

New Food Industry

食品加工および資材の新知识

<http://www.newfoodindustry.com>

2015 Vol.57 No.9

9

論 説

- 香煎茶加工 (茶の新しい二次加工法) — Kosencha, a novel processed tea —
- 小麦ふすまの利用用途の開発
— ふすま自己消化物の ACE 阻害作用と NASH モデルマウスに対する効果 —
- 有機酸蒸気を利用した高効率な殺菌技術
- かび毒の制御技術の開発 — ポストハーベストでのかび毒除去 —
- 梨加工品の実験的抗炎症効果 — 規格外梨の有効利用に向けた取り組み —

連 載

- 健康食品のエビデンス (第 5 回) 鮫肝油
- ニジマスの肉色改善 ①

連載コラム

野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —

- コウホネ *Lycoris radiata* (L' Hér.) Herb. (ヒガンバナ科 Amaryllidaceae)

中国の食材 食効・薬効

- よくいんにせきしょうとう
■ 薏苡仁赤小豆湯

不定期掲載

- 酒たちの来た道 酒造りの文明史 ③
- 築地市場魚貝辞典 (イシダイ)

対談

- 広がるクマ笹の可能性 — 最新研究から見る未来の可能性 —

隔月連載 管理栄養士 てるこ先生の家庭の食文化

- 第 5 回 円熟の味わい

News Release

- 希少糖「ブシコース」 (英語名: アリュエロース) の米国での商品名を「ASTRAEA」 (アストレア) に決定



論 説

- 香煎茶加工（茶の新しい二次加工法）
— Kosencha, a novel processed tea —
..... 芳野 恭士, 清水 康夫, 清水 篤 1
- 小麦ふすまの利用用途の開発
— ふすま自己消化物の ACE 阻害作用と NASH モデルマウスに対する効果 —
..... 野方 洋一, 川口 巧, 鳥村 拓司, 上野 隆登 11
- 有機酸蒸気を利用した高効率な殺菌技術
..... 根井 大介 19
- かび毒の制御技術の開発
— ポストハーベストでのかび毒除去 —
..... 久城 真代 25
- 梨加工品の実験的抗炎症効果
— 規格外梨の有効利用に向けた取り組み —
..... 東 和生, 伊福 伸介, 大崎 智弘, 岡本 芳晴, 斎本 博之 31

連 載

- 健康食品のエビデンス（第 5 回）鮫肝油
..... 濱舘 直史 36
- ニジマスの肉色改善— 1
..... 酒本 秀一 39

連載コラム 野山の花 —身近な山野草の食効・薬効—

- ヒガンバナ *Lycoris radiata* (L' Hér.) Herb.
(ヒガンバナ科 Amaryllidaceae)
..... 白瀧 義明 52

Contents

2015 年 9 月号

連載コラム 中国の食材 食効・薬効

□ No.1 よくいにんせきしょうずとう
薏苡仁赤小豆湯

..... 生 宏, 坂上 宏 54

シリーズ 酒たちの来た道

□ 酒造りの文明史③

..... 古賀 邦正 55

築地市場の魚たち

□ 築地市場魚貝辞典 (イシダイ)

..... 山田 和彦 69

対 談

□ 広がるクマ笹の可能性 — 最新研究から見る未来の可能性 —

..... 北嶋 まどか, 賈 俊業, 名取 威徳, 大泉 浩史,
大泉 高明, 渡邊 康一, 安井 利一, 坂上 宏 73

隔月連載 管理栄養士 てるこ先生の家庭の食文化

□ 第5回 円熟の味わい

..... 中村 照子 87

■ News Release 希少糖「ブシコース」(英語名:アリユロース)の米国での商品名を
「ASTRAEA」(アストレア)に決定 前付 8

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料
コクベース

new発酵調味料
D&M
ディアンドエム

ゼラチン&小麦グルテン
酵素分解調味料
エンザップ

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料
コクベース
ラクティックイーストエキス
乳加工品・製パン・製菓・チーズ・バターへの
コクづけ、味や風味の底上げなど、ユニークな
特長がある乳糖酵母エキスです。

DM **大日本明治製糖株式会社**
食品事業部

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

香煎茶加工（茶の新しい二次加工法）

— Kosencha, a novel processed tea —

芳野 恭士 (YOSHINO Kyoji)¹ 清水 康夫 (SHIMIZU Yasuo)² 清水 篤 (SHIMIZU Atsushi)³

¹ 沼津工業高等専門学校 物質工学科

² 清水技術士事務所

³ サンダイヤ株式会社

Key Words：茶 二次加工 重合ポリフェノール 非エピ体カテキン 保健作用

はじめに

茶はツバキ科の常緑樹 *Camellia sinensis* L. の葉から作られ、世界中で摂取されている飲料である。茶はその製造方法の違いにより、いくつかの種類に分けることができる。まず、一次加工における茶葉自身が含有する酸化酵素による発酵の程度により、不発酵茶の緑茶、半発酵茶の烏龍茶、全発酵茶の紅茶に分けられる。さらには、緑茶を原料として二次加工を行ったものに、微生物発酵茶やほうじ茶がある。微生物発酵茶は後発酵茶とも呼ばれ、好氣的発酵によるものとして、中国の黒茶であるプーアル茶（普洱茶）や六堡茶が知られている。また、中国南部やタイ、ミャンマー、日本の四国地方などでは、嫌氣的発酵を利用した二次加工茶も生産されている。ほうじ茶は、緑茶を高温で焙煎して製造する二次加工茶である。これらの茶葉の熱水浸出液は、緑茶を除きほぼ一様に褐色を呈する。

世界における茶の生産量は年々増加しており、その大部分は紅茶に加工される。生産量の多い国としては中国やインドが挙げられる。インドでは紅茶が生産されているが、中国では緑茶、烏龍茶、紅茶、緊圧茶など様々な茶が生産されている。これに対し、日本の茶の生産量は横這いあるいは漸減する傾向にある。日本の緑

茶は蒸すことで殺青を行うため、青葉アルコールや青葉アルデヒドなどの香気、いわゆる新茶の香りを有する。しかし、中国や韓国など緑茶を飲用する海外の国々では、緑茶は釜炒りによる殺青で製造され、日本茶のような香気が強くないものが一般に好まれている。近年では、製品の多様化を目指して国産の烏龍茶や紅茶も製造されるようになってきている。それらのうち、国産紅茶栽培品種の「べにふうき」には、抗アレルギー作用があるメチル化カテキンが含まれることが知られている¹⁾。ただし、「べにふうき」から紅茶を製造する過程でメチル化カテキンは消失するため、メチル化カテキンを摂取するためには緑茶あるいは弱く発酵させた包種茶などに加工する必要がある²⁾。また、「べにふうき」の葉のメチル化カテキン含量は、渋味の強い成熟した夏茶などに多く含まれるため²⁾、メチル化カテキンを有効に摂取するためには、その渋味を低減することが望ましい。ここでは、茶葉の渋味を軽減させる加工法の一つとして、香煎茶加工について解説する。

1. 香煎茶の製法

香煎茶の製法は、磚茶との関わりが深い。磚茶は、中国南部の湖南省や四川省などで製造さ

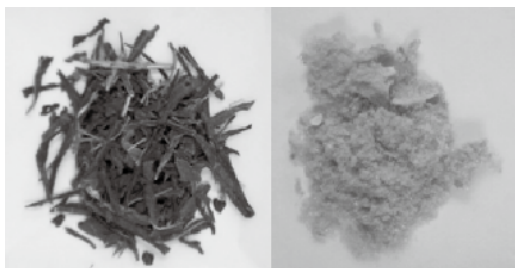
れ、モンゴルやチベットなどで乳茶として古くから飲用されてきた³⁾。緑茶から作るものを緑磚茶と呼び、緑茶をレンガ状に蒸し固めたもので、削ったり解したりして使用する。磚茶は1950年代には日本でも製造され、モンゴルに送られていた。日本での磚茶の製法は、高級でない荒茶を高温の蒸気で軟化し、極めて高压の圧搾機で成型したレンガ状の茶を温暖な部屋で熟成させるものだった。磚茶では、このような製造工程と移送によって独特の風味が生じる一方で、渋味は低下する。著者らは磚茶の製造法を解析し、散茶の形状で磚茶の香りがあり渋味が低減された茶を製造するための二次加工法として、香煎茶加工を考案した。

香煎茶加工は、一次加工茶を飽和水蒸気下で高温（160～200℃）・高压処理するものである。原料として緑茶を用いた場合、加工後は赤褐色の茶葉になる（図1）。原料の一次加工茶としては、緑茶だけでなく烏龍茶や紅茶を使用することもできる。本加工法には、以下のような利点があると考えられる。

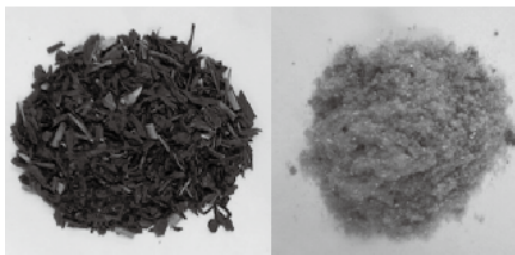
- (1) 一次加工茶を原料として使用するが、原料茶の違いによって異なる香煎茶を製造することができるため、一年を通じて製造することが可能である。特に、成熟した茶葉から作られた荒茶を香煎茶加工してその渋味を低減させることができるため、夏茶や秋冬茶を機能茶として利用することが可能になる。荒茶だけでなく紅茶なども加工でき、渋味が低下して香ばしさが増加することから、渋みの苦手な人でも飲むことができる。また、通常より濃い茶を飲む、あるいは多量に飲む、といったことが可能となる。
- (2) 従来の焙煎加工は、製造時の天候や季節の影響に合わせた調節が必要であり、味の再現が難しかった。香煎茶加工は、天候や季節の影響を受けに難く、サンプル作製時の商品設計を製品において高い品質で再現することができる。また、工業

的な工程で製造されるため、その成分品質がより一定に保たれる利点がある。

- (3) 香煎茶加工した緑茶を熱水で抽出すると3時間ほどで紅色に変化し、その後はほぼ変化せず安定した水色の品質が保たれる。緑茶によく見られるような茶褐色への変化は起こらない。
- (4) 高温・高压で処理するため、一般細菌や大腸菌、さらには耐熱性菌も殺菌される（表1）。烏龍茶や紅茶を香煎茶加工することで、菓子などへの利用も可能になる。
- (5) 紅茶などカテキン含量が多い茶では、浸出液を冷蔵する際にカテキンとカフェインの相互作用によるクリームダウンと呼ばれる白濁化が起こる。香煎茶加工したものは、後述のようにカテキンの没食子酸エステルが加水分解されており、クリームダウン現象は起こらない（図2）。そのため、冷蔵して飲用するのに適している。
- (6) 茶葉には、様々な保健作用を示すカテキンやカフェイン、テアニンといった成分が含まれる（図3）。香煎茶加工により、これらの成分の一部に構造や機能の変化



「やぶきた」緑茶とそのエキス



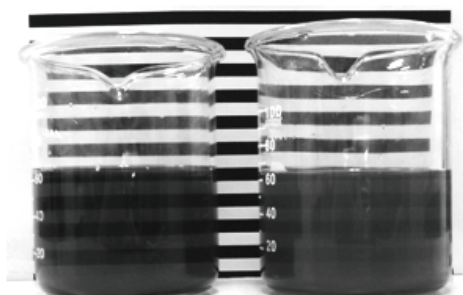
「やぶきた」緑茶から製造した香煎茶とそのエキス

図1 香煎茶とそのエキスの外観

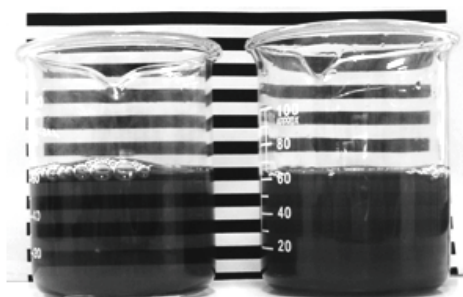
表1 緑茶と紅茶の香煎茶および原料茶の細菌検査結果

検査対象	「やぶきた」緑茶		「べにふうき」紅茶	
	未処理	香煎茶処理	未処理	香煎茶処理
一般細菌	2300	300 以下	6500	300 以下

測定法：寒天培養法。単位：生菌数 / 茶葉 1 g. (株)中部衛生検査センター調べ。



セイロン紅茶（左が香煎茶，右が原料紅茶）



「べにふうき」紅茶（左が香煎茶，右が原料紅茶）

図2 香煎茶加工による紅茶のクリームダウンの防止

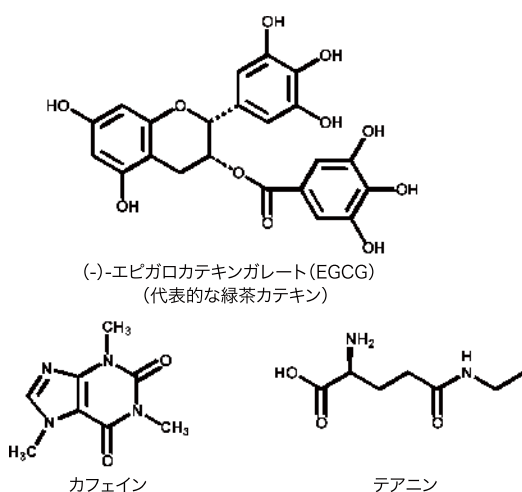


図3 茶葉に含まれる主な保健成分

が起こる可能性がある。その一部を次項以降に示す。

2. 香煎茶の成分

日本における代表的な緑茶栽培品種である「やぶきた」の乾燥茶葉中には、カテキンは約15%、カフェインは約4%含まれている。カテキンの約半分は(-)-エピガロカテキンガレート(EGCG)である。これらの成分の含量は茶の品種により変動するが、一般的にはカテキンの含量が緑茶，烏龍茶，紅茶の順に低下するのに対し，カフェインの含量はほぼ変化しない。ここで言うカテキンは単体を指しており，烏龍茶や紅茶中ではカテキンの一部は酸化重合している。烏龍茶では，カテキン2量体のテアシネンシン類や3量体から5量体のものが多いとされるウーロンホモビスフラバン類が見つかった^{4,5)}。これに対し，紅茶にはカテキン2量体のテアシネンシン類やテアフラビン類^{5,6)}だけでなく，さらに酸化重合して高分子となったテアルビジンやテアブrowningなども多量に含まれる^{6,7)}。テアルビジンやテアブrowningの構造は複雑で，これまでのところその部分構造しか明らかになっていないが，カテキン骨格⁸⁾が含まれるほか，これにタンパク質や糖などが結合した不均一な構造を持つ高分子と考えられている。また，テアルビジン類似の成分は烏龍茶にも含まれることが知られており⁹⁾，テアフラビン類の橙赤色やテアルビジンの赤紫色，それにテアブrowningの茶褐色は，それぞれの成分を含む茶の水色に影響を与える。ところで，紅茶を製造するのに用いられるアッサム種は，緑茶用のシネンシス種に比較してカテキン含量が高いが，発酵によりその渋味が抑えられてい

る。しかし、茶葉自身の酵素による発酵で製造される紅茶や烏龍茶の成分の品質は、一定に保つことが難しいものと考えられる。

微生物による好氣的発酵茶の成分の特徴としては、中国雲南省の黒茶では単量体のカテキン量は少ないが、カテキン由来の酸性高分子成分が多く含まれるという報告がある¹⁰⁾。プーアル茶においても、カテキン単量体の含量は緑茶の10分の1程度と少なく、カフェインの含量も少ない^{11, 12)}。プーアル茶のカテキン類も高重合しているものと考えられ、その化学構造を推定することは困難である^{13, 14)}。プーアル茶中の高分子成分の一つとして紅茶と同様のテアブロウニン様成分があり、土壤中に堆積するといったその製法から、腐葉土などに含まれることが知られているフミン酸やフルボ酸、タンパク質、さらには多糖などからなる複雑な構造の高分子であるフミン様物質に類似の化学構造とカテキン骨格を持つことが予想される^{15, 16)}。

ほうじ茶の場合には、茶葉を焙じる際にカテキンの異性化、重合化および分解などの反応が起こる¹⁷⁾。茶の渋みの主成分であるとされるカテキンの没食子酸エステルは、これらの反応により減少するため、茶の渋みが軽減される。また、ほうじ茶では、糖やアミノ酸などによるメイラード反応で生成する色素や繊細な香ばしい香りが好まれている¹⁰⁾。実験的な試みでは

あるが、新鮮茶葉や乾燥茶葉をオートクレーブ処理した場合には、カテキンが効率的に異性化されることが分かっている¹⁸⁾。

「やぶきた」および「べにふうき」の緑茶、さらにはセイロン紅茶を香煎茶加工した場合の、それぞれの成分の変化について表2に示す。香煎茶のポリフェノール含量は、原料茶の89%、80%、73%と若干減少した。一方、香煎茶中の8種のカテキン単量体の総含量は、原料茶の55%、63%、53%に減少していた。カテキン単量体のうち、茶葉に元々含まれるエピ体の総含量は29%、36%、35%に減少していたのに対し、異性化された非エピ体の総含量は逆に2.7倍、3.5倍、3.0倍に増加していた。渋味の原因となる没食子酸エステル型のカテキン単量体の総含量は、香煎茶では原料茶のそれぞれ66%、67%、54%に減少した。それとともに、香煎茶の没食子酸の含量は原料茶に比較して5.5倍、4.4倍、1.7倍に増加した。非エステル型のカテキン単量体の総含量も、香煎茶では原料茶の46%、55%、51%に減少した。ポリフェノール含量とカテキン単量体の総含量との差分は、カテキン重合体の含量と予想され、緑茶の香煎茶では原料茶の3.0倍および1.2倍に増加していたが、紅茶の香煎茶では原料茶の75%に減少した。これは、セイロン紅茶に元々発酵過程で生じたカテキン重合体が、「やぶきた」緑茶の7.7

表2 緑茶と紅茶の香煎茶および原料茶の成分

成分	「やぶきた」緑茶		「べにふうき」緑茶		セイロン紅茶	
	未処理	香煎茶処理	未処理	香煎茶処理	未処理	香煎茶処理
カフェイン	1.33	1.33	3.23	3.17	2.65	2.29
ポリフェノール (A)	9.28	8.29	22.34	17.94	13.65	9.97
8種カテキン合計 (B)	7.99	4.40	16.16	10.10	3.32	1.76
エピ体カテキン合計	7.15	2.10	14.82	5.36	3.09	1.07
非エピ体カテキン合計	0.84	2.30	1.34	4.74	0.23	0.69
没食子酸エステル型カテキン合計	3.46	2.29	9.56	6.45	2.55	1.38
非エステル型カテキン合計	4.54	2.11	6.60	3.65	0.77	0.39
没食子酸	0.02	0.11	0.05	0.22	0.49	0.81
重合カテキン (A-B)	1.27	3.78	6.13	7.62	9.84	7.40

測定法：カフェイン、カテキン；HPLC法、ポリフェノール；フォーリン・チオカルトール法 ((-)-エピカテキンを標準品として使用)。単位：g/茶葉100g。(株)エコプロリサーチ調べ。

倍も多く含まれていることと関係があるものと考えられる。しかし、全ポリフェノールの含量に対するカテキン重合体の含量の割合は、原料紅茶が72%であるのに対し、香煎茶加工したものでは74%と若干ではあるが増加していた。カフェイン含量は、いずれの茶においても変化はほとんど見られなかった。「やぶきた」の香煎茶と原料緑茶について、ニンヒドリン法によるアミノ酸含量を比較したが、違いは見られなかった。以上の結果から「やぶきた」や「べにふうき」の緑茶、あるいはセイロン紅茶を香煎茶加工した場合に、それに含まれる主な成分に起こる変化として、以下のことがわかる。

- (1) カテキン単量体の一部は、酸化的に重合する。
- (2) カテキン単量体の一部は、エピ体から非

エピ体に異性化する。

- (3) 没食子酸エステル型のカテキンの一部は、加水分解を受け非エステル型に変化し、それとともに没食子酸が生成する。
- (4) カフェインは、ほぼ変化しない。

図4に示すこれらの現象のうち、(1)と(3)は、香煎茶における特有の香りや渋味の少なさに関連しているものと考えられる。香煎茶加工におけるカテキンの重合の程度や重合体の化学構造などについては、今後さらに検討が必要である。ところで、「べにふうき」緑茶に含まれるメチル化カテキンであるが、香煎茶中の3種のメチル化カテキンの総含量は原料緑茶の65%であり、その半分以上が香煎茶加工後にも残存することがわかった¹⁹⁾。

以上のような緑茶を原料とした香煎茶のほ

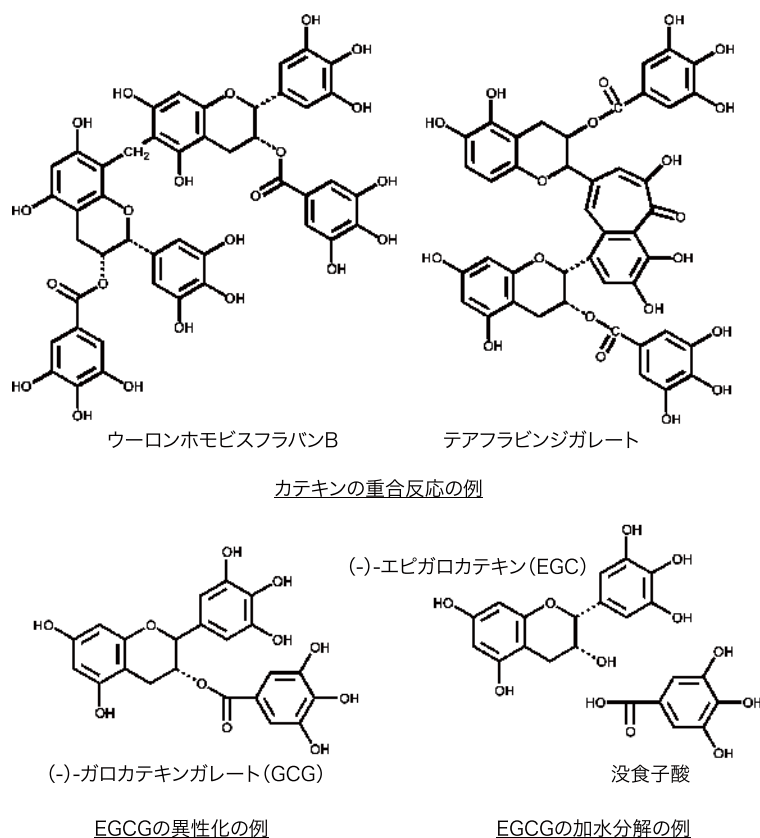


図4 香煎茶加工によるカテキンの変化

か、現在、烏龍茶や国産紅茶を原料とした香煎茶も市販あるいは試作されている。例えば、国産の「べにふうき」を使用した紅茶である“夢ふうき”を香煎茶加工したところ、より透明度の高い水色が得られた（図2）。香煎茶加工を外国産や国内産の烏龍茶や紅茶に応用することで、これまでと違った風味の茶飲料を製造できる可能性があるものと考えられる。

3. 香煎茶の機能性

脂質や糖の過食による肥満²⁰⁾は、メタボリック症候群の発症リスクとなり、さらには重篤な循環器系疾患の発症に繋がる恐れがあることから、近年社会問題となっている。発酵茶に含まれるカテキン重合体のウーロンホモビスフラバン類やウーロンテアニンガレートには、脂質消化酵素のリパーゼ活性に対する強い阻害作用があることが報告されており^{5, 21)}、特に中性脂肪の吸収を抑制するものと考えられる。また、プーアル茶のカテキン重合体の一つであるテアブロウニン様成分には、中性脂肪の体内消費を高める効果があることが期待される¹⁵⁾。非エビ体のカテキンのリパーゼ活性阻害作用やコレステロールの吸収抑制作用も、元のエビ体カテキンと差が見られない²²⁾。一方、糖の吸収に関しても、発酵茶中のウーロンホモビスフラバン類、テアシネンシン類、ウーロンテアニンガレート、テアフラビン類、さらには非エビ体のカテキンに、糖消化酵素である α -グルコシダーゼ活性に対する強い阻害作用が認められている^{5, 23, 24)}。しかしながら、これらカテキンオリゴマーのうちで化学構造が明らかになったものの茶葉中の含量はそれほど多くはない。香煎茶では、化学構造はいまだ不明ではあるが、カテキンの重合体や非エビ体が増加することから、脂質や糖の吸収を抑制する効果によるメタボリック症候群に対する発症予防作用が期待される。

静岡県立大学の刀坂ら²⁵⁾は、「やぶきた」緑茶を加工した香煎茶について、肥満患者に対して、血中中性脂肪値の低下、体重や肥満度の低下、耐糖能異常の改善などが見られ、瘦身効果

とメタボリック症候群抑制作用が認められたことを報告している。著者らも香煎茶の糖吸収抑制作用について検討を行ってきたので、以下にその結果の一部を紹介する。

「やぶきた」緑茶とそれを香煎茶加工したものについて、水抽出エキスを調製した。それぞれのエキスの葉からの収量は、原料緑茶で18% (w/w) であったのに対し香煎茶では25% (w/w) となり、香煎茶加工により水で浸出される物質の量が約1.4倍に増加した。

まず、この緑茶と香煎茶のエキスについて、ラット小腸アセトンパウダーを用いて²⁶⁾、糖消化酵素であるマルターゼおよびスクラーゼの活性に対する*in vitro*での50%阻害濃度(IC₅₀値)を測定した。マルターゼおよびスクラーゼのどちらの活性に対する阻害作用も、緑茶に比較して香煎茶で低下した（表3）。これは香煎茶加工によるポリフェノール量の減少と関連があるのかもしれないが、一方で香煎茶では原料茶に比較してエキスの収量が多くなるため、同じ重量の茶葉を用いて茶を淹れた場合には、香煎茶の糖消化酵素活性に対する阻害作用は原料緑茶とそれほど変わらないものと予想される。

次に、種々の糖を単回経口投与したマウスでの、茶エキスの同時投与における血糖値上昇抑制作用について検討した。1群4匹の4週齢雄性ddY系マウスに、32% (w/v) のスターチ、マルトース、スクロースまたはグルコースと茶のエキス100 mgを含む水溶液0.5 mLを経口投与し、30分後の血糖値と小腸の糖消化酵素活性を市販の臨床検査用キットを用いて測定した。水のみを投与した対照群、糖のみを投与した糖投与群も用意した。図5に示すように、

表3 *in vitro*における緑茶の香煎茶および原料茶のラット小腸糖消化酵素活性に対する阻害作用

酵素	「やぶきた」緑茶	
	未処理	香煎茶処理
対マルターゼ	84.3 ± 3.7	135.7 ± 3.7
対スクラーゼ	86.8 ± 1.0	243.5 ± 9.1

数値：50% 阻害濃度 (μg/mL)。

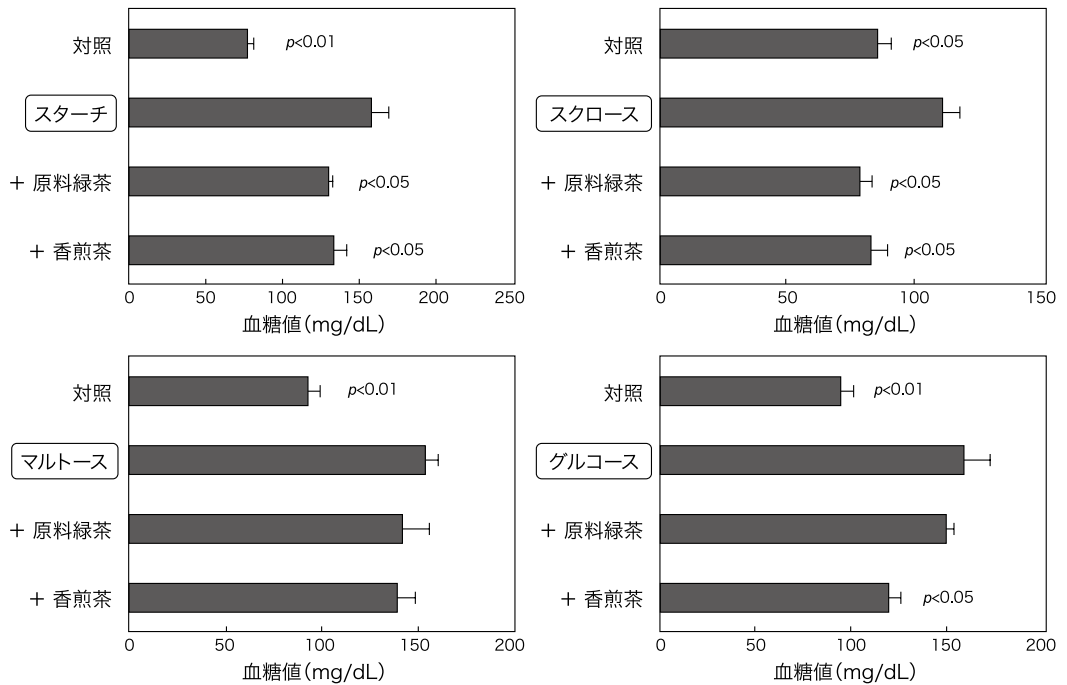


図5 「やぶきた」緑茶およびその香煎茶の糖投与マウスの血糖値に対する作用

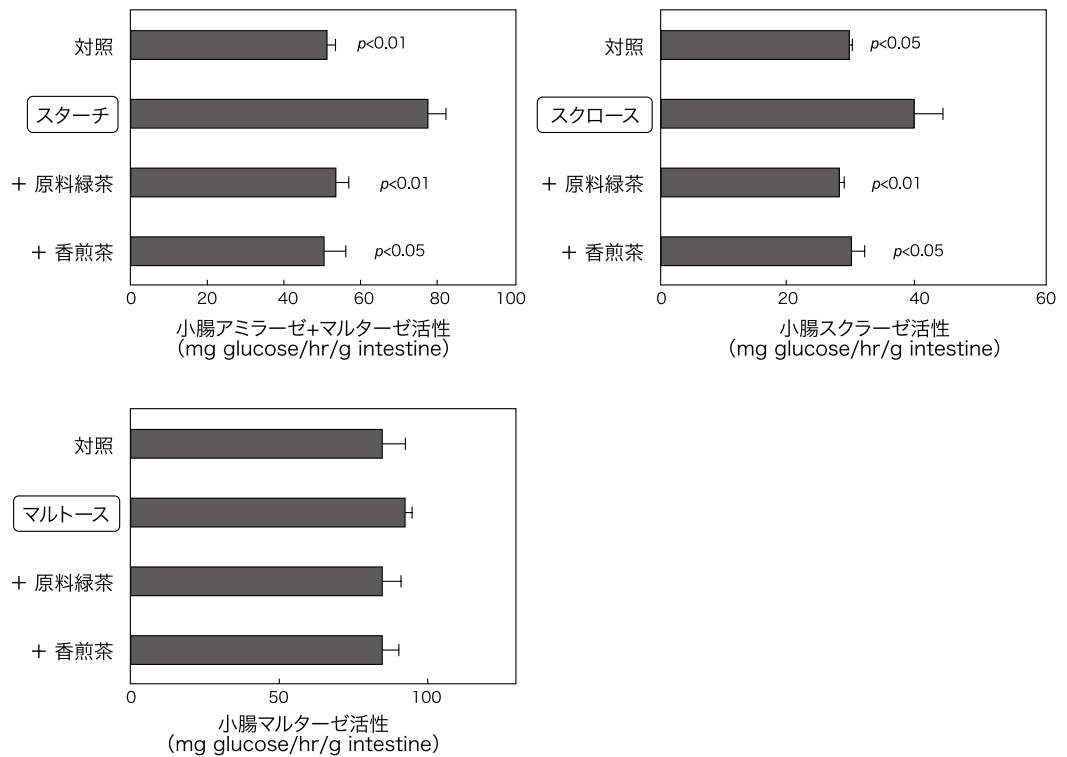


図6 「やぶきた」緑茶およびその香煎茶の糖投与マウスの小腸消化酵素活性に対する作用

緑茶と香煎茶のエキ스는いずれもスターチあるいはスクロースの投与後のマウス血糖値の上昇を有意に抑制した。しかし、マルトースの投与後のマウス血糖値の上昇に対しては、効果が弱かった。このときのマウス小腸の糖消化酵素活性は、図6に示すように、血糖値の変動とほぼ一致して、スターチあるいはスクロースを基質とした場合にどちらのエキスの投与でも有意に抑制された。一方、マルトースを基質とした場合の糖消化酵素活性では、明確な効果は見られなかった。これらの結果から、緑茶およびその香煎茶のエキ스는、主にアミラーゼやスクラーゼの活性を阻害することで、スターチやスクロース摂取時のグルコースの吸収を抑制するものと考えられる。マルトース摂取の場合には、本実験ではマルターゼ活性の上昇が少なかったため、その活性阻害による効果が明確に見られなかった可能性がある。香煎茶エキスのラット小腸スクラーゼ活性に対する *in vitro* での阻害作用は、表3のように原料茶エキスよりも弱かったが、マウスへの投与実験では投与量が多かったため効果に差が見られなかったのかもしれない。ところで、緑茶とその香煎茶のエキスをグルコースとともにマウスに経口投与すると、図5に示すように、緑茶のエキスでは明確な血糖値の上昇抑制作用が見られなかったのに対し、香煎茶のエキスでは血糖値の上昇抑制作用が認められた。このことから、香煎茶には、緑茶にも見られる糖消化酵素活性阻害作用以外に、単糖や少糖の吸着作用による糖の消化管からの吸収抑制作用などがあることが期待される。本効果の有効成分としては、主に香煎茶に含まれるカテキンの重合体が予想されるが、今後、有効成分とその作用メカニズムについて検討を続ける必要がある。

非エピ体のカテキンや発酵茶および後発酵茶のカテキン重合体には、以上のようなメタボリック症候群に対する予防作用のほかにも、抗酸化作用^{27, 28)}や抗アレルギー作用^{29, 30)}、抗炎症作用^{31, 32)}などの保健作用がある。また、「べにふうき」緑茶に含まれるメチル化カテキンに

も、抗アレルギー作用がある¹⁾。香煎茶加工した茶葉にもこれらと同様の成分が含まれる可能性があることから、同様の保健作用が期待できるものと考えられる。これら多様な保健作用については、今後の検討が必要である。

ところで、表3に示したように、香煎茶加工ではカテキン類は様々に変化する一方で、カフェインの含量はほぼ変化しない。カフェインは、過剰に摂取すると不眠や血圧上昇、目眩などの不都合な症状を起こす可能性がある。しかし、茶は言うまでもなく、コーヒー、カカオ、さらにはコーラ、マテ、ガラナなどから作られるカフェインを含む飲料は、これまでに世界で飲用されてきた³³⁾。カフェインには、良く知られた中枢神経系の興奮作用による覚醒作用や強心作用、利尿作用などのほか、近年では肝障害抑制作用があることが知られるようになり、適量を摂取することは健康を保つのに望ましいものと考えられる。茶葉中に含まれるカフェインは、カテキンやその重合物と複合体を形成しているものと予想されている³⁴⁾。

おわりに

清々しい青葉の香りのする新茶は、まさに日本を代表する飲料の一つであると言えよう。また一方では、緑茶の保健作用について、これまでに多くの研究が行われてきた³⁵⁾。緑茶を嗜好品としてだけでなく保健食品として考える場合には、手軽に、また安価に摂取できることが望ましい。そのためには、これまでと異なる摂取方法を試みることも意味のあることと思われる。香煎茶加工は、茶葉中のカフェインやメチル化カテキンの含量をあまり変化させることなく、メチル化されていない通常のカテキンについて重合やエステル加水分解、異性化といった反応を促進するという特徴を持つ茶の加工法である。そのため、保健作用を有するとともに、渋味が軽減され、濃く浸出する、あるいは摂取量を増やすといったことが可能な茶を製造することができる。また、香煎茶はクリームダウン現象を起こさないため、夏季に冷やして飲用す

るのにも適している。食品は、たとえ保健作用があっても医薬品ではないので、ベストワンを決める必要はないように思われる。香煎茶のよ

うに、保健作用を持った個性的な食品が増えて消費者の選択肢が広がることで、我々の食生活がより豊かになるものと考えられる。

参考文献

1. 佐野 満昭, 芳野 恭士: ベにふうき(茶)等に含まれるメチル化カテキンの効果. 内分泌・糖尿病・代謝内科, **36**: 303-308, 2013.
2. 山本(前田) 万里, 佐野 満昭, 松田 奈帆美, 他: 茶の品種, 摘採期と製造法によるエピガロカテキン 3-O-(3-O-メチル) ガレート含量の変動. 日本食品科学工学会誌, **48**: 64-68, 2001.
3. 楊 海英: モンゴルと静岡茶. 月刊「茶」, 1月号: 34-37, 2012.
4. F. Hashimoto, G. Nonaka, I. Nishioka: Tannins and related compounds. LXIX. : Isolation and structure elucidation of B, B'-linked bisflavanoids, theasinensins D-G and oolongtheanin from oolong tea. (2). *Chem. Pharm. Bull.* **36**: 1676-1684, 1988.
5. 福井 祐子, 岩下 孝, 浅見 純生, 他: 烏龍茶重合ポリフェノールの構造・生理活性と LC-MS/MS による定量. 天然有機化合物討論会講演要旨集, **50**: 475-480, 2008.
6. 田中 隆, 松尾 洋介, 渡海 明郁, 他: 紅茶に含まれるエピガロカテキン二量体テアシネンシン類の生成機構. 天然有機化合物討論会講演要旨集, **45**: 299-304, 2003.
7. Z. Yang, Y. Tu, H. Xia, *et al.*: Suppression of free-radicals and protection against H₂O₂-induced oxidative damage in HPF-1 cell by oxidized phenolic compounds present in black tea. *Food Chem.* **105**: 1349-1356, 2007.
8. 嶋田 恩美, 田中 俊之: 半発酵茶(烏龍茶), 紅茶色素テアルビジンの構造解析. つくば生物ジャーナル, **3**: 222, 2004.
9. 竹尾 忠一, 今村 義成: 半発酵茶(烏龍茶), 紅茶, かまいり茶の水色特性と水色構成成分の比較. 茶業研究報告, **60**: 46-49, 1984.
10. 田中 隆, 四位 拓也, 松尾 洋介, 他: 各種茶類製造工程で起こる茶カテキンの反応. 第 27 回茶学術研究会講演会講演要旨, 61-64, 2012.
11. 将積 祝子, 高柳 博次, 阿南 豊正, 他: 中国産白茶(Bai-cha), 黄茶(Huang-cha), 青茶(Qing-cha) 黒茶(Hei-cha)の化学成分, し好調査. 茶業研究報告, **60**: 59-65, 1984.
12. 芳野 恭士, 原 征彦: 茶カテキン類およびテアフラビン類の高速液体クロマトグラフィーによる定量法. 沼津高専研究報告, **27**: 87-91, 1993.
13. 芳野 恭士, 青木 実苗, 池谷 拓速, 他: 茶葉褐色成分の Sephadex LH-20 カラムクロマトグラフィーによるパターン分析. 日本食品化学学会誌, **2**: 9-13, 1995.
14. 山西 貞: お茶の科学. 裳華房, 東京, p.48, 1992.
15. J. Gong, C. Peng, T. Chen, *et al.*: Effects of theabrownin from pu-erh tea on the metabolism of serum lipids in rats: Mechanism of action. *J. Food Sci.* **75**: H182-H189, 2010.
16. K. Yamazaki, K. Yoshino, C. Yagi, *et al.*: Inhibitory effects of pu-erh tea leaves on mouse type IV allergy. *Food Nutr. Sci.* **3**: 394-400, 2012.
17. M. Nakagawa: The nature and the origin of polyphenols in Hoji-cha (roasted green tea). *Agr. Biol. Chem.* **31**: 1283-1287, 1967.
18. 黄素梅, 井上 和美, 李 岩, 他: オートクレーブ処理した茶葉および茶ドリンクのカテキン成分. 日本食品化学学会誌, **11**: 99-102, 2004.
19. 清水 康夫: 磚茶と機能性の茶(ベにふうき茶). 交流, **53**: 20-21, 2014.
20. K. Sato, H. Arai, Y. Miyazawa, *et al.*: Palatinose and oleic acid act together to prevent pancreatic islet disruption in nondiabetic obese Zucker rats. *J. Med. Invest.* **55**: 183-195, 2008.
21. M. Nakai, Y. Fukui, S. Asami, *et al.*: Inhibitory effects of oolong tea polyphenols on pancreatic lipase *in vitro*. *J. Agric. Food Chem.* **53**: 4593-4598, 2005.
22. I. Ikeda: Influence of tea catechins on lipid metabolism. *Tohoku J. Agric. Res.* **57**: 11-17, 2006.
23. 芳野 恭士, 中戸川 奨, 長澤 友樹, 他: プーアル茶抽出物および紅茶テアフラビンのマウス糖吸収抑制作用. 沼津高専研究報告, **46**: 331-336, 2012.
24. Y. Hara, M. Honda: The inhibition of α -amylase by tea polyphenols. *Agric. Biol. Chem.* **54**: 1939-1945, 1990.
25. 刀坂 泰史, 砂川 陽一, 鈴木 秀敏, 他: 肥満患者に対する香煎茶の効果. 日本薬理学会部会(日本薬理学雑誌), **142**(4): 5, 2013.
26. 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.
27. Q. Guo, B. Zhao, S. Shen, *et al.*: ESR study on the structure-antioxidant activity relationship of tea catechins and their epimers. *Biochim. Biophys. Acta* **1427**: 13-23, 1999.
 28. K. Yoshino, Y. Hara, M. Sano, *et al.*: Antioxidative effects of black tea theaflavins and thearubigin on lipid peroxidation of rat liver homogenates induced by *t*-butyl hydroperoxide. *Biol. Pharm. Bull.* **17**: 146-149, 1994.
 29. K. Yoshino, T. Miyase, M. Sano: Preventive effects of C-2 epimeric isomers of tea catechins on mouse type I allergy. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **56**: 211-215, 2010.
 30. K. Yoshino, Y. Yamashita, T. Kawaguchi, *et al.*: Preventive effects of black tea theaflavins on mouse type I allergy induced by ovalbumin. *J. Technol. Educ.* **18**: 9-14, 2011.
 31. K. Yoshino, K. Ogawa, T. Miyase, *et al.*: Inhibitory effects of the C-2 epimeric isomers of tea catechins on mouse type IV allergy. *J. Agric. Food Chem.* **52**: 4660-4663, 2004.
 32. K. Yoshino, K. Yamazaki, M. Sano: Preventive effects of black tea theaflavins against mouse type IV allergy. *J. Sci. Food Agric.* **90**: 1983-1987, 2010.
 33. 杉山 公男：茶の機能 [8]. カフェインの生理作用. 食品と容器, **46**: 385-391, 2005.
 34. 中川 致之：茶カテキン類の化学的性質と味 ③分子の構造・大きさと味. 月刊「茶」, 3月号：24-25, 2002.
 35. 伊勢村 護, 阿部 光市：緑茶の健康効果に関する研究の進歩. *Foods & Food Ingredients J. Jpn.* **213**: 612-619, 2008.

