

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2010 Vol.52 No.10

10

論 説

- 「アサマペポカボチャ」：頻尿・尿失禁の改善および予防のための機能性食品素材
- 大麦・燕麦 β グルカンの構造と免疫賦活活性
- γ -アミノ酪酸を富化させた抗メタボリック二条大麦素材の開発
- 炊飯時の組織構造変化を利用した改質米飯作製の可能性
- コタラヒムブツの多様な保健作用
- 沖縄産カンショ茎葉の高度機能性成分
- 未利用資源を活用した機能性を有する混合発酵茶の開発
- わが国の食中毒はどこで多く発生するのか
- 新潟県と食品メーカーの低塩・減塩活動について

連 載

- 薬膳の知恵 (51)
- 築地市場魚貝辞典 (マサバ)

新製品のご案内 日持向上剤・pH調整製剤アミカノンシリーズ「アミカノン-Neo (ネオ)」



論 説

- ☐ 「アサマペポカボチャ」：頻尿・尿失禁の改善
および予防のための機能性食品素材
..... 斉藤 絵里, 小出 醇 1

- ☐ 大麦・燕麦 β グルカンの構造と免疫賦活活性
..... 綿岡 勲, 浦川 宏, 梶原 莞爾 11

- ☐ γ -アミノ酪酸を富化させた
抗メタボリック二条大麦素材の開発
..... 阿久津 智美, 大山 高裕, 渡邊 恒夫, 山崎 公位 21

- ☐ 炊飯時の組織構造変化を利用した改質米飯作製の可能性
..... 小川 幸春 28

- ☐ コタラヒムブツの多様な保健作用
..... 芳野 恭士 33

- ☐ 沖縄産カンショ茎葉の高度機能性成分
..... 平良 淳誠 43

- ☐ 未利用資源を活用した機能性を有する混合発酵茶の開発
..... 田中 一成, 田丸 静香, 宮田 裕次, 玉屋 圭, 田中 隆, 松井 利郎 49

- ☐ わが国の食中毒はどこで多く発生するのか
..... 高橋 正弘, 池田 恵 60

Contents

2010 年 10 月号

□ 新潟県と食品メーカーの低塩・減塩活動について

..... 田形 暁作 67

連 載

□ 薬膳の知恵 (51)

..... 荒 勝俊 75

□ 築地市場魚貝辞典 (マサバ)

..... 山田 和彦 82

新製品のご案内

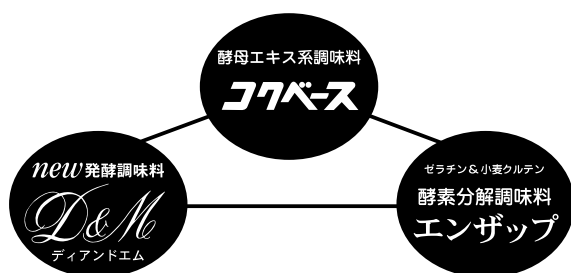
■ 卵白リゾチーム配合の日持向上剤・pH 調整製剤

アミカノンシリーズの新商品「アミカノン®-Neo (ネオ)」

..... エーザイフード・ケミカル株式会社 87

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ



(新発売!) 乳製品にベストマッチな調味料

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



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

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

「アサマペポカボチャ」：頻尿・尿失禁の改善 および予防のための機能性食品素材

斉藤 絵里^{*1} 小出 醇^{*2}

^{*1}SAITO Eri, ^{*2}KOIDE Atsushi (アサマ化成株式会社 第5研究室)

Key Words：ペポカボチャ・排尿障害・頻尿・尿失禁・シストメトログラム

はじめに

高齢社会を迎えた我が国においても欧米社会同様高齢者の排尿障害の頻度が増加しており男女を問わず潜在的に社会問題化していると考えられる。疾病原因は必ずしも明確ではなく、疾病とみなすよりは加齢に伴う老化現象とみなされる場合が多い。しかし、頻尿、尿失禁は生命に関わる症状を呈するものではないとは言え、患者のQOLを著しく低下させ、精神的、肉体的苦痛をもたらす。

排尿障害には蓄尿機能障害と尿排出機能障害とがある。蓄尿機能障害には頻尿と尿失禁（主に切迫性尿失禁と腹圧性尿失禁）が含まれる。また尿排出機能障害には排尿困難、残尿、尿閉等が含まれる。いずれの発症機序も神経因性と非神経因性に分類されるが、最終的には膀胱平滑筋の過剰収縮または不完全収縮を示す病態である。

高齢者に排尿障害を起こす代表的な疾患としては、男女を問わず高い罹患率とQOLに影響を及ぼす過活動膀胱、高齢男性に特有な疾患である前立腺肥大症、中高年、閉経期後女性に圧倒的に多い腹圧性尿失禁を挙げることが出来る。我が国における過活動膀胱患者数は、平成14年度の日本排尿機能学会の調査によるとお

よそ810万人であることが推定されている。またこれに女性の尿失禁患者の7割を占める腹圧性尿失禁患者を加えるとかなりの患者数に上ることが推定される。

我が国では、頻尿・尿失禁治療薬として、抗コリン剤、膀胱平滑筋直接作用薬等の医薬品、各種漢方薬製剤が上市されているが、いずれの薬剤においても多くの副作用が報告されている。また、漢方薬製剤では医薬品との相互作用には十分な注意を要する。一方健康補助食品としては、頻尿・尿失禁の改善または予防を標榜したペポカボチャ種子製剤が上市されている。含有成分は種子油を用いたもの、水溶性抽出画分を用いたもの、あるいはその両者の合剤を用いたものなど様々である。しかし、これら製剤に関してその臨床的効果の裏付けを明らかにしている製剤は極めて少ないと言わざるを得ない。

このような実状の中で、弊社はペポカボチャ (*Cucurbita pepo* L) 種子より油を採取後の各種原料に種々の抽出方法の検討を施し、それらの薬効評価より排尿障害を改善あるいは予防する効果の最も強いと推測される画分を選別し、蓄尿機能障害の改善および予防に有用な素材として「アサマペポカボチャ」を商品化した。

本稿では、排尿機能の生理、ペポカボチャ種子の生物学的作用、排尿障害治療薬としてのペポカボチャ種子利用の背景とその現状等に触れた後、弊社開発の「アサマペポカボチャ」の蓄尿機能障害に対する薬理活性およびその想定される作用機序について紹介したい。

1. 尿路の機能不全並びにその生理について

尿路は上部尿路と下部尿路に分けられる。上部尿路は腎臓から尿管まで、下部尿路は膀胱から尿道までを指す。排尿には下部尿路が特に重要である。男性と女性の下部尿路は解剖学的に異なっている。男性の下部尿路では尿道が長く前立腺が存在するのに対し、女性の下部尿路では尿道が短く前立腺が存在しない。

下部尿路に存在する膀胱の機能は脳の中樞神経によりコントロールを受けている。膀胱は蓄尿と尿排出の相反する二つの機能より成り立っている。蓄尿時は、膀胱の排尿筋は弛緩し尿道括約筋は収縮している。これに対して、尿排出時には逆に膀胱の排尿筋は収縮し尿道括約筋は弛緩している。膀胱の機能不全には原因の不明な場合と明白な場合との2つの形態がある。原因が不明な場合を一次失禁と呼ぶ。

考えられる原因としては、膀胱筋肉の形態変化とその機能異常、神経支配とそれに及ぼすホルモン支配不全（女性の更年期障害等）等がある。一方原因が明白な場合を二次失禁と呼ぶ。原因としては、神経損傷、代謝異常（糖尿病等）、炎症、腫瘍等が考えられる。

1) 排尿障害について

排尿障害には蓄尿機能障害と尿排出機能障害とがある。蓄尿機能障害は、知覚、排尿筋、尿道等の障害に起因する。蓄尿機能に障害が生じると、尿意を感じるが排尿を我慢することが出来ず尿漏れを起こしたり、膀胱内圧を低圧に保つことが出来なくなる。尿排出機能障害は、排

尿筋、尿道の障害に起因する。尿排出機能に障害が生じると、膀胱内圧を高圧に保つことが出来ず、残尿なく排尿することが出来なくなる。

2) 夜間頻尿の定義とその病態について

夜間頻尿とは「夜間睡眠中に排尿のために1回以上覚醒する状態」を言う（国際禁制学会用語基準 2002 年）。有症率は、50 歳代男性で 66%、女性では 58%、80 歳代男性では 91%、女性では 72% と非常に高い。夜間頻尿の病態は「下部尿路疾患を伴うもの」（泌尿器科疾患）と「下部尿路疾患を伴わないもの」（非泌尿器科疾患）に大別される。泌尿器科疾患としては前立腺肥大症、前立腺炎、神経因性膀胱、過活動膀胱等が挙げられる。夜間頻尿は、これら疾患に基づく膀胱委縮、機能的膀胱容量の減少等が原因となる。これに対して、非泌尿器科疾患としては、心機能、腎機能異常、水分の過剰摂取（多飲）、加齢に伴う抗利尿ホルモンの低下、睡眠障害等が挙げられる。なかでも、睡眠障害は尿意覚醒閾値を低下させ、それが機能的膀胱容量の低下につながり、夜間頻尿をひき起こす原因となる。

3) 腹圧性尿失禁並びに切迫性尿失禁（過活動膀胱）について

① 腹圧性尿失禁

咳をしたり、笑ったり、力んだり、くしゃみをしたり、重いものを持った時などに腹部に圧力が増して尿が漏れることを指す。女性の尿失禁の7割近くを占める。原因は、女性は男性よりも尿道が短いことや、出産、更年期障害・骨盤の手術等で膀胱を支える骨盤底の筋肉が緩み、膀胱が下がり尿道を締める筋肉の働きが弱くなることである。また、エストロゲンの減少により尿道の尿の流れに対する抵抗が低下することにも起因し、閉経期の女性に多くみられる。膀胱括約筋に変形が生じると尿失禁を惹き起す原因となる。膀胱括約筋の変形と尿失禁症状は比例する。男性では前立腺除去や、尿道上部や

膀胱頸部の損傷等が原因となる。

② 切迫性尿失禁（過活動膀胱）

膀胱排尿筋の過剰反応が原因であり、一度尿意を催してから数分以上排尿を我慢することが出来なくなる。女性の尿失禁の1割強を占める。尿意と排尿の頻度が特徴である。女性に多く、精神、身体的ストレスが主な原因である。膀胱炎症、尿路結石、膀胱癌等は男女共通の原因となる。多くの女性では両方の要因が複合して生じる腹圧型と切迫型の複合型尿失禁である。

2. 頻尿・尿失禁の予防と治療法

泌尿器科や婦人科の受診による診断検査により、各種予防、治療の手段が講じられる。

1) 体操、失禁パット、外科的処置等による方法

腹圧性尿失禁の場合が主である。骨盤底筋を強化する骨盤筋肉体操、失禁パットの使用、外科的処置等が講じられる。

2) 薬物を用いる方法

① 腹圧性尿失禁の場合

抗コリン剤、平滑筋弛緩剤、性ホルモン剤（エストロゲン製剤）等の薬物が使用される。エストロゲン製剤の使用では、抗コリン剤、あるいは骨盤底筋訓練等の運動療法との併用が求められる。ホルモン補充療法では、心臓病、子宮癌、乳癌等の発症リスクが高くなるとの報告がある。

② 切迫性尿失禁の場合

膀胱を弛緩させる薬物である抗コリン剤がその代表的なものである。ムスカリン受容体をブロックすることで、アセチルコリンと受容体との結合を阻害し膀胱の収縮を抑制する。これらの薬物はカルシウム拮抗作用、局所麻酔作用等も共有している。副作用としては、口渇、便秘、下痢、頭痛等、重篤なものとし

ては血小板減少、肝機能障害、麻痺性イレウス等を有する。

3) 漢方薬療法

漢方は作用が緩和で副作用は少ないと思われるが、重篤な作用が見られる場合もあるので注意を要する。自己判断での使用は危険である。漢方を熟知している医師、薬剤師、漢方医の指導のもとに使用するべきである。

副作用として、発疹、発赤、痒み、不眠、発汗過多、食欲不振、胃部不快感、悪心、嘔吐、下痢、動機、全身脱力感等が共通して認められる。重篤な副作用としては、偽アルドステロン症、ミオパシー、肝機能障害、黄疸等が挙げられる。医薬品との相互作用にはくれぐれも注意が払われるべきである。

4) 機能性ハーブを用いる方法

医薬品、漢方薬、外科手術に比べて副作用が極めて少なく安全である。外傷も残らず、医薬品、漢方薬、外科手術等よりも優れた効果を示す場合がある。女性の多くに見られる腹圧性尿失禁、男女共通に認められる過活動膀胱、男性の良性前立腺肥大に伴う排尿障害等の治療に用いられる。

男女共通に認められる頻尿・尿失禁並びに女性の腹圧性尿失禁の治療を主体とした機能性ハーブとしては、ペポカボチャ種子が使用される。ペポカボチャ種子丸ごと、ペポカボチャ種子の脂溶性、あるいは水溶性抽出画分製剤が使用されている。

男性の良性前立腺肥大に伴って生じる排尿障害治療のための機能性ハーブとしては、ノコギリヤシ、カンゾウ、ペポカボチャ種子、ピジューム、ステインギングネット等が使用される。これらハーブ類は、男性ホルモンのテストステロンから前立腺細胞の増殖を刺激するジヒドロテストステロン（活性型テストステロン）への転化を阻害することにより前立腺肥大を予防すると考えられている¹⁾。

3. ペポカボチャ種子の性状

1) カボチャの種類

カボチャ（南瓜）はアメリカ大陸が原産であり、南瓜という名前はカンボジアから由来したことによる。漢字名も、“「南」の国の「瓜（うり）」”に由来する。英語名は“パンプキン”。カボチャは瓜（うり）科、南瓜属（*Cucurbita*）に分類され、*Cucurbita maxima*（カボチャの西洋種）、*Cucurbita moscha*（カボチャの東洋種）、*Cucurbita pepo*（カボチャのペポ種）が知られている。

2) ペポカボチャ種子の用途

オーストリア、ハンガリー等で栽培され、主として種子を採取し、油の製造に供される。種子油は不飽和脂肪酸含量が高く、食用油としてその栄養学的価値が高い。油を採取した後の画分は安全性の高い食品添加物としてスナック菓子、シリアル、パン、ソーセージ等に、また飼料添加物、医薬品原料としても利用されている。

医薬的用途としては、伝統的に駆虫薬、粘滑薬、利尿薬、強壮剤等に使用されてきた。中でも北アメリカ原住民は、小児の尿性補助、排尿減少の回復、尿の開通補助等を目的として排尿障害の治療に使用してきた。1960年初頭よりドイツ圏において良性前立腺肥大の軽減を中心に一般臨床試験が進められてきた。ドイツ保健省の植物治療薬指針コミッションEモノグラフ（コミッションE：植物治療と薬用植物を担当する委員会）には、*Cucurbita pepo* LINNE が薬用として収載されている。コミッションEモノグラフでは、完熟したペポカボチャ種子丸ごとを一日10g摂取、またはそれに相当する抽出製剤を過敏膀胱および前立腺肥大症ステージⅠ、Ⅱにおける排尿障害の有効な治療薬として認可している。ヨーロッパでは、ペポカボチャ種子製剤は機能性ハーブでありながら医薬品と

して治療に供されている。

3) ペポカボチャ種子の生化学的、薬理学的作用

① 前立腺肥大抑制作用

カボチャ種子に含まれるステロール類、リグナン類は良性の前立腺肥大を抑制するのではないかと想定されている。種子の脂溶性画分には多種類のステロールが含まれている。特に Δ^7 ステロールの含量が高く、その構造がジヒドロテストステロン（DHT）に類似していることからホルモン作用を有すると考えられている。 Δ^7 ステロールは前立腺組織と高い親和性を有し、

(1) ヒトの繊維芽細胞を用いた実験系においてDHTと細胞受容体との結合を阻害する、

(2) ヒトの繊維芽細胞を用いた実験系において5 α -レダクターゼ活性を阻害する、

(3) 副腎摘出ラットにペポカボチャ種子抽出エキスを投与すると用量依存的に前立腺組織の発達を阻害する、

等の作用を有することが報告されている。このようなことから、ペポカボチャ種子の良性前立腺肥大抑制作用は、種子に含まれるステロール類が前立腺組織でのDHTの蓄積を軽減させることによるものと推測されている²⁾。

ペポカボチャ種子にはリグナンの一種Secoisolaliciresinol（SECO）が3.8mg/kg・種子含まれることがHPLCにより同定されている。SECOは熱に不安定であり、油の抽出過程で20分間の種子の焙煎により破壊される³⁾。リグナン類は5 α -レダクターゼ活性阻害作用、アロマターゼ活性阻害作用、性ホルモン結合グロブリンとの高い親和性等を有することが報告されている。

② 利尿作用⁴⁾。

Δ^7 ステロールグリコシドを含むエタノール抽出エキスをラットに経口投与し、食塩水投与の対照群に対して有意に利尿作用を示したとの

報告がなされている。

③ 駆虫作用

種子から駆虫薬成分のククルビチンが単離されている。ペポカボチャ種子は現在でも寄生虫の感染症治療に用いられている。

④ 蛋白質合成に対する作用⁵⁾。

種子には塩基性蛋白質ペポニンが含まれる。ペポニンは無細胞蛋白質合成系において蛋白質の合成を阻害することが報告されている。

⑤ 血液凝固・線溶系に対する作用⁶⁻⁸⁾。

カボチャ種子からトリプシン阻害活性を有し、血液凝固因子に対しても阻害活性を有する化合物が単離されている。

⑥ 膀胱機能に対する作用⁹⁻¹¹⁾。

カボチャ種子抽出エキ스는膀胱内圧および尿道内圧を有意に低下させる作用を有することが報告されている。有効成分は不明であるが、ステロール類、リノール酸、アルギニン等が候補物質のひとつと想定されている。

4. 国内外の報告に見られるペポカボチャ種子の排尿障害に対する一般臨床試験

海外において実施された臨床試験は、種子丸ごとまたは脂溶性画分を用いての男性の良性前立腺肥大の治療に関するものである。カボチャ種子 66% 含有顆粒末の 8 週間～12 ヶ月の投与では、前立腺腫Ⅰ～Ⅱ期、Ⅱ期～Ⅲ期での排尿痛の治療に対して、日中および夜間の排尿頻度、夜尿、排尿痛等に改善が認められている。また、刺激膀胱の治療を目的に男性および女性に 8 週間投与した試験では、排尿指数が 59% 改善増であり、頻尿、夜尿、排尿痛、尿漏れ等で改善が認められている。カボチャ種子とカボチャ油との合剤、あるいはこれに他の植物エキスを加えた合剤を用いた試験では、男性の前立腺肥大症Ⅰ～Ⅲ期を含む被験者に対する数週間～数ヵ月間の投与で、排尿痛、膀胱の圧迫感、排尿頻

度等において有効な結果が得られている。主観的症狀の改善率は 30% 程度であり、尿力学的パラメータに変化が認められなかった報告もある。男女混在被験者に対してカボチャ種子複合剤を用いたその他の試験では、排尿頻度、排尿困難、夜尿、尿意、失禁、痛み、膀胱圧等に関して、主観的/客観的改善度に良好な結果が得られている^{12, 13)}。

我が国においては、ペポカボチャ種子水溶性抽出物に大豆胚芽エキスを配合した混合加工食品を用い、高齢者を対象とした女性の腹圧性尿失禁、男性および女性の夜間頻尿に対する一般臨床試験成績が報告されている¹⁴⁻¹⁶⁾。国内外で報告されている臨床試験を見る限り、カボチャ種子の脂溶性画分および水溶性画分の両方に臨床効果が認められる。カボチャ種子の脂溶性画分製剤は主として男性の良性前立腺肥大症に、水溶性画分製剤は女性の腹圧性尿失禁、男性および女性高齢者の夜間頻尿に効果が認められている。

5. ペポカボチャ種子水溶性抽出画分製剤を用いた一般臨床試験

ペポカボチャ種子の水溶性抽出物 (Emil Flachsmann 社製: EFLA®940) に大豆胚芽エキス (㈱常盤植物化学研究所製: ISOMAX-30) を配合した混合加工食品 (㈱テルヴィス製造・販売) を用い、高齢者を対象とした女性の腹圧性尿失禁、男性および女性の夜間頻尿に対する一般臨床試験成績が報告されている¹⁴⁻¹⁶⁾。これら 3 報の論文ではいずれの報告においても高い有効性が認められている。また安心して摂取してもらえると考えられた。

さらに、これら臨床試験の効果を裏付けるために、原料である水溶性抽出物についてラット生体位膀胱機能に対する作用 (シストメトログラム) を実施した。その結果、ペポカボチャ種

子の水溶性抽出物は排尿回数の有意な減少および排尿遅延指数の有意な増加を示し、ペポカボチャ種子水溶性抽出物は膀胱内圧を低下させ最大膀胱容量を増加させることを示唆する結果を得た。これらシストメトログラムの結果から、臨床試験での有効性はペポカボチャ種子水溶性抽出物がその作用成分として関与していると考えられる¹⁷⁾。

6. 排尿障害治療薬の薬効評価方法

医薬品並びに機能性食品素材等の有効性評価には主として下記の二つの手法が用いられる。

1) 膀胱平滑筋標本並びに前立腺平滑筋標本を用いる試験方法¹⁸⁾。

① 膀胱平滑筋標本を用いる方法

膀胱平滑筋はアドレナリン作動性の交感神経支配（蓄尿）とコリン作動性の副交感神経支配（排尿）を受けており、抗コリン薬は主として蓄尿機能障害に用いられ、コリン作動薬は排尿機能障害に用いられる。本試験法は、ウサギ、ラット、モルモット等の摘出平滑筋（膀胱、回腸）を用いた *in vitro* 試験法であり、塩化カルシウム、塩化バリウム、塩化カリウム等は収縮作用を示す。アセチルコリン、ATP 等の副交感神経興奮作用物質に対して抑制作用を有する抗コリン剤は、最大排尿収縮圧を低下させ、律動的膀胱収縮に対する収縮力を低下させる作用を有する。また、塩化カリウム等の直接膀胱平滑筋収縮に対して抑制作用を有する物質は、膀胱容量増加作用並びに律動的膀胱収縮頻度を減少させる作用を有する。

膀胱平滑筋標本を用い、ムスカリン受容体に対する作用、塩化カリウム収縮に対する作用、 Ca^{2+} フリー栄養液を用いる試験法等による評価が報告されている。

ここではムスカリン受容体に対する作用を用いた試験法を述べる。本試験はムスカリン受容

体作動薬であるカルバコールを用いて膀胱平滑筋の収縮を誘発させ、被験物質（ここではアトロピン；ムスカリン受容体遮断薬）による収縮抑制作用を調べるものである。アトロピンはカルバコールによる収縮を用量依存的に抑制し、その濃度—反応曲線を右方に平行移動させる。このアトロピンによる抑制様式をムスカリン受容体遮断による競合的な拮抗作用と呼び、アトロピンと同様の作用様式により膀胱平滑筋を弛緩させる物質を抗コリン剤と言う。

被検物質が摘出膀胱平滑筋に対してアトロピン同様にカルバコールによる収縮に対して抑制作用を示しその濃度—反応曲線を右方に平行移動させた場合、その被検物質は膀胱平滑筋に対してムスカリン受容体を介したアセチルコリンによる収縮を競合的な拮抗作用により抑制し弛緩したものと推測される。一方、被検物質が膀胱平滑筋に対してアセチルコリンによる収縮を抑制するがその抑制が完全ではなく、かつ濃度—反応曲線を右方に平行移動させない場合、被験物質は、ムスカリン受容体に対するアセチルコリンの反応に対し非拮抗的に作用することにより、アセチルコリンによる収縮を抑制し弛緩させたと推測される。

図 1 に、ウサギ膀胱平滑筋のカルバコール収縮に対するアトロピンによる拮抗作用を示す。

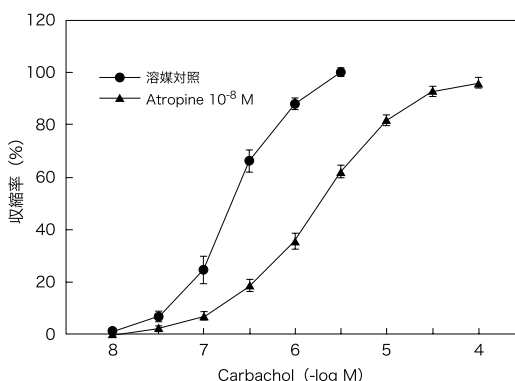


図 1 ウサギ膀胱平滑筋の Carbachol 収縮に対する Atropine の作用¹⁸⁾

過活動膀胱治療薬（蓄尿機能障害改善薬）として多くの抗コリン剤が使用されており、これらの薬剤はいずれもムスカリン受容体に対するアセチルコリンの刺激に対して拮抗的に作用し、かつカルシウム拮抗作用を併せ持つ。

② 前立腺平滑筋標本を用いる方法

前立腺肥大症に伴う排尿障害治療薬の薬効評価には前立腺平滑筋標本が用いられる。前立腺肥大症は、排尿機能障害に加えて蓄尿障害を併せ持つ疾患である。前立腺肥大症では、前立腺肥大による尿道の圧迫と、アドレナリン作動性の交感神経を介した膀胱平滑筋の過剰収縮とにより排尿障害が惹起される。発症には交感神経の活性化に伴い神経末端から放出されるアドレナリンが α_1 -受容体に結合することによる α_1 -受容体の刺激が関与している。従って、前立腺肥大に伴う排尿障害の治療には、薬物療法としては α_1 -アドレナリン受容体遮断薬が用いられる。本試験法は、前立腺平滑筋標本を α_1 -アドレナリン受容体作動薬であるノルエピネフリンで誘発させた収縮に対する5-メチルウラピジル（5-methylurapidil：5-MU； α_1 -アドレナリン受容体遮断薬）の作用を調べるものである。5-MUは濃度－反応曲線を右方に平行移動させたため、ノルエピネフリンによる収縮を競合的に抑制したと推測される。図2に、ウサギ前立腺平滑筋のノルエピネフリン収縮に対する5-MUによる拮抗作用を示す。

2) シストメトログラム/膀胱内圧測定法^{17,19)}。

シストメトログラム/膀胱内圧測定は、膀胱、尿道、排尿反射中枢を含めた膀胱機能の総合的観察を可能にするので、麻酔動物を用いて広く排尿障害治療薬の薬効評価に用いられる。

本試験法は、ラットを麻酔後、腹部を切開し、膀胱内圧測定用トランスデューサー及び薬剤注入用ポンプを装着し、被検物質投与前後の膀胱の内圧変化をポリグラフに記録し、膀胱内圧に及ぼす被検物質の作用を経時的に追跡する

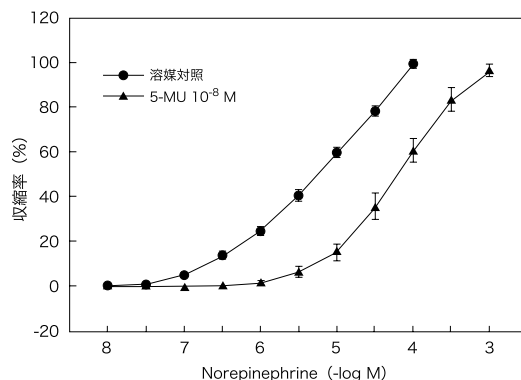


図2 ウサギ前立腺平滑筋の Norepinephrine 収縮に対する 5-methylurapidil (5-MU) の作用¹⁸⁾。

ものである。被検物質が膀胱に作用し膀胱平滑筋に対する刺激を緩和すると、膀胱の内圧は低下し膀胱の蓄尿量は増加する。その結果、排尿間隔は延長し排尿回数は減少する。安定な排尿反射を確認するために、一定流速で膀胱に注入する検液として滅菌生理食塩水を用いた正常モデル、0.2% 酢酸・生理食塩水を用いた低 pH 刺激頻尿モデル等が報告されている。本試験法により得られる排尿間隔、排尿閾値圧（排尿収縮開始前の内圧）および最大排尿収縮圧（排尿収縮時の最高内圧）を指標に排尿間隔の短縮、排尿閾値圧の低下に対する改善の程度、最大排尿収縮圧に対する影響等を統計解析し、それに基づく試験成績から過活動膀胱に伴う頻尿・尿失禁に対する被検物質の有効性が評価される。

7. アサマベボカボチャの薬理活性

「アサマベボカボチャ」の排尿障害に対する効果を、シストメトログラム/膀胱内圧測定法（*in vivo* 試験）^{17,19)} 並びにウサギ摘出膀胱平滑筋を用いた試験（*in vitro* 試験）¹⁸⁾ により評価した。下記に示す如く、いずれの試験においても有意な結果が得られた。

図3に、低 pH 刺激頻尿モデルラットを用い、「アサマベボカボチャ」の薬理効果をシスト

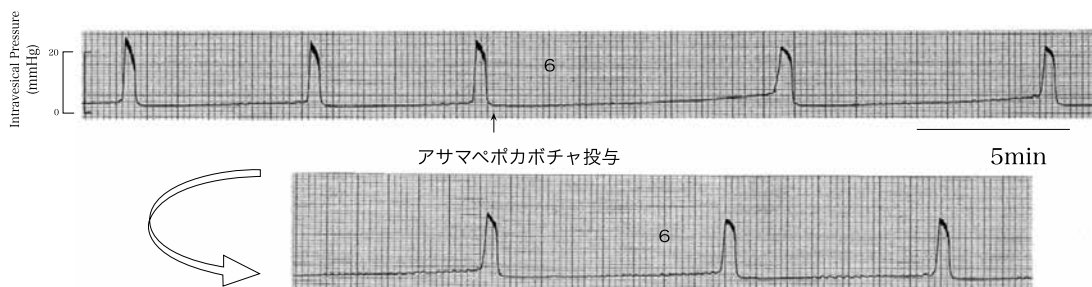


図3 低 pH 刺激頻尿モデルラット膀胱内圧曲線

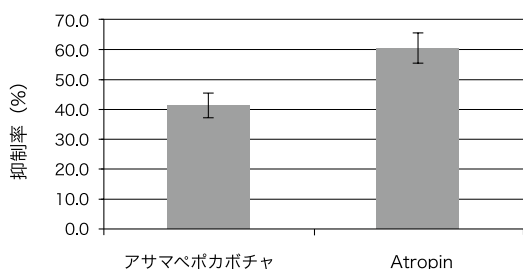


図4 ウサギ膀胱平滑筋のカルバコール収縮に対する「アサマベポカボチャ」およびアトロピンの収縮抑制

ログラム / 膀胱内圧測定法により評価した結果を示す。低 pH 刺激頻尿モデルラットに「アサマベポカボチャ」を 100mg/kg 投与した場合、図にみられる如く投与直後で $51.2 \pm 12.4\%$ の排尿間隔延長を示した。投与 30 分後では $33.0 \pm 1.8\%$ の排尿間隔延長作用が認められた。さらに、排尿閾値圧を投与直後で $44.3 \pm 6.6\%$ 、投与 30 分後で $17.7 \pm 8.2\%$ 上昇させた。また、低下すると残尿増加につながると考えられる排尿収縮圧については影響を及ぼさなかった。これらの結果から、「アサマベポカボチャ」は尿排出時の膀胱収縮圧は低下させずに、蓄尿時の過度の膀胱平滑筋収縮を抑制することが示唆された。

図4、図5に、ウサギ摘出膀胱平滑筋を用いて、カルバコールによる収縮に対する「アサマベポカボチャ」の収縮抑制作用を示した。「アサマベポカボチャ」は、6mg/ml の濃度においてカルバコール $[CCh]=3 \times 10^{-6}M$ による収縮を

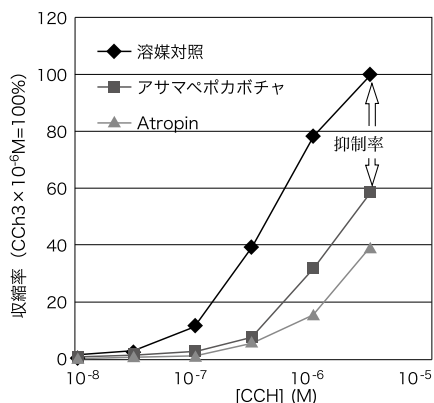


図5 ウサギ膀胱平滑筋のカルバコール収縮に対する「アサマベポカボチャ」およびアトロピンの作用

$41.3 \pm 5.4\%$ 抑制した。これに対し、陽性対照であるアトロピンは $10^{-8}M$ 濃度で $60.7 \pm 3.3\%$ の抑制を示した。

7. 「アサマベポカボチャ」の想定される作用機序

「アサマベポカボチャ」はラットを用いたシストメログラム並びに摘出ウサギ膀胱平滑筋を用いた両試験において、共に抑制作用を有することが確認された。摘出ウサギ膀胱平滑筋を用いた試験において、ムスカリン受容体作動薬が細胞外からの Ca^{2+} 流入の促進並びに筋小胞体からの Ca^{2+} の遊離を促すことが明らかにされている²⁰⁾。一方、ほとんどの抗コリン剤はカルシウムチャネルを介した細胞内へのカルシウムの流入を選択的に抑制する Ca 拮抗作用を

併せ持つことが知られている。従って、「アサマペポカボチャ」がカルバコールによるムスカリン受容体を介した収縮を抑制することから、同エキス末も抗コリン様作用と同時にCa拮抗作用を併せ持つことにより、膀胱平滑筋を弛緩させることは十分に想定出来る。

一方、「アサマペポカボチャ」はシストメトログラムにおいて低pH刺激(0.2%酢酸溶液の膀胱内注入)により誘発される排尿間隔の短縮および排尿閾値圧の低下に対して排尿間隔を延長させ、排尿閾値圧を上昇させる効果を示した。このことは、「アサマペポカボチャ」が低pH刺激により亢進される排尿反射経路(尿路上皮・膀胱から生じる求心性および遠心性の反射経路)のいずれかの部位を抑制した結果、排尿間隔が延長し、排尿閾値圧が上昇したものと推測される。また、低pH刺激は膀胱や尿路上皮に分布する知覚神経(C-fiber)終末に存在する酸感受性陽イオンチャネル(ASIC)の開口、カプサイシン結合受容体(TRPV1)やPGE2受容体等複数の受容体への活性化作用を有することから、「アサマペポカボチャ」はこれら受容体に抑制的に作用することにより過活動膀胱に対し改善効果を有することが想定される²¹⁾。

おわりに

ヨーロッパでは植物エキ스가処方され代替え治療薬として使用されているが、我が国および米国では健康食品として用いられているにすぎない。この原因は、ある種の植物抽出液では効果は認められているものの、多くのハーブ治療薬の効能が未だ外部機関による臨床試験により十分に証明されていないことに起因すると思われる。

ペポカボチャ種子は食経験のある食品素材であり、民間療法として、駆虫薬、粘滑薬、利尿剤、強壯剤等として使用されてきた歴史

がある。ドイツのコミッションEモノグラフ(Kommission E Monograph: ドイツ保健省の植物治療指針)にはペポカボチャ種子が薬用として収載されており、ヨーロッパ各国では処方薬として過敏膀胱、良性前立腺肥大症並びに尿路疾患の治療に広く使用されている。また、ペポカボチャ種子製剤を用いた良性前立腺肥大症並びにそれに伴う排尿障害の治療に関する数多くの臨床試験成績が主にヨーロッパにおいて報告されている。一方、我が国においても数多くのペポカボチャ種子製剤が頻尿・尿失禁の改善を目的として上市されており、その成分は種子油を用いたもの、水溶性画分を用いたもの、あるいは両者の合剤を用いたものなど様々である。

弊社では、医薬品研究において排尿障害治療薬の薬効評価に用いられているシストメトログラム/膀胱内圧測定法および膀胱平滑筋標本を用いる手法により、ペポカボチャ種子を出発原料として抽出方法の検討を行ない、これら二つの評価系において最も活性の強い画分を使用してペポカボチャ水溶性抽出物「アサマペポカボチャ」の製造方法を確立した。従って、薬効評価の裏付けに基づき製造された弊社のペポカボチャ水溶性粉末「アサマペポカボチャ」は、蓄尿機能障害の改善あるいは予防に対する有用な機能性食品素材と言える。

今後、薬効評価に裏付けされた素材を用いた商品設計が行なわれ、かつ適切な薬理試験あるいは臨床試験が実施される必要がある。ハーブ治療薬は値段が安価で、医薬品、漢方薬等とは異なり長期投与が可能であり、副作用も緩和あるいは稀である。ペポカボチャ種子製剤を、過活動膀胱を含めた排尿障害治療薬として確固たるものにするためには、今後標準化された製剤を用いての臨床試験による有効性の立証が一層望まれるところである。

