of summer day-time temperature on sugar content in several portions of watermelon fruit (*Citrullus lanatus*), *J. Horti. Sci. & Biol.* **79**, 142-145.(2004)
- 7) P. Perkins-Weazie, *et al.*, Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars. *J. Sci. Food Agric.* **81**, 983-987.(2001)
- 8) T. Ikeda, *et al.*, Water relations in fruit cracking of single-truss tomato plants, *Environ. Control Biol.* **37**, 153-158.(1999)
- 9) H. Yamada, *et al.*, Relationship between sunlight exposure of fruit and fruit temperature, sorbitol and early watercore occurrence in 'Orin' apples, *Hort. Res.* **3**, 91-95 (In Japanese with English summary).(2004)
- 10) T. Ikeda, *et al.*, Effect of high temperature on fruit quality of pot-grown strawberry plants, *Acta Hort.* **842**, 679-682.(2009)
- 11) A. Mizrach, Determination of avocado and mango fruit properties by ultrasonic technique, *Ultrasonics* **38**, 717-722.(2000)
- 12) A. Mizrach, U. Flitsanov, Nondestructive ultrasonic determination of avocado softening process, *J. Food Eng.* **40**, 139-144.(1999)
- 13) A. Mizrach, *et al.*, Determination of avocado maturity by ultrasonic attenuation measurement, *Sci. Hort.* **80**, 173-180.(1999)
- 14) G.K. Self, *et al.*, Ultrasonic evaluation of ripening avocado flesh, *Postharvest Biol. Technol.* **4**, 111-116.(1994)
- 15) K. Kim, *et al.*, Determination of apple firmness by nondestructive ultrasonic measurement, *Postharvest Biol. Technol.* **52**, 44-48.(2009)

消費者の望む商品を開発する

山川 茂宏*

*YAMAKAWA Shigehiro (和耕経営コンサルタント)

KeyWords: ヒット商品・商品開発・マーケティング原理

はじめに

今年4月に宮崎県で発生した口蹄疫の拡大が毎日報道され大変な状況になったと被害の大きさに驚いています。食品流通業の中には共に歩んできた畜産産地と長年取り引きしているところも多く、対策に追われている事だと思います。完全に鎮静化されることを祈っています。

大手乳業メーカーの不祥事以来、食肉偽装、老舗和菓子メーカーの不祥事、老舗料亭の使いまわし、ウナギの産地偽装、輸入ギョーザ、加工米の食品利用など毎年のように事件、事故が続いています。このような中で消費者は「食品」に何を望むのか、そして開発方法を具体例を挙げて案内していきたいと思います。

1. ここ数年のヒット商品から学ぶこと

年末になると発表されるヒット商品番付。毎年、数点はその年に売れた食品が入っています。2009年は、フリー（キリン）フィッツ（ロッテ）、餃子の王将などがヒットしました。ここ6、7年のヒット商品を見ると、2008年は、糖質・糖類ゼロ、プレミアムコーヒー、金のつぶ あらっ便利！2007年は、デカ盛りフード、地域別価格制度、2006年はプレミアムビール、植物

性乳酸菌ラブレ、2005年は、のどごしく生>と
というような商品がヒットしました。

これらのヒット商品をみて背景にあるキーワードは何だろう、と自分なりに考えることを商品開発担当者の方々にお勧めします。

私なりのキーワードとしては、「健康（メタボ、ダイエットなど）」「口コミ」「簡単」「低価格」「豪華さ」などが挙げられます。この中でも特に重要なキーワードが「口コミ」であると考えています。それでは次にこの内容を見ていきます。

2. WEB 口コミマーケティングの本格化

表1の中にはありませんが、昨年の上半期のヒット商品として挙げられたのなかに日清食品のカップラーメンがあります。「ミルクシーフードヌードル」という商品です。

ある時、インスタントラーメンの愛好者が集うWEBサイトで定番のカップラーメンを食べるときにお湯の代わりに牛乳を入れるとおいしいという評判がたっていました。この評判を耳にした日清食品の商品開発担当者が実際に試したところ「おいしい」という感想を持ち、商品開発につながったということです。

このようにWEBでの口コミは企業の商品開

表1 ここ数年の主な食品のヒット商品

2009年	フリー（キリンビール）、規格外野菜、餃子の王将、お弁当、フィッツ（ロッテ）
2008年	糖質・糖類ゼロ、プレミアムコーヒー、氷結ストロング、金のつぶ あらっ便利！
2007年	デカ盛りフード、地域別価格制度
2006年	プレミアムビール、植物性乳酸菌ラブレ、本炭釜
2005年	のどごしく生>、生鮮 100 円コンビニ
2004年	ドラフトワン、芋焼酎、伊右衛門、骨までおいしい魚
2003年	ヘルシア緑茶、黒い食品、アミノ酸

発においても無視できない力をもつようになりました。ツイッターを戦略的に利用して自社の商品やサービスを案内している経営者も現れてきましたが、次の時代には主流となり、どの企業も参入する可能性もあります。

WEBを使った商品開発は口コミサイトだけではなく、自らページを設けている企業もあります。優れた商品開発を行う企業として「無印良品」が有名ですが、この企業では昨年度より、商品開発を自社のホームページ内でテーマを設けて実施するようになりました。例えば、食器洗い用のスポンジならばスポンジを利用する時に何を重要視するかなど、気になる点、気に入った点などを利用者から集める窓口を作りました。このことにより消費者と直接コミュニケーションを取れる手段が拡大し、ファン層も広がったと言います。

このようなWEBを使った商品開発は増加傾向にあります。雑誌、日経トレンディの渡辺編集長も消費者参加型マーケティングのなかでもWEBを使った商品開発は主流になりつつあると述べています。しかし、問題点もあると言います。中でも多いのはWEB上で多くの意見を述べる消費者に対して、実際に会場を設定して、会議などへの参加を呼びかけてもグループインタビューなどには参加しない方が多いようです。このため実際に意見を発信した方の雰囲気

や服装までを把握することは困難なようです。インターネットの中の匿名性があればこそそのホンネの吐露なのかもしれません。

3. 地方で売れている商品の理由

不況が長引く現在でも日本中出張しているとさまざまな「売れている商品」に出逢います。そこで考えた売れる商品の理由を実際の商品を説明しながらご案内していきます。

まず、岩手県の有名な商品の例です。岩手県産の菓子のひとつに南部せんべいという商品があります。岩手県のお土産売り場には必ずあるという商品のひとつです。しかし、原材料の違いやそれぞれのメーカーの味の違いがわかりにくい商品でもあります。そのようなかでひととき売れている商品があります。それは巖手屋のものです。ではなぜ、この巖手屋のものが売れているのでしょうか？

それはあるデザインを採用してからといいます（図1）。おばあさんが手焼きでせんべいを焼いている故おおば比呂司さんのイラストをメインキャラクターとして使用してから売上が伸びたと言います。このおおばさんのイラスト



図1 巖手屋のホームページより



図2 どじょう掬いまんじゅうの絵

は、南部せんべい以外にも山陰地域のどじょう掬いまんじゅうなどにも使われていて巖手屋同様、やはり土産物売り場では売れる商品の一つになっています（図2）。

それぞれ土産物売り場で売れている2つの商品ですが、これをコトラーの商品概念（図3参照）に置き換えて考えると、次のように判断できます。土産物の食品に限れば、コトラーの述べる商品の中核に位置するのは味やおいしさであることに間違いはありません。パッケージのデザインは中核ではなく、2次的なものです。しかし、土産物売り場では商品の中核となる「味」は購入者にとって確認できないことが多いのです。そのため商品を選定する時の選択肢としてパッケージデザインで内容をイメージさ

せることが多いのです。売れる土産物を創ろうとしている開発者のみなさまにまず考えていただきたいのは土産物売り場に陳列した時に今、手がけている商品はどのように購入者から見えるのかという点です。おおばさんのイラストは土産物の購入者が期待するものにイメージが一致しているのだと思います。売り場でまず手に取ってもらうためにもパッケージは非常に重要な要素を占めています。この評価を客観的に冷静に実施することが重要です。

次に売れている農産物として和歌山県のミニトマトの赤糖房（あかとんぼ）の例を見てみます。これは糖度が8.5度以上のミニトマトで生産組合のメンバーだけがブランドミニトマトとして販売しています。この生産組合のメンバーになるためには1年間の修行期間を経なくてはなりません。既存メンバーの厳しい評価を得てようやくメンバーになれるのです。この赤糖房は通常のミニトマトが300g 200円前後なのに対し、600円から800円で販売されています。

この例のように農産物をブランド化するには出荷の品質基準を厳格にすることが重要です。さらに農法も統一するルールを徹底することです。その実践プロセスが宣伝をかけなくても口コミで評判が拡大していくことになるのです。

最後のひとつは、ここではないものを売る、ということです。函館空港のレストランの人気メニューのひとつに戸井のまぐろ井という

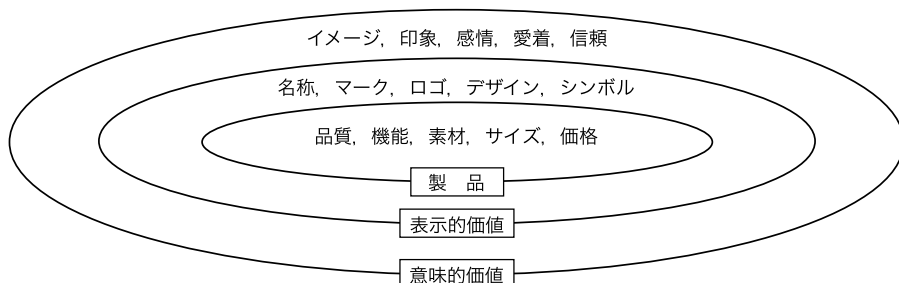


図3 コトラーの商品概念（マーケティング原理より）

ものがあります。これは1日限定30個で「売り切れ御免」という方法を取っています。戸井という地名を御存じの方は少ないかもしれませんが、大間のまぐろという今では知らない人はいないぐらい有名になりました。この大間は青森側の港ですが、戸井は函館の港です。大間に揚がるマグロの多くは築地にいきます。大間の地元でおいしいマグロを食べさせる店が多いかという点必ずしもそんなことはありません。このようななかで函館空港ではまぐろ井という限定の形ですが、毎日必ず30人までは食べられる商品があるのです。地元の食材を鮮度の良いうちにその地元で食べるということが首都圏から人を呼び、地域が栄えることにつながります。

以上、実際に地方で売れている商品を案内してきましたが、売れている理由は、

- ・パッケージデザイン
- ・厳格な品質管理・工程管理
- ・そこでしかないものを売る

この3つにまとめることができます。

このようなことを県全体として積極的に取り組んでいるのが富山県です。富山県では、県内の産物を3つに区分しています。ひとつは、地元富山県の県民が食べる食品、二つ目は、首都圏から富山県に足を運んで食べてもらう食品、三番目は首都圏や大都市圏に出荷して富山ブランドとして食べてもらう食品。このように自県の商品やこれから開発する商品の購入者を事前に描いておく販売促進策も立案しやすくなります(図4)。

商品開発担当者が販売している状況を描けないということもよく耳にする話です。富山県の事例のように、「どこで」「誰に」売る商品を開発するのかをきちんと整理して開発することをお勧めします。販売する売り場が決定したら現在そこで売れている商品を調べます。その理由を考えるのです。パッケージのデザイン、商品の大きさ、陳列方法など、多面的に評価します。そのうえで、その売り場を利用する消費者の声を聞くのです。

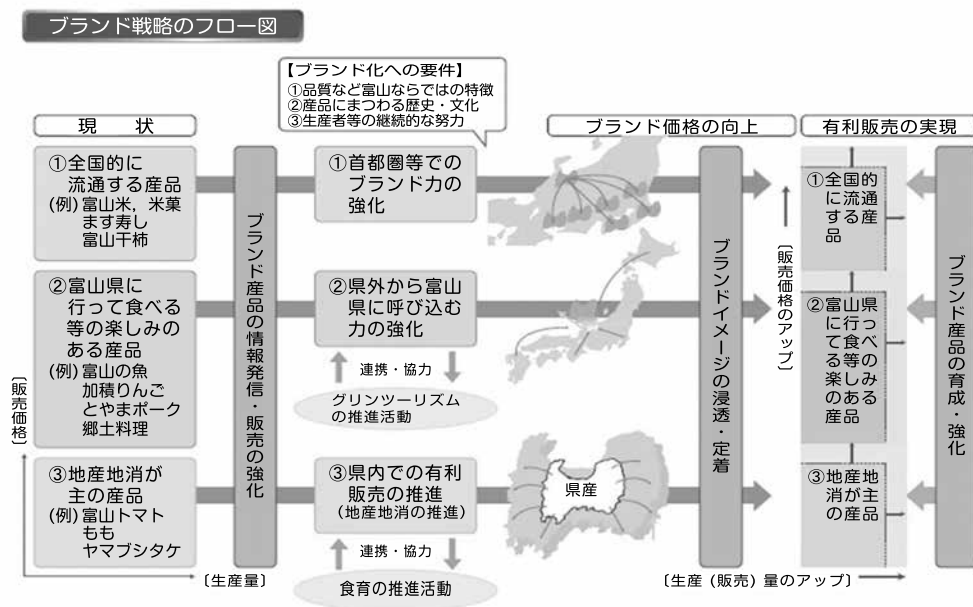


図4 富山県のホームページより引用

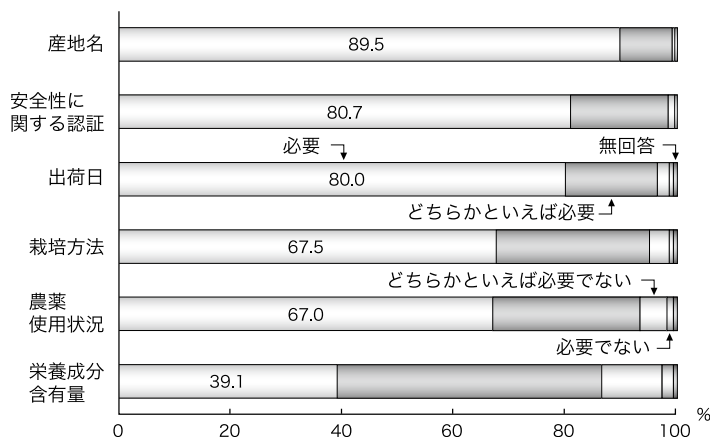
4. 消費者の望むこと

消費者が望むことに応えることは難しくありません。しかし、実際に消費者の望むことを分かりやすく対応している販売者はそう多くはありません。

以下のグラフはそれぞれ、4, 5 年前に行われた調査ですが、この内容を見ると、消費者の約 80% は生鮮食品において製造日、収穫日を知りたいと考えていることがわかります（図 5、6）。