小麦ふすまの利用用途の開発

ー ふすま自己消化物の ACE 阻害作用と NASH モデルマウスに対する効果 ー

野方 洋一 (NOGATA Yoichi)¹ 川口 巧 (KAWAGUCHI Takumi)²
鳥村 拓司 (TORIMURA Takuji)² 上野 隆登 (UENO Takato)³

¹ 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター

² 久留米大学医学部 内科学講座 消化器内科部門

³ 一般社団法人 朝倉医師会病院

Key Words：小麦ふすま ACE 阻害ペプチド 非アルコール性脂肪性肝炎 分岐鎖アミノ酸

はじめに

小麦は世界で最も広く栽培されているイネ科の食用作物で、パンやめん類、菓子などの原料として消費されており、人類の主食をまかなう重要な作物である。普段私たちは小麦粉を食しているが、種子重の約 20% にあたる製粉副産物（ふすま）の国内年間生産量はおよそ 120 万トンにおよぶ。その主な用途は配合飼料や単味飼料などの家畜飼料用であり、他にきのこ栽培や酵素製造などの素材として利用されている。最近、ホールグレイン（全粒穀物）の価値が見直され、食材として注目されるようになった。その背景には胚芽や種皮に含まれる機能性成分の摂取による生活習慣病の予防効果への期待がある。AACC（米国穀物化学者学会）の専門家特別委員会は、1999 年に加工業者や消費者の理解のために、ホールグレインを“未処理の、粉にした、砕いた、或いは薄片にした穎果からなり、それらが含むデンプン性胚乳、胚芽、糠などの主要な構成要素は、穎果と同じ相対的割合である”と定義した。また、FDA（アメリカ食品医薬品局）は 2006 年に Whole Grain Label Statement のなかで、この定義を採用した。ホールグレインの摂取と生活習慣病などの疾病リスク低下について、これまでに体重、BMI、炎症、

心血管疾患、糖尿病、高血圧、および各種ガンなどに関する調査報告があり、このうち、メタアナリシスで心血管疾患のリスクを低下させることが支持されている¹⁾。ホールグレインの摂取による健康維持効果は、糠やふすまに含まれるフィトケミカルに由来すると考えられるが、研究のさらなる蓄積が待たれる。

1. 小麦ふすまの機能性成分

小麦ふすまの一般成分組成を表 1 に示す²⁾。小麦ふすまは中心の胚乳部分と比べて、タンパク質、脂質、食物繊維、および灰分の含量が高い。小麦のホールグレインに含まれる生理機能

表 1 小麦ふすまの一般成分組成

化合物	組成 (%)
水分	12.1
タンパク質	13.2 – 18.4
脂質	3.5 – 3.9
総炭水化物	56.8
デンプン	13.8 – 24.9
セルロース	11.0
アラビノキシラン	10.9 – 26.0
β-グルカン	2.1 – 2.5
灰分	3.4 – 8.1

文献²⁾ から引用

性成分の多くは、小麦ふすまに含まれるものと共通するが、食物繊維以外では、トコール、フェノール酸、植物ステロール、アルキルレゾルシノール、リグナン、ベンゾオキサジノイドなどが一般的に知られている³⁾ (表 2)。トコールのメチル化誘導体であるトコフェロールやトコトリエノールは親油性の抗酸化化合物である。生理活性として、生体内でのリポキシゲナーゼ活性阻害作用、前立腺ガン細胞のアポトーシス誘導作用、皮膚の光炎症からの保護作用などが報告されている⁴⁾。フェノール酸は、*p*-ヒドロキシシキミ酸、バニリン酸、プロトカテック酸などのシキミ酸誘導体や *p*-クマル酸、フェルラ酸、コーヒー酸、およびシナピン酸などのヒドロキシケイヒ酸誘導体として植物に存在する。穀類では、フェルラ酸について *p*-クマル酸の含量が高く、フェルラ酸の多くはアラビノキシランと分子内や分子間で結合しネットワークを形成している⁵⁾。フェノール酸の生理機能性としては抗酸化作用が知られており、フェルラ酸のオリゴ糖化合物は、ヒト赤血球細胞培養においてフリーラジカルで誘導した酸化ダメージを抑制した⁶⁾。フェノール酸の抗酸化作用は LDL-コレステロールの酸化、および膜脂質や DNA など、生体内の酸化ダメージなどを防ぐ役割を担う可能性が考えられる。植物ステロールは胚芽における含量が最も高く、フェルラ酸との結合体も見られる。古くより、植物ステロールは血清総コレステロールや LDL コレステロール濃度を下げる作用が報告されてきたが、一日当たり 2.5 g の摂取で LDL コレステロール濃度を 10%

まで低下させることがメタアナリシスで支持されている⁷⁾。アルキルレゾルシノールはレゾルシノールの 5 位にアルキル基が結合した両親媒性分子であり、結腸ガン細胞生育阻害作用が報告されている⁸⁾。穀類の繊維質の摂取でも結腸ガンリスクが低下することが報告されているが、繊維質とは別のメカニズムでアルキルレゾルシノールも予防に寄与するのかも知れない。加えて、アルキルレゾルシノールの摂取は、インスリン感受性およびコレステロール排泄作用の増加による食餌性肥満およびグルコース不耐性をマウスで抑制することも報告されている⁹⁾。リグナンは植物エストロゲンの一つであり、小麦種子にはヒドロキシマタイレノール、シリシノール、ラリシレシノール、ビノレシノール、セコイソラリシレシノール、およびメディオレシノールが含まれている¹⁰⁾。これらはヒトの近位結腸で腸内細菌によりエンテロジオールやエンテロラクトンなどの乳類リグナンに変換される。疫学調査から、これらの摂取量と心血管疾患¹¹⁾、乳ガン¹²⁾、前立腺ガン¹³⁾、および結直腸・大腸ガン¹⁴⁾などのリスク低減効果との相関が指摘されているが、否定する報告もある¹⁵⁾。ベンゾオキサジノイドの穀類における分布は、トウモロコシ、ライ小麦、小麦、ライ麦などに限られ、小麦やライ麦の主要成分は、2-ヒドロキシ-1,4-ベンゾオキサジン-3-オン (HBOA)、および 2,4-ジヒドロキシ-1,4-ベンゾオキサジン-3-オン (DIBOA) とその配糖体である¹⁶⁾。その生理機能性については、抗菌¹⁷⁾、抗炎症¹⁸⁾、前立腺ガン細胞増殖抑制¹⁹⁾、抗鬱²⁰⁾などの作用が報告されている。

表 2 小麦穀粒に含まれる機能性成分と含量

化合物	($\mu\text{g/g}$ 乾物重)
トコール	28 – 80
フェノール酸	326 – 1,171
植物ステロール	670 – 960
アルキルレゾルシノール	241 – 677
リグナン	3.4 – 23
ベンゾオキサジノイド	4.8

文献³⁾ から引用

2. アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害ペプチド

2-1. 小麦ふすまからの生成

ACE は生体内の昇圧系であるレニン-アンジオテンシン-アルドステロン系の構成単位であり、ACE の阻害剤は高血圧症の治療薬となっている。また、多様な食品素材からプロテアーゼ処理により生成する ACE 阻害ペプチドは、

健康食品の素材として開発、販売されている。小麦ふすまのタンパク質含量は 13 ~ 18% であり、高いプロテアーゼ活性を保有することから、小麦ふすまの利用用途の一つとして、自己消化反応を利用した機能性ペプチドの生産が考えられた²¹⁾。小麦（ふくさやか）のふすまを 4 倍容の水に懸濁し、40 °C、pH 3.2 で 12 時間処理した。濾過および遠心分離で不溶物を除去した上清には ACE 阻害活性が認められた²²⁾。また、赤粒、白粒、硬質、軟質などの形質を問わず、他の小麦品種でも同様の結果が得られた。小麦ふすまでは、アスパラギン酸プロテアーゼ²³⁾ およびカルボキシペプチダーゼ²⁴⁾ の報告がある。報告によると、アスパラギン酸プロテアーゼの至適 pH は 3.3 であり自己消化反応の最適 pH 値に近く、カルボキシペプチダーゼには 3 種類のアイソザイムがあり、至適 pH は 4.4 ~ 5.8 である。そこで、プロテアーゼの阻害剤を添加して、ACE 阻害活性の獲得におよぼす影響を調べた。阻害剤として、Pepstatin A（酸性プロテアーゼ阻害剤）、PMSF（セリンプロテアーゼ阻害剤）、E-64（システインプロテアーゼ阻害剤）、EDTA（メタロプロテアーゼ阻害剤）を試験した。この結果、Pepstatin A および PMSF は ACE 阻害活性をそれぞれ 95.7% および 14.6% 低下させ、E-64 および EDTA による活性の低下は認められなかった。この結果から、小麦ふすまの自己消化反応による ACE 阻害ペプチドの生成には、主にアスパラギン酸プロテアーゼが関与し、セリンプロテアーゼの一種であるカルボキシペプチダーゼも部分的に関与すると推測された。

2-2. ふすま由来 ACE 阻害ペプチド

小麦ふすま 100 g を自己消化し、濾過後、pH を 6.0 に調整し、遠心分離後の上清を粗反応液とした。ACE 阻害ペプチドは、粗反応液からイオン交換クロマトグラフィーおよび ODS カラムを用いた疎水クロマトグラフィーにより分離した²²⁾。得られた 6 種類のペプチドと ACE 阻害活性を表 3 に示す。小麦タンパク質の配列データベース検索から、これらはいずれも

表 3 ふすまから生成する ACE 阻害ペプチドと阻害活性

ペプチド名	IC ₅₀ (μM)
ロイシルグルタミルプロリン	2.2 ± 0.08*
イソロイシルグルタミルプロリン	3.8 ± 0.13
ロイシルアルギニルプロリン	0.21 ± 0.01
バリルチロシン	21 ± 0.67
イソロイシルチロシン	3.4 ± 0.11
スレオニルフェニルアラニン	18 ± 0.62

*4 回試験

グリアジンの部分配列であると推定された。グリアジンの加水分解物由来の阻害ペプチドとしては、イソロイシルアラニルプロリンが報告されているが、同定したペプチドには含まれていなかった²⁵⁾。これらのペプチドのうち 5 種類は既報であり、ロイシルグルタミルプロリンおよびロイシルアルギニルプロリンはトウモロコシ、バリルチロシンはイワシ、ワカメ、およびダイズ、イソロイシルチロシンはワカメ、カツオ節、およびローヤルゼリー、スレオニルフェニルアラニンは小麦胚芽などで報告がある。また、バリルチロシンやイソロイシルチロシンはヒト血圧に対する有効性が検証され、特定保健用食品の有効成分として公表されている²⁶⁾。

2-3. 高血圧自然発症ラット (SHR) の血圧降下作用

粗反応液から ACE 阻害活性を指標にして精製したふすまペプチド (IC₅₀: 80 μg/mL) の SHR の血圧におよぼす影響を調べた。11 週齢の SHR を室温 21 ± 3°C、相対湿度 50 ± 20%、照射時間 12 時間 / 日 (7:00 ~ 19:00)、喚起回数 10-15 回 / 時間の条件下で予備飼育し、16 週齢で収縮時血圧が 180 mmHg 以上を示すものを試験に供した。SHR (体重: 340-370 g) を血圧と体重が各群で平均化するように 4 群 (各群 6 匹)、すなわちコントロール群、10 mg/kg 投与群、50 mg/kg 投与群、200 mg/kg 投与群に分けた。所定量を蒸留水で溶解した各被験液を午前 10-12 時に、それぞれの投与群にゾンデによる強制経口投与を行った。コントロール群

には同量の蒸留水を投与した。各群について投与前および投与後 2, 4, 6, 8 および 24 時間後、測定前に 15 分間の前保温 (38℃) を施した後、非観血式血圧心拍測定装置 (ソフトロン社, BP-98A) を用いて尾静脈圧を測定した。試験結果を図 1 に示す。コントロール群の投与前の血圧は 215.8 ± 11.0 mmHg であった。コントロール群の投与 2-8 時間後に血圧の有意な低下は認められなかった。10 mg/kg 投与群は、投与前 214.4 ± 13.2 mmHg から投与 2 時間後 195.9 ± 12.1 mmHg に血圧が有意に低下した (投与前に対して降圧値 -18.4 mmHg; $p < 0.05$)。その後血圧は若干増加するものの投与後 6 時間まで投与前との有意な降圧作用が認められた。50 mg/kg および 200 mg/kg 投与群も同様に投与 2 時間後に血圧の有意な低下が認められ ($p < 0.05$)、その後降圧は持続し、投与 8 時間後も有意な降圧作用が認められた。以上の結果、自己消化反応で得られた粗精製ペプチドは 10-200 mg/kg 投与量の範囲では用量依存的に血圧降下作用をもつことが示された²⁷⁾。

3. 非アルコール性脂肪性肝疾患 (non-alcoholic fatty liver disease ; NAFLD) と非アルコール性脂肪性肝炎 (non-alcoholic steatohepatitis ; NASH)

3-1. NAFLD/NASH とは

NAFLD は飲酒量がエタノール換算で男性 30 g/日、女性 20 g/日未満であるにも関わらず、脂肪肝を認める疾患の総称である²⁸⁾。NAFLD には病態がほとんど進行しないと考えられる非アルコール性脂肪肝 (non-alcoholic fatty liver ; NAFL) と、肝硬変や肝がんのリスクが高い NASH に分類される (図 2)²⁸⁾。

本邦における NAFLD は中年層の男性もしくは高齢層の女性に多く、その有病率は成人の

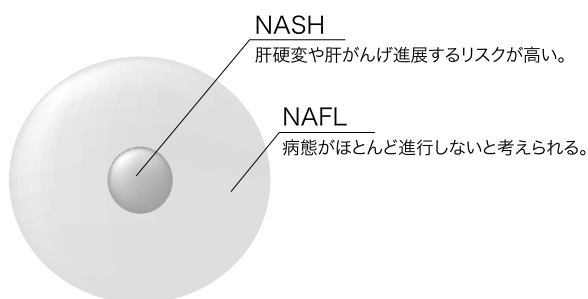


図 2 NAFLD の分類

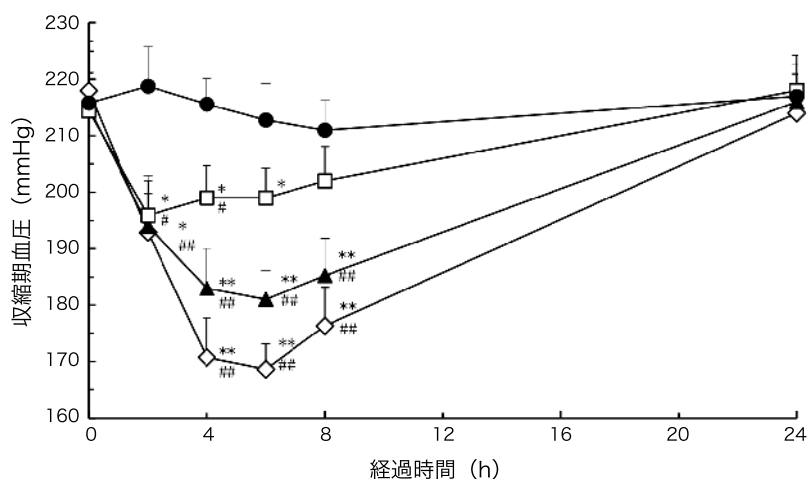


図 1 粗精製ペプチドの SHR の血圧におよぼす単回投与の影響

● : 0 mg/kg, □ : 10 mg/kg, ▲ : 50 mg/kg, ◇ : 200 mg/kg. 投与 0 時間との有意差 : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.
各時間のコントロールとの有意差 : # $p < 0.05$; ## $p < 0.01$.

約 30% と報告されており、高血圧や糖尿病の有病率と比較しても高い²⁹⁾。NASH の有病率は成人の 1-3% と報告されているが³⁰⁾、罹患率の上昇が著しい疾患であり有病率は年々増加している。また、近年では小児においても NASH が増加している。

3-2. NAFLD/NASH の病因と治療

NAFLD は様々な要因により引き起こされる。薬物（ステロイド・タモキシフェンなど）、内分泌疾患、消化管術後や飢餓状態でも発症するが、主な原因は過食や運動不足によるエネルギー過剰状態である。多くの症例で、高血圧、糖尿病、脂質異常症などのメタボリックシンドロームを合併している。また、邦人における NAFLD 患者の食習慣の特徴として、健常人と比較して炭水化物摂取量が多く、タンパク質摂取量が少ないことが報告されている³¹⁾。また、肥満でない NAFLD 患者ではコレステロール摂取量が多いことも明らかになっている³²⁾。このように NAFLD は生活習慣病の肝表現型と考えられる。

前述のごとく NAFLD の主な原因は生活習慣の悪化にあるため、食事・運動療法により約 7% 以上の体重減少が得られれば、NAFLD は改善する³³⁾。摂取カロリーの制限に加えて、炭水化物や脂質の摂取量を制限することにより NAFLD が改善する³⁴⁾。また、散歩やジョギングなどの運動療法³⁵⁾やレジスタンス運動と有酸素運動の組み合わせたハイブリッドトレーニングの NAFLD 改善効果も報告されている³⁶⁾。

3-3. NAFLD/NASH の薬物療法

ウルソデオキシコール酸は慢性肝疾患における肝機能障害に適応をもつ薬剤であるが、NASH に対する有用性は未だ十分に証明されていない^{37, 38)}。これまでに糖尿病治療薬のピオグリタゾンやナテグリニドによる NASH 改善効果が報告されているが³⁹⁻⁴¹⁾、糖尿病を合併していない NASH には適応がない。また、ビタミン E の有効性も報告されているが^{42, 43)}、脂

溶性ビタミンであるため長期投与に関して注意を要する。

3-4. レニン - アンジオテンシン - アルドステロン系と NAFLD/NASH の関連

NAFLD 患者は高率に高血圧を合併している⁴⁴⁾。NAFLD と高血圧の因果関係は未だ不明であるが、近年、Ono らは肝臓で産生されるアンジオテンシノーゲンの遺伝子変異が NASH の発症に関与することを報告している⁴⁵⁾。アンジオテンシノーゲンはレニン - アンジオテンシン - アルドステロン系の最初の基質であり、レニンと ACE によりアンジオテンシン II へと代謝される。アンジオテンシン II は血管収縮や腎臓でのナトリウムや水分の排出を抑制するだけでなく、肝臓内に存在する肝星細胞を活性化し、肝線維化を促進する。これまでに、レニン - アンジオテンシン - アルドステロン系の抑制により、肝線維化の抑制効果が得られることも報告されており^{46, 47)}、ACE 阻害剤は NAFLD の改善効果を有すると推察される。但し、ACE 阻害剤の適応症は高血圧であり、高血圧を合併していない NAFLD・NASH には投薬できない。

3-5. 小麦ふすまペプチドが NASH におよぼす影響

前述のごとく、NAFLD/NASH に対して種々の薬剤の有用性が報告されているが、未だ NAFLD/NASH を適応疾患とする薬剤はない。そこで、我々は、ACE 活性阻害作用を有する「小麦ふすまペプチド」に着目した。ふすまペプチドは ACE 活性阻害を介して、肝線維化を抑制すると予想される。また、ふすまペプチドはレニン - アンジオテンシン - アルドステロン系を抑制するため、脂肪細胞から分泌されるアディポネクチンの産生誘導を介して、インスリン抵抗性を改善することも期待される。さらに、同ペプチドは分岐鎖アミノ酸 (BCAA) であるバリン、ロイシン、イソロイシンを含むことから (図 3)、BCAA が持つ肝細胞機能改善、抗酸化作用、抗癌化作用なども期待できる⁴⁸⁾。この

ふすまペプチド 100 g 中	
① Leu-Gln-Pro	1.5 g
② Ile-Gln-Pro	1.3 g
③ Leu-Arg-Pro	1.5 g
④ Val-Tyr	1.9 g
⑤ Ile-Tyr	0.6 g

Leu；ロイシン，Gln；グルタミン，Pro；プロリン，
Ile；イソロイシン，Arg；アルギニン，Val；バリン，
Tyr；チロシン，BCAA；Leu，Ile，Val

図3 精製したふすまペプチドの ACE 阻害ペプチド含量

ような理由から，我々は，モデルマウスを用いて「ふすまペプチド」の NASH 改善効果を検討した。

6-7 週齢雄性 C57BL/6 マウスにメチオニン / コリン欠乏食を投与し，NASH を作成した。10 週齢から 20 週齢まで，① 0.05% ふすまペプチド含有水（0.05%-Exp 群），② 0.1% ふすまペプチド含有水（0.1%-Exp 群），③ 0.2% ふすまペプチド含有水（0.2%-Exp 群）を投与した。また，ふすまペプチド非含有水をコントロール群とした。

各群の体重はメチオニン / コリン欠乏食投与後より徐々に減少した。各群間で体重に有意差は認めなかったが，肝 / 体重比では 0.1%-Exp 群が最も低値であった。また，0.05%-Exp 群および 0.1%-Exp 群において，血清 ALT 値は減少傾向にあった。さらに，いずれの実験群においても，血清アルブミン値は上昇傾向にあった。これらの実験結果より，ふすまペプチド含有水により肝炎が鎮静化し，肝臓でのタンパク合成が改善していることが示唆される。

肝病理組織を検討したところ，ふすまペプチドの濃度依存性に脂肪変性を示す肝細胞数は減少していた。同様に，細胞浸潤，風船化肝細胞，マロリー・デンク体もふすまペプチドの濃度依存性に改善していた。このように，小麦から大量に得られる「ふすまペプチド」が NASH モデルマウスの肝障害を軽減した。同ペプチドは日常多くのヒトが食する小麦の種皮成分であり，ヒトに対する有害事象も少ないことが予想される。今後，ヒトにおいても有用性が検証され，「ふすまペプチド」が NASH 治療食品となることが期待される。

参考文献

- Seal, C. J., and Brownlee, I. A.: Whole grains and health, evidence from observational and intervention studies. *Cereal Chem.*, **87**(2): 167-174, 2010.
- Apprich, S., Tirpanalan, Ö., Hell, J., *et al.*: Wheat bran-based biorefinery 2: Valorization of products. *LWT-Food Sci. Technol.*, **56**: 222-231, 2014.
- Andersson, A. A. M., Dimberg, L., Åman, P., *et al.*: Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye. *J. Cereal Sci.*, **59**: 294-311, 2014.
- Okarter, N., and Liu, R.H.: Health benefits of whole grain phytochemicals. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **50**: 193-208, 2010.
- Ralph, J.: Hydroxycinnamates in lignifications. *Phytochem. Rev.* **9**: 65-83, 2010.
- Wang, J., Sun, B., Cao, Y., *et al.*: Protection of wheat bran feruloyl oligosaccharides against free radical-induced oxidative damage in normal human erythrocytes. *Food Chem. Toxicol.*, **47**: 1591-1599, 2009.
- Baigent, C., Blackwell, L., Emberson, J., *et al.*: Efficacy and safety of more intensive lowering of LDL cholesterol: A meta-analysis of data from 170,000 participants in 26 randomised trials. *Lancet*, **376**: 1670-1681, 2010.
- Zhu, Y.D., Conklin, D.R., Chen, H.D., *et al.*: 5-Alk(en)ylresorcinols as the major active components in wheat bran inhibit human colon cancer cell growth. *Bioorg. Med. Chem.* **19**: 3973-3982, 2011.
- Oishi, K., Yamamoto, S., Itoh, N., *et al.*: Wheat alkylresorcinols suppress high-fat, high-sucrose diet-induced obesity and glucose intolerance by increasing insulin sensitivity and cholesterol excretion in male mice. *J. Nutr.*, **145**(2): 199-206, 2015.
- Smeds, A.I., Eklund, P.C., Sjöholm, R.E., *et al.*: Quantification of a broad spectrum of lignans in cereals, oilseeds, and nuts. *J. Agric. Food Chem.*, **55**: 1337-1346, 2007.
- Peterson, J., Dwyer, J., Adlercreutz, H., *et al.*: Dietary lignans: physiology and potential for cardiovascular disease

- risk reduction. *Nutr. Rev.*, **68**: 571-603, 2010.
12. Buck, K., Zaineddin, A.K., Vrieling, A., *et al.*: Metaanalyses of lignans and enterolignans in relation to breast cancer risk. *Am. J. Clin. Nutr.*, **92**: 141-153, 2010.
13. Chen, L.-H., Fang, J., Sun, Z., *et al.*: Enterolactone inhibits insulin-like growth factor-1 receptor signalling in human. *J. Nutr.*, **139**: 653-659, 2009.
14. Johnsen, N.F., Olsen, A., Thomsen, B.L.R., *et al.*: Plasma enterolactone and risk of colon and rectal cancer in a case-cohort study of Danish men and women. *Cancer Causes Control*, **21**: 153-162, 2010.
15. Landete, J.M.: Plant and mammalian lignans: a review of source, intake, metabolism, intestinal bacteria and health. *Food Res. Int.*, **46**: 410-424, 2012.
16. Hanhineva, K., Rogachev, I., Aura, A., *et al.*: Qualitative characterization of benzoxazinoid derivatives in whole grain rye and wheat by LC-MS metabolite profiling. *J. Agric. Food Chem.*, **59**: 921-927, 2011.
17. Bravo, H., Copaja, S., Figueroa-Duarte, S., *et al.*: 1,4-Benzoxazin-3-one, 2-benzoxazolinone and gallic acid from *Calceolaria thyrilora* Graham and their antibacterial activity. *Z. fuer Naturforsch.*, **60**: 389-393, 2005.
18. Otsuka, H., Hirai, Y., Nagao, T., *et al.*: Antiinflammatory activity of benzoxazinoids from roots of *Coix lachryma-jobi* var *ma-yuen*. *J. Nat. Prod.*, **51**: 74-79, 1988.
19. Roberts, K., Iyer, R., Prasad, G., *et al.*: Cyclic hydroxamic acid inhibitors of prostate cancer cell growth: selectivity and structure activity relationships. *Prostate* **34**: 92-99, 1998.
20. Rosenfeld, M., Berger, P., and Negus, N.: Compounds for Use as Antidepressants, Aphrodisiacs and Adjunctive Therapies in Humans. US6667308 B2, 2003.
21. Nogata, Y., and Nagamine, T.: Production of free amino acids and gamma-aminobutyric acid by autolysis reactions from wheat bran. *J. Agric. Food Chem.*, **57**(4): 1331-1336, 2009.
22. Nogata, Y., Nagamine, T., Yanaka, M., *et al.*: Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides produced by autolysis reactions from wheat bran. *J. Agric. Food Chem.*, **57**(15): 6618-6622, 2009.
23. Umetsu, H., Abe, M., Sugawara, Y., *et al.*: Purification, crystallization and characterization of carboxypeptidase from wheat bran. *Food Chem.*, **7**: 125-138, 1981.
24. Galleschi, L., and Felicioli, F.: Purification, characterization and activation by anions of an aspartic proteinase isolated from bran of soft wheat. *Plant Sci.*, **98**: 15-24, 1994.
25. Motoi, H., and Kodama, T.: Isolation and characterization of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from wheat gliadin hydrolysate. *Nahr./Food* 2003, **47**: 354-358.
26. Kawasaki, T., Seki, E., Osajima, K., *et al.*: Antihypertensive effect of valyl-tyrosine, a short chain peptide derived from sardine muscle hydrolyzate, on mild hypertensive subjects. *J. Hum. Hypertens.*, **14**: 519-523, 2000.
27. 野方 洋一, 長嶺 敬, 関谷 敬三: 小麦ふすま由来アンジオテンシン I 変換酵素阻害ペプチドの高血圧自然発症ラットに対する血圧降下作用. 日本食品科学工学会誌, **58**: 67-70, 2011.
28. 日本消化器病学会: NAFLD/NASH 診療ガイドライン 2014. 東京, 南江堂, 162, 2014.
29. Eguchi, Y., Hyogo, H., Ono, M., *et al.*: Prevalence and associated metabolic factors of nonalcoholic fatty liver disease in the general population from 2009 to 2010 in Japan: a multicenter large retrospective study. *J. Gastroenterol.*, **47**: 586-595, 2012.
30. Hashimoto, E., Tokushige, K.: Prevalence, gender, ethnic variations, and prognosis of NASH. *J. Gastroenterol.*, **46** Suppl 1: 63-69, 2011.
31. Toshimitsu, K., Matsuura, B., Ohkubo, I., *et al.*: Dietary habits and nutrient intake in non-alcoholic steatohepatitis. *Nutrition* **23**: 46-52, 2007.
32. Yasutake, K., Nakamuta, M., Shima, Y., *et al.*: Nutritional investigation of non-obese patients with non-alcoholic fatty liver disease: the significance of dietary cholesterol. *Scand. J. Gastroenterol.*, **44**: 471-477, 2009.
33. Promrat, K., Kleiner, D.E., Niemeier, H.M., *et al.*: Randomized controlled trial testing the effects of weight loss on nonalcoholic steatohepatitis. *Hepatology*, **51**: 121-129, 2010.
34. Wang, R.T., Koretz, R.L., Yee, H.F., Jr.: Is weight reduction an effective therapy for nonalcoholic fatty liver? A systematic review. *Am. J. Med.*, **115**: 554-559, 2003.
35. Ueno, T., Sugawara, H., Sujaku, K., *et al.*: Therapeutic effects of restricted diet and exercise in obese patients with fatty liver. *J. Hepatol.*, **27**: 103-107, 1997.
36. Kawaguchi, T., Shiba, N., Maeda, T., *et al.*: Hybrid training of voluntary and electrical muscle contractions reduces steatosis, insulin resistance, and IL-6 levels in patients with NAFLD: a pilot study. *J. Gastroenterol.*, **46**: 746-757, 2011.
37. Lindor, K.D., Kowdley, K.V., Heathcote, E.J., *et al.*: Ursodeoxycholic acid for treatment of nonalcoholic steatohepatitis: results of a randomized trial. *Hepatology*, **39**: 770-778, 2004.
38. Leuschner, U.F., Lindenthal, B., Herrmann, G., *et al.*: High-dose ursodeoxycholic acid therapy for nonalcoholic

- steatohepatitis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Hepatology*, **52**: 472-479, 2010.
39. Aithal, G.P., Thomas, J.A., Kaye, P.V., *et al.*: Randomized, placebo-controlled trial of pioglitazone in nondiabetic subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *Gastroenterology*, **135**: 1176-1184, 2008.
 40. Belfort, R., Harrison, S.A., Brown, K., *et al.*: A placebo-controlled trial of pioglitazone in subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *N. Engl. J. Med.*, **355**: 2297-2307, 2006.
 41. Morita, Y., Ueno, T., Sasaki, N., *et al.*: Nateglinide is useful for nonalcoholic steatohepatitis (NASH) patients with type 2 diabetes. *Hepatogastroenterology*, **52**: 1338-1343, 2005.
 42. Hasegawa, T., Yoneda, M., Nakamura, K., *et al.*: Plasma transforming growth factor-beta1 level and efficacy of alpha-tocopherol in patients with non-alcoholic steatohepatitis: a pilot study. *Aliment. Pharmacol. Ther.*, **15**: 1667-1672, 2001.
 43. Sanyal, A.J., Chalasani, N., Kowdley, K.V., *et al.*: Pioglitazone, vitamin E, or placebo for nonalcoholic steatohepatitis. *N. Engl. J. Med.*, **362**: 1675-1685, 2010.
 44. Lopez-Suarez, A., Guerrero, J.M., Elvira-Gonzalez, J., *et al.*: Nonalcoholic fatty liver disease is associated with blood pressure in hypertensive and nonhypertensive individuals from the general population with normal levels of alanine aminotransferase. *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.*, **23**: 1011-1017, 2011.
 45. Ono, M., Ochi, T., Munekage, K., *et al.*: Angiotensinogen gene haplotype is associated with the prevalence of Japanese non-alcoholic steatohepatitis. *Hepatol. Res.*, **41**: 1223-1229, 2011.
 46. Yoshiji, H., Kuriyama, S., and Fukui, H.: Blockade of renin-angiotensin system in antifibrotic therapy. *J. Gastroenterol. Hepatol.*, **22** Suppl 1: S93-5, 2007.
 47. Noguchi, R., Yoshiji, H., Ikenaka, Y., *et al.*: Dual blockade of angiotensin-II and aldosterone suppresses the progression of a non-diabetic rat model of steatohepatitis. *Hepatol. Res.*, **43**: 765-774, 2013.
 48. Kawaguchi, T., Izumi, N., Charlton, M.R., *et al.*: Branched-chain amino acids as pharmacological nutrients in chronic liver disease. *Hepatology*, **54**: 1063-1070, 2011.