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

- 1) J.A. Duke, “グリーンファーマーシ”, 星合和夫訳, 健康産業新聞社.
- 2) Gossel-Williams M, Davie A, O’ Connor N : Inhibition of testosterone-induced hyperplasia of the prostate of Sprague –dawley rats by pumpkin seed oils. *J Med Food*, **9**(2), 284-286, (2006)
- 3) Murkovic M, Piironen V, Lampi AM, Kraushofer T, Sontag G : Changes in chemical Composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 1: non-volatile compounds), *Food Chemistry*, **84**, 359-365, (2004)
- 4) Kal K, Sarin JP, Khanna NM : Diuretic activity of vittadinolide-A-sterol glucoside from *Vitadinia australis* A Rich, *Indian J Pharmacology*, **39**(1), p17-18, (1977)
- 5) Gerhauser C, Samtleben CR, Tan GT, Pezzuto JM, Lottspeich F, Wagner H : Peponin, a new ribosome-inactivating protein isolated from the seeds of *Cucurbita pepo* L. inhibits human immunodeficiency virus Type 1 reverse transcriptase, *Pharmaceutical Pharmacological Letters*, **3**, p71-75, (1993)
- 6) Krishnamoorthi R, Cong YX, Richardson M : A new protein inhibitor of trypsin and activated Hageman factor from pumpkin (*Cucurbita maxima*) seeds, *FEBS Lett.*, **273**(1-2), p163-167, (1990)
- 7) Yamamoto T, Kozono K, Cochrane CG : The Hageman factor –dependent system in the vascular permeability reaction, *Biochim Biophys Acta*, **966**(2), p196-202, (1988)
- 8) Hojima Y, Pierce JV, Pisano JJ : Pumpkin seed inhibition of Hageman factor XII (activated Hageman factor) and bovine trypsin. *Biochemistry*, **21**(16), p3741-3746, (1982)
- 9) Abrams PH, Fenely RC : The actions of prostaglandins on the smooth muscle of the human urinary tract *in vitro*, *British Journal of Urology*, **47**, 909-915, (1976)
- 10) Persson K, Igawa Y, Mattiasson A, Andersson KE : Inhibition of the arginine/nitric oxide pathway causes bladder hyperactivity in the rat, *Acta Physiol Scand*, **144**, p107-108, (1991)
- 11) Persson K, Igawa Y, Mattiasson A, Andersson KE : Inhibition of the arginine/nitric oxide pathway in the rat lower urinary tract *in vivo* and *in vitro*, *Br J Pharmacol*, **107**(1), p178-184, (1992)
- 12) Sonnenschein R : Reizblase and prostatitisches syndrome, *Therapiewoche*, **32**, p3947-3950, (1982)
- 13) Lenau H, Hoxter G, Muller A, Maier-lenz H : Wirksamkeit und verträglichkeit von cysto fink bei patienten mit reizblase und / oder harminkontinenz, *Therapiewoche*, **34**(42), p6054-6059, (1984)
- 14) 曾我部 仁史, 寺戸 隆 : 薬用ペポカボチャ種子抽出エキスおよび大豆胚芽抽出エキスの混合加工食品の夜間頻尿に対する一般臨床試験, *医学と薬学*, **46**(5), p727-738, (2001)
- 15) 柳沢 瑛, 佐藤 泉 : 薬用ペポカボチャ種子抽出エキスおよび大豆胚芽抽出エキスの混合加工食品の腹圧性尿失禁に対する有用性試験, *医学と薬学*, **50**(3), p313-322, (2003)
- 16) 寺戸 隆, 曾我部 仁史, 斎藤 浩樹 : 食用ペポカボチャ種子抽出エキスおよび大豆胚芽抽出エキスの混合加工食品の夜間頻尿に対する一般臨床試験, *医学と薬学*, **52**(4), p551-561, (2004)
- 17) 畑 和也, 棚橋 新也, 脇田 桂久, 立崎 秀, 小出 醇 : ペポカボチャ種子水溶性抽出エキスのラット生体位膀胱機能に対する作用, *医学と薬学*, **54**(3), p339-345, (2005)
- 18) 排尿障害とその改善物質の評価について : 食品機能研究ニューズ, 第 22 号, 2007 年 3 月 19 日発行, 株式会社メルシャンクリンテック 環境検査部
- 19) Shinozaki S, Saito M, Kawatani M : Loxoprofen inhibits facilitated micturition reflex induced by acetic acid urinary bladder infusion of the rat, *Biomedical Research*, p29-33, (2005)
- 20) 岸本 直 : 泌尿・生殖器, 平滑筋実験マニュアル (浦川紀元, 唐木明 編), p108-116, 文永堂, 東京, 1995 年
- 21) 野坂 邦雄, 林田幸吉 : 私信

大麦・燕麦 β グルカンの構造と免疫賦活活性

綿岡 勲^{*1} 浦川 宏^{*2} 梶原 莞爾^{*3}

^{*1} WATAOKA Isao, ^{*2} URAKAWA Hiroshi, ^{*3} KAJIWARA Kanji (京都工芸繊維大学繊維科学センター)

Key Words : β グルカン・大麦・燕麦・食物繊維・免疫賦活活性

はじめに

最近 β グルカンの名前をよく耳にするようになった。サプリメントとしていろいろな β グルカンが販売されているが、その効果の程はわからない。 β グルカンと一概に言っても、キノコ類から抽出される主鎖が β -(1,3)-glucan で構成される β グルカンのように抗腫瘍活性剤として医薬として公式に認められているものから、地衣類や穀物の β グルカンのように主鎖が β -(1,3)-glucan と β -(1,4)-glucan の共重合体である β グルカンのように健康食品的な取り扱いをされるものまで範囲が広い (表 1 参照)。キノコ類 β グルカンの抗腫瘍活性^{1, 2)} はその 3

重らせん構造とその円筒状構造から突き出たオリゴ糖側鎖が関与していると考えられている。つまり抗がん、抗菌、抗血栓等の免疫賦活活性は 3 重らせんで構成される円筒状構造の表面からその外側へ突き出た親水性オリゴ糖側鎖が生体応答モディファイアー (Biological Response Modifier; BRM) として機能することが重要で、側鎖のタイプには依らないがその分布状況は活性効率に影響するという結論が一般的に受け入れられてきた。それに反して大麦・燕麦の β グルカンは 3 重らせん構造を取らずまた側鎖もないので抗腫瘍活性もないとされている。

食物繊維として大麦や燕麦に含まれる β グル

表 1 食物繊維の分類

起源	分類	成分
細胞構造物質 (不溶性)	セルロース	β グルカン
	ヘミセルロース	キシラン, マンナン, ガラクタン
	ペクチン質 (不溶性)	ガラクトロナン
	リグニン	芳香族炭化水素重合体
	キチン	ポリグルコサミン
細胞非構造物質 (水溶性)	ペクチン類 (水溶性)	ガラクトロナン
	植物ガム	ポリウロニド
	粘質物	マンナン類
	海藻多糖類	アルギン酸, カラゲナン, 寒天
微生物産生多糖	キサンタンガム	グルクロマンノグルカン
	カドラン	β (1,3) グルカン
化学修飾多糖	セルロース誘導体	カルボキシルメチルセルロース

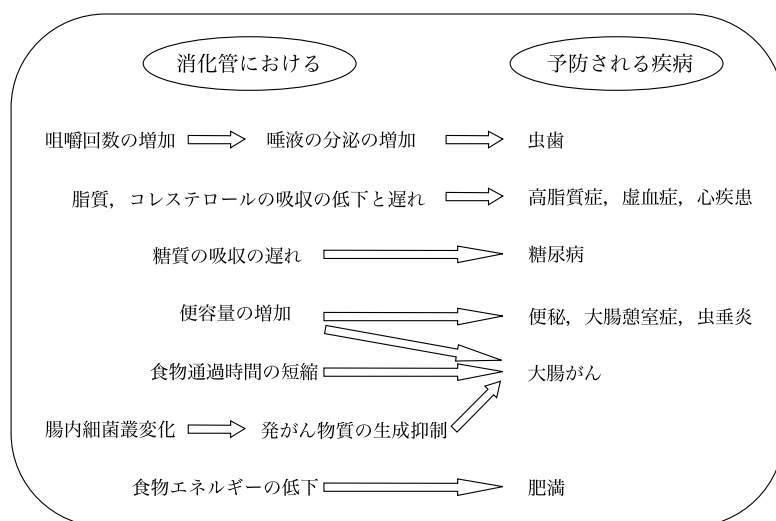


図1 食物繊維の生理活性

カンハシ高コレステロール血症の被験者で行った実験では1日5～20gの摂取で効果が認められている。また血中中性脂肪濃度低下にも効果があった。一方食物繊維摂取とがん発症の関係についてはまだ不明な部分が多く、大腸がんには有効という報告もあるが全体的には否定的な報告が多い。ただ最近になって大麦のβグルカンに免疫賦活効果があるという報告もあり³⁾、その免疫賦活機構に興味が持たれている。

食物繊維は植物の可食部分あるいは類似炭化水素で、人間の小腸では消化されず吸収もされないが、大腸において完全にあるいは部分的に発酵分解するものと定義されている。この食物繊維が便通を良くし、血中コレステロールを低下し、血中グルコース濃度を希釈する生理的効果は古くから認められていた。最近では可溶食物繊維、不可溶食物繊維と区別されるようになり、それぞれの機能も明らかになりつつある(表1参照)。特に可溶食物繊維は大腸内微生物によって分解され、短鎖脂肪酸(SCFA)や水素、二酸化炭素、メタンといったガスになる。

SCFAは主としてアセテート、プロピレート、ブチレートであるが、特にブチレートは試験管内でのがん細胞増殖を阻止する機能が見つっ

ており、食物繊維摂取による大腸がん予防はこのブチレートに起因するものと考えられている。またプロピオネートは大腸筋肉を刺激して排泄を容易にする。SCFAは腸粘膜を刺激して水や電解質の吸収を助長し、大腸血流を活性化することにより吸収された電解質の輸送を容易にすることが知られている。SCFAの増加は腸内酸性度を少し上げ、腐敗菌や病原菌の活動が抑制される。その結果肝臓の負担も軽減され、皮膚の色つやもよくなる。一般に食物繊維の消化器官における作用は図1にまとめた通りであるが、まだよくわからないところもあり、今後の研究の積み重ねが必要である。

では食物繊維としてのβグルカン類は腸管内でどのように分解され、吸収され、生理作用を発現するのだろうか。本報ではβグルカンの構造と生理活性を中心に食物繊維としての特徴をまとめてみる。

1. βグルカンの構造による分類

通常βグルカンと総称される多糖類は古くから民間の伝承薬として用いられてきたものも多く、比較的研究が進んでいる分野でもある。

β グルカンと総称される多糖類はグリコピラノシル残基を基礎とする炭水素で、イースト、キノコ、微生物の細胞壁の構成成分であり、穀類の胚乳細胞壁にも含まれているが、構造的に4種に分類できる(表2参照)。微生物由来

の β グルカンであるカードランは直鎖状のポリ $\beta(1,3)$ -D-グリコピラノシルで、水溶液中で3重らせん構造を取ることが知られているがその生理活性についてはほとんど報告がない。キノコ由来の β グルカンはほとんどが短い $\beta(1,6)$

表2 由来別 β グルカンの構造的特徴

β グルカンの種類	構造の模式図	具体例
バクテリア由来		直鎖 $\beta(1,3)$ グルカン (カードランなど)
菌由来		$\beta(1,6)$ の短側鎖を持つ 直鎖 $\beta(1,3)$ グルカン (シゾフィランなど)
酵母由来		$\beta(1,6)$ の長側鎖を持つ 直鎖 $\beta(1,3)$ グルカン (パン酵母など)
穀物由来		直鎖 $\beta(1,3)/\beta(1,4)$ グルカン (大麦・燕麦など)

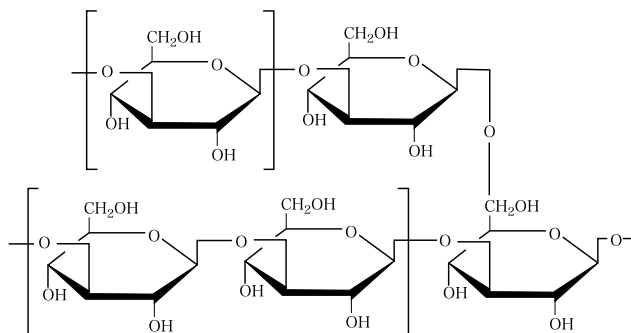
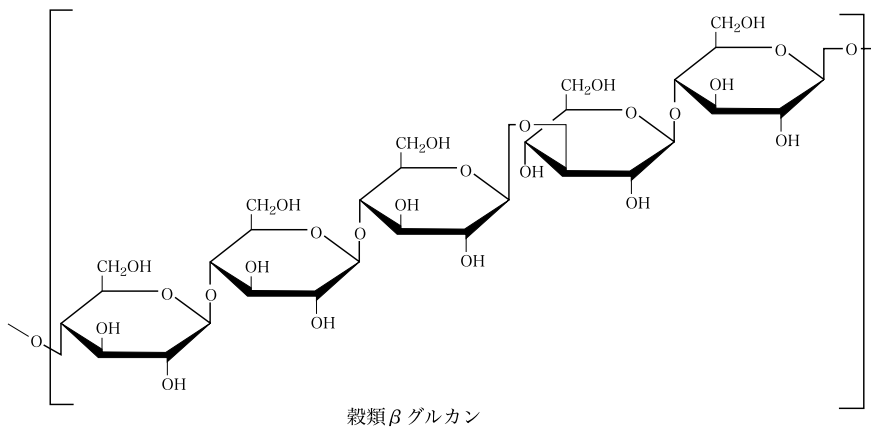


図2 β グルカンの化学構造

結合した分岐を持つポリ $\beta(1,3)$ -D- グリコピラノシルで、シゾフィラン、レンチナン等に代表されるように抗腫瘍活性を示す。分岐度はその由来によって異なり 0.04 から 0.75 の範囲にあるが、抗腫瘍活性が強いものは分岐度が 0.20 から 0.33 の範囲にある。イースト由来 β グルカンはポリ $\beta(1,3)$ -D- グリコピラノシルが主鎖を構成している点ではキノコ由来と変わらないが、 $\beta(1,6)$ 結合分岐が比較的長く伸びているのが特徴である。大麦や燕麦の胚乳細胞壁に含まれる β グルカンは $\beta(1,4)$ グリコピラノシルオリゴマー（セロオリゴマー、2 糖あるいは 3 糖である場合が多い）が単一の $\beta(1,3)$ 結合によって結ばれた直鎖状多糖で、分岐はない。図 2 に β グルカンの化学構造を示す。主鎖の結合様式、分岐の有無や長さ、分岐度、電荷の有無、分子量などの要因によって溶解度が異なり、溶液中の構造さらにはその生理活性も変化する。

2. β グルカンの生理活性

β グルカンの生理活性、特に抗腫瘍活性と血中コレステロール低下作用、に関して表 3 にまとめた。 β グルカンの生理活性に関してさまざまな矛盾する結果が報告されており、分からない部分が多い。キノコ由来の β グルカンであるシゾフィランは抗癌剤として認められているが、その抗癌作用機構に関しては未だ十分理解されていない。キノコ類やイースト菌から抽出

された β グルカンが免疫細胞の反応を高めることは試験管実験では確認されている。免疫反応は炎症性サイトカイン増殖、酸化破壊、ケモカイン産生により促進される。

キノコ由来 β グルカンの場合、3 重らせん構造が抗腫瘍活性発現の必要条件とされており、そのため分子量が 2 万以上でなければならない。 β グルカンを認識する C 型レクチンレセプターである。 β グルカンの免疫賦活効果には β Dectin-1 が重要な役割を担っていると考えられているが、 β Dectin-1 の認識には 3 重らせん構造は必要ないところから、3 重らせんが抗腫瘍活性発現の必要条件ではないという説もある⁴⁾。また、分岐の存在が十分条件でカードランのように分岐がない β グルカンは抗腫瘍活性を示さない。硫酸基、リン酸基、カルボキシル基の導入により抗腫瘍活性は少なくとも維持されるし、多くの場合促進される。カードランに硫酸基をエステル結合させた誘導体は抗腫瘍活性を発現するという報告もある。

イースト菌由来の β グルカンに関しては、感染症罹病率を下げるという報告もあるし、術後の抗生物質使用量を軽減し集中治療室滞在期間を短くし延命率が増加する。

一方、穀類胚乳外皮から得られる β グルカンは、主鎖が基本的には $\beta(1,4)$ 結合であり、そのところどころが $\beta(1,3)$ 結合に置き換えられている直鎖高分子であるところから、いわゆる

食物繊維として補助食品的取扱いを受けてきた。高分子量のもものは増粘剤、低分子量のものはその特異な熱可逆ゲルの挙動を応用したミルク製品やパン類の脂肪代替品として応用されている。地衣類から採れる β グルカンであるリケナンも穀類 β グルカンと同じような化学構造をもつが、その誘導体（硫酸エチル化、硫

表 3 β グルカンの生理活性

	抗腫瘍活性	血清コレステロール低下
燕麦 β グルカン	△	○
大麦 β グルカン	△	○
リケナン	×	?
シゾフィラン	○	?
レンチナン	○	?
酵母グルカン	△	?
カードラン	×	?

酸プロピル化, 硫酸ブチル化) も含めて抗腫瘍活性を示さない。これに反しカードラン誘導体は抗腫瘍活性を示すようになることから, 主鎖が $\beta(1,3)$ 結合骨格であることが抗腫瘍活性の必要条件であるとされている⁵⁾。食物繊維の摂取が大腸がんの発生を抑制するという報告もあるが, 疫学研究の結果が一致しておらず, 否定的な報告もあり, 食物繊維の大腸がん発症への関与は不確定である。しかし穀類の β グルカンが高コレステロール血症の臨床実験における実績が非常に高いことから, 穀類 β グルカンは

単なる物理的效果による血清コレステロール低下作用ではなく, 何らかの生理的效果があると考えられている。

3. 大麦・燕麦 β グルカンの構造

穀類あるいは地衣類由来の β グルカンは前述したようにグリコピラノシル残基が $\beta(1,3)$ 結合と $\beta(1,4)$ 結合でつながった直鎖状の重合体である。ここで穀類由来の β グルカンは $\beta(1,4)$ 結合と $\beta(1,3)$ 結合の比率が 2:1, 地衣類由来の β グルカンは $\beta(1,4)$ 結合と $\beta(1,3)$ 結合の比率が 3:1 である。基本的な鎖の形態は図 3 に示すようにグリコピラノシル残基の結合様式によって変わる。単一 $\beta(1,3)$ 結合の場合, 主鎖骨格を平面上に置くと湾曲したコイル状の形態を取るが, $\beta(1,4)$ 結合が含まれると比較的鎖が伸び切った形態になることが分かる。セルロースの骨格で

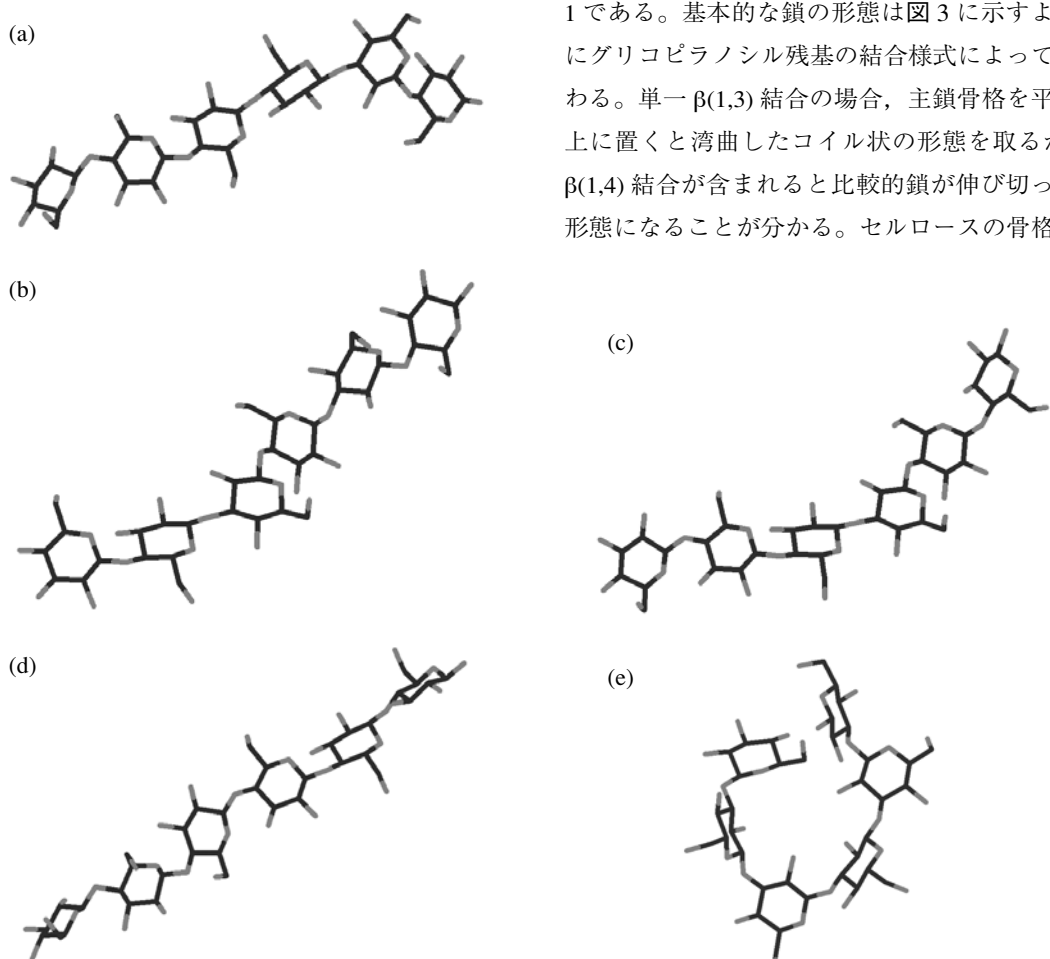


図 3 穀物・地衣類 β グルカンの基本コンフォメーション

(a) $\beta(1,4)$ - $\beta(1,4)$ - $\beta(1,4)$ - $\beta(1,3)$ - glucan, (b) $\beta(1,4)$ - $\beta(1,3)$ - glucan, (c) $\beta(1,4)$ - $\beta(1,4)$ - $\beta(1,3)$ - glucan, (d) $\beta(1,4)$ - glucan, (e) $\beta(1,3)$ - glucan

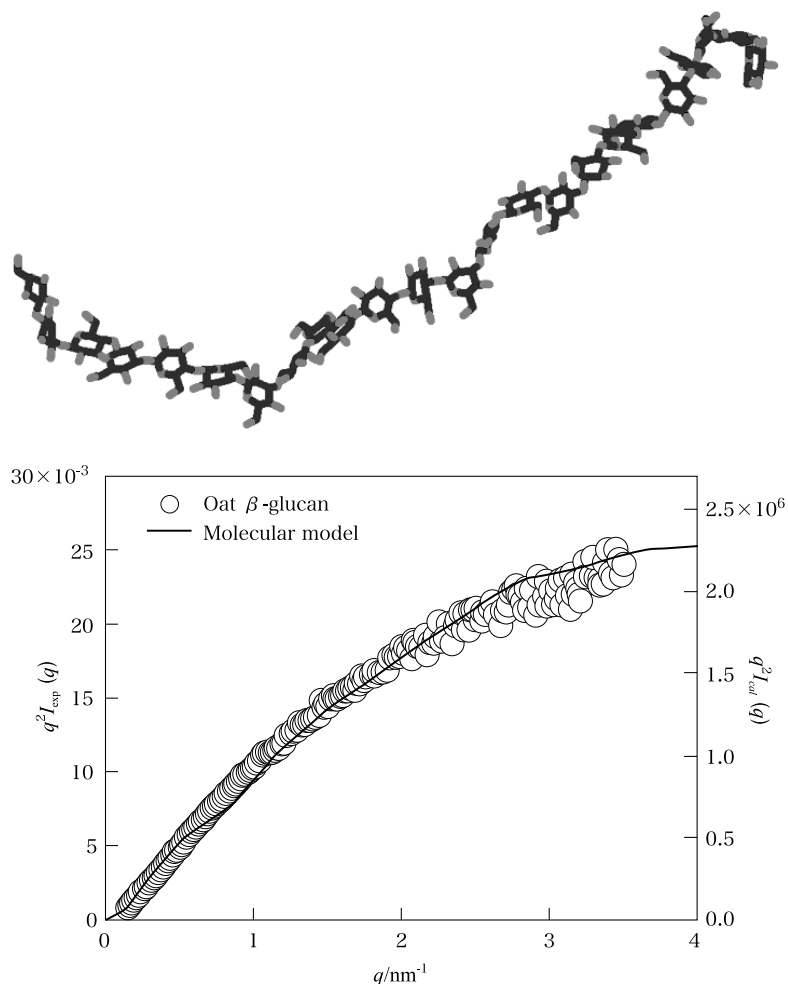


図4 大麦 β グルカンの分子モデルと実測小角X線散乱。実線は分子モデルより計算した散乱プロフィールを示す。

ある単一 $\beta(1,4)$ 結合の場合、主鎖はほぼ真っすぐにリボン状に伸びていることが分かる。では実際に水溶液中での β グルカンはどのような形態を取るのだろうか。分子動力学による鎖のコンフォメーションのシミュレーションと小角X線散乱実験から分かることは(図4参照)、主鎖はやはりかなり伸び切っていること、ところどころに鋭く折れ曲がりグリコピラノシル残基が外側に突き出されている個所があることである。ただしここで使用した β グルカン(図4では燕麦 β グルカンの例を示したが、大麦 β グルカンも同じ結果である)は水への溶解度を

上げるためにTEMPO酸化によりカルボキシル基を導入したために静電反発効果が現れ、鎖が伸び切ったように見える可能性も否定できないため、塩を添加して静電反発を取り除いた試料の結果とも比較し、静電反発効果がなくても鎖が伸び切る形態を取ることを確かめてある。リケナン(地衣類由来の β グルカン)も同様な結果であった。実際の β グルカン(TEMPO処理をしない試料)は水溶液中でかなり会合していると考えられる。その会合状態を知る目的で $\beta(1,4)$ 結合と $\beta(1,3)$ 結合の比率が1:1(交互に結合様式が変わる)のモデル β グルカン6量

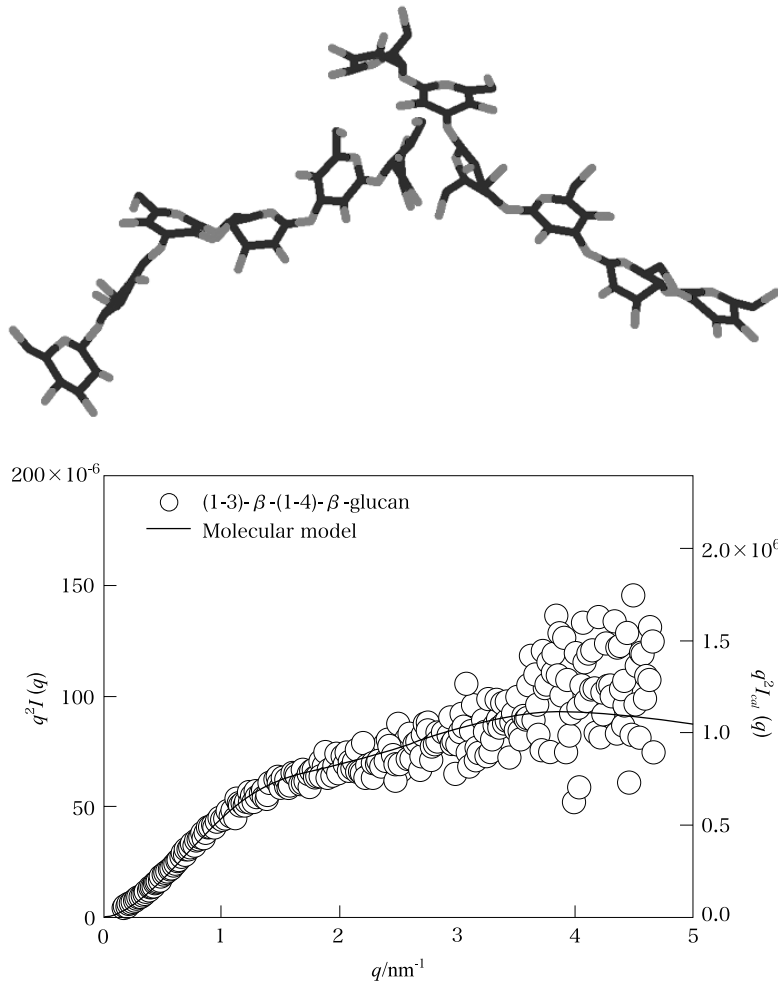


図5 (1,3)-β-(1,4)-β-交互重合体(6量体)会合の分子モデルと実測小角X線散乱。実線は分子モデルより計算した散乱プロフィールを示す。

体を合成して、その水溶液中でのコンフォメーションを分子動力学による鎖のシミュレーションと小角X線散乱とを組み合わせる実験を行った。結果を図5に示すが、この場合βグルカン6量体は一部鎖末端で会合し、12量体を形成する。鎖全体のコンフォメーションはさほど変化は認められないので、会合による秩序構造形成は穀類由来、地衣類由来のβグルカンの場合ほとんどないと考えられる。

一方、β(1,3)結合の6量体(ラミナリ・ヘキサマー)は大きく湾曲した形態を取り(図6)、分子量が十分高くなると(ポリβ(1,3)Dグリコ

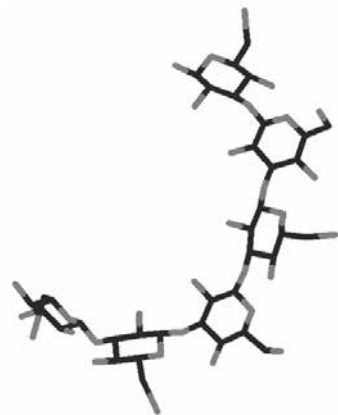


図6 (1,3)-β-glucan 6量体(ラミナリ・ヘキサマー)の分子モデル。



図7 シゾフィラン3重らせんの分子モデル

ピラノシル) 図7に示すような3重らせん構造を取る。この場合側鎖があれば円筒状の3重らせん構造の外側に突き出た形になる。

4. 糖鎖構造と免疫賦活機構

穀類由来の β グルカンが免疫賦活活性を持つには分子量が2～300,000以上でなければならないといわれている。 β グルカンの経口投与

により細菌に感染したネズミの生存率が高まったことも報告されている。 β グルカンの免疫賦活はDectin-1との結合が関与すると考えられている⁶⁾。

Dectin-1と高い結合性を有する β グルカンとしては、モノグリコシル分岐を持ち分子量数十万以上の(1,3)- β -D-glucanが挙げられるが⁷⁾、酵母 β グルカン由来の10残基以上のオリゴ糖も結合能があるといわれている⁸⁾。この場合Dectin-1が認識する部位は分子末端のグリコシル基であると考えられるが、ではなぜ(1,3)- β -D-glucanの場合は分子量が数十万以上なければならず、酵母 β グルカンはオリゴ糖でよいのだろうか。分子量数十万以上の(1,3)- β -D-glucanが低分子量(1,3)- β -D-glucanと何が違うのか。図7に示したように、高分子量(1,3)- β -D-glucanは3重らせん構造をとることはよく知られている。モノグリコシル分岐は3重らせんにより構成される円筒から外へ突き出された形になり、マルチアンテナ効果によりDectin-1による認識効率が高まることは容易に推測できる。酵母由来の β グルカンは比較的側鎖が長く10残基程度になると主鎖が必然的にらせん構造を取るようになり側鎖部分が外側に突き出る形となる。このような現象はすでにポリスチレン骨格にオリゴ糖側鎖をつけた糖ポリスチレン複合体で観察されている⁹⁾。この場合もマルチアンテナ効果によりDectin-1の認識効率は高まるであろう。

では側鎖を持たない穀類由来の β グルカンはどのようにDectin-1に認識されるのだろうか。もし分子末端が関与しているとすれば分子量が高くなれば確率的に不利になる。従って認識部位は分子末端ではない。 β グルカンの鎖形態の特徴は、前節の小角X線散乱および鎖のシミュレーションの結果から、主鎖はかなり伸び切っていること、ところどころに鋭く折れ曲がりグリコピラノシル残基が外側に突き出されている

個所があることである。この折れ曲がった部位が Dectin-1 の認識に関与すると考えられ、高分子量でないと確率的に折れ曲がる部位が少ないため Dectin-1 認識には不利になる。

経口摂取された β グルカンは粘膜免疫系に接触することになるが、ここで免疫反応を制御するのは腸管上皮内リンパ球とパイヤー班の免疫細胞である¹⁰⁾。経口摂取された β グルカンは腸管上皮細胞の一種である M 細胞がレセプターとして機能しパイヤー班内に取り込まれ、サイトカインが増え、感染症に対する抵抗が増す。また、経口摂取された β グルカンは直接腸内マクロファージによってリンパ節、脾臓、骨髄に運ばれる。骨髄で β グルカンはマクロファージで分解され、骨髄顆粒球にトラップされる。さらに分解された β グルカンはリンパ管を通して体内を循環するといわれている。高分子量の β グルカンのほうが M 細胞により腸管腔からリンパ系組織へ取り込まれやすい。しかし最終的にはマクロファージにより分解され、その分解物が体内を循環するというということであるが、分解物の生理活性に関してははっきりとした結論は出ていない。

β グルカンの生理活性発現機構は分子レベル

で解明されつつあるものの、その吸収過程から分解・体内循環に至る段階で (1,3)- β -D-glucan がどのような役割を果たすのかはわかっていない。なぜ高分子量のほうがパイヤー班に取り込まれやすいのか、Dectin-1 との相互作用において (1,3)- β -D-glucan 結合がどのような関わりをしているのかは今後の研究成果を待つ必要があるが、キノコ由来、酵母由来、穀類由来の β グルカンは全く同じ機構で免疫賦活に寄与しているとは考えにくい。キノコ由来、酵母由来 β グルカンは側鎖のアンテナ効果により Dectin-1 認識能が高いと思われるが、穀類由来 β グルカンは側鎖を持たず、主鎖の部分で認識せざるを得ないため Dectin-1 認識能は低い。只これまでの研究結果は、食物繊維が単なる増粘やゲル化といった物理的效果による生理活性発現ではなく、生化学的效果も無視できないことを示唆している。

謝辞

β グルカン試料の調整に当たっては、東京大学農学研究科教授・磯貝明先生、和洋女子大学家政学部教授・髙谷要先生の協力を仰ぎました。ここに感謝の意を表明いたします。

• • • • • 参考文献 • • • • •

- 1) Zhang M, Cui SW, Cheung PCK, Wang Q: Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science & Technology* **18**: 4-19, 2007
- 2) Bohn JA, BeMiller JN: (1 → 3)- β -D-glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. *Carbohydr. Polym.* **28**: 3-14, 1995
- 3) Volman JJ, Ramakers JD, Plat J: Dietary modulation of immune function by β -glucans. *Physiology & Behavior* **94**: 276-284, 2008.
- 4) Tada R, Adachi Y, Ishibashi K, Tsubaki K, Ohno N: Binding capacity of a barley β -D-glucan to the β -glucan recognition molecules dectin-1. *J. Agric. Food Chem.* **56**: 1442-1450, 2008
- 5) Demlitter S, Kraus J, Franz G: Synthesis and antitumor activity of sulfoalkyl derivatives of curdlan and lichenan. *Carbohydr. Res.* **226**: 247-252, 1992
- 6) Adachi Y: Role of the 1,3- β -D-glucan receptor Dectin-1 in fungal infection and activation of innate and anti-tumor immunity. *Trends in Glycosci. Glycotech.* **19**: 195-207, 2007
- 7) Adachi Y, Ishii T, Hoshino A, Tamura H, Aketagawa J, Tanaka S, Ohono N: Characterization of β -glucan recognition site on C-type lectin, dectin 1. *Infect. Immun.* **72**: 4159-4171, 2004
- 8) Palma A, Feizi T, Zhang Y, Stoll MS, Lawson AM, Diz-Rodriguez E, Campanero-Rhodes MA, Costa J, Gordon S, Brown GD, Chai W: Ligands for the beta-glucan receptor, Dectin-1, assigned using "designer" microarrays of oligosaccharide probes (neoglycolipids) generated from glucan polysaccharides, *J. Biol. Chem.* **281**: 5771-5779, 2006
- 9) Wataoka I, Urakawa H, Kobayashi K, Ohno K, Fukuda T, Akaike T, Kajiura K: Molecular Specification of Homopolymer of Vinylbenzyl-Lactose-Amide in Aqueous Solution. *Polymer Journal*, **31**, 590-594, 1999
- 10) Tsukada C, Yokoyama H, Miyaji C, Ishimoto Y, Kawamura H, Abo T: Immunopotential of intraepithelial lymphocytes in the intestine by oral administration of beta-glucan. *Cell Immunol.*, **221**: 1-5, 2003