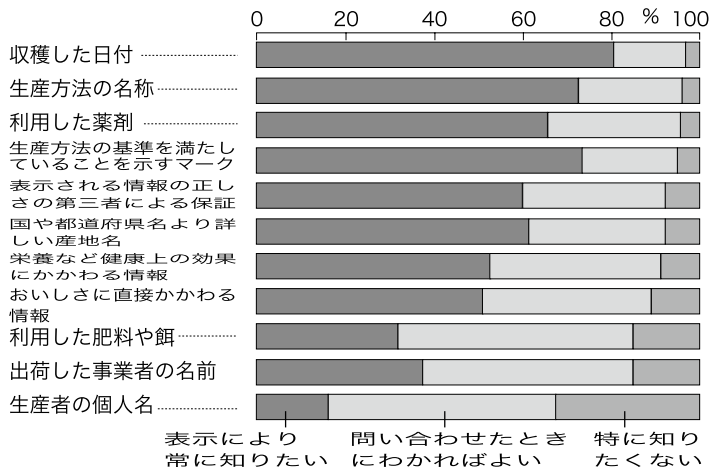
ではここで実際の食品小売業、食品スーパーの店頭を思い起こして下さい。「朝採り」などの表示は多くの店舗で見かけますが、ではいつの朝か？ということまではわかりません。この収穫された日付を商品に記載することを実施するだけでも消費者の 80% に対しては差別化が図れるというわけです。

また、これは 5 年ぐらい前に農水省が食品の表示に対するアンケートを取った結果ですが、どこに商品の情報が記載されていることが望ましいか、という問いに対して、年代に関係なく



資料：農林水産省「野菜の生産流通情報に関する意識・意向」（平成 16 年 8 月公表）

図 5 消費者が野菜購入時に必要な情報



（食品需給センター「食品の情報開示に対する消費者のニーズと行動に関する調査」より）

図 6 生鮮食品を購入するとき知りたい情報

パッケージに記載してあることが望ましいことがわかります。以上の2つの調査結果を合わせると、包装してあるパッケージに製造日、収穫日を記載していることで消費者のイメージは相当高くなることがわかります（図7）。

5. 消費者の要望に対応するメーカーの例

この消費者の要求に実際に応えている食品メーカーとして代表的な例を挙げます。

お弁当用のハンバーグなどを製造しているイシイ食品の表示に「消費者」に対する姿勢を推察することができます。

まず、商品のパッケージです。お弁当商材を選ぶ「母親」として重要視する原材料を表面、裏面の両方に表示しています。これによりアレルギーのお子様を持つ母親たちは通常の商品のように商品をひっくり返して裏側の表示を見て何が入っているかを確認しなくても良いのです。

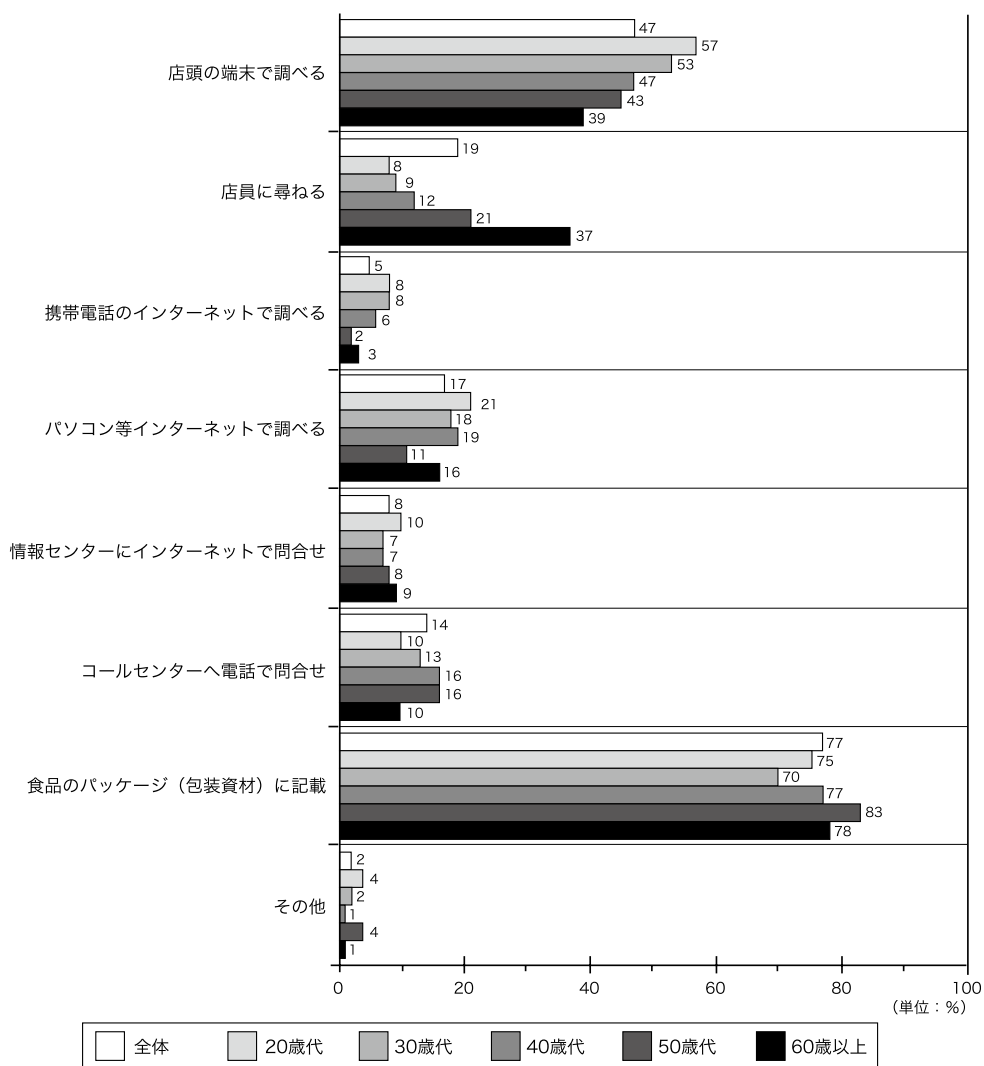


図7 理想とする情報入手方法
2008年 農林水産省 白書より



図8 イシイ食品のパッケージ例

さらにすべての商品に製造年月日だけでなく、製造番号が記載されています。この製造番号をイシイ食品のWEB上で入力すると、製造工程、原産地の表示はもちろんのこと、各原材料の製造年月日までが入力されているのです。これはすべての原材料の製造年月日のロット管理がきちんとされているという証にもなります(図8)。

以上のようにイシイ食品はWEB上での詳細な案内を他社より先駆けて取り組んできました。消費者が表示として何を求めているかと

いうことに対応している企業として取り上げましたが、パッケージに記載できないことはWEBに記載するなど、うまく使い分けた消費者のニーズに対応する事例のひとつだと思います(図9)。

6. ヒットも消費者調査から

最後に実際にヒット商品を作ったビールメーカーの事例を見てみましょう。著者が開発担当者から直接聞いた話を紹介します。

このメーカーはかつて、圧倒的にシェアNo.1を誇っていましたが、2位のメーカーが新商品をきっかけに売上をどんどん伸ばして行き、やがて1位の座を奪われるようになりました。そんな中、起死回生をかけて開発した第2のビールが大ヒット、価格の安さも受けてその年のヒット商品になりました。この第2のビールのシェアもあわせると何とか業界No.1を保てるようになりました。

この開発担当者はこのとき、9回の裏、ツー

使用されている原材料名

原材料	品種	加工地	収穫時期／製造日	原産地	遺伝子組み換え
鶏肉	チャンキー	福島県	2008-02-07	岩手県	対象外
鶏肉	チャンキー	岩手県	2008-01-25	岩手県	対象外
玉ねぎ	スーパー北もみじ	千葉県	2008-02-13	北海道	対象外
でん粉	馬鈴薯	北海道	2007-09-26	北海道	無
トマトペースト	ハインツ	ポルトガル	2007-09-10	ポルトガル	対象外
菜種油	-	千葉県	2008-02-05	カナダ	不分別
パン粉	-	神奈川県	2008-02-07	-	対象外
りんごペースト	ブレイバーン	オーストラリア	2007-05-23	ニュージーランド	対象外
ウスターソース	-	群馬県	2008-01-28	-	対象外
しょうゆ	-	千葉県	2008-02-05	-	不分別
醸造酢	-	埼玉県	2008-02-05	-	不分別
にんにく	-	中国山東省	2007-08-27	中国	対象外
グラニュー糖	-	神奈川県	2007-12-14	-	対象外
グラニュー糖	-	北海道	2007-12-08	北海道	対象外
食塩	-	神奈川県	2007-12-06	-	対象外
香辛料	-	静岡県	2008-01-15	-	対象外
水あめ	-	栃木県	2007-08-15	-	不分別
コショウ	-	静岡県	2007-01-08	-	対象外
ローレル	-	静岡県	2007-12-12	-	対象外

アレルギー成分についての情報

使用原材料中のアレルギーの有無	卵	乳製品	小麦	大豆	松茸	牛肉	豚肉	鶏肉	さけ	イカ	エビ	カニ	りんご	ゼラチン	くるみ
アレルギー対象原料			○ しょうゆ パン粉 醸造酢	○ しょうゆ				○ 鶏肉					○ りんごペースト ウスターソース		

※当社では、以下の原材料については上記製品には含まれていません。

・落花生・そば・バナナ・やまいも・あわび・さば・いくら・キウイフルーツ・オレンジ・もも

図9 イシイ食品のWEBの例

アウト満塁という切羽詰まった場面で、この商品がヒットしたおかげでなんとか試合に負けないで済みました。という状況だったと言います。このときに一番重視したことは何か？それは「消費者の声を聞く」という当たり前の原点だったのです。

このメーカーは看板商品を持っていました。年々この看板商品はシェアを落としていくのですが、大量の広告宣伝費を投入して何とか食い止めようとしていました。古臭い、時代遅れのイメージというアンケート結果が出ると若者に受けるミュージシャンや俳優を投入したり、何とかイメージを回復させようとしてしました。一方、新商品として和食に合うビールとして開発した商品は一定の評価を得ていました。

当時シェア2位のメーカーは世界進出、世界で働く日本人のイメージに合ったテンポの速いリズムで商品名を連呼するCMを流していました。その時は「24時間働けますか」などというキャッチコピーがはやった時代でした。

こんな中、シェア挽回を掲げたメーカーのとした戦略は顧客の声を原点に戻って集めるということでした。その結果、エリアごとのシェアを丁寧にみていくとライバル社の主力商品より自社の和食にあうビールの方がシェアが高い地域もあったのです。それから味覚に対しても

徹底的な調査を行い、消費者の嗜好を分析しました。なりふり構わずプライドを捨て、消費者の意見に沿った作りこみが行われました。その結果、第2のビールとして新商品が販売されました。発売後、現在でも売り場の一角を占める商品となりました。商品開発担当者もヒットの要因はもう一度「消費者の声」を聞いたからだとして述べていました。

このヒット商品を生んだ原動力は危機意識であったと思います。看板やのれんが大きな企業になればなるほど、「消費者の声を聞く」ことの重要性を知っていますが、その一方で過去の栄光やプライドが邪魔をします。なりふり構わず貪欲にユーザーの声を求めたことがヒット商品を生んだのです。

おわりに

食品企業は衛生管理などの理由で外部と遮断されていることが多く、商品も塀の中で製造されています。自らの製品を食べる消費者の顔が見えない中ではヒット商品の開発も困難です。今回見てきた事例の多くに共通することは消費者の声をしっかりと聞いたということです。これをお読みのみなさまも自社にあった最適な方法で消費者の声を集め商品開発に生かしていただければと思います。ご成功をお祈りします。

特許明細書から見た油脂結晶と食品

宮部 正明*

*MIYABE Masaaki (不二製油株式会社知的財産室)

KeyWords：特許明細書・油脂結晶・チョコレート類・マーガリン・ショートニング類・クリーム類

はじめに

特許明細書は、技術文献と権利書の二つの機能を併せ持っていると言われている。これは、技術文献としての価値と権利書としての価値を持つということを意味する。

本稿では、特許明細書を技術文献情報として位置付けし、筆者の自由意志によって公開公報、国際公開公報から油脂結晶に関連すると思われる公報を選択し、油脂結晶という課題に対して特許明細書は、どのような技術的特徴を提案し、また、どのような考察を加えているのだろうか。

具体的食品として、チョコレート類、マーガリン/ショートニング類、クリーム類を取り上げて個々の特許明細書について検討を試みることにする。

1. 特許明細書について

特許明細書には、国内出願明細書と PCT 出願明細書があって、出願明細書は出願してから 1 年 6 ヶ月経過した時点で、出願の内容が国内出願の場合は公開公報として、PCT 出願の場合は国際公開公報として公開される。公報には、これらの公開公報、国際公開公報の他に、公表公報、再公表公報、特許掲載公報、公告公報が

あるが、平成 8 年に出願公告制度が廃止されたため、現在公告公報は発行されていない。

これらの公開公報、国際公開公報に記載された発明の中には、審査により特許として認められないもの、または、単に出願したのみであって、特許を取得するための審査請求を行わないもの（防衛出願と呼ばれている）も含まれるし、特許として認められるか否かの審査が行われていないので特許請求の範囲の記載が不適切なものも存在することが考えられる。

また、先にも述べたが、公開公報、国際公開公報は出願してから 1 年 6 ヶ月後に公開されるから、1 年 6 ヶ月前の技術と言える。しかしながら、特許化を意図した出願であれば、進歩性を有するものであるから、1 年 6 ヶ月前の技術情報であったとしても、技術情報としての価値は非常に高いものと言える。