有機酸蒸気を利用した高効率な殺菌技術

根井 大介 (NEI Daisuke)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

Key Words：酢酸 殺菌 サルモネラ 大腸菌 O157:H7 香辛料

はじめに

食品の殺菌方法には加熱処理、高圧処理、放射線照射などの物理的な処理方法や食品添加物などを使用することにより微生物を制御する化学的処理方法があり、食品の腐敗防止や食中毒予防に重要な役割を果たす。一方で、殺菌対象となる食品の形質によっては適用可能な殺菌方法が限定されることがあり、例えば生鮮食品には過度の加熱処理は適用しにくい。本研究では、食品または食品原料の殺菌方法の選択肢のひとつとして、ガス状の酢酸を利用した殺菌方法の開発に取り組み、芽ものの野菜の原料種子および香辛料への適用性を検討したので紹介する。

1. 芽ものの野菜の種子殺菌への適用

1-1. 芽ものの野菜に由来する食中毒の発生状況

芽ものの野菜には緑豆もやし、カイワレダイコン、アルファルファもやし、ブロッコリースプラウト、大豆もやしなど多くの種類があり、比較的安価でありながらビタミン類、栄養成分および食物繊維等に富んでいるため、その消費量は近年増加する傾向にある。一方で、このような芽ものの野菜はしばしば生食されることがあり、加熱食品と比較して食中毒菌による汚染・増殖のリスクが高く、表1に示したように芽ものの野菜が原因食品の食中毒事例は海外では数多く報告されている。米国ではほとんど毎年、

芽ものの野菜が原因食材の食中毒事例が報告されている。オーストラリア・カナダ・欧州各国においても発生が報告されており、中には大規模な食中毒事例もある。感染源として、世界的にはサラダやサンドウィッチなどで生食されるアルファルファが最も多い。その他には豆もやしやフェヌグリークスプラウトが原因食材として報告されている。わが国では豆もやしの食中毒事例はみられないが、諸外国では散発している。国内で豆もやしによる食中毒が少ない理由は、食習慣によるものと思われる、生食する習慣があまりないために食中毒がほとんど発生していないものと考えられる。芽ものの野菜で問題となる食中毒菌の種類としては、サルモネラ属菌の発生件数が多い。腸管出血性大腸菌が原因の食中毒事例も多く記録されており、死亡例も多数報告されていることから、芽ものの野菜の安全性を考える上で重要な病原菌である。近年に起こった深刻な食中毒事例としては、2011年にドイツを中心として欧州各国で発生した腸管出血性大腸菌 O104 のアウトブレイクがある。このアウトブレイクでは、腸管出血性大腸菌 O104 に汚染されたフェヌグリーク種子で生産されたスプラウトが原因食材と結論付けられている。最終的に、欧州諸国および北米で 4,000 名以上の食中毒患者が発生し、50 名近くの死者が確認されている¹⁾。

表1 芽ものの野菜が原因食材の食中毒の発生状況

発生年	病原菌	患者数	発生国	原因食品	参考文献
2003	<i>E. Coli</i> O157:H7	7	米国	アルファルファ	2
2004	<i>S. Bovismorbificans</i>	35	米国	アルファルファ	3
2004	<i>E. Coli</i> O157:NM	2	米国	アルファルファ	3
2005	<i>S. Montevideo</i>	12	日本	カイワレ	4
2007	<i>S. Weltevreden</i>	45	スウェーデン, フィンランド, デンマーク	アルファルファ	5
2009	<i>S. Typhimurium</i>	12	米国	アルファルファ	6
2009	<i>S. Saintpaul</i>	235	米国	アルファルファ	7
2010	<i>S. Bareilly</i>	141	英国	豆もやし	8
2011	<i>E. Coli</i> O104:H4	4075	EU など	フェヌグreek (スプラウト)	1
2011	<i>Salmonella</i> spp	102	ドイツ	豆もやし	9
2012	<i>E. coli</i> O26	29	米国	クローバー	10
2014	<i>E. coli</i> O121	19	米国	クローバー	11

我々の身の回りには多くの種類の微生物が存在するが、ヒトの健康に危害を与える食中毒菌を摂取した時に食中毒が発生するリスクが生じてくる。食品の生産・加工工程のどの段階で食中毒菌に汚染されるかを知ることが食中毒を防ぐ上で重要である。生鮮野菜を生産・加工する過程では、生産設備やヒトなどから食中毒菌が付着する可能性も考えられるが、芽ものの野菜の場合には原料種子に病原菌が付着しているケースが多い。生産工程のごく初期の段階で汚染が始まっていることが特徴的となっている。芽ものの野菜を生産する過程では、原料種子に発芽処理を加えるが、その環境は高温・多湿であり、病原微生物の生育に適した環境となっており、種子に付着していた病原菌の菌数が発芽処理中急激に増殖することがある。最終的に、食中毒を引き起こすのに十分なレベルの病原菌が付着した芽ものの野菜を生食あるいは加熱が不十分な状態で喫食することで食中毒が発生するリスクが高まるものと考えられている。このような背景から、芽ものの野菜の食中毒を防止するためには、生産工程の初期段階で原料種子を効果的に殺菌することが重要となってくる。

1-2. 芽ものの野菜の原料種子の殺菌方法

芽ものの野菜の原料種子に殺菌には次亜塩素酸処理が主に使用されている。日本国内では、50 ppm 程度の次亜塩素酸ナトリウム水溶液に原料種子を所定の時間浸漬する方法がとられている。原料種子上の病原菌に対する莫大な殺菌効果は期待できないが、汚染種子から他の汚染されていない種子への交差汚染を防ぐことが期待できる。海外では非常に高濃度の次亜塩素酸が使用される場合がある。米国内では米国食品微生物基準諮問委員会により、芽ものの野菜の原料種子の生菌数を 5.0 log CFU/g 以上低下させることが推奨されており、その方法として 20,000 ppm の次亜塩素酸カルシウム処理をあげている¹²⁾。しかしながら、付着した病原菌の菌数がある程度高い場合には、このような高濃度の次亜塩素酸で殺菌処理を行ったとしても、病原菌を完全に死滅させることは非常に難しく、その後の環境条件によっては再び食中毒を引き起こすのに十分な菌数にまで増殖する可能性もある。次亜塩素酸のみならず、種子殺菌に適用できる殺菌方法の多くでは、種子に付着した病原菌の菌数が多い場合には完全に死滅させることは難しい。種子の十分な発芽能力を維持する必要がある。

り、過度の殺菌処理を加えることができないことも一因となっている。

1-3. 酢酸ガスによる原料種子殺菌

安全性のより高い芽ものの野菜の原料種子を提供するために、次亜塩素酸処理に代替する殺菌方法としてガス状の酢酸を利用した殺菌方法の開発に取り組んできた¹³⁻¹⁵⁾。図1にガス処理装置の概要を示した。液体状の酢酸を装置に投入した後、加熱により気化し、ガス化した酢酸とともにサンプルを密閉し殺菌処理を行うものである。本装置を使用して、大腸菌 O157:H7 およびサルモネラを接種したカイワレダイコン種子およびアルファルファ種子の殺菌試験を行った。なお、供試した大腸菌 O157:H7 およ

びサルモネラはいずれもリファンピシンに耐性をもった菌株を使用した。処理中の酢酸ガス濃度は 4.7 mmol/L に調整し、殺菌チャンパー内

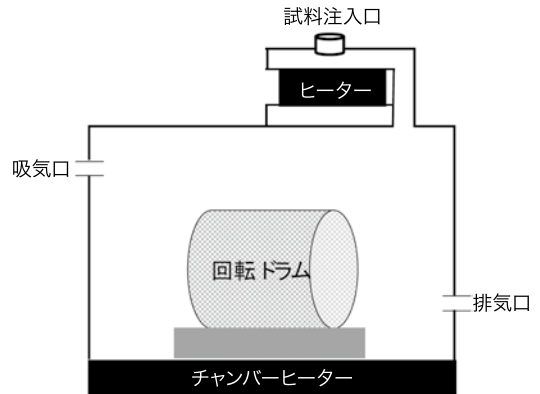


図1 酢酸ガス処理装置の概略

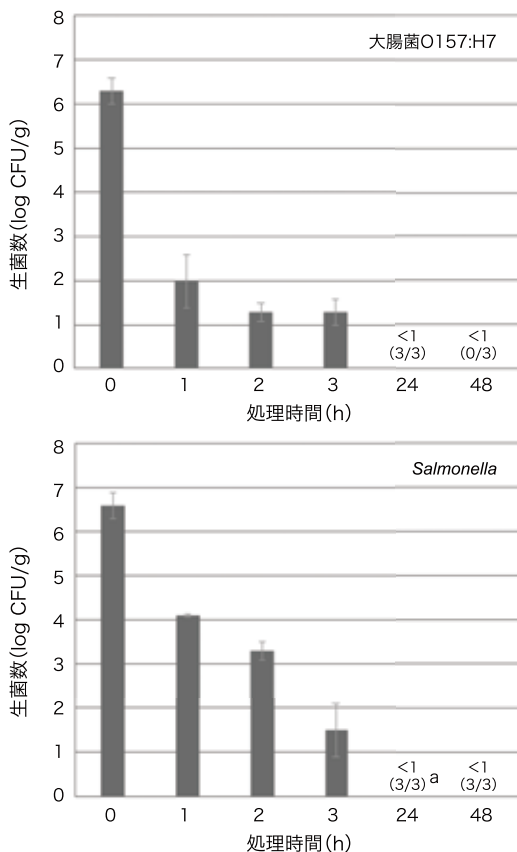


図2 アルファルファ種子に接種した病原菌に対する酢酸ガスの殺菌効果¹³⁾

a : 病原菌の陽性数 / 全検査数

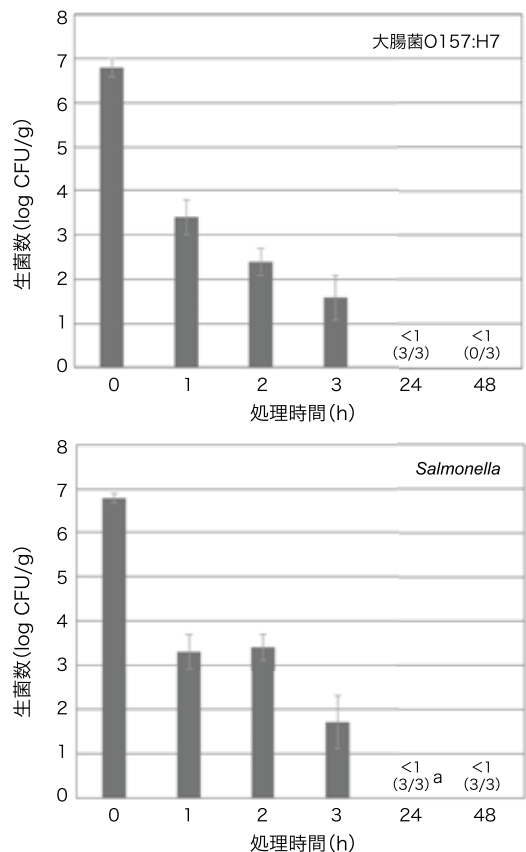


図3 カイワレ種子に接種した病原菌に対する酢酸ガスの殺菌効果¹³⁾

a : 病原菌の陽性数 / 全検査数

の温度は 55℃ に設定した。このような条件で殺菌処理を 60 分間から 48 時間行い、殺菌効果を評価した。生菌数の測定は平板混釈法により行い、検出培地にはリファンピシンを添加した TSA 培地を使用した。生菌数が 1.0 log CFU/g を下回ることが想定される場合には、増菌培養を行い生存菌の有無を調べた。

カイワレダイコン種子およびアルファルファ種子に接種した大腸菌 O157:H7 およびサルモネラの生菌数を図 2, 3 に示した。未処理の種子に付着した大腸菌 O157:H7 およびサルモネラの生菌数は 6.0-7.0 log CFU/g であった。ガス状の酢酸で処理することにより、種子に接種した病原菌の菌数は大きく低下し、処理時間が長くなるに従い、生菌数は大きく低下する傾向が見られ、2-3 時間の処理で大腸菌 O157:H7 およびサルモネラの生菌数を 5.0 log CFU/g 以上低下させることが可能であった。処理条件次第では、生菌数を 6.0 log CFU/g 以上からほとんどゼロに近いレベルにまで低減することが可能であることがわかっている。現在広く使用されている次亜塩素酸では、1.0-3.0 log CFU/g ほどの殺菌効果が期待できるが、これと比較すると酢酸ガスの殺菌効果は非常に高かった。殺菌処理を考えた時に、単に菌数を減らすことのみを追求するのではなく、殺菌処理後の原料種子が十分な発芽能力を残しているかが重要となる。酢酸ガス処理がカイワレ種子およびアルファルファ種子の発芽能力に及ぼす影響を調査したが、発芽率の大幅な低下は認められなかった。

実験室内で少量のサンプルを使用して得られた結果を、そのまま商用規模にスケールアップしたとしても同様の結果が得られる保証はない。そのため、大型のガス殺菌装置（株式会社大生機械製）を使用して試験を行い（図 4）、酢酸ガス殺菌を利用するに際して実務上の問題点がないかを確認した。大型殺菌装置の基本的な構造は小型試験機と同様であるが、大型試験機では一回の処理で数 10 kg 単位で原料種子を殺菌することが可能である。本装置を使用して大腸菌を接種したアルファルファ種子を処理し

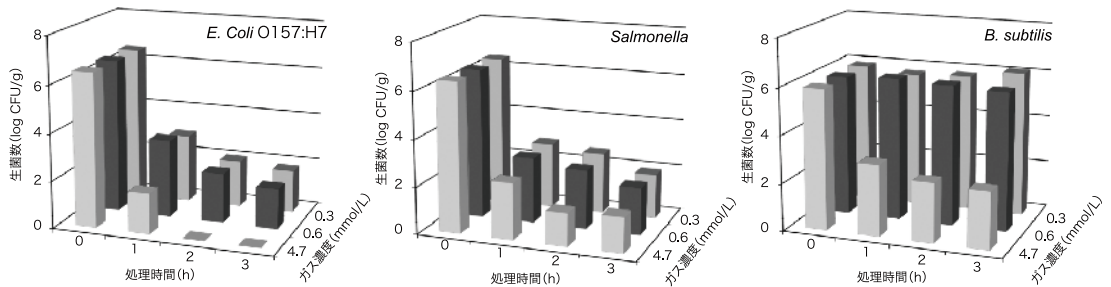
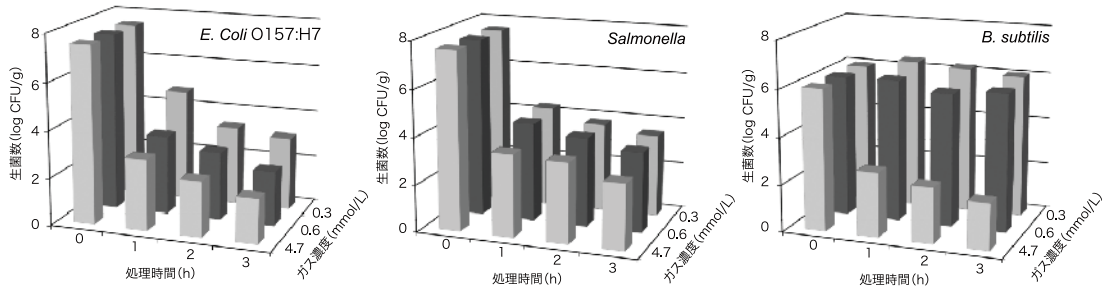


図 4 酢酸ガスの大型処理装置

たところ、実験室規模で得られた結果と同様に、生菌数を 5.0 log CFU/g 以上低下させることが可能であり¹⁴⁾。安全性の高い原料種子を生産できる技術として期待できる。

2. 香辛料への殺菌効果

酢酸を利用した殺菌方法について、香辛料の殺菌に適用することを試みた。香辛料の喫食にともなう食中毒は国外で散発しており、サルモネラ属菌が原因となることが多い。2009 年には、黒胡椒等を摂取したことによるサルモネラの食中毒が米国で発生し、272 名の患者が発生している¹⁶⁾。実際、黒胡椒などの香辛料におけるサルモネラの検査を行った研究報告では 1.7 % 以上のサンプルからサルモネラが検出されている¹⁷⁾。香辛料に病原菌が一旦付着すると、保存条件によってはかなりの長期間に渡って病原菌は生存するため¹⁸⁾、適切な殺菌処理が不可欠となる。また、香辛料を食肉製品および魚肉ねり製品などに使用する場合には、芽胞数を 1 グラムあたり 1,000 以下にする必要があるため、用途によっては芽胞の殺菌が求められる。このような背景から、ガス状の酢酸処理について、香辛料への殺菌効果を評価した。黒胡椒およびフェヌグreek 種子に大腸菌 O157:H7、サルモネラおよび枯草菌芽胞を接種することにより得た汚染試料に酢酸ガス処理を加えた。処理中のガス濃度は 0.3 mmol/L、0.6 mmol/L

図5 黒胡椒に接種した各種細菌に対する酢酸ガスの殺菌効果¹⁵⁾図6 フェヌグreek種子に接種した各種細菌に対する酢酸ガスの殺菌効果¹⁵⁾

L および 4.7 mmol/L に調整し、庫内温度 55℃ で 1-3 時間の処理を行い、その結果を図 5 および図 6 に示した。未処理の黒胡椒からは大腸菌 O157:H7 が 6.5 log CFU/g 検出された。酢酸ガスで処理することにより大腸菌 O157:H7 の生菌数は低下し、処理時間が長くなるに従って生菌数は大きく減少した。また、庫内のガス濃度が高くなると殺菌効果は大きくなる傾向が見られた。ガス濃度を 4.7 mmol/L に設定した場合、生菌数は 1 時間の処理で 6.5 log CFU/g から 1.7 log CFU/g にまで低下し、処理時間を 2 時間以上に延ばすと生菌数は検出限界以下 (< 1.0 log CFU/g) にまで低下した。サルモネラについても同様の結果が得られており、ガス濃度を 4.7 mmol/L の条件では 2 時間以上の処理で大腸菌 O157:H7 の生菌数は 5.0 log CFU/g 以上低下し、香辛料に付着した病原菌を効果的に殺菌することが可能であった。枯草菌芽胞については、ガス濃度を 0.3 mmol/L および 0.6 mmol/L とした条件では殺菌効果は認められず、生菌数の有意な変化は検出されなかった ($p > 0.05$)。しかし

ながら、ガス濃度を 4.7 mmol/L に引き上げた条件で処理を行うと枯草菌の生菌数は低下し、3 時間以内の殺菌処理で生菌数は 3.0 log CFU/g 以上減少した。フェヌグreek種子に関しても黒胡椒と同様に、ガス状の酢酸による殺菌効果が認められ、大腸菌 O157:H7、サルモネラおよび枯草菌芽胞の生菌数を 4.0-5.0 log CFU/g 低下させることが可能であった。

おわりに

ガス状の酢酸を利用した殺菌方法の開発を試み、芽ものの野菜への適用性を検討した。その結果、試料に接種した病原菌を効果的に死滅させることが可能であり、生菌数を 5.0 log CFU/g 以上低下させることが可能であった。現在幅広く使用されている次亜塩素酸による殺菌処理では、生菌数の低下は約 3.0 log CFU/g 以下であり、これと比較すると酢酸ガスによる殺菌効果は非常に高く、安全性の高い芽ものの野菜の原料種子を提供するために有効な殺菌方法として期待できる。また、香辛料に付着した病原菌および腐

敗菌を効果的に死滅させることが可能であり、香辛料殺菌の新たな選択肢として利用できる可能性が示された。一方で、作業者の安全性を担

保するために、酢酸の漏洩を完全に防ぐ設備が不可欠であることに留意する必要がある。

参考文献

1. Outbreaks of *E. coli* O104:H4 infection, <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/emergencies/international-health-regulations/outbreaks-of-e.-coli-o104h4-infection>
2. 2003 Summary Statistics, www.cdc.gov/outbreaknet/pdf/surveillance/2003_linelist.pdf
3. 2004 Summary Statistics, www.cdc.gov/outbreaknet/pdf/surveillance/2004_linelist.pdf
4. 齋藤 紀行, 平塚 雅之, 菅原 直子 他: サルモネラ食中毒事例および散発サルモネラ症患者から分離された *Salmonella* Montevideo の PFGE 解析. 日本食品微生物学会雑誌, **23**: 143-148, 2006.
5. K. Emberland, S. Ethelberg, M. Kuusi, *et al.*: Outbreak of *Salmonella* Weltevreden infections in Norway, Denmark and Finland associated with alfalfa sprouts, July-October 2007. *Eurosurveillance*, **12**: 3321-3321, 2007.
6. *Salmonella* Typhimurium Outbreak in Michigan Linked to Consumption of Raw Alfalfa Sprouts, <http://www.michigan.gov/mdch/0,4612,7-132-8347-223912--,00.html>
7. Outbreak of *Salmonella* Serotype Saintpaul Infections Associated with Eating Alfalfa Sprouts --- United States, 2009, <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm58e0507a1.htm>
8. P. Cleary, L. Browning, J. Coja, *et al.*: A foodborne outbreak of *Salmonella* Bareilly in the United Kingdom, 2010. *Eurosurveillance*, **15**: 1-3, 2010.
9. C. Bayer, H. Bernard, R. Prager, *et al.*: An outbreak of *Salmonella* Newport associated with mung bean sprouts in Germany and the Netherlands, October to November 2011. *Eurosurveillance*, **19**: 1-9, 2010.
10. Multistate Outbreak of Shiga Toxin-producing *Escherichia coli* O26 Infections Linked to Raw Clover Sprouts at Jimmy John's Restaurants, <http://www.cdc.gov/ecoli/2012/O26-02-12/index.html>
11. FDA Investigates Multistate Outbreak of *E. coli* O121 Infections Linked to Consumption of Raw Clover Sprouts, <http://www.fda.gov/Food/RecallsOutbreaksEmergencies/Outbreaks/ucm398536.htm>
12. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods.: Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*, **52**: 123-153, 1999.
13. D. Nei, M. Bari, K. Enomoto, *et al.*: Disinfection of Radish and Alfalfa Seeds Inoculated with *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* by a Gaseous Acetic Acid Treatment. *Foodborne Pathogens and Disease*, **8**: 1089-1094, 2011.
14. D. Nei, K. Enomoto, K. Yamamoto.: Large-Scale Gaseous Acetic Acid Treatment to Disinfect Alfalfa Seeds Inoculated with *Escherichia coli*. *Foodborne Pathogens and Disease*, **11**: 332-334, 2014.
15. D. Nei, K. Enomoto, N. Nakamura.: A gaseous acetic acid treatment to disinfect fenugreek seeds and black pepper inoculated with pathogenic and spoilage bacteria. *Food Microbiology*, **49**: 226-230, 2015.
16. A. Lehmacher, J. Bockmuhl, S. Aleksic.: Nationwide outbreak of human salmonellosis in Germany due to contaminated paprika-powdered potato chips. *Epidemiology & Infection*, **115**: 501-511, 1995.
17. Y. Hara-Kudo, K. Ohtsuka, Y. Onoue, *et al.*: *Salmonella* prevalence and total microbial and spore populations in spices imported to Japan. *Journal of Food Protection*, **69**: 2519-2523, 2006.
18. S.E. Keller, J.M., VanDoren, E.M., Grasso, *et al.*: Growth and survival of *Salmonella* in ground black pepper (*Piper nigrum*). *Food Microbiology*, **34**: 182-188, 2013.

かび毒の制御技術の開発 ー ポストハーベストでのかび毒除去 ー

久城 真代 (KUSHIRO Masayo)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

Key Words：赤かび病 かび毒 デオキシニバレノール 小麦 製粉 残存率 基準値

はじめに

作物や食品につくかびは昔から私たちの暮らしとともにあり様々なはたらきをしている。人間にとって好都合なはたらきとしては、発酵食品を作ったり、抗生物質を産生したりして、豊かな食文化を支え、人畜の健康維持や病原菌防除に役立っている。いっぽう不都合なはたらきとしては、植物病原菌として作物の収量や品質を低下させたり、食品を腐敗させたり、有害物質を蓄積したりすることがある。後者のうち、かびが産生する有害物質のことをかび毒（マイコトキシン Mycotoxin）とよぶ。かび自体は食品の加熱調理で死滅するが、かび毒は熱に安定で加熱調理後も残存することがあり、食品衛生上大きな問題となっている。かび毒産生菌として注意が必要なかびは、アスペルギルス属、ペニシリウム属、フザリウム属の3種類に属するかびの一部である。前の2種類に属するかびは、保蔵中の食品に着生することが多いのに対し、フザリウム属に属するかびは、植物病原菌が多く、栽培段階からかび毒を産生し作物を汚染することがある^{1,2)}。

かび毒中毒として最も有名なのは、1960年に英国で起こった七面鳥の大量死で、かび毒汚染した飼料穀物が原因とされている。近年日本では、かび毒中毒はほとんど起こっていないが、2008年に起きた輸入事故米（かび毒の一種で

あるアフラトキシンに汚染された米）の転売事件や、2011年の九州での試験栽培米の汚染事故などで、かび毒が注目されるようになった³⁾。

現在、日本の食品衛生法上、基準値が定められているのは、全食品中のアフラトキシン（アスペルギルス属菌が産生、アフラトキシン B1, B2, G1, G2 の総量として 10 ppb が許容上限）、リンゴジュース中のパツリン（ペニシリウム属菌が産生、50 ppb が許容上限）、小麦原麦中のデオキシニバレノール（フザリウム属菌が産生、1.1 ppm が許容上限、ただし暫定値）の3種類である。

日本では、食の欧米化に伴い、小麦の摂取量が増えてきており、国産小麦の栽培面積も伸びてきている。しかしながらわが国では小麦の開花期に降雨が重なりやすいことから、小麦に付く赤かび病菌を圃場段階で完全に防ぐことは非常に難しい⁴⁾。本稿では、フザリウム属菌の一種である麦類赤かび病菌が産生するかび毒のうち、特にデオキシニバレノール、ニバレノール、ゼアラレノンが、収穫後の一次加工でどの程度減衰するかを調査した研究について紹介する。

1. 麦類赤かび病 (Fusarium head blight, scab) と規格基準

1-1. 病害と原因菌

麦類赤かび病は、小麦、大麦など麦類の重要

病害であり、罹病するとやせた穀粒となり、子実の収量が低下する（図1）。麦類赤かび病菌として世界的に分布しているのは、フザリウム属菌のうち、*Fusarium graminearum* ならびに *F. culmorum* である。これらの菌は、収量低下をもたらすのみならず、トリコテセン系かび毒といわれる特徴的な化学構造をもつ化合物であるデオキシニバレノール（DON）や、ゼアラレノン（ZEA）といったかび毒を産生する（図2）ことから、食品衛生上も危害をおよぼす。いっぽうアジア地域ならびに本州西日本以南では、*F. asiaticum* が分布している。*F. asiaticum* は稲作との輪作体系のもとで優占種となることが多く、DON の類縁体であるニバレノール（NIV）

を単独あるいは DON とともに産生することが知られている（図2）。

わが国では、1955 年の農産物検査規格改正により小麦中の赤かび粒混入率の許容上限が 1.0% 以下と定められていたが、2003 年産小麦より、許容上限が 0.0% に引き下げられた。これは、800-1000 粒入る検査用黒色皿に赤かび粒が 1 粒でもあれば規格外になるという大変厳しい基準である⁴⁾。また 2008 年には、DON, NIV 汚染低減のための指針が出されている⁵⁾。DON, NIV, ZEA の毒性は次節のとおりであり、DON, ZEA については、食品または飼料中の基準値が定められている。

1-2. デオキシニバレノール（DON）

代表的なフザリウム毒素で、嘔吐（vomit）・下痢を惹き起こすことから、ボミトキシンとも言われる。皮膚炎、消化管障害や免疫系障害など多面的な毒性を示すが、発がん性は報告されていない。日本では、第二次世界大戦後に東京・中野にて発生した嘔吐を伴った集団食中毒（粗悪な配給小麦で作られたすいとんによる）の原因物質とされている。

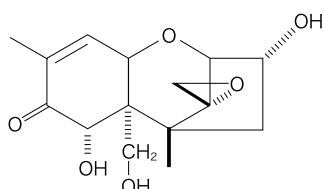
DON については世界的に汚染が問題となっており、多くの国で基準値が設定されており、そのレベルのほとんどが 1 ppm 前後である。日本では、2002 年に内麦の一部で高レベルの DON 汚染が報告されたことから、厚生労働省により同年 5 月に未加工小麦中の DON に対して 1.1 ppm という暫定基準値が設定された。この値は、以下の国際的なリスク評価等に基づき、科学的に設定されたものである。すなわち、



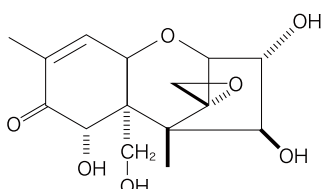
健全粒 赤かび粒



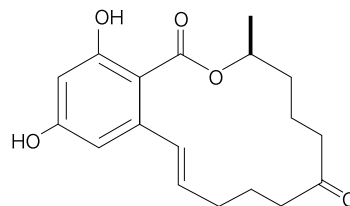
図1 フザリウム属菌（赤かび病菌）に罹病した穂と子実（右側）



デオキシニバレノール(DON)



ニバレノール(NIV)



ゼアラレノン(ZEA)

図2 小麦を汚染する主要なフザリウム毒素

JECFA によるリスク評価*：

$$1 \mu\text{g/kg/day} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ g/kg/day}$$

日本人の平均体重：50 kg

一人当たりの小麦摂取量：89.8 g/day

小麦原麦の加工による DON の残存率（推定）：
50% より，暫定基準値 $= 1.0 \times 10^{-6} \times 50 / (89.8 \times 0.5) = 1.1 \times 10^{-6} = 1.1 \text{ ppm}$ 。

1-3. ニバレノール (NIV)

DON の類縁体（化学構造上，水酸基が1つ多いのみ）であるが，欧米では問題となっており，基準値を設定している国は無い。しかしアジア地域に分布している *Fusarium asiaticum* によって主に産生されるかび毒であり，日本では本州以南の小麦で単独汚染または DON との共汚染が見られる。毒性が DON よりやや高いと言われていることから，国内での基準値策定が検討されている。

1-4. ゼアラレノン (ZEA)

トリコテセン系骨格を持たないフザリウム属かび毒で，女性ホルモン作用（エストロゲン作用）を示し，家畜が摂取することにより，受胎異常や流産を引き起こす。海外では，ブタの過エストロゲン症による死亡事故が発生している。DON, NIV 等のトリコテセン系かび毒との同時汚染がしばしば認められる。

食品中の基準値は無いが，家畜に供される飼料中の基準値が 1.0 ppm と定められている。

2. 小麦原麦の一次加工により，かび毒は減衰するか？

前述のように，DON の基準値設定の際に，小麦加工による DON の残存率は 50% という推定値が用いられたが，この値は欧米小麦でのデータから推定されたものであり，国産小麦

の場合は科学的根拠が乏しく，また NIV, ZEA の残存率については，ほとんどデータがない状況であった。

小麦の場合，原麦は物理的な加工である一次加工，ほとんどの場合は製粉というフスマを除去する工程を経てから，食用小麦粉（ヒトの可食部）となる。

そこでまず，一次加工である製粉を行う際に，DON, NIV, ZEA がどのように移行するかを調査するために，製粉分画における DON, NIV, ZEA の分析法について，単一試験室内での妥当性確認を行った。その後，標準的な試験製粉を行い，妥当性確認された分析法を用いて，原麦ならびに各製粉分画における DON, NIV, ZEA 濃度を測定した。

2-1. 製粉試験に供する国産小麦について

DON, NIV, ZEA に汚染した国産小麦は，九州地域の試験研究圃場において人工的にフザリウム属菌を接種して作成されたものである。小麦圃場の土壤にフザリウム属菌をまぶしたトウモロコシ粒を撒き，スプリンクラー散水により空气中に胞子が蔓延する環境を人工的に作り出し，高確率で自然感染が起こるようにしている。

品種ならびに汚染レベルにより，製粉後の残存率に差が出ることが予想されることから，2種類の小麦品種（品種 A，品種 B）を収穫して製粉試験を行った。品種 A，品種 B ともに本州以南の主力品種である。

2-2. 原麦および各製粉分画における DON, NIV, ZEA 分析法の妥当性確認

妥当性確認の方法として，添加回収試験を行った。

* 2001 年 2 月開催の第 56 回 FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）にて，各国から提供された過去の動物実験のデータ等に基づきヒトに対する毒性の評価が行われた結果，マウスでの 2 年間の長期投与試験により得られた最大無作用量（NOEL：マウス体重 1 kg/day あたり 100 μg ）をもとに，発がん性が認められていないことから安全係数（= 不確実係数）を 100（種差 $\times$ 個体差 $= 10 \times 10$ ）として，ヒトの体重 1 kg $\cdot$ 1 日あたりの暫定的な耐容摂取量（PMTDI；provisional maximum tolerable daily intake）を 1 $\mu\text{g/kg/day}$ とされた。

添加レベルとして、DONでは原麦中の暫定基準値が1.1 ppmであることから、その半分未満のレベルから調査するため、DON、NIVについては、0.5 ppmに設定した。ZEAについては食品中の基準値は無いが、飼料中の基準値が1.0 ppmであることから、0.4 ppmに設定した。DON、NIVについては「多機能精製カートリッジとHPLC-UV法」を用いた分析法、ZEAについては「多機能精製カートリッジとHPLC-蛍光検出法」を用いた分析法を用いて、添加回収試験を行った。

製粉は、世界標準の試験製粉法となっている、2種類のロール（ブレイキロール、ミドルリングロール）を擁したビューラー式テストミルを用いて行った。こちらの製粉機では、2種類のふすま（Bran；大ふすまとShorts；小ふすま）ならびに6種類の粉（1B、2B、3B、1M、2Mおよび3M）を得ることができる。番号の若い粉ほど胚乳中央部に近い上質な粉とされ、通常

ヒトの可食部となる上質粉は、1B+1M+2B+2Mから作成される。残りの3B+3Mは末粉として飼料用となる（図3）。

上の各製粉分画において、添加回収試験の回収率を算出したところ、いずれも妥当な範囲内とされる70-120%以内であった。また相対標準偏差についても10%以内であり、AOAC基準を満たしていた⁶⁾（表1、品種Bでのデータ）。以上から、DON、NIV、ZEAの製粉前後の濃度変化を調査する分析法について、その妥当性が確認された。なお、原麦中のDONについては、添加回収試験のみならず、食品分析技能試験でも、われわれのラボの分析法は良好な成績を得ている。

2-3. 原麦および上質粉におけるDON、NIV、ZEA濃度と上質粉での残存率

製粉前に、唐箕風選により軽重量粒を除き、品種A、品種Bの両汚染試料とも、外見上は

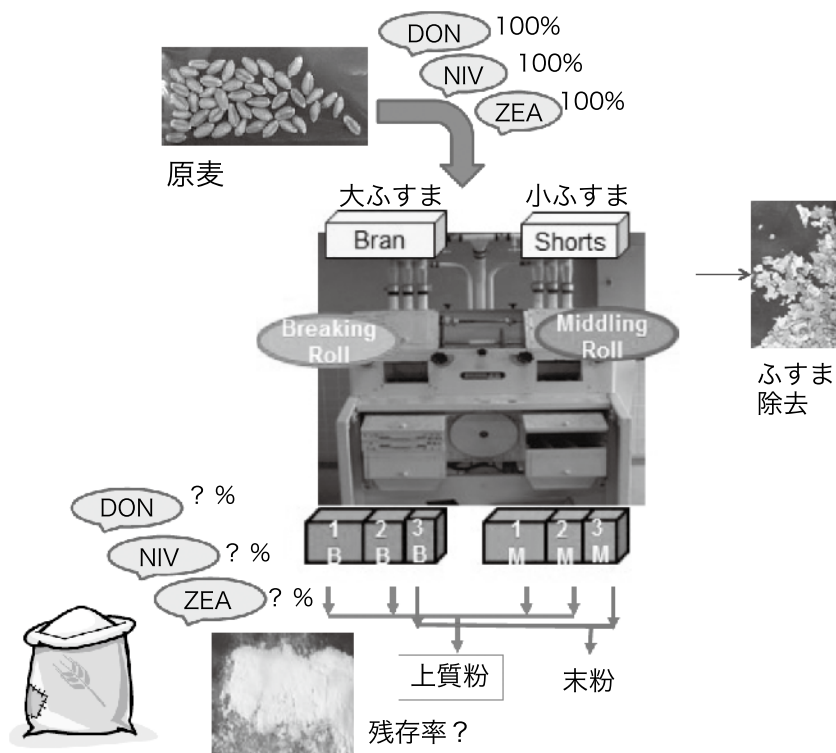


図3 試験製粉機と分画

表 1 かび毒分析法における添加回収試験 (品種 B, n = 3)

	DON		NIV		ZEA	
	回収率 (%)	相対標準偏差 (%)	回収率 (%)	相対標準偏差 (%)	回収率 (%)	相対標準偏差 (%)
原麦	96.0	3.7	79.5	3.6	112.1	2.8
上質粉	106.5	1.7	87.5	4.9	103.8	3.1
末粉	93.0*		81.2*		105.4	2.1
大ふすま	94.1	3.1	73.7	1.5	108.1	3.9
小ふすま	115.8*		92.2*		103.8	3.1

* n = 1 のため、相対標準偏差値なし

表 2 原麦・上質粉でのかび毒濃度と上質粉での残存率

	品種 A			品種 B		
	DON	NIV	ZEA	DON	NIV	ZEA
原麦 (ppm)	1.89	1.47	0.76	0.90	0.72	0.12
上質粉 (ppm)	1.12	0.39	0.27	0.86	0.56	検出限界未満*
残存率 (%)	59	26	36	96	77	<33

* 検出限界 = 0.036 ppm

赤かび粒は除かれた状態で製粉を行った。歩留まりやミリングスコア等の製粉特性は、非汚染試料と変わりなかった。

汚染試料を用いて試験製粉を行い、上節で妥当性確認された分析法を用いて測定した DON, NIV, ZEA 濃度のデータを表 2 に示す。DON, NIV の上質粉での残存率は、26% ~ 96% まで広い範囲に渡っており、製粉による減毒効果がほとんど見られない場合 (品種 B における DON, NIV の残存率: それぞれ 96% と 77%) があることが明らかとなった⁷⁾。一方, ZEA の上質粉での残存率は、33% 未満 ~ 36% となっており、両品種ともに製粉により半分以上の ZEA がヒトの可食部から除去されていた⁸⁾。

外国産小麦では NIV の製粉での動態データはほとんどないが、同様にビューラー式テストミルを用いて DON と ZEA の製粉での動態を比較した報告によると、米国産小麦においても ZEA のほうが、DON よりも上質粉での残存率が低いという結果となっている (DON: 原麦で 2.8 ppm → 上質粉で 1.5 ppm (上質粉での残存率 = 54%), ZEA: 原麦で 0.95 ppm → 上質粉で 0.1 ppm (上質粉での残存率 = 11%))⁹⁾。こ

うした DON または NIV と, ZEA の製粉での動態の違いの要因は不明であるが、図 2 に示される、各化合物の化学的特性に由来する可能性が考えられる。すなわち、DON または NIV は水溶性が高いため、まず外皮に侵入したかびによって産生された DON または NIV が、外皮にとどまらずに胚乳内部 (登熟初期はかなり水分含量が高い) まで拡散しやすいのに対し、ZEA は水溶性が低いために外皮にとどまっているものと推察される。今後、かび毒の蓄積・拡散メカニズムについても興味を持たれるところである。

DON, NIV については、製粉のみではヒトの可食部の毒素レベルが半減しない場合もあることが示されたが、両化合物ともに親水性であり、また今回用いた国産小麦品種はいずれも麺用であることから、上質粉を用いて麺を作成し、ゆで調理を行いゆで汁を廃棄することで、より毒素を低減できる可能性が有る¹⁰⁾。今後引き続き、上質粉を用いて調理実験を行い、最終食品での残存率を解析していく予定である。

おわりに

本調査により、以下の成果が得られた。

(1) 本州以南で栽培されている2品種の国産小麦を用いて製粉を行った結果、DONまたはNIVについては、製粉でふすまを除去することの効果が低い場合が有り、上質粉でのDONまたはNIV濃度が半減しない場合が有る。

(2) 上の小麦を同時汚染していたZEAについては、製粉での動態が異なっており、両品種の製粉後の上質粉でのZEA濃度は原麦の半分未満であった。

本調査で得られた成果は、今後国内における小麦のかび毒に関する規格基準策定の際の科学的エビデンスとなる。

参考文献

1. 久城 真代：マイコトキシンの基礎 1-1) 食品分野のマイコトキシン．防菌防黴，**40**(6): 373-380, 2012.
2. 小西 良子，久城 真代：カビ毒，微生物孢子 — 制御と対策（渡部 一仁，土戸 哲明，坂上 吉一 編）．サイエンスフォーラム，千葉，155-161, 2011.
3. 一戸 正勝：食品の一次加工，調理によるカビ毒の消長と輸入食品のカビ毒産生菌．日本調理科学会誌，**42**(5), 349-354, 2009.
4. 榑 浩行：マイコトキシン暫定基準値の設定と生産上の対応．冬作物研究，**2**: 1-5, 2002.
5. 農林水産省消費・安全局，生産局「麦類のデオキシニバレノール・ニバレノール汚染低減のための指針」平成20年12月17日
6. AOAC International: Official method for analysis, appendix E: Laboratory quality assurance, AOAC International, MD, 2005.
7. M. Thammawong, M. Okabe, T. Kawasaki *et al.*, Distribution of deoxynivalenol and nivalenol in milling fractions from *Fusarium*-infected Japanese wheat. *Journal of Food Protection*, **73**(10), 1817-1823, 2010.
8. Y. Zheng, S. M. Hossen, Y. Sago *et al.*, Effect of milling on the content of deoxynivalenol, nivalenol, and zearalenone in Japanese wheat. *Food Control*, **40**, 193-197, 2014.
9. D. M. Trigo-Stockli, C. W. Deyoe, R. F. Satumbaga *et al.*, Distribution of deoxynivalenol and zearalenone in milled fractions of wheat. *Cereal Chem.*, **73**, 388-391, 1996.
10. M. Kushiro: Effects of milling and cooking processes on the deoxynivalenol content in wheat. *Int. J. Mol. Sci.*, **9**(11), 2127-2145, 2008.