γ - アミノ酪酸を富化させた 抗メタボリック二条大麦素材の開発

阿久津 智美^{*1} 大山 高裕^{*2} 渡邊 恒夫^{*3} 山崎 公位^{*4}

^{*1}AKUTSU Satomi, ^{*2}OYAMA Takahiro, ^{*3}WATANABE Tsuneo, ^{*4}YAMAZAKI Kimii (栃木県産業技術センター)

Key Words：二条大麦・食物繊維・GABA・抗メタボリック

はじめに

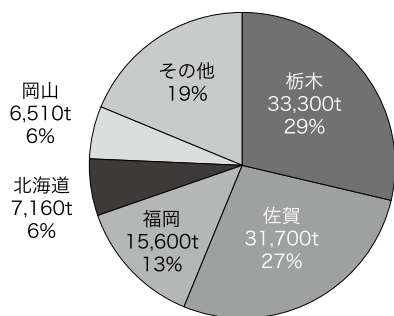
栃木県は日本一の大麦産地である。農林水産統計¹⁾によると平成21年度全国大麦収穫量(二条大麦, 六条大麦, 裸麦の合計) 179,200tのうち22%が栃木県産で, 最も割合が高かった。大麦の中でも裸麦を除く二条大麦(二条皮麦)と六条大麦(六条皮麦)が栃木県では生産されているが, 主力は二条大麦で, 収穫量 33,300tと国産二条大麦の29%を占める(図1)。

二条大麦と六条大麦はその形態(穂の条性)の違いにより分類されている。穂の各節に3ずつ並んで小穂がつき, それらが互生するため6条に並ぶもの(上から見ると6列)を六条大麦,

各節の3小穂のうち両側が退化して中央部のみ稔るもの(上から見ると2列)を二条大麦としている。一般的に粒は二条大麦のほうが大きく, 二条大麦はビール・焼酎・麦茶・味噌等の原料や押し麦等の主食用として, 六条大麦は主食用, 麦茶用などに用いられている。

栃木県の二条大麦は, 栃木県で育成されたビール用品種のスカイゴールデン, サチホゴールデン, ミカモゴールデンが主に作付けされており, 県内で収穫された二条大麦のうち25,453tがビール用として流通され(平成21年産検査数量²⁾, 全国ビール大麦の45%), 残りが焼酎・麦茶等の原料や主食用として用いられているという状況であり, 地域資源として誇れる食品素材であるものの, その利用は非常に限定されたものとなっている。

近年, 大麦の機能性に関する研究が様々実施されている³⁾。大麦は食物繊維含量が高く, 水溶性食物繊維と不溶性食物繊維の両方をバランスよく含んでいる。特に水溶性食物繊維のβ-グルカン(β-グルカン)は血中コレステロール低下作用^{4,5)}をもち, 血糖値上昇抑制⁶⁾, 免疫調節機能⁷⁾等の効果も期待され注目されている。また, FDA(米国食品医薬品局)は2006年に一定量以上の水溶性食物繊維(β-グルカン)を含む大麦食



全国収穫量115,800t (100%)

図1 二条大麦の収穫量
(農林水産統計¹⁾より)

品に冠動脈性心疾患リスク低減の健康強調表示 (FDA 21 CFR 101.81) を許可している⁸⁾。最近では β -グルカン高含有大麦が日本人男性の総コレステロール, LDL-コレステロールのみでなく内臓脂肪面積等を減少させたとの報告もある⁹⁾。食物繊維以外にもビタミンE同族体であるトコトリエノールの血中コレステロール低下作用¹⁰⁾等の報告もある。

さて、ご存知のようにメタボリックシンドロームは、内臓脂肪型肥満に加えて、高血糖、高血圧、脂質異常のうちいずれか2つ以上をあわせもった状態であるが、大麦は前述のような効果が期待されているため、抗メタボリックシンドローム食品として有望な食材と考えられる。

大麦には、血圧降下（上昇抑制）作用^{11,12)}等で知られている γ -アミノ酪酸 (GABA) も含有量は多くないが含まれている¹³⁾。そこで二条大麦中の GABA 含有量を高めれば、血圧上昇抑制効果も期待でき、メタボリックシンドロームの抑止にさらに有効な素材となるのではないかと考え、地域資源二条大麦の用途拡大をめざし研究開発を行った。

本稿は、経済産業省の「地域資源活用型研究開発事業」に採択され平成19年度から2年間「二条大麦を活用した抗メタボリック食品素材とその利用技術の開発」というテーマで、栃木県産業技術センター、株式会社大麦工房ロア、笠原産業株式会社、宇都宮大学、栃木県産業振興センターが取り組んだ内容であり、GABA 富化二条大麦素材の開発を中心に紹介する。

1. 二条大麦の GABA 富化条件の検討

GABA はタンパク構成アミノ酸ではないが、動物や植物など自然界に広く存在するアミノ酸である。哺乳動物では脳などに存在する抑制系神経伝達物質であり、血圧降下作用の他に、精神安定作用¹⁴⁾、ストレス軽減効果¹⁵⁾なども報告されている。

GABA は L-グルタミン酸からグルタミン酸デカルボキシラーゼにより脱炭酸され合成される。近年植物や微生物などで、内在するグルタミン酸デカルボキシラーゼを活用し GABA を富化させる研究開発が様々行われている。例えば、茶葉の嫌気処理による GABA 富化¹⁶⁾、

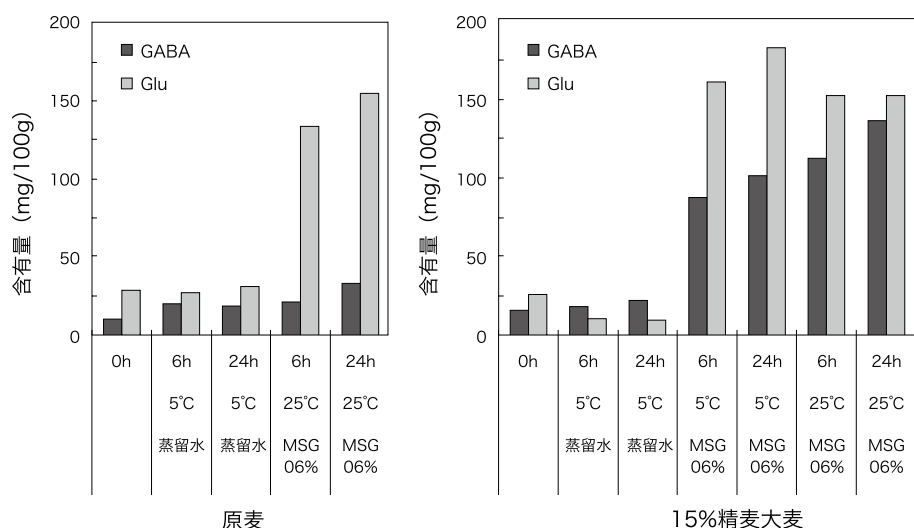


図2 精麦とMSG添加のGABA富化への影響

大麦（原麦、15% 精麦大麦）10g に浸漬液 10ml 添加

乳酸菌¹⁷⁾や麹菌¹⁸⁾等微生物を利用したもの、野菜¹⁹⁾での蓄積、米胚芽²⁰⁾等の水浸漬処理による富化等の報告がある。大麦でも水浸漬(浸麦)時の胚芽へのGABA蓄積^{13,21)}等が報告されている。

無処理の二条大麦(原麦)は10mg/100g前後のGABAが含まれているが、血圧上昇抑制効果及び食品素材としての利用を考慮し、GABA含量20倍以上(約200mg～300mg/100g)を目標に、浸麦によるGABA富化最適条件について検討した。

ビール加工では原料大麦を搗精せず、そのまま浸麦し麦芽を造るが、二条大麦の紛体利用を考え精麦の有無によるGABA富化への影響を調べた(図2)。同時に浸漬液へのL-グルタミン酸ナトリウム(MSG)添加の有無も検討した。試験方法は、原麦及び15%精麦大麦(精麦歩合85%)10gに浸漬液(MSG添加(0.6%MSG水溶液),無添加(蒸留水のみ))10mlを加え、5℃及び25℃で6時間または24時間浸麦した後、アミノ酸分析計によりGABA及びグルタミン酸(Glu)含量を測定した。その結果、浸漬液が水のみでは、原麦・精麦大麦ともGABAの増加は少量で、原麦をMSG水溶液に浸漬しても顕著な増加はみられないが、精麦しMSG添加することでGABAが大幅に増大することがわかった。

さらにMSG0.6%を添加した浸漬液中(浸漬液pHは酢酸でpH5.0に調整し、大麦を混合すると至適pH5.5になるようにした)で、精麦度合・浸麦温度の違いによるGABA含量変化を調べたところ(図3)、いずれの温度でも15%精麦大麦(精麦歩合85%)が30%精麦大麦(精麦歩合70%)と比べ高い含量を示した。15%精麦大麦を用いて浸麦後の浸漬液中の一般生菌数も測定した結果(図4)、30℃または40℃で長時間浸麦すると生菌数が増大してしまうことがわかった。よって、30℃、40℃で富化させる

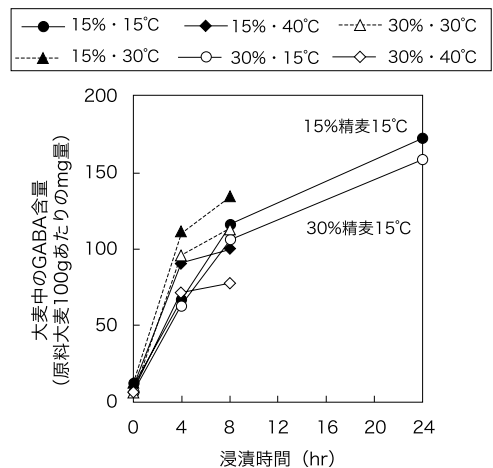


図3 二条大麦の精麦度合(15%精麦、30%精麦)・浸麦温度とGABA含量変化

大麦10gに浸漬液(0.6%MSG溶液pH5.0)10ml添加

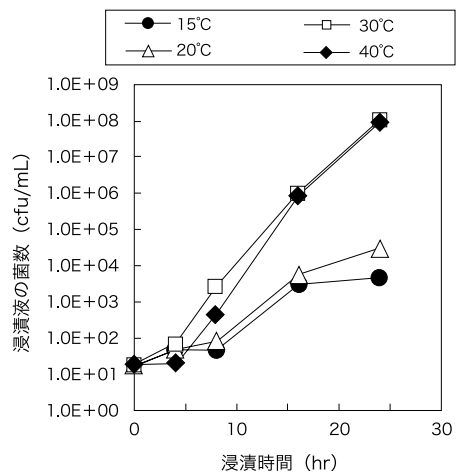


図4 大麦(15%精麦)の浸麦温度と一般生菌数変化

大麦10gに浸漬液(0.6%MSG, pH5.0)10ml添加

のであれば8時間程度まで、15℃であれば24時間ぐらいが好ましいと考えた。その範囲内で最もGABA生成が多かったのは、15%精麦大麦を15℃24時間浸漬する条件であった。よって、作業性等も考慮し、この条件でGABA富化を行うこととした。なお、20℃でも検討したが、24時間後のGABA生成量は15℃のそれとほとんど変わらないが、生菌数は 10^5 cfu/mlを超える場合もあったため15℃を採用した。

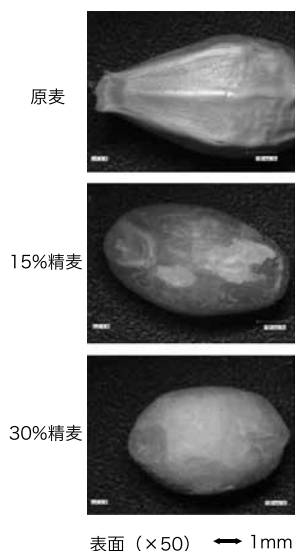


写真1 二条大麦の外観

(マイクロスコープにより観察)

原麦は外皮で覆われており、30%精麦大麦は15%精麦大麦と比べ胚芽部分がより損傷を受け、小さくなっていた(写真1)。また、15%精麦大麦では外皮が部分的に残存していたが、30%ではほとんど削られていた。GABAは発芽時に胚芽部分に蓄積するとの報告があることから、胚芽が多く残存する15%精麦大麦でGABA量が高くなったと考えられる。胚芽が存在する原麦中でGABAが増大しないのは、玄米等と比べ大麦は外皮が子実に強固に結合しているため浸漬液中のMSGがグルタミン酸デカルボキシラーゼと接する機会が少ないのではないと思われる。そのため、胚芽が一部削られ、表面がほぼむき出しになっている15%精麦のほうがGABA含量が増大したと推定している。大麦は食糧用や加工用に用いる時は、粒の約20～45%が削られて(精麦歩合55～80%)用いられる。15%精麦は、糠の廃棄量も減少する上、トコトリエノール等もより含まれている¹³⁾と考えられ、栄養的にも優れていると思われる。

さらに含有量を高めるため浸漬液中のMSG濃度を0～3%に変えて検討した(図5)。そ

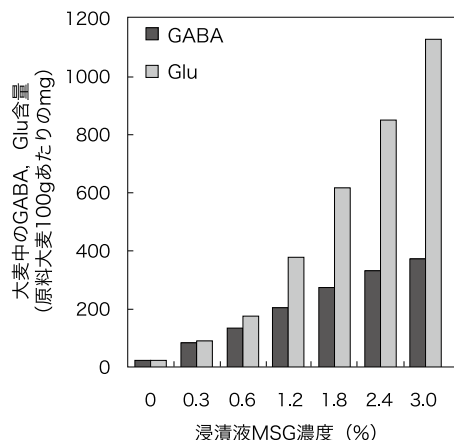


図5 浸漬液MSG濃度(0-3%MSG)と大麦のGABA含量

試料: 15% 精麦大麦, 浸麦条件: 15℃ 24時間 (0～3%MSG溶液, pH5.0), 大麦: 浸漬液= 1:1

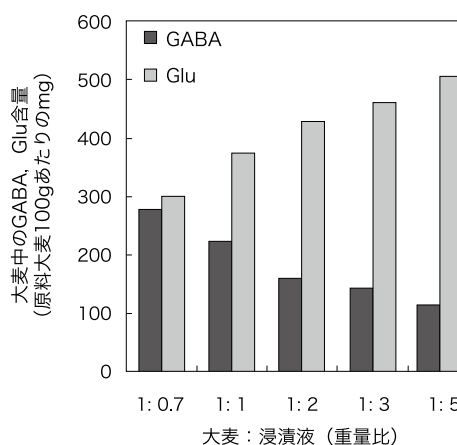


図6 浸漬液量と大麦のGABA含量

試料: 15% 精麦大麦, 浸麦条件: 15℃ 24時間 (1.2%MSG溶液, pH5.0)

の結果、浸漬液MSG濃度が高いほど大麦粒のGABA濃度は高くなり、1.2%MSG溶液でGABA207 mg/100 g(約29倍に増加)と、当初目標の20倍富化(200～300 mg/100 g)以上を達成できることがわかった。MSG濃度を上げていくと、1.2%以上ではGABA生成量は上昇するが残存するMSGも高くなり、変換率も悪くなった。目的のGABAを確保し、MSG添加量を最小減に抑えるためにMSG添加量は1.2%

が適していると考えられる。

浸麦終了後の浸漬液中の GABA を測定したところ、水溶性である GABA は、大麦粒中のみでなく液中にも比較的多く存在していた。そこで大麦粒の GABA 量をより増やすため浸漬液量の検討を行った (図 6)。その結果、大麦：浸漬液 = 1 : 0.7 (1.2%MSG 溶液) で GABA は 278 mg/100 g となり、浸漬液量が少ないほど大麦粒中の GABA 含有量が増し、添加する MSG 総量も少なくて済むことがわかった。

以上の結果から、GABA 高濃度富化 (20 倍以上) のための二条大麦最適浸麦条件を「15% 精麦二条大麦に 1.2% MSG 浸漬液 (pH 5.0) を大麦：浸漬液 = 1 : 0.7 (可能な限り少ない量) で添加し、15℃ 24 時間保持する」こととした。

ところで、この試験は主に栃木県産スカイゴールデンを用い実施したが、麦芽製造時の GABA 量は品種により違いがある²²⁾との報告がある。よって、品種や収穫年度等により数値の増減があると考えられ、これらをさらに選択すれば、さらに効率的な生産も可能と思われる。

2. 乾燥条件の検討

浸漬処理で GABA 富化した二条大麦の素材化及び製品化を図 7 のような工程で行うこととし、乾燥条件等の検討も行った。

GABA 富化 (浸麦) 大麦の乾燥温度・時間による GABA 含有量の変化を調べたところ (図 8-1)、乾燥温度が高く、時間が長いほど GABA の減少量が大きい傾向であったが、比較的低温であれば、15 時間乾燥でも 60℃ で 10% 以下、80℃ では 20% 程度の減少と GABA 減少量が少ないことがわかった。また、高温でも、短時間 (1 ~ 2 時間) であれば、減少量を低く抑えることができた (120℃ 1 時間で約 9% 減少)。浸麦乾燥後の大麦外観は、100℃ 以上の乾燥で褐変が著しく、この時 Glu についても測定したところ、GABA 以上の減少が見られた (図 8-2)。浸漬時には、大麦中でマルトース等の糖が増加し甘みが増すことから、GABA、MSG、マルトースを含むモデル溶液を 120℃ で 2 時間加熱し褐変の

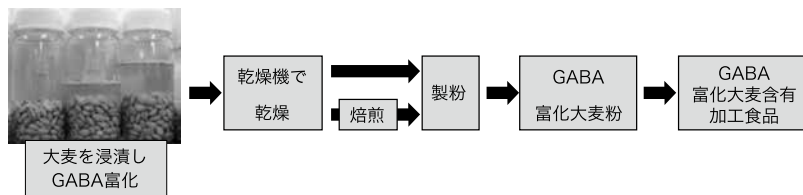


図 7 GABA 富化大麦製品ができるまで

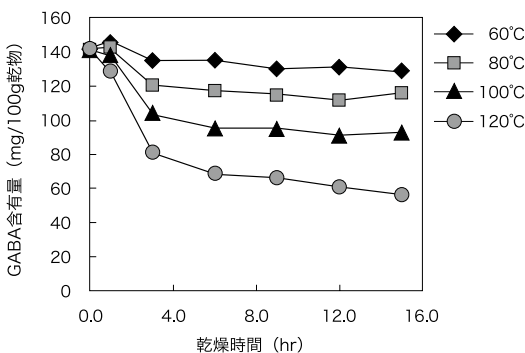


図 8-1 GABA 富化大麦乾燥温度・時間による GABA 含有量の変化

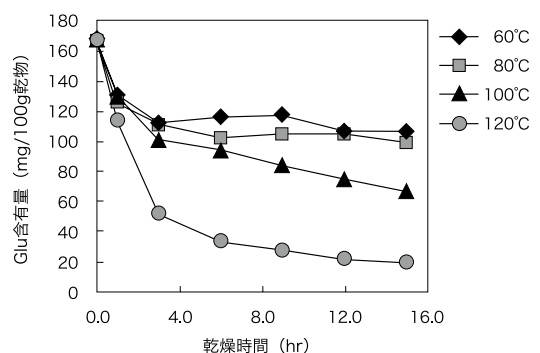


図 8-2 GABA 富化大麦乾燥温度・時間による Glu 含有量の変化

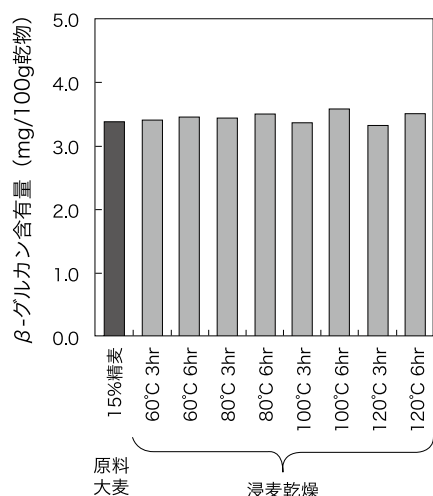


図9 浸漬乾燥処理によるβ-グルカンの変化

程度とGABA量を測定したところ、GABA単独では加熱しても減少しないが、これら3成分を含む溶液では褐変とGABA・Gluの減少がみられた。よって、アミノカルボニル反応がGABA減少の一要因で、これを抑制するような条件がGABAの減少を抑制すると考えられる。

大麦中の機能性成分として重要なβ-グルカンについても、浸漬乾燥後の変化を測定したところ、浸漬乾燥処理を行ってもβ-グルカンは原料大麦とほとんど変わらず保持されていた(図9)。

3. GABA 富化二条大麦の粉末化と血圧上昇抑制効果

乾燥したGABA富化二条大麦を笠原産業株式会社で石臼を用い低温粉碎することにより、GABA・β-グルカン等を保持した大麦粉を得ることができた。

さらに宇都宮大学で、GABA富化二条大麦粉を含むGABA富化二条大麦食を高血圧自然発症ラット(SHR)に給餌し、テレメトリ(遠隔計測)システムにより血圧測定等を行った。その結果、対照二条大麦食ではSHRの血圧上

昇を抑制することができなかったが、GABA富化二条大麦食は血圧上昇を抑え、両者には有意な差が認められた²³⁾。

4. GABA 富化二条大麦素材の利用

GABA富化二条大麦粉を用い、GABAの損失を極力抑えるため、低温焼成による菓子の試作検討を株式会社大麦工房ロアで実施し、GABAを保持した「大麦GABAクッキー」が誕生した(写真2)。

粉であるため、菓子以外にも、麺、餃子等様々な食品に利用可能である。



写真2 製品化された大麦GABAクッキー

おわりに

健康志向などで二条大麦の食品素材としての注目は高まってきている。今回の研究開発で新たな商品として事業化されたことは、主にビール用の素材であった二条大麦が、地域企業同士の連携によって、新しいビジネスを創造するきっかけとなった。

さらに今年6月、「フードバレーとちぎ」の実現を目指し、第1回地域食品技術交流会「大麦利用研究会」を栃木県産業技術センターで開催した。二条大麦を中心とした麦類の利用促進を目的に、大麦の機能性や食品加工の先駆的事例及び品種改良・生産・供給等について、学識経験者・食品製造業者・生産者・飲食店等が幅広く集まり情報交換を行った。大麦を中心に新しい連携形成がますます進むと確信している。

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

- 1) 農林水産省大臣官房統計部：平成 21 年産 4 麦の収穫量（第 2 報）. 農林水産統計平成 22 年 3 月 18 日公表
- 2) 農林水産省：平成 21 年産麦の検査結果（確定値）（平成 22 年 4 月末日現在）. 平成 22 年 5 月 20 日
- 3) 荒木茂樹, 伊藤一敏, 青江誠一郎, 池上幸江：大麦の生理作用と健康強調表示の現況. 栄養学雑誌 **67** (5):235-251, 2009
- 4) Keenan J. M., Goulsn M., Shamliyan T. *et al.*: The effects of concentrated barley beta-glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolaemic men and women. *Br. J. Nutr.* **97**(6):1162-1168, 2007
- 5) Behall K.M., Scholfield D.J., and Hallfrisch J.: Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am. J. Clin. Nutr.* **80**(5): 1185-1193, 2004
- 6) Yokoyama W.H., Hudson C.A., Knuckles B.E. *et al.*: Effect of barley beta-glucan in durum wheat pasta on human glycemic response. *Cereal Chem.* **74**(3):293-296, 1997
- 7) 椿和文, 谷岡明日香, 東海林義和：大麦 β -グルカンの免疫増強活性とアレルギー抑制について. アレルギーの臨床 **25**:66-71, 2005
- 8) FDA : FDA finalizes health claim associating consumption of barley products with reduction of risk of coronary heart disease. FDA NEWS RELEASE p06-70 May 19, 2006
- 9) Shimizu C., Kihara M., Aoe S. *et al.*: Effect of high beta-glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men-a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Plant Foods Hum. Nutr.* **63**(1):21-25, 2008
- 10) Qureshi A.A., Burger W. C., Peterson D. M. *et al.*: The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. *J. Biol. Chem.* **261**(23):10544-10550, 1986
- 11) Stanton H. C.: Mode of action of gamma amino butyric acid on the cardiovascular system. *Arch. Int. Pharmacod.* **143**: 195-204, 1963
- 12) 大森昭司, 矢野とし子, 岡本順子他：嫌気処理緑茶 (ギャバロン茶) による高血圧自然発症ラットの血圧上昇抑制作用. 日本農芸化学会誌 **61**(11):1449-1451, 1987
- 13) 山崎公位, 渡邊恒夫, 松永隆：ビール大麦の機能性成分について. 栃木県食品工業指導所研究報告 **11**:5-8, 1997
- 14) 岡田忠司, 杉下朋子, 村上太朗他： γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期精神障害に対する効果. 日本食品科学工学会誌 **47**(8): 596-603, 2000
- 15) 森久子, 渡部恭子, 磯野義員：抽出物中で γ -アミノ酪酸を生成する乳酸菌 *Lactobacillus brevis* mh4219 の分離とそれを用いた発酵茶飲料のストレス軽減効果. 生物工学会誌 **85**(12):521-526, 2007
- 16) 津志田藤二郎, 村井敏信, 大森正司他： γ -アミノ酪酸を蓄積させた茶の製造とその特徴. 日本農芸化学会誌 **61**(7): 817-822, 1987
- 17) 早川潔, 上野義栄, 河村真也他：乳酸菌による γ -アミノ酪酸の生産. 生物工学会誌 **75** (4) : 239-244, 1997
- 18) 阿久津智美, 宮間浩一：健康増進機能等を高めた食品の開発に関する研究 - 麴によるグルタミン酸脱炭酸 (GABA 生成) 機構の解明 -. 栃木県食品工業指導所研究報告 **13**:1-3, 1999
- 19) 松本恭郎, 大野一仁, 別所康守他： γ -アミノ酪酸を蓄積させた機能性食品素材の利用研究（第 2 報）－農産物の生理機能を活用した γ -アミノ酪酸の蓄積技術－. 愛媛県工業技術センター研究報告 **36**: 73-77, 1998
- 20) Saikusa T., Horino T., and Mori Y.: Accumulation of γ -aminobutyric acid (Gaba) in the rice germ during water soaking. *Biosci. Biotech. Biochem.* **58**(12) : 2291-2292, 1994
- 21) Inatomi K., Slaughter J. C.: The role of glutamate decarboxylase and γ -aminobutyric acid in germinating barley. *Journal of experimental botany* **22**(72):561-571, 1971
- 22) 長嶺敬, 加藤常夫, 五月女敏範他：麦の種子・麦芽の機能性成分含量の品種間差異と製麦による変化. 栃木県農業試験場研究報告 **63** :69-75, 2009
- 23) Chin S., Yamazaki K., Tanaka H.: SHR における自由行動下血圧及び移動運動に及ぼす GABA の豊富なオオムギ飼料の影響. 日本栄養・食糧学会大会講演要旨集 **63rd**:135, 2009

炊飯時の組織構造変化を利用した 改質米飯作製の可能性

小川 幸春*

*OGAWA Yukiharu (千葉大学大学院園芸学研究科)

Key Words：米粒・成分分布・炊飯・米飯粒・組織構造

はじめに

食品素材は調理・加工操作を受けることでその組織構造の一部が変形・崩壊し、同時に物性や成分組成も変化する。例えばコメの場合、炊飯操作によって硬い米粒が軟らかな米飯粒となるが、その間にはデンプンの糊化などとともに、炊飯液の沸騰による細胞組織の断裂やそれに伴う含有成分の溶出、炊飯液の蒸発に伴う溶出成分の還流、などといった組織構造に係わる変化が生じている。本報では、米粒内部の成分分布構造および炊飯の経過に伴う米粒組織の構造変化など、主に顕微構造的な観察の結果に基づいた新しい炊飯方法の可能性について述べる。

1. 炊 飯

コメの調理法である炊飯は、コメに含まれるデンプンの糊化を目的とした「水を加えて加熱する」だけの単純な操作である¹⁾。そうした比較的単純な操作であるため、調理後のコメ、すなわち米飯の食味は素材の品質や加熱方法に左右されることとなる。日本においては米飯の食味を良好にするための手段として、歴史的な尺度での良食味品種の育種や栽培方法の改良、あるいは収穫後の適切な乾燥・貯蔵操作によるコ

メ自体の高品質化とともに、慣習的な知識に基づいた厳密な加水量の調整や加熱操作の最適化が追及されてきた。現在、日本式の炊飯方法はコメに加水・加熱して炊き上げるだけの『炊き干し法』が標準となっている²⁾。ジャポニカ種のコメはこの調理法によって日本人好みの食味を持つ米飯となる。ここで炊き干し法を物質収支の側面から考えると、コメの含有成分は加水・加熱によって一部が変性するだけであり、水分や一部香気成分の蒸発はあるものの主要な成分自体の出入りはない、すなわち素材であるコメのほぼすべての成分が米飯となる。

日本以外の米食文化を持つ地域では『湯取り法』と呼ばれる炊飯方法でコメを調理することが多い²⁾。これは主にインディカ種のコメに十分な量の水を加えて沸騰させた後、余剰の水分を捨て、さらに蒸らして仕上げる方法である。これによりコメ独特の匂いなどを取り去ることができる反面、炊飯液中に溶出するデンプンも除去され、粘りのない米飯が得られることになる。

いずれの炊飯方法もその操作途中では沸騰する炊飯液によって米粒組織の崩壊や細胞内成分の溶出など構造的な変化が生じている。ただし、炊き干し法では溶出成分が米飯粒に還流するの

に対し、湯取り法では溶出成分の一部が除去されることになる。

2. 米粒の構造

米粒内の成分分布が均一でないことは精米操作の結果などからも自明である。ただし、どの成分がどこにどの程度分布しているかを厳密に知りたい場合は、組織切片を採取し組織化学的な染色を適用して顕微鏡観察する必要がある。図1は玄米粒の組織切片および各成分の切片上における分布状態を示している³⁻⁷⁾。

図の組織切片は玄米粒の長軸方向側面の断面であり、厚さ方向に対しておおよそ中心に相当する部位である。画像上、濃色で表されている部位に各成分が分布していることになる。デン

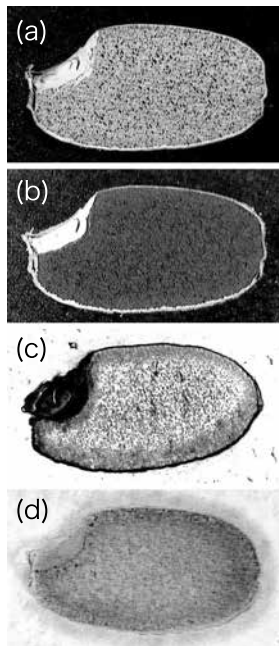


図1 米粒含有成分の玄米中における分布状態³⁻⁷⁾

(a) 切片の一例, (b) デンプン, (c) 脂質, (d) タンパク質(プロラミン)。いずれも濃色部分に分布する。デンプンは粒内にほぼ均一に分布するが表皮には含まれない。一方、脂質は表皮に含まれるとともに粒の外縁部に多く分布する。コメ貯蔵タンパク質で食味悪化の原因と考えられているプロラミンは粒の外縁部周辺に分布する。

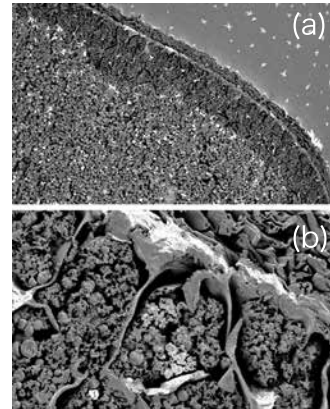


図2 玄米粒切断面の走査電子顕微鏡画像⁸⁾

(a) 頂端背面側部分, (b) 表皮近傍部分の拡大画像。粒内に分布する成分のほとんどは細胞壁に区切られた細胞内部の貯蔵物質として存在する。

ブンはヨウ素溶液による染色、脂質はスダンブラック B 溶液による染色、タンパク質は特に貯蔵タンパク質の一つであるプロラミンの分布状態を抗原抗体反応による免疫染色、によって着色、可視化している。図で視覚的に明らかのように、デンプンは玄米表皮以外に集積している様子が示されている。一方、胚乳全体に分布するデンプンとは異なり、脂質とタンパク質は主に粒の外縁部近傍に分布している状態が示されている。このことから、脂質やタンパク質は粒内部で均一に分布する成分ではなく、外縁部から中心部に向かって積層的に分布する成分であることが分かる。これまでのところ、一般に脂質は酸化されることで古米臭の原因となり、タンパク質は食味を悪化させる要因になると考えられている。

図2は、玄米粒の組織切片を走査型電子顕微鏡によって観察した画像例である⁸⁾。図からも明らかのように、米粒に含まれる主要成分は細胞内の貯蔵物質として細胞壁に囲まれた細胞内部に存在することになる。したがって図1に示した各成分の分布は、細胞内に存在する各成分の有無（もしくは濃度差）を連続的に表していることになる。

3. 米飯粒の構造

コメは組織構造を保った粒のまま調理されて米飯となるため、組織構造に係わる特性評価は重要である。ただし米飯粒には「軟らかい」「粘性がある」「水溶する」といった性質があることから一般的な組織化学的観察法の適用は容易ではなく、特に全粒サイズの米飯粒組織を観察することは非常に困難であった。このため筆者らは、図3に示すような粘着テープを利用した全粒サイズの切片回収法と、紫外線に対する細胞壁の自家蛍光特性を利用した米飯粒の組織構造観察法を開発した^{3, 9, 10)}。この手法を適用す

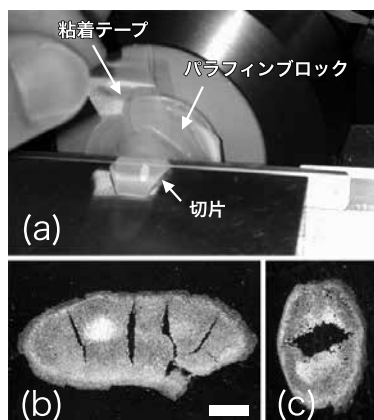


図3 粘着テープを利用した簡易切片化と得られた米飯粒の切片^{9, 10)}

(a) 切片を粘着テープ上に回収、(b) 長軸方向側面に対して平行な面の米飯粒切片の一例、(c) 垂直な面の米飯粒切片の一例。スケールバーは1mm。

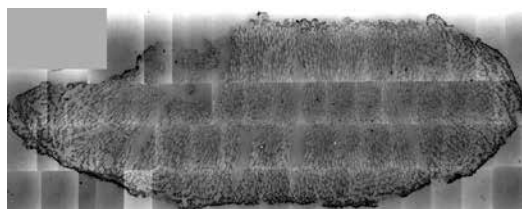


図4 米飯粒組織切片の紫外蛍光観察による細胞壁の可視化^{9, 10)}

細胞壁を可視化することで細胞の損傷などが観察可能となる。

ることで米飯粒の組織構造を観察することが容易となり、組織構造に係わる米飯の性質が明らかになってきている¹¹⁾。

図4は炊き上がった米飯粒の組織切片画像である⁹⁾。図1に示した切片と同方向の面に対して紫外蛍光観察を行い、細胞壁の状態を可視化している。図中、濃色の線状で表される部位が細胞壁である。図に見られるように、炊飯操作によって米飯粒の組織構造変化、特に細胞壁の損傷が確認される。しかし粒すべての細胞壁が損傷を受けるわけではなく、この切片の事例では粒の外縁部と比較して粒中心部における細胞壁自体の損傷はそれほど見られない。これら全粒サイズの視覚的な観察結果から、米粒内部よりも粒の外縁部、すなわち炊飯中の沸騰した炊飯液に接する部位のほうが、細胞組織に損傷を受けやすいことを確認できる。