特許明細書の記載様式は国内出願明細書においては記載様式の変更はあったものの、グローバル化の流れの中で、現在は PCT 出願明細書の記載様式と何ら変わらないものとなっている。そしてこれらの特許明細書に記載されている主な項目は、発明の名称、特許請求の範囲、技術分野、背景技術、発明が解決しようとする課題、課題を解決するための手段、発明の効果、

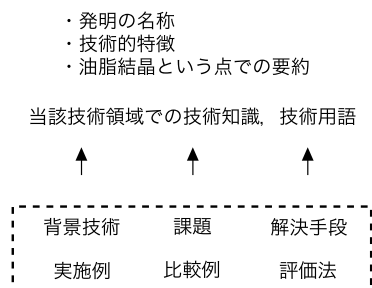


図1 特許明細書からの技術情報としての要約方法

発明を実施するための最良の形態、実施例、比較例、評価法等である。そして、特許明細書の記載様式を見ると技術文献情報として非常に優れた形式になっていることが理解できる。油脂結晶という課題に対して、特許明細書は、どのような技術的特徴を提案し、どのような考察を加えているのだろうか。

特許明細書の検討に当たっては図1に示すような方法で、当該技術領域での技術知識、技術用語を抽出し、個々の特許明細書について、発明の名称、技術的特徴、油脂結晶という点での要約として纏めた。

具体的食品として、チョコレート類、マーガリン/ショートニング類、クリーム類を取り上げて個々の特許明細書について検討を試みることにする。

2. チョコレート類

2-1. チョコレート類の製造法¹⁾

発明の名称はチョコレート類の製造法であり、課題はより冷感がありシャープに融解するチョコレート類を提供することを目的としたものであり、特に、従来困難であったココアバター等のテンパリング型油脂とラウリン系油脂を含有するチョコレートを通常の装置（オートテンパリング等）にて製造することを指向するものであって、技術的特徴はテンパリング型油脂とラウリン系油脂を含有するチョコレート類の製

造において、テンパリング型チョコレートをテンパリング処理を行った後にテンパリング型油脂の安定結晶を溶解させない温度域にてラウリン系油脂を混合するチョコレート類の製造法である。

油脂結晶という点で要約すると、テンパリングされたチョコレートとラウリン系油脂の混合については、テンパリングされたチョコレート中のSUS型トリグリセリドの安定結晶を溶解させない温度域で行う必要があり、具体的には、ココアバターを主成分とするチョコレートの場合、32℃以下である必要があり、28℃以下が好ましい。また、混合方法については、公知の方法でよく、ミキサー等によるバッチ方式、インラインミキサー等を用いた連続生産が例示されるというものである。

チョコレート類の周知技術としては、明細書段落番号〔0002〕に、「周知のようにチョコレート類は、カカオマス、ココアバター、砂糖、粉乳等から製造される。ココアバターは主としてPOSt、StOSt、POPトリグリセリドよりなり、単独菓子として食される典型的チョコレート中に約32%存在する。また、チョコレート類の製造コストの節約や物性改良の目的にて、ココアバターの一部または全部に代えて他の油脂（ハードバター）がしばしば使用される。」が記載されている。

2-2. 含気泡チョコレート及びその製造法²⁾

発明の名称は含気泡チョコレート及びその製造法であり、課題は特殊な装置や乳化剤を用いることなく、チョコレートの食感を軽くし、油っぽくない含気泡チョコレート及びその製造法を提供することを目的とするものであって、技術的特徴は食用油脂とベヘン酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの混合油を添加してなる含気泡チョコレート及び食用油脂とベヘン酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの混合油を、加温して結晶を融解させた後、冷却してベヘン

酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶を析出させた状態で、チョコレートに添加してホイップさせることを特徴とする、含気泡チョコレートの製造法並びにベヘン酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶を当該グリセリドより融点の低い低融点油脂中に分散してなる、油脂組成物である。

油脂結晶という点で要約すると、食用油脂とベヘン酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの混合油を完全に融解した後、混合油の品温を35℃～45℃まで冷却し結晶を析出させた後、冷却で調製した油脂を使用するのが良い。そのことによって、ベヘン酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶がそれより融点の低い低融点油脂中に分散してなる油脂組成物がえられ、これは含気泡用添加物として好適に用いることができるというものである。

2-3. 含水チョコレート類の製造法³⁾

発明の名称は含水チョコレート類の製造法であり、課題はこれまでのガナッシュが、成形での作業性に欠け、乳化状態が非常に不安定であるために、限られた用途でしか利用できなかったのに対し、作業性に優れ、用途範囲の広い従来にない滑らかでかつ嚙出しのソフトな食感を有する含水チョコレート類を製造することを目的とするものであって、技術的特徴はチョコレート類生地に、体温以下の融点の油脂にトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶を分散させてなる油脂組成物並びに水性成分を加えて乳化させることを特徴とする含水チョコレート類の製造法である。

油脂結晶という点で要約すると、体温以下の融点の油脂とトリ飽和脂肪酸グリセリドの混合油を完全に融解した後、混合油の品温を30～45℃まで冷却し結晶を析出させた後、冷却で調製し体温以下の融点の油脂にトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶を分散させてなる油脂組成物を得ることができる。そのことによっ

て、トリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶がそれより融点の低い低融点油脂中に分散させてなる油脂組成物が得られ、これは含水機能を付与する添加物として好適に用いることができるというものである。

3. マーガリン/ショートニング類

3-1. 油脂乳化組成物の製造方法⁴⁾

発明の名称は油脂乳化組成物の製造方法であり、課題はハードバターやショートニングなどの油脂相（以下Fと略記）中に分散する果汁や牛乳などの水を含有する相（以下Wと略記）が、F中の一部の油脂結晶によって安定して分散している構造や、F中に分散する砂糖や粉乳などの固体粉末の相（以下Sと略記）がF中の一部の油脂結晶によって安定して分散している構造、あるいはF中に分散するWとSがF中の一部の油脂結晶によってそれぞれ独立に安定して分散している構造を持ち、良好な作業性かつ優れた食感及び風味をもつ油脂乳化組成物の製造方法に関するものである。これらの乳化形態であるW/O型エマルジョンを安定化させる乳化剤としてはその種類が少なく、抜本的な解決方法を提案するものである。

技術的特徴は0.5重量%以上の油脂結晶を析出させた油脂相（以下Fと略記）中に、水を含有する相（以下Wと略記）及び/または固体粉末の相（以下Sと略記）を混合し、かつそれらを安定分散させることを特徴とする油脂乳化組成物の製造方法である。

油脂結晶という点で要約すると、乳化組成物作製時の乳化構造の形成化ならびに経時的な乳化構造の安定化に至るまで油脂結晶の作用を用いる点にある。本発明における油脂結晶の作用による乳化力は、従来から使われている様々な乳化剤のもつ乳化力よりも著しく強い。この方法により作製した油脂乳化組成物を光学顕微鏡

で観察すると、WやSの界面を油脂結晶が被膜化していることから、このような構造が乳化安定に参与しているものと考えられる。上記の油脂結晶による乳化安定化を完全に行うために、油脂結晶がF中の0.5重量%以上であることが必要であり、かつ、油脂結晶の平均粒径は30 μm 以下であることが好ましいというものである。

3-2. 粒状結晶を生成しない油脂混合物または油脂組成物⁵⁾

発明の名称は粒状結晶を生成しない油脂混合物または油脂組成物であり、課題は分極が起きず、混晶を均一に形成するトリグリセリド同士や油脂同士を配合することにより、その後の長期保存中においても油脂混合物及び油脂組成物の粒状結晶の生成を防止することができることを見出し、本発明を完成するに至った。したがって、本発明は、長期保存中においても粒状結晶が生成しない油脂混合物及び油脂組成物を提供することである。

技術的特徴は長期間の保存を行っても直径20 μm 以上の粒状結晶が生成しないことを特徴とする油脂混合物または油脂組成物であり、(A)トリグリセリドを構成する3個の脂肪酸が飽和-不飽和-飽和型であり、炭素数が36～54である対称型トリグリセリドを10%以上含む油脂と、(B) i) トリグリセリドを構成する3個の脂肪酸が飽和-飽和-不飽和型であり、炭素数が36～54である非対称型トリグリセリドを10%以上含む油脂、ii) トリグリセリドを構成する3個の脂肪酸が不飽和-飽和-不飽和型であり、炭素数が36～54である対称型トリグリセリドを10%以上含む油脂、あるいはiii) 同一種類のトリグリセリドを10%以上含有していない油脂のいずれか一種以上とを、1:5～5:1の割合で配合することによって得ることができる油脂混合物または油脂組成物である。

油脂結晶という点で要約すると、パーム油中

に20%以上含まれる1, 3-ジパルミトイル-2-オレオイル-グリセロール (1, 3-Dipalmitoyl-2-Oleoyl-Glycerol) と、1-パルミトイル-2, 3-ジオレオイル-グリセロール (1-Palmitoyl-2, 3-Dioleoyl-Glycerol) に着目する。1, 3-ジパルミトイル-2-オレオイル-グリセロール (1, 3-Dipalmitoyl-2-Oleoyl-Glycerol) の結晶がお互いに寄り集まって1, 3-ジパルミトイル-2-オレオイル-グリセロール (1, 3-Dipalmitoyl-2-Oleoyl-Glycerol) と1-パルミトイル-2, 3-ジオレオイル-グリセロール (1-Palmitoyl-2, 3-Dioleoyl-Glycerol) とのそれぞれの分極が起こり、直径0.5mm以上の粒状結晶が生成することを見出した。

技術用語として粒状結晶は、明細書段落番号〔0003〕に、「マーガリンやショートニングのように練り合わせによって油脂の固化と圧練を行う製品においては、保存中に組織が悪化し、直径が20 μm 以上、大きいときには直径が2～3mmになる結晶の生成が見られることがある。マーガリンの製造時、特にパーム油がその原料油脂中に多く配合されている場合、この大きな結晶の生成が著しいことが知られている。この結晶は、粒状結晶と呼ばれ、油脂を用いた製品の機能や外観を著しく低下させると共に、食感にもいわゆるざらつきを与えるため、油脂を用いた製品における粒状結晶の生成は極めて大きな問題とされている。また、同様にラードも、保存中に組織が悪化し、粒状結晶の生成が認められ、大きな問題とされている。」と記載されている。

また、技術用語として分極は、明細書段落番号〔0009〕に、「ここでいうトリグリセリドの分極とは、示差走査型熱量計で分析を行った際に、融点の異なる2種の結晶型が確認され、それぞれのトリグリセリドが互いを排除し合いながら異なる2種の結晶型を形成している状態を表している。」が記載されている。

3-3. 油脂組成物⁶⁾

発明の名称は油脂組成物であり、課題は油脂組成物を製造する際に特殊な温度管理をしなくても安定結晶を含有することにある。本発明のさらなる目的は、可塑性範囲が広く、経日的にも硬さが変化せず安定な油脂組成物を、従来よりも広範な油脂原料を用いて提供することであって、技術的特徴は SMS (S: 飽和脂肪酸, M: モノ不飽和脂肪酸, 以下同じ) で表されるトリグリセリド (以下 SMS と表す), MSM で表されるトリグリセリド (以下 MSM と表す), 及び SSM で表されるトリグリセリド (以下 SSM と表す) を含有し, (MSM+SSM) /SMS のモル比率が 0.4 ~ 2.5 の範囲にあり, 且つ SMS と MSM とからなるコンパウンド結晶及び SMS と SSM とからなるコンパウンド結晶を含有することを特徴とする油脂組成物である。

油脂結晶という点で要約すると, SMS と MSM とからなるコンパウンド結晶は, 熱エネルギー的に不安定な α 型結晶から, 準安定形の β プライム型結晶を経由せず, 最安定形の β 型結晶に直接転移する。一方, SMS と SSM とからなるコンパウンド結晶は, α 型結晶から, β プライム型結晶を経て, 最安定形の β 型結晶に転移する。この際, β プライム型結晶を経由するのは極めて短い時間であり, 通常の可塑性油脂を製造するような急冷可塑化工程でも十分に β 型結晶を得ることが可能である。更に, これらのコンパウンド結晶は, トリグリセリド分子のパッキング状態が 2 鎖長構造をとることが知られており, この 2 鎖長構造で安定な β 型結晶 (コンパウンド結晶) は微細なものである。

技術用語としてコンパウンド結晶は, 明細書段落番号 [0015] に, 「SMS と MSM とからなるコンパウンド結晶とは, 構造の異なる SMS と MSM の 2 種類のトリグリセリド分子が 1:1 で混合された際、あたかも単一のトリグリセリド分子であるかの如き結晶化挙動を示す

ものである。」と記載されている。

また, 技術用語として微細結晶は, 明細書段落番号 [0021] に, 「微細結晶とは, 油脂の結晶が微細であることであり, 口にしたり, 触った際にもザラつきを感じることのない結晶であることを意味し, 好ましくは 20 μ m 以下, さらに好ましくは 10 μ m、最も好ましくは 3 μ m 以下のサイズの油脂結晶を指す。上記サイズとは, 結晶の最大部位の長さを示すものである。」が記載されている。

3-4. 乳化組成物⁷⁾

発明の名称は乳化組成物であり, 課題は抱水性および保形性が良好な乳化組成物を得ることができる製造方法およびその方法によって得られる乳化組成物の提供をその目的とするであって, 技術的特徴は乳化組成物の製造方法であって, 炭素数 18 以上の脂肪酸を構成脂肪酸とする飽和脂肪酸トリグリセリド類を含む油脂を少なくとも含んでなる油相成分を調製する調製工程と, 該油相成分を融解する融解工程と, 前記融解工程を経た油相成分を, 前記飽和脂肪酸トリグリセリド類が安定型以外の結晶型の結晶となるように, 急速に冷却する冷却工程と, 前記冷却工程を経た油相成分を, 前記飽和脂肪酸トリグリセリド類の少なくとも一部が安定型結晶となるように, 再加熱する再加熱工程と, 前記再加熱工程を経た油相成分に水性媒体を加えて乳化する乳化工程とを少なくとも含んでなり, 前記調製工程, 融解工程, 冷却工程, および再加熱工程のうち, 少なくとも一つの工程において, エルカ酸を構成脂肪酸とするショ糖脂肪酸エステルを前記油相成分に加えることを特徴とする, 方法である。

