

# New Food Industry

食品加工および資材の新知识

<http://www.newfoodindustry.com>

2012 Vol.54 No.4

4

## 論 説

- セルロース粒子サイズが製パン性に及ぼす影響
- わさびとウド・セリ科野菜に含まれる GSK-3 $\beta$  阻害物質の 2 型糖尿病に関わる機能性
- メタボ改善素材開発におけるリポタンパク質プロファイル解析の意義と応用  
～機能性素材探索からヒト臨床試験まで～
- シロザケ飼料の魚油添加効果-2
- 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (5)  
横川吸虫類 (*Metagonimus* spp.) の感染源となりうる淡水魚 (ノート)
- 高齢者 1 人 1 人の口腔内状態の評価と適した食物の調理法の提案

## 連 載

- プレーンヨーグルト市場を創造した 驚くべきヒット食品  
- 株式会社 明治『明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン』 -
- 築地市場魚貝辞典 (アイナメ)
- “薬膳” の知恵 (65)



### 論 説

- セルロース粒子サイズが製パン性に及ぼす影響  
..... 田原 彩 1
  
- わさびとウド・セリ科野菜に含まれる  
GSK-3 $\beta$  阻害物質の 2 型糖尿病に関わる機能性  
..... 吉田 潤, 伊藤 芳明, 木村 賢一 9
  
- メタボ改善素材開発におけるリポタンパク質  
プロファイル解析の意義と応用  
～機能性素材探索からヒト臨床試験まで～  
..... 畠 恵司, 木内 高信, 高橋 純一郎, 浜田 健太郎 19
  
- シロザケ飼料の魚油添加効果 - 2  
..... 酒本 秀一, 大橋 勝彦 28
  
- 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (5)  
横川吸虫類 (*Metagonimus* spp.) の感染源となりうる淡水魚 (ノート)  
..... 牧 純, 関谷 洋志, 玉井 栄治, 坂上 宏 39
  
- 高齢者 1 人 1 人の口腔内状態の評価と  
適した食物の調理法の提案  
..... 畑江 敬子 46

### 連載

- プレーンヨーグルト市場を創造した 驚くべきヒット食品  
-株式会社 明治『明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン』-  
..... 田形 暁作 67

- 築地市場魚貝辞典 (アイナメ)  
..... 山田 和彦 74

- “薬膳”の知恵 (65)  
..... 荒 勝俊 79

### ご案内

- 「国際粉体工業展東京 2012」出展申込受付中  
..... 84

.....

## おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料  
**コクベス**

セラチン&小麦グルテン  
酵素分解調味料  
**エンザップ**

new発酵調味料  
**D&M**  
ディアンドエム

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

**DM** 大日本明治製糖株式会社  
食品事業部

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

# セルロース粒子サイズが製パン性に及ぼす影響

(本文は *J. Food Sci.* 2007. 72(2):E79-84. にもとづく解説である。)

田原 彩\*

\*TABARA Aya (神戸女子大学家政学研究科)

Key Words: 製パン・ドウレオロジー・顕微鏡観察・セルロース粒子サイズ

## 要 約

様々なサイズに造形したセルロース粒子を7種類(6-650 $\mu\text{m}$ )準備した。セルロース粒子を小麦粉に10, 20%ブレンドしたものをを用いて製パン試験を行った。セルロース粒子サイズが154 $\mu\text{m}$ 以上の場合、小麦粉だけのパンとほぼ同様の製パン性(パン高mm, 比容積 $\text{cm}^3/\text{g}$ )の得られることが観察された。一方、粒子サイズがそれより小さくなると製パン性は次第に減少した。最も大きいセルロース粒子を機械的に20, 40, 60分間粉碎したものを小麦粉にブレンドし製パン試験を行った結果、粉碎時間の増加に従って製パン性は減少した。次にセルロースブレンド小麦粉のミキソグラフ試験を行った。154 $\mu\text{m}$ 以上のセルロース粒子をブレンドした小麦粉では、ミキソグラフのプロフィールは小麦粉だけのプロフィールとほぼ同じパターンであり、粘性のあるグルテンマトリックスを示した。しかし、154 $\mu\text{m}$ より小さいセルロース粒子の場合、小麦粉のみのプロフィールとは異なるパターンを示した。このドウからは顕微鏡観察によるグルテンマトリックスの連続性を確認できなかった。またファーマグラフ試験では、セルロース粒子サイズの減少に伴って、セルロース粒をブレンドしたバンドウから漏れ出たガスの量が増加した。