4. 炊飯中に生じている米粒の組織構造変化

図5は炊飯の経過に伴う米粒の構造変化を示している。切片は前述の切片と同方向の面を紫外蛍光観察し、図5では特に粒の外縁部付近に

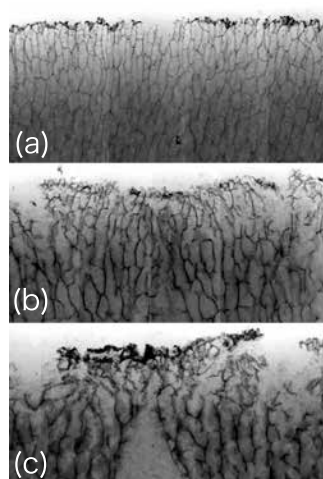


図5 炊飯の経過に伴う米粒表面付近の構造変化

(a) 白米サンプル、(b) 炊飯10min経過後の米粒サンプル、(c) 炊飯20min経過後の米粒サンプル。

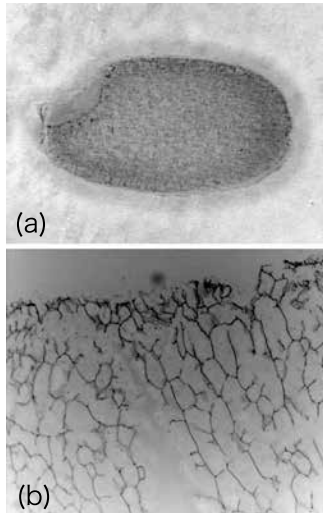


図6 プロラミンの米粒内分布状態と炊飯による米粒の損傷部位

(a) プロラミンの分布, (b) 炊飯された米飯粒表面付近における組織構造の拡大画像。

における細胞壁の状態を拡大表示している。図より、炊飯時間の経過に伴って細胞壁の破断など組織構造の変化が段階的に生じていることが確認できる。とりわけ、炊飯が進行するにつれて粒の外部から内部に向けての組織崩壊が段階的に確認される。本観察結果は得られた切片の一断面での結果を示したに過ぎないが、米飯粒自体の立体的な構造も考慮すると、粒の外縁部と内部では組織崩壊に時間的なずれが生じていると思われる。

以上の結果を総合すると、炊飯初期には米粒外縁部付近の組織が崩壊し、炊飯が経過するにしたがって組織崩壊は粒の内部に進むことになる。これに伴って粒の外側近辺の細胞内に存在する成分から順次炊飯液中に溶出することとなる(図6参照)。米粒中の成分分布などの構造特性も考慮すると、炊飯途中の炊飯液は炊飯の経過とともにその含有する成分が変化することになる。例えば炊飯初期の炊飯液には粒の外縁部に主に分布する脂質やタンパク質が比較的多く含まれていることになる。ただし図4でも確

認されたとおり、粒全体の細胞が炊飯の経過とともに崩壊するわけではない。また、炊飯液の蒸発・濃縮に伴う成分濃度の変化も生じているはずである。例えば、プロラミンと呼ばれるコメ含有タンパク質の一種は米飯にパサパサ感を生じさせる、つまり粘りを阻害して食味を悪化させる要因の一つであることがこれまでの研究によって判明している¹²⁾。プロラミンはその大部分が粒の外縁部近くに分布するため(図6参照)、炊飯初期の段階で炊飯液中に流出する割合が大きくなるとされる。ただし炊き干し法による炊飯では、それらの成分は炊き上がりとともに米飯粒の内部に還流、あるいは表面付着層として米飯粒の表面に付着することになる。

以上、炊飯時の組織構造変化をうまく利用すれば、得られる米飯の成分調製などが可能になる。筆者らは、試験的に炊飯液を処理することで米飯の食味がコントロール可能であることを確認している。例えば、低食味品種のコメであっても、通常の炊飯法と比較して食味を向上させることができる。

おわりに

筆者らは、これまで様々な炊飯状況下における米粒の段階的な組織構造変化を観察してきた。また、いくつかの品種のコメに対して炊飯の経過に伴う炊飯液組成の変化なども調査してきた。それらの結果は近日中に公表する予定であるが、いずれも炊飯中の米粒に生じる組織構造変化から類推される仮説を強く支持している。同様に、それらの変化をうまく利用すれば、簡易な方法であっても米飯の食味や成分組成がコントロールできることを確認している。

コメの調理法である『炊飯』のプロセスは、米粒を栄養的価値が高くかつ美味しい食品に調理するための手段として、密閉された炊飯釜による加熱・炊き干し操作が歴史的、伝統的に決定されてきた。このため特に日本では、良食味

品種の育成や貯蔵条件の最適化, また炊飯時の加熱条件が重要となった。本報で紹介した手法は米飯の食味に影響を与える因子として, コメの品質, 加熱方法に続く第三の因子になると考

えられる。今後, 機械的に処理できる方法を適用することで, 例えば, 特定疾患患者のために特定成分量を低下させた米飯の作成手段として社会的に貢献できればと考えている。

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

- 1) 貝沼やす子：米. 植物性食品 I. 島田淳子, 下村道子編. 東京, 朝倉書店, 2-49, 1994
- 2) 江原絢子：食品と調理. 調理と文化. 橋本慶子, 下村道子, 島田淳子編. 東京, 朝倉書店, 50-64, 1993
- 3) Yukiharu Ogawa: Quality Evaluation of Rice. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Da-Wen Sun. Amsterdam, Elsevier, 377-400, 2008
- 4) Yukiharu Ogawa, Junichi Sugiyama, Heinrich Kuensting, *et al.*: Development of visualization technique for three-dimensional distribution of protein and starch in a brown rice grain using sequential stained sections. *Food Science and Technology Research* **6**(3): 176-178, 2000
- 5) Yukiharu Ogawa, Junichi Sugiyama, Heinrich Kuensting, *et al.*: Advanced technique for three-dimensional visualization of compound distributions in a rice kernel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**(2): 736-740, 2001
- 6) Yukiharu Ogawa, Heinrich Kuensting, Junichi Sugiyama, *et al.*: Structure of a rice grain represented by a new three-dimensional visualization technique. *Journal of Cereal Science* **36**(1): 1-7, 2002
- 7) Yukiharu Ogawa, Heinrich Kuensting, Hidenobu Nakao *et al.*: Three-dimensional lipid distribution of a brown rice kernel. *Journal of Food Science* **67**(7): 2596-2599, 2002
- 8) Yukiharu Ogawa, William J. Orts, Gregory M. Glenn *et al.*: A simple method for studying whole sections of rice grain. *Biotechnic & Histochemistry* **78**(5): 237-242, 2003
- 9) 小川幸春, Delilah F. Wood, William J. Orts, 他: 粘着テープを利用した簡易切片化による米飯粒の組織構造観察法. 日本食品科学工学会誌 **50**(7): 319-323, 2003
- 10) Yukiharu Ogawa, Gregory M. Glenn, William J. Orts *et al.*: Histological structures of cooked rice grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**(24): 7019-7023, 2003
- 11) Yukiharu Ogawa, Delilah F. Wood, Linda C. Whitehand *et al.*: Compression deformation and structural relationships of medium grain cooked rice. *Cereal Chemistry* **83**(6): 636-640, 2006
- 12) Sachiko Furukawa, Kunisuke Tanaka, Takehiro Masumura *et al.*: Influence of rice proteins on eating quality of cooked rice and on aroma and flavor of sake. *Cereal Chemistry* **83**(4): 439-446, 2006

コタラヒムブツの多様な保健作用

芳野 恭士*

*YOSHINO Kyoji (沼津工業高等専門学校 物質工学科)

Key Words：コタラヒムブツ・サラシア・糖尿病・アレルギー

はじめに

サラシア属植物はデチンムル科のつる性の植物であり、東南アジアやブラジル等の熱帯地域に広く分布し、多くの種類が知られている。インド、スリランカの伝統医学を伝えるアーユルベーダで紹介されているハーブの一つで、古くから天然薬物としてその根あるいは幹が、主に糖尿病の初期治療に使用されてきた^{1,2)}。*Salacia reticulata* は、インドやスリランカに自生するサラシア属植物であるが、スリランカではシンハラ語でコタラヒムブツと呼ばれている(図1)。サラシア属植物には、糖尿病の予防作用以外にも抗菌作用等³⁾、様々な保健作用のあることが報告されている。しかし、その保健作用の報告のほとんどは根あ

るいは幹に関するものであり、産地であるスリランカにおいてもその根あるいは幹を利用することが多いため、コタラヒムブツは希少植物となりつつある。コタラヒムブツの過剰採取を防ぐためには、これまであまり用いられてこなかった葉を利用することが、有効な手段であると考えられた。葉には、幹に比べ再生が早いいため環境に対する負荷を軽減でき、さらには渋みが少なく我々の食事習慣に馴染みのある茶として利用しやすいという長所がある。そこで著者は、2005年度より東海大学開発工学部古賀邦正教授および株式会社盛光とともに、サラシア属植物として入手できたスリランカ産の*S. reticulata* とインド産の*S. oblonga* の葉や幹に関する様々な保健作用について共同研究を行ってきた。ここでは、これまでに発表した研究成果を中心にその一端を紹介する。



図1 *Salacia reticulata* の外観

1. 糖吸収抑制作用とマウス1型糖尿病予防作用

生活習慣病として知られる糖尿病や肥満の罹患人口の増加は、大きな社会問題である。糖尿病は、インスリンの分泌不全もしくは機能不全によって起こる複雑な疾患であり、食事摂取後に見られる血糖値とインスリン濃度の異常が特

徴的である。また、喉の渇き、多飲、多食、糖尿、頻尿、視力障害、血中ケトン体の異常増加によるアセトン呼気といった症状も見られる。糖尿病は、インスリン依存性の1型とインスリン非依存性の2型に分類される。1型糖尿病は膵臓のランゲルハンス島β-細胞の障害によるインスリンの分泌不足によって起こり、2型糖尿病は主にインスリンの機能不全で起こる。糖尿病患者の約90%が2型の糖尿病である。デンプンとショ糖は、日常摂取する炭水化物の80-90%を占めており、マルターゼやスクラーゼのような小腸のα-グルコシダーゼ (AGc, EC3.2.1.20) が、これら炭水化物の消化と吸収に重要な役割を果たしている。小腸 AGc 活性の阻害剤は、炭水化物の消化と吸収を遅延させることで、糖尿病や肥満を予防することが期待される。そこで、これまでに、ローズマリー (*Rosmarinus officinalis*)⁴⁾ や茶 (*Camellia sinensis* L.)⁵⁾ といった食品の成分が示す AGc 活性阻害作用が大変注目されてきた。

サラシア属植物の抗糖尿病作用と AGc 活性阻害作用については、これまでに多くの報告がある⁶⁾。それらの幹または根の抽出物は、糖尿病患者⁷⁻⁹⁾ と糖尿病または肥満ラット^{10,11)} で、食時後の血糖値の上昇に対する予防効果を示す。また、サラシア属植物の成分の中には、アルドースレダクターゼ (AR, EC1.1.1.21) 活性の阻害剤として知られるものもある¹²⁻¹⁴⁾。AR は、ソルビトールのようなポリオールの過剰産生と最終糖化産物の形成を引き起こし、白内障、末梢神経障害、腎症、網膜症といった糖尿病の合併症の原因となる酵素の一つと考えられる。そのため、サラシア属植物の幹や根の抽出物は、糖尿病とこれらの合併症を効果的に予防することができるものと期待される。そこで、我々は *S. reticulata* と *S. oblonga* の葉の熱水抽出物について、*in vitro* における AGc 活性と AR 活性に対する阻害効果を *S. reticulata* の幹の熱水抽出

物と比較することを検討してきた。さらに、それぞれの試料についてマウスにおける糖摂取後の血糖値の上昇に対する予防効果と、ストレプトゾトシン (STZ) 誘発1型糖尿病モデルマウスに対する抗糖尿病作用についても比較、検討してきた¹⁵⁾。

S. reticulata の葉と幹および *S. oblonga* の葉の微粉碎物から調製した熱水抽出物の収量は、*S. reticulata* の葉 > *S. reticulata* の幹 > *S. oblonga* の葉、の順に多かった。これらの抽出物は、*in vitro* の実験系において 400 µg/mL の濃度でラット小腸マルターゼ活性に対して阻害作用を示した。*S. reticulata* の葉および幹の抽出物の AGc 活性に対する 50% 阻害濃度 (IC₅₀ 値) は、それぞれマルトース基質で 220 µg/mL と 31 µg/mL、スクロース基質で 110 µg/mL と 13 µg/mL であった。これらの効果は、*S. oblonga* の葉の熱水抽出物よりも強かった。我々が以前に報告したローズマリー 50% エタノール抽出物の主要な活性成分であるルテオリンでも、AGc 活性阻害作用におけるマルトースまたはスクロース基質での IC₅₀ 値はそれぞれ 173 µg/mL と 126 µg/mL であった。従って、*S. reticulata* の葉の熱水抽出物は幹の抽出物に比較して弱いものの、ラット小腸 AGc 活性に対する阻害作用を示すことがわかった。

サラシア属植物の幹や根の中の AGc 活性阻害物質としては、コタラノール¹⁶⁾、サラシノール¹⁷⁾、マンギフェリン¹³⁾等が同定されている。*S. reticulata* の葉の熱水抽出物では、ポリフェノール含量が幹の抽出物よりも多い。マンギフェリン以外のポリフェノール化合物としては、*S. reticulata* の根から (-) -エピカテキン (EC) や (-) -エピガロカテキン (EGC) が検出されている¹³⁾。これらポリフェノール化合物は、*S. reticulata* の葉の熱水抽出物でも検出され、その AGc 活性阻害作用に寄与しているものと考えられる。

1.0 mg/ マウスの *S. reticulata* の葉と幹および *S. oblonga* の葉の熱水抽出物を、160 mg/ マウスのマルトースまたはスクロースと同時に健常マウスに経口投与したところ、30 分後の血糖値の上昇は有意に抑制された。その効果は、*S. reticulata* の幹 > *S. reticulata* の葉 $\geq$ *S. oblonga* の葉、の順であった。このときのマウス小腸の α - グルコシダーゼ活性の上昇も、血糖値と同様に抑制された。しかし、これらの抽出物を健常マウスに投与しても、血糖値の低下は見られなかった。また、これらの抽出物を 160 mg/ マウスのグルコースと同時に経口投与しても、血糖値の上昇は抑制されなかった。この結果は、*S. reticulata* と *S. oblonga* の葉または幹の熱水抽出物が、主に小腸の AGc 活性を阻害することでマウスにおける糖の吸収を抑制したことを示唆している。

次に、*S. reticulata* の葉と幹および *S. oblonga* の葉の熱水抽出物について 0.01% (w/v) 水溶液を調製し、STZ 誘発 1 型糖尿病マウスに飲料水として 4 日間自由摂取させたところ、血糖値

の上昇の有意な抑制が観察された。STZ 誘発糖尿病ラットでは、小腸の過形成と肥大によると考えられる AGc 活性の上昇が見られ、糖摂取後の血糖値上昇の原因の一つであると推測される。*S. reticulata* と *S. oblonga* の抽出物の 0.01% (w/v) 水溶液を、STZ 誘発糖尿病マウスに飲料水として摂取させた場合、*S. oblonga* の葉を用いたスクラーゼ活性の場合を除き、マウスの小腸 AGc 活性の上昇を有意に抑制した。血糖値と小腸 AGc 活性に対する効果の順は、*S. reticulata* の幹 > *S. reticulata* の葉 $\geq$ *S. oblonga* の葉、と *in vitro* での実験や健常マウスでの糖投与実験での結果と同様であった。また、*S. reticulata* の葉と幹の熱水抽出物の摂取は、STZ 誘発糖尿病マウスに見られた血漿インスリン濃度の低下を有意に抑制した。以上のような、糖を経口投与した健常マウスあるいは STZ 誘発 1 型糖尿病マウスにおける血糖値や小腸 AGc 活性の上昇を抑制する作用は、市販の *S. reticulata* の幹抽出物（デキストリン含有）においても同様に認められている（図 2）。

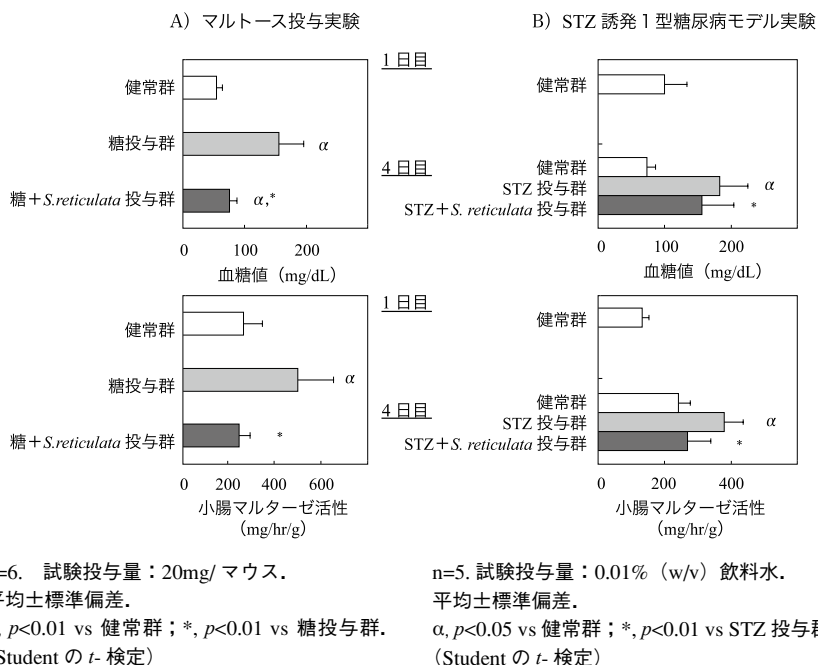


図 2 *S. reticulata* の市販幹抽出物のマウス血糖値上昇に対する抑制作用

ところで、STZは、動物体内でフリーラジカルを産生し膵臓のランゲルハンス島β-細胞の壊死を起こすことから、1型糖尿病モデル動物作成のために広く用いられている。STZ誘発糖尿病動物では、過酸化脂質レベルが血漿および肝臓、腎臓、心臓、筋肉等で上昇することが知られており、フリーラジカルやポリオール経路、糖化反応による酸化ストレスの増加は、ヒトの糖尿病とともに腎症等の合併症を引き起こすものと考えられる。*S. reticulata*の葉と幹の熱水抽出物の摂取は、STZ誘発1型糖尿病マウスに見られた血漿、膵臓、腎臓における過酸化脂質レベルの上昇を有意に抑制した。これまでの研究で、サラシア属植物中の抗酸化成分として、カテキン類、リグナン類、マンギフェリン、トリテルペン類といった化合物が報告されている^{18,19)}。

ARは、ポリオール経路を介して糖化反応や糖尿病の合併症の発症と進行に関与すると考えられている酵素である。STZ誘発糖尿病ラットにおいても、腎症の発症が観察されている。*S. reticulata*の葉と幹および*S. oblonga*の葉の熱水抽出物は、ヒト組み換えAR活性に対して、*in vitro*の実験で阻害作用を示した。最も効果の強かった*S. reticulata*の幹の熱水抽出物のIC₅₀値は25 μg/mLであり、タラノキ (*Aralia elata*)の水抽出物で報告されているIC₅₀値の11.3 μg/mLと同程度である²⁰⁾。さらに、*in vivo*の実験でも、*S. reticulata*の葉と幹の熱水抽出物の摂取は、STZ誘発1型糖尿病マウスの腎臓におけるAR活性を抑制する傾向が見られた。サラシア属植物の幹または根の中のAR活性阻害成分としては、コトラゲニン 16-アセテート¹²⁾、チンゲノン、レゲオールA、トリプトカリンAおよびマンギフェリン等が報告されている^{13,14)}。

以上の結果から、*S. reticulata*の葉の熱水抽出物は、幹の抽出物に比較すると若干弱いものの、

1型糖尿病を抑制する効果の期待できる食品素材であることがわかった。これら*S. reticulata*の抽出物は、小腸AGC活性を阻害して糖摂取後の糖吸収を抑制するだけでなく、膵臓や腎臓での酸化ストレスを抑えるとともにAR活性を阻害することで、糖尿病とそれに関連した合併症を予防するのに有効であると考えられる。また、これらに共通する有効成分の一つとしてマンギフェリンが挙げられるが、*S. reticulata*の葉中の有効成分を特定するためにはさらに検討を行う必要がある。

2. マウス2型糖尿病予防作用

1型糖尿病が主に先天的な膵臓障害で起こるのに対し、2型糖尿病は生活習慣病の一つであり、腎症等の合併症を伴う可能性がより高い。我々は、糖の経口投与マウスあるいは1型糖尿病モデルマウスにおいて血糖値の上昇を予防する効果の見られた*S. reticulata*の葉と幹および*S. oblonga*の葉の熱水抽出物について、2型糖尿病モデルマウスに対する効果を検討してきた²¹⁾。2型糖尿病マウスとしては、安価に作製が可能な、STZ投与の前にナイアシンを投与しSTZによる膵臓障害を和らげる方法を用いた。本方法で作製した2型糖尿病マウスの血糖値、小腸マルターゼ活性、血中インスリン濃度は、いずれも健常群とナイアシンを前投与しない1型糖尿病モデルマウスの中間の値を示し、より軽度の糖尿病のモデルであることを確認した。この2型糖尿病マウスに、*S. reticulata*および*S. oblonga*の葉もしくは幹の熱水抽出物の0.01% (w/v)水溶液をSTZ投与後から2週間自由摂取させたところ、特に*S. reticulata*の葉と幹の熱水抽出物で血糖値の上昇抑制作用が見られ、小腸のマルターゼ活性の上昇や血中インスリン濃度の低下も抑制された。従って、*S. reticulata*の葉の熱水抽出物についても、幹の抽出物と同

様に2型糖尿病を予防する効果が期待できることがわかった。その作用機序と有効成分は、1型糖尿病予防効果の場合とほぼ同様であると予想される。

3. マウス脂質吸収抑制作用

現代の日本人の食生活は欧米化が進み、脂肪からのエネルギー摂取比率が増加する傾向にある。生活習慣病の罹患人口の増加は、糖だけでなく脂質の過剰摂取もその原因の一つであると考えられる。*S. reticulata*の根のポリフェノール成分には、脂質消化酵素であるリパーゼ活性を阻害する作用のあることが報告されている²²⁾。ラットを用いた *in vivo* の実験でも、*S. reticulata*の幹の水抽出物に高脂血症予防作用のあることが認められている²³⁾。このように糖や脂質の吸収、代謝を改善することから、*S. reticulata*はメタボリックシンドロームに対する予防作用も示す²⁴⁾。

我々は、さらに *S. reticulata*の葉の抽出物にもリパーゼ活性阻害作用があり、その効果は幹の抽出物よりも強いことを確認した²⁵⁾。そこで、高脂食摂取モデルマウスに *S. reticulata*の葉または幹の微粉碎物を摂取させた場合の、脂質吸収抑制作用についても検討を行っている²⁶⁾。市販のマウス用粉末飼料にコーン油を10% (w/w)、コレステロールを5% (w/w) 添加した高脂食に、*S. reticulata*の葉または幹の微粉碎物を1, 3, 5% (w/w) 添加し5日間マウスに自由摂取させた。実験期間中のマウスの体重増加量は高脂食摂取で高まったが、*S. reticulata*の葉および幹の微粉碎物の摂取により、投与量依存的に抑制された。また、高脂食の摂取により見られた血漿と肝臓のトリグリセリド量および総コレステロール量の増加は、コタラヒムブツの葉および幹の微粉碎物の摂取で抑制される傾向があり、この効果は

葉よりも幹の方が強かった。高脂食の摂取により上昇した血漿と肝臓の過酸化脂質レベルは、*S. reticulata*の葉の摂取でのみ抑制された。

これらの結果から、*S. reticulata*の葉および幹には、高脂食摂取マウスにおける脂質の吸収を抑制する効果があることが示唆された。今後、その作用機序と有効成分について検討を行う必要がある。

4. マウス遅延型過敏症予防作用

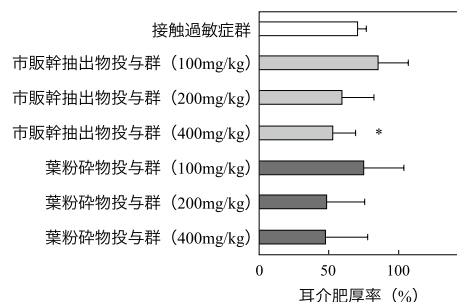
免疫は、体外から侵入する細胞やウイルス、あるいは体内で形成される異常細胞等に対する身体の防御システムである。しかし、免疫系は生体にとって害のない抗原であるアレルゲンに対して過剰な反応を示すことで、生体に対し組織障害を起こすことがあり、このような場合をアレルギーと呼ぶ。近年、アレルギー疾患が急増しており、その背景には環境や食事を含む生活習慣の変化、ストレスの増大等があるものと考えられ、大きな社会問題となりつつある。薬剤によるその予防や治療を行う場合には副作用が問題となるため、毒性が低く長期にわたって摂取可能な、天然物や食品素材の活用が期待される。アレルゲンとしては、そば、卵、牛乳のような食品中のタンパク質や、花粉、ダニの死骸、各種化学薬品等が知られている。

アレルギー反応は、従来、その発症機構により Gell-Coombs の分類法でⅠ～Ⅳ型に分類されている。このうち代表的なものはⅠ型とⅣ型のアレルギーであり、Ⅱ型とⅢ型のアレルギーは、それぞれ自己免疫疾患やアルサス反応等に関連しており、発症例は少ないが発症機序が複雑で治療法が確立されていない点で問題である。

Ⅳ型アレルギーは、細胞性免疫応答によって起こる遅延型アレルギーで、1型ヘルパーT (Th1) 細胞が産生する前炎症性サイトカイン

によるマクロファージ等の免疫細胞の活性化で起こる。活性化されたマクロファージ等の食細胞は、アレルゲンを破壊するために活性酸素を産生し、その漏出により周囲の正常細胞が傷害されて炎症が起こることになる。症状の例としては、ツベルクリン反応、結核病変、移植拒絶反応、化粧品等化学薬品で起こる接触過敏症（接触性皮膚炎）、リウマチ性関節炎、膠原病等が挙げられる。*S. reticulata* の葉や *S. oblonga* の根には、リウマチ性関節炎抑制作用や抗炎症作用があることが報告されている^{27, 28)}。その作用機序としては、既述のようにサラシア属植物中に含まれる抗酸化成分による活性酸素の消去が考えられる。そこで、我々は *S. reticulata* の葉と幹および *S. oblonga* の葉の熱水抽出物について、オキサゾロン誘発マウス耳介浮腫法を用いてその遅延型過敏症抑制作用を検討している²⁹⁾。

S. reticulata および *S. oblonga* の抽出物を、二次感作の1時間前に200mg/kg体重または400mg/kg体重の投与量でマウスに経口投与したところ、既知のステロイド性抗炎症剤であるヒドロコルチゾン100mg/kg体重の投与量で経口投与した場合に比較すると弱いものの、有意なマウス耳介肥厚抑制作用が見られた。特に、*S. reticulata* の葉の熱水抽出物の効果が、他の試料よりも強い傾向が見られた。このときのマウスの血清や耳介中の前炎症性サイトカインであるインターリューキン-12 (IL-12) および γ -インターフェロン濃度は、*S. reticulata* の葉と幹の熱水抽出物の投与で投与量依存的に抑制された。その効果は、耳介の肥厚抑制作用と同様に、葉の抽出物の方が強い傾向が見られた。従って、*S. reticulata* の葉と幹の抽出物は、マクロファージ様抗原提示細胞や Th1 細胞等によるこれらのサイトカイン類の産生、分泌を抑制することで、マウス接触過敏症抑制作用を発揮したものと考え



n=6. 平均±標準偏差. *, $p<0.05$ vs 接触過敏症群 (Student の *t*-検定)

図3 *S. reticulata* の市販幹抽出物または葉微粉砕物のマウス接触過敏症抑制作用

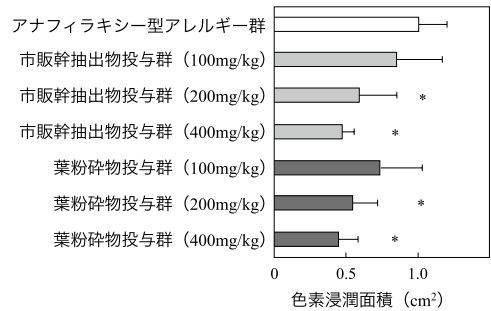
られる。そこで、*S. reticulata* の葉と幹の熱水抽出物の投与量400 mg/kg体重中に含まれる量のマンギフェリンまたはカテキン類について、マウス接触過敏症抑制作用を検討したところ、マンギフェリンとECを合わせると *S. reticulata* の葉と幹の同作用の約80～90%に相当する効果を示した。このような、マウス接触過敏症抑制作用は、市販の *S. reticulata* の幹抽出物（デキストリン含有）や葉微粉砕物においても同様に認められている（図3）。以上の結果から、*S. reticulata* の葉および幹の熱水抽出物は接触過敏症を抑制する抗炎症効果の期待できる食品素材であり、成分としてはマンギフェリンとECがその効果に寄与しているものと考えられた。

5. マウスアナフィラキシー型アレルギー予防作用

もう一つの代表的アレルギー反応であるI型アレルギーは、体液性抗体応答による即時型アレルギーの一種であり、アナフィラキシー型アレルギーとも呼ばれる。アレルゲンを認識したTh2細胞が分泌するサイトカイン類によって活性化されたB細胞が免疫グロブリンE (IgE) 抗体を産生・分泌し、これがマスト細胞表面の受容体にアレルゲンとともに結合すると、マスト細胞からヒスタミン等の種々

の化学伝達物質が放出される。この化学伝達物質により、血管の透過性及び粘液分泌が亢進し、アナフィラキシーショック、花粉症、気管支喘息、蕁麻疹、アトピー性皮膚炎、食物アレルギー、鼻炎などの症状が現れる。前項で示したIV型アレルギーに対する結果から、*S. reticulata* や *S. oblonga* には動物の免疫系に作用する効果のあることが予想される。そこで、我々は *S. reticulata* の葉と幹および *S. oblonga* の葉の熱水抽出物について、卵白アルブミンをアレルゲンとしたマウス腹壁色素浸潤法を用いてそのアナフィラキシー型アレルギー抑制作用を検討している³⁰⁾。

S. reticulata および *S. oblonga* の抽出物を、二次感作の1時間前に200 mg/kg 体重または400mg/kg 体重の投与量でマウスに経口投与したところ、既知の抗ヒスタミン剤であるジフェンヒドラミンを1mg/kg 体重の投与量で経口投与した場合に比較すると弱いものの、有意なアナフィラキシー型アレルギー抑制作用を発揮した。特に、*S. reticulata* の幹の熱水抽出物は、他の試料よりも強い効果を示す傾向が見られた。このときのマウスの腹壁中のサイトカインであるIL-4およびIL-10濃度は、*S. reticulata* の葉と幹の熱水抽出物の400mg/kg 体重の投与量で有意に抑制された。その効果は、アナフィラキシー型アレルギー抑制作用と同様に、幹の抽出物の方が強い傾向が見られた。また、アレルギーモデルマウス腹壁中のIgE濃度も、*S. reticulata* の葉および幹の抽出物で抑制される傾向が見られた。従って、*S. reticulata* の葉と幹の抽出物は、マクロファージ様抗原提示細胞やTh2細胞によるこれらのサイトカイン類の産生、分泌を抑制することで、B細胞からのIgE抗体の分泌を抑制し、マウスアナフィラキシー型アレルギー抑制作用を発揮したものと考えられる。そのポリフェノール成分であるマンギフェリンやEGCも同



n=8. 平均±標準偏差. *, $p<0.01$ vs アナフィラキシー型アレルギー群 (Student の t 検定)

図4 *S. reticulata* の市販幹抽出物または葉微粉砕物のマウスアナフィラキシー型アレルギー抑制作用

様に、マウスアナフィラキシー型アレルギー抑制作用を示すため、これらが有効成分の一部であることが推測される。しかし、葉と幹での効果の強さの順がマウス遅延型過敏症抑制作用の場合と異なるため、その有効成分についてはさらに検討が必要である。このような、マウスアナフィラキシー型アレルギー抑制作用は、市販の *S. reticulata* の幹抽出物（デキストリン含有）や葉微粉砕物においても同様に認められている（図4）。以上の結果から、*S. reticulata* の葉および幹の熱水抽出物は、アナフィラキシー型アレルギーを抑制する効果のある食品素材として期待される。

株式会社盛光は、*S. reticulata* の葉の水抽出液を用い、花粉症および鼻炎を発症している東京都内の成人約170名を対象としたその症状軽減作用についてのモニター調査を、平成20年から21年にかけて株式会社MD. ネットに依頼して行っている。その結果、「効果があった」または「期待よりは効果があった」と回答した者の割合は、2週間強の摂取調査で約50%、2ヵ月強の摂取調査では約80%であった（図5）。自覚された改善症状は、くしゃみや鼻水といった鼻粘膜に対するものが多く、重度の症状ほどその軽減が強く自覚されている。

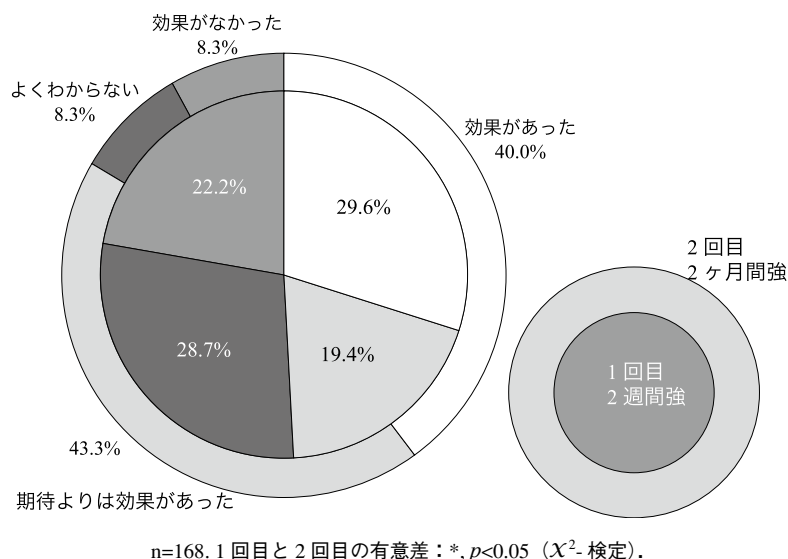


図5 *S. reticulata* の葉水抽出液の花粉症に対する効果（モニター調査結果）

おわりに

サラシア属植物の保健作用については、これまで紹介してきたもの以外に、アーユルベータにおいて淋病や皮膚病に対する効果が知られている²⁷⁾。その作用機序としては、既述の抗炎症作用に加えて抗菌作用が考えられる。実際に、サラシア属植物の根や葉についての抗菌作用^{3, 31)}、抗原虫作用³²⁾、あるいは不溶性グルカン付着抑制作用による歯垢形成抑制作用³³⁾等が報告されている。また、*S. reticulata* は、交感神経系を介した熱産生や脂質代謝に関連する自律神経の亢進を引き起こす³⁴⁾。さらに、株式会社盛光は、*S. reticulata* に関してその腸内環境改善作用と便性改善作用について明らかにするとともに³⁵⁾、同作用に関するモニター調査を60名のヒトを対象として平成17年にBridges Japan Ltd. に依頼して行っている。その結果、排便回数の増加が見られ、使用後の満足度について「非常に良い」または「良い」と回答した者は約90%であった。同様に、腸内細菌叢に対する効果も報告されている³⁶⁾。腸内

環境に対する *S. reticulata* の効果を含め、多様な保健作用とその利用方法については、我々も検討を継続しているところである。なお、サラシア属植物の抽出物の安全性については、これまで亜慢性毒性や遺伝毒性などについて確認されている³⁷⁻⁴⁰⁾。

ここまで、コタラヒムブツの多様な保健作用について、我々の研究成果の一端を含めて紹介してきた。これら研究成果とコタラヒムブツの葉を用いた健康食品の商品化については、平成21年度の第8回産学官連携推進会議でも紹介している⁴¹⁾。*S. reticulata* の葉の熱水抽出物は、わずかに赤みがあり、新鮮な香りと軽い味を持っている。さらに、*S. reticulata* の葉の微粉碎物自身も、鮮やかな緑色であり抹茶様の風味を持つので、抽出等の加工工程なしに生の素材を楽しむことが可能である。従って、*S. reticulata* の葉はその幹と同様に、健康食品の素材として有益で魅力あるものと考えられる。