梨加工品の実験的抗炎症効果

— 規格外梨の有効利用に向けた取り組み —

東 和生 (AZUMA Kazuo)¹ 伊福 伸介 (IFUKU Shinsuke)² 大崎 智弘 (OSAKI Tomohiro)¹
岡本 芳晴 (OKAMOTO Yoshiharu)¹ 齋本 博之 (SAIMOTO Hiroyuki)²

¹ 鳥取大学農学部共同獣医学科 臨床獣医学講座

² 鳥取大学工学研究科

Key Words：梨 酢 セルロースナノファイバー 潰瘍性大腸炎 抗炎症 規格外農産物 有効利用

要旨

梨は鳥取県を代表する農産物であるが、生産者にとっては「規格外」梨の有効活用という解決すべき問題が存在している。これまでに我々は、産官学での連携により梨加工品（梨酢、梨セルロースナノファイバー）の抗炎症効果を実験的に証明している。本稿では、その概要を紹介する。

はじめに

鳥取県は二十世紀梨をはじめ全国有数の梨の産地であり、それらの大部分は贈答用である。外観上の問題があるもの、一部が腐敗したものなどは「規格外」梨として加工用に利用されている。正確な統計はないものの、収穫量の1割以上がその「規格外」梨であると考えられている。それら「規格外」梨の有効利用のため、我々は梨加工品の抗炎症効果を検討している。本稿では、梨を原料にした「梨酢」および梨に含まれるセルロースをナノファイバー化した「梨セルロースナノファイバー」の抗炎症効果を紹介する。

1. 梨酢の抗炎症効果¹⁾

使用した梨酢（PV）はAONケミカル（有）（鳥取県）から提供されたものを使用した。この梨酢は市販のリンゴ酢（AV）に比べ、ガラクトuron酸を多く含有しているのが特徴である（梨酢：0.51 g/dL，リンゴ酢：検出限界以下）。動物モデルは、デキストラン硫酸ナトリウム（DSS）を経口投与することで作製する、潰瘍性大腸炎（UC）モデルを用いた。UCは、マウス（C57BL/6，メス，6週齢）に3%DSS（w/v）水溶液を6日間飲水させることで作製した。梨酢およびリンゴ酢は、3%DSS水溶液中にそれぞれ4.5あるいは9%（v/v）含有されるよう調整し、6日間経口投与した。6日目に、マウスを安楽死処分し血液および大腸組織を得、血清

Corresponding author：東 和生 (Kazuo Azuma)

連絡先：〒680-8533 鳥取県鳥取市湖山南4丁目101

鳥取大学農学部 共同獣医学科 臨床獣医学専攻

E-mail：kazu-azuma@muses.tottori-u.ac.jp

Tel/Fax：0857 - 31 - 5433

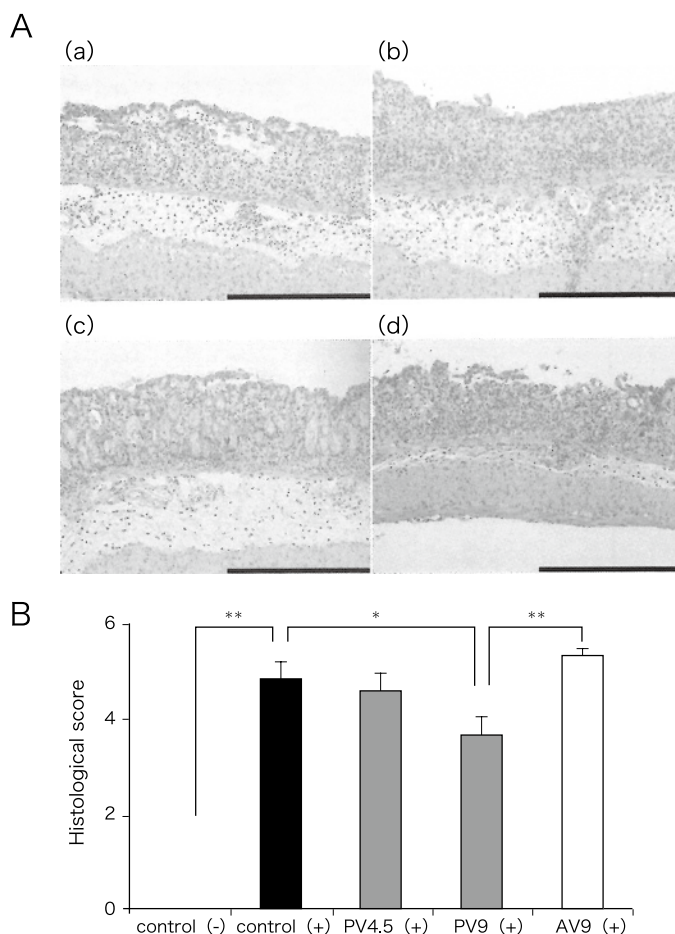


図1 梨酢経口摂取がUCモデルの大腸損傷に及ぼす影響

A: HE染色像, (a): コントロール群 (潰瘍性大腸炎群), (b): 4.5 % PV 投与群, (c): 9%PV 投与群, (d): 9%AV 投与群。PV 投与により大腸上皮の破壊, 粘膜下組織への炎症性細胞の浸潤および肥厚は軽減された。Bar: 200 μ m。
B: 組織損傷スコア, 結果は平均値±標準誤差で示した。9%PV 経口投与により組織損傷スコアは有意に低値を示した。
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

インターロイキン-6 (IL-6) 濃度測定及び組織学的検索に供した。組織学的損傷スコア結果を図1に示した。梨酢の経口投与により, コントロール群 (control (+)) 群と比較してUCによる大腸の損傷は有意に軽減された。しかし, リンゴ酢では大腸の粘膜損傷軽減効果は確認されなかった。血清IL-6濃度結果を図2に示した。PV投与群では, コントロール群と比較して血清IL-6濃度は有意に低値を示した。これまでに, 梨酢に含まれるガラクトキロン酸自身に抗炎症効果があることを我々は確認している¹⁾。

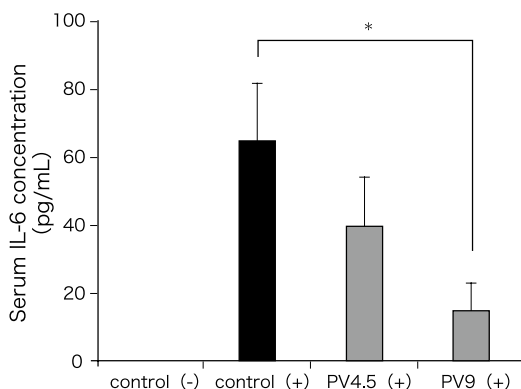


図2 PV経口投与が血清中IL-6濃度に及ぼす影響
結果は平均値±標準誤差で示した。9%PV経口投与により血清IL-6濃度は有意に低値を示した。* $p < 0.05$ 。

2. 梨ナノファイバーの抗炎症効果²⁾

近年、セルロースナノファイバーの比較的簡便な製造方法が確立され、様々な材料からの作製が可能となっている³⁻⁵⁾。Ifuku らは、梨を利用し簡便にセルロースナノファイバーが作製可能であることを報告している⁶⁾。Ifuku らの方法では、リグニンやヘミセルロースを除去することなくセルロースのナノファイバー化が可能であるため、作製が非常に可能であること、有効な食品成分を残したままナノファイバー化する

ことでそれらの相乗効果が期待できることなどが利点として考えられている。我々は、UC モデルを用いて梨から作製したセルロースナノファイバーの抗炎症効果を検討した。

UC モデルは、前述の方法に従い作製した。サンプルは、梨をミキサーにてすりつぶした梨ジュース (PJ)、PJ を水熱処理したもの (PJ-htt)、PJ-htt を解繊した梨ナノファイバー (P-CNF) を準備した。また、対照として木材より作製したセルロースナノファイバー (W-CNF) も準

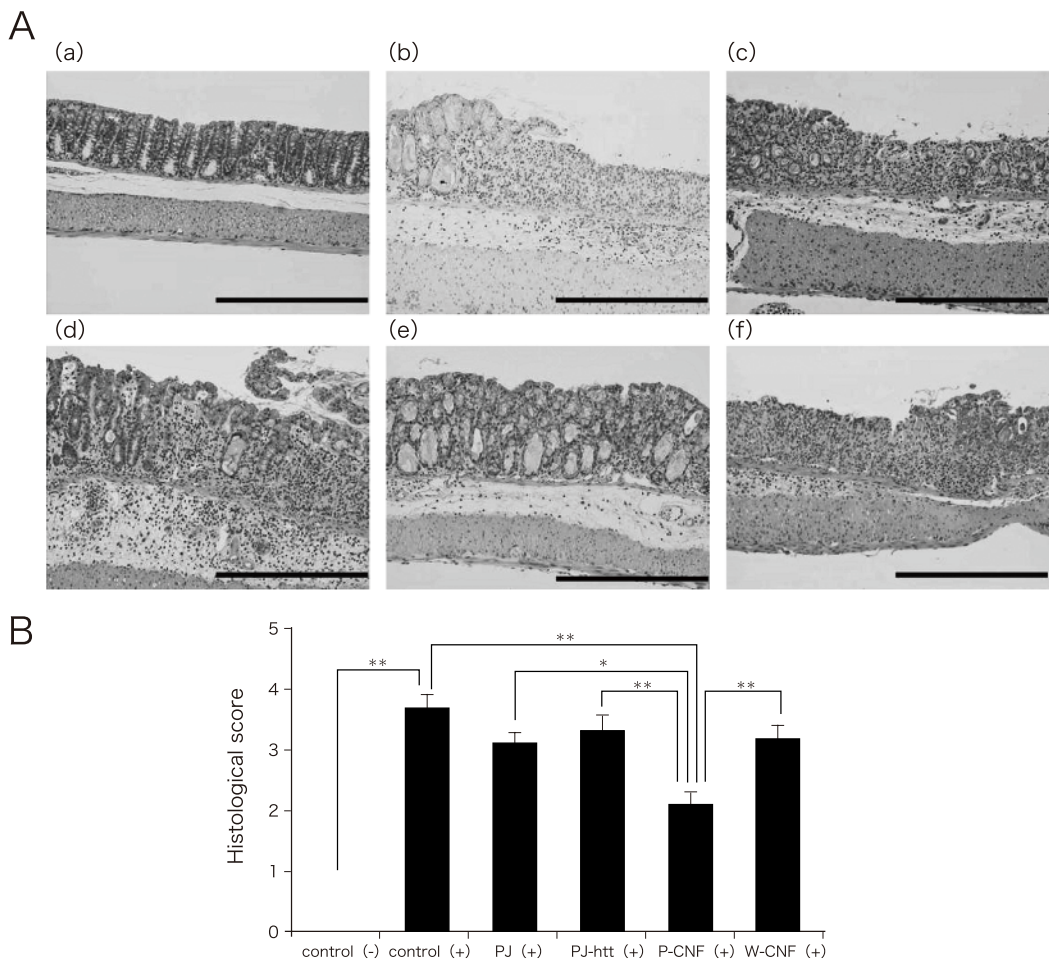


図3 P-CNF 経口摂取による大腸損傷抑制効果

A: HE 染色像, (a): 無処置群, (b): コントロール群 (潰瘍性大腸炎群), (c): PJ 投与群, (d): PJ-htt 投与群, (e): P-CNF 投与群, (f): W-CNF 投与群。P-CNF 投与により大腸上皮の破壊, 粘膜下組織への炎症性細胞の浸潤および肥厚は軽減された。Bar: 200 μ m。

B: 組織損傷スコア, 結果は平均値±標準誤差で示した。P-CNF 投与により組織損傷スコアは有意に低値を示した。

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

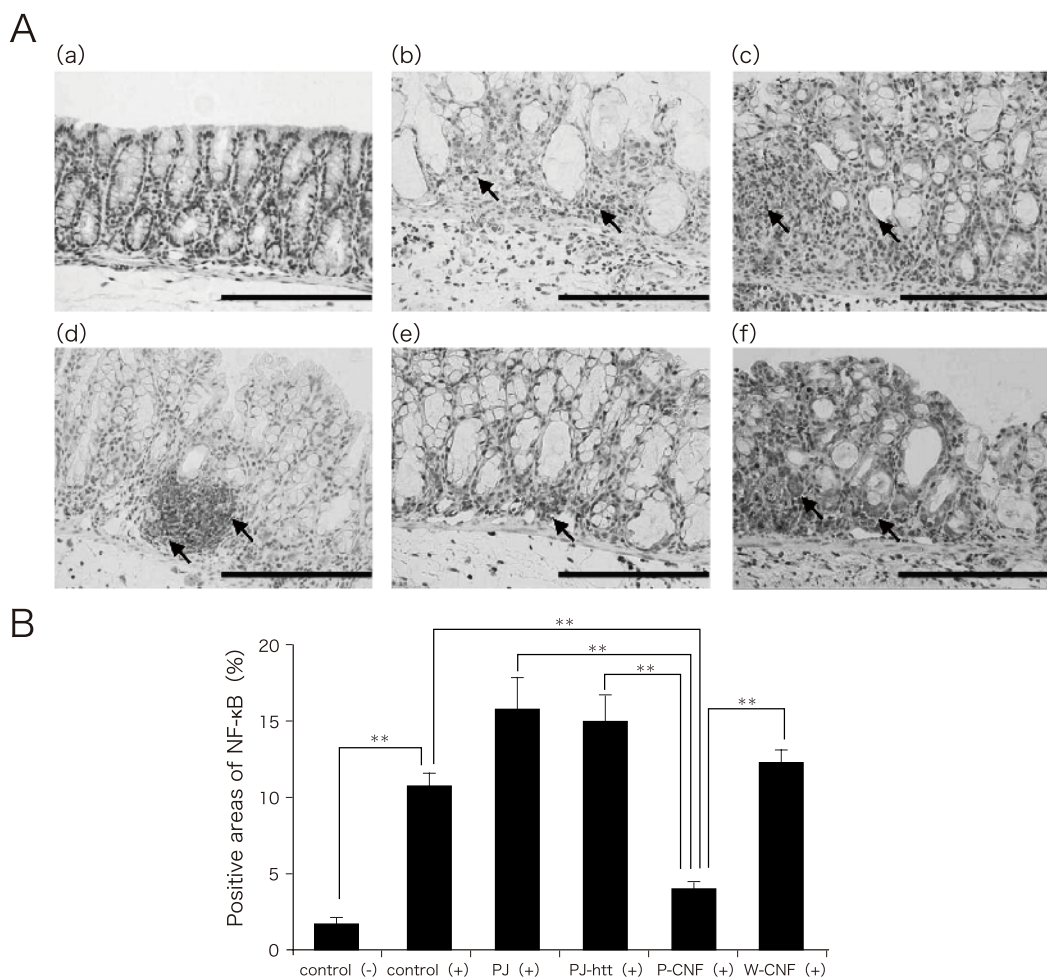


図4 P-CNF 経口摂取による UC 大腸組織の NF- κ B 免疫染色結果

A: HE 染色像, (a): 無処置群, (b): コントロール群 (潰瘍性大腸炎群), (c): PJ 投与群, (d): PJ-htt 投与群, (e): P-CNF 投与群, (f): W-CNF 投与群。P-CNF 投与により陽性面積は減少した。Bar: 200 μ m。

B: 陽性面積率結果, 結果は平均値 $\pm$ 標準誤差で示した。P-CNF 投与により NF- κ B 陽性面積率は有意に減少した。

** $p < 0.01$ 。

備した。10 倍希釈した各サンプルに 3% (w/v) となるよう DSS を溶解させた水溶液を飲水させ、5 日目に安楽死処分に大腸を採材し組織学的検索に供した。組織損傷スコアの結果を図 3 に示した。P-CNF 投与群では、他群と比較して組織損傷スコアは有意に低値を示した。また、炎症において重要な役割を果たす分子の一つである Nuclear factor- κ B (NF- κ B)⁷⁾ の免疫染色および陽性面積率算出結果を図 4 に示した。P-CNF 投与群では、陽性面積率は有意に減少

していた。

まとめ

果実をはじめとする植物の摂取は、我々の健康維持にとって非常に有用であることが示されている⁸⁾。今回の結果から、梨加工品は抗炎症効果を有することが明らかとなった。生産者側の問題としては「規格外」農産物をどのように有効活用するかという点に関してまだまだ検討の余地が残されている。今回示したように、加

工により付加価値を与えることは「規格外」農産物の有効利用への新たな選択肢となることが期待される。今後、産学官が一体となつての規格外農産物の有効利用に対する取り組みが期待される。

[謝辞]

本研究成果は、「平成 23-25 年 鳥取県美容と健康創出事業」による支援を受けて実施された。

参考文献

1. T. Wakuda, K. Azuma, H. Saimoto, *et al.*: Protective effects of galacturonic acid-rich vinegar brewed from Japanese pear in a dextran sodium sulfate-induced acute colitis model. *Journal of Functional Foods*, **5**: 516-523, 2013.
2. K. Azuma, T. Osaki, S. Ifuku, *et al.*: Anti-inflammatory effects of cellulose nanofiber made from pear in inflammatory bowel disease model. *Bioactive Carbohydrate and Dietary Fibre*, **3**: 1-10, 2014.
3. K. Abe, H. Yano.: Comparison of the characteristics of cellulose microfibril aggregates of wood, rices traw and potato tuber. *Cellulose*, **16**: 1017-1023, 2009.
4. K. Abe, H. Yano.: Comparison of the characteristics of cellulose microfibril aggregates isolated from fiber and parenchyma cells of Mosobamboo (*Phyllostachys pubescens*) *Cellulose*, **17**: 271-277, 2010.
5. K. Abe, S.,Iwamoto, H. Yano.: Obtaining cellulose nanofibers with a uniform width of 15 nm from wood. *Biomacromolecules*, **8**: 3276-3278, 2007.
6. S. Ifuku, M. Adachi, M. Morimoto, *et al.*: Fabrication of cellulose nanofiber from parenchyma cells of pear and apple. *Seni Gakkaishi*, **67**, 34-38, 2011.
7. CO. Elson, Y. Cong, VJ. McCracken *et al.*: Experimental models of inflammatory bowel disease reveal innate, adaptive, and regulatory mechanisms of host dialogue with the microbiota. *Immunological Reviews*, **206**: 260-27, 2005.
8. CK. Shih, W. Chiang, ML. Kuo.: Effects of adlay on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Food and Chemical Toxicology*, **42**: 1339-1347, 2004.

健康食品の エビデンス

濱舘 直史 / 濱舘学術事務所

第5回

鮫肝油

肝油と聞くと、甘くて美味しい肝油ドロップを思い浮かべる方も多いのではないのでしょうか。私も小さい頃、親に隠れて一度にたくさん食べていた思い出があります。肝油はタラ、サメ、エイの肝臓から抽出した油で、戦後の日本人に多かったビタミンA不足による、特に小児の角膜乾燥症を予防することを目的に考案されました。ビタミンAの典型的な欠乏症として、乳幼児では角膜乾燥症から失明に至ることもあり、成人では夜盲症（とり目）を発症します。その他、成長障害、骨及び神経系の発達抑制もみられ、上皮細胞の分化・増殖の障害、皮膚の乾燥・肥厚・角質化、免疫能の低下¹⁾や粘膜上皮の乾燥などから感染症にかかりやすくなるとされています²⁾。脂溶性ビタミンのビタミンAは過剰摂取に注意が必要ですので、肝油ドロップが美味しくても食べ過ぎてはいけません。戦後、初めに開発された肝油は現代の肝油ドロップのように甘くて美味しいものではなく、魚の臭みが残るもので、油をそのまま摂取していたそうです。その飲みづらさや成分の安定性を高めるために肝油ドロップが開発されました。そして、現代の肝油ドロップはというと、肝油は含まれておらず、ビタミンA、ビタミンC、ビタミンDなどを添加して製造しているようです。現代の日本でビタミンA不足が問題となるケースはきわめてまれですが、発展途上国の貧しい地域では良くみられるため、ビタミンAのサプリメントが支援物資として使用されています。以上のような背景のある肝油ですが、最近では深海鮫の肝油が免疫賦活作用などの有用な効果をもつことが報告されており、風邪などの感染症予防を中心とした健康維持を目的として、鮫肝油のサプリメントが広く用いられるようになりました。

サメは、がんや感染症に対して異常な抵抗性をも

つことから、免疫能を中心に多くの研究が20世紀初頭から現在にかけてなされています^{3,4)}。鮫肝油は、ノルウェーとスウェーデンの漁師に伝わる伝統医療に用いられ、その中で創傷治癒、呼吸器・消化管内・リンパ節の炎症治療のために使用されてきました。また、ヘミングウェイの「老人と海」の中でも主人公が、鮫肝油を風邪の予防や目の健康維持のためにと摂取しているシーンが描かれています。鮫肝油の作用本体は、その含有量からもアルコキシグリセロールとスクアレンであると考えられ、n-3不飽和脂肪酸(DHA, EPAなど)も含んでいますがその含有量は比較的小量であることが知られています。

アルコキシグリセロールは、ヒトの乳、ウシの乳、ヒツジの乳、ヒトの赤色骨髄、赤血球、血漿などの中で存在が確認されています⁵⁾。特に、ヒトの初乳中での含有率が高いことが知られていることから、乳幼児の免疫能向上に関係していると考えられています。また、生体内で、造血、免疫防御、精子の質改善、抗がん、抗転移作用などの生理活性をもつ可能性が示されています³⁾。スクアレンは鮫肝油の他にも、オリーブ油、パーム油などにも含まれていることが報告されています⁶⁾。生体内では、皮膚表面の多価不飽和脂質の主成分であり、水分補給、抗酸化作用をもち、肌の柔軟性を保つ働きがあると考えられています。そのため、スクアレンに水素を付加して安定化されたスクアランが化粧品などに用いられています。また、スクアレンの生理作用として、免疫賦活、抗がん、肝機能改善、脂質代謝改善、抗酸化、放射線障害軽減、ワクチン効果増強作用などが報告されています⁷⁾。スクアレンはコレステロールの前駆体ですので、血中のコレステロール値を上げることが予想されますが、興味深いことに、脂質異常症患者に投

埼玉県出身。北海道大学大学院医学研究科博士課程修了。専門分野は天然物化学、循環器薬理学、神経薬理学。健康食品会社にて研究開発部門の創設に携わり、健康食品の安全性・有効性の評価を担当。現在は濱館学術事務所を設立し、健康食品関連企業向けの学術・研究開発をサポートするコンサルタント業務を行っている。



与することで、スクアレン単独もしくは脂質異常症治療薬であるプラバスタチンとの併用で、血中コレステロールや中性脂肪を低下させることが報告されています⁸⁾。また、健康者に対しても血中のコレステロール値を上げることはないことが報告されています⁹⁾。

免疫賦活作用については、健康成人 42 名を対象としたプラセボ対照二重盲検並行群間比較試験によって、唾液中の分泌型免疫グロブリン A (s-IgA) 濃度を上昇させることが示唆されています¹⁰⁾。s-IgA 濃度が低下することで上気道感染症の発症が増加すると言われていますので、s-IgA 濃度の上昇は風邪などの上気道を経由する感染症の抑制につながると考えられます。また、健康成人 41 名を対象としたプラセボ対照二重盲検並行群間比較試験によって、血管の硬さの指標として用いられる CAVI (Cardio Ankle Vascular Index) と LDPI (Laser Doppler Perfusion Imaging) を用いた末梢血流の値を改善する可能性が示されています⁹⁾。さらに、術後高齢患者 40 名を対象とした試験において、鰵肝油が創傷治癒促進と術後感染症予防効果をもつ可能性が示されています¹¹⁾。

作用機序については、アルコキシグリセロールは、血小板活性因子 (PAF) とジアシルグリセロール (DAG) 産生の制御を通して、免疫反応をコントロールすると考えられています。また、スクアレンは、抗原提示と免疫反応誘導を増強する可能性があります。

す。このように、アルコキシグリセロールとスクアレンはおそらく異なる機序を介して免疫能改善作用をもつ可能性があります。これらのことから、鰵肝油は不適切な免疫反応に起因する病状の治療、数種の癌の補助的療法の中で有用であることが期待されています⁴⁾。

安全性については、詳細な一般薬理試験が報告されており、その中では、鰵肝油はきわめて毒性が低く、中枢神経系、循環器系、末梢神経系に対する作用ならびに抗炎症作用および利尿作用などがほとんどなく、きわめて安全性の高い物質であることが示唆されたとされています¹²⁾。また、昔からの食経験や臨床研究での鰵肝油との因果関係がある有害事象がほとんど報告されていないことから、大きな問題は無いと考えられますが、国立健康・栄養研究所の「健康食品」の安全性・有効性情報では、鰵肝油に含まれるスクアレンは、6 ヶ月齢男児 (韓国) が、慢性便秘解消を目的に、母親からスクアレンを 3 ヶ月齢より 3 ヶ月間程度与えられたところ (摂取量等不明)、呼吸困難が生じ、摂取中止により改善したため、スクアレン誘発性外因性脂肪肺炎と診断されたという報告があるとされているため、小児の大過剰な摂取は避けた方が良いでしょう。日本でもマナガツオの食中毒の原因の一つとしてジアシルグリセリルエーテルが考えられる事象が 2 件報告されています¹³⁾、その時の体調や体質によっても体に合う合わないということがある可能性があります。

参考文献

- 1) Sigmundsdottir H *et al.*, Environmental cues, dendritic cells and the programming of tissue-selective lymphocyte trafficking, *Nat Immunol.* 2008; **9**: 981-987.
- 2) 厚生労働省, 日本人の食事摂取基準 (2015 年版), 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書. 2014.
- 3) Deniau AL *et al.*, Multiple beneficial health effects of natural alkylglycerols from shark liver oil, *Mar Drugs.* 2010; **8**(7): 2175-2184.
- 4) Iannitti T *et al.*, An update on the therapeutic role of alkylglycerols, *Mar Drugs.* 2010; **8**(8): 2267-2300.
- 5) Hallgren B, The glyceryl ethers in man and cow, *J Lipid Res.* 1962; **3**: 39-43.
- 6) Huang Z *et al.*, Biological and pharmacological activities of squalene and related compounds: potential uses in cosmetic dermatology, *Molecules.* 2009; **14**: 540-554.
- 7) 西川正純, サメ由来の有効成分について (最近の情報), *Nippon Suisan Gakkaishi.* 2002; **68**(5): 723-728.
- 8) Chan P *et al.*, Effectiveness and safety of low-dose pravastatin and squalene, alone and in combination, in elderly patients with hypercholesterolemia, *J Clin Pharmacol.* 1996; **36**(5): 422-427.
- 9) Hamadate N *et al.*, Vascular effects and safety of supplementation with shark liver oil in middle-aged and elderly males, *EXPERIMENTAL AND THERAPEUTIC MEDICINE.* 2015; **10**: 641-646.
- 10) 濱館直史ら, 健常男女成人における唾液の分泌型免疫グロブリン A 濃度に対する深海鰵肝油含有食品の効果, 日本補完代替医療学会誌. 2015; **12**(1): 45-49.
- 11) Palmieri B *et al.*, Jurassic surgery and immunity enhancement by alkylglycerols of shark liver oil, *Lipids Health Dis.* 2014; **13**: 178.
- 12) 佐藤剛ら, ホシゴマシズから抽出したジアシルグリセリルエーテルのリパーゼ加水分解性とマウスの急性経口毒性, 日水誌. 2002; **68**: 569-575.
- 13) 赤塚謙一ら, 鰵肝油の一般薬理試験, 基礎と臨床. 1978; **12**(4): 81-95(775-789).

ニジマスの肉色改善－1

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

Key Words：ニジマス 肉色 カロチノイド アスタキサンチン オキアミミール カンタキサンチン 血
漿色素濃度 肉色素濃度 色調

一般にサケ・マス類の肉は赤いとの先入観が有る為か、1Kgを超す大型のニジマスでは肉の色を赤くして販売する場合が多かった。確かに刺身にしても切り身にしても赤い方が綺麗で見栄えも良い。ところが最近はニジマスの利用目的の多様化によってか、一尾付けの皿に乗る程度の小型魚も肉を赤くして欲しいとの要求が強くなってきた。これとは逆に白身魚の刺身用商材としての需要も有るので、ニジマスの肉をヒラメの様に透明感の有る無色に出来ないかとの話も聞く。また、肉の色ではないが、テンプラ用商材として数gの大きさのニジマス幼魚の体表を綺麗な色に出来ないかと言う様な要望も有る。

魚の使用目的によって要求される肉や体表の色が異なり、夫々の要求に対して養殖業者が経験に基づいて独自の技術でなんとか対応しているのが実情である。この様な効率が悪くて無駄が多い現状を改善する為には、魚種別、魚体重別にどの様な色素をどの程度の量与えればどの様な色になるのかを予め調べておくことが必要である。これから行う一連の報告は、ニジマスの肉色を良くするには如何したら良いかを説明するものである。

本報告の試験-1で合成アスタキサンチンとオキアミミール、試験-2で合成アスタキサンチンと合成カンタキサンチンを投与した場合の

消化管内容物の組成と血漿総カロチノイド含量の経時変化から各色素の見掛けの吸収率の違いを調べた。また、試験-3で合成アスタキサンチンあるいは合成カンタキサンチンを添加した飼料でニジマスを2カ月余飼育し、背肉の色調と色素量の変化を調べた。

以下夫々の試験の詳細を説明する。

試験 -1

色素源を含まない飼料で飼育したニジマスの肉は赤くない。肉を赤くする為には飼料経由で赤色の色素を与える必要が有る。サケ・マス類の天然魚が赤い肉色をしているのは、主としてアスタキサンチンと云う赤いカロチノイドが肉に蓄積している為である。これは天然のサケ・マス類が食べている餌で、主としてオキアミ等の甲殻類に由来するものである。

本試験ではニジマスの肉色改善を行う時に飼料に添加するアスタキサンチン源として何を使用するのが適切であるかを調べた。

1. 方法

1-1. 色素源

人工のアスタキサンチン源として合成アスタキサンチン（商品名カロフィルピンク）と天然のアスタキサンチン源としてオキアミミールを

表1 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B
色素材	カロフィル ピンク*	オキアミ ミール
魚粉 (%)	56.5	10.0
オキアミミール	-	55.0
脱脂大豆粕	9.0	9.0
小麦粉	24.8	24.8
白糖	8.5	-
ビタミン・ミネラル混合	1.2	1.2
カロフィルピンク*	0.2	-
水分 (%)	8.03	8.40
タンパク質	48.3	46.5
脂質	6.08	6.41
灰分	9.58	11.1
炭水化物	29.2	20.2
総カロチノイド (mg/100g)	9.00	10.7

*: 合成アスタキサンチンの20倍散

用いた。カロフィルピンクは遊離型のアスタキサンチンをコーティングすることによって酸素との接触を断ち、安定性を高めた物で、20倍散である。オキアミミールは色素源や嗜好性の改善材として養魚飼料の原料として一般的に用いられる。オキアミミールのアスタキサンチンの主体はディエステル型で¹⁾、色素量は製造ロットのよって可也の違いが有るので注意が必要である。

1-2. 試験飼料

表1に試験飼料の組成と分析値を示す。A区が合成アスタキサンチン添加区で、B区がオキアミミール添加区である。両飼料共色素量（総カロチノイド含量）は10mg/100gになる様に設定したが、出来た飼料の色素量はA区がやや低い値を示した。遊離型のアスタキサンチンは非常に酸化・分解され易いので、飼料の製造工程で多少の崩壊が有ったのかも知れない。タンパク質、脂質、灰分および炭水化物含量もA区とB区で多少違ったが、これは色素量を調整する為にB区を極端な配合組成にした為である。炭水化物含量は白糖の有無、タンパク質、脂質および灰分含量の違いは魚粉とオキアミミールの成分組成の違い

によると推測する。

両飼料共直径約5mmのハードペレット²⁾に成形した。手順の概要は以下の通りである。全ての原料を添加してミキサーで十分に混合し、目開き1mmのスクリーンを付したハンマーミルで粉碎する。適切量の加水を行って更にミキサーで混合して成型に適した物性にする。小型のペレットミルでハードペレットに成形し、棚式乾燥機で熱風乾燥する。粉末や碎けて小さくなった飼料を取り除き、試験飼料とする。

1-3. 試験手順

利用出来る水槽が1面しかなかったので、A区の試験が終了した後にB区の試験を行った。

A区の試験では1月7日にニジマス成魚(150－500g)の必要尾数を屋外の1KL容円形コンクリート水槽に移し、1週間(7－14日)色素を含まない市販のニジマス育成用飼料で予備飼育して試験環境に慣らした。15日は無給餌とし、16日の9時に試験飼料を飽食量与え、0(給餌前)、2, 4, 8, 24, 30, 48(B区のみ)、53(A区のみ)および72時間後に3－4尾ずつサンプリングし、分析に供した。なお、給餌前の魚を0時間としたのは、給餌直後に魚を取上げると食べたばかりの飼料を吐き戻す可能性が高いからである。

実際のニジマス養殖場では1回飽食量を与えた後72時間も絶食させることは無い。毎日数回餌を与える。よって、上記の試験で単回飽食量給餌後の経時変化を調べてから残りの魚に約2週間毎日3回試験飼料を与えて飼育した。2月3日の8時45分、12時および16時に試験飼料を与え、同日の9時、11時、14時および18時に3－4尾ずつ魚をサンプリングして分析に供した。この試験で通常の飼育法で飼育した魚の日内変化を調べた。両試験の間はパネルヒーターで水温調節を行っていたものの13.0－14.5℃の変動が認められた。

A区の試験が終了した2月3日に残りの魚を取り除き、水槽を清掃、消毒した。2月4日に同じグループの新しい魚を収容し、A区の試験と全く同じ手順でB区の試験を行った。

1-4. 分析サンプルの調製

水槽からタモ網で取り上げた魚はFA100（オイゲノール）で麻酔し、ヘパリン処理した1mL容プラスチック注射筒を用いてキュービエ氏管から各尾1mLずつ採血した。血液は個体別に3000rpmで15分間遠心分離して血漿を単離した。時間毎に各尾から等量ずつの血漿を取って一緒にし、総カロチノイド含量の測定に供した。魚体は体重（採血量補正）と尾叉長を測定した後解剖し、内容物が移動しない様に注意して消化管を取り出した。胃、幽門垂部、腸前半部、腸後半部の前後を動脈クリップで止めてから切開し、各部位の内容物の状態を観察した。

1-5. 飼料と血漿の分析

飼料の一般成分は飼料分析法、総カロチノイド含量は前報¹⁾の手順に従って分析した。血漿は共栓付三角フラスコに必要量を計り入れ、アセトンを追加して50回激しく振盪して色素を抽出する。東洋濾紙No.7（ヒダ付）を用いて濾過し、濾液を分液ロートに回収する。三角フラスコ、濾紙および濾紙上の残渣はアセトンで2回洗浄し、洗液は濾液と一緒にする。これ以降は飼料同様の手順¹⁾に従って処理し、総カロチノイド含量を求めた。

肉眼による観察で、0、2および4時間後の血漿に着色は認められなかった。0時間の血漿のみ分析して色素が含まれていないことを確認し、2時間後と4時間後の血漿は分析しなかった。着色が認められるようになった8時間後から終了時の72時間後までの血漿は全て分

析した。

2. 結果

A区、B区の試験は別々に行ったのであるが、説明の都合上並べて報告する。また、単回飽食量給餌後の経時変化と2週間連続給餌後の日内変化の結果は分けて報告する。

2-1. 経時変化

表2に供試魚の大きさ（体重、尾叉長）と肥満度（ $\text{体重} \times 100 / \text{尾叉長}^3$ ）を示す。夫々の数字は時間毎に3－4尾サンプリングした魚の平均値である。供試魚は同一グループであるが定期的に選別を行っていなかったため大きさに可也幅が有り、時間毎のサンプル魚の大きさにもA試験で190gから300g、B試験で250gから420g程度のバラツキが生じていた。A試験よりB試験の魚が大きいのは、B試験の時期がA試験より約1カ月遅かった為、その間魚が成長していたことによる。

この様に供試魚の大きさには可也のバラツキがあったが、本試験の目的は合成アスタキサンチンとオキアミミール色素の吸収率を比較する事なので、この程度の大きさのバラツキは問題無い。

表3に肉眼で観察した消化管内容物の状態を示す。A試験、B試験共に給餌前には腸管末端部に半透明のゼリー状物質が少量存在していただけで、飼料に由来すると思われる物は認められなかった。2、4、8および24時間後の状態から、B飼料は胃から腸に排出される時間が

表2 供試魚の詳細

試験区	A			B		
	体重 (g)	尾叉長 (cm)	肥満度	体重 (g)	尾叉長 (cm)	肥満度
0 時間後	194	25.0	1.23	419	31.0	1.34
2	190	24.8	1.25	246	26.7	1.29
4	254	27.8	1.19	348	29.4	1.36
8	293	28.5	1.27	395	30.8	1.29
24	257	27.1	1.29	290	28.6	1.24
30	308	28.7	1.31	414	31.7	1.31
48	-	-	-	339	29.9	1.23
53	235	27.1	1.17	-	-	-
72	244	27.4	1.18	326	29.2	1.30

表3 消化管内容物の状態

試験区	A	B
0 時間後	空あるいは直腸部にゼリー状物有り	同左
2	胃は充满、腸全体に極少量有り	胃は充满、腸には殆ど無し
4	胃は充满、腸全体にも可也有り	胃は充满、幽門垂直後まで有り
8	同上	胃は充满、腸前半部にも有り
24	胃内は少ない、腸全体に多量有り	胃内は少ない、大部分が幽門垂より後部に有り
30	胃は空、腸全体にあるが、特に後半部に多い	同左
48		大部分が排泄されていて、腸後半部に多少有り
53	大部分が排泄されていて、腸後半部に少量のみ有り	
72	空	空