油脂結晶という点で要約すると, 冷却工程において, この融解した油相成分を飽和脂肪酸トリグリセリド類が安定型以外の結晶型の結晶となるように急速に冷却する。この冷却工程では, 油相成分を好ましくは 25℃以下まで, 好まし

くは5℃/分以上の冷却速度で急冷する。これにより、飽和脂肪酸トリグリセリド類を、好ましくはすべて、不安定型結晶(α型)として結晶化させる。急冷によって得た不安定型結晶(α型)には、数多くの微細結晶が存在し、これらは安定なβ型結晶の核形成サイトとなり得るので、再加熱工程において数多くの微細な安定型結晶を得るのに有利であるというものである。

4. クリーム類

4-1. クリーム用油脂及びそれを使用した低油分クリーム⁸⁾

発明の名称はクリーム用油脂及びそれを使用した低油分クリームであり、課題は低油分であっても乳化剤を選択し多量使用する必要がなく、ホイップした後のオーバーラン、造花性などが良好で、常温での耐性があり、かつ風味、口溶けも極めて良い低油分クリームと、それを構成するクリーム用油脂を提供するであって、技術的特徴は油脂中にSUS型トリグリセリドを25%以上、ラウリン系油脂を5～60%含み、SFCが5℃で50%以上、15℃で40%以上であるクリーム用油脂である。

油脂結晶という点で要約すると、SUS型トリグリセリドとラウリン系油脂は、結晶化速度、結晶性状が大きく異なる。クリームの冷却過程において、油/水界面で、まず結晶化速度が早く結晶の微細なラウリン系油脂が析出する。次に、それを覆うように粗いSUS型トリグリセリドの結晶が析出する。通常エマルジョン状態では、界面の微細結晶により安定であるが、一旦、強い機械的な攪拌を受けると、この界面は容易に壊れSUS型トリグリセリドの層が現れる。この層は解乳化性に優れ良好なホイップ性を示すというものである。

4-2. 起泡性水中油型乳化物⁹⁾

発明の名称は起泡性水中油型乳化物であり、

課題は食感、口溶け、風味に優れており、且つ高い乳化安定性、ホイップ性を有する起泡性水中油型乳化物を提供するであって、技術的特徴は無脂乳固形分及び水を含む水中油型乳化物において、油脂分中のS2L型トリグリセリド(但し、式中のSはステアリン酸及びパルミチン酸、Lはリノール酸)の含有量が0.8～18%であることを特徴とし、油脂分中のS2L型トリグリセリドの含有量が、油脂分をX%(但しXは10～45)として、 $8/900 \times (X-45)^2 + 8$ より小さく、起泡性水中油型乳化物中のS2L型トリグリセリドが数%以下の少量であって、油脂のSFCが10℃において50～95の範囲の油脂である、起泡性水中油型乳化物である。

油脂結晶という点で要約すると、油脂として特異なS2L型トリグリセリドを起泡性水中油型乳化物に使用することによって、特異な結晶状態を形成することによって高い乳化安定性と良好なホイップ性状が得られ、ホイップされた起泡状態のものは、食感、口溶け、風味に優れたものとなると推察しているというものである。

4-3. 乳化安定性の良好なクリームの製造方法¹⁰⁾

発明の名称は乳化安定性の良好なクリームの製造方法であり、課題は乳化剤や安定化剤等の添加剤を用いることなく、また特別な装置や設備を用いることなく、短い工程時間で優れた乳化安定性を持つクリームを得る方法を提供することを目的として成し遂げられたものである。そしてその方法によって、従来行うことが困難であった原乳の主産地で製造されたクリームをその場でカートン容器に充填し、そのまま乳化状態が安定で良好なホイップ性を示すカートン入り生クリームとして全国流通に供することを第二の目的として成し遂げられたものであるであって、技術的特徴はクリームの加熱殺菌処理後の冷却工程において一旦7℃～25℃まで冷却し、その温度で1分間～30分間保持し、その後3℃～5℃まで

冷却すること、を特徴とする乳化安定性に優れたクリームの製造方法である。

油脂結晶という点で要約すると、クリーム製造時に直接 3℃～5℃まで冷却する前に 7℃～25℃に 1 分間から 30 分間という短い時間保持し、その後、徐冷工程を経ることなく 3℃～5℃に 5℃/分以上で冷却した場合に、従来の方法に近い保持温度で非常に短時間の保持時間にもかかわらず、驚くべき事に従来のクリームに比べて乳化状態が安定で、流通過程を経た後においても浮上した脂肪層が凝固しない良好な物性を持つクリームとなっているというものである。

5. 特許明細書から見た油脂結晶と食品

食品での油脂結晶を特許明細書から見ると、チョコレート類の製造法では SUS 型トリグリセリドの安定結晶の保持に技術的意味があり、含気泡チョコレート及びその製造法ではベヘン酸を含有するトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶の調製が重要であって、含水チョコレート類の製造法ではトリ飽和脂肪酸グリセリドの結晶の分散がポイントであるとしている。

油脂乳化組成物の製造方法では W や S の界面を油脂結晶が被膜化しており、油脂結晶の平均粒径は 30μm 以下と考察している。粒状結晶を生成しない油脂混合物または油脂組成物ではパーム油の粒状結晶は 1, 3-ジパルミトイル-2-オレオイル-グリセロール (1, 3-Dipalmitoyl-2-Oleoyl-Glycerol) の結晶がお互いに寄り集まって 1, 3-ジパルミトイル-2-オレオイル-グリセロール (1, 3-Dipalmitoyl-2-Oleoyl-Glycerol) と 1-パルミトイル-2, 3-ジオレオイル-グリセロール (1-Palmitoyl-2, 3-Dioleoyl-Glycerol) とのそれぞれの分極が起こり、直径 0.5mm 以上の粒状結晶が生成するとしている。油脂組成物では SMS と MSM の 2

種類のトリグリセリド分子が 2 鎖長構造の微細なコンパウンド結晶が得られ 20μm 以下のサイズの油脂結晶である。乳化組成物では急冷によって得た不安定型結晶 (α 型) には、数多くの微細結晶が存在し、これらは安定な β 型結晶の核形成サイトとなり得るとしている。

クリーム用油脂及びそれを使用した低油分クリームでは SUS 型トリグリセリドとラウリン系油脂は、結晶化速度、結晶性状が大きく異なる。クリームの冷却過程において、油/水界面で、まず結晶化速度が早く結晶の微細なラウリン系油脂が析出するとしている。起泡性水中油型乳化物では油脂として特異な S2L 型トリグリセリドを起泡性水中油型乳化物に使用することによって、特異な結晶状態を形成することによって高い乳化安定性と良好なホイップ性状が得られるとしている。乳化安定性の良好なクリームの製造方法ではクリーム製造時に直接 3℃～5℃まで冷却する前に 7℃～25℃に 1 分間から 30 分間という短い時間保持し、その後、徐冷工程を経ることなく 3℃～5℃に 5℃/分以上で冷却した場合に、従来のクリームに比べて乳化状態が安定なクリームが得られるとしている。

今まで説明したように、チョコレート類、マーガリン/ショートニング類、クリーム類の油脂結晶を概観すると、油脂の結晶化とはトリグリセリド分子の集合体化または凝集体化であり、これら集合体、凝集体の大きさが油脂を含有するこれらの食品の風味、口どけ、食感、外観に大きく影響していることが理解できた。

佐藤¹¹⁾は食品ハイドロコロイドの開発と応用の中で、油脂の物性・構造と結晶多形について、「このような固体脂の可塑性に影響を与える要因は、固体脂含量、油脂の融点、結晶多形および結晶ネットワークである。この中で最も重要なものは結晶のネットワークで、それは固体脂を構成する高融点結晶のサイズと集合組織に大きく左右される。図 4 に油脂結晶ネット

ワークの形成過程を模式的に示す。」と説明しており、油脂結晶ネットワークの形成過程の重要性を指摘しており、Marangoni¹²⁾も同質な図を提案している。

本稿で特許明細書から見た油脂結晶と食品を取り上げましたが、その理由は、食品の中で油脂は主要な成分であるにも拘らず、近年の低カロリー化の流れの中で油脂は敬遠される傾向にある。しかしながら、油脂は食品のうまさや口どけ、食感、外観といった品質に深く係わり油脂を含有しないと実際問題として味気ない食品

となる。油脂の含有量を減らしても、美味しく、魅力的な食品を開発していく必要がある。

このような状況にあって、油脂の結晶化を深く理解することが、今後の油脂含有食品の開発に多くのヒントを提供してくれるように思われる。

以上特許明細書から見た油脂結晶と食品についての拙い技術情報であったと思うが、今後の油脂含有食品の開発に少しでも参考になれば幸甚であります。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 文 献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 特開 2000-102347, チョコレート類の製造法
- 2) WO00/57715, 含気泡チョコレート及びその製造法
- 3) WO2002/080692, 含水チョコレート類の製造法
- 4) 特開平 6-7086, 油脂乳化組成物の製造方法
- 5) 特開 2002-180084, 粒状結晶を生成しない油脂混合物または油脂組成物
- 6) 特開 2004-285193, 油脂組成物
- 7) 特開 2006-230352, 乳化組成物
- 8) 特開平 5-219887, クリーム用油脂及びそれを使用した低油分クリーム
- 9) WO2006/112138, 起泡性水中油型乳化物
- 10) 特開 2006-325426, 乳化安定性の良好なクリームの製造方法
- 11) 佐藤清隆: 食品ハイドロコロイドの開発と応用, 株式会社シーエムシー出版、2007 年 5 月 21 日第 1 刷発行, p91,92
- 12) Dongning Tang and Alejandro G.Marangoni: Microstructure and Fractal Analysis of Fat Crystal Net works, *JAACS*, Vol.83, No.5, p378 (2006)

田形 院作*

*TAGATAYoshinari (焼津水産化学工業株式会社)

KeyWords: 食塩・低塩・高カリウム・栄養機能・高血圧

はじめに

高血圧予防に関する「低塩・高カリウム」の意義は本誌4月号に『おいしい低塩・高カリウム食品と高血圧予防』¹⁾に、また、6月号に『50歳以上の朝食における低塩・高カリウム』の必要性²⁾に記述した。本号では『外食産業と配食ビジネスにおける低塩・高カリウムの重要性』

につき記述する。

平成19年度(2007年)外食産業市場規模推計値³⁾は表1に示した。市場規模は24兆7千億円であり、対前年比の伸長は殆ど見られない。最近の経済情勢の影響を受けやすい宿泊施設、弁当給食は対前年比でマイナスである。

本号では外食産業の中の給食部門の”社員食

表1 平成19年(2007年)外食産業市場規模推計

				平成20年5月	
外食産業 247,009 (0.2)	給食主体部門 194,849 (0.2)	営業給食 158,663 (0.2)	飲食店 124,806 (0.5)	3) 食堂・レストラン.....	89,114 (0.6)
				そば・うどん店.....	10,605 (0.0)
				すし店.....	13,104 (0.1)
				その他の飲食店.....	11,983 (0.1)
				国内線機内食等.....	2,524 (△0.2)
				宿泊施設.....	31,333 (△0.8)
				学 校.....	4,793 (△0.2)
				学 業 所.....	13,150 (0.8)
				1) 社員食堂等給食.....	5,769 (△0.8)
				弁当給食.....	5,769 (△0.8)
	飲料主体部門 52,160 (0.3)	集団給食 36,186 (0.3)	病 院.....	9,815 (0.1)	
			保 育 所 給 食.....	2,659 (2.2)	
			喫茶店・居酒屋等 21,584 (0.2)	喫茶店.....	10,571 (0.0)
				居酒屋・ビアホール等.....	11,013 (0.4)
料理品 小売業を 含めた場合 303,409 (0.3)	2) 料理品小売業.....	料亭・バー等 30,576 (0.4)	料 亭.....	3,655 (0.4)	
			バー・キャバレー.....	26,921 (0.4)	
			ナイトクラブ.....		
				単位: 億円	
				()内は対前年増減率: %	
[弁当給食を除く].....				[56,400 (0.6)]	

資料: (財) 外食産業総合調査研究センターの推計による。

註1) 平成18年外食産業市場規模は平成20年5月現在の推計値で24兆6,403億円である。

註2) 売上高のうち、持ち帰り比率が過半の店は、「料理品小売業」に格付けされる。

註3) 産業分類の関係から、料理品小売業の中には、スーパー、百貨店等の売上高のうちテナントとして入店している場合の売上高は含まれるが、スーパー、百貨店が直接販売している売上高は含まれない。

註4) 外食産業の分類は、基本的には日本標準産業分類に準じている。一部、最近の業態の変化を考慮してわかりやすくしている。

堂等給食と飲食店の食堂・レストラン、さらに、料理品小売業（6兆2千億）の中の配食ビジネスの3業態について述べる。

1.