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

- 1) 吉川雅之：薬用植物の糖尿病予防成分 医食同源の観点から . 化学と生物 **40** : 172-178. 2002
- 2) M. Modak, P. Dixit, J. Londhe, *et al.* : Indian herbs and herbal drugs used for the treatment of diabetes. *J. Clin. Biochem. Nutr.* **40** : 163-173. 2007
- 3) R. P. Samy : Antimicrobial activity of some medicinal plants from India. *Fitoterapia* **76** : 697-699. 2005
- 4) K. Koga, H. Shibata, K. Yoshino, *et al.* : Effects of 50% ethanol extract from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) on α -glucosidase inhibitory activity and the elevation of plasma glucose level in rats, and its active compound. *J. Food Sci.* **71** : S507-S512. 2006
- 5) M. Honda, Y. Hara : Inhibition of rat small intestinal sucrase and α -glucosidase activities by tea polyphenols. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **57** : 123-124. 1993
- 6) 吉川雅之, Y. Pongpiriyadacha, 来住明宣, 他 : タイ産 *Salacia chinensis* の生物活性 : α -グルコシダーゼ阻害活性を指標とした品質評価 . 薬学雑誌 **123** : 871-880. 2003
- 7) A. L. Collene, S. R. Hertzler, J. A. Williams, *et al.* : Effects of a nutritional supplement containing *Salacia oblonga* extract and insulinogenic amino acids on postprandial glycemia, insulinemia, and breath hydrogen responses in healthy adults. *Nutrition* **21** : 848-854. 2005
- 8) M. H. Jayawardena, N. M. de Alwis, V. Hettigoda, *et al.* : A double blind randomised placebo controlled cross over study of a herbal preparation containing *Salacia reticulata* in the treatment of type 2 diabetes. *J. Ethnopharmacol.* **97** : 215-218. 2005
- 9) J. A. Williams, Y. S. Choe, M. J. Noss, *et al.* : Extract of *Salacia oblonga* lowers acute glycemia in patients with type 2 diabetes. *Am. J. Clin. Nutr.* **86** : 124-130. 2007
- 10) K. Krishnakumar, K. T. Augusti, P. L. Vijayammal : Hypoglycaemic and anti-oxidant activity of *Salacia oblonga* Wall. extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* **43** : 510-514. 1999
- 11) Y. Li, G. Peng, Q. Li, *et al.* : *Salacia oblonga* improves cardiac fibrosis and inhibits postprandial hyperglycemia in obese Zucker rats. *Life Sci.* **75** : 1735-1746. 2004
- 12) H. Matsuda, T. Murakami, K. Yashiro, *et al.* : Antidiabetic principles of natural medicines. IV. Aldose reductase and α -glucosidase inhibitors from the roots of *Salacia oblonga* Wall. (Celastraceae): structure of a new friedelane-type triterpene, kotalagenin 16-acetate. *Chem. Pharm. Bull.* **47** : 1725-1729. 1999
- 13) 吉川雅之, 西田典永, 下田博司, 他 : *Salacia* 属植物のポリフェノール成分 : α -グルコシダーゼ及びアルドースレダクターゼ阻害活性成分, Mangiferin, の定量分析 . 薬学雑誌 **121** : 371-378. 2001
- 14) T. Morikawa, A. Kishi, Y. Pongpiriyadacha, *et al.* : Structures of new friedelane-type triterpenes and eudesmane-type sesquiterpene and aldose reductase inhibitors from *Salacia chinensis*. *J. Nat. Prod.* **66** : 1191-1196. 2003
- 15) K. Yoshino, Y. Miyauchi, T. Kanetaka, *et al.* : Anti-diabetic activities of leaf extracts prepared from *Salacia reticulata* in mice. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **73** : 1096-1104. 2009
- 16) M. Yoshikawa, T. Murakami, K. Yashiro, *et al.* : Kotalanol, a potent α -glucosidase inhibitor with thiosugar sulfonium sulfate structure, from antidiabetic ayurvedic medicine *Salacia reticulata*. *Chem. Pharm. Bull.* **46** : 1339-1340. 1998
- 17) M. Yoshikawa, T. Morikawa, H. Matsuda, *et al.* : Absolute stereostructure of potent α -glucosidase inhibitor, salacinol, with unique thiosugar sulfonium sulfate inner salt structure from *Salacia reticulata*. *Bioorg. Med. Chem.*, **10** : 1547-1554. 2002
- 18) M. Yoshikawa, K. Ninomiya, H. Shimoda, *et al.* : Hepatoprotective and antioxidative properties of *Salacia reticulata*: preventive effects of phenolic constituents on CCl_4 -induced liver injury in mice. *Biol. Pharm. Bull.* **25** : 72-76. 2002
- 19) A. Kishi, T. Morikawa, H. Matsuda, *et al.* : Structures of new friedelane- and norfriedelane-type triterpenes and polyacylated eudesmane-type sesquiterpene from *Salacia chinensis* LINN. (*S. prinoides* DC., Hippocrateaceae) and radical scavenging activities of principal constituents. *Chem. Pharm. Bull.* **51** : 1051-1055. 2003
- 20) Y. S. Chung, Y. H. Choi, S. J. Lee, *et al.* : Water extract of *Aralia elata* prevents cataractogenesis in vitro and in vivo. *J. Ethnopharmacol.* **101** : 49-54. 2005

- 21) 芳野恭士, 青木崇史, 中戸川 奨, 他: コトラヒムブツ (*Salacia reticulata*) 葉の2型糖尿病モデルマウスに対する影響. 日本薬学会第130年会要旨集3, 日本薬学会, p.256, 2010
- 22) M. Yoshikawa, H. Shimoda, N. Nishida, *et al.*: *Salacia reticulata* and its polyphenolic constituents with lipase inhibitory and lipolytic activities have mild antiobesity effects in rats. *J. Nutr.* **132**: 1819–1824. 2002
- 23) 下田博司, 川守秀輔, 河原有三: サラシア・レティキュラータ (*Salacia reticulata*) 水抽出物のラットにおける高脂血症予防作用. 日本栄養・食糧学会誌 **53**: 149-154. 2000
- 24) 赤瀬智子, 嶋田 努, 原沢友紀子, 他: メタボリックシンドロームに対するコトラヒムブツ (*Salacia reticulata*) の予防効果. 薬理と治療 **36**: 39-48. 2008.
- 25) 橋田登季子, 久村満枝, 金高 隆, 他: コトラヒムブツ (サラシア・レティキュラータ) 葉抽出エキスのリパーゼ阻害活性評価. 富士山麓A & Sフェア2008予稿集, 富士山麓A & Sフェア実行委員会, p.14, 2008
- 26) 後藤はるな, 岸 由紀乃, 齋藤圭祐, 他: *Salacia reticulata* のマウス脂質吸収抑制作用. 富士山麓 A&S フェア2009予稿集, 富士山麓A & Sフェア実行委員会, p.67, 2009
- 27) 真野 博: コトラヒムブツ抽出物の関節リウマチへの効果. 第1回サラシア属植物シンポジウム講演要旨集, サラシア属植物シンポジウム事務局, pp.12-19, 2008
- 28) T. S. Ismail, S. Gopalakrishnan, V. H. Begum, *et al.*: Anti-inflammatory activity of *Salacia oblonga* Wall. and *Azima tetracantha* Lam. *J. Ethnopharmacol.* **56**: 145-152. 1997
- 29) 芳野恭士, 宮本潤基, 金高 隆, 他: コトラヒムブツ (*Salacia reticulata*) のマウス接触皮膚炎抑制作用. 日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, 日本栄養・食糧学会, p.116, 2010
- 30) 芳野恭士, 金高 隆, 古賀邦正: サラシア属植物の抗I型アレルギー作用. 第2回サラシア属植物シンポジウム講演要旨集, サラシア属植物シンポジウム事務局, pp.36-40, 2009
- 31) M. A. Deepa, V. N. Bai: Antibacterial activity of *Salacia beddomei*. *Fitoterapia* **75**: 589–591. 2004
- 32) J. N. Figueiredo, B. Raz, U. Sequin: Novel quinone methides from *Salacia kraussii* with in vitro antimalarial activity. *J. Nat. Prod.* **61**: 718-723. 1998
- 33) 川守秀輔, 田中恵美, 茶谷和彦, 他: *Salacia reticulata* 抽出物の *in vitro* における歯垢形成抑制効果. 口腔衛生学会雑誌 **48**: 614-615. 1998
- 34) 辛 基玉, 森谷敏夫: コトラヒム抽出エキス末のエネルギー代謝及び自律神経活動動態に及ぼす効果. *New Diet Therapy* **23**: 40-47. 2007
- 35) 特許公開 2007-31345. 腸内環境改善作用を有する食品組成物.
- 36) 植田文教, 池田賢治, 高島正伸: サラシア属植物の抽出物の腸内環境への作用, 第1回サラシア属植物シンポジウム講演要旨集, pp.42-47. 2008
- 37) 下田博司, 川守秀輔, 河原有三: スリランカ有用植物サラシア・レティキュラータ (*Salacia reticulata*) 水抽出物のラットおよびヒトの食後過血糖に及ぼす作用. 日本栄養・食糧学会誌 **51**: 279-287. 1998
- 38) B. W. Wolf, S. E. Weisbrode: Safety evaluation of an extract from *Salacia oblonga*. *Food Chem. Toxicol.* **41**: 867-874. 2003
- 39) A. M. Flammang, G. L. Erexson, M. S. Mecchi, *et al.*: Genotoxicity testing of a *Salacia oblonga* extract. *Food Chem. Toxicol.* **44**: 1868-1874. 2006
- 40) A. M. Flammang, G. L. Erexson, J. M. Mirwald, *et al.*: Toxicological and cytogenetic assessment of a *Salacia oblonga* extract in a rat subchronic study. *Food Chem. Toxicol.* **45**: 1954-1962. 2007
- 41) 芳野恭士: 食品関連技術～保健用食品の機能性評価と新素材の開発～. コトラヒムブツ含有サプリメントの開発. 高専発食品関連技術シリーズ集, (独) 国立高等専門学校機構, p.13, 2009

沖縄産カンショ茎葉の高度機能性成分

平良 淳誠*

*TAIRA Junsei (国立沖縄工業高等専門学校 生物資源工学科)

Key Words：カンショ・ポリフェノール・葉酸・機能性食素材・血流改善

はじめに

カンショは昔から広く栽培され、その塊根部分は食用、デンプン原料、菓子素材として利用されている。沖縄県では茎葉部を伝統食素材として一部利用しているが、ほとんどが飼料用や畑に肥料として廃棄されているのが現状である。最近では、カンショ茎葉は繰り返し収穫が可能であるという利点から、その利用に向けてカンショ茎葉部に含まれるポリフェノールについての研究が進み、クロロゲン酸、ジカフェオイルキナ酸誘導体、トリカフェオイルキナ酸等のカフェ酸誘導体の成分が明らかにされている¹⁾。一般にポリフェノール類は抗酸化活性により糖尿病や高血圧などの生活習慣病の予防剤として注目され、食品素材として積極的に利用されている。

多種類のポリフェノールを含むカンショ茎葉についても、肝害抑制、抗変異原性および抗癌作用の生理活性が試験管レベルや細胞を用いた試験で調べられ、有用な食品素材になることが明らかにされつつある²⁻³⁾。

亜熱帯地域に属する沖縄県は紫外線量が多いことから、自生する植物のポリフェノール含量は高くなる⁴⁾。また紫外線量の多い月に収穫した葉草で抗酸化作用の活性が高い傾向

が示された⁵⁾。著者は沖縄産カンショ茎葉にポリフェノール含量の高い品種が多いことに着目した。また、葉草などの植物と同様に夏場に沖縄産カンショの備瀬が2.3倍、沖夢紫が3倍に含量が増加していた(図1)⁶⁾。さらに、カンショ茎葉はホウレンソウに比べて葉酸含量も高かった(図2)⁶⁾。葉酸は核酸、赤血球およびアミノ酸の合成やたんぱく質の生成を促進する作用があり⁷⁻⁸⁾、特に、妊娠初期における作用は重要で、この期間の葉酸摂取不足は、胎児の神経管閉鎖障害による下肢の運動障害を引き起こすことが明らかになっている⁹⁻¹⁰⁾。厚生労働省は1日あたりの葉酸摂取量を成人男

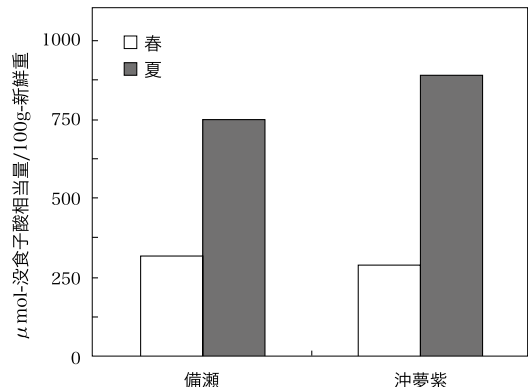
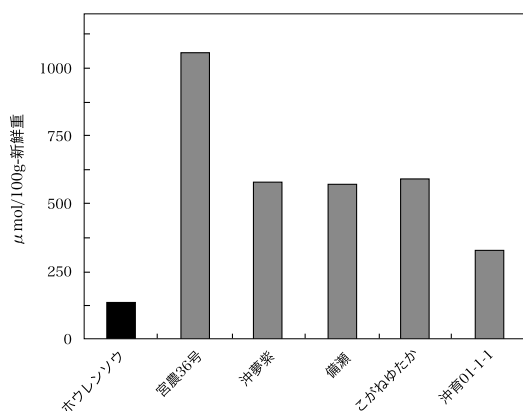
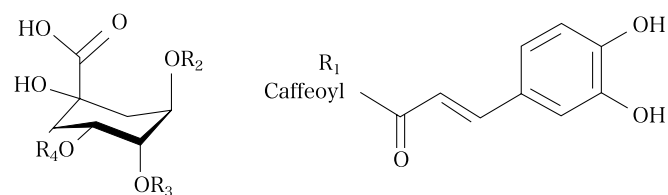


図1 沖縄産カンショのポリフェノール含量と季節変動⁶⁾

図2 沖縄産カンショの葉酸含量⁶⁾

女で 200μg, 妊婦においては 2 倍量の 400μg と定めている。ポリフェノールや葉酸の機能性成分を高い含量で含むカンショ茎葉は、有用な機能性食素材となる可能性が高いことに着目して、研究を進めてきた。

本稿では、沖縄産カンショ茎葉の機能性について、これまで明らかになった知見を紹介する。尚、詳細についての研究は進行中のものもあり、また現在論文投稿中の結果は、カンショの品種名は記述せず、また概要のみの解説になることを予めご承諾頂きたい。



	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Caffeoyl	-			
CA	OH			
3-CQA	-	caffeoyl	H	H
4-CQA	-	H	caffeoyl	H
5-CQA	-	H	H	caffeoyl
3,4-diCQA	-	caffeoyl	caffeoyl	H
3,5-diCQA	-	caffeoyl	H	caffeoyl
4,5-diCQA	H	caffeoyl	caffeoyl	
3,4,5-triCQA	-	caffeoyl	caffeoyl	caffeoyl

図3 カンショ茎葉ポリフェノールのカフェ酸誘導体

1. カンショ茎葉に含まれる機能性ポリフェノール

カンショ茎葉抽出物に含まれるポリフェノールは、カフェ酸誘導体の caffeic acid (CA), mono-caffeoylquinic acids (3-CQA, 4-CQA, 5-CQA), 4, 5-di-caffeoylquinic acid (4, 5-diCQA), 3, 5-diCQA, 3, 4-diCQA および 3, 4, 5-triCQA であることを分析した (図3)。これまで報告のあるカンショ茎葉と同成分類が沖縄産カンショ茎葉に含まれていた¹¹⁾。カフェ酸誘導体の中でも 4,5-diCQA と 3,5-diCQA は、沖縄産カンショの主要なポリフェノール成分であった。

2. 沖縄産カンショポリフェノールの一酸化窒素ラジカル (NO) 産生抑制

血管拡張因子や神経伝達因子である NO の過剰産生は、酸化ストレスを受けている組織で発生する活性酸素のスーパーオキシドアニオン (O₂⁻) と反応し反応性の高いラジカルのペルオキシナイトライト (ONOO⁻) を産生し、細胞

や組織障害を引き起こし様々な疾患の要因となる。RAW264.7 マクロファージ細胞に LPS 添加の NO 過剰産生系において、カンショポリフェノールで評価した結果を図4に示した。カンショポリフェノールによる NO 産生抑制は、その用量に依存して抑制効果を示した。特に、ポリフェノール含量の多い沖縄産カンショ抽出物で、NO 産生抑制率が高いことが示された¹²⁾。また、同実験系において試料による細胞毒性のないことは、MTT アッセイにより確認している。このカンショ茎葉抽出物の寄与成分は、カフェ

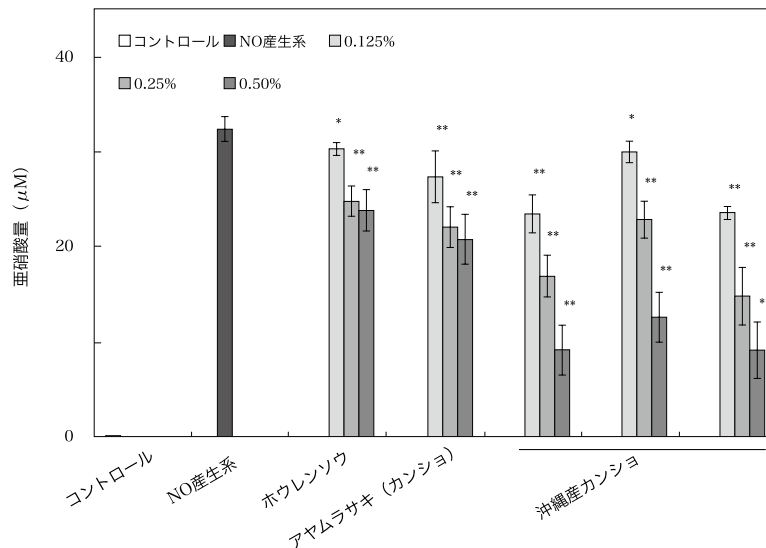


図4 RAW264.7 マクロファージ細胞の NO 産生系に対するカンショ茎葉抽出物の NO 抑制効果
有意差: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

酸誘導体で、NO 産生の抑制機構として NO スカベンジ作用、また RAW264.7 マクロファージ細胞における一酸化窒素ラジカル生成酵素の遺伝子発現 (iNOS mRNA) の抑制によることを明らかにし、2010 年日本薬学会 (3 月、岡山市) で報告した。

3. 沖縄産カンショポリフェノールの LDL 酸化産生抑制

低密度リポタンパク質 (low density lipoprotein, LDL) の酸化変性による LDL 酸化生成物は、マクロファージの貪食、泡沫化を誘導し血管内平滑筋の硬化を進行させる初期の血管動脈硬化症の要因になっていることが示唆された¹³⁻¹⁴⁾。これまでの研究で、葉野菜抽出物に LDL 酸化の抑制効果があり、その寄与成分として抗酸化物質の関与が示された¹⁵⁻¹⁶⁾。カンショ茎葉のポリフェノール含量は高く、DPPH ラジカル消去作用¹⁷⁾も有することから LDL 酸化生成の抑制が期待された。ヒト LDL の 2,2'-azobis (4-methoxy-2,4-dimethylvaleronitrile) ラジカル

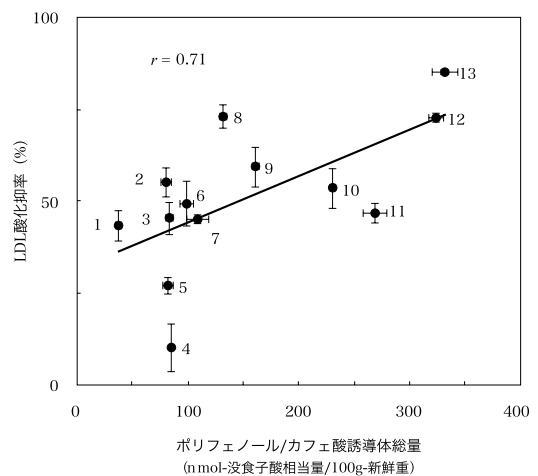


図5 カンショ茎葉ポリフェノール(カフェ酸誘導体)の LDL 酸化抑制

による酸化の系に、カンショ抽出物を添加してその効果を評価した (図 5)。図 5 に示されるように、各カンショ品種のポリフェノール含量と LDL 酸化生成物の抑制は相関していた¹¹⁾。即ち、カンショポリフェノールの寄与の大きいことが示された。またカンショ茎葉の主要なポリフェノールはカフェ酸誘導体であり、その総量と LDL 酸化抑制も相関していた。即ち、

LDL 酸化抑制にカフェ酸誘導体が大きく寄与していることが示された¹¹⁻¹²⁾。血管内皮における LDL 酸化物の生成抑制は、後述のカンショ茎葉抽出物の血流改善効果の一つの機構になっているのかもしれない。

4. カンショ茎葉の必須および微量栄養元素

試料の元素分析は ICP-MS を用いて、カンショ茎葉の必須および微量栄養元素を測定した^{12, 18)}。例えばカンショ 6 品種茎葉の必須栄養元素の K, Ca, Mg および Na は、23888-39960, 7644-22012, 2291-6016, 235-6557 $\mu\text{g/g}$ -乾燥重量の範囲の含量であった。また Fe, Mn, Zn および Cu の含量は 97-927, 85-279, 26-84, 5.9-14 $\mu\text{g/g}$ -乾燥重量の範囲であった。K 濃度は全試料中で最も高く、Na 濃度は品種間における濃度差が大きかった。カンショ茎葉の K/Na 比は、ホウレンソウやエンサイよりも高かった (図 6)。K 濃度の高いフルーツや野菜には、血圧を低下させる効果があることが報告されている¹⁹⁾。カンショ抽出物を餌にした高血圧ラット SHR で、血圧の降下作用が報告された²⁰⁾。また後述するが、著者らは

カンショ茎葉粉末を餌に配合して食餌とした高血圧自然発症ラット SHRSP で、血流改善効果のあることを明らかにした²¹⁾。これらの効果は、K/Na 比の大きいことが要因の一つになっているのかもしれない。

また、カンショ茎葉でグルタチオンペルオキシダーゼやチオレドキシンなどの抗酸化酵素含有金属の Se や SOD の含有金属の Mn 含量は、カンショ全品種においてエンサイやホウレンソウに比べて高かった^{12, 18)}。これらの結果から、カンショ茎葉は抗高血圧予防食材や抗酸化食素材として有用な機能性食素材になることが示された。一方で、有害金属の Cd 濃度はホウレンソウよりも低く、Pb と As 濃度はエンサイやホウレンソウの葉野菜とほぼ同程度の含量で安全性の高いことが示された。

5. カンショ茎葉の血流改善効果

高血圧自然発症モデル動物 SHRSP ラット (13 週齢) によるカンショ茎葉粉末を食餌とした投与実験を行った (図 7)。対照群の疾患動物が成育に伴い血流が悪化しているのに対して、カンショ茎葉を摂取した試験群は、血流を改善し

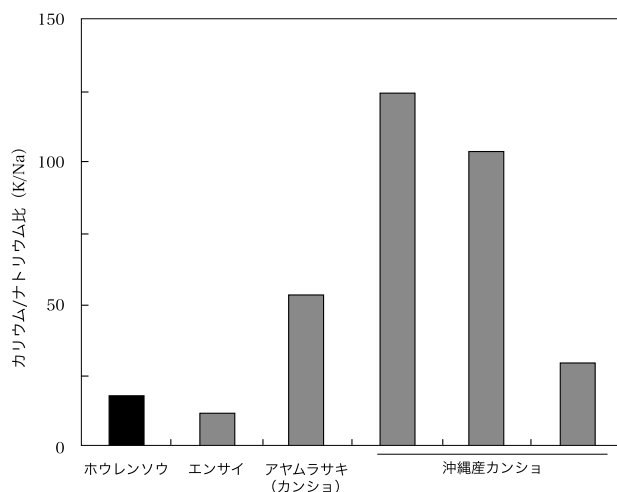


図 6 カンショ茎葉と葉野菜のカリウム (K) / ナトリウム (Na) 比

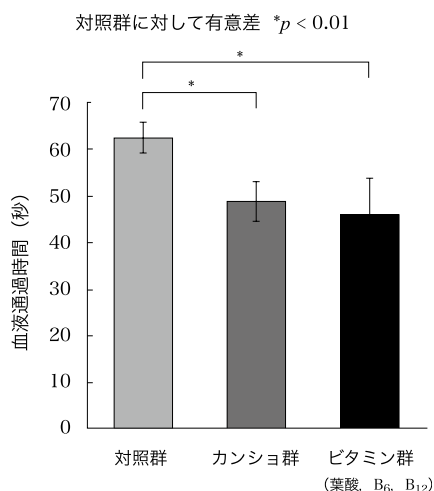


図 7 カンショ茎葉の血流改善効果

た²¹⁾。このことから、カンショ茎葉が優れた血流改善効果のあることが示された。また、カンショ茎葉には葉酸が多く含まれる。葉酸および、その補助ビタミン成分の B₆ と B₁₂ を含む飼料投与群についても、カンショ投与群と同程度の血流改善効果が示された。従って、カンショに含まれる葉酸および、その補助成分の B₆ と B₁₂ が作用成分の一つであることが示された。脳血管障害の要因である動脈硬化の危険因子として、血漿ホモシステイン濃度の上昇が要因であることが明らかになった。ホモシステインは、葉酸から 5-メチルトetraヒドロ葉酸を介してメチオニン生成に続く代謝経路を介して生成し、最終的にシステインに代謝される。本実験の結果は、カンショに含まれる葉酸がホモシステインを減少させることで、血管機能障害を減少させている機構が示唆された。また、葉酸およびその補助ビタミン成分の B₆ と B₁₂ を添加したカンショ茎葉加工物やその他の食品素材に添加しても、同様な機構での血流改善効果が期待できる。また前述の血管内皮における LDL 酸化抑制や K 含量の高いことなどが血流改善効果の一つの機構になっていることが予想される。さらにカンショ茎葉抽出物には、血栓溶解作用もあることから、甘藷茎葉の血栓治療効果も期待できる²¹⁾。

まとめ

これまで当研究室では、ポリフェノールや葉酸含量の高い沖縄産カンショ茎葉に着目してその機能性を、これまで報告のない観点から進めてきた。その結果、過剰な NO ラジカルによる酸化ストレスに対するカンショ茎葉抽出物および成分のカフェ酸誘導体による効果および NO ラジカルスカベンジ作用と遺伝子発現抑制の機構を解明した。また、必須栄養元素や微量栄養元素がホウレンソウなどの葉野菜と同等の含有量であり、さらに K, Se および Mn 含量が高いことから、抗高血圧予防食材や抗酸化食素材として有用な機能性食素材になることが示唆された。血圧自然発症モデル動物 SHRSP ラットでのカンショ茎葉の血流改善効果は、カンショ茎葉の高含量の葉酸の寄与あるいはカフェ酸誘導体の LDL 酸化抑制や K/Na 比が高いことによる作用機序が推察された。これまでの研究から、カンショ茎葉は葉野菜だけでなく、加工食品の有用な機能性食素材になることが明らかとなった。

現在、大腸癌の Wnt シグナル伝達遮断効果などの機能性研究も進めている。一方で、カンショ茎葉からのカフェ酸誘導体の効率よい抽出法や加工食品やサプリメントなどへの応用化研究も進めていく予定である。

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

- 1) Yoshimoto, M., Yahara, S., Okuno, S., *et al.*, Antimutagenicity of mono-, di-, and tricaffeoylquinic acid derivatives isolated from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **66**, 2336-2341 (2002).
- 2) Yamakawa, O., Yoshimoto, M., Sweetpotato as food material with physiological functions. *Acta. Hort.*, **583**, 179-184 (2002).
- 3) Islam, S., Yoshimoto, M., Ishiguro, K., *et al.*, Bioactive compounds in *Ipomoea batatas* leaves. *Acta. Hort.*, **628**, 693-699 (2003).
- 4) Yaginuma, S., Shiraishi, T., Ohya, H., *et al.*, Polyphenol increase in safflower and cucumber seedlings exposed to strong visible light with limited water. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **66**, 65-72 (2002).
- 5) 豊川哲也, 喜屋武祐子, 知念光浩, 他, 沖縄産葉草の機能性品質管理指標の確立. 沖工技センター研報, **6**, 65-91 (2004).
- 6) 平良淳誠, 大見のり子, 上地邦彦, 沖縄産カンショ茎葉部の葉酸とポリフェノール含量. 食科工, **54**, 215-221 (2007).
- 7) Kamen, B., Folate and antifolate pharmacology. *Semin Oncol.*, **24**, S18-30-S18-39 (1997).
- 8) Zittoun, J. I., Anemias due to disorder of folate, vitamin B₁₂ and transcobalamin metabolism. *Rev. Prat.*, **43**, 1358-1363 (2002).
- 9) Milunsky, A., Jick, H., Jick, S. S., *et al.*, Multivitamin/folic acid supplementation in early pregnancy reduces the prevalence of neural tube defects. *J. Am. Med. Assoc.*, **263**, 2747-2749 (1988).
- 10) Mulinare, J., Coladero, J. F., Erickson, J. D., *et al.*, Periconceptional use of multivitamins and the occurrence of neural tube defects. *Int. J. Epidemiol.*, **260**, 3141-3145 (1989).
- 11) 平良淳誠, 大嶺和可奈, 沖縄産カンショ茎葉のカフェ酸誘導体含量の特性と抗 LDL 酸化作用. 食科工, (2010), 投稿中.
- 12) Taira, J., Ohmine, Wakana, Taira, K., *et al.*, Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as functional food including high antioxidant capacity and abundant nutrient minerals. *J Food Comp Anal.*, (2010), submitted.
- 13) Fogelman, A. M., Shechter, I., Seager, J., *et al.*, Malodialdehyde alteration of low density proteins leads to cholesteryl ester accumulation in human monocyte-macrophages. *Proceed. Natl. Acad. Sci. USA.*, **77**, 2214-2218 (1980).
- 14) Rosenfeld, M. E., Khoo, J. C., Miller, E., Macrophage-derived foam cells freshly isolated from rabbit atherosclerotic lesions degrade modified lipoproteins, prompt oxidation of low-density lipoproteins, and contain oxidation specific lipid-protein adducts. *J. Clin. Invest.*, **87**, 90-99 (1991).
- 15) 前田剛希, 広瀬直人, 屋宏典, 他, ホソバワダン (*Crepidiastrum lanceolatum*) の LDL 抗酸化成分とラットにおける血中動態. 食科工, **53**, 627-633 (2006).
- 16) Hirano, R., Sasamoto, W., Matsumoto, A., *et al.*, Antioxidant ability of various flavonoids against DPPH radicals and LDL oxidation. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **47**, 357-362 (2001).
- 17) 沖智之, 増田真美, 納美由紀, 他, サツマイモ「シモン1号」葉部抽出液のラジカル消去活性. 食科工, **49**, 683-687 (2002).
- 18) 平良淳誠, 平良和代, 永田純一, カンショ茎葉の必須及び微量栄養元素の特性. 食科工, (2010), 投稿中.
- 19) Yoshimura, M., Takahashi, H., Role of sodium, potassium, calcium and magnesium on blood pressure regulation and antihypertensive dietary therapy. *Jap J Nutri.*, **49**, 53-62 (1991).
- 20) 小林美緒, 沖智之, 増田真美, 他, 紫サツマイモ「アヤムラサキ」から調製したアントシアニン含有物の高血圧自然発症ラットに対する血圧降下作用. 食科工, **52**, 41-44 (2005).
- 21) 平良淳誠, 特許公開 2010-111600, 血流改善剤

未利用資源を活用した 機能性を有する混合発酵茶の開発

田中 一成^{*1} 田丸 静香^{*2} 宮田 裕次^{*3} 玉屋 圭^{*4} 田中 隆^{*5} 松井 利郎^{*6}

^{*1} TANAKA Kazunari, ^{*2} TAMARU Shizuka (長崎県立大学大学院人間健康科学研究科),

^{*3} MIYATA Yuji (長崎県農林技術開発センター茶業研究室), ^{*4} TAMAYA Kei (長崎県工業技術センター),

^{*5} TANAKA Takashi (長崎大学大学院医歯薬研究科), ^{*6} MATSUI Toshiro (九州大学大学院農学研究院),

Key Words：未利用資源・混合発酵茶・血糖上昇抑制・体脂肪減少・中性脂肪低下・紅茶ポリフェノール

はじめに

近年の産学官連携の取り組みの中で、地域の特産物を利用した新たな製品の開発が全国的に活発に展開されている。長崎県は、日本の最西端に位置することから大都市圏から遠く離れている地理的ハンディキャップがある一方で、温暖な気候、多数の島嶼と豊かな海洋に囲まれていることで多様な農林水産物に恵まれ、それらを利用した多くの特産品が加工製造されている。しかし、農林水産物の中には、その一部だけが利用されているものや必ずしも有効に利用されていないものも見られる。

そこで著者らは、長崎県内の未利用資源を活用し、それに新たな価値を付与した製品を創製することで、長崎の農林水産業振興に寄与し、

県内産業の活性化を図ることを目的として研究を行ってきた。

1. 混合発酵茶の製造

長崎県の東彼杵や世知原などで摘採されるお茶は高い品質から知名度が高く県外にも多く出荷されている。しかし、近年のお茶の消費減退やペットボトルなどの消費形態の変化により原料単価の低迷が続いており、このような状況の長期化は産地衰退の危機につながることから、これまでのお茶としての利用の他に、新用途の開発による新たな需要の開拓が望まれている。

お茶は一般に、一番茶葉を4月中旬から5月上旬、二番茶葉を6月中旬から下旬、三番茶葉を7月下旬から8月上旬に摘採し、同じ茶園(茶樹)から年3回あるいは4回(秋冬番茶葉摘採を含む)の摘採を行う。一番茶葉は、アミノ酸含量が多くカテキン含量が少ないため、うま味が強く渋味が弱い。また、新茶独特の若芽の香りとあいまって香味に優れることから、高品質な茶葉として取り扱われる。一方、三番茶葉は、アミノ酸含量が少なくカテキン含量が多いため、うま味が弱く渋味が強いことから十分に利用されていないのが現状である。ビワは長崎県



写真1 三番茶葉、ビワ葉および混合発酵茶葉

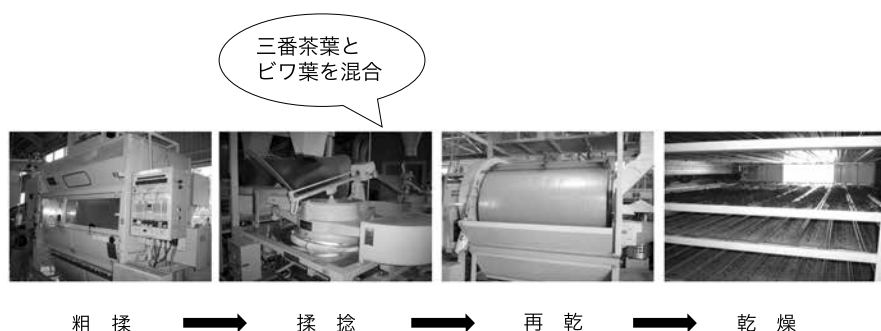


図1 混合発酵茶の製造法

特産品の一つであり、その生産量は全国一であるが、近年の価格低迷、生産者の高齢化、放棄園の増加などにより生産量は減少傾向にある。

ビワは果実生産を主な目的として栽培されていることから、ビワ葉はせん定によって切除され、あまり利用されていない。最近、ビワ葉に含まれるクロロゲン酸がカテキンの酸化重合を促進する作用を有することが明らかとなり、また、ビワ葉が他の植物よりも強いポリフェノール酸化活性を有し、カテキンの酸化重合を促進することが報告されている¹⁾。紅茶などの発酵茶飲料では、カテキンの酸化重合によって渋味が抑えられ、花香の香りが付与される。ビワ葉やそれに含まれるクロロゲン酸がカテキンの酸化を促進する作用を有する¹⁾ことから、ビワ葉を混合することで三番茶葉に多く含まれるカテキン含量が減少して味覚や風味を改善できるのではないかと推測した。そこで、長崎県総合農林試験場東彼杵茶業支場（現長崎県農林技術開発センター茶業研究室）において、三番茶葉とビワ葉を混合したお茶の製造法の確立に取り組んだ^{2,3)}。

緑茶の製茶機械の一つである粗揉機を利用して、三番茶葉に70℃の熱風を当てながら茶温を40℃以下に保ち攪拌することで、茶葉に含まれる水分を減少させて萎凋を行った（図1）。次に揉捻機を用いて萎凋した三番茶葉とビワ葉を9：1の割合で混合して20分間揉み込んだ。

この揉捻工程の間に酸化発酵が進むことから、紅茶製造で行われる酸化発酵工程を本製造法では設定していない。再乾工程を経て最後に乾燥を行った。その結果、茶品評会審査経験者による官能検査において、味、香りに優れるなどの高い評価が得られ、鮮やかな紅色を呈する後味のすっきりしたお茶（混合発酵茶）が誕生した。本製造法は世界初の方法であり、一般の紅茶や緑茶製造法に比べて工程を簡略できることで製造時間が短縮され、コストを低く抑えることができ、緑茶製造用の機械をそのまま利用できるなど多くのメリットがある。