A 飼料より遅かった様に思われる。飼料は胃内で崩壊してペースト状になった部分から腸へと排出されるので、オキアミミールを多量に添加した飼料は魚粉主体の飼料より胃内での崩壊が遅いのではないかと推測出来る。

A 飼料, B 飼料共に消化管から完全に排泄されてしまうのに48時間以上を要していたが、これは単回給餌で、一度飽食量を与えた後給餌しなかった為である。日に数回給餌すれば、次に入って来る飼料によって消化管内容物は押し出され、これ程長い時間腸管内に滞留することは無い。72時間後には両飼料共完全に排泄されていた。

表4に血漿総カロチノイド含量の経時変化を示す。全ての時間において合成アスタキサンチンを添加したA区

の方がオキアミミールを添加したB区より著しく高い値を示していた。また、両区共摂餌後24時間目に最高値を示し、それ以降減少して48－53時間後には略一定の値に達していた(図1)。

血漿の総カロチノイド含量に両区でこれ程著しい違いが生じた理由として、先ず両飼料に添加したアスタキサンチン源の吸収率が違ったのではないかと考えられる。また、両区共飽食量給餌であったとはいえ、単位体重に対する摂餌量が合成アスタキサンチン添加区の方が多かったのではないかと云うことも考えられる。そこで給餌前(0時間)から給餌後2時間で消化管体重比(内臓－肝臓－腹腔内脂肪蓄積組織)が

表4 血漿の総カロチノイド含量

試験区	A	B
0 時間後	ND	ND
2	-	-
4	-	-
8	0.087	0.015
24	0.348	0.070
30	0.294	0.047
48	-	0.023
53	0.092	-
72	0.086	0.023

単位: mg/dL

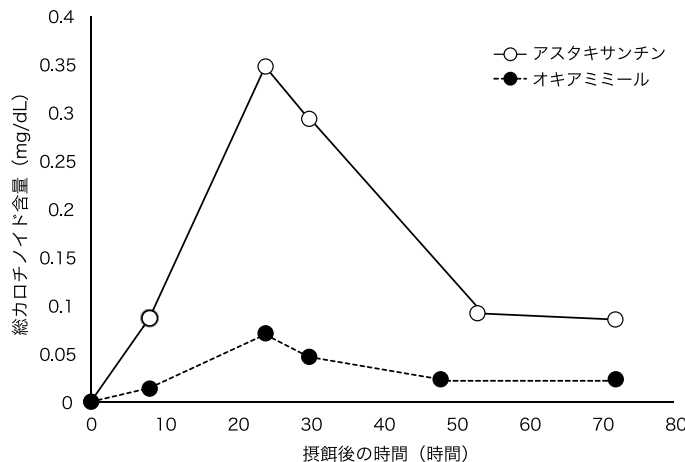


図1 摂餌後血漿総カロチノイド含量の経時変化

どれ位増加したかを比較したところ、A区は1.83%、B区は1.42%の増加であった。ややオキアミミール添加区の摂餌量が少なかった様であるが、これだけ大きな血漿総カロチノイド含量の違いを生じる程の差ではなかった。両飼料に添加したアスタキサンチン源の吸収率の違いが主な理由だったのであろう。

飽食量給餌したのに両区で摂餌量に違いが生じたのは、試験飼料を与える前に投与していた育成用飼料にオキアミミールが添加されていなかった事によると推測する。1日無給餌の日を設けたとはいえ、急に従来とは著しく配合組成が異なる（当然味も違うはず）餌を与えた為、摂餌量がやや少なくなったのであろう。一方、合成アスタキサンチン添加区の飼料は魚粉が主体で、従来与えていた育成用飼料と略同じ組成の飼料であった為、十分量摂餌したのであろう。

この結果から合成アスタキサンチンの方がオキアミミールのアスタキサンチンより効率良くニジマスに吸収されていると云える。これにはオキアミミールに含まれるアスタキサンチンは主体がディエステルであり、遊離型に分解されてからでないと吸収されないことや、オキアミミール自体の消化吸収率が低かった可能性等が考えられる。また、合成アスタキサンチンのコーティング剤は遊離型のアスタキサンチンの酸化・分解防止に効果を發揮していることや、このコーティング剤がニジマスによって消化されていること等も分かる。

マダイの試験でも合成アスタキサンチンを使用した方がオキアミミールを使用した場合より体表色素量の増加が多いことを報告³⁾したが、これも合成アスタキサンチンの方がオキアミミールのアスタキサンチンより効率良くマダイに吸収される事に原因が有るのであろう。

図1の血漿総カロチノイド含量

表5 供試魚の詳細

サンプリング時	9時	11時	14時	18時
A区				
体重 (g)	215	215	350	298
尾叉長 (cm)	25.1	25.4	29.5	27.9
肥満度	1.36	1.29	1.32	1.37
B区				
体重 (g)	393	395	418	449
尾叉長 (cm)	29.3	29.7	30.6	31.2
肥満度	1.48	1.49	1.40	1.48

の経時変化と表3の消化管内容物の状態を併せて考えると、血漿の色素含量は飼料の消化管内移行速度や消化の状態を反映していることや、アスタキサンチンは幽門垂部や腸前半部で吸収されていること等が分かる。また、血漿に色素が出現する時間は飼料が幽門垂部と腸前半部に至った時間より多少遅れることや、吸収時に腸管の細胞に取込まれた色素の一部は可也長時間細胞内に留まっているらしいこと等も分かる。

2-2. 日内変動

表5に供試魚の大きさと肥満度を示す。A試験、B試験共に可也バラツキが有ったが、試験目的からして問題になる程の違いではない。

表6と図2に血漿

表6 血漿の総カロチノイド含量

試験区	A	B
9時	0.401	0.230
11時	0.350	0.144
14時	0.353	0.188
18時	0.413	0.207

単位：mg/dL

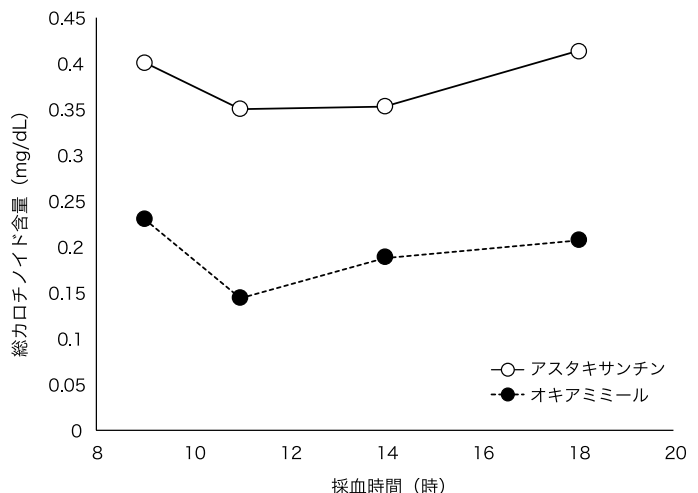


図2 血漿総カロチノイド含量の日内変化

カロチノイド含量の日内変動を示す。何れの時間においても合成アスタキサンチン添加区の方がオキアミミール添加区より著しく高い値を示しており、経時変化の試験同様合成アスタキサンチンの方が効率良く吸収されていることが分かる。また、毎日複数回給餌された場合の血漿総カロチノイド含量は単回飽食量給餌の様な明確なピークを示さず、終日略一定の値を示していた。これは毎日複数回給餌した場合には常時幽門垂部や腸前半部に飼料が充満し、常に一定量のアスタキサンチンが吸収されていることを表しているのであろう。

合成アスタキサンチン添加区の値は前項の単回飽食量給餌試験のピーク値（24 時間後）と略同じ値を示していたが、オキアミミール添加区は前項試験のピークより遥かに高い値を示していた。これは単回飽食量給餌試験後の 2 週間毎日 3 回オキアミミール添加飼料を与えたことによって魚がオキアミミール添加飼料に慣れて摂餌量が増えたことと、オキアミミール自体の消化吸収率が向上したことの 2 点が原因ではないかと推測する。飼料に新しい原料を添加すると最初はその原料の消化吸収率は低い、魚が次第に対応して消化吸収率が高くなるのはよく経験することである。

この様に考えると、前項の単回飽食量給餌試験にオキアミミールに適応していた魚を用いたとすると、血漿総カロチノイド含量のピークは 24 時間後に約 0.2 μ g/dL を示し、前項の結果より可也高い値が得られていたのではないかと思われる。供試魚の前歴によって結果が多少異なるものになる可能性は有るが、オキアミミールに含まれるアスタキサンチンより合成アスタキサンチンの吸収率が高いことは確かである。

試験 -2

サケ・マス類の飼料に使用が認められている合成カロチノイド色素にはアスタキサンチン以外にカンタキサンチンが有る。カンタキサンチンの方が早く使用が認められていたので、従来はニジマ

スの肉色改善用色素としてカンタキサンチンが使用されていた。合成アスタキサンチンの使用が認められてからは、アスタキサンチンの方が肉の赤味が強くなることや、天然のサケ・マス類の肉に含まれる色素の主体はアスタキサンチンであること等から、次第に合成アスタキサンチンの使用割合が増えて来ている。ところが、夫々の色素をニジマスに与えた場合の利用率（吸収率）や肉の色調の変化等は未だ十分に調べられていない。よって本試験では両色素を添加した飼料をニジマスに与えた場合に、夫々の色素がどの程度吸収されているかを調べた。

1. 方法

1-1. 試験飼料

合成アスタキサンチン源としてカロフィルピンク（遊離型アスタキサンチンの 20 倍散）、合成カンタキサンチン源としてカロフィルレッド（遊離型カンタキサンチンの 10 倍散）を用いた。両者共に遊離型の色素をコーティングすることによって安定性を高めてある。アスタキサンチンは赤い色素、カンタキサンチンは濃いオレンジ色の色素であるが、両者共原体は黒に近い外観を呈していた。

表 7 試験飼料の組成と分析値

魚粉 (%)	56.5
脱脂大豆粕	9.0
小麦粉	24.8
白糖	8.5
ビタミン・ミネラル混合	1.2
カロフィルピンク*	0.1
カロフィルレッド**	0.05
Cr ₂ O ₃	0.2
水分 (%)	7.61
タンパク質	47.2
脂質	6.89
灰分	9.93
炭水化物	30.6
総カロチノイド (mg/100g)	9.41
アスタキサンチン	4.46
カンタキサンチン	3.82
Cr	56.7

*: 合成アスタキサンチンの 20 倍散

** : 合成カンタキサンチンの 10 倍散

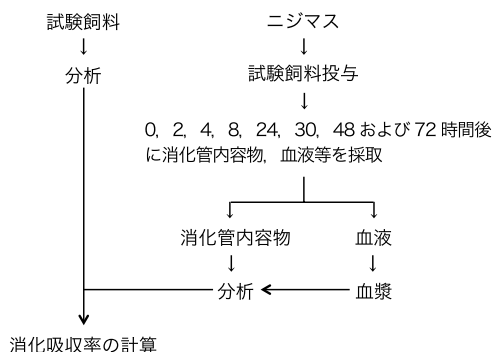


図3 試験手順

表7に試験飼料の組成と分析値を示す。魚粉と小麦粉が主体の市販飼料と略同じ組成で、直径約5mmのハードペレットに成型して用いた。アスタキサンチン、カンタキサンチン共に5mg/100g飼料になる様に添加したが、分析値では両者共やや低い値を示していた。両色素源共に顆粒状で、しかも添加量が極微量であった為に原料中に均一に分散されていなかったか、あるいは飼料の製造工程で多少崩壊した可能性が考えられる。また、色素剤以外では消化管内各部位における両色素の見掛けの吸収率を調べる為、内部標準物質として酸化クロムを0.2%添加してある。

1-2. 試験手順

図3に示す手順に従って処理した。100 - 200gのニジマス成魚100尾を屋外の1KL容円形コンクリート水槽に収容し、10日間市販のニジマス育成用飼料（アスタキサンチン、カンタキサンチン共に含まない）を日に3回与えて試験環境に慣れさせた。1日絶食させた翌日の8時45分に試験飼料を飽食量与え、0（9時を0時間後とした）、2, 4, 8, 24, 30, 48および72時間後に10尾ずつサンプリングし、魚体測定後血液と消化管内容物を採取して分析に供した。試験期間中の水温は17.5℃であった。

血液は試験-1と同じ方法で処理し、各時間のプール血漿で総カロチノイド含量を測定した。消化管内容物も試験-1と同じ方法で部位別に採取し、各時間の内容物の状態と血漿の色を対比した。なお、ニジマスの幽門垂は細長

く、多数が集合して房状になっている。夫々の幽門垂から内容物を押し出して集めることは難しいので、幽門垂が付着している腸管本体部分の内容物のみを採取して幽門垂部の分析試料とした。カロチノイド色素が吸収される幽門垂部と腸前半部に内容物が充満していた4, 8および14時間後の内容物は、水分、クロムおよび総カロチノイド含量、アスタキサンチン、カンタキサンチンの定量を行い、総カロチノイドと両色素の見掛けの吸収率を求めた。

飼料、血漿および消化管内容物の総カロチノイド含量は試験-1と同じ方法で測定した。総カロチノイド含量を求めた後メルク社製シリカゲル60の薄層プレートに色素液をスポットし、石油エーテル：アセトン＝80:20の展開溶媒で展開した。Rf値からアスタキサンチンとカンタキサンチンを同定し、薄層クロマトスキャナーによって両色素の組成比を求めた。Rf値を求める為の標品にはカロフィルピンクとカロフィルレッドを使用した。次に、総カロチノイド含量に組成比を乗じてアスタキサンチンとカンタキサンチンの含量を求めた。

飼料と消化管内容物のクロム含量は原子吸光法によって求めた。

2. 結果

2-1. 供試魚

表8に供試魚の詳細を示す。数字は10尾の平均値である。予め100 - 200gの大きさの魚を選別しておいた為、各時間のサンプル魚は略平均体重に近い大きさであった。肥満度にも問題になるような違いは無かった。給餌後8時間

表8 供試魚の詳細

	体重 (g)	尾叉長 (cm)	肥満度
0 時間後	161	23.0	1.31
2	152	22.5	1.32
4	143	22.3	1.29
8	144	22.0	1.34
24	147	22.5	1.28
30	142	22.5	1.24
48	154	22.9	1.27
72	160	23.2	1.27

表9 消化管内容物、幽門垂および血漿の状態

	消化管内容物	幽門垂の色	血漿の色
0 時間後	胃は充満	普通	透明
2	胃は充満、幽門垂部に出現	普通	透明
4	胃は多少減少、腸前半部まで出現	オレンジ色になってきた	極薄い黄色
8	直腸部に至る	強いオレンジ色	薄いオレンジ色
24	胃には無し、大部分腸に移行	薄いオレンジ色	オレンジ色
30	腸に多少残存、大部分排泄	普通	薄いオレンジ色
48	直腸部にゼリー状物質のみ	普通	極薄い黄色
72	空	普通	透明

までの肥満度がそれ以降の値よりやや高いのは、消化管内に飼料が充満していたことによると思われる。

2-2. 消化管内容物の状態と血漿の色

表9に各時間の消化管内容物の存在部位と幽門垂部の色および血漿の色との関係を示す。ニジマスの幽門垂部は半透明で内容物の色が透けて見えることと、これまでの試験¹⁾でカロチノイド色素は幽門垂部と腸前半部で吸収されることが分かっているため、幽門垂部の色を観察した。

摂餌直後は胃にのみ飼料が充満しており、幽門垂部は極普通の色で、血漿も透明で着色は認められなかった。2時間後には飼料の一部が幽門垂部に移行していたが、幽門垂部は未だ普通の色で、血漿にも着色は認められなかった。4時間後には胃内の飼料はやや減少して幽門垂部に充満し、一部が腸前半部に達していた。幽門垂部はオレンジ色掛かって見え、血漿は極薄い黄色を呈していた。幽門垂部がオレンジ色掛かって見えたのは、カロフィルピンクとカロフィルレッドのコーティング剤が消化され、含まれていたアスタキサンチンとカンタキサンチンが放出された為と思われる。8時間後には腸全体に内容物が充満していた。幽門垂部は強くオレンジ色に着色し、血漿は薄いオレンジ色であった。24時間後には胃内に飼料は無く、腸全体に存在していたが、幽門垂部にはやや少なく、腸前半部と後半部が主であった。幽門垂部は8時間後よりオレンジ色が薄くなり、血漿は濃いオレンジ色に着色していた。30時間

後には腸後半部に多少内容物が残っているのみで、大部分は排泄されていた。幽門垂部は普通の色に戻ったが、血漿は未だ薄いオレンジ色を呈していた。48時間後には腸末端部に半透明のゼリー状物質が存在するのみで、幽門垂部の色は普通であったが、血漿は未だ極薄い黄色に着色していた。72時間後には消化管に内容物は存在せず、幽門垂部、血漿共に着色は無く、肉眼的には試験開始時の状態に戻っていた。

以上の様に肉眼観察のみでもアスタキサンチンやカンタキサンチン等のカロチノイド色素は幽門垂部や腸前半部から吸収されること、飼料の消化管内移行状態よりやや遅れて血漿中に色素が出現すること、血漿の着色は摂餌後24時間で最も濃くなること、血漿から色素が認められなくなるのは摂餌された飼料が完全に排泄されてから相当時間が経ってからであること等が分かる。

色素の吸収部位や血漿の色素濃度がピークを示す時間および腸管の細胞に吸収された色素の一部は可也長時間細胞内に留まっているらしいこと等は従来の試験結果¹⁾や試験-1の結果と良く一致していた。

本試験の結果から、幽門垂部の色を肉眼で観察することによって色素が吸収されて血漿中に出て来る時間、更に血漿の色と標準液の色を肉眼で比較することによって血漿の色素濃度も有る程度推測出来るのではないかと考える。使用する色素剤の効果を現場で判断しなければならない場合に有効な方法になり得るのではないかとと思われる。

2-3. 血漿の色素濃度

表 10 に血漿の総カロチノイド含量とアスタキサンチン、カンタキサンチンの分画結果を示す。摂餌後 2 時間目の総カロチノイド含量の分析および摂餌後 4 時間目までのアスタキサンチンとカンタキサンチンの分画は行わなかった。肉眼では殆ど着色が認められなかったことと、薄層上のスポットが薄すぎて判別出来なかった為である。

開始時 (0 時間) の血漿にカロチノイドは認められず、血漿が極薄い黄色に着色していた 4 時間目から検出出来る様になった。肉眼観察で最も濃く着色していた 24 時間目に最高濃度を示し、その後急激に減少して消化管から完全に飼料が排泄された後の 48 時間目、72 時間目にも少量存在していた (図 4)。表 9 に示す血漿の色の肉眼観察結果と血漿カロチノイド含量の分析結果は良く一致しており、採血時に溶血させなければ血漿の色の肉眼観察は使用した色素源の効果の判定に有効であると云える。また、ヒトの眼では約 0.05mg/dL 以下の総カロチノイド含量を着色として認めるのは難しい様である。

アスタキサンチンとカンタキサンチンの濃度を比較すると、24 時間後まではカンタキサンチンの濃度が高く、それ以降は逆にアスタキサンチンの方がやや高くなっていった (図 5)。この原因としてカンタキサンチン源の吸収が早いことや、消化管細胞内への滞留時間がカンタキサンチンはアスタキサンチンより短いのではないかと云う様なことが考えられる。吸収時間

については用いた色素剤のカロフィルピンク (アスタキサンチン) は 20 倍散, カロフィルレッド (カンタキサンチン) は 10 倍散で, 単位色素量

表 10 血漿のカロチノイド色素

	総カロチノイド	アスタキサンチン		カンタキサンチン	
	mg/dL	%	mg/dL	%	mg/dL
0 時間後	ND	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
4	0.046	-	-	-	-
8	0.140	28.0	0.039	47.4	0.066
24	0.215	41.8	0.090	47.5	0.102
30	0.129	36.6	0.047	32.9	0.042
48	0.058	38.9	0.023	23.7	0.014
72	0.025	-	-	-	-

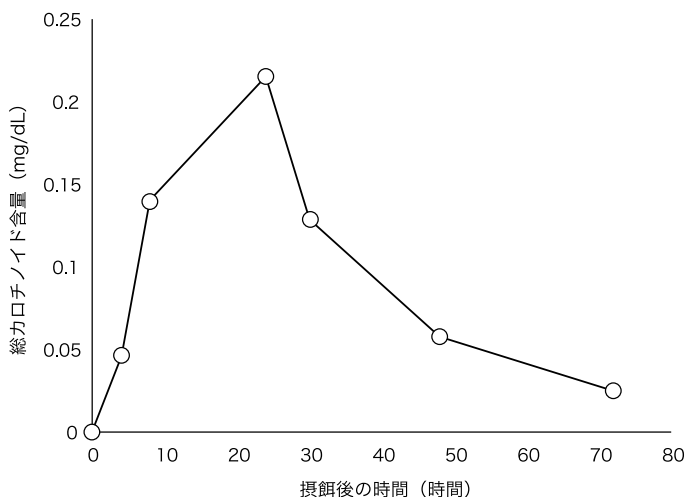


図 4 摂餌後血漿総カロチノイド含量の経時変化

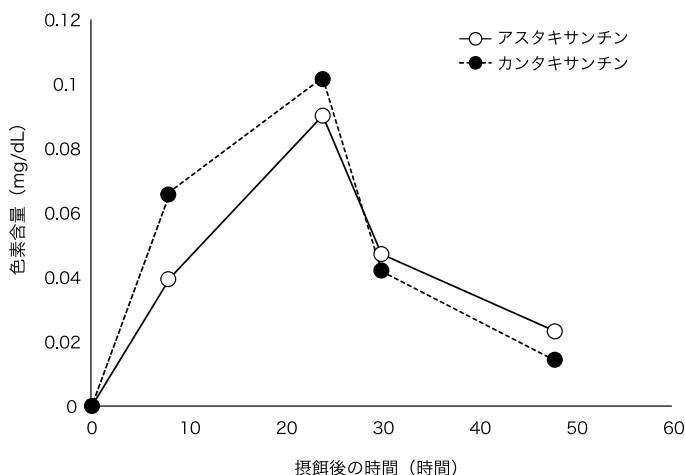


図 5 血漿中のアスタキサンチンとカンタキサンチン含量の経時変化

に対するコーティング剤の量がカンタキサンチンはアスタキサンチンの 1/2 であることと関係しているのではないと思われる。カロフィルレッドのコーティング剤の方が早く消化されるのでカンタキサンチンの方が早く吸収され、早期に血漿中の濃度が上昇する。逆に時間が遅くなると残りのカンタキサンチン量が少なくなるので、血漿中の濃度は低くなるのであろう。

血漿中の色素濃度が飼料色素の吸収量を反映すると仮定すれば、図 5 に示す血漿中のアスタキサンチンとカンタキサンチン濃度の経時変化と表 7 に示す試験飼料中の両色素含量を比較することによって、夫々の色素の吸収率の比を推測出来る可能性が有る。図 5 のアスタキサンチンとカンタキサンチン濃度を示す線の下を切り取って夫々の重さを測定したところ、アスタキサンチン：カンタキサンチンは 48:52 であった。一方、飼料のアスタキサンチン：カンタキサンチンは 4.46mg/100g:3.82mg/100g であるから、54:46 となる。54X = 48, よって X = 89, 46Y = 52, よって Y = 113 となり、アスタキサンチン：カンタキサンチン = 89:113 = 1:1.27 で、カロフィルレッドに由来するカンタキサンチンの方がカロフィルピンクに由来するアスタキサンチンより 1.27 倍多く吸収されていたのではないかと推測出来る。但し、本試験で用いた色素の測定法は有る程度の誤差を伴う

ことや、遊離のカロチノイド色素は非常に酸化され易いこと等を考えると、この程度の違いでは差が有るとは云えないのかも知れない。

各時間の血漿で何れの色素濃度が高かったかは別にして、両色素とも略同じパターン濃度変化を示していた。アスタキサンチン、カンタキサンチン共に略同じ機構で吸収されて血液中に放出された後、一部は組織に蓄積され、一部は排泄されるのであろう。

色素別の消化管細胞内滞留時間については報告例が無いようで、今後確認しなければならない問題である。

2-4. 吸収率

表 11 に 4 時間後、8 時間後および 24 時間後の消化管内容物の分析値と、その値から求めた総カロチノイド、アスタキサンチン、カンタキサンチンの見掛けの吸収率を示す。数字のみから判断すると「4 時間後の幽門垂部分では未だ色素の約 10% 程度が吸収されているのみであったが、8 時間後になると幽門垂部と腸前半部合わせて 40 - 45% が吸収され、24 時間後になると 75 - 80% が吸収されていた。飼料色素の経時的な吸収率の変化と血漿色素濃度の経時的な変化は良く一致していた。」と云える。ところが幽門垂部と腸前半部内容物の色素は未だ吸収途中であり、夫々の部位で吸収される本当の値を示していない。カロチノイド色素が吸

表 11 消化管内容物の分析値とカロチノイド色素の吸収率

	分析値					吸収率		
	水分 %	Cr mg/100g	TC mg/100g	Ast %	Cant %	TC %	Ast %	Cant %
4 時間後								
幽門垂部	85.1	6.37	0.90	51.7	43.3	14.8	7.12	9.06
8 時間後								
幽門垂部	85.0	7.19	1.10	44.5	41.3	7.78	13.4	5.79
腸前部	78.1	26.3	2.94	45.5	48.2	32.5	35.1	19.8
腸後部	78.2	33.1	2.42	46.5	44.3	55.9	56.7	51.9
24 時間後								
幽門垂部	82.4	12.3	0.45	51.4	29.3	77.9	76.0	84.0
腸前部	83.2	26.0	0.92	50.5	36.8	78.7	77.2	80.7
腸後部	81.4	39.6	1.96	49.0	45.3	70.2	69.1	66.7

(注) TC：総カロチノイド、Ast：アスタキサンチン、Cant：カンタキサンチン

収されるのは幽門垂部と腸前半部であることから、腸後半部の値が幽門垂部と腸前半部で吸収された合計の値を示すとも云える。そうすると8時間後には52－57%，24時間後には67－70%が吸収されていたことになり、やはり飼料色素の吸収率の変化と血漿色素濃度の変化は一致していた。いずれにしても24時間目以前のカンタキサンチンの見掛けの吸収率がアスタキサンチンより有意に高いことは無く、血漿のカンタキサンチン含量が24時間目まで高い値を示した原因は両色素の吸収率の違いによるものではなさそうである。細胞内滞留時間の違いか、あるいは測定誤差による可能性が高い。

ここで注意しておかねばならないことは、何れの部位の吸収率も8時間後の値は24時間後の値より著しく低いこと、8時間後の値は腸の後半部に行くにつれて高い値を示していること、24時間後の腸後半部の値は幽門垂部や腸前半部より低い値を示していることである。この結果から、空腹状態の魚が一度に多量の餌を食べると最初のうちは十分に消化吸収されないまま消化管を通過して行き、ある程度時間が経つと落ち着くのではないかと云うことと、24時間後の腸後半部には初期の不十分な消化吸収物が多少残っていたのではないかと云うことが考えられる。吸収率を比較するには、試験期間中の糞の全量を採取するか、あるいは投餌後の時間と糞の採取部位を厳密に規定しておくべきなのかも知れない。

試験 -3

試験 -2で飼料の色素源としてカロフィルピンク（合成アスタキサンチン）とカロフィルレッド（合成カンタキサンチン）を用いた場合、両色素の見掛けの吸収率に殆ど違いが無いことを説明した。本試験ではカロフィルピンクあるいはカロフィルレッドを色素源とした飼料で約70日間ニジマス成魚を飼育し、飼育成績や魚の状態に異常が生じるか否かや、肉色が如何に変化するかを調べた。

表 12 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B
魚粉 (%)	56.5	56.5
脱脂大豆粕	9	9
小麦粉	24.8	24.8
白糖	8.5	8.5
ビタミン・ミネラル混合	1.2	1.2
カロフィルレッド	0.05	-
カロフィルピンク	-	0.1
水分 (%)	4.75	5.44
タンパク質	48.9	48.6
脂質	7.55	7.40
灰分	10.8	10.4
炭水化物	29.1	28.3
総カロチノイド (mg/100g)	4.26	4.06

1. 方法

1-1. 試験飼料

A, B の2試験区を設定した。表 12 に試験飼料の組成と分析値を示す。A 区にはカンタキサンチンが5mg/100g, B 区にはアスタキサンチンが5mg/100g になるようにカロフィルレッドとカロフィルピンクを添加した。両飼料は直径約5mmのハードペレットに成型して用いた。飼料の一般成分および総カロチノイド含量に両区で殆ど違いは無かったが、総カロチノイド含量は両区共設定値よりやや低い値を示していた。試験 -1, 2 共に飼料の総カロチノイド含量は設定値よりやや低い値を示していたことから、ハードペレットの製造工程で両色素は多少崩壊するものと思われる。

1-2. 飼育試験

屋外の1KL容角型コンクリート池に平均体重126gのニジマス成魚を15Kg収容し、2月19日から4月28日までの約70日間に3回規定量の飼料を与えて飼育した。その間の死魚は尾数と体重を記録し、生残率の算出と増重量の補正に用いた。終了時の4月28日には生残魚の総体重を測定し、サンプル採取魚と死魚の補正を行って真の増重量を求め、給餌量と飼料の分析値から飼料効率（増重量×100/給餌量）とタンパク質効率（増重量×100/給与タンパク質量）を求めた。飼育水温は14℃であった。

表 13 飼育試験の結果

試験区	A	B
生残率 (%)	94	96
増重量 (kg)	12.0	13.0
給餌量 (kg)	22.5	22.5
飼料効率 (%)	53.3	57.8
タンパク質効率 (%)	109.0	119.1

表 15 背肉の色素量

試験区	A	B
3月14日	0.21	0.20
4月8日	0.28	0.24
4月28日	0.41	0.38

単位：mg/100g

1-3. 分析

開始時の2月19日、飼育期間中の3月14日、4月8日および終了時の4月28日に両区から5尾ずつサンプリングし、FA100麻酔下で延髄穿刺によって即殺した後背鰭前端部で側線より上の部分の背肉を採取し、ミノルタ色彩色差計CR-100でLab表色系によって測色すると共に総カロチノイド含量を測定した。Lab表色系でLは数字が大きい程明度が高く明るい色であること、aは数字が大きい程赤の度合いが強いこと、bは同様に黄色の度合いが強いことを示している。このLabの値を夫々高さ、縦、横の座標軸上にとると、その物が持つ色調の位置が決まり、二つの物の色調の違いを具体的に数字で示すことが出来る。飼料と背肉の総カロチノイド含量は試験-1と同じ方法で測定した。

2. 結果

2-1. 飼育成績

表13に飼育試験の結果を示す。生残率、増重量、飼料効率、タンパク質効率に両区間で明らかな違いは無く、色素量5mg/100gの添加量では飼育成績に違いを生じないことが分かった。

2-2. 背肉の色調

色彩色差計で測色した背肉の色調を表14に示す。4月8日のa値、b値はカンタキサンチン

表 14 背肉の色調

試験区	L		a		b	
	A	B	A	B	A	B
3月14日	39.7	38.8	4.0	4.4	6.0	5.5
4月8日	35.9	38.1	6.3	5.0	8.5	7.1
4月28日	36.7	37.4	7.0	7.3	7.9	8.1

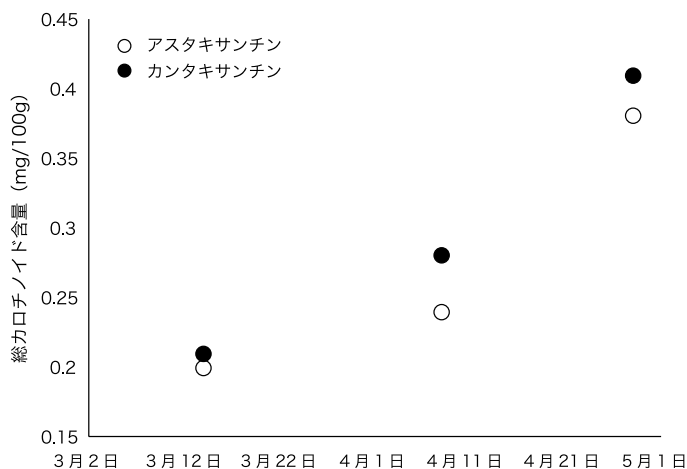


図 6 背肉総カロチノイド含量の経時変化

ン区がやや高い値を示し、それに伴ってL値はやや低い値を示していた。しかしながら3月14日と4月28日の値は何れも両区で差が無く、色彩色差計で測色した色調にはアスタキサンチン区とカンタキサンチン区でそれ程大きな違いは無かった。両区のa値とb値の間の近似式を求めると、カンタキサンチン区は $Y = 0.6702X + 3.4510$, X:a 値, Y:b 値で相関係数 $r = 0.7284$ であった。一方、アスタキサンチン区は $Y = 0.7759X + 2.5418$ で、 $r = 0.9050$ であった。赤味(a値)に対する黄色味(b値)はカンタキサンチン区の方がやや強いことが分かる。肉眼で観察した色調もこれに一致しており、アスタキサンチン区の肉は赤いがやや沈んだ感じの赤、カンタキサンチン区は明るい赤であった。

2-3. 背肉の色素量

背肉の総カロチノイド含量の経時変化を表15と図6に示す。全期間を通じてカンタキサンチン区の方がやや高い値であったが、個体差が大きく、違いが有ると云う程の差ではなかった。

まとめ

試験-1, 2, 3の結果から以下の事が分かった。

- ・合成アスタキサンチン（カロフィルピンク）のニジマスによる吸収率はオキアミミール色素より高い。

- ・合成アスタキサンチン（カロフィルピンク）と合成カンタキサンチン（カロフィルレッド）の見掛けの吸収率は略同じである。

- ・色素添加飼料摂取後24時間目に血漿の総カロチノイド含量は最高値を示す。これは合成アスタキサンチン、オキアミミール、合成カンタキサンチン共に同じであった。

- ・血漿の総カロチノイド含量は飼料の消化管内移行スピードや消化状態を良く反映していたが、血漿中にカロチノイド色素が出て来る時間はやや遅れる。

- ・消化管の細胞に取り込まれたカロチノイド色素の一部は可也長い時間細胞内に留まっている様である。

- ・色素量が5mg/100gになる様に合成アスタキサンチンあるいは合成カンタキサンチンを添加した飼料でニジマス成魚を飼育すると経時的に背肉の総カロチノイド含量は高くなるものの、両色素で明確な違いは認められない。

- ・アスタキサンチンあるいはカンタキサンチンを添加した飼料を与えた魚の背肉の色調には違いが認められ、アスタキサンチン区はやや沈んだ赤、カンタキサンチン区は明るい赤であった。

- ・色彩色差計による測色結果では、赤味（a 値）に対する黄色味（b 値）はカンタキサンチン区の方が大きく、カンタキサンチン投与区の魚の肉色はやや黄色味掛かっている。

参考文献

1. 酒本秀一：ニジマスによるオキアミミール色素の吸収. *New Food Industry*, **56** (5), 46-58 (2014)
2. 北村佐三郎：飼料. 魚類の栄養と飼料（新水産学全集 No. 14, 荻野珍吉編），恒星社厚生閣，東京，247 - 306 （1980）
3. 酒本秀一：マダイの体色改善－4. *New Food Industry*, **56** (10), 69-80 (2014)

野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

ヒガンバナ *Lycoris radiate* (L' Hér.) Herb. (ヒガンバナ科 Amaryllidaceae)

夏が過ぎ、彼岸を迎える頃、田のあぜ道を歩いていると、まるで真っ赤な炎が燃えているような花が目に入ります。これがヒガンバナです。東北～四国・九州を経て沖縄、さらに中国大陸・揚子江流域に多く分布します。本植物はもともと日本に自生はなく、縄文時代～弥生時代に中国大陸から持ち込まれたとする説が有力です。秋の彼岸の頃、高さ 20～40 cm の花茎を伸ばし、数個の花を散形花序に付け、花被片は細く縁が波うち、外側に反り返っているのが特徴で

す。花が終わると濃緑色で中央が灰緑色の線形の葉を出します。救荒植物として古く大陸から持ち込まれたとする説、Lycorine などのアルカロイドを含む有毒植物なので、あぜ道に植えたり壁土に混ぜたりして、モグラやネズミの害を防いだとする説もあります。日本に分布するものは 3 倍体 ($2n=33$) で種子ができず、鱗茎の分裂によって繁殖しますが、中国大陸には 2 倍体 ($2n=22$) があり種子ができるそうです。

薬用としては、民間療法で鱗茎をすりつぶし、炎症・腫れ物に使用したたそうで

す。有毒成分を含みますが、水にさらせば良質のデンプンがとれ、これを飢饉のときの食糧にしたそうです。ヒガンバナの名前には、真っ赤な花が秋の彼岸の頃に咲きことから「彼岸花」、また、墓地に多く見られることなどから「死人花」、「曼珠沙華」「幽霊花」、「毒花」などともよばれます。同属植物にはキツネノカミソリ、シロバナノマンジュ



写真1 ヒガンバナ (花)



写真2 ヒガンバナ (花、遠景)



写真3 ヒガンバナ（鱗茎）



写真4 ヒガンバナ（葉）

シャゲ、ナツズイセンなどがあり、キツネノカミソリはヒガンバナに似ていますが、8月上旬、やや橙色の花が上向きに咲き、花被片の先はほとんど反り返りません。これらはいずれも、花が咲いているときに葉はありません。葉は他の植物との争いを避け、秋、花の終わった後から出始め、他の植物の葉が枯れている冬～春に茂って、光合成をして養分を蓄えます。その時、花はないため、「葉見ず花見ず」、「不義草」などとよばれます。

埼玉県日高市の巾着田には、500万本といわれるヒガンバナの大群生地があり、毎年9月下旬～10月上旬、「曼珠沙華祭り」が催され、まるで、一面が真っ赤な絨毯じゅうたんを敷いたような光景を見ることができ、観光名所になっています。

食効・薬効 No.1

よくいんにせきしょうずとう

薏苡仁赤小豆湯

東北大学歯学研究科 生 宏 (Sheng Hong)

明海大学歯学部 MPL 坂上 宏 (Sakagami Hiroshi)