社員食堂の給食における低塩・高カリウム食の重要性

企業で勤務している15歳以上の社員の高血圧状況を図1①②に示した。男性は年齢が高くなるに連れ高血圧者（収縮期血圧130mmHg以上）の割合が増えてくる。女性は40歳以下では男性ほど高血圧者は多くなく、50歳以上になると急に増えてくる。この原因の一つに食塩摂取量があることは既にのべた。さらに、企業食堂で焼津水産化学工業（株）のソルケア低塩しょうゆ、しおを「社員の昼食メニューに3ヶ月使用し、血圧の上昇抑制効果が確認できたことを図2に示した。この試験は焼津市立総合病院 井村部長の協力で実施した。この試験の対象者は健常者であり、多くは男性社員である。この収縮期血圧の上昇を2mmHg抑制する効果は表2の健康日本21予測の「日本国民全体の平均収縮期血圧低下による脳卒中死亡・発病の変化」から予測すると脳卒中の死亡率は6.4%低減すると推察される。この試験は3ヶ月間であるから6ヶ月、1年と継続するとさらに収縮期血圧の上昇抑制効果が期待される。表3には健康日本21予測の「血圧低下のための目標」として生活習慣の改善と血圧低減効果の程度が示されている。

このデータから

- 食塩摂取の減量として、1日10g以下にすると1.75mmHgの低下。
- カリウム摂取量の増加として、1

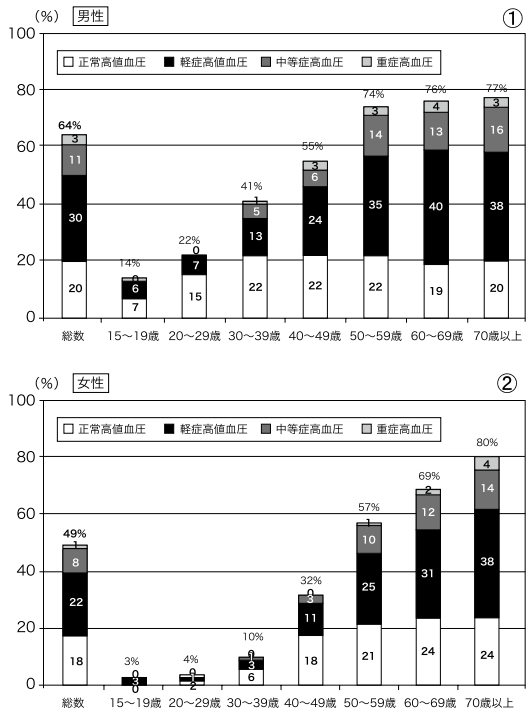
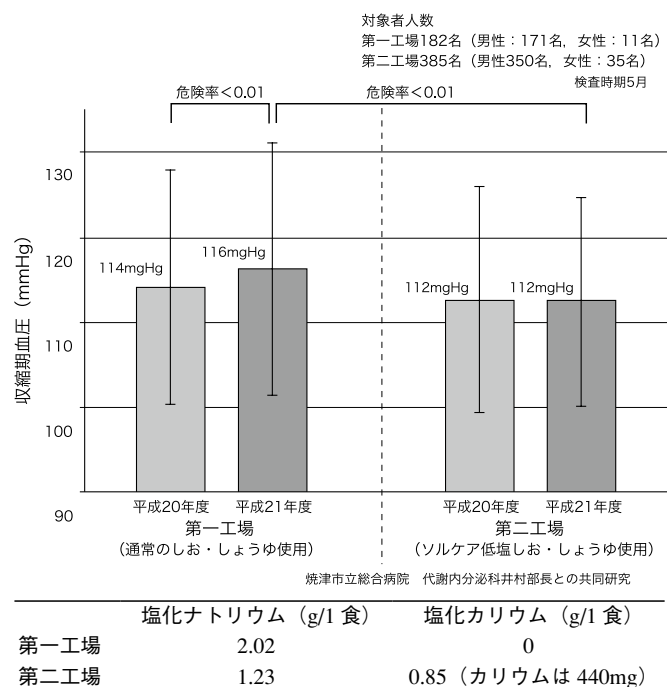


図1 血圧の状況（性、年齢階級別）
出典：平成18年国民健康・栄養調査報告書



* 第二工場の塩化ナトリウムは第一工場の63%（37%）低塩であった。

図2 低塩しお・しょうゆの血圧上昇抑制効果

表2 日本国民全体の平均収縮期血圧低下による脳卒中死亡・発病の変化

収縮期血圧の低下 (mmHg)		1	2	3	4	5
率	死亡	-3.2%	-6.4%	-9.6%	-8.8%	-16.0%
実数 (人)	死亡	-4,563	-9,127	-13,691	-18,255	-22,818
	発病	-9,878	-19,757	-29,635	-39,514	-49,392
	ADL 低下	-1,744	-3,488	-5,232	-6,976	-8,720

表3 血圧低下のための目標

・食塩摂取量の減量 10g/日以下 (基準値:13.5g/日)	1.75mmHg ↓
・K 摂取量の増加 3.5g/日以下 (基準値:2.5g/日)	1.71mmHg ↓
・成人の肥満者 (BMI25.0) の減少 20～60歳代男性 15% 以下、40～60歳代女性 20% 以下 基準値:20～60歳代男性 24.3%、40～60歳代女性 25.2%	0.23mmHg ↓
・運動習慣者の増加 男性 39%、女性 35% 基準値:男性 28.6%、女性 24.6%	0.5mmHg ↓
基準値は平成9年度国民栄養調査による	計 4.2mmHg ↓

日 3500mg 以上摂取する 1.71mmHg の低下。

●成人の肥満の減少 0.23mmHg 低下。

●運動習慣の増加 0.5mmHg。

とあり、血圧低下には食塩摂取の減量とカリウム摂取量の増加が肥満の減少や運動習慣の増加より有効であることが推察される。具体的に焼津水産化学工業(株)のソルケア低塩しょうゆ、しおを使用すれば味は通常の食塩と同じでおいしく、しかも、食塩が40%カット出来、かつ、カリウムがソルケア低塩しおの40%を摂取できる。今回の企業食堂での食塩摂取量は通常のしょうゆ、しおを使用した第一工場の1食は2.02g、ソルケア低塩しょうゆ、しおを使用した第二工場の1食は1.28gであり、0.74gの減塩である。減塩率は37%である。また、カリウム摂取量は第一工場はゼロであり、第二工場は440mgであった。

2. 配食ビジネスにおける低塩の重要性

配食ビジネスにおける低塩の重要性の前に現在、配食ビジネスがどういった環境にあるかを

meal service (ミールサービス) から以下に抜粋した。

【meal service (ミールサービス)⁴⁾ いま求められる、高齢者への配食サービス】

急速な高齢化が進むいま、シルバー市場を狙ったニュービジネスが続々誕生。高齢者を対象にした自宅は配食もそのひとつだ。ひとり暮らしや制限食を必要とする高齢者にとって毎日の食事は深刻な問題。配食サービスには今後、大きな需要がありそうだ。

配食ビジネスは都会型ビジネスであり、特に首都圏では減塩とうたっただけでお客様を獲得できるといった話も聞く。

高血圧者が医者から減塩食生活に気をつけるように指導される。その指導時に食べるのを控える食品として図3のような資料を参考にしておられる。図3に記載されている食品は家庭内での朝食や外食の定食などで出現頻度が高く良く食べられるものである。6月号に詳しく記述した²⁾。配食サービスのメニューを考える際に

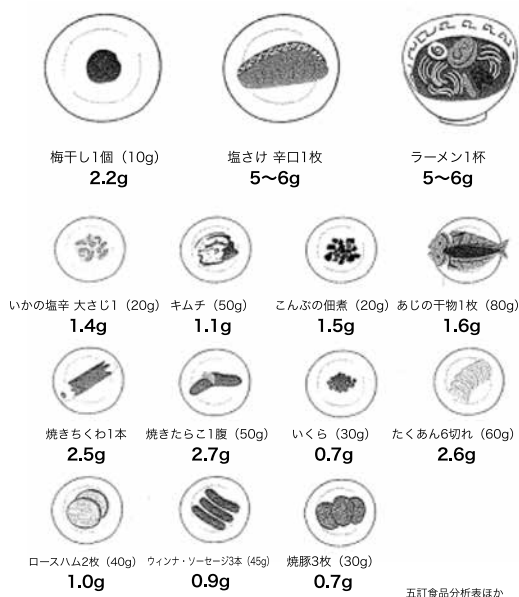


図3 できるだけ避ける食品 (太字は塩分量)

出展：第一三共株式会社 資料

は塩分も重要であるが先ずは味である。塩味が無いとおしく食べていただけない。

特に、配食サービスは高齢者が対象者になるので塩味が非常に重要になる。おいしさを満足させながら塩分量を減らし、さらに、カロリーと価格を考慮すると新たな総合的な技術が必要になってくる。現在の配食メニューの塩分は、おいしさを損なわないように、しかも低塩を考慮した結果、1食当たり2.6g～4.0gになっている⁴⁾。

この状況から考えると厚生労働省が提案している1日の食塩摂取量目標、すなわち男性が9.0g (1食3.0g) 女性7.5g (1食2.5g) の目標数値は努力しだいではクリアできそうである。ここで“おいしく低塩”の技術開発に成功したS社の事例を紹介する。S社の惣菜は平成20年12月までは1食の平均塩分量が3gであった。平成21年1月から平均塩分量を2.0gまで下げるという目標でおいしさを犠牲にしないでメニューの開発検討された結果、2.2gまで達成された。ソルケア低塩しょうゆ、しおも僅かなが

ら貢献しているかと思うが、S社の調味技術をベースにした総合力の賜物である。実に27%の低塩 (1食あたり0.8gの低塩) である。単純に3食すべてをS社の惣菜を食べると6.6gになる。ちなみに、厚生労働省の1日の食塩摂取量目標である男性が9.0g、女性が7.5gの目標数値はクリアしている。

現在、米国のニューヨーク市を初め欧米、韓国では国を挙げて減塩に取り組んでいる。

特に、ニューヨーク市はブルームバーク市長が食品メーカーやレストランに塩分を5年間で25%削減することを求めている。(ちなみに、米国での食塩摂取量は男性10.7g、女性8.3gである。) このことから考えてもS社の27%減塩の技術の高さが伺える。

3. 外食における低塩・高カリウムの重要性

ここでは飲食店の中の“食堂・レストラン”について述べる。食堂・レストランで出されるメニューの塩分とその料理に使用されている材料の塩分を表4にした⁵⁾。

厚生労働省が提案している今年4月からの1日の食塩摂取量目標は、男性が9.0g (1食3.0g)、女性が7.5g (1食2.5g) である。ところが、外食メニューのほとんどは厚生労働省の目標値をクリアしていない。メニューによっては1日の摂取量目標に近い塩分のものもある。特に高いのはラーメンである。

米国では外食からの塩分摂取量が多いため、外食に注目し低塩メニューの改善に注力しているようである。日本では先ずはメニューに塩分量の表示をすることから始めれば消費者も外食メーカーも塩分に気をを使うようになるのではないだろうか。

表4 食堂・レストランで出されるメニューの塩分とその料理に使用されている材料

「そば・うどん」					
1. もりそば	塩分	3.7g	2. かけそば	塩分	6.4g
	つゆ 80ml	3.5g		つゆ 300ml	6.4g
	練りわさび 3g	0.2g		そば他	Tr
	そば他	Tr			
3. カレーうどん	塩分	3.6g	4. みそ煮込みうどん	塩分	3.8g
	ゆでうどん 220g	0.7g		ゆでうどん 220g	0.7g
	カレーつゆ 500g	2.9g		つゆ 300ml	2.5g
				ちくわ 30g	0.6g
				ねぎ他	Tr
「ラーメン」					
5. しょうゆラーメン	塩分	8.1g	6. みそラーメン	塩分	8.1g
	ゆで中華めん (1玉)	0.4g		ゆで中華めん (1玉)	0.4g
	スープ	6.9g		スープ	6.8g
	焼き豚 15g	0.4g		焼き豚 30g	0.7g
	なると 5g	0.1g		コーン 20g	0.1g
	しなちく 30g	0.3g		塩蔵わかめ 10g	0.1g
7. 塩ラーメン	塩分	8.6g	8. とんこつラーメン	塩分	9.1g
	ゆで中華めん (1玉)	0.4g		ゆで中華めん (1玉)	0.4g
	スープ	7.8g		スープ	6.9g
	ゆで卵 (1/2)	0.1g		焼き豚 60g	1.4g
	しなちく 30g	0.3g		紅しょうが 5g	0.4g
	のり (1枚)	Tr		もやし 30g	Tr
「どんぶり物」					
9. 牛丼	塩分	7.7g	10. 親子丼	塩分	6.3g
	ごはん 250g	Tr		ごはん 250g	Tr
	牛丼具 300g	5.4g		親子丼具 250g	3.3g
	紅しょうが 10g	0.7g		きゅうりのぬか漬 30g	1.6g
	みそ汁 150ml	1.4g		みそ汁 150ml	1.4g
	みそ汁わかめ 10g	0.1g		みそ汁ほうれんそう	Tr
11. 天丼	塩分	5.6g	12. ウナ重	塩分	2.4g
	ごはん 250g	Tr		ごはん 250g	Tr
	エビ天 2尾	0.3g		うなぎかば焼き	1.3g
	天つゆ 80ml	3.5g		肝吸い汁 150ml	1.0g
	しば漬 20g	0.8g		肝吸い肝 10g	Tr
	吸い物汁 150ml	1.0g			
「定食」					
13. 焼き魚定食	塩分	5.6g	14. 鶏の照り焼き定食	塩分	5.4g
	あじの塩焼き 180g	3.1g		鶏の照り焼き 80g	1.6g
	酢の物わかめ 20g	0.3g		ししとうがらし 10g	0.3g
	酢の物しらす干 3g	0.1g		ひじきの五目煮 50g	0.7g
	酢の物甘酢 12g	0.9g		しじみのみそ汁	1.4g
	みそ汁 150ml	1.4g		かぶのぬか漬 20g	1.4g
	かぶの葉の塩漬 20g	0.5g		ごはん他	Tr
	ご飯ほか	Tr			
15. ポークソテー定食	塩分	3.9g	16. エビチリ定食	塩分	6.7g
	ポークソテー 170g	1.0g		エビチリ・エビ 90g	0.7g
	ケチャップソース 36g	1.1g		エビチリソース 80g	2.3g
	コーンスープ 150ml	1.1g		スープ・汁 180ml	1.5g
	ロールパン 2個	0.7g		スープ・わかめ 10g	0.1g
				ザーサイ 15g	2.1g
				ごはん他	Tr

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

- 1) 田形皖作, おいしい低塩・高カリウム食品と高血圧予防, *New Food Industry*, **52**, 4 (2010)
- 2) 田形皖作, 50 歳以上の朝食における低塩・高カリウムの必要性, *New Food Industry*, **52**, 6 (2010)
- 3) (財) 外食産業総合調査研究センター, 平成 20 年 5 月
- 4) (株) フード・ビジネス発行, 柴田書店発売, 発行日平成 18 年 9 月 15 日, meal service (ミールサービス)
- 5) 女子栄養大学出版部 「五訂日本食品標準成分表」対応 塩分早分かり

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



“薬膳”の知恵 (50)