2. 混合発酵茶に含まれる成分

混合発酵茶の原料の一つであるビワ葉には、プロシアニジン類やカテキンの酸化を促進するクロロゲン酸が含まれている（図2-C）。原料の三番茶葉は、カテキン類（EGC, EC, EGCg, ECg）を主成分としている（図2-B）。これらを混合して製造された混合発酵茶葉では、三番茶葉に含まれるカテキン類の含量が減少し、それに伴ってカテキンの酸化重合体であるテアフラビン類（テアフラビン, テアフラビン3-O-ガレート, テアフラビン3'-O-ガレート, テアフラビン3,3'-ジ-O-ガレート）、テアシネンシン類（テアシネンシンA, テアシネンシンB）、テアルビジン類（カテキンの高分子重

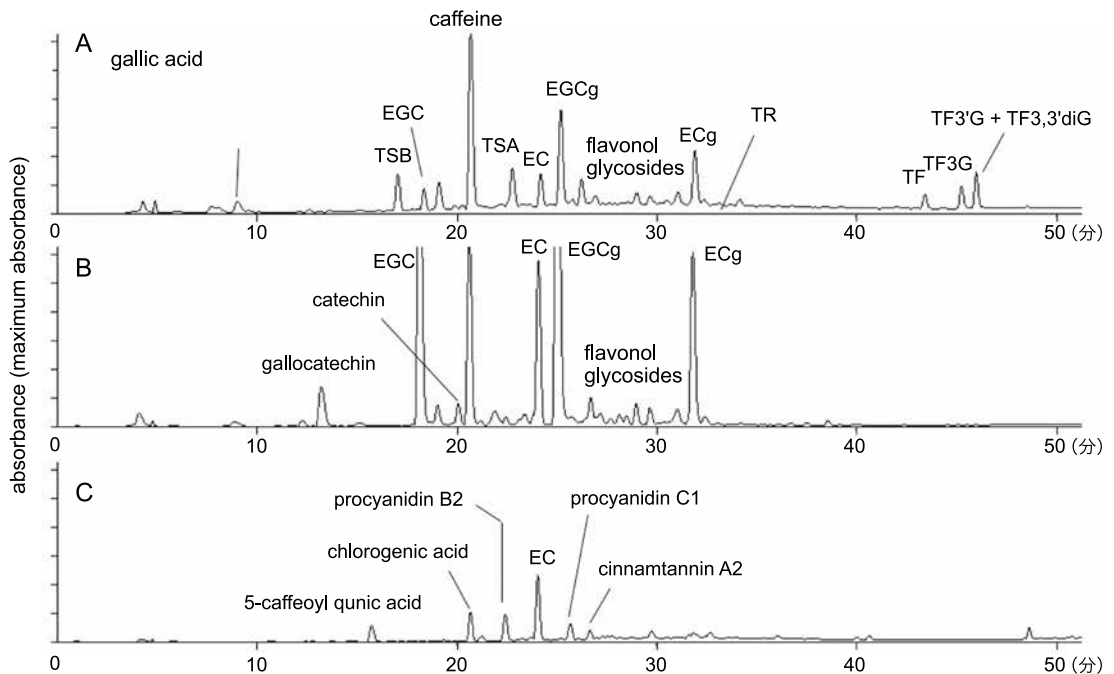


図2 三番茶葉、ビワ葉および混合発酵茶葉に含まれるポリフェノール

合体)などの紅茶ポリフェノールが新たな成分として検出された(図2-A)。これら紅茶ポリフェノールは、ビワ葉が強いポリフェノール酸化酵素活性を有することに加え、ビワ葉に含まれるクロロゲン酸がカテキンの酸化重合を促進することにより生成したものと推察される⁴⁾。

3. 混合発酵茶の機能性

近年、食品においしさなどの味覚的な満足だけでなくさらなる付加価値が求められるようになってきた。中でも、健康志向の高まりを反映して、健康に良い機能を有する食品に消費者の注目が集まっている。著者らは未利用資源である三番茶葉とビワ葉を混合して、おいしく香りのよいお茶を製造する方法を確立したが、このお茶はカテキン類とともに紅茶ポリフェノールを含有することの特徴としている。カテキン類は、抗酸化作用、抗がん作用、血糖上昇抑制作用、脂質代謝改善作用など多くの生理機能を有する

ことが広く知られているが、紅茶ポリフェノールの機能性については、テアフラビンが抗肥満作用、コレステロール低下作用、抗糖尿病作用などを有することが報告されている^{5,6)}が、テアシネンシンやテアルビジンの生理作用については不明である。しかし、テアシネンシンやテアルビジンもテアフラビンと同様にカテキンの重合生成物であることから、機能性発現に関与する可能性は十分に推察されるところである。そこで次に、この混合発酵茶がヒトの健康に寄与しうる機能を有するかという点について検討を行った。

3-1-1. 血糖上昇抑制効果

お茶の種類により発現する機能はやや異なるが、一般にお茶には血糖上昇抑制効果が認められ、その効果の一部は小腸の糖質消化酵素(α -アミラーゼや α -グルコシダーゼ)活性阻害により発揮されることが報告されている。そこで、混合発酵茶が小腸における糖質の消化酵素活性に及ぼす影響を *in vitro* で実験したところ、混

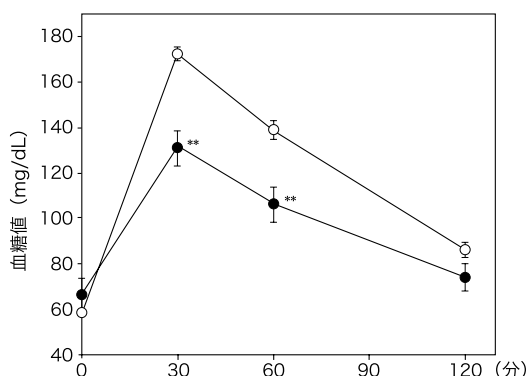


図3 混合発酵茶投与によるラットの食後血糖値

○;コントロール, ●;混合発酵茶 (50 mg/kg 体重)
 **:コントロールに対して有意に低下

合発酵茶に強いマルターゼ阻害活性が認められた^{6,7)}。

3-1-2. ラットにおける食後血糖値に及ぼす影響

そこで次に、混合発酵茶がラットの食後血糖値に及ぼす影響について実験を行った。ラットの胃内に混合発酵茶葉熱水抽出物とマルトースを負荷して経時的に血糖値を測定したところ、蒸留水を投与したラットと比較して有意な血糖上昇抑制が認められた(図3)⁸⁾。スクロースあるいはグルコースを負荷した場合には、混合発酵茶投与で血糖上昇は抑制されなかったことから、混合発酵茶摂取による食後血糖上昇抑制効果発現はマルターゼ活性阻害により小腸でのマルトースの消化が阻害され、グルコース吸収

が抑制あるいは遅延することにより発揮されると推察された。

3-1-3. 糖尿病発症動物における血糖上昇抑制効果

次に、混合発酵茶が実際に糖尿病発症を抑制するか否かを調べるために、2型糖尿病を自然発症する Otsuka Long-Evans Tokushima fatty (OLETF) ラットを用いて長期摂取が血糖値に及ぼす影響を検討した。この実験では、混合発酵茶の原料である三番茶葉あるいはピワ葉、それに混合発酵茶葉をそれぞれ熱水で抽出して、凍結乾燥後粉末状にしたものをラットの通常の食餌であるコントロール食 (AIN-76 組成) に1%レベルで添加した。また、OLETF ラットの対照で糖尿病を発症しない正常な Long-Evans Tokushima Otsuka (LETO) ラットにはコントロール食を与えて、それぞれ5ヶ月間自由摂食させた。三番茶葉あるいはピワ葉の熱水抽出粉末を添加した飼料を摂取した OLETF ラットではコントロール食を摂取した OLETF ラットに比べて血糖上昇はやや抑制される程度であった(図4)。それに対して、混合発酵茶葉抽出物を摂取した OLETF ラットでは正常な LETO ラットと同様に血糖値は5ヶ月間全く上昇しなかった。三番茶葉やピワ葉単独では血糖上昇抑制効果はそれほど強く認められなかったが、これらを9:1の割合で混合して製造した混合発酵茶

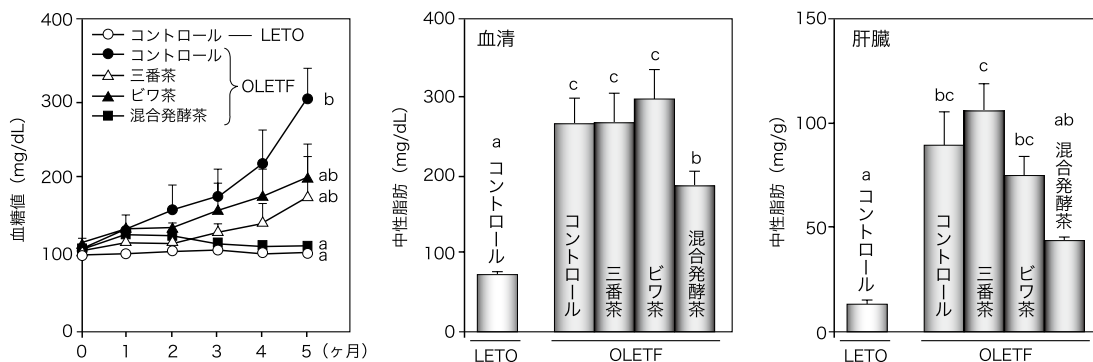


図4 糖尿病発症ラットの血糖値および中性脂肪濃度

a, b, c; 異なるアルファベット間で有意差あり

で強い抑制効果が発現した。この実験において、5ヶ月後の血清と肝臓の中性脂肪濃度が混合発酵茶摂取 OLETF ラットで効果的に低下することも観察された (図4)。

糖尿病には2型糖尿病と膵臓機能障害により発症する1型糖尿病がある。そこで、1型糖尿病に対する混合発酵茶の効果を検討するために、混合発酵茶抽出物を摂取した正常ラットに、1型糖尿病の発症を誘発するSTZを投与したところ、血糖値は上昇しなかった。また、血清と肝臓の中性脂肪濃度も混合発酵茶摂取ラットで低値であった。

混合発酵茶が血糖上昇抑制や糖尿病発症抑制のみならず糖尿病発症ラットの中性脂肪濃度を低下させる効果を有することが明らかとなった。

3-2-1. 体脂肪および血中中性脂肪濃度低下作用

混合発酵茶が糖尿病発症ラットの中性脂肪濃度を減少させることが観察されたことから、脂質代謝に及ぼす効果を明確にするために、混合発酵茶抽出物の添加量を0.5%から2.0%まで変えた飼料を正常なSDラットに4週間摂取させた。摂食量には、すべての群間で差は認められなかった。体重増加は添加量に依存して抑制されたが、この抑制の一部は白色脂

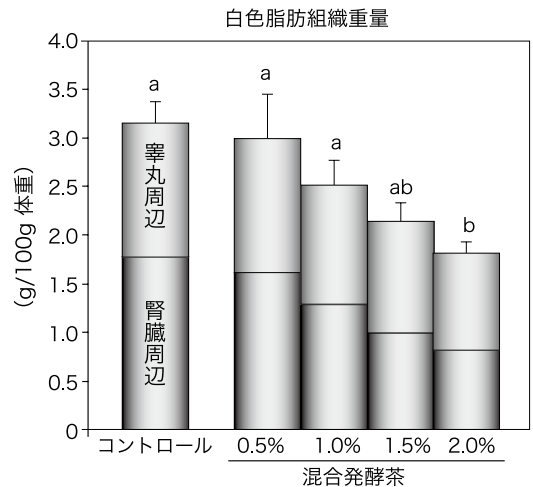


図5 ラットの白色脂肪組織重量

a, b; 異なるアルファベット間では有意差あり

肪組織重量の低下によるものであると考えられた (図5)⁹⁾。また、添加量に依存して血清および肝臓中性脂肪濃度が減少した (図6)。混合発酵茶摂取ラットで肝臓脂肪酸合成酵素のmRNA発現量が低下して、酵素活性も添加量依存的に低下していたが (図7)、一方で、褐色脂肪組織の脂肪酸分解酵素の活性が濃度依存的に亢進していた。

混合発酵茶による体脂肪および中性脂肪濃度

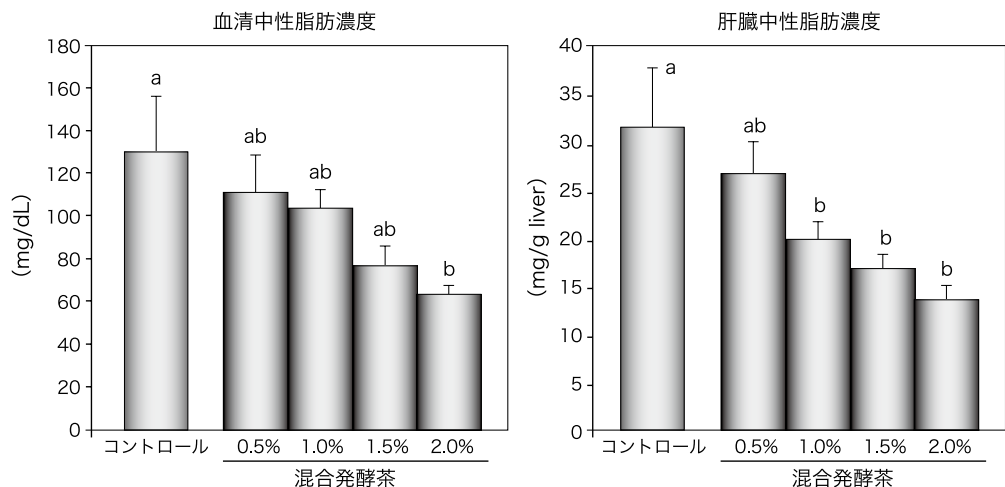


図6 ラットの血清および肝臓中性脂肪濃度

a, b; 異なるアルファベット間では有意差あり

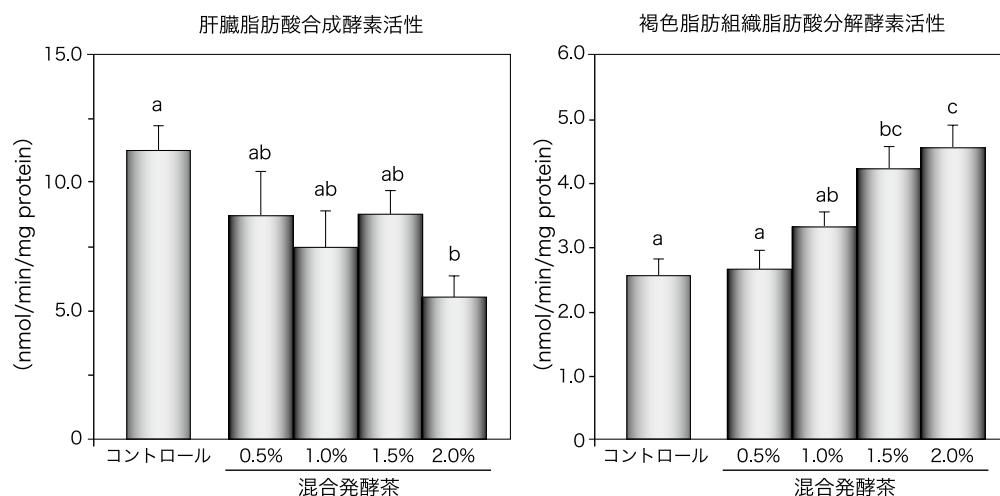


図7 肝臓脂肪酸合成酵素活性および褐色脂肪組織脂肪酸分解酵素活性

a, b, c; 異なるアルファベット間では有意差あり

低下の一部は、肝臓における脂肪酸合成の抑制と褐色脂肪組織における脂肪の分解により引き起こされていると推察された。

3-2-2. 食後中性脂肪濃度低下作用

体脂肪減少や血中中性脂肪濃度低下は、食事脂肪の小腸からの吸収が抑制されることにより一部惹起されることが知られている。そこで、混合発酵茶摂取が食事脂肪の小腸での消化に参与する腓リパーゼ活性に及ぼす影響をトリオレインを基質として *in vitro* において測定したところ、混合発酵茶のリパーゼ阻

害活性 ($IC_{50} = 1,081 \mu\text{g/ml}$) は、緑茶 ($IC_{50} = 2,245 \mu\text{g/ml}$) やピワ茶 ($IC_{50} = 4,501 \mu\text{g/ml}$) より強かった⁹⁾。そこで次に、実際に混合発酵茶が小腸からの食事脂肪の吸収に影響するかどうかを明らかにするために、混合発酵茶をラットの胃内に経口投与し、その後油脂を胃内負荷して、その後の血中の中性脂肪濃度を経時的に測定した。混合発酵茶は食後の中性脂肪の上昇をピワ茶や緑茶より効果的に抑制することが観察された (図8)。このことから、混合発酵茶は、腓リパーゼ活性を阻害するこ

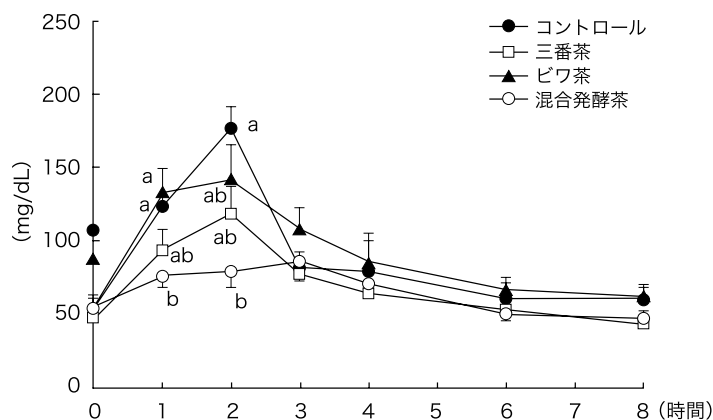


図8 食後中性脂肪濃度

とで、小腸からの脂肪の吸収を効果的に抑制あるいは遅延する可能性が示唆され、その結果、体脂肪減少や血中中性脂肪濃度低下が引き起こされることが考えられた。

4. 混合発酵茶が脂質代謝を改善する成分と作用メカニズム

これまでの研究から、混合発酵茶が脂質代謝を改善する成分と作用メカニズムの概要が解明された(図9)。つまり、混合発酵茶に含まれる紅茶ポリフェノールおよびカテキンが膵リパーゼの活性を阻害することにより小腸からの脂肪の吸収を抑制あるいは遅延する。結果として、糞中への脂肪排泄が促進される。肝臓では脂肪合成が抑制され、褐色脂肪組織においては、おそらくカテキン類により脂肪の分解が促進される。このようなメカニズムによって、体脂肪減少や中性脂肪濃度低下効果が発揮されると推察される。また、血糖上昇抑制効果は、マルターゼ活性の阻害による糖質吸収の抑制により引き起こされていると考えられる。

5. 混合発酵茶のヒトでの効果

このように混合発酵茶が脂質および糖代謝改善などの機能性を発揮する成分と作用機序の概要が明らかになったが、ヒトの健康に寄与することを目的として製造される機能性食品においては、実際にヒトで効果が発現することが重要である。そこでヒトに混合発酵茶を摂取させてその効果を検証した。ヒトでの試験を行うにあたり、混合発酵茶葉を熱水で抽出したものを200ml容の紙パックに充填した。また、プラセボ飲料として緑茶を同じ形状の紙パックに充填し、外観からは区別できないようにした。なお、ヒトにおける試験はすべてヘルシンキ宣言の精神に則り、研究倫理委員会の承認を得た上で実施した。

5-1. 食後血糖値に及ぼす影響

健常な中高年男女52名に、早朝空腹時に白米とともに混合発酵茶あるいは緑茶を200ml摂取させてその後の血糖値を経時的に測定した。本実験は、被験者が混合発酵茶あるいは緑茶の

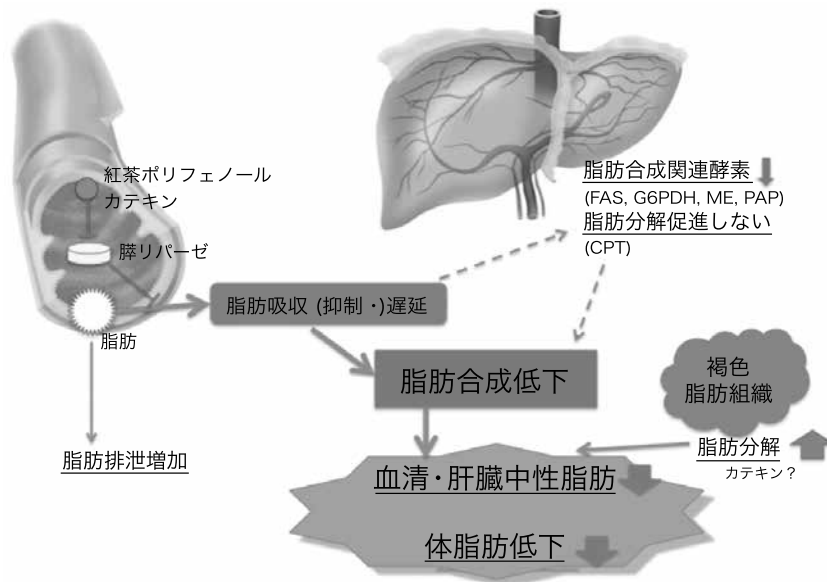


図9 混合発酵茶の作用メカニズム

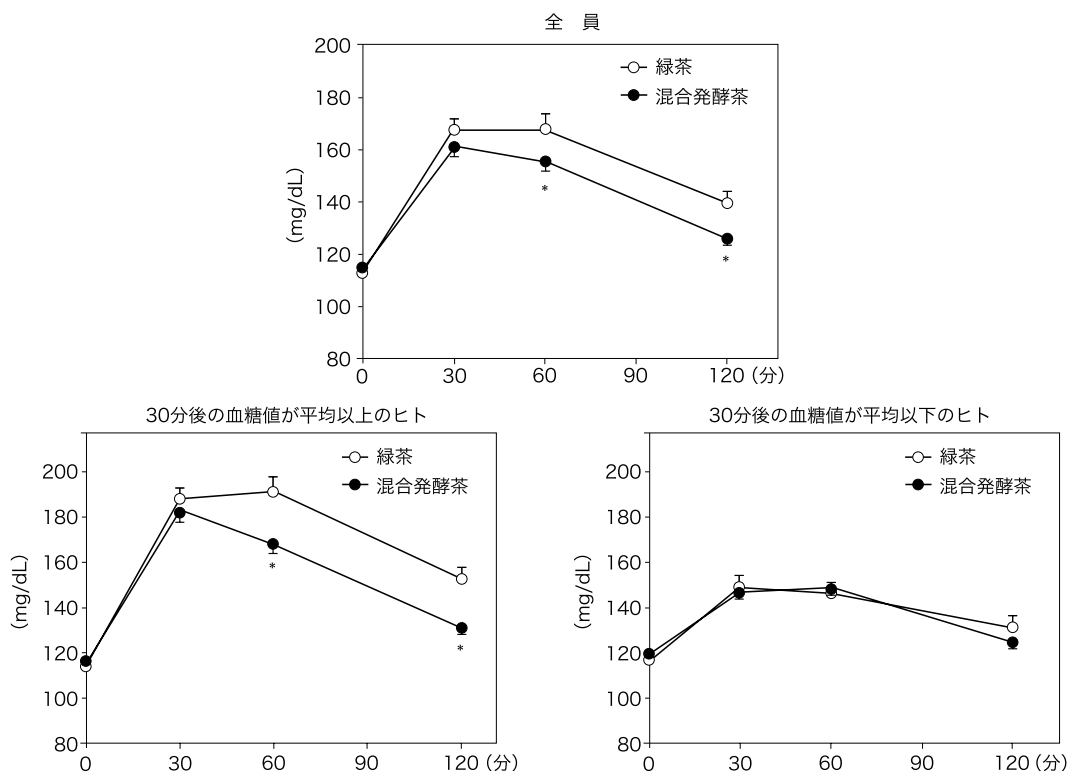


図 10 混合発酵茶摂取によるヒトの食後血糖値

*；緑茶に対して有意に低下

どちらかを摂取し、その1週間後に前週とは別のお茶を摂取するクロスオーバーダブルブラインド法により実施した。その結果、全被験者および摂取30分後の血糖値が平均より高いヒトで、血糖値が混合発酵茶を摂取した群で緑茶摂取群より有意に低い値を示した(図10)。一方、摂取30分後の血糖値が平均より低いヒトの血糖値には両群間で差は観察されなかった。このことから、混合発酵茶は食後の血糖上昇を抑制し、その効果は血糖値の上がりやすいヒトで顕著であることが明らかとなり、血糖値が食後それほど上昇しないヒトで強い効果を示さなかったことから、正常なヒトに対しての安全性は高いと判断された。

5-2. 女子大学生の体脂肪に及ぼす影響

県立長崎シーボルト大学3年および4年の女子学生54名に混合発酵茶あるいは緑茶200ml

を朝食時と夕食時の1日2回12週間摂取させて体脂肪に及ぼす効果を検討した。実験開始時のBMIが25以上のやや肥満傾向の被験者の体脂肪率は、緑茶を摂取した場合12週間ほとんど変化なかったが、混合発酵茶を摂取した被験

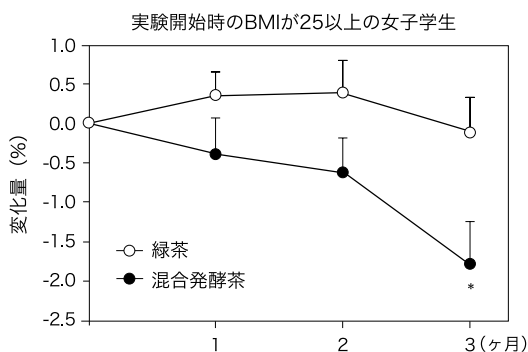


図 11 混合発酵茶長期摂取による女子大学生の体脂肪率

*；緑茶に対して有意に低下

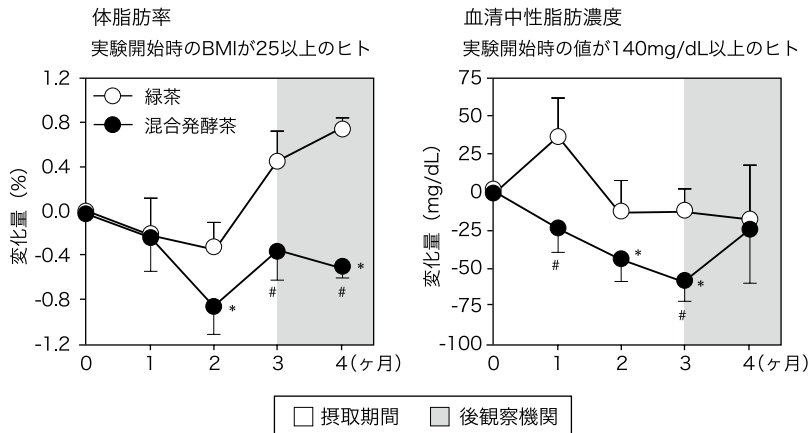


図 12 混合発酵茶長期摂取による中高年者の体脂肪率および中性脂肪濃度

*; 実験開始時に対して有意に低下, #; 緑茶に対して有意に低下

者で緑茶を摂取した被験者に比べて 12 週後に有意に低値を示した (図 11)。

5-3. 中高年者の体脂肪および血中中性脂肪濃度に及ぼす影響

30 歳から 59 歳の健常中高年男女 49 名に混合発酵茶あるいは緑茶 200ml を朝食, 昼食および夕食時の 1 日 3 回 12 週間にわたって摂取させた。体脂肪率は摂取開始時の BMI が 25 以上のヒトにおいて, 飲料摂取 12 週後および摂取終了 4 週後 (後観察期間) に混合発酵茶摂取群で緑茶群より有意に低値であった (図 12)。体重は摂取開始時の BMI が 25 以上の被験者で 12 週後および摂取終了 4 週後 (後観察期間) において混合発酵茶摂取群で低い傾向を示した。血中中性脂肪濃度は実験開始時の値が 140mg/dl 以上の被験者で摂取開始 4 週後から混合発酵茶摂取群で減少傾向を示し, 摂取開始 4 週後および 12 週後に緑茶摂取群より有意に低値を示した (図 12)。

これらの結果から, 混合発酵茶摂取はヒトにおける 12 週間の長期摂取で, 体脂肪, 血中中性脂肪濃度を低下させ, また食後血糖上昇を効果的に抑制するなど, ヒトにおいて有効であることが明らかとなった。特に, 体脂肪低減効果は摂取をやめた後もしばらく持続するようで

あった。

5-4. 過剰摂取による安全性

健康飲料摂取においてその効果を期待するあまり, 過剰に摂取する傾向が見られることから, 過剰摂取に対する安全性には十分な配慮が必要である。特にお茶にはポリフェノール以外にカフェインなど種々の成分が含まれているが, お茶を大量に飲み続けるとカフェインなどによる副作用を起こす危険性がある。この混合発酵茶にもカフェインが含まれていることから, 混合発酵茶過剰摂取による安全性を検討するために, 女子大学生に混合発酵茶 400ml を朝食, 昼食および夕食時に 2 週間摂取させた。その結果, 体重, 血圧, 血液性状および健康状態に何ら異常は見られなかったことから, 混合発酵茶の 1 日摂取目安量の 2 倍程度の摂取は安全上問題ないと判断された。

6. 混合発酵茶販売開始

開発した混合発酵茶は, 従来のお茶の製法とは異なり, 緑茶三番茶葉にビワ葉を混合して酸化発酵させた新しい方法で製造されたものである。味は渋味が少なく紅茶風味で, 水色は紅茶と同様に鮮やかな紅色をしている。また, ビワ



写真2 販売が開始された WonderLeaf

葉を使用していることでフルーティーな香りが付与されている。それに加えて体脂肪低減作用、血中中性脂肪濃度低下作用、血糖上昇抑制作用などの機能性を有することも明らかとなった。このような作用は、小腸での糖質と脂質の吸収を抑制することを主要因として発現していると推察されるが、体内に取り込まれた後も糖質や脂質の代謝を制御している可能性があると考えられる。作用を惹起する成分としては、カテキンから生成される紅茶ポリフェノールが主要なものであると結論づけられ、混合発酵茶の機能性、作用機序および関与成分の概要が解明された。

このように、混合発酵茶は世界初の方法で製造された新しいお茶で、現在、国内外で特許出願をしている。

本研究は、平成 17 年から産学官共同の連携プロジェクト研究として、長崎県公設試験研究機関、長崎県立大学、長崎大学および九州大学が共同で研究・開発に取り組み、現在も継続している。平成 20 年度には、長崎県および三大学が大手飲料会社と共同研究契約を締結し、特定保健用食品の表示可能なドリンク飲料の商品化を目指して研究を進めている。一方で長崎県内では、リーフ茶として商品化を図ることになり、県内の茶生産者、ビワ生産者、茶販売業者、JA および県が共同で商品化へ向けた取り組みを行ってきた。その結果、平成 21 年 10 月に、「長崎びわの葉ダイエット茶 WonderLeaf (ワンダーリーフ)」(写真 2)として長崎県内のスーパー、百貨店、ドラッグストア、茶専門店を中心に約 200 店舗で発売が開始されるに至っており、現在ではインターネットによる販売も行っている。

本研究は、官（長崎県）と学（長崎県立大学、長崎大学および九州大学）が連携して取り組みをはじめた全国的にも事例の少ないプロジェクト研究で、各研究機関が製造、機能性評価、関与成分評価などの専門性の高い領域の研究に特化しながら連携をとって研究を推進してきた。長崎県内農家の振興および地域の活性化に寄与することを目的としてスタートし、未利用資源の三番茶葉とビワ葉を有効利用して、嗜好性の高いそしてヒトの健康に寄与する機能を

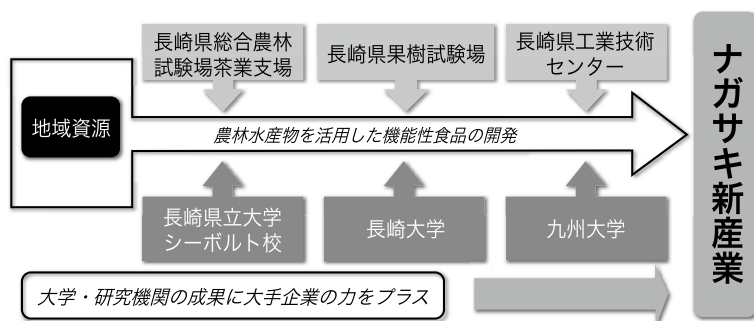


図 13 地域資源を活用した新産業の創成

有する飲料を開発することができた。機能性を掲げて飲食品を販売する場合、特定保健用食品の表示許可を得る必要があり、昨今の食品の安全性が重視される中で、表示許可取得のためのハードルはかなり高いことから、現時点で今後の製品化の方向性を明確にはできないが、少なくともおいしく味わい深いこの飲料を製造・販売することで、地域産業の活性化につながり(図

13)、消費者の健康に貢献することを願うものである。

謝辞

本研究は、長崎県公設試験研究連携プロジェクト研究費(平成17年度～19年度および平成20年度～22年度)の助成を受けて行われた。

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

- 1) Tanaka T, Mine C, Inoue K, *et al* : Synthesis of theaflavin from epicatechin and epigallocatechin by plant homogenates and role of epicatechin quinone in the synthesis and degradation of theaflavin. *J Agric Food Chem*, **50**: 2142-2148, 2002
- 2) 宮田裕次, 野田政之, 玉屋 圭, 他: 三番茶葉とピワ葉を混合揉捻した新たな発酵茶の開発. 日本食品科学工学会誌, **56**: 647-654, 2009
- 3) 宮田裕次, 田中 隆, 野田政之, 他: 茶葉とピワ葉の混合発酵茶に含まれる香気成分の特性. 日本食品科学工学会誌, **57**: 171-174, 2010
- 4) Tanaka T, Miyata Y, Tamaya K, *et al* : Increase of theaflavin gallates and thearubigins by acceleration of catechin oxidation in a new fermented tea product obtained by the tea-rolling processing of loquat (*Eriobotrya japonica*) and green tea leaves. *J Agric Food Chem*, **57**: 5816-5822, 2009
- 5) Maron D, Lu GP, Cai NS, *et al* : Cholesterol-lowering effect of a theaflavin-enriched green tea extract. *Arch Intern Med*, **163**: 1448-1453, 2003
- 6) Matsui T, Tanaka T, Tamura S, *et al* : α -Glucosidase inhibitory profile of catechins and theaflavins. *J Agric Food Chem*, **55**: 99-105, 2007
- 7) Toshima A, Matsui T, Noguchi M, *et al* : Identification of α -glucosidase inhibitors from a new fermented tea obtained by tea-rolling processing of loquat (*Eriobotrya japonica*) and green tea leaves. *J Sci Food Agric*, **90**: 1545-1550, 2010
- 8) Tamaya K, Matsui T, Toshima A, *et al* : Suppression of blood glucose level by a new fermented tea obtained by tea-rolling processing of loquat (*Eriobotrya japonica*) and green tea leaves in disaccharide-loaded Sprague-Dawley rats. *J Sci Food Agric*, **90**: 779-783, 2010
- 9) Tanaka K, Tamaru S, Nishizono S, *et al* : Hypotriacylglycerolemic and antiobesity properties of a new fermented tea product obtained by tea-rolling processing of third crop green tea (*Camellia sinensis*) leaves and loquat (*Eriobotrya japonica*) leaves. *Biosci Biotechnol Biochem*, in press.