水虫の悩みを抱える方にとって、梅雨から夏にかけて辛いシーズンになりますね。完治と自然治癒は難しく、再発しやすい病気です。水虫は、白癬菌という真菌の一種ですが皮膚の角質層に感染して起こる病気です。特に足（90%）で繁殖しやすく、その中でも角質増殖型白癬と言われるものは難治性として知られています。対症療法として、市販薬の外用抗真菌薬が主に用いられますが、塗布を中断すると、再発することがあります。体全体のバランスを整える観点からの漢方医学では、水虫の最初の原因は感染ではなくて、体の「湿気」です。特に、湿気の多い梅雨の季節に多発します。また、冷たいものを食べ過ぎ、食事の不節制などにより胃腸が弱って代謝が落ち、体の水分が停滞することも原因になります。「湿気」により皮膚の免疫力が低下すると、真菌感染は長引きます。なぜ足は「高温・多湿」の環境になるのでしょうか？「湿」は水ですので、「熱」より、重いので、足へ下ります、足底部はほかの体の部位より位置が一番低いので、「湿」が蓄えやすいのです。そして、夏の靴の中は高温多湿のため、「湿気」と相まって、菌が増殖しやすい環境を提供します。中国民間で薏苡仁赤小豆湯を食べて、「湿気」を改善することで水虫を予防・治療する方法があります。

薏苡仁（よくいんに）はイネ科のハトムギの種子です。種皮をつけたままのものが「ハトムギ」で、ハトムギの成熟種子の種皮を除いたものが薏苡仁とされます。味は甘、性は微寒です。去湿、健脾止瀉、排膿および消炎作用があります。体内の水の滞りを除き、全身の浮腫を取り除く、湿熱による関節の腫脹、疼痛、こわばり、しびれなどを除く効果があります。また、ほかの植物生薬が配合され、胃腸の調子を整えて消化機能を助ける作用もあります。さらに、排膿やニキビをともしやう皮膚炎および皮膚の化膿症を消失させる効果もあります。副作用は水を除去する作用があるので、便秘を起こしやすい方と妊婦に対しては、慎重投与が必要です。



漢方ではアズキを赤小豆（せきしょうず）と呼び、解毒・排膿・利尿作用があるとされています。味は甘酸っぱく、性が温和です。解毒、排膿および利尿作用があります。



薏苡仁と赤小豆だけ一緒に煮て、お粥を作って、食べてみて下さい。この夏、水虫に悩まされている方にこの一品漢方養生料理をお勧めいたします。



酒造りの文明史③

古賀 邦正 (KOGA Kunimasa)

(一財) 自然環境研究センター

5. ワインとビール：その誕生とオリент文明での拡がり

前回 (5-1 ~ 5-3), “果実の酒” ワインと “穀物の酒” ビールの誕生, そして “肥沃な三日月地帯” を拠りどころとしてメソポタミア, エジプトを中心としたオリент文明発展とともに, それぞれの酒が育ってきた経緯を述べた。今回は, オリентで育ったワインとビールがどのように西ヨーロッパに広がっていったかを概観する。そのうえで, 初めてオリентを統一したアッシリアの出現が “選ばれた者の酒” ワインを一般市民にまで広げる契機となった経緯について述べる。そして, その当時のワイン造りとビール造りがどのようなものであったかを知ったうえで, 古代ギリシアにおけるワインとビールの変遷や著名な古代ギリシアの哲学者たちが酒についてどのように考えていたかを紹介したいと思います。よろしくお付き合い下さい。

5-4. ヨーロッパへの拡がりの概観

◆ ワインのヨーロッパへの拡がりの概観

オリентで誕生・発達した初期の頃のワインはおそらく, 皮の色が赤い野生ブドウから造られたものと推定される。ブドウをつぶして皮とともに自然発酵させただろうから, このワインはロゼまたは赤ワインであり, また, 透明ではなく濁ったワインであったに違いない。

地中海東岸に位置するフェニキア (現在のシリア, レバノンの辺り) はオリент文明の中でメソポタミア文明の古代国家と古代エジプトとの狭間にあたる地域にあり, その影響を受け, 文明化が進んでいた。とくに, ワイン造りは早くから行われていたようで, BC 3150 年頃の古代エジプト王のスコルピオ 1 世はワイン壺 700 個とともに埋葬されたというが, そのワインはフェニキアのレヴァントで造られたものだったという。さらに, フェニキア人は海上交易を盛んに行っていたことから, ワイン造りやワイン文化は比較的早い時期に地中海のクレタ島に伝わっていたと考えられている。

ワイン造り伝播の基本条件の一つは, ブドウの生育に適した地域であるかどうかということである。ブドウは果樹の中でも特に環境に適応性があるが, ヨーロッパ系ブドウ (*Vitis vinifera* L.) は, カスピ海・黒海沿岸の夏季温暖で降水量の少ない地帯を原産地とし, 地中海を経て北アフリカ・ヨーロッパ中南部に広がった (西方系)。また, 比較的早い時期に反対側の東方アジアにも広がった (東方系)。東方系は中国, 日本と西南アジアへと伝わり, 現在はワイン用, 生食用に栽培されている。近世に入ってから, 西方系は南米, 南ア, オーストラリアなど世界各地に広められ, それぞれの土地, 風土に順応した栽培が行われ, ワイン造りが活発に行われている国も多い (図 5-9)。 (『ワインの世界史』)

ブドウ栽培の 1 年は, 芽がふいて, 新しい枝が伸び, 花が咲いて実がつき, 熟し収穫して終わる。芽がふいてから熟するまでの時間的長さは, その間にブドウの得た温度量がある一定の値に

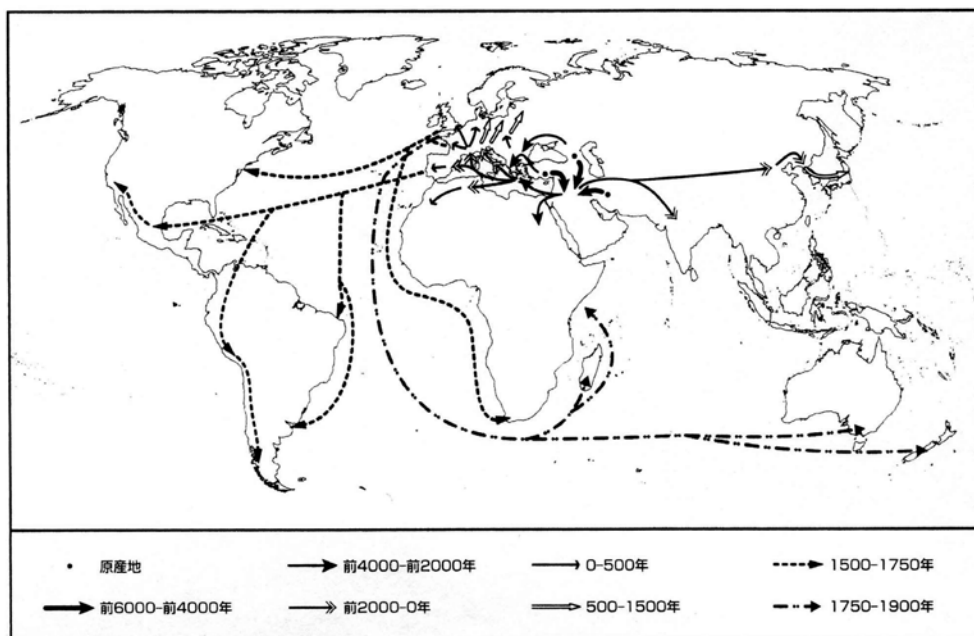


図 5-9 原産地から見たブドウの広がり (『ワインの世界史』より)

達した時点によって決まるとされている。ヨーロッパ系ブドウの栽培は、日平均気温の 10℃以上の有効積算温度（すなわち、(平均月温度 - 10℃) × (月の日数)）が、約 1000℃のドイツ・オーストリアから 4000℃のエジプト地方に及んでいるが、適正な産地は 2000℃前後のところが多い。一方、冬の寒さが厳しすぎると凍害を受けて枯死したり、生育が不安定になる。ブドウが正常に生育するためには、寒い時期のひと月の平均気温はだいたい -8℃～ -9℃が下限である。ヨーロッパの西部は緯度が高いわりに冬が温暖で冬の寒さがブドウ生育の制限要素にならないが、夏が冷涼なために生育期間（4 月～ 9 月）中の積算温度の多少が効率的な栽培の北限を決めている。一般に、1000℃以下になると栽培が見られなくなり、赤ワイン用のブドウは 1300℃以下のところでは色付きがよくない。また、生育期間中の降水量の多少は、木の生育、ブドウの品質、病害の発生に影響するが、特にブドウが熟する頃の雨量の影響は大きい。ワイン用ヨーロッパ系ブドウ栽培の場合、生育期間の降水量は 400 mm 以下であることが必要とされている。(『ワイン学』)

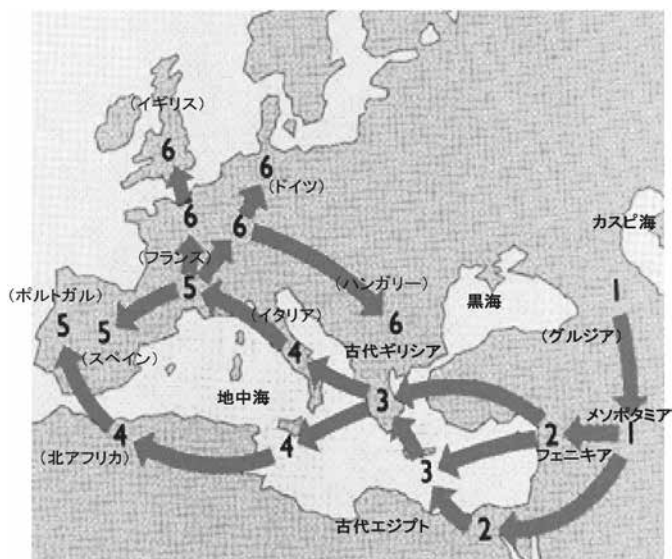


図 5-10 ヨーロッパにおけるワインの伝播

上述の生育条件は現在のワイン用ブドウに関してのものであり、長年の品種改良や栽培技術の進展の中で自ずから決まったものであるが、初期の頃のブドウの生育条件も基本的には同じ傾向にあっただろう。従って、歴史の流れの中では、これらの条件を満たしながらブドウ栽培とワイン文化はヨーロッパの西方に伝播していったに違いない。ワイン伝搬の道筋は図5-10に示した通りだ。コーカサスの現在のグルジアあたりで発祥したワイン造りとワイン文化はメソポタミアからフェニキア・古代エジプト、さらにクレタ・古代ギリシアへと伝播した。そして、古代ギリシアから古代ローマ（イタリア）、さらに西方の現在のフランスへの流れと古代ギリシアからシチリア、北アフリカを経て現在のポルトガル・スペインへの流れとに分かれて伝播した。その後、ブドウ生育の北限を探りながら現在のドイツからイギリスへ、また、ドイツからハンガリーと伝播していったのだ。

◆ ビールのヨーロッパへの拡がりの概観

一方、ビールはどうだったのだろうか？ 前述した通り、ビールは農耕による穀物の生産に端を発している。人類は西アジアの草原に生える雑草の中からエンメル系の2条小麦や6条大麦を見つけ出し、栽培を始めた。“肥沃な三日月地帯”を中心に農耕が始まり、その主要穀物は麦のうち特に外見が大柄な大麦だった。麦を粥にして食べることを覚えた人類は、粥に始まって麦芽入りのパンとビールに至ったことは前回述べた通りだ。農耕による“ゆとり”の象徴は保存が容易な麦であり、その麦を利用して造られるパンでありビールだった。従って、ビールは酒としての伝搬というよりも、農耕文化の伝搬とともに広がっていったのだろう。それは、ろ紙に水がしみ込んでゆくように、ごく自然に周辺の地域に伝播していったのではないだろうか。従って、時間的な差はあろうとも、“農耕のあるところ、その栽培穀物を用いたビールあり”という感じでビールは伝搬していったのではなかったかと私は想像している。具体的にはメソポタミアからエジプト、アラビアを経てアフリカのアビシニア（現在のエチオピア）に伝わっている。一方、アルプス以北のヨーロッパの森林地帯は、当初はまだ、麦を主とした農耕は困難だった。これらの地帯にはゲルマン系の民族が農牧兼業の生活を営んでいたが、彼らは家畜の糞を畑にかえしつつ乾地農業を発展させ、麦類を大量に耕作できるようにするとともにビールを愛飲するようになっていった。（『ビール礼賛』）

麦の生育には、低温と乾燥が適している。主な産地は、年平均気温が10℃～18℃、年降水量が400～800mmにある。また、種から芽が出て、根が出た後、冬の寒い時期を過ごさないと穂が出ない。葉が雪に埋もれて弱々しく見える麦も、その根は地中で頼もしく成長し続けているのだ。麦は寒冷地には強いが、赤道中心の熱帯地には弱い。一般的に赤道を挟んで北緯20度から南緯20度の間の地域では麦は栽培されていない。比較的、寒さに厳しく、乾燥しているヨーロッパは麦の生育に適した地域であり、麦栽培そしてパン造り、ビール造りを中心とした農耕文化は広く伝播していったのだ。

従って、農耕文化を背景として広く面として広がっていたビール造りの地域にワイン文化が図5-10のように入り込んでいったと理解するのが自然ではないだろうか。それは穀物の酒であるビール文化という下絵にワイン文化が色を重ねていくような感じではなかったろうか。多分、ワイン文化の拡大は、ろ紙に水がしみ込んでゆくような感じではなかっただろう。ワイン文化を知らせたい、教えたいという人の思いとワイン文化を取り込みたいという人の思いが、微妙に重なり合いながら広がっていったような気がする。文明の伝達は次第に複雑化してゆくのだ。

5-5. オリエントの統一とワインの一般化

BC 8世紀～BC 7世紀、メソポタミアからエジプトまでのオリエント全域をアッシリアが史上初めて統一した。アッシリアはBC 2千年紀初め以来、北メソポタミアで力を強めてきたセム系の遊

牧民族であった。オリエントはBC 9世紀に鉄器時代に突入したが、アッシリアはこれをうまく取り入れた常備軍を組織し、特に騎兵隊を編成することによって力を増し、その支配地域を拡大した。しかし、いったん支配しても、それを維持することは難しい。圧政によって秩序維持をはかったが諸民族の反抗を招き、結局、最盛期は100年ほどの短さで終わってしまった。

最盛期は短かったにせよ、アッシリアの出現は社会におけるワインやビールの広がりには大いに役立った。特にワインは、アッシリア拡大期のBC 9世紀を境に宗教行事などの特別の時のみの、ごく一部の者だけが嗜むことのできる有難い酒から次第に社会一般の酒へと変貌してゆく。ワインが手に

入りやすくなったのは二つの側面がある。一つは海運によるワインの取引量が増えるにつれワイン生産量が増加して、より広い地域でワインが入手可能となったこと。もう一つは、かつてないほどの規模の国家が誕生したこと。これによって、国境の数が減り、長距離輸送が容易になったうえに、通過する度に支払わなければならない税金と通行料が少なくなり、ワインの輸送にかかるコストが減った。この結果、アッシリアではワインの生産量が増し、値段が下がるにつれてワインは以前よりも幅広い階層の人々の手に届くものになっていった。

ワインが益々、普及していったことはアッシリア王室への献上品の記録から明らかだ。BC 9世紀のアッシリア王アッシュールナシルパルへの貴重な献上品リストの中に、ワインは金、銀、馬、蓄牛などとともに入っていた。図5-11はアッシュールナシルパルが、ワインの入った金製と思われる浅いボウルを右手の指先でバランスを取りながら掲げ持って優雅に座っている図だ。すでに、BC 1600～1500年頃に濾過技術が発明され、この頃のワインは濁りタイプから透明タイプとなっていたということであり、優雅さを誇るのにふさわしい酒だったのだ。ところが、それから二世紀後、少なくともアッシリアではワインは献上品リストから消えていた。きっと、あまりに広く世に出回るようになって、ワインは貴重品の仲間から外されてしまったのだろう。（『世界を変えた6つの飲み物』）

一方、メソポタミアでは古代バビロニアが衰退したBC 16世紀頃より穀物から造られるビールに代わりナツメヤシの酒が主流となっていた。この影響もあったのだろうが、アッシリアでもビールは影の薄い存在であった。

5-6. 古代オリエント時代のワイン造り・ビール造り

前回、ワインとビールの誕生の経緯と現代のワインとビールの製造工程について述べた。その乖離は大きいですが、それこそがワイン・ビール誕生以降の長い間の製造技術の蓄積の歴史ということになる。古代エジプトは、BC 3000年ころナイル川周辺の上下エジプトを統一する王国が成立して以



図5-11 ワイン・ボウルを掲げるアッシュールナシルパルⅡ世（『世界を変えた6つの飲み物』より）

アッシリア王アッシュールナシルパルⅡ世が浅いワイン・ボウルを掲げながら、威厳正しく腰かけている。両側のお付の者がハエタタキを持ち、王とワインにハエがたからないようにしている。

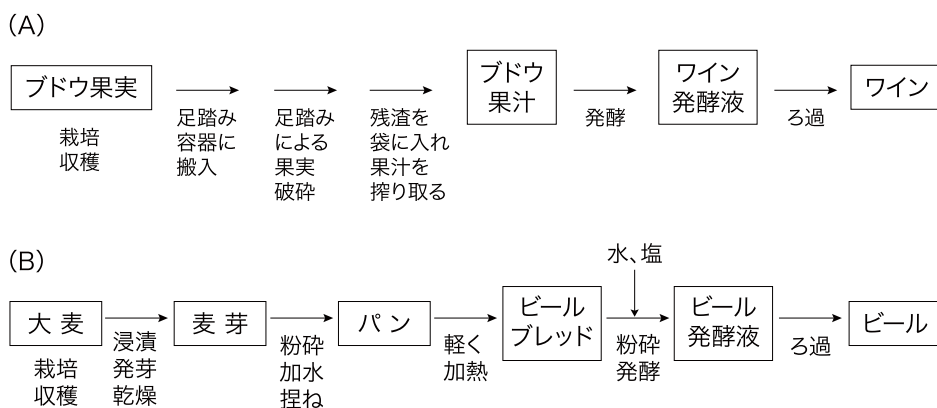


図 5-12 古代オリエントのワイン造り (A) とビール造り (B)

来、王朝の交代を繰り返しながらも BC 6 世紀のペルシアによる支配までファラオ（王）による政治が続いた。従って、比較的混乱の少なかったこの地では長期にわたってワイン造りやビール造りの蓄積がなされていたと考えて無理はないだろう。

ギリシアもエジプトもワイン造りはフェニキアからの伝搬ということだから、ギリシアに伝搬したワイン造りの工程はエジプトの工程とあまり違いはなかっただろう。エジプトのワイン造りの工程は、前回、紹介したナントの壁画に残されている通りだ。その基本はワイン果汁を自然発酵させることによっており、当初からあまり変わっていない（図 5-12 (A)）。『ファラオの食卓』と『古代の技術史』を参考にしてエジプトでのワイン造りについて紹介する。

(1) 収穫したブドウを容器に入れる。

容器は 1 メートルほどの深さがあり、人が 3, 4 人入れるほどの大きさがあった。容器の材質は多分、石だったろう。石は防水性があり、掃除もしやすいし、しかも頑丈であり、ワインに臭いがつかない。

(2) 容器の中のブドウを足でつぶす。

容器は、地面よりも一段高い台の上に置かれ、その両端に先端が二股に分かれた柱が 1 本ずつ立てられていた。柱の二股に分かれた部分には、横木が渡され、その横木に 50 ～ 60 センチの長さのロープが 5, 6 本吊るされていた。

容器の中がブドウでいっぱいになると、数人の醸造職人がこの中に入り、横木からぶら下がっているロープを握って体のバランスをとりながら、足でブドウを力強く踏んで、潰し、果汁を取り出した。リズムカルに効率よくブドウ潰しを行うために、彼らは歌を歌いながらこの作業をやったという。

(3) ブドウ果汁を採取する。

踏みつぶされて容器にたまったブドウ果汁は、容器の側面にあけられた穴を通して、容器の隣に置かれた貯蔵容器のなかに流れ込んでいった。ブドウ果汁の通る穴は、一つ、もしくは二つだった（図 5-13 (A)）。

これ以上踏みつけても果汁が出ないという状態になると、残ったブドウ果皮は両端に棒の突いた丈夫な円筒の袋に移される。そして、4 人の男が棒を使って袋の両端を逆にねじっていく。こうして、ブドウ果皮からさらに果汁が絞り出されるのだ。この工程は非常に骨のおれる仕事で、袋が所定の位置からずれたりすると、折角の果汁が地面にこぼれてしまう。そのために 5 番目の男が中央に立って、袋がずれないように押さえたり、容器を動かしたりして無駄なく果汁を採取した（図 5-13 (B)）。

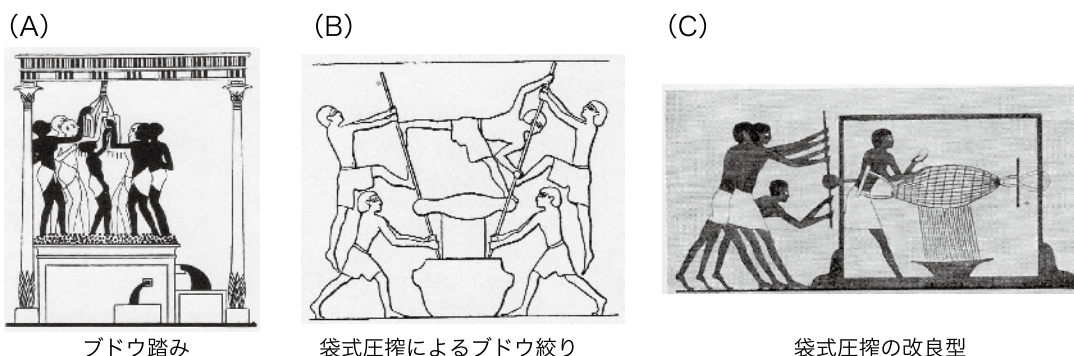


図 5-13 ブドウ果汁の採取（『古代の技術史』より）

(4) ブドウ果汁を発酵させる。

採取したブドウ果汁は発酵用の底の平らな容器に移され、発酵が行われた。発酵が終了して出来上がったワインは持ち運びに便利な壺（アンフォラ）に移された。

前回紹介したように、アンフォラは細長くて、先が尖っており、二つの取っ手がついていた。そして中にワインが入れると、細い首の部分は漆喰（プラスター）状の粘土で封印された。ワインやビールを空気に触れたまま置いておくと好気性の酢酸菌などによって酸っぱくなってしまいが、封印すると菌の活動を抑制することができる。当時の人は、理由は分からなくても封印すると品質が保たれることを経験的に知っていたのだ。

ワイン造りはこの造り方を基本にして少しずつ改良されていった。改良の一つはブドウ果汁を袋に入れて搾り出す工程で、簡単な器具の使用によってより能率が上がるようになった。円筒状の袋の両端が地面にしっかりと埋め込まれた柱によって固定されたのだ。ブドウの果皮は袋の片側の穴から挿入され、一本の棒が袋の片側に取り付けられた輪に通されていた。労働者たちはこの棒をねじるだけでブドウの果皮を絞り、果汁を間違いなく容器に入れることができたようになった（図 5-13 (C)）。

発酵については、ワインの場合、ブドウ果皮に酵母が付着しており、しかも pH が低く、ポリフェノールが多く含まれているため雑菌の生育が抑制されて、ビールに比べて安定して進む可能性が高い。そうであっても、ビール造りでは人為的に発酵を促すために、前の発酵液の残渣を加えるというようなことをしているのでワイン造りでも同様なことを行っていたのではないだろうか。

また、発酵前のブドウ果皮を袋に入れて絞ることによってブドウ果汁を無駄なく採取できたと同時に果皮や種から抽出される苦味が抑えられるようになったが、BC 1500 年頃には、できたワインを布で濾過して透明化する技術も開発され、さらに、品質の向上したワインが得られるようになった。盃に入れ、掲げ持ったワインは日を受けて輝き、人の心を一層惹きつけるものとなったのだ。

ワイン造りに関しては、エジプトより川上にあったアッシリアでは、当然、同じような技術のもとにワインは造られていただろう。アッシリアの出現がワインの一般社会への普及の契機になったのだが、それはこのような技術開発によるワインの大量生産が可能になったためと考えてよいだろう。このようなワイン造りはエジプトだけではなく、クレタそして古代ギリシアへと伝播していったものと考えられる。

なお、近年、5 世紀頃のワイナリーがイスラエル南部で発掘されているが、それは発酵槽に採取ブドウ保管区画、ブドウを踏みつぶす区画、ブドウ果汁を集める設備が併設された 100 平方ヤード

ほどのものだった。ここから、ヨーロッパやエジプトにワインが輸出されたものと推測されている。この発見は古代ギリシア・ローマ時代もワイン造りは古代エジプト時代と同じような工程で行われていたことを示している。

一方、エジプトでのビール造りは、BC 3000 年頃以後にメソポタミアから大麦や小麦などの穀類と一緒に伝わり、長い間自家用に女性によるビール造りが行われていたが、量産されるようになってからは女性によるビール造りが姿を消した。エジプトのビール造りは担い手が女性から男性へ替わったことも含めてメソポタミアのビール造りとあまり違いはないとみられている。むしろ、BC 1500 年以降、メソポタミアのビール造りは低調をきわめているのでビール造りのレベルの維持と向上に努めたのは古代エジプトだったのだ。

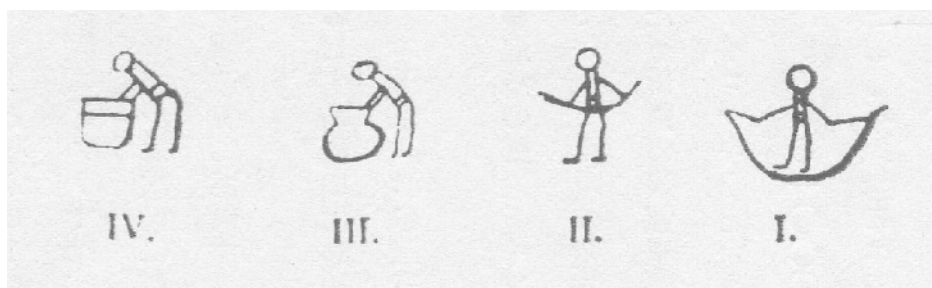
前回述べたように麦芽粥を自然発酵させたことがビール誕生の契機になっていただろうが、かなり早い時期からパンを液体に浸してビールを造るようになっていた。『ファラオの食卓』と『古代の技術史』を参考にすると、古代エジプト時代のビールの造り方の基本は次のようなものだった（図 5-12 (B)）。

- (1) 大麦を水に 1 日ほど浸して発芽させた後、水を切って日光にさらして乾燥させる。
- (2) 再び水でしめらせて、臼で挽き、捏ねてパンにする。
- (3) パンの固まりを軽く焼いてビールブレッドを作る。
- (4) ビールブレッドを足で碎き、甕に入った水に浸し、発酵させる。
- (5) 発酵液を篩などで濾す。

『ビール礼賛』では、この工程を当時の絵文字で端的に示している例を紹介していて興味深い（図 5-14）。

ビール造りはこの造り方を基本に少しずつ改良されていった。原料の段階では従来の発芽させた大麦と他の穀物や香りづけや甘味づけのための物質とを混ぜあわせた。この時、混合する穀物は穀つきのものを用いることをせず、打ち砕いて殻を取り、篩にかけてから生地捏ね、麦芽とともに他の香味物質を練りこんで生パンを作り、ビールブレッドに焼き上げられた。

香りづけや甘味づけのために練りこまれたものはナツメヤシ、蜂蜜、ベニバナ、ルピナスなどで



- I. 大きなかめの中に水と麦芽パンを入れて足で踏み砕いているところ
- II. I のようにして、つき混ぜたもろみを布で巻き絞っているところ
- III. 大きなかめの中のもろみをかき混ぜているところ
- IV. かめの上に柳の枝で編んだ篩をのせてもろみを濾過しているところ

図 5-14 古代エジプトのビール造り（『ビール礼賛』より）

あった。ナツメヤシや蜂蜜はヤシ酒やハチミツ酒の原料だから糖分の甘味もあり、また、酵母によって発酵可能なためアルコール含有量が高くなった。

ビール造りでは発酵の改良が著しい。第 18 王朝（BC 1576 年頃～ BC 1480 年頃）の遺物の中から現在のものに匹敵するほど純粋なイースト（酵母）が発見されていたということだ。プトレマイオス朝期（BC 305 年頃～ BC 30 年頃）になるとイーストはごく普通に使用されており、チムラオスという名のイースト作りの専門家の存在までが明らかになっている。イーストは半固体で桶に貯蔵され、ときには食されもしたということだ。

ビール造りに使用される際のイーストは生パンを練るときに種に混ぜられた。種は生パンの状態ですまず発酵し、ふくらんだところで焼かれてビールブレッドとなった。

発酵の際には、ビールブレッドを砕いて水と塩を加えたもろみに前の発酵液の残りを加えることによって人為的に発酵を促し、安定してビール醸造を行うようになった。このような発酵段階の技術の発展にともなって、醸造規模も一段と大規模にかつ組織的に行われるようになっていった。また、発酵を終えた発酵液はふるいや布で濾した後、さらにフラー土と呼ばれる吸着性の強い粘土を加えて清澄化をはかっている。古代エジプト人は原料の殻も除き、ビールの清澄化にも苦心を払ったせいか、ビールを飲むのにストローを用いている絵は少なく、たいがい広口のガラス製壺を使用している。できあがったビールは土器製の内側に松脂の塗られたアンフォラに入れられて、粘土の蓋で密閉された。（『ビール礼賛』）

エジプトのビール醸造に興味を持ったドイツの醸造学者グリユス教授は BC 3000 年頃～ BC 1000 年頃のエジプトの王の墓に捧げられたビールの研究を行ったところ、BC 3000 年頃のものは酵母が非常に不純であったが、BC 1000 年頃のものは一様で、きわめて純粋であったということだ。これらのことから、BC 1300 年以降のエジプトのビール製造技術は、2000 年後の中世初期のドイツやイギリスの製造技術に比べてむしろはるかに進歩したものとみられるということだ。（『ビール礼賛』）

微生物の存在が明らかにしたのは、オランダのヴァン・レーヴェンフックであり、16 世紀のことだ。微生物の存在を知らずして、いったいどのようにして純粋の酵母を手に入れていたのだろうか。乳酸発酵のパンやナツメヤシの発酵液などを用いて酵母の純粋培養に近い操作を行っていたということもいわれているが、非常に興味の湧くところである。

それにしてもここまで至るには酒造りの長い経験の蓄積があって、初めて可能になったのだろう。発酵を重ねるうちに、甕には酵母が住み着き、メソポタミアの頃から発酵に適した甕とそうでない甕があることを知っていたのではないだろうか。というのは、前回、紹介したギルガメシュ叙事詩の中で、ギルガメシュは彼に一目ぼれの女神イシュタルに向かって、「もし結婚したら、美味しいパンやビールを自分のために作ることができるか？」と聞いている。この当時、結婚して、男性に大事にされるには女性は美味しいパンやビールを作らなければならなかった。娘が嫁ぐ時、母親は自分が使っていたビールがうまくできる甕をもたせて娘の幸せを願っても不思議はない。さらに、時がたてば、「発酵だね」として前回の発酵モロミの残りをを用いることに思いが至るのは不思議なことではない。そして、優良な「発酵だね」から純化した酵母が得られたのだろうか。それにしても不思議だ。

一方、当初、麦は 6 条大麦とエンメル系 2 条小麦だったが、BC 1900 年頃に現在のパン小麦がコーカサスからメソポタミアに移入してきた。1944 年、木原均博士らがエンメル系 2 条小麦と雑草のタルホ小麦からパン小麦が合成作出されることを明らかにし、その後、アフガニスタン、イラン、コーカサスでエンメル系小麦に混じってタルホ小麦が野生している地域からパン小麦が出現していることが確かめられている。多分、セム系のアッシリアの移動とともにパン小麦は西アジアに持ち込ま

れたのだろう。パン小麦の移入によって、エンメル系小麦はたちまち駆逐され、BC 1000 年頃には殆ど影をひそめてしまい、パン小麦によって、製パン技術がさらに躍進したという。一方、発芽力が強く、デンプン含量の多い大麦はビール原料として益々重要なものになっていった。(『ビール礼賛』) 従って、BC 1000 年あたりを境にして、徐々に、小麦原料はパン、大麦原料はビールという住み分けができてきたのではないだろうか。

技術の革新には、一方でそれに対する反対の意見もあるのが世の常だろう。できあがった酒をろ過することの是非については、当時から議論を呼ぶところだったようだ。帝政ローマ時代のギリシア人著述家だったプルタルコス（1 世紀後半～2 世紀初頭）による『食卓談集』は当時の人の関心の向け具合やその内容が知れて面白い。その中に、「酒は濾して飲むべきか」という項がある。ワイン中の澱は酒の精気・活力であり、それを除くべきではない、という意見と酒中の澱はごみや不純物であり、これを除くのは酒を浄化しているのだ、という意見について紹介している。当時もワインを濾すことに反対する意見があるのは面白い。ましてや、“液体のパン”であるビールの澱は栄養の塊であり、ろ過して透明にしてしまうことに異論はあっただろう。しかし、エジプトで造られるビールは篩とフラー土で磨かれた澄んだビールが主流となっていき、そのビールがギリシアでも評価されていた。

5-7. 古代ギリシアにおけるワインとビール

◆ 小王国の誕生から貴族制ポリス（都市国家）へ

BC 2000 年頃からギリシア人がバルカン半島南部に侵入・定着を始めたが、その頃すでに東地中海のクレタ島では系統不明の民族がクノッソス宮殿で知られる強力な王権のもとで独自の文化を作り上げていた。ギリシア人はこのクレタ文明や先進のオリエント文明に学びながら、ミケーネをはじめ各地に小王国を形成し、青銅器文化を発達させた（ミケーネ文明：BC 16 世紀～BC 12 世紀）。

しかし、BC 1200 年頃に起こった東地中海をおそった民族移動や第 2 波のドーリア系ギリシア人の南下を契機に先住のギリシア人の一部はエーゲ海の島々や小アジア西岸に移住し、第 2 波のギリシア人の一部もその後を追った。このように拡大したギリシア人の世界は混乱のうちに鉄器時代を迎え、BC 8 世紀には各地に貴族の支配する都市国家（ポリス）が生まれた。この混乱の時代を通して外敵の侵入を防いだ、唯一の小王国のアテネも王権による政治から貴族制ポリスへ移行した。ちょうど、東ではアッシリアがオリエントを統一した時代の頃にあたる。

◆ 古代ギリシアにおけるブドウと麦の栽培

クレタ文明やミケーネ文明が最盛期の頃にはワインは相変わらず選ばれた者の飲み物だった。しかし、ギリシア人たちがエーゲ海に面した西アジア西岸（イオニア）にまで移住するに及び、オリエントでのアッシリア出現以来のワインの一般化の傾向・風潮がエーゲ海諸島からギリシア本土・イタリア半島の人々に影響を及ぼしてワイン文化は社会の広範な人々に深く浸透していった。ギリシア社会の主な飲み物はワインであり、ビールは脇役に甘んじていた。ギリシア古典文学においてもワインに比べてビール登場の機会はきわめて少ない。

ギリシアは山が多く、大きな平野があまりない。また、土地もそう肥沃ではなく、雨もあまり降らない。総じて、穀物生産にはあまり向いていないのだ。従って、山の斜面を中心にブドウやオリーブなどの果樹栽培が行われていた。

もちろん、穀物生産も小規模ながら行われていた。BC 700 年頃のギリシアの著述家、ヘシオドスは『仕事と日』の中の「季節の中の農業」の項で麦の耕作に励むことの大事さとその方法につい

て次のように述べている。(以下、『仕事と日』中務哲郎 訳)

耕し時が死すべき人間に示されたなら、奴隷たちもお前も一緒になって、すぐに仕事に取り
かかれ。

耕しの季節には、土が乾いていようが湿っていようが耕し、畠が稔りで溢れるよう、朝一番か
ら励むのだ。

春に鋤き返せ。夏に改めて鋤き返した畠は、お前を欺かぬぞ。

休閑地に撒く時は、土はまだ軽いうちにせよ。

休閑地は呪いを防ぎ、子供を宥めるものだ。——

休閑地に関する最後の2行は、連作を避けて畑を休ませよく耕せば、凶作を防ぎ、子供にも充分
な食物を与えることができる、ということを教えている。

続く文章は豊かに麦が実を稔らせることによって、家の甕は満たされ、命の糧が増え、物欲しげ
に他人を見つめる必要もないと、収穫の素晴らしさを教え諭している。

しかし、豊かな稔を享受するためには、夏の収穫時には身を粉にして働かねばならないことを、
また、次のように述べている。

太陽が肌を萎れさす刈入れの時節には、日陰の腰掛けも、夜が明けるまで眠るのも御法度だ。
この時こそ夜明け前に起きだして、命の糧に事欠かぬよう、精を出し、稔りを家に運び入れ
るのだ。

明け方は、一日の仕事の三分の一をこなす。

明け方は、道行を捗らせ、仕事を捗らせる。

明け方、それは姿を現すや、多くの人を旅路に上(のぼ)せ、多くの牛に軛(くびき)をか
ける。——

このように、ヘシオドスの頃は、狭い耕土とはいえ主食の麦の耕作に励んでいたのだ。しかし、
収穫量は限られていたので得られた麦のほとんどがパン造りに供され、ビール造りは活発には行わ
れなかったようだ。

ヘシオドスは、ブドウ栽培についても、剪定時期は初春の早朝がよいこと、初夏には放ってお
いてよいことを述べたうえで、ブドウの摘み取りの時期とその後の処理について次のように述べ
ている。

オリオンとセイリオスが中天に達し、指薔薇色の曙がアルクトゥスを見出す時、ペルセウスよ、
葡萄の房を残らず摘み取って、家に運べ。

10日と10夜、陽に当てて、5日間、蔭に入れ、6日目に陽気なディオニュソスの賜物を、甕
に汲み入れよ。だが、プレイアデスとヒュアデスと、逞しいオリオンとが、沈む時となれば、
時を遅えぬ耕しを思い出せ。

地中の種がしっかりと根づいてほしいものだ。——

星の運行を読み解くと、9月8日にブドウの房を摘み取り、11月4日に耕しを始めなさい、と言っ
ていることになるという。また、収穫後、足で踏みつぶし葡萄の汁を絞り出す工程は自明のことと

してここでは省かれているが、甕に入れるのはブドウ果汁なのだ。ブドウ栽培に伴う作業に関する細かい时期的な配慮がなされていたことがわかる。

ギリシア時代にブドウ栽培技術は大いに発展した。ソクラテスの弟子のオフラストスは著した『植物原因論』の中で、ブドウ栽培に関する詳細な観察報告をし、良質のブドウ樹の挿し木、土の多孔性や湿度、刈り込み技術などについて幅広く、詳細に論じている。

また、フェニキア人やメソポタミア人はブドウを巻きひげで支柱や木の棒にからませながら成長させ、エジプト人は木切れでツル棚を作り、ブドウはその下で成長させた。しかし、ギリシア人は夏の湿気により支柱が必要になる地域を除けば、ブドウ樹を地面に沿って取り木することを好んだという。背の低いブドウ樹は経済的だし、また、夏の風にもさらされない。しかし、ネズミやキツネの侵入や雑草から守るために心を配り、大変、注意深く鋤を入れ、堆肥を使い、夏には蒸発を防ぐために不要な葉の切り落としをするなどの細かく手を加えて栽培したという。([『古代の技術史』])