Key Words : 薬膳 ■ 更年期障害 ■ 食養生 ■ 老化

荒 勝俊*

中医学における美容の目的は“健康美”を達成することだと述べている。中医学は、《すべての物質は陰陽二つの気が相互作用し、表裏一体で構成されている》と考える(陰陽学説)と、《宇宙に存在する全ての事象は“木・火・土・金・水”と呼ばれる五つの基本物質から成り、その相互関係により新しい現象が起こる》と考える(五行学説)に基づいた独自の整体観から構成されている。即ち、人体も自然界の小宇宙として“陰”と“陽”が存在し、常に相互作用しバランスを保ちながら生命活動を営んでいるが、陰陽のバランスが崩れる事で体表に現れる美容上の変化は身体内部の状態を反映している。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・津液の状態をこれまで延べてきた診断法にて診断し、そ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、身体内部を整え、新陳代謝を改善し、肌により多くの栄養を供給する事で、健康美を獲得できると考えている。

“薬膳”とは《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食養生》のことである。薬膳には①食養生としての薬膳と、②治療補助的な意味の薬膳があり、健康美を目指す薬膳は“養生薬膳”に属している。



1. 更年期障害



更年期は女性の生理変化で必ず起こる過程で、更年期にかかる45～55歳の間は体全体の機能低下が認められるが、特に「腎」の働きが衰えてくる。中医学の古典である『黄帝内経』においても、女性は49歳で腎気が衰え月経が止まり子を生めなくなると書かれている。腎は元気の源とも称され、体全体を温める気の働きと臓腑や各器官に栄養を与え潤す働きを備え、調節している。そこで、体を温める働きが低下すると手足の冷え、浮腫み、頻尿などの冷え症状が強く現われ、潤す力が低下するとのほせ、

* 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))

発汗、眩暈などの症状を呈する。

更年期障害の不定愁訴としては、精神的症状として、苛立ち、興奮し易い、不安状態、精神不振、神経質、不眠、鬱、物忘れ、頭痛などがあげられる。また、血管運動障害としては、火照り、熱感、汗をかき易い、口乾、冷え性、眩暈、ふらつき、動悸、息切れ、腹脹など、知覚症状としては、手足の痺れ、疲れ易い、肩こり、腰痛などがあげられる。

西洋医学では内分泌の乱れ、特に女性ホルモン分泌低下が更年期障害の原因としているが、中医学では腎の機能の衰えが主な原因とされている。

1-1 腎は先天の本

腎はヒトの発育、成長、繁殖、老化を支配している。腎精（先天の本）は両親から受けた生まれつき持つもので、後天の精から引き続き補充し腎に蓄えられる。女性は7歳ごとに腎気の働きが活発化し、14歳で天癸（てんき）が充実し、月経が表われる。49歳で腎気が衰弱し、天癸が絶えて月経が停止する。老化や体質の虚弱化が原因で腎の陰陽虚証を引き起こし、更年期障害としての症状を呈する。

1) 腎陰虚による更年期障害

老化により腎気が衰えると、腎の陰陽のバランスが失われ、「腎陰虚」や「腎陽虚」といった病態が起こる。

腎陰虚の場合、症状としては眩暈やのぼせ、イライラ、不眠、耳鳴り、喉の痛みや口の乾燥、頬の紅潮、腰の倦怠感、手足の熱感、午後の発熱などが現れ、舌は紅く苔は少なく、脈が細く脈拍数は多くなる。

2) 腎陽虚による更年期障害

活動の原動力となる体全体を温める働きをもつ腎気が不足する（腎陽虚）事で引き起こされる病態である。

肝腎陰虚の場合、随伴症状としては月経異常（月経周期がまちまちで経血量は少ない、色は

薄く赤い、ダラダラでる）、顔面蒼白、元気がない、手足の冷え、腰や下肢がだるく無力、頻尿、排尿困難、浮腫み、軟便あるいは泥状便、尿が希薄で量が多い、といった症状が現れ、舌が淡い色になり、脈が無力となる。

症状の改善には、体を温め、活動力を増す「温補腎陽」が行われ、八味地黄丸などが用いられる。食材としては、体を温め活動力を増す作用がある、韭、葱、唐辛子、南瓜、生姜、大蒜、栗、胡桃、もち米、羊肉、鹿肉、牛肉、海老、ナマコ、酒、シナモン、黒砂糖、フェンネル、杜仲茶、冬虫夏草、などが用いられる。

3) 心腎不交による更年期障害

腎陰は心（心陽）の亢進を抑え、一方で心陽は腎を温め、腎陰が正常に働くよう助ける関係でバランスを取っている（心腎相交）。

更年期になって腎陰が不足すると、心陽の働きを正常に調節できなくなり（心腎不交）、心火となって激しく燃えあがるため、イライラや不眠、耳鳴り、眩暈、強い動悸、手足の熱感などの症状が現れる。

4) 肺腎陰虚による更年期障害

腎と肺は呼吸を通じて密接な関係にある。肝腎陰虚によって生まれた火が上昇して肺を傷つける事で（肺腎陰虚）病態が起こる。

肝腎陰虚の場合、症状としては乾いた咳や息切れ、口や喉の乾燥などが現れる。

5) 相火妄動による更年期障害

腎陽は五臓を温め、全身の活動を円滑にする生理機能（相火）を有する。相火は腎から肝に移り（肝腎相火）、全身を温める事で体に必要な物質代謝を行う。腎陰の損傷が激しくなると、相火が異常に亢進する事で脾胃の消化・吸収の機能を妨げたり、気血や津液の流れを異常に亢進させる（相火妄動）。

相火妄動の場合、症状としては頭痛や眩暈、視力低下、耳鳴り、難聴、イライラ、怒りっぽい、手足の熱感、腰や四肢のだるい痛みなどの症状

腎陽虚	肝腎陰虚	痰湿阻絡
 葱  南瓜  唐辛子  韭  生姜  大蒜  栗  胡桃  羊肉  牛肉/鹿肉  ナマコ  海老  酒  もち米  杜仲茶  黒砂糖  シナモン  フェンネル	 山芋  白木耳  梨  桃  葡萄  胡桃  黒胡麻  牛乳  鴨肉  豚肉  イカ  牡蠣  枸杞の実	 西瓜  葡萄  トウモロコシ  山芋  黒豆/小豆  白菜  トマト  冬瓜  チンゲンサイ  メロン  鯉/鮒  はと麦

図1 更年期障害の食養生

が現れ、舌が紅く乾燥し、脈拍数が多くなる。

1-2 肝血の不足、肝気の余剰

女性は月経、妊娠、出産などの生理的特徴があり、常に血が不足し、気が余る状態にある。肝は疎泄を司り、蔵血の働きが有るので、気血循環に関わる。ストレスなどでこうした肝の気血循環が乱れる事で更年期障害としての症状を呈する。

1) 肝腎陰虚による更年期障害

腎陰の不足により、肝の血や津液が不足（肝腎陰虚）する事で病態が起こる。即ち、肝と腎の働きが失調することで、体を養う血、潤す働きの津液が不足する事で現われる症状である。

肝腎陰虚の場合、随伴症状としては月経異常（月経が早く来る、経血量が多くダラダラと染み出る）、眩暈や頭のふらつき、顔面部ののぼせ、視力低下、耳鳴り、動悸、不眠、口や喉の乾燥、手足・胸中の熱感、腰や膝のだるい痛み、舌が紅く、脈が無力で細く弦を張ったようになる。

症状の改善には、「滋養肝腎」の治療が行われ、六味丸合四物湯などが用いられる。食材としては、山芋、白木耳、黒木耳、梨、桃、葡萄、クコの実、胡桃、黒胡麻、豆乳、牛乳、豚の皮、

鴨肉、豚肉、イカ、牡蠣、スッポン、桑の実とクコの実のお茶、などが用いられる。

1-3 脾は後天の本

脾は水穀を司って、精微物質を作り、気血を生かすところであり、統血を司る働きがある。脾気の虚証で引き起こされる気血不足や不正出血により更年期障害としての症状を呈する。

1) 痰湿阻絡による更年期障害

腎気の低下による脾のエネルギー不足により、食べた物が気・血・水に変わらず、余分な水分が体内に停滞し、経絡の運行を阻害されて生じる症状である。

痰湿阻絡の場合、随伴症状としては眩暈、水太り体質、頭痛、耳鳴り、のぼせ、浮腫み、胸や胃のもたれ、吐き気、嘔吐、食欲低下、などの症状が現れる。

症状の改善には、脾の働きを高めることにより痰を作らないようにする「健脾化痰」の治療が行われ、二陳湯、五苓散などが用いられる。食材としては、西瓜、葡萄、はと麦、トウモロコシ、小豆、黒豆、冬瓜、白菜、山芋、トマト、チンゲンサイ、鯉、鮒、メロン、などが用いられる。

今回は《蕎麦》が題材の古典落語を紹介する。『時そば』は、古典落語の演目の一つで、勘定の途中で時刻をたずねて支払をごまかすという巧妙な手口をちょっと間の抜けた男がまねて失敗するという、おなじみの落語だ。元々は上方落語の演目『時うどん』を明治中期に3代目柳家小さんが東京に移植したものである。小さん以後は、7代目三笑亭可楽、3代目桂三木助らが得意としたが、今でも演り手は多い。

ここで知っておきたいのは、当時の時法では深夜に「暮れ4ッ(午後10時頃)」の次が「夜9ッ(午前0時頃)」であった事により、この話の落ちが成立する(図2)。

江戸時代、二八(にはち)蕎麦屋と言うのがあちこちにあった。なぜ二八蕎麦かという、《そば粉が八割・うどん粉が二割で作られた蕎麦》という説と、《 $2 \times 8 = 16$ 文で食べられる蕎麦》という二つの説がある。

ある晩のこと、蕎麦屋が屋台を道端に止めて客を待っていると、そこへ一人の男がやって来た。

客：「おい、そば屋。」

蕎麦屋：「へーい、いらっしゃい。」

客：「何ができる？ おっ、花まき(焼き海苔を

もんで蕎麦にふりかけたもの)に、しっぽく(具がおかめの面のようなかたちで蕎麦にのっているもの)か？ 寒いこんな日は熱いもので体を温めるに限る。しっぽくをもらおうかな。」

蕎麦屋：「かしこまりました。」

客：「商いはどうだい？」

蕎麦屋：「ばつとしませんね。」

客：「そうかい？ そりゃいいや。」

蕎麦屋：「え・・・？ ばつとしないと言ったのですが。」

客：「それがいいのだよ。運が良けりゃ、そのうち運が悪くなる。運が悪けりゃ、運が良くなる。世の中そんなもんだよ。“商い”と言って、“飽きない”でやるのが勧進だ。」

蕎麦屋：「うまいことをおっしゃいますね。覚えておきます。どうもお待ちどうさまで。」

客：「おっ、もうできたかい。そば屋はこうでなくちゃ。わしら気が短いから、遅いとぶつぶつ言いたくなる。」、といった調子で客はしゃべりまくる。

客：「おっ、割り箸だね。気に入った。たいていのそば屋は割ってある箸だ。人が使った箸は嫌だね。特に先がぬれているやつは、ご免だね！ いいどんぶりだね。いいどんぶりだと食欲が増すね。いい匂いだ。汁にかつおぶしをいっぱい使ってるね。これだけの汁を作るのは大変だろ。」

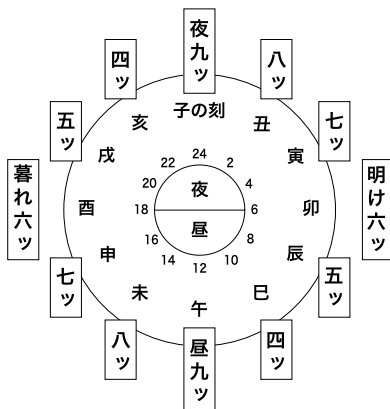
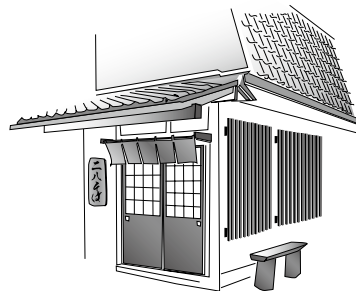


図2 江戸時代と現代の時間の単位の比較(春分と秋分時)



うん、この麺は細いね。麺は細くなくちゃだめだ。時々うどんのように太い蕎麦があるが、飯の代わりに蕎麦を食うわけじゃないから、麺は細くなくちゃだめだ。おっ、ちくわが厚いね。こんな厚いちくわを出して、もうけはあるのかい？大丈夫？そうかい。ぶっちゃけた話、ここの蕎麦はうまい。」

客：「ごちそうになったね、いくらだい？」

蕎麦屋：「ええと、具入りで十六文です。」

客：「銭が細かいから、お前さんの手に置いて数えよう。」

客：「十六文だったな？ひー、ふうー、みー、よー、いつ、むー、なな、やー、何刻だい？」

蕎麦屋：「エー、ここのつ（九刻）で。」

客：「とお、十一、十二、十三、十四、十五、十六…じゃ、あばよー。」と言って、男は立ち去った。つまり、代金の一文をごまかした。

さて、どこか間の抜けた江戸っ子が、屋台のかたわらで一部始終を見ていて、それをまねしたくて小銭を用意して早くから蕎麦屋を待つ。ところが、今日の蕎麦屋とはいうと、前日の蕎麦屋とは反対になかなか蕎麦が出てこない。割り箸は割れて先が濡れ、どんぶりは汚く欠けているし、つゆは苦くて薬のようで。蕎麦はうどんのように太く、ぐちゃぐちゃ。竹輪は名人芸

のようにカンナで削ったように薄く、竹輪麩。ガッカリしながら食べ終わり、「えい、いくらだい？」

蕎麦屋：「ええと、具が入って十六文です。」

客：「銭が細かいから、お前さんの手に置いて数えよう。」

客：「十六文だったな？ひー、ふうー、みー、よー、いつ、むー、なな、やー、何刻だい？」

蕎麦屋：「エー、四刻（よつ）で。」

客：「いつ、むー、なな、やー、ここのつ……。あれ、余計に払っているぞ！

【蕎麦の効能書き】

蕎麦は穀物として分類されているが、イネ科ではなく、タデ科である。原産地はアジアで、約4000年前には既に栽培されていた。日本でも弥生時代の遺跡から出土しており、江戸時代の頃より蕎麦切りが浸透していった。

特有成分は“ルチン”で、これは毛細血管を丈夫にする働きがある“ビタミンP”の一種である。また、抗酸化作用や血管壁を強化するコラーゲンの生成を助ける働きなども有る。ルチンを多く含む食品としては、柑橘類、さくらんぼ、杏なども知られている。