わが国の食中毒はどこで多く発生するのか

高橋 正弘^{*1} 池田 恵^{*2}

^{*1} TAKAHASHI Masahiro, ^{*2} IKEDA Megumi (神奈川県立保健福祉大学栄養学科)

Key Words：リスク分析・リスクランキング・食中毒原因施設・食中毒発生件数・食中毒患者数

はじめに

食中毒事件の発生を行政庁が探知、発見した場合、保健所長は、原因究明の調査を食品衛生法に基づき実施する。調査結果は、保健所長から都道府県知事などを經由して厚生労働大臣に逐次報告される。

報告すべき事項には、原因食品、病因物質に加え、「中毒の原因となり、又はその疑いのある営業施設その他の施設」、すなわち、原因施設（どこ）などが規定されている。

食中毒事件の調査の目的は、「責任の追及」というよりも「被害の拡大防止と再発防止」および「被害者の救済」である。そして、これら調査結果は、食中毒発生防止に係る行政上の適正な運営方針の策定などへの活用が期待できる。現に、厚生労働省では、調査結果を年ごとに集計し「食中毒発生状況」¹⁾や「食中毒事件録」として公表している。

さて、食品安全の分野では、リスク分析が食品を媒介とする疾病をさらに低減化し、食品安全システムを強化する鍵であると位置付けられ、国際的に提唱されている²⁾。リスク分析では、食品安全上の問題をランキングし、リスク管理の優先順位を設定することが重要な課題であるとされている²⁾。食品のリスクランキン

グは、確率論的モデルによるアプローチ²⁾や食中毒発生件数および患者数による疫学的アプローチ³⁾が試みられている。当然、食品関係営業施設についてもリスク管理上の優先順位を設定することが必要になる。

そこで、食中毒の原因施設（どこ）を業態別に分類した。これら食品関係営業施設のリスクランキングは、食中毒の発生件数・患者数の平均値、変動係数および95%の事例が収まる値の大小によって設定を試みた。これにより、「食中毒はどこで多く発生するのか」、すなわち、リスク管理上優先すべき食品関係営業施設などが明らかになったので報告する。

1. 方法

1-1. 資料

食中毒の原因施設、患者数および発生件数は、「全国食中毒事件録」および厚生労働省ホームページ「食中毒発生事件」に収録されている事件例を用いた。対象期間は、1988年～2007年の20年間、供試データは、患者数3,000人以上を除いた事件例とした。

1-2. 解析

1) 施設の分類は、全国食中毒事件録などに

記載されている食中毒原因施設を内容分析的に精査し業態別に行った。

- 2) 食中毒発生件数の年次推移は、施設別のグラフによって観察した。
- 3) 施設別の食中毒患者数・発生件数の基礎統計量

施設別に患者数（1 事件あたり）と発生件数（1 年あたり）の平均値、標準偏差、変動係数、95%の事件が含まれる値（発生区間）などの基礎統計量を求めた。さらに、平均値と変動係数による散布図を作成した。基礎統計量の算出や検定（2 つの平均値の差の検定）は成書⁴⁾に従って行った。2 つの平均値の差の検定は、対応のないデータにおける *t* 検定を用い、分散に関する検定の結果、等分散であれば Student の式、等分散でなければ Welch の式によって行った。計算は、統計解析アドインソフト エクセル統計 2006 for Windows（株式会社 社会情報サービス）の分析ツールを使用して行った。

2. 結果および考察

2-1. 施設の分類

施設は、厚生労働省の食中毒事件票「原因となった家庭・業者・施設等」の分類を参考に、表 1 に示すとおり分類した。

表 1 施設の分類

集団 給食 施設	事業所
	学校・保育所等
	寄宿舍・寮等
	病院・老人ホーム等 調理実習施設
営業 施設	旅館・ホテル
	飲食店
	販売店
	製造所
	仕出屋・弁当屋
家庭	
その他	

表 2 施設別の食中毒発生件数・患者数の平均値の差の検定結果（*t* 値）

家庭											
5.926**											
43.330**	事業所										
5.820**	1.156										
50.445**	11.539**	学校・保育所等									
6.230**	4.320**	4.895**									
30.745**	6.034**	16.447**	寄宿舍・寮等								
5.957**	0.435	1.348	2.821**								
52.855**	0.202	12.618**	6.505**	病院・老人ホーム等							
6.444**	8.232**	8.085**	3.814**	5.445**							
34.869**	3.812**	14.147**	1.919*	3.939**	調理実習施設						
3.113**	12.910**	12.190**	14.454**	12.616**	15.628**						
83.810**	1.664*	15.363**	5.922**	1.726*	3.172**	旅館・ホテル					
4.405**	12.599**	12.480**	12.921**	12.618**	13.150**	9.505**					
105.008**	12.860**	25.001**	3.289**	14.986**	5.693**	21.069**	飲食店				
6.189**	3.573**	4.258**	0.568	2.329*	4.157**	14.186**	12.877**				
12.675**	13.969**	21.868**	8.569**	14.638**	10.026**	14.856**	8.105**	販売店			
6.219**	4.370**	4.929**	0.196	2.773**	4.381**	14.476**	12.912**	0.417			
21.934**	0.996	9.000**	3.137**	0.910	1.687*	0.139	5.583**	9.483**	製造所		
4.017**	9.895**	9.117**	11.643**	9.636**	12.975**	3.296**	10.488**	11.345**	11.661**		
70.685**	2.596**	10.973**	9.403**	3.244**	6.661**	6.249**	23.409**	17.093**	2.602**	仕出屋・弁当屋	
5.872**	0.456	0.543	3.782**	0.757	6.495**	12.248**	12.529**	3.255**	3.762**	9.218**	その他
27.383**	7.550**	17.590**	1.571	7.990**	3.406**	7.738**	1.024	7.063**	4.243**	10.992**	

上段：発生件数
下段：患者数

** : $p \leq 0.01$

* : $p \leq 0.05$

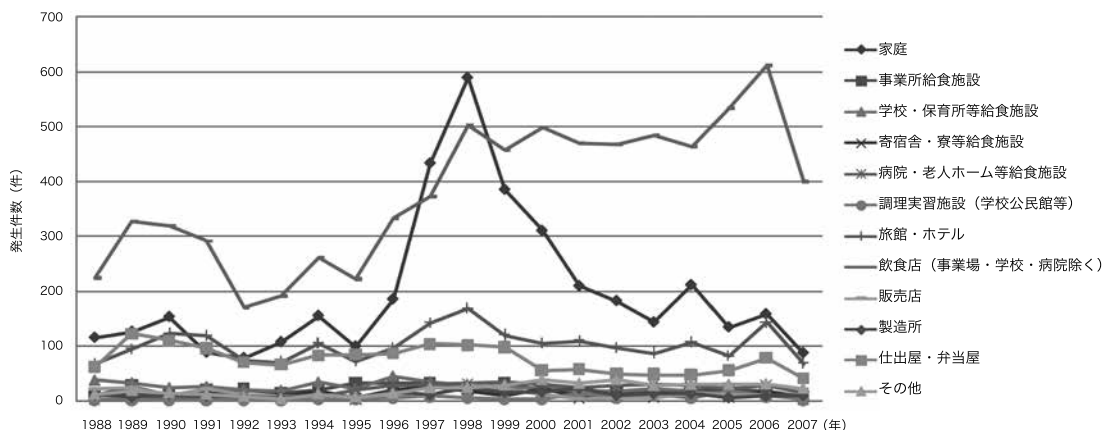


図1 施設別食中毒発生件数の年次推移

集団給食施設では事業所等の5種類、営業施設では飲食店、製造所等の5種類、そして、家庭、その他を合わせて12種類に分類した。営業施設のうち飲食店営業の許可を受けている事業場、学校、病院等の施設は、該当する集団給食施設に分類した。その他には、模擬店、屋台、キャンプ場、集会所等が含まれる。

表2は、施設間の発生件数および患者数による2つの平均値の差の検定結果である。家庭、調理実習施設、仕出屋・弁当屋は、すべての施設間に発生件数、患者数ともに有意差が認められた。また、病院・老人ホームと事業所以外は、発生件数または患者数で有意差が認められたので、分類は、妥当であると考えられる。

2-2. 施設別食中毒発生件数の年次推移

図1は、施設別食中毒発生件数の年次推移である。横軸は年で、縦軸は発生件数である。主だった施設の食中毒発生件数の年次推移は、次のとおりであった。

学校・保育所等は、1996年の45件をピークに、2007年の7件まで減少した。病院・老人ホーム等は、1988年から1994年までは3件から9件で推移していたが、1995年以降、20件から34件の間で推移した。

飲食店は、1992年の170件から2006年の

612件まで増加したが2007年は399件と減少した。

家庭は、100件から200件の間を推移していたが、1997年から2000年の間、1998年の590件をピークに増加した。これは、広島県、山梨県などの届出の増加が影響したと考えられる。

2-3. 施設別の食中毒患者数・発生件数の基礎統計量

(1) 食中毒発生件数の平均値と発生区間

表3は、発生件数の平均値(1年当たり)、発生区間の上限値(平均値+2×標準偏差)および下限値(平均値-2×標準偏差)を示し、施設を平均値の高い順に並べたものである。

平均値が高く発生区間の広いものは、飲食店、家庭、旅館・ホテル、仕出屋・弁当屋の順であった。低いものは、調理実習施設、寄宿舍・寮等、製造所、販売店の順であった。2008年の施設別発生件数の順位は、飲食店、家庭、旅館の順であり¹⁾、解析結果と同様の順位であった。順位が高い施設は、毎年発生件数が多いことを示唆しているので、対策上重要な施設であると考えられる。中でも、発生区間の下限が高い飲食店は、毎年一定件数以上の発生があることを示唆している。なお、飲食店には、和食、洋食、中華料理など数多くの種目が含まれるので、こ

表3 施設別の食中毒発生件数のリスクランキング

順位	施設	n	$\bar{x}$	$\bar{x} + 2SD$	$\bar{x} - 2SD$
1	飲食店(事業場・学校・病院は除く)	7595	379.8	627.3	132.2
2	家庭	3967	198.4	458.3	-61.6
3	旅館・ホテル	2071	103.6	157.3	49.8
4	仕出屋・弁当屋	1533	76.7	123.3	30.0
5	学校・保育所等給食施設	488	24.4	42.3	6.5
6	その他	454	22.7	43.4	2.0
7	事業所給食施設	428	21.4	35.3	7.5
8	病院・老人ホーム等給食施設	403	20.2	41.0	-0.7
9	販売店	271	13.6	26.7	0.4
10	製造所	255	12.8	23.0	2.5
11	寄宿舎・寮等給食施設	248	12.4	24.1	0.7
12	調理実習施設(学校・公民館等)	122	6.1	14.5	-2.3

 $\bar{x}$: 平均値, SD : 標準偏差

表4 施設別の食中毒患者数のリスクランキング

順位	施設	n	$\bar{x}$	$\bar{x} + 2SD$	$\bar{x} - 2SD$
1	学校・保育所等給食施設	488	71.0	1016.1	4.1
2	仕出屋・弁当屋	1533	33.2	401.1	1.9
3	事業所給食施設	428	28.4	223.3	2.9
4	病院・老人ホーム等給食施設	403	28.0	141.7	4.9
5	旅館・ホテル	2071	25.8	215.9	2.3
6	製造所	255	25.5	521.4	0.3
7	調理実習施設(学校・公民館等)	122	21.0	78.8	5.0
8	寄宿舎・寮等給食施設	248	17.8	105.8	2.3
9	その他	454	15.6	191.4	0.4
10	飲食店(事業場・学校・病院は除く)	7595	14.6	111.5	1.2
11	販売店	271	7.6	94.2	-0.2
12	家庭	3967	2.4	9.8	0.0

 $\bar{x}$: 平均値, SD : 標準偏差

れら種目ごとの検討も今後必要であると考えられる。家庭は、行政庁による監視指導対象施設ではないが、第2位と順位が高く、対策の重要性が示唆される。家庭における原因食品、病因物質などの検討を加え、より具体的な対応策の提示が期待される。

(2) 食中毒患者数の平均値と発生区間

表4は、1事件当たりの患者数の平均値、発生区間の上限値および下限値を示し、施設を平均値の高い順に並べたものである。

一般的な統計手法を用いる場合、データは正

規性を示すことが前提になっている。1事件ごとの患者数は、対数またはべき乗変換すると正規分布に近似させることができる。そこで、実用上、1事件の患者数は、対数変換($\log(x+1)$)し、その値を解析に用いた⁵⁾。なお、得られた結果は、対数値なのでその数値を真数に戻し患者数とし表記した。患者数が発生区間を逸脱した場合は、異常値とみなすことができる。また、上限値の高い施設は、1事件当たりの患者数が多い場合もあることを示唆している。平均値が高く発生区間の広いものは、学校・保育所等、

仕出屋・弁当屋、事業所、病院・老人ホーム等、旅館・ホテルの順であった。低いものは、家庭、販売店、飲食店、その他の順であった。

2008年の施設別の患者数（1事件あたり）の順位は、学校（共同調理場）、仕出屋、事業所、製造所の順であり¹⁾、解析結果とほぼ同様の順位であった。順位が高い施設は、いずれも、一度に提供する食数が多い施設である。食数が少ないと考えられる家庭は、平均値が2.4人と低く、発生区間も9.8人と狭かった。家庭は、発生件数が多いが、1事件当たりの患者数は、少ないという特徴が明らかになった。このように、患者数および発生件数の平均値や発生区間が施設別に明らかになった。

得られた数値の大小は、食品関係営業施設のリスクランキングの設定に活用でき、また、リスク管理目標の数値設定にも寄与できる、と考えられる。さらに、これらの数値は、食中毒事件が発生した場合、患者数などが異常値かどうか

評価・判定する際に寄与できると考えられる。

(3) 食中毒発生件数の平均値と変動係数

図2は、発生件数の平均値を横軸、変動係数を縦軸にとり、施設を2次元平面上に布置したものである。2次元平面は、基準点を平均値の平均値74.3件、変動係数の平均値0.45として4分割した。変動係数は、標準偏差を平均値で割った値であるので、平均値が異なる複数の群のデータのバラツキを比較するのに利用できる。平均値が高く変動係数の低いものは、常に発生件数が多いことを示唆する。このことから、リスクは、4分割した第4、第1、第3、第2象限のグループ順に高い、と考えられる。

第4象限に布置された施設は、飲食店、旅館・ホテル、仕出屋・弁当屋であった。これらは、最も発生頻度が高く、リスクが高い施設である。第1象限の施設は、家庭であり、第4象限のものに比べて発生件数のバラツキが大きいことを示唆している。

第3象限の施設は、学校・保育所等、事業所、製造業であった。毎年の発生件数は、第4象限のものに比べて少ないことを示唆している。

第2象限の施設は、その他、病院・老人ホーム、販売店、寄宿舍・寮等、調理実習施設であった。これらは、第3象限のものに比べて毎年の発生件数に大きなバラツキがあることを示唆している。中でも、バラツキが大きい施設は、調理実習施設であった。

(3) 食中毒患者数の平均値と変動係数

図3は、患者数の1事件当たりの平均値を横軸、変動係数を縦軸にとり、施設を2次

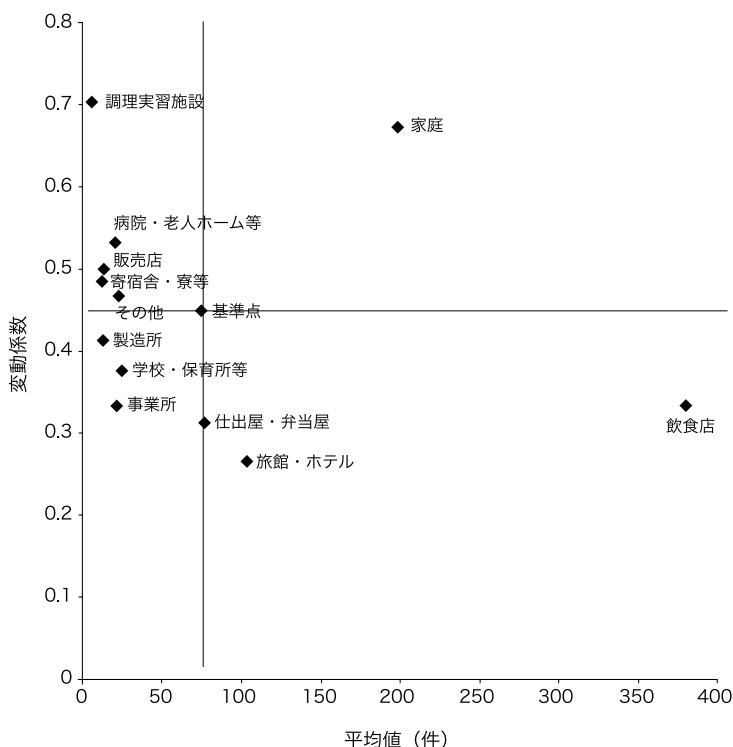


図2 施設別の発生件数の平均値と変動係数

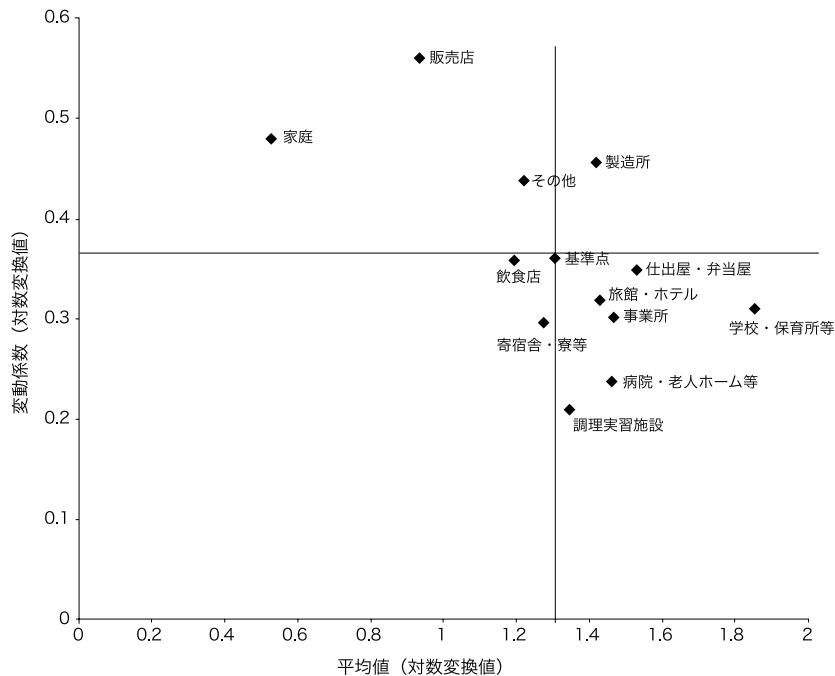


図3 施設別の患者数の平均値と変動係数

元平面上に布置したものである。2次元平面は、基準点を対数変換値の平均値の平均値 1.3、変動係数の平均値 0.36 として 4 分割した。

平均値が高く変動係数の低いものは、常に 1 事件当たりの患者数が多いことを示唆する。このことから、リスクは、4 分割した第 4、第 1、第 3、第 2 象限のグループ順に高い、と考えられる。

第 4 象限に布置された施設は、学校・保育所等、仕出屋・弁当屋、事業所、病院・老人ホーム等、旅館・ホテル、調理実習施設であった。これらは、リスクが最も高い施設である。

第 1 象限の施設は、製造所であった。第 4 象限に布置された施設に比べて、1 事件ごとの患者数は、バラツキの大きいことが示唆される。第 3 象限の施設は、飲食店、寄宿舍・寮等であった。患者数が少なく、バラツキの小さいことが示唆される。

第 2 象限の施設は、その他、販売店、家庭であった。患者数が少なく、第 3 象限に布置され

た施設に比べてバラツキの大きいことが示唆される。

施設は、発生件数や患者数の平均値／変動係数により、4 つのグループに大別できた。発生件数、患者数ともに第 4 象限に布置された施設は、仕出屋・弁当屋、旅館・ホテルであった。これらは、リスクが特に高い施設である。

2. 結 論

1. 施設は、集団給食施設、営業施設、家庭、その他に大別し、次の 12 種類に分類した。

集団給食施設（事業所、学校・保育所等、寄宿舍・寮等、病院・老人ホーム、調理実習施設）、営業施設（旅館・ホテル、飲食店、販売店、製造所、仕出屋・弁当屋）、家庭、その他

施設間には有意差が認められ、施設の分類は、妥当であることが明らかになった。

2. 主だった施設の食中毒発生件数の年次推移は、次の通りであった。

学校・保育所等は、1996年の45件をピークに2007年の7件まで減少した。病院・老人ホーム等は、1988年から1994年までは3件から9件で推移していたが、1995年以降、20件から34件の間で推移した。飲食店は、1992年の170件から2006年の612件まで増加した。家庭は、100件から200件の間を推移しているが、1997年から2000年の間、1998年の590件をピークに増加した。

3. 施設のリスクランキングは、発生件数および患者数の平均値や発生区間の大小によって設定することができた。

発生件数のリスクランキングの高い施設は、飲食店、家庭、旅館・ホテル、仕出屋・弁当屋の順であった。患者数のリスクランキングが高

い施設は、学校・保育所等、仕出屋・弁当屋、事業所、病院・老人ホーム等、旅館・ホテルの順であった。

4. 施設は、発生件数や患者数の平均値／変動係数によって4つにグループ化できた。

発生頻度の最も高いグループは、飲食店、旅館・ホテル、仕出屋・弁当屋であった。1事件当たりの患者数が最も多いグループは、学校・保育所等、仕出屋・弁当屋、事業所、病院・老人ホーム、旅館・ホテル、調理実習施設であった。なお、発生件数、患者数ともにリスクの高い施設は、仕出屋・弁当屋、旅館・ホテルであった。これらは、リスクランキングが特に高い施設である。

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

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課編：平成20年食中毒発生状況．食品衛生研究，**59**(9)，統計資料．2009．
- 2) 豊福肇，畝山智香子，林裕造監訳：FAO FOOD AND NUTRITION PAPER 87．食品安全リスク分析—食品安全担当者のためのガイド—．東京：社団法人日本食品衛生協会．（原著2006）．2008．
- 3) 高橋正弘ほか：食品カテゴリーのリスクランキング設定への疫学的アプローチ．神奈川県立保健福祉大学誌，**7**(1)：37－47，2010．
- 4) 守谷栄一：詳解演習数理統計．東京：日本理工出版会，1975．
- 5) 高橋正弘ほか：病因物質・原因施設別の細菌性食中毒患者数について．獣医情報科学雑誌，**31**：13-19，1993．

新潟県と食品メーカーの低塩・減塩活動について

田形 皖作*

*TAGATA Yoshinari (焼津水産化学工業株式会社)

Key Words: 食塩・低塩・高カリウム・新潟県・減塩商品

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⁾、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⁾、9月号に『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』³⁾を記述した。本号では日本国民の高血圧予防のために低塩・減塩活動を推進しておられる新潟県と食品メーカーを紹介する。

1. 新潟県の『にいがた減塩ルネサンス』について

新潟県では平成21年度から県民運動の一環として『にいがた減塩ルネサンス』を推進している。詳細については新潟県福祉保健部健康対策課 関主査を取材した。

1) 『にいがた減塩ルネサンス』とは

新潟県は全国的にみて脳卒中、胃がんの死亡率が高く、これらに対しては、減塩対策が重要です。外食の増加など近年の食環境の変

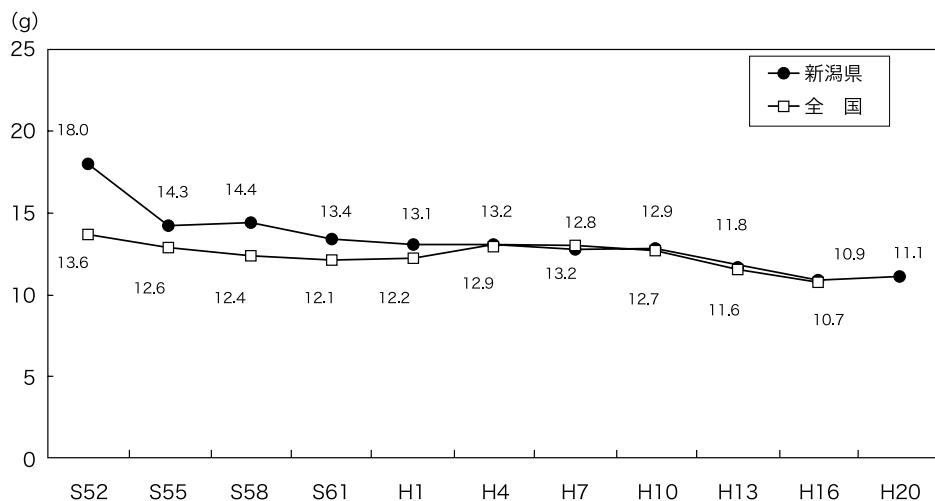


図1 食塩摂取量の年次推移

化に応じた取り組みが平成 21 年度から民間企業、保健医療団体、行政など多様な担い手による『にいがた減塩ルネサンス』運動を推進している。

2) 『にいがた減塩ルネサンス』の特徴

1. 「おいしく、気軽に、健康に」
2. にいがたの食材・調味料の利用
3. 飲食店・スーパー等との連携・協働
- 3) なぜ減塩なの

本来に必要な食塩量は一日 1.5g 程度。現在、一人あたりの食塩摂取量は新潟県 11.1g（平成 20 年県民健康・栄養調査より）となっており、年々減少傾向にはあるものの、依然全国平均よりも高く、目標値（10g 未満）にはまだまだ届きません。図 1 参照。最近では、「食塩 6g 未満」も推奨されています。

従来の減塩活動は、脳卒中对策が中心であったが、

- ・心臓病
- ・腎機能障害

・胃がん予防

にも効果があることがわかっています。

特に、新潟県では全国と比べ（平成 20 年人口動態統計）

- ・胃がん死亡率 ワースト 4 位
- ・脳卒中死亡率 ワースト 7 位

であり、その対策が求められています。

4) 『にいがた減塩ルネサンス』の目標

野菜や果物に含まれるカリウムは、体内の余分な食塩（ナトリウム）の排出を促し、減塩効果を高める作用があるため、「食塩を減らす」だけでなく、「野菜や果物などからカリウム摂取量を増やすこと」も目指しています。

県民の食塩摂取状況を年齢別、性別で図 2 に示した。県民の 1 人 1 日あたりの平均食塩摂取量は、全体で 11.1g であり、年齢が高いほど多く、60 歳代で最も高い。また、食塩摂取量の分布でみると、成人男性で 10g 未満の人の割合は 34.8% 成人女性で 8g 未満の人の割合は 24.2% である。

『にいがた減塩ルネサンスの目標（県民 1 日 1 人あたり）』

ステップ 1 (平成 21 ～ 24 年度)	ステップ 2 (平成 25 ～ 30 年度)
1. 「食塩摂取量 1g の減少」 2. 「野菜 1 皿の増加」 カリウム 300mg の増加 3. 「果物」1 日 1 個程度の摂取 ↓ 高血圧予防 + 胃がん予防	さらに、 1. 「食塩摂取量 1g の減少」 2. 「野菜 1 皿の増加」 カリウム 600mg の増加 ↓ 県民の収縮期血圧平均値 ※ 2mmHg 低下

※収縮期血圧が 2mmHg 低下すると脳卒中の死亡・発病のリスクが 6.4% 減少する（表 1）。

表 1 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

出所：健康日本 21 予測より

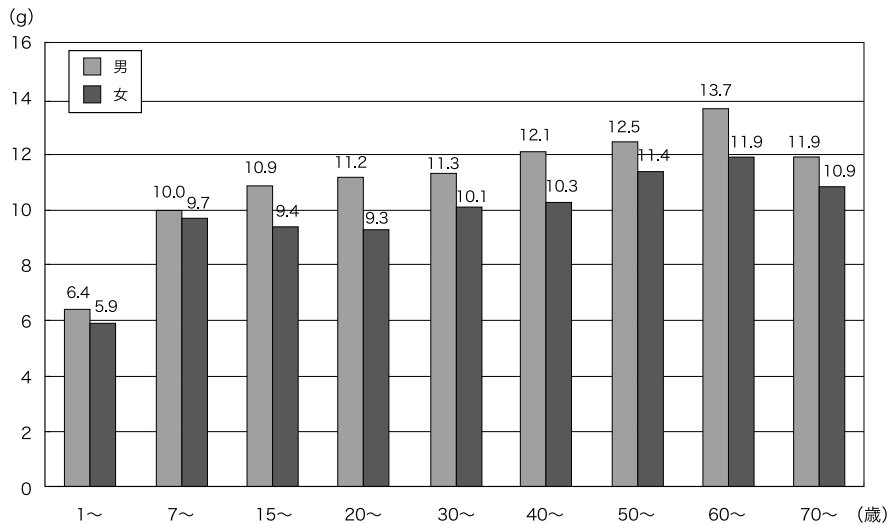


図2 県民の食塩摂取状況 (H20)

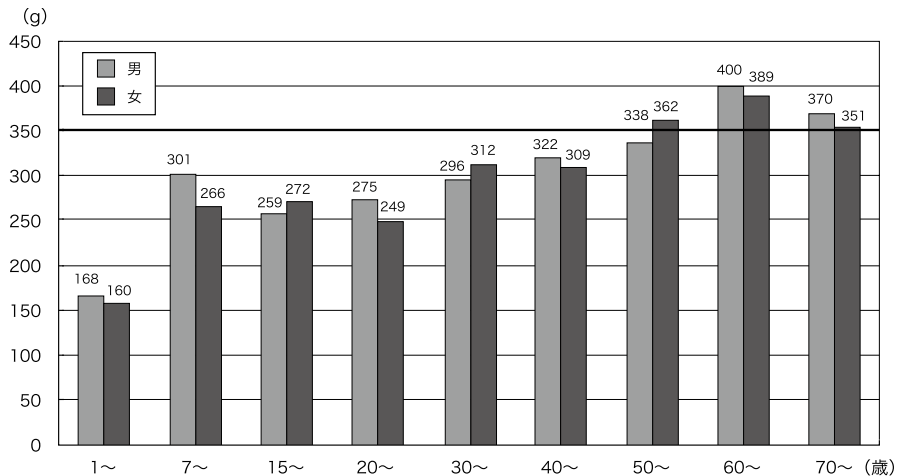


図3 県民の野菜摂取状況 (H20)

図3に県民の野菜摂取状況を年齢別、性別で示した。

成人1人1日あたりの平均野菜摂取量は全体で344.2gであり、年齢別では、20歳代で262.7gと最も少なく、年齢が高いほど多く60歳代で最も多い。また、目標値350g以上摂取している人の割合は42%である。

5) 『にいがた減塩ルネサンス』の取り組み紹介

(1)「にいがた減塩ルネサンス料理コンクール」を開催

個人や家庭だけでなく、中食・外食を提供す

る企業にも「おいしく、手軽に、健康に」取り組めるメニューの普及を目的に「にいがた減塩ルネサンス料理コンクール」を開催しました。表彰式及び入賞作品の試食会を、平成21年10月29日に湯沢町のNASPAニューオータニで開催された「健康ビジネスサミットうおぬま会議2009」の「減塩ルネサンスイベント」にて行いました。

受賞作品レシピブックを作成し、県内スーパー等で配布しました。レシピブックの紹介がTVで全国放送されたり、新聞記事に掲載され

るなど、県内外から大きな反響が寄せられました。また、県内の一部地域で、受賞作品レシピが商品化されました。

(2) 産業分野との連携

新潟県が推進する健康ビジネス連峰政策の「三つ星ビジネスモデル」として、極少量ずつ注げる健康醤油さしを開発した県内企業と連携した取組を展開中で、売り上げアップにつながっています。

この取組は産業分野と連携した先駆的事例として注目をされており、食品関連製造分野への波及効果が期待されています。

(3) 職場における減塩ルネサンス支援事業

事業所の健康管理部門と給食部門が連携し、従業員に減塩教育を行うと同時に、減塩メニューの提供を行う上での課題を検討しました。

2. ネスレの減塩の取り組みについて

ネスレの減塩の取り組みに付き、ネスレ日本(株)コーポレートアフェアーズ本部パブリックアフェアーズ広報室 嘉納室長に取材した。

ネスレは世界最大の食品企業であり、83の国に449の工場があります。エリア別工場数はヨーロッパ159工場、アメリカが167工場、アジア・オセアニア・アフリカが123工場です。そして、それぞれの国や地域の消費者の嗜好にあった製品を届けています。また、社員数は約278,000人であり、様々な国籍をもつ社員が働き、真のグローバルな企業の代表です。

製品群は飲料、ウォーター、乳製品・アイスクリーム、栄養関連、調理用食品、調味料、チョコレート/菓子、ペットケア、医薬品など幅広い分野にわたっています。

研究開発にも注力しており、栄養の科学と専門知識を駆使し、おいしさと栄養を組み合わせた製品づくりに取り組んでいます。

世界28ヶ所にある研究開発センターでは50を超える国籍の約5,200名のスタッフが働いています。なかでもスイスにあるネスレリサーチセンターは食品と栄養の科学における画期的な研究で世界的に評価されています。2009年ネスレは約20億スイスフラン(約1,700億円)を研究開発に投資しました。これは食品業界では世界最大規模のものです。また、2009年、ネスレは基礎研究のユニット(ネスレリサーチ東京)を初めて日本に開設しました。

ネスレのスイス本部で研究部門に属する当ユニットは東京大学内に開設され健康と栄養の基礎研究を目的としています。

ネスレは「Good Food, Good Life(グッドフード, グッドライフ)」を企業理念に掲げています。ネスレ製品には栄養、安定した品質、安全性、価格に見合う価値、利便性、そしてなにより、おいしさの全てが揃ってこそ「グッドフード」として、消費者の皆さまに評価していただけるのだと考えています。健康そして食の楽しみや親しい人々と食卓を囲む喜びも含めた「グッドライフ」に科学に裏打ちされた「グッドフード」で貢献すること、「グッドフード, グッドライフ」の短いスローガンにはそんなネスレの願いが込められています。そして、この理念のもと、ネスレは「栄養・健康・ウェルネス」において世界有数の企業になろうとしています。

ネスレはおいしくて栄養的価値があり、かつ環境影響ができるだけ少ない食品飲料製品を製造するという目標を掲げ、科学的な根拠に基づいた、食品および食生活によるクオリティ・オブ・ライフ(生活の質)の向上を目指しています。「栄養」に関する取り組みの1つとして、レシピの革新や刷新を通して、常に製品の栄養組成を見直し、可能な限りその栄養価値の最適化があります。レシピの革新と刷新へのアプローチの基本は、社会問題化している摂取量を減らす

表2 ネスレの栄養方針の目標に対しての進捗状況 (2007 年末まで)

	方針の目標	進捗状況
トランス脂肪酸	全エネルギーの 1% 未満に減らす (脂肪の 3% まで)	2003 年 12 月から 2007 年 2 月の間に 34,200 トンを削減
塩	5 年間に 25% 削減 (100mg/100kcal を超える場合)	2005 年 4 月から 2007 年 12 月の間に 6,800 トンを削減
砂糖	5 年間に 5% 削減	2003 年 1 月から 2007 年 12 月の間に 290,000 トンを削減
飽和脂肪	3 年間に全脂肪を 3%, または飽和脂肪を 1% 削減 (継続中)	2009 年初頭に新しい方針を発行予定

べき栄養素を減らし、有益な微量栄養素を加えるということです。ネスレの栄養方針の目標に対して 2007 年末までの進捗状況を表 2 に記載しました。

1) 減塩に関して

減塩方針の目標は 5 年間で 25% 削減。対象製品は 100kcal あたり 100mg 以上の塩が含まれている製品で既に 5 年間のモニタリング実施期間を終了し、25% 削減を達成しています。その削減量は 5 年間で 7, 200 トンでした。ネスレはカリウム塩も使用していますが、大部分は塩を減らすことにより対応しました。

減塩製品の開発を進める上で、味覚の感じ方や他のフレーバーとの相互作用の研究から減塩を実現しました。今後の減塩の方向性については検討中です。ネスレの減塩製品として注目される商品 2 品を紹介し、減塩活動の紹介といたします。

●減塩「ヘルタ」ブランドではポーク・フランクフルトソーセージの塩分含有量を 100 グラムにつき 2 グラムから 1.8 グラムに減らしました。これはイギリス政府の食品基準局 (FSA) により 2006 年に発行された「2010 年塩分削減目標」に沿ったものです。

●低塩・低脂肪ヌードル

ネスレのシンガポール R&D センターのシェフたちは低塩・低脂肪のインスタントヌードルを開発し、消費者からの相反する二つの要求に応えました: 大好きな油で揚げたおいしい味を

あきらめることなく、健康的な食事をとりたいという要望です。「テイスティーライト マギー」ヌードルを作る工程では、空気乾燥という製造技術を使い、無添加の濃縮「フライ風味」を使用し、ナトリウムの一部を他の原料に置き換えています。

3. 「ソルケア低塩しお、しょうゆ」を使用した商品の店頭販売について

焼津水産化学工業(株)の「ソルケア低塩しお、しょうゆ」を使用した商品を静岡県のスーパ 2 社の店頭で販売したので、その結果をまとめた。

A 社での店頭販売

1) 販売した商品

- ①マルコメ「おいしい低塩みそ 400g」
- ②マルコメ「おいしい低塩だし入り 400g」
- ③マルコメ「おいしい塩分 1/2 400g」
- ④ニコニコのり「海苔佃煮 純 減塩タイプ 75g」
- ⑤丸善食品工業「食事の塩分が気になる方の ケチャップ 300g」
- ⑥ワダカン「ソルケア GABA しょうゆ 500ml」
- ⑦ワダカン「ソルケア GABA つゆ 400ml」