## はじめに

食物繊維は、ヒトの消化酵素により加水分解されないような植物性多糖類(セルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニン)と定義されていた<sup>1)</sup>。現在では植物性に限らず動物性のキチンなども食物繊維に含まれており、食物繊維には不溶性食物繊維と水溶性食物繊維とがある。中でもセルロースは不溶性食物繊維に区分され、D-グルコースが $\beta$ -1,4結合で鎖状につながった多糖類である。セルロースはヒトでは消化・吸収されないため、エネルギー源にならない。また、食物繊維は消化管内で膨潤し内容物のかさを増すことで、排便が促され、便の腸内通過時間が短縮される。

よって、大腸癌の発生抑制、便秘予防、肥満予防などの効果が期待されている<sup>2)</sup>。

このような生理的効果を持つ食物繊維はパンにも含まれており、Mongeau *et al*<sup>3)</sup>によると、白パン(white bread)にはNDF(Neutral Detergent Fiber)が1%、60%の全粒小麦粉を用いたパンには4.6%、100%全粒小麦粉を用いたパンには7.2%が、そのほかのパンにも平均2%ほど含まれていることが報告されている。しかし、パンに含まれている全NDF量の25%しかセルロースは含まれていないことが確認されている。また、セルロースは発癌性物質であるヘテロサイクリックアミンのIQ, Trp-P-1, Trp-P-2やGlu-P-1, Glu-P-2,

N-nitroso-N-methylurea (NMU), benzo[a]pyrene (B[a]P) を吸着することが近年報告されている<sup>4~7)</sup>。セルロースを小麦粉にブレンドしたパンを白パンと置き換えることは、食物繊維摂取量を増加する実用的で好ましい方法である。

セルロースブレンドパンを製造する際、ただむやみにセルロースを小麦粉にブレンドしても、製パン性(パン高 mm, 比容積  $\text{cm}^3/\text{g}$ )は低下し、パンのおいしさに貢献する十分な膨みを得ることができなかった。ふすまを小麦粉に混合した場合、製パン性は低下することが知られており、その原因はふすまの組成とふすまと内胚乳を分別するときの粉碎に関係していることが報告されている<sup>8)</sup>。また、ふすまの粒度の粗さがバンドウのガス保持能に影響し製パン性を低下させることが報告されている<sup>9)</sup>。そこで本研究では、セルロース粒が製パン性を劣化させる影響について検討するため、6-650 $\mu\text{m}$ の様々なセルロース粒子を用いて、セルロース粒子サイズが製パン性に及ぼす影響について試験した。

## 1. 材料と方法

### 1) 材料

製パン用小麦粉としてカメラリア小麦粉、日清製粉(株)を用いた。タンパク質と灰分含量はそれぞれ13.6%と0.40%であった。セルロースサンプルは粒径の異なる7種類のセルロース粒、No.1(6 $\mu\text{m}$ , 平均粒径), 2(13 $\mu\text{m}$ ), 3(81 $\mu\text{m}$ ), 4(154 $\mu\text{m}$ ), 5(270 $\mu\text{m}$ ) 6(464 $\mu\text{m}$ ), 7(650 $\mu\text{m}$ )が準備された<sup>10)</sup>。セルロースの粒子サイズはマイクロメーターを用いて、顕微鏡観察(Olympus BX 50-34-DIC, Tokyo, Japan)により測定した。どのセルロースサンプルでもタンパク質と灰分含量は微量だった。

### 2) セルロースサンプルの粉碎方法

80gのセルロース粒(No.7:650 $\mu\text{m}$ )を250mLの蒸留水とともに、自動乳鉢(ANM-300W, 日陶科学(株))で20, 40, 60分間粉碎した。粉碎したセルロースはBET法(Quantachrom Instruments Princeton, 米国製)により各々の表面積を測定した。粉碎セルロース水分結合量をSeguchi and Kusunose<sup>11)</sup>による方法で測定した。

### 3) ブラベンダーファリノグラフ試験と製パン方法

製パン試験<sup>12)</sup>は、小麦粉の10~20%をセルロース粒に置き換えて行った。ファリノグラフ試験には300gを用いた。製パンは以下の方法で行った。