***** ◆◆

・・・・・・・・・・ 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) 中医臨床のための中薬学 神戸中医学研究会編著 医歯薬出版
- 4) [詳解] 中医基礎理論 劉燕池・宋天彬・張瑞馥・董連榮著／浅川要監訳 東洋学術出版社
- 5) 東洋医学のしくみ 兵頭明監修 新星出版社
- 6) 中医食療方 瀬尾港二、宗形明子、稲田恵子著 東洋学術出版社
- 7) 全訳中医基礎理論 浅野周訳 たにぐち書店
- 8) 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
- 9) 薬膳と中医学 徳井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 10) 医学生のための漢方・中医学講座 入江祥史編著 医歯薬出版
- 11) 全訳中医診断学 王憶勤主編 たにぐち書店
- 12) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社

イベントご案内

第 42 回インターナショナルプレミアム・インセンティブショー秋 2010

会期：2010 年 10 月 20 日（水）～ 22 日（金）

主催：株式会社ビジネスガイド社・事業部 PI ショー事務局

〒111-0034 東京都台東区雷門 2-6-2 ぎふとビル

TEL：03-3847-9155 FAX：03-3847-9436

会場：池袋サンシャインシティ文化会館（東京・池袋）

入場：無料（事前登録制）

出展対象

【プレミアム・インセンティブショー】

■ 懸賞キャンペーン向け景品、プレミアム、企業 PR 用ノベルティ、ベタ付け景品、その他販促用ギフト

■ インセンティブ関連アイテム、モチベーションアイテム、高額懸賞品

■ 法人ギフト関連アイテム、コーポレートイベント記念品

■ POP、購買時点広告関連用品、店頭広告用品、ディスプレイツール、アイキャッチアイテム

■ イベントツール、ダイレクトメール、マーケティング関連アイテム、プロモーション企画、販促サポートツール他

■ その他販売促進に役立つアイテム・ツール・ノウハウ全般

フードセーフティジャパン 2010

内 容：食の安全・安心の設備・技術・システムの総合展

会 期：2010 年 9 月 22 日（水）～ 24 日（金）

開場時間：10:00 ～ 17:00

会 場：東京ビッグサイト東 5・6 ホール

主 催：（財）食品産業センター、（社）日本食品衛生協会

共 催：アテックス（株）

後 援：農林水産省、厚生労働省、経済産業省（申請予定、順不同）

入場料

1,000 円（税込）※招待券持参者、事前登録者は無料

築地市場魚貝辞典（サンマ）

毎度のことながら、暑い日の続く築地。街路樹では、まだセミも鳴いている。でも、真夏ほどに日差しはなく、どこことなく秋の気配を感じるようになってくる。空調の効いた都会のオフィスでは季節感が薄れがちだが、ここ築地市場の中では気候だけでなく、四季折々の魚が見られるので、季節感を失わずにすんでいるように思う。ちょっとした贅沢といえるのではないかと、ひそかに思っている。

秋といえばサンマである。養殖や輸入される魚が多くなり、魚を見ても季節を感じるものが少なくなっている今日であっても、サンマは秋の魚の代表である。今回はサンマを紹介する。

一分類一

サンマを分類学的に表すと、ダツ目サンマ科サンマ属サンマとなる。言い換えると、腹鰭が体の中央付近にあり胸鰭が眼の高さに



サンマ

ある魚のうち、尾鰭は丸くなく胸鰭は大きくなく背鰭の後ろに小離鰭（しょうりき、間隔をあけて並ぶ小さな鰭）がある仲間、くちばしが長くない魚ということになる。腹鰭は、腹部にあるから腹鰭というので、腹部の中央にあるのは当たり前と思われるであろうが、よく見てみると、マダイやマアジなどふつうの魚では、体のかなり前のほうにあることがわかる。腹鰭が体の中央付近にあるのはダツ目のほか、イワシ類やコイ、サケなど少数である。ダツ目にはサンマ科のほかにメダカ科、サヨリ科、トビウオ科、ダツ科などが含まれる。メダカもサンマの仲間なのかと驚かれるであろうが、尾鰭の形と小さいということを除けば、体の特徴はサンマに似ている。サンマ科には鰾がサヨリやダツのように長くなる仲間と、長く



サンマ稚魚

ならない仲間がある。日本近海のサンマは顎が長く伸びない仲間（サンマ属）で、顎が長く伸びる仲間は大西洋などに分布する。大西洋に分布するニシサンマは、上下の顎が長く伸びるほかは、体つきや体色などはサンマにそっくりである。サンマ科の魚は、世界に4種が知られている。そのうちサンマ属には2種の魚が含まれる。サンマのほか、東太平洋に1種分布している。

一形態一

魚屋やスーパーの鮮魚売り場では、丸ごとの魚を見ることが少なくなった。そんな中で、丸ごと売られている数少ない魚のひとつがサンマであろう。正確に思い出すのは難しいかもしれないが、全身の姿を頭に浮かべることができることと思う。食べるのに夢中で体形など気にしたことがない、という人のためにも説明してみよう。体はやや細長く、左右から押したように平たい。顎は長く伸びないが、鋭く尖る。下顎は上あごより突き出る。



尾鰭

背鰭は体の後ろにあり、硬いトゲがない。臀鰭（しりびれ）も後方にある。背鰭と臀鰭の後ろには、間隔を開けて並ぶ6から9基の小離鰭がある。腹鰭は中央よりやや後ろにある。尾鰭は2又する。側線は鰓蓋（えらぶた）の後ろから始まり、腹側を通して尾鰭の付け根まで連続する。全身に細かな鱗があるが、取れやすい。食道から腸までの消化器官は、曲がらず直線状になっているのも特徴のひとつであろう。背中側は青から紺色で、腹側は銀白色。下顎の先端が黄色くなる。体長35cmになる。

一生態一

九州からサハリン南部、日本海、アラスカ南部からカリフォルニアまでの北太平洋に広く分布する。外海海面近くを回遊し、動物プランクトンを食べる。日本近海では、春から夏にかけて餌を求めて黒潮と親潮の境目付近（三陸沖から北海道沖あたりのことが多い）まで北上する。秋になり水温が下がり始めると南下する。産卵期はほぼ周年であるが、時期によって産卵場が異なる。冬から春に伊豆諸島から九州沖、春から初夏に常磐から三陸沖、秋から冬にふたたび三陸沖から常磐沖で産卵する。卵には糸があって流れ藻などに付着する。寿命は2年ほどと考えられているが、まだよくわかっていない。

一漁業一

流し網や定置網、手づかみなど、さまざまな漁法があるが、現在、

日本近海で漁獲されるサンマのほとんどは棒受け網で漁獲されている。棒受け網は、船の片側に棒で張り出した網の中にサンマの群れを誘い込んで漁獲する漁法であるが、その方法は独特である。これは夜間、サンマが光に集まる習性を利用したものである。船の片側に集魚灯を点けサンマの群れを集める。その間に、反対側に突き出した棒に網をたらししておく。サンマが集まったら網のある側に点灯し、そちらに群れを誘導する。網のない側の明かりを消し、最後に赤い光だけにして群れを網の中央に集中させ、群れを下から巻き上げるのである。北海道の太平洋側では7月に小型船による流し網（刺し網の1つ）が解禁され、その後8月の中旬に棒受け網が解禁となる。その後、南下する群れを追いながら、漁場も三陸沖、常磐沖と南下する。



刺し網の跡が鰓の後ろにあるサンマ



氷水で入荷したサンマ

サンマは飼育すら困難であったが、水族館のアクアマリンふくしまで飼育に成功し、産卵から付加もできるようになった。しかしサンマは多獲性の魚のため単価が低く、養殖コストに見合わないため、現在、養殖はされていない。中国や韓国から冷凍のサンマが輸入されることがある。築地市場には、北海道や三陸、常磐、千葉県などから入荷する。ほとんどが鮮魚であるが、加工品も入荷している。冷凍品は年中で回るようになったが、脂の乗った鮮魚は秋のものである。7月に解禁になって出回る新物は、キロ数千円で取引されるが、すぐに値が下がり、庶民の味方となる。

—利用—

サンマ料理といってまず思い浮かぶのは、塩焼きである。できれば七輪などを使って、炭火の上でじゅうじゅういわせながら焼きたいところであるが、アパートやマンションなど、隣との距離が近くなった現代の住宅では、難しいところである。結局グリルなどで焼くことになるのだが、ガスで焼いたものより炭で焼いたものの方が香ばしい感じがする。落語の有名な小話「目黒のサンマ」にあるように、焼き立てが一番である。私が子供のころ、サンマは加熱して食べるものと決

まっていた。今ほど交通手段や保冷方法が発達していなかったためであらう。生食できる鮮度で流通できなかった。それからしばらくして、三陸で取れたてのサンマを刺身で食べる機会があった。生では食べられないと思っていたので、おっかなびっくりであったが、初めて食べた刺身は旨みもコクもあり、おいしかった。土産として刺身用に鮮度の良いサンマを買い求めて帰ったが、何も知らない家族に塩焼きにされてしまった。今では、回転寿司のネタにもなっている。和歌山県にはサンマの寿司がある。脂の少ないサンマを酢で〆て姿寿司にしたものは、駅弁などでも見ることがある。ところが、もう一つサンマの寿司がある。一種の熟れ鰯で、塩をしたサンマを発酵させて作る。独特のにおいと酸味があり、食べなれないとおいしさが分かりにくい。ほかにも煮付け、煮付けの缶詰、干物、開き、酢〆など、さまざまな料理に向く。

一エピソード

サンマは丸ごと食べる機会が多いので、切り身の魚では気が付かないことも、話題になることがある。まず目に付くのは青い骨である。ふつう焼き魚をつついていても、体の中に青い物はないので少々驚かされる。これは、骨の成分に胆汁色素が含まれているためである。

形態のところで触れたように、サンマの消化管は食道から肛門までほぼ直線である。その消化管内にたくさんの鱗が詰まっていることがある。そのままに受け取ると、サンマはほかの魚の鱗を食べているように思える。実際は、網で漁獲されるとき互いに体がこすれ、鱗が簡単に取れてしまう。それをパニックになったサンマが飲み込んでいるのである。

体の表面に黒っぽい紐状のものや、茶色く平たい小さなものが付いていることがある。これらは寄生虫の一種で、紐状のものはサンマヒジキムシ、小さく茶色いものはサンマウオジラミである。これらの寄生虫は人には寄生しないので無害である。しかし、体内にはアニサキスが寄生することもあるので、注意が必要である。



サンマウオジラミ寄生跡

文 献

- 1) 坂本一男：旬の魚図鑑，主婦の友社（2007）
- 2) 仲坊徹次（編）：日本産魚類検索 全種の同定 第2版，東海大学出版会（2001）
- 3) 水島敏博・鳥澤 雅（監）：漁業生物図鑑 新 北のさかなたち，北海道新聞社（2005）

480 ページ超の大迫力！
業界第一人者が集結！
チーズ研究の必携書

チーズ研究の頭脳集結！
熟成した研究成果を、
じっくり書き上げた
問い合わせ殺到の
究極のチーズ技術書！

増刷発行

- B5 版／496 ページ
- 定価：(本体 7,500 円＋税)
- 発行：食品資材研究会



現代
チー
ズ学

編
集

齋藤 忠夫 東北大学大学院農学研究科
堂迫 俊一 雪印乳業株式会社 技術研究所
井越 敬司 東海大学農学部

現代チーズ学 目次

1. チーズの歴史、食文化、分類および生産
 - 1.1 チーズの起源と歴史 大谷 元
 - 1.2 チーズの食文化 村山 重信
 - 1.3 チーズの分類と名称 村山 重信
 - 1.4 世界のチーズの生産・輸出入と消費 伊藤 晋治

2. チーズの基礎科学

- 2.1 乳の成分科学 石田 光晴
- 2.2 チーズ製造の基本フロー 齋藤 忠夫
- 2.3 乳酸菌スターターの科学 宮本 拓
- 2.4 キモシンによる凝乳機構 阿久澤良造
- 2.5 チーズの熟成機構 井越 敬司

3. チーズの製造技術と衛生管理

- 3.1 クリームチーズ 岩附 慧二
- 3.2 モッツアレラチーズ 橋本 英夫
- 3.3 カッテージチーズ 久米 仁司
- 3.4 熟成型チーズ 田中 穂積
- 3.5 キモシン酵素利用の現状 高見 修平
- 3.6 プロセスチーズ 川崎 功博
- 3.7 チーズの包装技術 佐々木敬卓
- 3.8 チーズ製造の衛生管理 柳平 修一
鈴木 明
花形 吾朗

4. チーズの機能性

- 4.1 チーズの微細構造 木村 利昭
- 4.2 一次機能 根岸 晴夫
- 4.3 二次機能 井筒 雅
- 4.4 三次機能 堂迫 俊一
- 4.5 チーズとホエイに含まれるタンパク質の免疫科学 大谷 元

5. ホエイ成分の高度利用

- 5.1 チーズホエイとその成分別調製技術 元島 英雅
野島 一晃
- 5.2 機能性オリゴ糖 浦島 匡
- 5.3 機能性ホエイ味噌 六車三治男

6. チーズの諸制度と知的財産権

- 6.1 チーズの規格基準と表示規制 石田 洋一
- 6.2 チーズの知的財産権 工藤 力

7. 近未来のチーズ学

- 7.1 チーズ製造技術の変遷と進歩 相澤 茂
- 7.2 近未来のチーズ製造技術 市橋 信夫
- 7.3 新しいタイプの機能性チーズの開発 松尾 光郎
- 7.4 スターター乳酸菌における遺伝子組替え技術の応用 佐藤 英一

お申し込み・お問い合わせは、
FAX・お電話・WEB にて

電話：03-3254-9191 FAX：03-3256-9559
<http://www.newfoodindustry.com/cheese.html>

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)



良薬，口にうましー和田萬の金胡麻ー

内田 あゆみ*



大学の研究室在籍中に、金胡麻を食べた学生から、「こんな味の胡麻は初めて」と言われたことがあった。確かに自分自身も、この仕事をするまで胡麻と言えば「黒胡麻」，「白胡麻」しか知らなかった。今では、金擂り胡麻、煎り胡麻は我が家でも定番調味料であり、料理の必需品になっている。本稿では、このような和田萬の金胡麻の魅力について紹介したい。