2) 販売店 (A 社の販売店は 3 店)

3) 販売期間とデモンストレーション投入日

- i) 販売期間は 1 ヶ月
- ii) マネキンによるデモンストレーションは 3 店とも日曜日、5 日間実施。

4) 店頭展開

全品(7品)を1ヶ所に陳列し、トップボード、商品別訴求ボードを展開。トップボード、商品訴求ボードは下記に掲載。また、店頭写真も掲載した。

◆トップボード



◆商品別訴求ボード



◆店頭写真



5) 結果のまとめ

i) 消費者の声

「減塩でもおいしい」という評価が多く聞かれた。

〔具体的に〕

- ・今回の商品全てにおいて、「減塩でも味がしっかりしていておいしい」「味だけでは

減塩だとは思わなかった」と、味に対して高い評価を得られた。

- ・「これまで他社減塩商品を購入していたが、こちらの方が塩味がしっかりしておいしい。」「塩分控えめの商品は味が薄くておいしくないものが多いが、これはおいしい」など、従来の減塩商品とは違うことを実感してもらえた。

ii) スーパーのバイヤーの声

「今回の企画を機に定番化を検討したい。」

- ・定番での販売に比べ、5～15倍の売り上げを達成した。

- ・今回対象となった商品のうち、「しょうゆ」「ケチャップ」以外はこれまで扱っていなかったが今回の企画を機に定番にしたい。

iii) 企画後の定番での販売

「1ヶ所展開終了後、定番でも継続的に売れている。」

B 社での店頭販売

- 1) 販売した商品 12社 18品(デイリー 5社, 6品目, 日配 7社, 12品目)

〔デイリー 5社, 6品目〕

- ①マルコメ「おいしい低塩みそ 400g」
- ②ニコンコ「海苔佃煮 純 減塩タイプ 75g」
- ③丸善食品工業「食事の塩分が気になる方のケチャップ 300g」
- ④ワダカン「ソルケア GABA しょうゆ 500ml」
- ⑤SSK フーズ「おいしい減塩ドレッシング和風玉ねぎ 190ml」
- ⑥SSK フーズ「おいしい減塩ドレッシング青じそ 190ml」

〔日配 7社, 12品目〕

- ⑦丸大食品「うす塩ロースハム 59g」
- ⑧丸大食品「うす塩ベーコン 65g」
- ⑨伏見蒲鉾「減塩さつま揚げ 4枚」
- ⑩丸六食品「うまいっけ白 90g」
- ⑪丸六食品「うまいっけ紅 90g」
- ⑫丸六食品「低塩はんぺん 5枚」
- ⑬マツダ食品「低塩しょうゆ使用ごま昆布 55g」
- ⑭カネシン「低塩かつお角煮 100g」
- ⑮丸蒲「減塩いかさし塩辛 80g」
- ⑯丸蒲「減塩たこわさび 80g」
- ⑰源馬「低塩いかの塩辛 80g」
- ⑱源馬「低塩たこの塩辛 80g」

2) 販売店 (B 社の販売店は 3 店)

3) 販売期間とデモンストレーション投入日

i) 販売期間は 10 日間

ii) マネキンによるデモンストレーションは
3 店とも 2 日間実施。

4) 店頭展開

各店ともデイリー品と日配品は別の場所に各々 1 ヶ所に展開した。写真参照。トッ
プボード、商品訴求ボードは A 社と同じものを使用。

◆店頭写真

「K 店」



デイリー売り場



日配売り場

「P 店」



デイリー売り場



日配売り場

「Q 店」



デイリー売り場



日配売り場

5) 結果のまとめ

i) マネキンさんの声

「低塩でもとてもおいしい」「こんなに低塩の
商品があるとは知らなかった」など高い関心を持
ってもらえた。

〔具体的に〕

- ・低塩商品を知らない人が多く、いろんな商
品を集めることで、低塩商品のアピール
につながり、多くのお客様に関心を持っ
てもらえた。
- ・食べていただいた方からは「低塩なの
においしい」「本当に減塩なの」など、
これまで低塩商品の持っていた「薄味
でおいしくない」というイメージを払
拭できた。お客様から驚きの声が聞こ
えた。
- ・「いままでもソルケア商品はいろいろ使っ
ており、とてもおいしい。こんなにいろ
んな商品があるとは知らなかった」とお
客様から言われた。
- ・かまぼこも、さつま揚げも低塩とは思えな
いほど美味しかったと言われた。

ii) 消費者からの要望

- ・黒はんぺん・さつま揚げなど、それぞれ 1
枚、1 枚に塩分量が書いてあれば有り難い。
(病院で塩分を控えるように指導されてい
るので、塩分が書いてあれば、食事のと
きに計算できるとのこと)
- ・こんなに減塩商品があるとは知らなかつ
た。今までは通販で買っていたが、これ
からは店で買いたい。他にも品揃えを増
やして欲しい。
- ・以前に「ソルケアつゆ」を探したが無
かったので、「ソルケアつゆ」も販売し
て欲しい。

iii) スーパーのバイヤーの声

「一ヶ所に低塩商品を集めて販売したら、定
番に比べよく売れた。一方、商品別に売れ行き
に差が出ており、今後の展開については検討の
余地がある。

A 社、B 社で「ソルケア低塩しお、しょうゆ」
を使用した商品をマネキン販売を交えながら販
売した。特に、定番では目立たないので 1 ヶ所

に集めて販売したら、よく目立ち、お客様に大変好評であった。今後は更に商品数を増やし、低塩商品を希望されているお客様の期待に応えられるようにしていくことが重要である。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 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) 田形皖作, 外食産業と配食ビジネスにおける低塩・高カリウムの必要性, *New Food Industry*, **52**, 9 (2010)



“薬膳”の知恵 (51)

Key Words： 薬膳 ■ ストレス ■ 養生薬膳 ■ うつ

荒 勝俊*

中医学では、各臓器の気・血・津液が万遍無くスムーズに流れ、常時気・血・津液が体に満たされている状態を未病と呼んでいる。しかし、生活環境・精神状態・食生活・房事・労働などのストレスが必要以上に大きかったり、極端に変化すると、気・血・津液の流れが損なわれ、体内での機能バランスが崩れる事で病気を引き起こすと考えられている。中医学では、身体のような状態の変化を問診・脈の打ち具合、舌の色合いなどを診ることで、身体のどの部分で機能バランスの失調が起きているのかを知る事ができる。そこで、身体の機能バランスを改善させる事でその人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内部を整え、新陳代謝を改善し、栄養を供給する事で、健康な身体を獲得できると考えられている。

“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で作った食養生》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. ストレスと食養生



昔から病は感情の起伏による気の変化によって引き起こされると言われる。感情は《怒・喜・憂・思・悲・驚・恐》の7つあるとされ七情(しちじょう)と呼ばれる。『黄帝内経』には、《百病は気によって生ず。怒れば気は上がり、喜べば気が緩み、悲しめば気が消え、恐れれば気が下がり、寒するときは気が縮み、熱するときは気は泄らす、驚くときは気が乱れ、思うときは気が結ぶ。》とある。怒ったり、喜んだり、憂いたり、思いつめたり、悲しんだり、驚いたり、恐れたり、といったこれらの感情がどれかに偏って過剰あるいは過少になると、その感情に特徴的な病態を引き起こすと中医学では考えている。即ち、外界からの刺激によって精神の変化が起こり、それが情志を過度に興奮させたり抑

* 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))

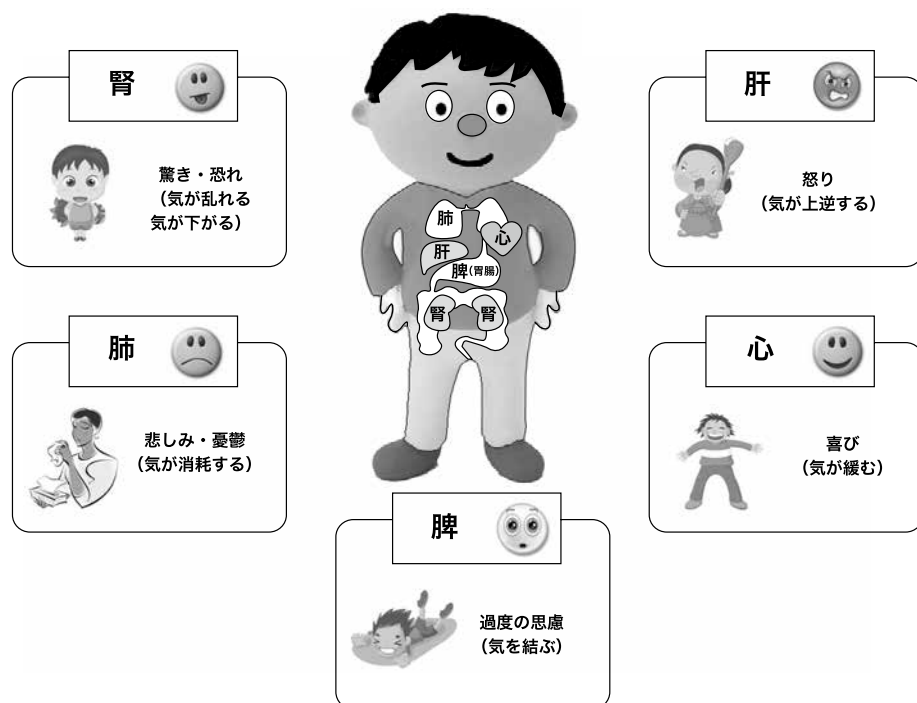


図1 ストレスと七情

制したりして内臓を損傷し、様々な疾患を引き起こす (図1)。

1-1 怒り

怒りで傷付けば肝を傷付け、肝気が上逆し、血が上へ集まって神昏暴厥する。即ち、“怒”とは不合理な事などで怒って気が逆上する状態を指す。肝と関係が深く、怒りという感情は日常生活の中で最も多く、過度の“怒り”は肝の疎泄作用を低下させ、肝気が上昇し、頭痛、吐血、卒倒などの症状が発生する。

1-2 喜び

喜びに傷付けば心が傷付き、気が緩む事で心神が安定せず、行動が異常になる。即ち、“喜”とは気持ちが愉快的なことで、心と関係が深く、“喜び”により緊張がほぐされる。嬉しい感情(欲望に対する充実度)も度が過ぎれば心気が消耗して散漫になり、集中も難しくなる。過度に喜び過ぎると、気が発散して収めることができなくなり、神明に異常を来たす。

1-3 憂い

憂いに傷付けば、情志が憂鬱になり、元気がなくなって力が出ず、食欲不振となる。即ち、“憂”とは落ち込む状態を指し、肺と関係が深く、“憂い”は心が減って病んだ状態から発生する(鬱状態)。過度の「鬱」は肺の気を損なわせ、呼吸器疾患を引き起こす。

1-4 思い

思いに傷付けば脾を傷め、健忘、不眠、身体が痩せるなどとなる。即ち、“思”とはある問題に没頭することで、脾と関係が深く、過度の“思い”は脾の運化作用を低下させ、気を停滞させ、便秘などの消化器系疾患を引き起こす。

1-5 悲しみ

悲しみに傷付けば肺を傷め、顔色が暗くなり、元気がなくなる。即ち、“悲”とは悲しむ感情を指し、“憂い”と同じく肺と関係が深い。過度の“悲しみ”は肺の気を損なわせ、呼吸器疾患を引き起こす。

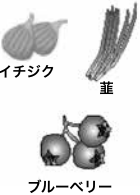
ストレスの蓄積		体力・抵抗力の低下			血・痰の滞り	
気滞	肝陽上亢	気虚	血虚	陰虚	瘀血	痰濁
【症状】 イライラする 怒りっぽい 溜息が多い 胸・脇に張った様 な不快感 【養生】 リラックスする 【食養生】 紫蘇、ミツバ 香附子、木香、陳皮	【症状】 目や顔が赤い のぼせやすい 口が渇く 不眠 眩暈・偏頭痛 【養生】 目を酷使しない 根をつめない 【食養生】 セロリ、トマト 龍骨、牡蠣	【症状】 疲れやすい 息切れ やる気が出ない 食欲不振 食後にお腹が張る 汗をかきやすい 【養生】 激しい運動は避ける 過労を避ける 【食養生】 穀類、芋類、豆類 人参 百朮、黄耆	【症状】 眩暈・立ちくらみ 顔色が青白い 不眠・動悸 手足が冷たい 手足がしびれる 生理不順 【養生】 体を冷やさない 夜更かしを避ける 【食養生】 ナツメ、イチジク ブルーベリー、葎 レバー 当帰、竜眼肉、 枸杞子	【症状】 口が渇く 手足がほてる 寝汗をかく 不眠 肌が乾燥する 空咳が出る 【養生】 小まめに水分補給 夜更かしを避ける 【食養生】 スイカ、梨、蓮根 白木耳 人参、麦門冬	【症状】 頭痛、肩こり 不眠症 胸が痛い 血管が浮き出る 手足の末端が冷える 夜に症状が悪化 【養生】 適度な運動 冷房を避ける 【食養生】 玉葱、大蒜、生姜 丹参、田七人參	【症状】 頭が重い 不眠症 喘息・痰が多い 胸焼け 浮腫みやすい 天気が悪いと症状 悪化 【養生】 適度な運動 【食養生】 冬瓜、昆布、シジミ 白菜 半夏、竹茹、沙棘
 紫蘇 ミツバ	 セロリ トマト	 穀類 芋類 豆類 人参	 イチジク 葎 ブルーベリー	 スイカ 梨 蓮根	 玉葱 生姜 大蒜	 冬瓜 白菜 昆布 シジミ

図2 ストレスと養生

1-6 恐れ

恐れに傷付けば腎を傷め、ビクビクして落ち着かず、恐がる。即ち、“恐”とは恐れや恐怖を感じる事で、腎と関係が深い。過度の“恐れ”は腎の固摂作用を低下させ、気をもらしてしまう（気泄）。

1-7 驚き

驚きで傷付けば気が乱れるが、情緒が安定せず、精神が錯乱し、言葉や行動が異常になる。即ち、“驚”とは急に驚いて緊張することで、腎と関係が深い。急に驚くようになれば気が散らばって気が錯乱し、不安定な精神状態が発生する。

複雑で利害の絡む現代のストレス社会の中で病気になるためには、自分の意識・無意識の感情に上手く対処することが大切である。

また、中医学では、各臓器の気・血がスムーズに流れ、十分に満たされている状態が健康な状態と考える。しかし、外気・精神状態・

食生活・房事・労働などのストレスが必要以上に極端な負荷として掛かってしまった時、気・血の流れが損なわれ、病気を引き起こす。中医学では、人間がストレスを感じた時、特に「肝」の気の流れや働きに異常が出てくると考える。肝の気は、伸び伸び流れる事で正常な働きを保っている。しかし、いやな事やイライラする事、怒られる様な事などがあると、肝の臓器に影響が及び、肝の気の流れに問題が生じ、気の流れの渋滞を引き起こす。こうした状態を肝気鬱結と呼び、この状況が長引くと気のエネルギーが溜まって熱を帯びる。熱は炎上の性質を持っている為、イライラやのぼせ・めまいなどが生じるようになり、益々症状が悪化する。従って、肝の気の流れを元に戻し、スムーズに流れるようにバランスを改善する事が重要となる。気の動きを管理しているのが肝であり、気を上へ向かって発散させる性質がある。ストレスによって肝

の機能が低下すると、気の調整が失われ、気の動きが弱く停滞していれば精神状態が低迷し、何に対しても興味が湧かず、やる気がでない。一方、気の動きが強く、亢進すれば興奮状態が続き、声が甲高く、何時もイライラして、回りの事に関して不満が多くなる。

こうしたストレスが溜まり易い人は、肝の栄養分の血が不足（血虚）したり、血の流れが滞っている（肝血虚）人に多くみられ、改善には補血効果を持つ食物を多くとる事が大切である。



2. ストレスと不眠症



中医学では不眠が感情と密接な関係にあると考えている。ストレスがかかった精神活動が過度に長時間続くと、臓腑の気血に悪い影響を及ぼし、体内で火邪が発生し不眠につながると考えられている。即ち、不眠の直接の原因は火邪である。火は陽気が熱に変化したもので、“外火”と“内火”に分けられる。“外火”は熱病を指し、“内火”は過剰な感情の変化によって生じた火を指す。火が生まれると、夜になっても陽の特性（興奮）により眠れなくなる。

2-1 心の栄養素が不足するために起こる不眠症（心脾両虚）

「心は神（精神）の舍るところ」と中医学では考えている。即ち、精神活動を安定させる（安神）ためには心を養う栄養物である血や気が充実していなければならないと考えている。

心血が不足すると、心血虚の状態となり、相対的に余った心陽は熱を帯びて心火となり燃え上がる。これが原因となって、神は正常なリズムを失い、眠れなくなる。心血虚は、心血が脾胃で作られる事から“脾気虚”が原因である。脾気虚では、食欲がなく少ししか食べられない、美味しくない、息切れ、話すのがおっくう、声

に力がない、軟便や下痢をする、といった症状が現れる。

心血虚になると、寝つきが悪くなり、夢をよく見るようになる。また、眠りが浅く、動悸、元気がない、顔のつやがない、唇の色が淡い、といった症状を伴う。また舌質の色が淡白になり、脈が細く弱くなるか、細く緩やかで無力になる。

こうした“心脾両虚”の症状がある場合は、補益心脾・養血安神の効果を有する「帰脾湯」、「加味帰脾湯」、「甘麦大棗湯」などが良く使われる様である。

2-2 全身の火と水のバランスがくずれて起こる不眠症（心腎不交）

心陰虚の症状に腎精虧損の症状が加わった状態を“心腎陰虚”と呼ぶ。このように、心と腎どうしの機能のバランスが崩れて起こる不眠症が“心腎不交”の不眠症である。『心は火の臓、腎は水の臓』と呼ばれており、心陽は下降して腎陽を助け、腎の機能を盛んにする。一方、腎の陰精は上昇して心陰を補い、心陽が高ぶりすぎないように抑える働きを有する。

腎陽は臓腑を温め、全身の活動を円滑にする（相火）。しかし、腎陰が損なわれ平衡を失った相火は、生理的な火から病理的な邪火に変化する（相火妄動）。そのため、生理的な相火の機能は障害され、水液を栄養物質に変える「蒸騰気化」の作用が失調し、心の陽気を制御することができなくなり、この事から神の安定が乱され不眠が起こる。症状としては、心煩（胸に不愉快な苦しさ）、手足の裏が熱っぽい、寝汗、口が渇く、遺精・夢精・健忘、耳鳴り、腰痛、といった症状を伴う。また、舌が暗紅色で、脈が細い。

このような不眠症には、滋陰降火・交通心腎の効果を有する「天王補心丹」、「交泰丸」、「黄連阿膠湯」などが良く使われる様である。

2-3 ストレスが精神情緒を乱して起こる不眠症（肝鬱血虚）

「喜」「怒」「憂」「思」「悲」「恐」「驚」といった七つの感情変化が強烈だったり、長期間持続すると人体の生理変化に影響を及ぼし、精神情緒が崩れる。こうした精神情緒が伸びやかになるようにコントロール（疏泄）しているのは肝であり、ストレスによって肝の疏泄機能が失調した病態を“肝気鬱結（肝鬱）”と呼ぶ。肝の機能が滞ると、やがて熱が生まれ（肝鬱化火）、肝で生まれた火は心に移って“心肝火旺”の激しい熱症状を引き起こし、一晩中眠れなくなる。肝の変化は、落ち込んで気分がすぐれない、抑うつ状態になる、イライラする、妙に怒りっぽいという情緒の変化と関係する。

このような不眠症には、実火を取り除く「三黄瀉心湯」や「黄連解毒湯」「竜胆瀉肝湯」といった苦寒の薬が良く使われる様である。

また、「肝は血を蓄える」と言われており、“心肝火旺”の状態が長く続くと肝血が消耗し、“肝鬱血虚”の状態となる。肝血が失われると心血も不足（心肝血虚）し、火が非常に激しい状態となる（虚実錯雑）。症状としては、寝つき悪い、多夢、驚き易い、胸脇脹満、ため息、怒りっぽい・イライラする、目の充血、といった症状を伴う。また、舌が紅く舌苔は黄で、脈は弦を弾くように速い。

このような不眠症には、疏肝養血・安神の効果を有する「酸棗仁湯」や、「加味逍遙散」と「杞菊地黄丸」を合わせた処方が使われている様である。

2-4 ストレスが消化機能を損なって起こる不眠症（痰熱内擾：たんねつないじょう）

肝は消化作用をコントロールする機能も持っており、脾胃に影響を及ぼす。「脾は思を主る」と呼ばれ、脾胃の機能が失調すると、津液が停滞し痰湿となる。さらに、肝鬱によって生まれた熱と痰湿が結びつくと「痰熱」が生まれ、心

火が激しくなって神の安定を乱す。症状としては、心煩、口が苦い、眩暈、頭が重い、といった症状を伴う。また、舌が赤く、黄色帯びており、脈はなめらかで脈のスピードが速い。

このような不眠症には、清熱化痰・安神の効果を有する「星火温胆湯」,「黄連温胆湯」,「竹茹温胆湯」などが良く使われる様である。

2-5 暴飲暴食による不眠症（胃気不和）

脾胃の消化能力を超えて暴飲暴食をすると脾胃の機能が失われる（胃気不和）。胃の働きが失調すると脾の働きも失調し、脾気が昇らない状態（昇降失調）になる。脾は全身の気の流れを統轄しているので、脾胃の昇降失調は心と腎の流れを停滞させ、心気は下降できず、腎水は上昇できなり、神はよりどころを失って不眠が起こる。胃気不和によって起こる不眠は、原因である宿食を取り除けば良いので治療しやすいタイプである。症状としては、腹部脹満、腹痛、悪心・嘔吐、腐臭のあるゲップ、下痢または便秘、といった症状を伴う。

このような不眠症には、和胃化滯の効果を有する「保和丸」,「防風通聖散」,「調胃承気湯」,「焦三仙」などが良く使われる様である。

今回は《鬱（うつ）》が題材の古典落語を紹介する。

『盃の殿様』は生粋の江戸落語であるが、原話のはっきりしていない。大名噺を得意にしていた二代目柳家小さんの明治23年の舞台の速記「殿様の廓通ひ」を参考に、六代目三遊亭円生が十八番に仕上げた噺である。

剣術指南役「殿様、本日は剣術の稽古の日となっておりますが・・・」

殿様は、この剣術の稽古が大嫌い。しかし、剣術が嫌いとは言えないので、病気だと言うことにしてしまう。次の日は槍の練習だが、これ



図3 ストレスと養生

も病気。

嘘でも毎日病気だと言っていると、本当に病気になるのだそうで、今で言う神経症、当時は気鬱症と言っていたのですが、これにかかってしまった。

この病にかかると、とにかく何もしたくない。部屋にばかり閉じこもってしまう。ご家来の方々が、これではいけないと殿様の気分を晴らそうとするが、一向によくならない。

そこで、茶坊主の珍斎が殿様の気を紛らわそうと、吉原の遊女を描いた歌川豊国の錦絵を見せると、殿様は吉原に行きたいと言い出す。そこで、荒唐治という事で殿様を吉原に連れ出したところ効果てきめん、殿様の気分はすっかり晴れて快復し、花魁・花扇のもとに毎日のように通うことに……。

江戸勤めも終わり国許に帰らなければならなくなった殿様は、別れ際に花扇の打掛をもらい

受け、絢爛豪華な蒔絵を施した大盃で別れの酒を交わす。

そして国許への帰り道、したに～、したに～と進んでいると、途中で盃を持って走ってくる武士に出会う。何事かと殿様がたずねると、武士「手前は主君の申しつけにより、国表より江戸のさる遊君へ、盃をつかわす途中でございます」

これを聞いて、殿様は感じ入り、

「大名の遊びは、さもありたきこと。そちの主人にあやかりたい」と盃を借用して、酒をなみなみと注ぎ、息もつかずぐっと飲み干した。この一件を盃の武士が国表に戻り主君に伝えると、彼もなかなかの洒落者・・・

主君「お手のうち見事、いま一度行って来い」と、その大名に返盃をするように命じた。返盃を命じられても、どこの大名が分からず、未だに探しているという。

*****◀

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 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

白石カルシウムの炭酸カルシウム	
	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	

築地市場魚貝辞典（マサバ）

毎度おなじみの晴海通りを，東銀座から築地へ向かう。歌舞伎座の取り壊し工事が進み，また懐かしい風景が失われていく。この10数年の間に，晴海通りの拡張工事もある，築地界隈の景色もかなり変わってきた。築地場外市場は，今も高い建物が少なく，遠目に見ると昔と変わらないように見える。でも，中に入ってみると，24時間営業の寿司屋などが増え，昔ながらの市場という雰囲気が変わりつ



築地場外市場



マサバ

つある。乾物屋や包丁専門店などが頑張っているのを見ると，うれしくなってしまう。風が涼しく感じられる頃，場外市場の八百屋をのぞくと，たくさんのキノコを目にする。シイタケやエノキダケ，エリンギなど年中出回っているキノコもあるが，築地の場外市場には，マツタケをはじめ，見たこともないさまざまな種類のキノコを見かける。そして，ついついこの見たこともないキノコを買って賞味してしまう。秋になったことを実感する時である。今回は秋の魚，マサバを紹介する。

一分類一

マサバを分類学的に表すと，スズキ目サバ科サバ属マサバとなる。言い換えると，ふつうの魚のうち，上顎の骨がつながっているため口を突き出すことができず，背鰭と臀鰭（しりびれ）の後ろに間隔をあけて並ぶ小離鰭（しょうりき）

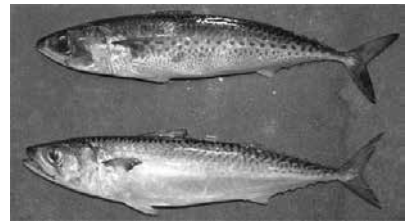


前へ突き出せない口

がある魚の仲間で、前の背鰭（第一背鰭）と後ろの背鰭（第二背鰭）が離れ、全身が細かな鱗に覆われ、背中に虫食い模様がある魚ということになる。スズキ目は以前も紹介したように、ふつうの魚のほとんどが含まれている。代表的なものをみるとスズキ科、ハタ科、キス科、アジ科、タイ科、ハゼ科など。サバ科にはマグロ属、カツオ属、サワラ属などが含まれる。そしてサバ属にはマサバのほか、ゴマサバとタイセイヨウサバの3種の魚が含まれるとされていた。



小離鰭（しょうりき）



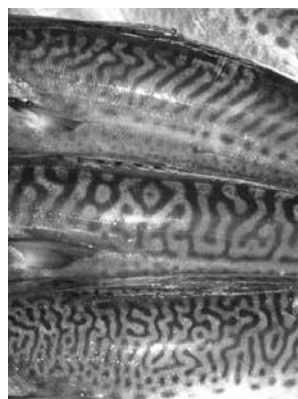
ゴマサバ（上）とマサバ（下）

これら3種は、マサバは太平洋から大西洋まで広く分布し、ゴマサバは太平洋からインド洋まで、タイセイヨウサバはその名の通り大西洋にのみ分布するとされていた。ある日、大西洋で漁獲されたというマサバとされるサンプルを見てみると、マサバには無いはずのゴマ状の黒点が腹部にある。日本近海で言えば、腹部にゴマ塩模様があればゴマサバであるが、ゴマサバは大西洋には分布しない。不思議に思っていると、近年、大西洋産のマサバとされてきたサバは、太平洋のマサバとは別種で、*Scomber colias* という種であるとする研究が出てきた。サバ類の分類は難しく、古くから別種とされたり、同種にされるようなことが繰り返されてきた。現在では新鮮な状態の標本や、遺伝情報の解析による研究も進んでいるので、世界のサバは4種になるものと思われる。

一形態一

前回のサンマと同じように、マサバも丸ごと売られている数少ない魚のひとつであろう。切り身の状態も多いが、なんとか量販店でも全身の姿を見ることができることと思う。体はやや長い紡錘型で、体の断面は丸い。背鰭は2つあり、前の背鰭（第一背鰭）はトゲで支えられ、後の背鰭（第二背鰭）は柔らかなスジで支えられている。胸鰭はやや小さい。腹鰭もやや小さく、腹部の前方にある。尾鰭の前の背面と腹面には5基の小離鰭がある。第一背鰭と胸鰭、腹鰭は溝の中に収めることができる。口はやや大きく、両顎に細かな円錐形の歯がある。体は全体に細かな鱗がある。

背中側は緑色で、虫食い状の不規則な黒い縞模様がある。腹側は銀白色。ゴマサバとは良く似ていて問題となることがある。腹部に小黑点が散在しているものはゴマサバであるが、ゴマサバでもゴマ模様が薄い個体がある。体長は、50cmを超える。



個体差のある背中斑紋

一生態一

日本近海を含む世界の温暖海域に広く分布するとされるが、分類のところでも書いたように、近年、大西洋のマサバは別種とする考えもある。沿岸からやや沖合の表層付近を遊泳し、オキアミや小魚などを食べている。産卵期は3月から6月で、九州から北海道まで北上する。直径1mm前後の浮遊性の卵を生む。卵は2日ほどでふ化し、1年で20cm、2年で30cm、3年で40cm前後に成長する。主に餌や産卵のため回遊をするが、半島や島の周囲に定住する群れもあり、「瀬付き」などと呼ばれることがある。

一漁業一

マサバの群れを大きな網で巻く旋網（まきあみ）や、魚の通り道に仕掛けた定置網で多獲される。釣りや、夜間に集魚灯で魚を集めて手網ですくうたもすくい網は、一度にたくさんの魚を捕ることはできないが、漁獲時の魚の傷みが少なく、鮮度の良いものが出荷される。



氷水の中に入れられた生鮮マサバ

マサバは、卵をふ化して育てる完全養殖は行われていないが、釣ったものを生簀で餌を与え太らせる養殖は一部で行われている。

築地市場には、ほぼ通年入荷するが、秋から冬にかけての入荷量が多い。氷を敷いたとろ箱に入った鮮魚が長崎県、静岡県、茨城県などから入荷する。ほかの産地と差別化したブランドサバと呼ばれる高級品も目に付く。

一利用一

脂の乗ったマサバの塩焼きに大根おろしを添えて食べると、口の中に旨みとさっぱりした脂が広がり美味しい。食欲の秋である。塩焼きのほかにも、干物、文化干し、へしこ、味噌煮、さば鮓、ばってら、メさばなど、さまざまな料理にされる。魚離れが言われて久しいが、

量販店でもサバの加工品はいろいろ見られる。塩サバや干物、缶詰は定番であろう。缶詰も水煮缶詰、味付け缶詰、さばカレー缶詰などいろいろある。

マサバは美味しいが当たることがあると言って嫌う人もいないのだろうか。サバ類をはじめとする赤身魚は、死後、アミノ酸の一つであるヒスチジンが細菌の酵素の作用でヒスタミンに変化する。ヒスタミンはアルカリ性で辛味があるので、ヒスタミンの増えたマサバを食べると舌がピリピリする。そしてヒスタミンの量が増えると、アレルギーのような症状を起こすことになる。またヒスタミンは、腐敗臭が臭う前に増加がはじまるので、気が付かずに食べて当たることがあり、俗に「サバの生き腐れ」などとも言われるので、注意が必要である。

築地市場内の仲卸店舗に長く勤めている方に話を聞くと、むかし東京ではゴマサバを食べなかったらしい。サバといえばマサバに決まっていたのである。これは、ゴマサバの分布範囲が日本列島近海ではマサバより幾分南に偏っているためと、関東近海では上質なマサバが漁獲されたためではないかと思われる。今でもその名残か、ゴマサバを嫌う客もいるという。ちなみに高知県ではゴマサバを珍重し、「清水さば」なるブランド品にまでなっている。

ーエピソードー

先にもふれたが、築地市場に入荷する生鮮マサバの中には、高価な、いわゆるブランドサバと呼ばれるものがある。最近では、それぞれのブランドごとにラベルなどを



ブランドサバの一つ

作って魚体に付け、本物であることを示すものも多い。これは、品質を高く保ち、ほかの産地と差別化を図ることによって需要を確保しようとする試みの一つである。その先駆けとも言えるのが大分県の「関さば」である。今日では高級サバの代名詞のようにもなっているが、10数年前は、築地市場でもそれほど知名度はなかった。日本人は、生の魚が好きである。近年、その傾向がますます強くなっているようで、本来なら生食しないものまで生で食べて問題となることもしばしば起きる。マサバもふつうは利用の所で書いたような理由から、あまり生食しないが、それを生食できるようにしたのが受け入れられたものと思われる。その大分県佐賀関以外の産地でもマサバのブランド化をする所が現れるようになり、青森

県の「八戸前沖さば」, 宮城県の「金華さば」, 神奈川県「松輪さば」, 愛媛県の「岬（はな）さば」, 長崎県の「旬（とき）さば」, 宮崎県の「ひむか本さば」などの名前を見ることができる。これらのブランドサバの特徴は、回遊をしない瀬付きのマサバを、釣りなど魚体を痛めない漁法で漁獲し、鮮度を保ったまま輸送できるような技術開発によって、刺身で食べられることにある。近年、日本近海のマサバ資源が低調であるが、すべてのマサバがブランド品のように高価にならず、いつまでも庶民の見方であってほしいと思う次第である。

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）

新製品のご案内

卵白リゾチーム配合の日持向上剤・pH 調整製剤

アミカノン®-Neo

エーザイフード・ケミカル株式会社は、卵白リゾチーム配合の日持向上剤・pH 調整製剤アミカノンシリーズの新商品「アミカノン®-Neo(ネオ)」を新たに 2010 年 8 月 26 日に発売した。

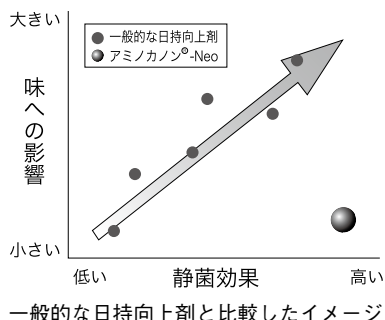
アミカノンシリーズの特長

アミカノンシリーズの特長は卵白リゾチームを主剤とし、グリシンや酢酸 Na、有機酸を配合することで高い静菌効果を有する製剤である。グリシンや酢酸 Na のみでは効果が不十分な場合においても、卵白リゾチームを配合していることにより微生物の増殖を効果的に抑えられ、特に耐熱性グラム陽性菌に対して非常に高い効果を発揮する。用途としては、食肉惣菜、水産練製品、和菓子、洋菓子、麺類など幅広い食品に対して、それぞれの用途に合わせた製剤を販売しており、多岐にわたる数多くの食品メーカーから高く評価されている。

新発売「アミカノン®-Neo」

今回発売された「アミカノン®-Neo」は、特に総菜向けの日持向上剤で問題となる酸味や酸臭の影響を極力抑えつつ、高い静菌効果を実現させている。従来のアミカノンシリーズと同様、*Bacillus subtilis*をはじめとした耐熱性菌に対して高い静菌効果を発揮するが、その際に食品へ与える味の影響が少なく、食品本来の風味を損ねることなく微生物の増殖を抑えることができる。また、分散性、溶解性に優れているため、さまざまな食品に応用可能な製剤となっている。

- ・主成分：卵白リゾチーム、グリシン、酢酸 Na、クエン酸、DL- リンゴ酸
- ・主な用途：煮物、食肉惣菜、米飯類、その他酸味の影響を避けたい惣菜での使用。使用の目安としては、製品に対して 0.4 ～ 0.7% を調味料などと一緒に添加する。



他社品との違い

かぼちゃの煮物の例では、代表的なグリシン - 酢酸 Na 製剤と比べて「アミカノン®-Neo」は優れた静菌効果を示している。また、ポテトコロケ、ハンバーグ、人参の煮物などでも酸味の軽減が確認されている。

[問い合わせ先]

エーザイフード・ケミカル株式会社 企画開発部
アミカノン®-Neo 担当者
電話：03-3548-3560 (代表) / FAX：03-3273-2084

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：村松、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 10 号

印刷 平成 22 年 9 月 25 日

発行 平成 22 年 10 月 1 日

発行人 宇田 守孝

編集人 村松 右一

発行所 株式会社食品資材研究会

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10（共同ビル新神田）

TEL：03-3254-9191（代表）

FAX：03-3256-9559

振込先：三菱東京UFJ銀行 京橋支店（普通）0070318

三井住友銀行 日本橋支店（当座）6551432

郵便振替口座 00110-6-62663

印刷所 株式会社アイエムアート

定価 2,100円（本体2,000円＋税）（送料100円）

email：info@newfoodindustry.com