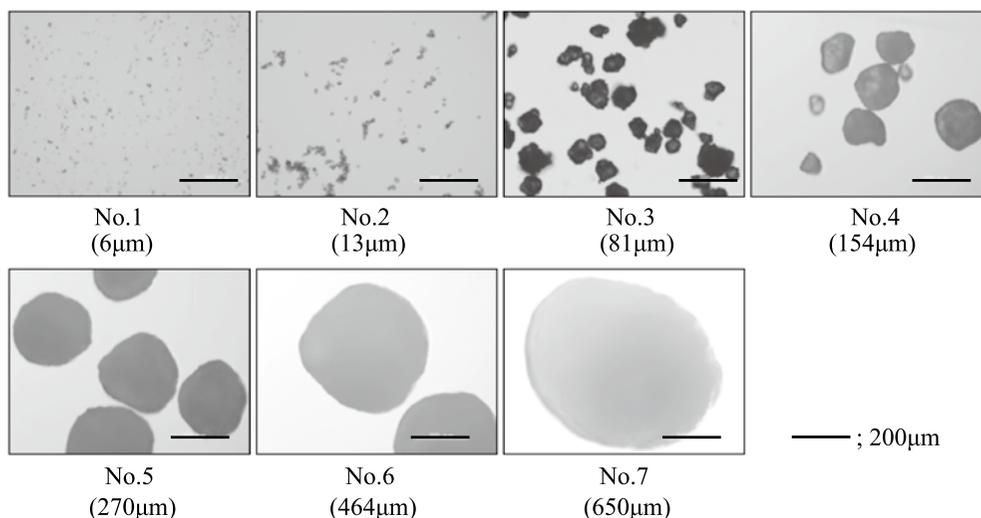
小麦粉290g, 砂糖14.5g, 塩2.9g, コンプレストイースト8.7gに水(ファリノグラフで500BU値を示す量)を加えホームベーカリー(ナショナル, SD-BT6)中で30 $^{\circ}\text{C}$ , 2時間20分1次発酵した。はじめに15分間の1次混捏, 次に50分間のベンチタイム, さらに5分間の2次混捏, 最後に70分間の発酵を行った。出来上がったドウを120gに分割し, 丸く成型し容器に入れた<sup>13)</sup>。さらに38 $^{\circ}\text{C}$ で22分15秒間発酵させ, 210 $^{\circ}\text{C}$ , 30分間ベーキングした。パンのクラスト色( $L, a, b$ )は色差計により測定した。 $L, a, b$ はそれぞれパンの白さ, 赤さ, 黄色さを示す。また, パン高(mm), パン比容積( $\text{cm}^3/\text{g}$ )を測り, 写真を撮り評価した。

### 4) 20%セルロースブレンド小麦粉のミキソグラフ試験

セルロースブレンド小麦粉30gに水(ファリノグラフで500BU値を示す量)を加え, 30分間攪拌し, 生じたドウをピンに巻きつかせドウの抵抗を上下の振動で記録した。

### 5) 20%セルロースブレンド小麦粉ドウの顕微鏡観察

No.1(6 $\mu\text{m}$ )とNo.7(650 $\mu\text{m}$ )のセルロース粒子を小麦粉に20%ブレンドし, ミキソグラフ



**Fig.1** Microphotographs of various cellulose granule samples. No. 1 (6 μm, average diameter), 2 (13 μm), 3 (81 μm), 4 (154 μm), 5 (270 μm), 6 (464 μm), and 7 (650 μm). Bar indicates 200 μm.

に30分かけたドウをクマシー・ブリリアント・ブルー (Coomassie Brilliant Blue) で染色し観察した。

#### 6) ファーモグラフテスト

ファーモグラフ (AF-1101W アトー (株)) を用いて、1次発酵後のドウから漏れたガス量の測定を行った。

#### 7) 統計分析

統計ソフト (SPSS) を用いて統計分析した。パンを4個それぞれ焼き、パン高 (mm)、パン比容積 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) を測りそれぞれのサンプルの平均値を求め、Duncan 試験を行った。

## 2. 結果と考察

### 1) セルロース粒が製パン性に及ぼす影響

セルロース粒を小麦粉に10, 20% ブレンドし、製パン試験を行った。**Table 1** に製パン試験の結果 (パン高 mm, 比容積  $\text{cm}^3/\text{g}$ ) を示した。どの7種類のセルロース粒もブレンド量の増加に伴い、製パン性は低下した。しかし、セルロース粒のサイズの違いによって、ブレンド量の増

加に伴う製パン性の低下程度に違いが認められた。**Fig.2** に各セルロース粒を20% ブレンドしたパン断面の写真を示した。No.1以降、徐々に大きくなり、No.4 ~ No.7では、コントロールとほぼ同様の大きさを保っている。各写真の下にパンのクラスト部の  $L, a, b$  値を示した。これらの各値より、 $L$  値はどのパンもコントロールより値が高く、白いことが、また  $a$  値はどのパンもコントロールより値が低く、赤み成分の少ないことが確認された。特に No.3 ~ No.4 よりもセルロース粒子が小さくなるにつれて、白さが増し、赤み成分が少なくなっている。つまり、セルロース粒の細かいほどパンクラストは白くなる傾向が認められた。