和田萬商店は金胡麻に特化，国産胡麻栽培と胡麻文化の継承に

120年の金胡麻司である和田萬が「金胡麻」を主力商品に据えたのは3代目の栄三氏の時である。あえて、価格競争になる、黒胡麻、白胡麻から離れ、金胡麻に特化したのは昭和40年代である。折しも高度成長期のグルメブーム、健康志向に後押しされ、特に食通家や、著名な料理人にその価値が認められるようになったといわれる。

和田萬のこだわりは、生産地の選定にも

胡麻の王様といわれる金胡麻は、トルコの地中海沿岸地方産が最高級とされるため、この地域で契約栽培をしている。さらに品質の良い胡麻があると聞けば、中国、スーダン、バラグアイなどの世界を飛び回って指導、交渉、収穫調査に当たっている。日本で消費されている胡麻は99%が輸入であるが、国内栽培にも力を入れており、国内の協力してくれる契約農家を年々増やしている。いまや国内産胡麻の流通の60%は和田萬の栽培指導によるものである。この事業は、胡麻の栽培による食文化の継承、国産胡麻での地域の活性化、また胡麻による「食育の啓蒙」という経営陣の熱い思いに支えられている。

焙煎工程も旨みの秘訣

和田萬の胡麻製品のポイントは胡麻の原料だけではなく、加工方法に差別化の大きな特徴がある。焙煎は風味を引き出す重要な工程である。低温で胡麻本来がもっている＜旨み＞を引き出し、その後の高温で＜香ばしさ＞をうみだしている。そのことによって、胡麻はぷっくりと芯からふくれあがり、まさに「ひらけ、胡麻!!」の香りを発散している。最後の胡麻の煎り加減は、社長ほか僅かなスタッフの経験による微調整が必要とされる、非常に繊細な職人技である。

* UCHIDA Ayumi (株式会社和田萬商店グループ会社、株式会社わだまんサイエンス、(博士(生物資源)・管理栄養士)

深みのある味と芳醇な香りが魅力の「金胡麻」

白胡麻は味がマイルドで、素材である野菜の旨みをひきだすため、料理人の隠し味に使用される場合が多い。黒胡麻は特に乳製品との相性が抜群で、最近では、ソフトアイスの定番アイテムのように用いられている。しかし、「金胡麻」の味覚レベルは群を抜いている。その魅力は金胡麻の甘い芳醇な香りにある。それはどのような成分なのだろうか？

金胡麻、白胡麻、黒胡麻の香気成分を比較した結果から、金胡麻は甘い香りに寄与するフラン類の割合が多く含まれていることが判明し、白胡麻は香ばしさに寄与するピラジン類の割合が多く、黒胡麻は胡麻特有の香が薄く、重いにおいが強いことが報告されている¹⁾。また、同報告では、金胡麻は、にぎり飯や胡麻付きクラッカーと併せても香りや総合的な評価で好まれるとされ、ナッツの香りに類似することから、菓子への用途が期待される。

胡麻の機能をコンセプトにしたデザインングスイーツ，胡麻の低GI値にも着目

このような、味覚レベルが高い金胡麻を主要素材に据えた胡麻のスイーツとして開発中の製品が、仮称セサミ・デザインングスイーツ (SDS) の商品群だ。確かに、様々なスナック、菓子、生菓子里に胡麻は使用されているが、そのほとんどが胡麻をフレーバーの1つとしてラインアップされ、「健康感」をイメージし、数種類ある風味の中で、胡麻もある、という使われ方が多い。この SDS の商品は「胡麻の機能を訴求でき、またそれを素材配合量、栄養素等で、表示し、しかも、味覚的にも美味しい」をコンセプトとしている。商品はどれも「胡麻の風味」というより、「胡麻づくし」といえるほど、「金胡麻」の配合量が多いことも特徴である。

胡麻の特徴的な成分のリグナン (セサミン等) だけでも、抗酸化性、高脂血症の予防、アルコール代謝向上の機能が報告されているが、他の種実類同様に低いGI値も注目に値する (表 1)。この GI 値の低さを生かした砂糖不使用の血糖値を上げにくい菓子、スナックや、「置き換え食品」と言われる食事代替タイプの菓子、またエネルギー代謝を促進する素材との組み合わせにより、ウエイトコントロールユースの商品も期待される。

表 1 GI 値

	GI 値
うどん	80
食パン	91
くるみ	18
マカデミアナッツ	27
ピスタチオ	18
胡麻	35

「持って歩く GI 値」(西東社) より
 ※ 胡麻の数値は、The Glycemix Indexes Table より
 ※ (<http://www.montignac.com/index.php>)

セサミンが約 3 倍のリグナンリッチ黒胡麻

2003 年ころから、世界各地でリグナン値の高い胡麻の種子の各地で播種試験をした結果、ミャンマーのある特定の地域に限りリグナン値が極めて高い胡麻が栽培できることが確認された。これが、現在「わだまんサイエンス」の主要素材となっている、「リグナンリッチ黒ごま油」であり、この黒胡麻は、リグナンが多いため、風味的にはやや渋みがある点から、もっぱら栄養補助食品と

表2 「リグナンリッチ黒ごま油」と、通常の胡麻油とのリグナン値の比較

	リグナンリッチ 黒ごま油 (g)	金胡麻油 (g)	白胡麻油 (g)	黒胡麻油 (g)	倍率
セサミン	1.530	0.523	0.605	0.590	約 2.6 倍
セサモリン	0.524	0.124	0.218	0.306	約 2.4 倍
セサモール	0.004	0.004	0.008	0.002	ほぼ等倍
合計	2.058	0.651	0.831	0.898	約 2.6 倍

試験機関：(財)日本食品分析センター

「リグナンリッチ黒ごま油」のゴマリグナン値については、2008年11月時点の実測値の平均を使用しています。

金胡麻、白胡麻、黒胡麻油については2006年9月20日も実測値を使用しています。

表3 胡麻の風味の違い

	金胡麻	黒胡麻	白胡麻
香り	★★★★★	★★★★	★★★
渋み	★★★★	★★★★★	★★
旨味	★★★★★	★★★	★★
コク	★★★★★	★★★	★★★
甘み	★★★★	★★★	★★
風味	★★★★★	★★★★	★★★
クリーミー	★★★★	★★	★★★★★
野菜との相性	★★★★★	★★★	★★★★★
ごはん	★★★★★	★★★★	★★★
乳製品との相性	★★★★★	★★★★★	★★
総合	★★★★★	★★★★	★★★

総評

金胡麻は、胡麻の王様と云われ香り旨みコクは5つ星。特有の旨みと香りはどんな料理にも合います。

黒胡麻は、胡麻の中でも渋みがあるのが特長です。乳製品には黒胡麻がピッタリです。

白胡麻は、クリーミーな味が特長です。野菜の和え物や素材の味を生かす料理にピッタリです。

株式会社 かわだまんサイエンス ゴマソムリエ評価

して上市されている。

面白いことに、最近ではブームもあり、この搾油を配合した「食べるラー油」が催事等でひっぱりだこの状態であり、数多くある「ラー油」の製品との差別性となっているようだ。

今後は、ラー油のように、「リグナンリッチ黒ごま油」の味的な難点をカバーできる食材や、味覚レベルの高い金胡麻等の胡麻と併用することで、美味しく、より胡麻の機能を訴求できる菓子、商品が市場にでることを期待したい。

<引用文献>

- 1) 浅井由賀, 竹井よう子, 種皮の色の異なるゴマの品質, 日本調理科学会誌 (29)4, 40-45、(1996)



株式会社わだまんサイエンスの胡麻を使用した セサミ・デザインング・スイーツの商品群



金胡麻50%の金胡麻クランチ



ココアポリフェノール・
胡麻リグナンリッチな生ショコラ
(カカオ30%, 金胡麻約40%)



食事代替型金胡麻プディング
(砂糖不使用)



ダイエット対応ラスク
(辛口ラー油使用)



金胡麻薄皮・どらやき
(砂糖未使用)



金胡麻マシュマロ
(コラーゲン・セサミン含有)

●セサミ・デザインング・スイーツは、胡麻の機能を生かした、スナック、菓子のシリーズで、造語です。
(Sesame Designing Sweets ; SDS)

胡麻のことならお任せください。

- 辛口ラー油
- 低GI食品、スイーツ
- リグナンリッチ黒胡麻油
(セサミンリッチな黒胡麻油)
- 内面美容、アンチエイジング対応食品
- 金胡麻、国産胡麻
- 二日酔い対応食品の開発へ、

ー120年の胡麻司ー

胡麻司 和田萬

(株)和田萬商店 大阪市北区菅原町9-5
フリーダイヤル ☎ 0120-507-380
<http://wadaman.com/>



株式
会社

原料のお問い合わせはこちらへ
一胡麻を創造する企業ー
100年胡麻屋の開発プロ集団
わだまんサイエンス

本 社 〒604-0845 京都市中京区烏丸御池上る二条殿町 546
TEL/075-222-7318 FAX/075-222-0318
<http://www.wadaman-s.com/>



煎り、搗り胡麻から、ペースト、油まで多彩な金胡麻



金胡麻は胡麻のロマネコンティ

和田専務曰く、金胡麻油は胡麻のロマネコンティ。確かに、その芳醇な香りで、どんなスイーツ、料理にも数滴で風味をアップする底力をもっているのが、この金胡麻油。中でもトルコの金胡麻油は、各段に味覚レベルが高く、子供から年配者までほかの胡麻原料との違いが見分けられるという。

現在、和田萬商店では、国産胡麻流通の60%程のシェアをもつが、この金胡麻は年間400トンをつトルコより輸入し、搾油品、ペースト、煎り胡麻等に加工している。



5回の粉碎により滑らかなテクスチャーに

和田萬商店のお家芸の1つが、胡麻ペースト類。その滑らかさは、プリン、蜂蜜とのブレンドジャム、ドレッシング等々に利用すると、通常品との差別性が歴然。その秘訣は、セラミック樹脂でのペーストの粉碎回数。1回に7kg程度 of 金胡麻を、なんと5回も磨砕して、滑らかなペーストにしていく工程は、品質管理の久綱氏が自ら担当。その粒子はなんと、60から80ミクロンと0.5ミリのシャープペンの1/10。人の髪の毛が太い部分で100ミクロンというから、それより細かい。その粒子の細さが、最終製品の味に影響する。



ゴマソムリエの「辛口・たべるラー油」の味の決め手も金胡麻

他社にない点は、金搗り胡麻と胡麻リグナンが豊富な「リグナンリッチ黒ごま油」を入れ、辛さの中に胡麻の風味・甘味がある点。唐辛子はまろやかな辛さの韓国唐辛子を使用し、じっくり加熱し、にんにくのカリカリした食感とラー油の赤い色味がきれいな点が特徴。

● 小さじすりきり1杯(4g)でセサミンが約3mg
ほかトウガラシ由来のカプサイシンが0.12mg含有。



New Food Industry へ原稿をお寄せください。

1. 最新の情報をもとに、食品業界の活性化に資することを目的とした論文・解説とします。
2. 論文形式は学会誌に準じます。
3. 原稿の送付先および照会先は弊社とします。
4. New Food Industry に掲載された著者名および論文タイトルは食品資材研究会 Web ページ上に掲載いたします。
5. 著作権：食品資材研究会に準じます。
6. 論文提出方法：

本文は横書きで作成し保存したデータをメールに添付してご提出ください。図表内の文字データはテキスト入力とし、フォントのアウトライン化はしないでください。複写原稿や手書きの原稿は出来るだけ避けるようにください。原稿全体のデータ容量が5Mを超えるような場合はCDなどに焼いて郵送してください。また、本文中の図表の位置などは欄外または本文中にご指示くださるようお願いいたします。

- ◆原稿の字数は本文のみで7,000字～16,000字程度を目安にしてください。フォントについての指定はありません。
- ◆図・写真・表にはタイトルをいれてください。
- ◆写真は鮮明なものに限り、印刷物などからスキャンする場合は300dpi以上の解像度で保存してください。
- ◆引用文献は最終ページにまとめてください。

<対応ソフト>

Windows98以降、MacintoshOS8.6以上・Word、Excel、PowerPoint・Adobe Photoshop、Illustrator 等

【著者校正について】

著者校正は原則として1回行いますが、訂正は誤植、印刷ミスに止め、加筆などの大幅な訂正はご遠慮ください。

- ◆原稿提出締切日：毎月5日締め切り
- ◆原稿料の支払い：掲載誌発行の翌月15日に弊社より指定の銀行口座にお振り込みいたします。
原稿料の詳細については編集部までお問い合わせください。

- ◆送付先：株式会社食品資材研究会 編集部宛

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10 共同ビル新神田

- ◆メールによる原稿添付送信先

E-mail:info@newfoodindustry.com

お問い合わせ、ご質問については出来るだけメールにてご連絡くださるようお願い申し上げます。

以上

月刊 ニューフードインダストリー

NEW FOOD INDUSTRY

定期購読の
ご案内

月刊「ニューフードインダストリー」は今年創刊 50 周年を迎える食品業界誌です。多くの食品メーカー、技術開発部門、研究機関、全国の大学・大学院などの教育機関、図書館などでご愛読いただいております。食の安全・健康・美に関する情報発信、新しい食品のご案内など広く情報を発信しております。

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

年間購読料：**23,760 円**（送料・税込）

お申し込み・お問い合わせは下記 FAX かお電話で

電話：**03-3254-9191** 担当：宇田

FAX：03-3256-9559

ニューフードインダストリー年間購読申込用紙

住所 〒

氏名

会社名・所属

電話

FAX

E-mail

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

ニューフードインダストリー 第52巻 第9号

印刷 平成 22 年 5 月 25 日

発行 平成 22 年 9 月 1 日

発行人 宇田 守孝

編集人 村松 右一

発行所 株式会社食品資材研究会

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10（共同ビル新神田）

T E L：03-3254-9191（代表）

F A X：03-3256-9559

振込先：三菱東京UFJ銀行 京橋支店（普通）0070318

三井住友銀行 日本橋支店（当座）6551432

郵便振替口座 00110-6-62663

印刷所 株式会社アイエムアート

定 価 2,100円（本体2,000円＋税）（送料100円）

email：info@newfoodindustry.com