ギリシアのワイン造りに関しては、ブドウの圧搾する方法が従来と変わっている。従来、ブドウ果を布の袋の中で圧搾していたのを新しいタイプの梁圧搾機（ビームプレス）を発明した。この圧搾機では一端に重い石のついた長い梁が他端を回転軸として上下できるようになっていて、梁の半分の長さのあたりでむしろの層の間に積み重ねられたブドウを圧搾する方式で、この発明によってさらに果汁の収量が増した（図 5-15）。([『古代の技術史』])

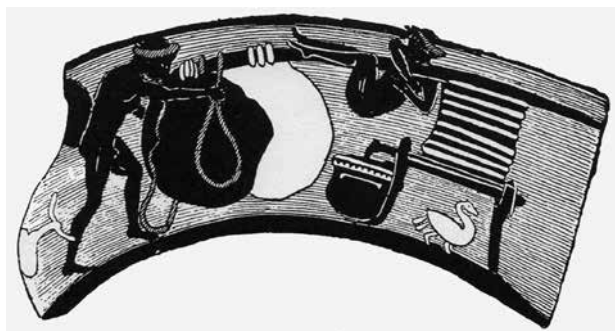


図 5-15 ギリシア式梁式圧搾機（『古代の技術史』より）

◆ 古代民主政治の盛衰とワイン

貿易で儲けて人口が増えると、ギリシアは土地が狭いので諸ポリスは市民の一部を地中海・黒海沿岸一帯に送って盛んに植民活動を行ったため、ギリシア人の世界は一層拡がり、海上交易がさらに促された。経済の発展に伴い商人・手工業者・農民の力が次第に向上し、やがて平民が貴族に代わって軍事的役割の主な担い手となるとともに政治へも参加するようになり、BC 5 世紀の中端には古代民主主義の完成をみるに至った。しかし、女性には参政権がなく、豊かな市民生活も大量の奴隷の使役によって支えられたものであり、時代的な限界もあった。

主要な輸出品であるワインはギリシアの発展に大いに貢献するに従いワイン造りは益々拡大していった。ブドウ栽培の収入は同じ土地で行う穀物生産の収入に比べて 20 倍にもなったということだから、それも当然の話である。そのため、穀物生産からブドウ栽培に切り替える農家が増えた。しかし、主食なしには生きていくことができないので、大穀倉地帯のエジプトなどと貿易を行いワインやオイルなどと引き換えに主食の穀物を獲得していた。

ワイン造りが盛んになった結果、ギリシア社会ではワインは奴隷さえ飲めるほど庶民的な飲み物となった。そうすると、焦点は“ワインを口にできるかどうか”から“どんな種類のワインを飲むか”に移行した。どこの地方で、いつ造られたか、どんな種類のワインか、ということが細かく差別化されるようになり、飲むワインによってその人の文化的洗練度が推し量られるようになっていった。ワインは依然として社会の階層化の目安として存在していたのだ。

古代ギリシアではワインが中心だったとしても、アリストテレスは「ワインを飲んだ者は四方に

倒れるがビールに酔った者は後ろに倒れ、仰向けになる」という語句を残しているように、やはりビールも酒として一定の位置を占めていたことは確かである。しかし、「後ろに倒れ、仰向けになる」という酔い方を賞賛しているようでもないのだからワインの引き立て役のような認識を彼もしていたのだろう。

この頃、アッシリアの後を受けてオリエントを統一していた東の大国ペルシアがギリシアに遠征してきたが、アテネを中心とするポリスはBC 492～BC 479のペルシア戦争でペルシアを退けた。この時期、ギリシアの各ポリスは民主政治が完成に至り繁栄するが、一方で、狭い国土の取り合いなどポリス間の確執も起こっていた。やがて、反アテネのリーダーであるスパルタとアテネの争いとなる（ペロポネス戦争：BC 431～BC 404）。この戦いはスパルタが勝つが、覇者としての地位は長くは保てず、ギリシア内部で次から次へと戦乱が続き、ギリシア世界が全体として衰退していった。

争いによる衰退の過程で、まずは農業が荒廃していった。例えば、ペロポネス戦争の時、劣勢のアテネは箠城戦をするが、アテネ市を包囲したスパルタ軍はアテネ近郊に広がるブドウやオリーブを切り倒してしまう。麦や米などの穀物と違い、果樹は切り倒されてしまうと苗木を植えて収穫までに何年もかかるため、農業荒廃の影響が長期化して農業経営者の中産市民は没落し、BC 4世紀前半にはギリシア民主政治そのものが衰退し、ポリスは力を失っていった。

そして、BC 4世紀後半、ギリシア諸ポリスは北方に台頭したギリシア系マケドニアと戦って敗れ、その支配のもとに入った。マケドニア王アレクサンドロス（アレキサンダー）大王（在位：BC 336-BC 323）はBC334年ペルシア遠征にたち、10年の間に西はギリシア・エジプトから東はインダス川流域に至る大帝国を建設した。この東方遠征以後、ギリシアの政治・経済・文化の中心はオリエントに移り、東方の文化と融合した新しいギリシア風文化がオリエントに普及しはじめた。これが、ヘレニズム時代の幕開けであり、古代ギリシアの終末である。

◆ シュンボシオン

古代ギリシア人はワインの神ディオニュソスを愛し崇めたが、彼らがディオニュソスに捧げた典型的な習慣に「シュンボシオン」がある。現代のシンポジウムの語源はここにある。古代ギリシア人は共に夕食をとった後、シュンボシオンを開き、水で薄めたワインの盃を傾けながら高尚な哲学から日常の雑事まで様々な話題を取り上げ語り合った。この様な環境のもとにギリシアの民主政治は培われ、ギリシアの古典文化は花開いたのだ。

しかし、すべてのシュンボシオンがこのような真面目なものだったわけではなかった。シュンボシオンが始まる前に、ワインはまず、クラテールという大きなつぼ状の容器（図5-16（A））の中で水と混ぜられ、宴会場に置かれた。水とワインの配合率は酒宴の主催者に委ねられたが、ワインの量の方が多いということはなかったようだ。酒宴中、使

(A)



BC1300年頃のクラテール
(ルーブル美術館)

(B)



BC500年頃のキュリクス
(大英博物館)

図5-16 シュンボシオンで用いられたクラテール(A)とキュリクス(B)

用人が主催者の指示に従ってクラテルから汲んだワインを参加者の盃に注いだ。ワインを飲むのによく用いられた盃は両側に取り手がついて、脚が短く底の浅いものでキュリクスと呼ばれた（図5-16（B））。盃には精巧な装飾が施されたが、特に多く用いられたのは酒の神、ディオニュソスのモチーフだった。そしてクラテルが空になると、すぐに次のクラテルが用意されるのだ。クラテルが次々と空になるにつれて、シュンボシオンが乱痴気騒ぎになったり、けんか沙汰になったりすることもあったようだ。

シュンボシオンに限らず、彼らは過度な酔いを慎むためにワインを水割りにして飲むのが通常であった。ヘシオドスは『仕事と日』の中の「季節の中の農業」の項で、「日陰に腰を下ろして、火の色の葡萄酒を飲みたいもの。食べ物に心を満たした後で、さやさやと吹く西風に顔を向けてな。流れて止まぬ走り井の、濁りを知らぬ水をまず三、そこへ葡萄酒を一、注ぎ入れるがよい」と書いている。グラスに注ぐ場合、水を先に入れ、後からワインを加えることとワインより水の量の多いことが水割りワインの基本であったようだが、その割合については古代から議論沸騰していた。水割りウイスキーを流行らせたことから、“水割りは日本”と思われがちだが、そういうことは全くないようだ。

シュンボシオンではもっぱらワインが中心となっていた。食後、シュンボシオンのための宴会場は広く、タイル貼りであった。テーブルの前に寝台が置かれ、参加者はそこに左ひじをついて胸を起こした姿勢で横になりながら、ワイン片手に議論をしていたという。やや演出がかったこの雰囲気には、やはり、澄んで輝いている液体のワインが似合っていたのだろう。

◆ 古代ギリシアの古典文化

ギリシアは哲学・文学・歴史・美術の各分野で、後世の人々に古典と仰がれる数多くの優れた作品を残したが、それらは政治的・社会的自由を享受することができた人々ののびやかな精神によって生み出されたものであった。

ギリシア人が民族として一体感を持つ絆であったオリンポスの十二神などのギリシア神話、オリンピアの祭典と競技、デルフォイのアポロン神殿は今でもよく知られている。

紀元前8世紀に英雄たちの活躍を描いたホメロスの叙事詩『イリアス』、『オデュッセイア』はひらく古典として学ばれ、人々の生き方の手本となったという。ギリシアの哲学者ではソクラテス、プラトン、アリストテレスがよく知られている。ソクラテス（BC 467～BC 399）はワインについて次のように語っているという。「ワインは気持ちとを和らげ、心に潤いを与えてくれる。そして、心配事を鎮め、休息を与え——われらの喜びを蘇らせ、消えてゆく命の炎に油を注いでくれるものである。適量を一度に少しずつ飲むなら、ワインはこのうえなく甘美な朝露のように、われらの肺に滴り落ちる——。そのときこそ、ワインは理性に何ら害を与えず、快い歓喜の世界に気持ちよくわれらを誘ってくれるのである」

ソクラテスの弟子のプラトン（BC 427～BC 347）は『饗宴』という作品を残しているが、それはシュンボシオンで師のソクラテスを含む参加者たちが、愛について語り合う様子を扱っている。朝まで飲み明かしたあと、皆は眠ったが、ソクラテスだけはまったくのしらふで、その日の職務に向かう。これは、ソクラテスを通して、プラトンにとっての理想的な飲み手の像を書いているのだろう。プラトンはシュンボシオンで他者とワインを飲むことはその相手の性格を知るための有効な方法であると考えており、ワインを一つの手段として捉えていた。プラトンによれば、ワインとは「鎮静薬であり、魂に謙虚さを教え、身体に健康と力を注入するために人間に与えられたものである」という。（『世界を変えた6つの飲み物』）

プラトンの弟子アリストテレス（BC 384 ～ BC 322）は、前述したとおり、ワインやビールを飲んだ時の酔い方の違いについて触れているが「酔い」そのものについても考察している。また、彼は哲学者であると同時に自然科学者でもあり、万物の成り立ちに興味を持っていた。彼は、火・水・空気・土の4つの要素が、乾・湿・温・冷の4つの性質と組み合わさることによって「もの」として姿を現し、その姿を変えてゆくと考えた。例えば、空気は温かく水は冷たい。従って、水に熱を加えれば空気（水蒸気）になり、それを冷やせば水になるはずと考え、それを証明するために彼は蒸留という手段を用いた。アリストテレスはさらに海水やワインを蒸留して記録に残している。彼によれば、ワインは水と土の2つの要素からできており、蒸留すると水の要素が純粋に分離され、あとに土の要素（エキス分）が残ると考えた。実験対象になるぐらいの存在感がワインにはあったのだろう。ワインの蒸留液はブランデーということになるが、アリストテレスがそれを楽しんだかどうかは定かでない。

参考文献

1. ジャン＝ロベール・ピット（幸田 礼雅訳）：ワインの世界史 海を渡ったワインの秘密．原書房，2012.
2. 吉澤 淑，湯目 英郎：ワイン学．産調出版，1991.
3. 清水 健一：ワインの科学．講談社，1999.
4. 渡 淳二：ビールの科学．講談社，2009.
5. 鈴木 公明：ムギの一生．あかね書房，1988.
6. 山本 幸雄：ビール礼賛．サントリー（株），1973.
7. 春山 行夫：ビールの文化史Ⅰ．平凡社，1990.
8. ジャン＝フランソワ・ゴージェ（八木 尚子訳）：ワインの文化史．白水社，1998.
9. 吉村 作治：ファラオの食卓．小学館，1992.
10. R.J. フォーブス（平田 寛，道家 達将，大沼 正則，栗原 一郎，矢島 文夫 監訳）：古代の技術史（下）Ⅰ．朝倉書店，2008.
11. Matti Friedman : Bizantine Lantern and Wine Press Unearthed, Archaeology, 4, April, 2013.
12. ヘシオドス（中務 哲郎訳）：ヘシオドス全作品．京都大学学術出版会，2013.
13. 世界の歴史編集委員会 編：もういちど読む山川世界史．山川出版，2009.
14. トム・スタンレー（新井 崇嗣訳）：世界を変えた6つの飲み物．（株）インターシフト，2007.
15. 岡 三郎：人類史から読む「ギルガメシュ物語」．国文社，2014.
16. プルタルコス（柳沼 重剛編訳）：食卓歓談集．岩波文庫，1987.
17. アテナイオス（柳沼 重剛編訳）：食卓の賢人たち．岩波文庫，1992.
18. プラトン（久保 勉翻訳）：饗宴．岩波文庫，2008.

築地市場魚貝辞典（イシダイ）

月日はめぐり、築地にまた夏がやってきた。以前にも書いたのであるが、築地市場の水産物仲卸店舗には空調設備がない。水産物は旨味成分を多く含む反面、鮮度の低下が早い。気温が高くなればなおさらである。仲卸店舗では氷を使っているが、店舗に出せなかったものなどを保管するために、築地市場でも大きな冷蔵庫が立ち並ぶ。今回は夏の魚、石鯛を紹介する。



一分類一

イシダイはスズキ目イシダイ科イシダイ属の魚である。スズキ目は毎度おなじみの、ふつうの魚のほとんどが含まれる大所帯である。その大家族の中でも歯がオウムの嘴状になり、背鰭が体の中央より後ろまで硬いトゲで支えられ、しなやかな鰭条（きじょう）で支えられているのは後ろの方だけといった特徴で区別される。イシダイ科には、科よりも小さなくりである属はイシダイ属1つしかなく、変異の少ないグループといえるかもしれない。世界に7種、日本ではイシダイとイシガキダイの2種だけが知られている小さなグループである。イシガキダイの体型はイシダイに似ていて模様がなければ区別するのが難しいほどである。ただし模様は特徴的で、イシダイが縞模様なのに対してイシガキダイは水玉模様なので、容易に区別できる。実際、両種は近縁で、自然界でもよく雑種ができる。イシダイ科の魚はど



イシダイ

の種も沿岸にすむので、日本周辺のほか、南アフリカ、インド洋西部、オーストラリア南部、ペルーからチリと分布が限られている。

一形態一

タイ型で背が高く、やや四角張って見える。体の断面は左右から押したようにやや平たい。鱗はやや細かく取れにくい。体に比べ頭はやや小さく口先が突き出ている。歯は癒合してオウムの嘴状になる。背鰭は体の中央より後ろまで硬いトゲで支えられ、柔軟なスジ（軟条；なんじょう）で支えられているのは後方だけである。軟条の数は17から18で、近縁のイシガキダイの15から16より多くなっている。



鱗



歯

成長とともに体色が変化する。2cm ぐらいまでは全身が茶褐色であるが、徐々に体の縞模様ははっきりしてきて白と黒の太い縞模様となる。この模様から「しまだい」と呼ばれることもある。この縞模様も成長とともに薄れてしまい、体長40cmを超えると全身暗灰色で口の周囲だけが黒くなり釣り人から「くちぐろ」と呼ばれる。体長50cm以上になる。

一生態一

北海道から九州、小笠原、朝鮮半島、台湾に分布し、沿岸の岩礁にすむ。丈夫な歯を使い、ウニやフジツボ、貝類などを食べる。産卵期は4月から7月で、海面近くで産卵、受精する。卵は直径9mm前後で、浮遊性である。孵化した稚魚は、やがて流れ藻など浮遊物に寄り添うようになり、体長5cmぐらいまで過ごす。やがて沿岸の岩礁に移りすむ。1年で15cm、2年で25cm、3年で30cm、4年で40cmに成長する。およそ3年で成熟する。寿命は5年以上。夏に岩場に近い海水



流れ藻に付く稚魚

浴場に行くと、イシダイの若魚を見ることがある。流れ藻から離れたばかりぐらいの体長5cm前後の個体は好奇心が強く、また浮遊物と誤ってか人にまとわりついてくることがある。このとき体毛や皮膚などをつつかれることがあり、相手が小さい割に痛く、しつこくついてこられるとこちらから逃げ出したくなる。また、このような性格を利用して、水族館で色々な行動を見せる展示に使われることがある。

一漁業一

沿岸の岩場にすむので釣り、網に魚を絡めて取る刺網、魚の通り道を誘導して網の中に誘い込む定置網などで漁獲される。レジャーとしての釣りの対象としても人気が高く、磯釣りでイシダイを狙う人は多い。サザエなど貝を餌にするほか、場所によってはイシダタミヤドカリなど大型のヤドカリが餌として売られているところもある。養殖もさかんで、九州各地や和歌山県などでの生産が多い。天然の稚魚を漁獲して育てるほか、人工的に産卵させて育てる完全養殖も行われている。成長や身質の改善を求めて、近縁のイシガキダイと雑種が作られ、「イシガキイシダイ」や「きんだい（開発した大学の名称に由来する）」の名で呼ばれることもあるが、ほとんど見かけない。韓国や中国沿岸にも分布するので輸入される可能性もあるが、確認していない。

築地市場には活魚か鮮魚で入荷する。比較的丈夫なので活魚で入荷するものも多く、仲卸店舗の水槽を見ると、イシダイが入っているのをよく見かける。トロ箱に入って入荷する鮮魚は、店先で縞模様が目立っている。場内で見かけるものは体長30cm前後のサイズが多く、あまり大きな個体を見る機会は少ない。また、20cmを下回るような小さな個体も、使い勝手が悪いからなのか、ほとんど入荷しない。おもな産地は長崎県や千葉県、宮崎県など、温暖で岩礁の多い地域である。通年入荷するが、春から夏にかけての入荷が多くなっている。



活魚で入荷したイシダイ



活けず

一利用一

ほのかな磯の香りを楽しむため刺身や塩焼きで賞味することが多い。歯ごたえのある白身は、皮を残して刺身にすれば、皮目の旨みも味わ

える。また暑い時期には洗いにも向く。そのほか煮魚、蒸し物、フレンチやイタリアンでも見かけることがある。

春先の産卵が終わり、さかんに餌を取る夏が旬とされている。

ーエピソードー 三番叟とは何か、という問い合わせをいただいたことがある。イシダイの若魚の模様が、歌舞伎の三番叟で使われる衣装と同じことに由来する呼び名である。今でもこの名を実際に使っている地域があるのだろうか。使われなくなった名称や過去にあった出来事が、本の中だけで生き残る。それは、本の著者が前に出た本を見て書くからである。～で～と呼ばれる。現在その地域でその名前が使われていなくても、そう書かれていることが少なくない。生きた文章を書くことに務めたい。

文 献

- 1) 坂本一男：旬の魚図鑑，主婦の友社（2007）
- 2) 中坊徹次（編）：日本産魚類検索 全種の同定 第三版，東海大学出版会（2013）
- 3) 山田梅芳ほか：東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会（2007）

白石カルシウムの炭酸カルシウム	
	古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。 用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。
分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈澱を抑制したタイプ等、品揃えしております。 一般の栄養強化には、「ホワイトトン」 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	

対談

広がるクマ笹の可能性

— 最新研究から見る未来の可能性 —

北嶋 まどか (KITAJIMA Madoka)¹ 賈 俊業 (JIA Junye)¹ 名取 威徳 (NATORI Takenori)¹
大泉 浩史 (OIZUMI Hiroshi)¹ 大泉 高明 (OIZUMI Takaaki)¹ 渡邊 康一 (WATANABE Koichi)²
安井 利一 (YASUI Toshikazu)³ 坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)³

¹ 株式会社大和生物研究所 ² 三宝製薬株式会社 ³ 明海大学歯学部

Key Words : クマザサ葉抽出液 ササヘルス 歯磨剤 口臭 細菌カウンタ 抗ウイルス活性 口腔疾患

Abstract.

We review diverse biological activity and clinical effects of *Sasa senanensis* Rehder extract (SE), and discuss the future direction of clinical effects of SE study.

大和生物研究所について

株式会社大和生物研究所（事業本部：神奈川県川崎市）は、1968年の創業以来、クマ笹の葉を原料とした一般用医薬品「ササヘルス」（第3類医薬品 効能効果：疲労回復，食欲不振，口臭，体臭除去，口内炎）の製造・販売を一貫して行っている。さらに，医薬品分野におけるクマ笹の基礎研究を『農・食・美』分野へ向けた商品開発にも活かしており，食品「SE-10（エスイーテン）」「クマ笹のど飴」，化粧品「クマ笹歯みがき」「笹の恵シリーズ」等を開発・上市した（図1）。

当社は，明海大学歯学部薬理学分野 坂上宏教授との共同研究を2007年よりスタートした。

今までの研究により，医薬品「ササヘルス」には，抗炎症作用，歯周病菌等に対する抗菌作用，インフルエンザウイルス，エイズウイルスに対する抗ウイルス作用，ラジカル消去作用，抗腫瘍作用，紫外線に対する細胞保護作用等が確認された¹⁻²⁰⁾。

当社クマ笹関連製品を販売する薬局・薬店の会組織である「緑健会」は2015年6月14（日），TKP ガーデンシティ品川を会場に勉強会を開催した。その中で「広がるクマ笹の可能性 — 最新研究から見る未来の可能性 —」をテーマに，明海大学歯学部の坂上宏教授と当社代表取締役社長の大泉高明との対談が行われたので，内容を以下に紹介する。



図1 クマザサ (A), クマ笹を原料とする製品群 (B~H)
ササヘルス (B), SE-10 (C), クマ笹のど飴 (D), ささ塩 (E), 笹の恵 モイチャーソープ (F),
笹の恵 モイチャークリーミージェル (G), クマ笹歯みがき (H)



坂上 宏 (さかがみ ひろし)

明海大学歯学部病態診断治療学講座 薬理学分野
教授, 薬学博士

1952年 東京都生まれ。1974年 東京大学薬学部卒業, 1980年 東京大学薬学系大学院修了, 同年昭和大学医学部生化学教室助手, 1987年 講師, 1996年 助教授, 1997年より現職(1982-1985年NY州RPMI Cancer Drug Center研究員)。リグニン配糖体を世に広めること, ポリフェノールの歯科領域への応用を目指す。MPL (Meikai Pharmaco-Medical Laboratory) 室長, 明海大学理事, 朝日大学理事
Tel: 049-279-2758

E-mail: sakagami@dent.meikai.ac.jp



大泉 高明 (おおいずみ たかあき)

株式会社大和生物研究所 代表取締役社長

1952年 神奈川県生まれ。1976年 東京農業大学農芸化学科卒業。1978年 東京教育大学農学研究科農芸化学専攻修了(生物生理活性物質の研究)。1978年 全薬工業株式会社研究所勤務(生薬より多糖類制ガン物質の研究)。1984年 昭和大学医学部第一薬理学教室特別研究員。1990年 クマ笹の薬理研究により医学博士。1993年 株式会社大和生物研究所代表取締役社長就任, 現在に至る。「ストレスあるいはエタノール誘発胃粘膜損傷に対するクマ笹抽出液の影響」ほか論文多数。一般財団法人蓼科笹類植物園理事長, 東京都家庭薬工業協同組合理事, 日本家庭薬協会理事, 公益社団法人東京生薬協会理事。

E-mail: takaakio@daiwaseibutu.com

■大泉高明（以下、大泉）：日本は国土の70%を森林が占める「森の国」ですが、その森林のほぼすべてといって良いほど、下草として笹が生えています。日本は、笹類の国土における分布域の割合は世界一といえます。また、日本は南北に長く、標高差も大きいことから、北海道から鹿児島屋久島に至るまで、多種多様な笹類があります。種数においても圧倒的に世界一であり、ササ類と称されるものは世界に1200種類以上、日本国内には半数の約600種類が存在するといわれています。その意味で日本は「笹の国」であるということが出来ます。

よく、日本を代表するイメージとして孟宗竹などの竹類が使われますが、竹類は全て人の手によって人工的に植栽されたもので、もともとの日本にはなかったことがわかってきました。筍などにする孟宗竹などは江戸時代に島津藩が琉球経由で密輸したという記録がはっきりしていますし、これまで日本にもともとあったとされてきた真竹や淡竹も有史以前に外から運ばれた可能性が高いことがわかってきました。

普通の人々が竹と笹をはっきりと区別しているのは世界でも日本だけです。皆さんが良く使うおなじみの「笹」という字は、実は「漢字」ではなく「国字」といわれるもので、当時中国から日本に伝わった漢字のリストの中に「笹」に

該当する漢字が見当たらず、仕方なく日本人が考案した字です。このような意味でもまた、日本は「笹の国」といえるわけです。

明海大学との共同研究について

■大泉：当社は、創立当初からクマ笹のもたらす自然の力、生理活性に着目して、クマ笹を原料とした一般用医薬品「ササヘルス」をはじめとする製品の開発や製造、販売を行ってきました。明海大学歯学部坂上研究室では、クマ笹に関して様々な研究成果を上げています。その一端をご紹介しますか？

■坂上宏（以下、坂上）：図2は、ササヘルスの示す種々の生物活性をまとめたものです¹⁻²⁰⁾。ササヘルスは、ヒト口腔扁平上皮癌細胞とヒト口腔正常細胞に対してはほぼ同等の傷害性を示し、特異性を示しません。しかし、ヒト前骨髄性白血病細胞に対しては選択毒性を示します。また、ラジカル消去作用、紫外線に対する細胞保護作用（抗UV作用）、膜の安定化作用、歯周病原細菌に対する抗菌作用を示します。さらに、ヒト免疫不全ウイルス（HIV）やインフルエンザウイルスに対する抗ウイルス作用を示しますが、特に抗HIV作用は、天然界に存在する他のポリフェノール種であるタンニンやフラボノイド、漢方製剤、およびその構成生薬より

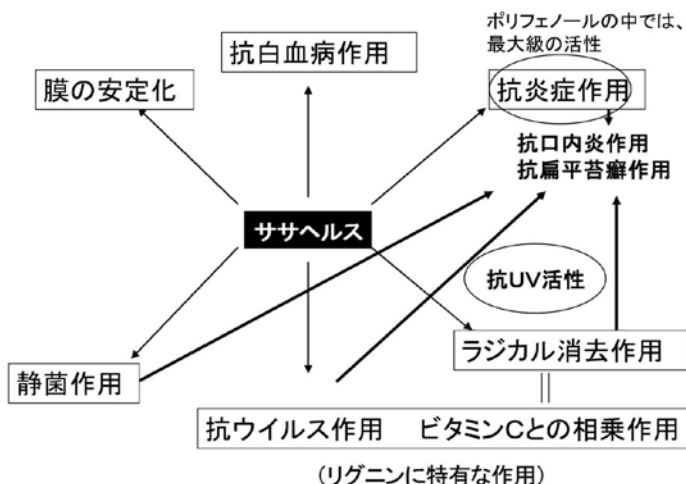


図2 ササヘルスの多彩な生物作用

も1～2桁高い活性を示すことを我々は世界で初めて報告しております。ヒト歯肉線維芽細胞やヒト歯根膜線維芽細胞のIL-1 β 誘発性炎症に対する抑制作用、扁平苔癬異形成症に対する抑制作用、RANKL誘導性のマウスマクロファージ様細胞の破骨細胞への成熟分化を抑制する作用もあります。このうち、ラジカル消去作用、抗UV作用、抗HIV活性は、ビタミンCの存在下で相乗的に増強いたします。また、抗炎症作用、ラジカル消去作用、静菌作用は、ササヘルスの抗口内炎作用の可能性を示唆いたします。

ササヘルスの抗菌作用

■大泉：改めてこれまでの研究成果を振り返ってみると、たった1枚のクマザサの葉に、驚くべき可能性がびっしりと詰まっていることに驚かされます。さて、ご紹介いただいた通り、ササヘルスには様々な作用がありますが、今回は特徴的な3つの生物作用 — 抗菌作用、抗ウイルス作用、抗歯肉炎作用について詳しく見ていきたいと思います。最初に、歯周病原細菌に対する抗菌作用についてご説明いただけますか？

■坂上：*Fusobacterium nucleatum* はグラム陰性

嫌気性桿菌であり、歯周病原菌の一つとして知られています。*Prevotella intermedia* は黒色色素産生嫌気性であり、口腔感染症に関連しており、とくに感染根管由来の感染症から最も高頻度に、しかも高比率に分離される細菌種です。これらの嫌気性細菌を種々の濃度のササヘルスを含む密閉された培地の入った試験管内で培養し、細菌数と発生する口臭成分の濃度を測定しました。

図3の上段ですが、横軸はササヘルスの濃度を、縦軸は細菌数の指標である濃度を示します。下段は、細菌が産生する口臭成分の硫化水素(黒いバー)とメチルメルカプタン(白いバー)の濃度をガスクロマトグラフィーで調べたものです。*Fusobacterium nucleatum* に対しては0.31%, *Prevotella intermedia* に対しては0.63%から抗菌作用を示しました。(図中A, B)。また、ササヘルスの濃度が2.5%では、菌が産生する口臭の原因物質である硫化水素、メチルメルカプタンの生成を完全に抑制しました(図中C, D)¹⁾。

強力な抗ウイルス活性

■大泉：ありがとうございます。それでは次に、抗ウイルス作用について、詳しくご説明いた

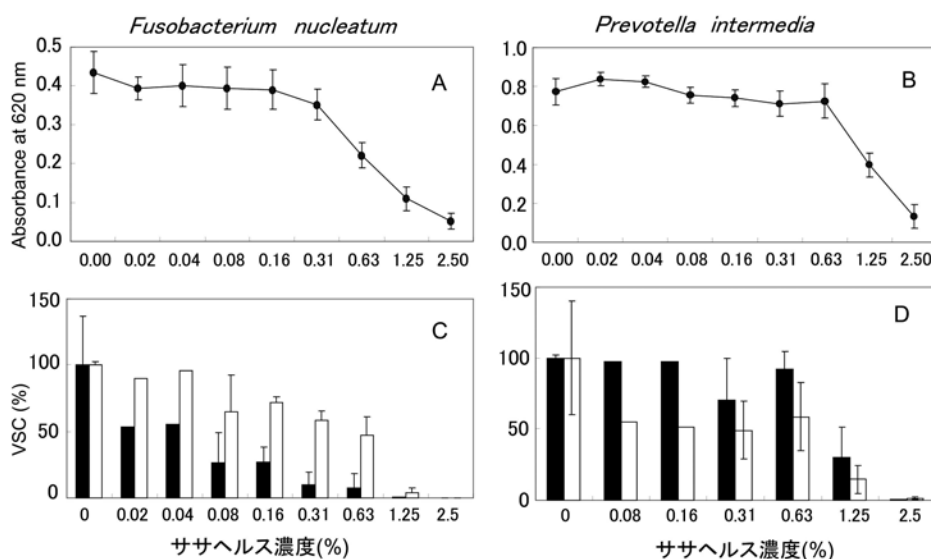


図3 ササヘルスの抗菌活性と消臭作用¹⁾

けますか？

■ **坂上**：図 4 をご覧ください。ササヘルスの抗 HIV 活性を調べた実験です。横軸に示します種々の濃度のササヘルスを、感染直後の HIV 感染 MT-4 細胞に加え 5 日間培養し生細胞数を測定します（黒いバー）。濃度依存曲線より、HIV 感染による細胞傷害を 50% 保護する濃度（EC₅₀）（この値が小さいほど薬効が強い）を求めます。次に、ササヘルスの MT-4 細胞に対する細胞毒性を知るために、ウイルス非感染細胞を同様に種々の濃度のササヘルスとともに培養を行い生細胞数を測定し（白いバー）、50% 細胞傷害濃度（CC₅₀）（この値が大きいほど、細胞傷害性が低いので安全）を求めます。抗 HIV 活性は、CC₅₀ を EC₅₀ で割って求めた有効係数（Selectivity Index; SI）で計算

いたしました。CC₅₀/EC₅₀、すなわち、SI 値が大きいほど、抗 HIV 活性が強いことを示します。ササヘルスは、SI 値が約 40 前後を示します。アジドチミジンや ddC などの抗エイズ剤よりは弱いですが、自然界に存在する数百種類の化学構造の明らかにされたタンニン類、フラボノイド類、テルペン類の 10 ～ 20 倍高い値を示します。ササヘルスよりルテオリン配糖体やトリシンを単離しましたが、これらの抗 HIV 活性は未分画のササヘルスの半分以下でした²⁾。すなわちササヘルスは卓越した抗 HIV 活性を示すことが明らかになったのです。

また、図 5 をご覧下さい。同様にして、ササヘルスは、インフルエンザウイルスによる細胞変性を効果的に抑制することもわかりました¹⁾。

■ **大泉**：ササヘルスは、エイズウイルスとインフルエンザウイ

ルスに対する卓越した抗ウイルス活性を示したわけですが、他のさまざまなウイルスに対する活性への期待について、先生はどのようにお考えでしょうか？

■ **坂上**：ササヘルスに関しては、エイズウイルスとインフルエンザウイルスに対する作用しか調べておりません。しかしながら、ササヘルスに含まれているリグニン配糖体は、インフルエンザウイルスに対する親和性が非常に高く、瞬時にウイルスに結合して、その感染性を失わせます。リグニン配糖体は、エイズウイルス、インフルエンザウイルス以外にも、ヘルペスシンプレクスウイルス、ロタウイルス、エンテロウイルスなどによる細胞変性効果を抑制します。リグニン配糖体とビタミン C の錠剤は、

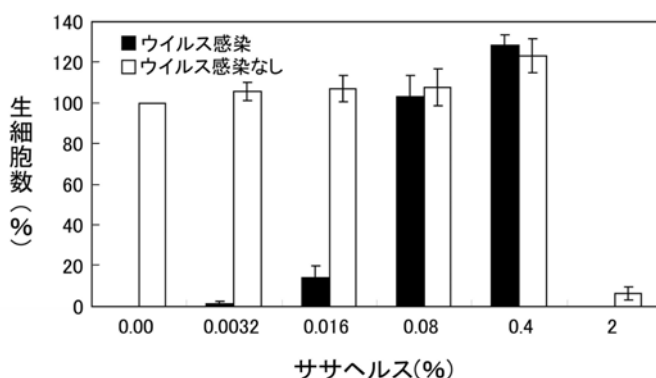


図 4 ササヘルスの抗 HIV 活性¹⁾

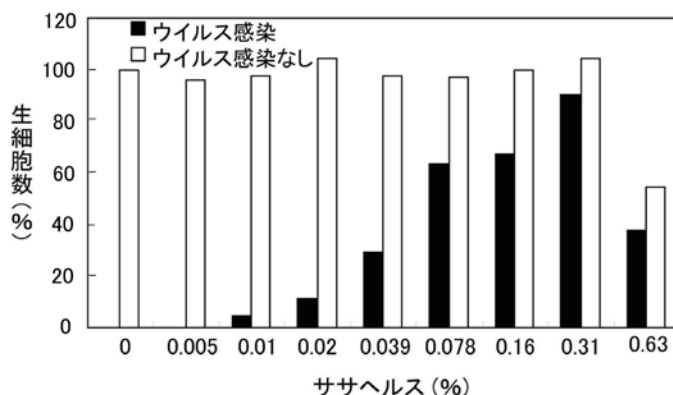


図 5 ササヘルスの抗インフルエンザウイルス活性¹⁾

ヘルペスウイルス患者の症状を改善します。リグニン配糖体を含むササヘルスは、多種のウイルス性疾患に対しても効果を発揮することが期待されます。

■大泉：このようなササヘルスの活性は、ササヘルスの特徴的な製法と何か関係があるとお考えでしょうか？

■坂上：ササヘルスが高い抗 HIV 活性を示すのは、ササヘルスの調製法が、リグニン配糖体の調製法と似ているからです。図 6 をご覧ください。クマ笹葉を脱脂後、アルカリ抽出し、中和したものが、ササヘルスです。リグニンの調製法が図 6 の右側ですが、最初のステップで、アルカリ抽出が使用されていることがわかります。リグニンを精製するためには、さらに、酸沈殿を繰り返し、ゲル濾過などによる分画が必要です。植物からリグニンをアルカリで抽出すると、多糖と結合したリグニン配糖体の形で回収されます。

リグニン配糖体のリグニン部分を、亜塩素酸ナトリウムで限定分解すると抗ウイルス活性が減弱しますが、糖部分を酸で分解しても抗ウイ

ルス活性は残存します。フェニルプロペノイドの脱水素重合体は、天然のリグニンと同程度の抗 HIV 活性を示しますが、フェニルプロペノイド単量体は抗 HIV 活性を示しません。この結果は、抗 HIV 活性の発現には、リグニン部分（フェニルプロペノイドの重合体）が重要であることを示します。中性領域で熱水抽出した場合には、リグニン配糖体が十分量回収できず、細胞傷害性物質を多量に抽出してしまうため、低い抗 HIV 活性しか得られません。

■大泉：ありがとうございます。ササヘルスの製法はリグニン配糖体の調製方法と似ているということですが、同じクマ笹を原料にした医薬品でも、製法が異なれば活性にも違いがあるのでしょうか？

現在、クマ笹を原料とする医薬品には、ササヘルス（製品 A）の他、2つの製品（製品 B、C）があります。クマ笹の有効成分の一つ、葉緑素（クロロフィル）は本来脂溶性ですが、これら3種の医薬品は、それぞれ特殊製法によって葉緑素を水溶性葉緑素（クロロフィリン）としています。葉緑素は、マグネシウムイオンが中央

ササヘルスの製法はリグニン配糖体の調製法に似ている



Leaves of Senanensis

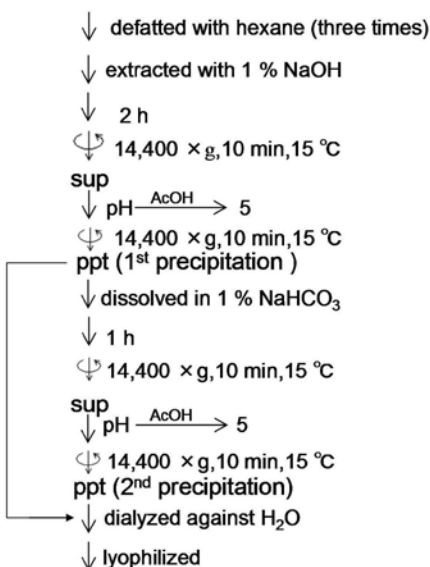


図 6 ササヘルス（左）とリグニン配糖体（右）の調製法

に配位するポルフィリン環と呼ばれる構造を持ちますが、この構造は非常に不安定です。医薬品にするにあたり、ササヘルスはマグネシウムイオンを鉄イオンに置換して安定化を図っています。ササヘルスは、クマ笹のみを原料とした医薬品です。一方、製品 B は銅 (II) クロロフィリンが主成分で、製品 C は、銅 (II) クロロフィリンに、ニンジンエキスと赤松葉エキスが添加されたものです。

■ 坂上：図 7 をご覧下さい。3 種の医薬品の抗 HIV 活性を比較したものです。横軸が、製品の濃度です。縦軸は、生きている細胞の割合です。黒丸が HIV 感染細胞を表し、HIV 感染により細胞変性により細胞は死滅します。これに、製品 A、B および C を添加していくと、濃度が上昇するにつれ、生細胞の割合が増加していき、やがて 100% に復帰します。白丸は、非感染細胞の生存率を表します。サンプルの濃度が上昇すると、その毒性により生細胞数が減少します。ササヘルス（製品 A）は、細胞毒性が最も少なく（ CC_{50} 値が最大）、生存カーブが最も右にまで伸びております。また、薬理作用が最大であるため（ EC_{50} 値が最小）、薬効を示すカーブは最も左側に伸びております。その結果、薬効を発揮し、かつ強い毒性が現れない安全域（治療域ともいう）が最も広く、最も高い抗 HIV 活性（SI 値が最大）を与えていることがわかります。これに対して、製品 B（中段）と製品 C（下段）では、点線で示した細胞毒性が検出され、安全域の範囲が狭くなっております。安全域を比較すると、ササヘルスは、製品 B（中段）および製品 C の約 6 倍も広いことが

明らかになりました¹⁴⁾。

■ 大泉：これらの差は、リグニン配糖体の差で起こるものなのでしょうか？ それとも、他にも原因があるとお考えでしょうか？

■ 坂上：各製品の差は、リグニン配糖体の差によるものではないと思います。それは、リグニン配糖体を、マングローブの葉、カツアバの樹脂、サンザシ、目薬の木、そして、日本、ブラジル、中国、フィンランド産の松かさ、いずれから調製しても、ほぼ、同等の抗 HIV 活性を示すからです⁶⁾。差を生じる要因として考えられるのは、リグニン含量の多さと、添加物があるか否かです。製品 B は、クマ笹葉アルカリ抽出液を含みますが、リグニン配糖体が製造工

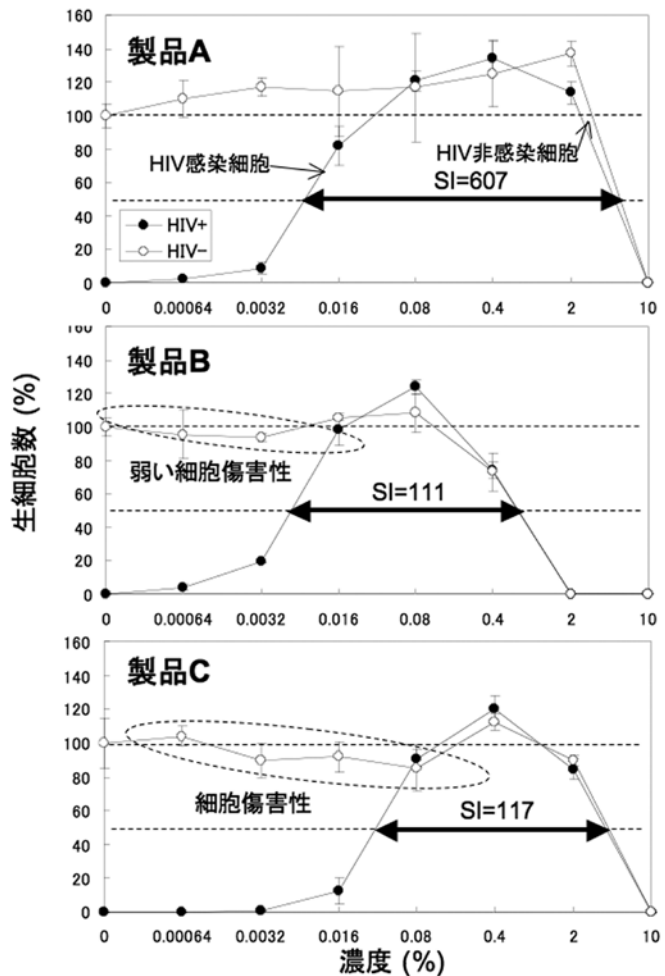


図 7 クマ笹を原料とする 3 種類の医薬品の抗 HIV 活性の比較¹⁴⁾

程で除去されてしまったため、活性が低下したものと考えられます。製品Cは、クマザサ葉の熱水抽出物に赤松のエタノール抽出物、人參根のエタノール抽出物、保存剤のバラベンが添加されているため、リグニン配糖体が少ない上に、細胞傷害活性が増強され、抗 HIV 活性が減弱したものと考えられます¹⁴⁾。

■大泉：今回は医薬品「ササヘルス」を使って実験を行いました。弊社にはササヘルスと同等のクマ笹抽出液を使用して作られた、顆粒タイプの健康食品「SE-10（エスイーテン）」もあります。クマ笹抽出液の製法が同じなら、同じ効果があると考えても良いのでしょうか？

■坂上：その通りです。我々の実験データでは、SE-10はササヘルスより抗 HIV 活性が若干高いことを確認しております¹⁷⁾。さらに、SE-10およびササヘルスは、製品B、Cに比べて、CYP3A4の阻害活性が若干弱く、併用薬の副作用を増強する可能性が比較的弱いことが明らかになりました。したがって、ササヘルス、SE-10ともに、同じ効果が期待されます。

強力な抗菌肉炎作用

■大泉：ここからは、ササヘルスの抗菌肉炎作用について、話を進めていきたいと思います。



先生が行われたササヘルスの抗菌肉炎作用に関する実験の成果についてご説明ください。

■坂上：図8をご覧ください。歯肉線維芽細胞、歯根膜線維芽細胞を、明海大学歯学部倫理委員会のガイドラインに従い、12歳女児の抜去歯から採取しました。この細胞をインターロイキン-1 β (IL-1 β)で刺激すると炎症が惹起され、プロスタグランジンE₂ (PGE₂)、IL-6、IL-8、monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1)などの炎症性物質の産生が著しく高まります¹³⁾。ササヘルスを同時に添加すると、細胞毒性を与えない濃度で、PGE₂の産生を有意に抑制しました。歯肉線維芽細胞、歯根膜線維芽細胞におけ

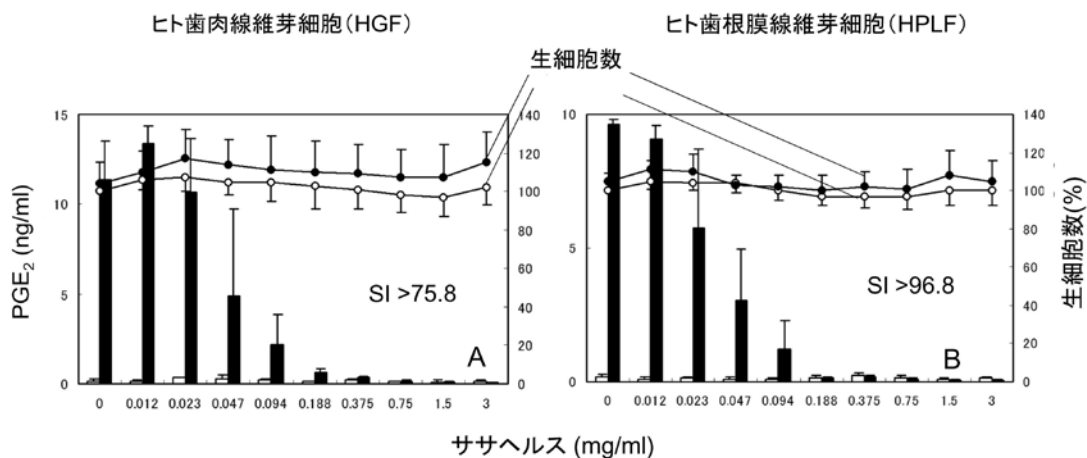


図8 ササヘルスは、IL-1 β で刺激されたヒト歯肉線維芽細胞(HGF)(A)およびヒト歯根膜線維芽細胞(HPLF)によるPGE₂産生を抑制する²¹⁾。

る有効係数は、それぞれ、75.8 以上、96.8 以上で、ササヘルスはいずれの細胞に対しても、強い抗炎症作用を示すことが明らかになりました。

次にササヘルスの抗炎症作用のメカニズムを検討いたしました。図 9 をご覧ください。PGE₂ は、シクロオキシゲナーゼ -1 (COX-1) およびシクロオキシゲナーゼ -2 (COX-2) という酵素により生成されます。ウェスタンブロット法により、IL-1 β は、歯肉線維芽細胞に作用して、COX-2 タンパク質の発現を誘導しますが、ササヘルスは、IL-1 β 誘導性の COX-2 タンパク質の発現を濃度依存的に抑制することが明らかになりました。これに対して、ササヘルスは、恒常的に発現している COX-1 タンパク質に対しては、それほど明確な影響を与えませんでした。

図 10 をご覧ください。無細胞系で、ササヘルスは、COX-1 および COX-2 の酵素活性を有意ではありませんが、約 50% に抑制しました。以上の結果をまとめてみると、ササヘルスの抗炎症作用は、COX-2 タンパク質の活性の阻害よりも、COX-2 タンパク質の発現を抑制することにより発揮される可能性

が示されました。

■大泉：ササヘルスは歯肉線維芽細胞、歯根膜線維芽細胞それぞれに対して、IL-1 β で誘導される炎症に抗炎症作用を示し、その有効係数は 75.8 以上、96.8 以上とのことですが、これは相当優れた抗炎症作用があると考えてよろしいのでしょうか？ これがまた、COX-2 タンパク質の発現抑制に原因することは、今後に何か示唆を与えることはあるのでしょうか？

■坂上：ササヘルスの 75.8 ～ 96.8 という有効係数は、漢方製剤の半夏瀉心湯の有効係数の

ササヘルス(SE)は、ヒト歯肉線維芽細胞において、濃度依存的に、IL-1 β で誘導されるCOX-2タンパク質の発現を抑制した。

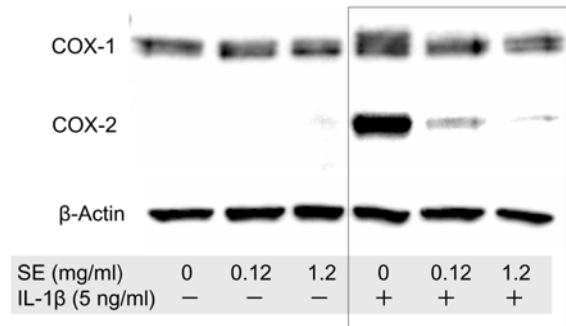


図 9 ササヘルスの COX-2 タンパク質発現に及ぼす抑制効果²⁴⁾

ササヘルス(SE)は、COX-1, COX-2活性を約50%抑制した

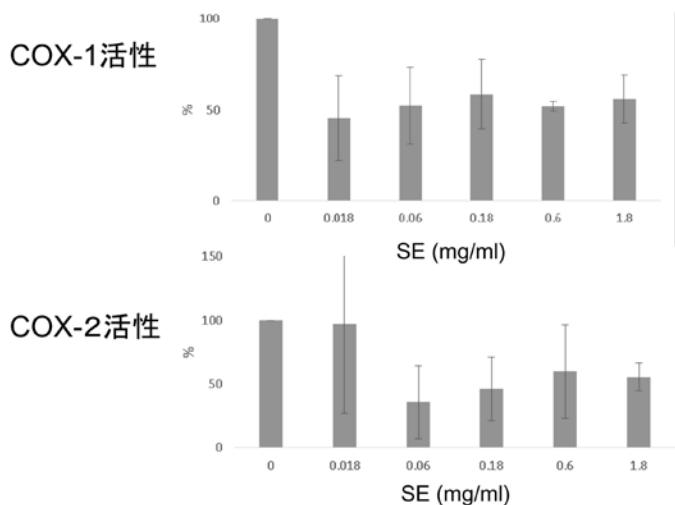


図 10 ササヘルスの COX 活性に及ぼす効果²⁴⁾



100 に匹敵しますが、立効散の3程度、リグニンの構成単位フェニルプロペノイドであるフェルラ酸の2.9、*p*-クマル酸の3.1、クルクミンの1.5、没食子酸の0.9よりは、かなり高いと思います（論文作成中）²¹⁾。しかし、残念ながら既に炎症を起こしてしまい、PGE₂の産生能が高い歯肉線維芽細胞に対しては抑制効果がありません。ササヘルスが効いた線維芽細胞は、12歳の女児の抜去歯から採取した細胞を用いましたので、ササヘルスの効果は、炎症を起こす前の細胞に対して顕著に出たのかもしれませんが。すなわち、ササヘルスは、炎症を惹起する過程を抑制する予防効果のある可能性が考えられます。

「クマ笹歯みがき」について

■大泉：ここからは、「クマ笹歯みがき（販売名：ササヘルスの歯みがきA）」についての話に移りたいと思います。2013年10月、明海大学、三宝製薬株式会社、大和生物研究所の共同開発品として、口臭や虫歯を予防する「クマ笹歯みがき」が誕生しました^{22,23)}。坂上先生から、「クマ笹歯みがき」の開発経緯とその特徴などをご説明いただけますでしょうか。

■坂上：口臭対策としては、歯垢の除去が重要ですが、口腔内の特に粘膜に存在する細菌群集が口臭の発生に重要な役割をしておりますので、口腔粘膜を覆ってしまうような薬剤が理想的です。リグニン配糖体のような高分子ポリフェノールは粘膜に対する親和性が高いと考えられます。

これまでの研究成果に基づき、基剤としては、医薬品の技術を応用したクマザサ葉抽出物とヒドロキシアパタイト、抗菌剤としては、イソプロピルメチルフェノール（IPMP）を用いました。最初に、クマザサ葉抽出物（SE）とIPMPの併用効果を検討しました。クマザサ葉抽出物（SE）（50%）およびIPMP（0.31 mM）との10分接触では、ヒト歯肉線維芽細胞、歯根膜線維芽細胞にほとんど傷害を与えないことを確認しました²⁰⁾。

図11をご覧ください。クマザサ葉抽出物とIPMPはいずれも歯周病原性細菌の増殖に対

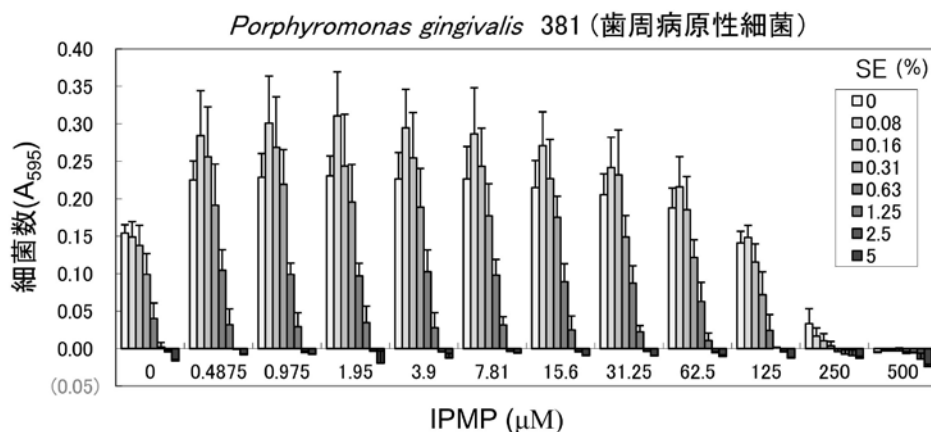


図11 クマザサ葉抽出物（SE）とIPMPの*Porphyromonas gingivalis* 381の増殖に及ぼす効果²⁰⁾

して2相性に作用し、低濃度では、いずれも増殖を促進しますが（いわゆるホルミシス効果）、高濃度では、相乗的に細菌の増殖を抑制しました。IPMP との相乗作用は、250 μM (= 0.0375 mg/ml = 0.00375%) 以上で、クマ笹抽出

物単独の抗菌活性は、0.63% 以上で現れたことから、混合比として、クマ笹抽出物/IPMP = 0.63%/0.00375% = 168/1 が良好と判断いたしました。実際の歯磨剤中での混合比は、クマ笹抽出物/IPMP = 26.2%/0.1% = 262/1 です²⁰⁾。

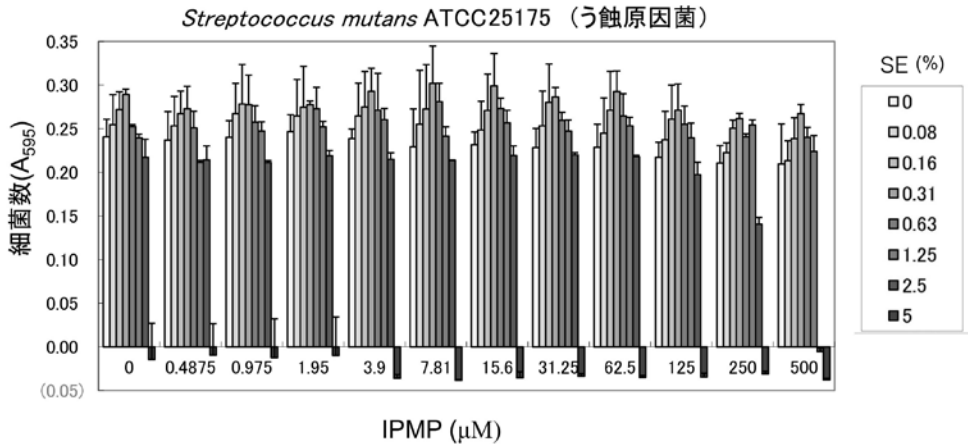


図 12 クマザサ葉抽出物（SE）と IPMP の *Streptococcus mutans* ATCC25175 の増殖に及ぼす効果²⁰⁾

表 1 クマ笹歯みがきの口臭・舌表面細菌数に及ぼす効果²³⁾

Name (Age, sex)	Bacterial count ($\times 10^6$ /tongue surface)						
	Ordinary	Placebo	SE	SE	SE	SE	SE
	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste
	1 week	1 week	1 week	2 week	3 week	4 week	5 week
HS (61M)	16.00 $\pm$ 11.50	4.71 $\pm$ 2.20	7.82 $\pm$ 3.94	18.39 $\pm$ 31.04	15.41 $\pm$ 5.28	10.90 $\pm$ 4.27	5.31 $\pm$ 2.21
KI (53M)	5.64 $\pm$ 4.41	7.14 $\pm$ 3.97	12.99 $\pm$ 4.46	13.00 $\pm$ 1.53	8.25 $\pm$ 5.45	8.53 $\pm$ 3.68	7.46 $\pm$ 4.20
TI (52F)	32.40 $\pm$ 21.10	65.00 $\pm$ 33.30	34.80 $\pm$ 37.50	終了			
TK (24M)	1.68 $\pm$ 1.19	0.96 $\pm$ 0.08	1.22 $\pm$ 0.65	1.80 $\pm$ 1.62	1.27 $\pm$ 0.89		
SS (28M)	15.80 $\pm$ 9.62	15.99 $\pm$ 7.86	12.60 $\pm$ 4.68	10.55 $\pm$ 1.41	14.50 $\pm$ 5.46	13.80	
HK (24M)	3.51 $\pm$ 3.88	5.63 $\pm$ 4.16	1.90 $\pm$ 0.42	2.20 $\pm$ 1.31	8.30 $\pm$ 9.80		
HT (24M)	7.89 $\pm$ 5.73	6.26 $\pm$ 4.59	5.49 $\pm$ 2.35	3.22 $\pm$ 2.52	4.33 $\pm$ 3.93	3.04 $\pm$ 0.37	
mean	8.42 $\pm$ 6.15	6.78 $\pm$ 4.99	7.00 $\pm$ 5.09	8.21 $\pm$ 6.83	8.68 $\pm$ 5.54	9.07 $\pm$ 4.56	6.39 $\pm$ 1.08
Name (Age, sex)	VSC						
	Ordinary	Placebo	SE	SE	SE	SE	SE
	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste	tooth paste
	1 week	1 week	1 week	2 week	3 week	4 week	5 week
HS (61M)	542 $\pm$ 175	435 $\pm$ 169	513 $\pm$ 79	582 $\pm$ 128	634 $\pm$ 250	233 $\pm$ 114	188 $\pm$ 63
KI (53M)	403 $\pm$ 89	371 $\pm$ 80	399 $\pm$ 106	352 $\pm$ 130	401 $\pm$ 185	226 $\pm$ 191	175 $\pm$ 42
TI (52F)	626 $\pm$ 237	702 $\pm$ 416	628 $\pm$ 450	終了			
TK (24M)	248 $\pm$ 60	312 $\pm$ 144	307 $\pm$ 182	157 $\pm$ 44	84 $\pm$ 54		
SS (28M)	369 $\pm$ 125	341 $\pm$ 148	323 $\pm$ 88	474 $\pm$ 494	304 $\pm$ 183	215	
HK (24M)	268 $\pm$ 98	319 $\pm$ 141	324 $\pm$ 147	219 $\pm$ 36	164 $\pm$ 213		
HT (24M)	495 $\pm$ 206	472 $\pm$ 139	362 $\pm$ 147	319 $\pm$ 270	105 $\pm$ 84	124 $\pm$ 66	
mean	388 $\pm$ 118	375 $\pm$ 65	371 $\pm$ 77	351 $\pm$ 158	282 $\pm$ 211	200 $\pm$ 51	182 $\pm$ 9

実験値は、通常 5 回測定の平均値 $\pm$ S.D.

図 12 は、う蝕の原因菌であるミュータンス菌に対するクマザサ葉抽出物と IPMP の効果です。クマザサ葉抽出物と IPMP はいずれもミュータンス菌の増殖に対して 2 相性に作用し、低濃度では、いずれも増殖を促進しますが、高濃度では、相乗的に細菌の増殖を抑制しました。

また、表 1 をご覧ください。明海大学歯学部倫理委員会および学内倫理委員会のガイドラインに従い、7 名の被験者にクマ笹歯みがき、プラセボ歯磨剤を使用していただき、1 日 1 回、11:00 に口臭および舌表面の細菌数を、それぞれプレストロンおよび細菌カウンタを用いて測定しました（承認番号 A1219）。通常のフッ素配合歯磨剤（プラセボではない）と比較し、クマ笹歯みがきは、口臭および細菌数を増悪させることはなく、むしろ、投与が長期になるほど、特に口臭において抑制傾向が増大する可能性が

示唆されましたが、このときは例数が少ないため有意差検定ができませんでした。

しかし図 13 をご覧ください。クマ笹歯みがきを使用した場合、高い菌数を示す点が消失していることがわかります。

最近、クマ笹歯みがきは、プラセボ歯磨剤と比較し、有意に口臭を低下させること、しかしながら、細菌数に対しては、影響しないことを再確認しました（表 2）（論文作成中）²⁴。また、特に口臭がひどいほど、効果が顕著であることを確認いたしました。

■ 大泉：先生がお考えになる今後のササヘルスの可能性、または生薬としてのクマ笹の可能性と今後の研究方針について、お考えをお聞かせいただければでしょうか。

■ 坂上：1 例ですが、口腔扁平苔癬異形成症の 51 歳の男性患者に、ササヘルス 1 本（20 ml）を水で半分に薄め、食前 1 日 3 回、10 カ月間

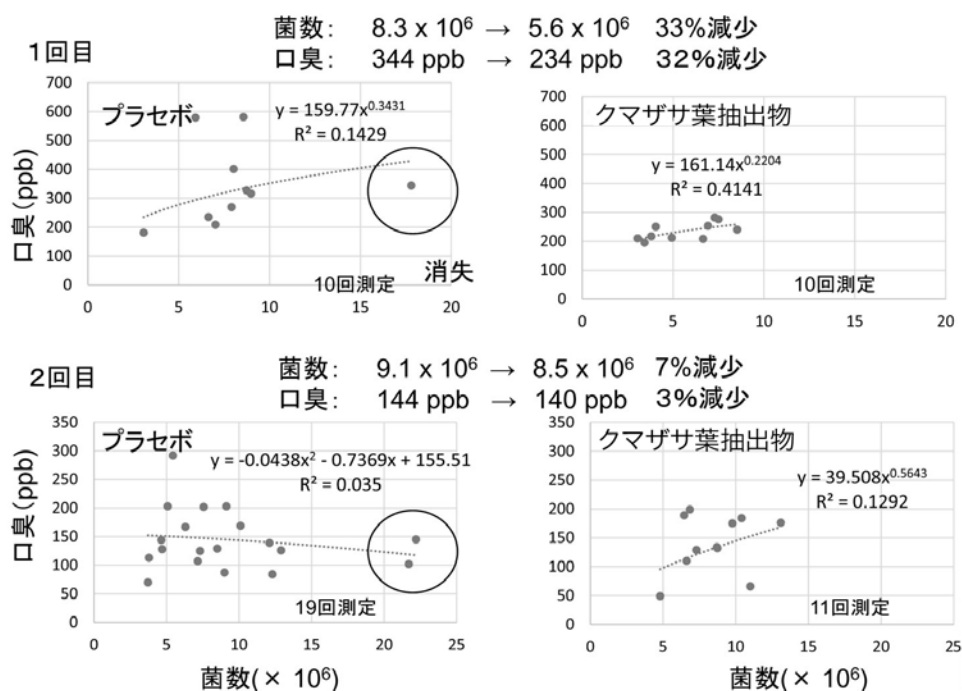


図 13 クマ笹歯みがきの口臭・舌表面細菌数に及ぼす効果

各点は、1 回の測定値である。そのため、データのバラツキが大きく、口臭の強い被験者を含めない場合は、明確な相関は得られない。

表2 クマ笹歯みがきの舌上細菌数および口臭に及ぼす影響

患者 No.	プラセボ群 細菌数 (× 10 ⁶)	クマ笹歯みがき群 細菌数 (× 10 ⁶)	患者 No.	プラセボ群 口臭 (ppb)	クマ笹歯みがき群 口臭 (ppb)
1	8.31	6.86	1	75.2	51.5
2	36.53	27.21	2	211.6	87.0
3	9.37	14.54	3	153.5	147.9
4	5.24	5.32	4	54.9	55.2
5	7.88	5.80	5	80.8	45.1
6	7.56	7.65	6	134.2	104.3

クマ笹歯みがきは、口臭を有意に低下させるが ($p<0.046$, ノンパラメトリック検定), 舌上細菌数に対しては有意な抑制効果を示さなかった。

飲んでもらった結果、レース状や網目状の白斑の範囲が狭くなり、ザラザラとした（切れるような）舌触り感がなくなり、症状が緩和し、唾液中の炎症性サイトカイン IL-6, IL-8 の濃度も有意に減少するという結果が得られました¹⁶⁾。また、試験管内の実験ですが、RANKL 誘導性のマウスマクロファージ様細胞 RAW264.7 の破骨細胞への分化がササヘルスの添加で有意に抑制されることを報告いたしました。これらの実験結果は、ササヘルスの口腔疾患への適応の可能性を示唆しています¹⁶⁾。

なお、副鼻腔炎、急性咽頭炎は、細菌性よりもウイルス性であることが知られており、口内炎や扁平苔癬などの発症のリスクファクターには、ウイルスも含まれております。今後、ササヘルスの正確な効果判定には、口臭以外にも、唾液中のウイルス量を同時に測定することが必要であると思われます。

■大泉：その他のササヘルスの可能性については如何でしょうか？

■坂上：最近、炎症は老化および癌化に関与することが報告されました。特に、NF- κ B の

活性化は、老化を促進します。ササヘルスの抗炎症作用は、老化を促進する NF- κ B の経路の阻害を介するか否かについて検討する予定です。

また、メタボローム解析を行い、IL-1 β 処理により歯肉線維芽細胞が炎症を起こす時、尿素回路のオルニチン、そして、ポリアミン経路のプトレシンやメチル基の供与物質である S-アデノシルメチオニン（遺伝子発現の抑制に関与するメチル化に重要な働きをする）が有意に低下すること²⁵⁾、さらに、ササヘルスの添加により、この減少したオルニチンを部分的に回復することを見出しました²⁶⁾。オルニチンはオルニチンサイクルを活性化して、体内のアンモニアの解毒を促進し、アンモニアを減らすことで TCA サイクルと糖新生の代謝を円滑にし、エネルギー産生を助けられていると考えられております。今後、ラット肝細胞を用いた系で、同様な現象が確認されるか、解析する予定です。

■大泉：坂上先生、長時間にわたりありがとうございます。今後ともよろしくお願い申し上げます。

参考文献

1. Sakagami H, Amano S, Kikuchi H, *et al.*: Antiviral, antibacterial and vitamin C-synergized radical scavenging activity of *Sasa senanensis* Rehder extract. *In Vivo* **22**: 471-476, 2008.
2. 坂上 宏, 渡辺 悟, 横手 よし子, 他: クマザサ抽出液（ササヘルス）の多様な生物作用と代替医療における機能性. *New Food Industry* **50** (5), 17-24, 2008.
3. 坂上 宏, 周 麗, 儲 慶, 他: クマザサ抽出液（ササヘルス）の抗炎症作用. *New Food Industry* **51**(1): 27-34, 2009.

4. Zhou L, Hashimoto K, Satoh K, *et al.*: Effect of *Sasa senanensis* Rehder extract on NO and PGE₂ production by activated mouse macrophage-like RAW264.7 cells. *In Vivo* **23**: 773-778, 2009.
5. 坂上 宏, 周 麗, 河野 みち代, 他: クマザサ抽出液 (ササヘルス) の抗炎症作用に基づく口腔環境改善効果の可能性. *New Food Industry* **52** (2) 1-10, 2010.
6. Sakagami H, Kushida T, Oizumi T, *et al.*: Distribution of lignin-carbohydrate complex in plant kingdom and its functionality as alternative medicine. *Pharmacology & Therapeutics* **128**: 91-105, 2010.
7. Sakagami H, Zhou Li, Kawano M, *et al.*: Multiple biological complex of alkaline extract of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **24**: 735-744, 2010.
8. 坂上 宏, 植木 淳一, 島田 亜希, 他: 抗酸化剤および植物抽出液の紫外線に対する細胞保護作用. *New Food Industry* **53** (1): 11-19, 2011.
9. 坂上 宏, 岩本 祥子, 松田 友彦, 他: クマザサ抽出液 (ササヘルス) の口内炎治療効果の可能性 — 培養ヒト歯肉線維芽細胞による炎症性サイトカイン産生の抑制. *New Food Industry* **53** (7): 11-18, 2011.
10. 松田 友彦, 北嶋 まどか, 大泉 浩史, 他: クマザサ抽出液 (ササヘルス) 及び luteolin 配糖体の紫外線に対する細胞保護効果. *New Food Industry* **53** (7): 19-25, 2011.
11. Matsuta T, Sakagami H, Kitajima M, *et al.*: Anti-UV activity of alkaline extracts of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **25** (5): 751-755, 2011.
12. Matsuta T, Sakagami H, Satoh K, *et al.*: Biological activity of luteolin glycosides and tricin from *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **25** (5): 757-762, 2011.
13. Ono M, Kantoh K, Ueki J, *et al.*: Quest for anti-inflammatory substances using IL-1 β -stimulated gingival fibroblasts. *In Vivo* **25**(5): 763-768, 2011
14. Sakagami H, Iwamoto S, Matsuta T, *et al.*: Comparative study of biological activity of three commercial products of bamboo leaf extract. *In Vivo* **26**: 259-264, 2012.
15. 坂上 宏, 松田 友彦, 田中 庄二, 他: クマ笹葉エキス由来製品の開発 — 機能性評価及び口腔疾患への適応. *New Food Industry* **54** (6):11-26, 2012.
16. Matsuta T, Sakagami H, Tanaka S, *et al.*: Pilot clinical study of *Sasa senanensis* Rehder leaf extract treatment on lichenoid dysplasia. *In Vivo* **26** (6): 957-962, 2012.
17. Sakagami H, Matsuta T, Satoh K, *et al.*: Biological Activity of SE-10, a granulated powder of *Sasa senanensis* Rehder leaf extract. *In Vivo* **26**: 411-418, 2012.
18. Sakagami H, Matsuta T, Yasui T, *et al.*: Chapter 8: Functional evaluation of *Sasa* Makino et Shibata leaf extract as group III OTC drug In: *Alternative Medicine* (eds. Sakagami H), pp171-200, InTech ISBN 980-953-307-811-8
19. Matsuta T, Sakagami H, Sugiura T, *et al.*: Structural characterization of anti-UV components from *Sasa senanensis* Rehder extract. *In Vivo* **27**: 77-84, 2013.
20. Sakagami H, Amano S, Yasui T, *et al.*: Biological interaction between *Sasa senanensis* Rehder leaf extract and toothpaste ingredients. *In Vivo* **27**: 275-284, 2013.
21. 坂上 宏: クマザサ葉アルカリ抽出液「ササヘルス」: ① 3 つの特徴的な生物作用, ② 口腔疾患への応用, ③ 配合歯磨剤の開発. 緑健会九州合同支部交流会 (博多), 2014 年 9 月 28 日
22. 坂上 宏, 大越 絵実可, 松田 友彦, 他: 第 3 編企業の開発動向 第 5 章 抗ウイルス素材 1. クマザサ葉抽出液「ササヘルス」配合歯磨剤 pp217-243 (オーラルヘルスケア機能性食品の開発と応用—アンチエイジングを目指した口腔ケアを中心に—監修 坂上 宏). シーエムシー出版, 2013 年 12 月 3 日
23. 坂上 宏, 新井 友理, 久野 貴史, 他: ササヘルス配合歯磨剤の口腔環境改善効果 — 口臭と舌細菌数の相関, *New Food Industry* **56**(6): 27-35, 2014.
24. 賈 俊業, 大泉 高明, 大泉 浩史, 北嶋 まどか, 名取 威徳, 渡邊 康一, 田中 庄二, 松本 勝, 安井 利一, 坂上 宏: クマ笹アルカリ抽出液の口臭抑制作用 — 基礎研究から臨床研究へ —. 第 132 回日本薬理学会関東部会 (浦安), 2015 年 7 月 4 日
25. Garcia-Contreras I R, Sugimoto M, Umemura N, *et al.*: Alteration of metabolomic profiles by titanium dioxide nanoparticles in human gingivitis model. *Biomaterials* **57**: 33-40, 2015.
26. 坂上 宏, 大越 絵実加, 加藤 崇雄, 他: クマ笹アルカリ抽出液のヒト歯肉線維芽細胞に対する抗炎症効果の解析. 第 56 回歯科基礎医学会学術大会 総会 (福岡), 2014 年 9 月

第 5 回

円熟の味わい

過日、久しぶりにピアノ演奏会にいきました。演目はラフマニノフの組曲第2番より“ロマンス”。ラフマニノフならではの詩情あふれる美しい旋律がとても魅力的な作品です。夜想曲風に奏しだされるロマンティックな旋律が、変形、展開しながら徐々にテンポを速めクライマックスののち、ゆるやかにおだやかさをとりもどして静かに曲をとじていきます。ピアニストは、かつて私と娘がピアノの指導を受けていた先生でした。この作品を先生の演奏で聴くのは2度目で、初めて聴いたのは25年以上前、先生も私も若かりし頃でした。それから長い年月を経て、結婚をされ母となられた現在、先生は演奏家として円熟した旋律を奏でられました。それはまるで先生のしなやかな人生の積み重ねの調べにも聴こえ、25年前のラフマニノフとはひと味もふた味も違う作品に仕上がっていました。聴き手である私の胸に迫る音色も以前とは大きく変化していることが静かなる驚きでした。

しなやかに時を重ねる“円熟”。食の文化では幾重にも季を重ね伝えられた歴史の味、これこそ熟成であり深い味わいの原点です。熟成の食文化は数え切れないほどありますが、今回は日本酒について、なかでも奈良酒のことを少しご紹介します。

奈良は清酒発祥の地といわれています。菩提山正暦寺、現在ではひっそりと山里に溶け込むようにある寺ですが、室町時代の最盛期には多くの塔頭が建ち並ぶ大寺院であったそうです。この正暦寺で大量の僧坊酒が造られていたといえます。長い間、濁り酒でしたが室町時代に清酒が造られ、この上が無い「無上酒」とまで呼ばれました。

菩提酛（ぼだいもと）とよばれる酒母は奈良盆地の米、菩提山川の清らかで豊かな水によって生まれしました。仕込みを3回にわけて行う「三段仕込み」や麴と掛米の両方に白米を使う「諸白（もろはく）」造りも行われおり、さらには腐敗を防ぐための火入れ作業も行われていました。フランスの細菌学者パスツールがワインの殺菌方法を発見する300年前に、醸造法の基本となる酒造技術が確立されていたというのはまさに驚きです。戦国時代はかなりの量が造られ武将たちは競って求めたといえます。信長や秀吉ははじめ多くの武将が「南都諸白」を愛飲し、奈良正暦寺の僧房酒は天下一の酒として知られていきました。江戸幕府でも「奈良酒」は珍重され「くだり酒」として奈良から江戸へと運ばれました。近年、昔ながらの酒母造りの復活が成功し、正暦寺で毎年1月にこの菩提酛を仕込み、「菩提酛による清酒製造研究会」に所属する奈良県の蔵元9社がその酒母を持ち帰り酒造りに取り組んでいます。

9月は二十四節季で白露です。草の葉に白い露が結ぶという意味で、夜の間に大気が冷え込み草花に朝露が宿ることから名づけられたのでしょうか、現実に残暑が厳しく、涼やかな白露を愛でるところではありません。地球の温暖化はこの国の美しい四季にちょっといじわるをしているようですね。とはいえ、もうすぐ仲秋、高く澄みきった夜空に煌々と輝く名月の季節が訪れます。月を愛でながらお気に入りの日本酒を飲み、美しいピアノ曲をBGMに語り明かしたいものですね。

中村照子（管理栄養士 理学博士）

これまでは大学で栄養学関係の教職に携わり、蚕や桑葉の栄養機能成分の研究を行う。

現在は、テルコ・ニュートリション株式会社を設立、管理栄養士国家試験サポートや各種栄養に関するコンサルタント業を中心とした活動を行っている。

この上なく愛犬もたらうを溺愛し、毎朝一緒に野菜ジュースを飲み、散歩している。奈良市在住

URL : <http://dr-teruko-nakamura.com/>

月刊 ニューフードインダストリー

NEW FOOD INDUSTRY

定期購読の
ご案内

月刊「ニューフードインダストリー」は創刊56年の食品業界誌です。

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

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

本体2000円+税(送料100円)×12ヶ月

お申し込み・お問い合わせは下記 FAX かお電話で

電話：03-3254-9191 担当：村松

FAX：03-3256-9559

ニューフードインダストリー年間購読申込用紙

住所 〒

氏名

会社名・所属

電話

FAX

E-mail

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

ニューフードインダストリー 第57巻 第9号

印刷 平成 27 年 8 月 25 日

発行 平成 27 年 9 月 1 日

発行人 平井 朋美

編集人 結城 ななみ

発行所 株式会社食品資材研究会

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)

TEL:03-3254-9191(代表)

FAX:03-3256-9559

振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318

三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432

郵便振替口座 00110-6-62663

印刷所 モリモト印刷株式会社

定価 本体2,000円 + 税 (送料100円)

email:newfood@newfoodindustry.com