### 2) 粉碎セルロースサンプルが製パン性に及ぼす影響

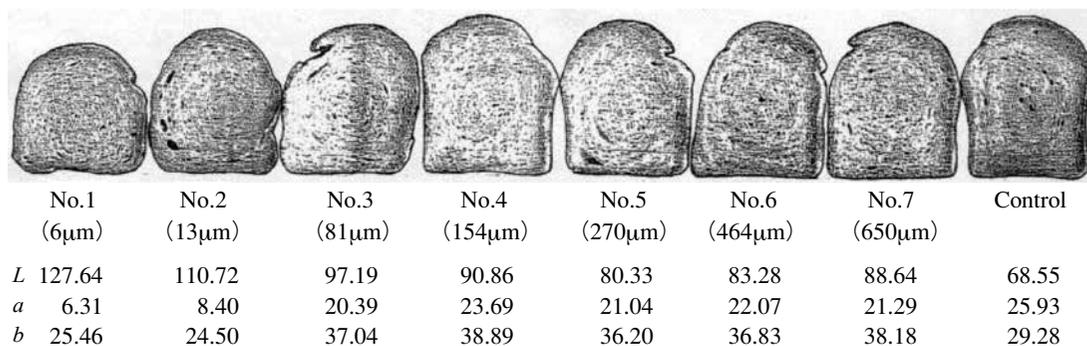
粒子サイズと製パン性との関係をさらに確認するために、最も大きいセルロース粒子 (No.7) を自動乳鉢で20, 40, 60分間粉碎し、小麦粉に10% ブレンドし、製パン試験を行った。**Fig.3** に製パン性 (SV,  $\text{cm}^3/\text{g}$ )、粉碎セルロースの表面積 ( $\text{m}^2/\text{g}$ )、水分結合量 (mL/g) を示

**Table 1.** Effects of cellulose granule sample on breadmaking properties

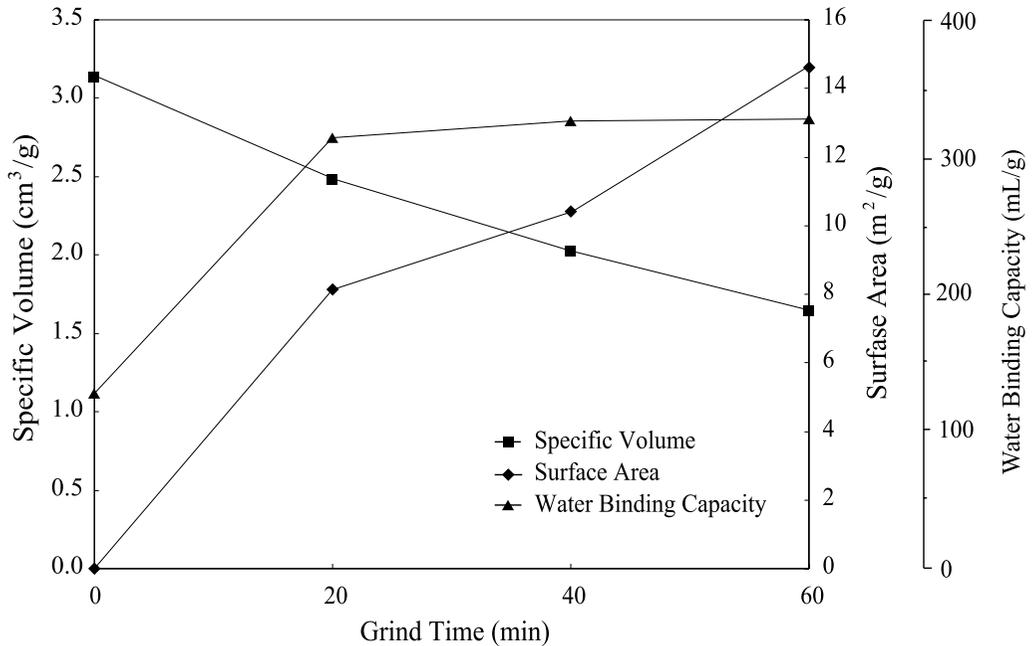
Sample No.	Blend (%)	Baking absorption (%)	Bread Height (mm)	Specific Volume (cm <sup>3</sup> /g)
1	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	65.8	62.7b (3.51)	2.40b (0.02)
	20	70.1	53.5c (0.19)	1.60c (0.04)
2	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	66.3	69.8b (1.31)	2.60b (0.09)
	20	69.4	61.9c (2.26)	1.95c (0.05)
3	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	62.9	70.1a (1.36)	2.81b (0.07)
	20	63.7	61.8b (0.36)	2.24c (0.04)
4	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	59.9	70.0b (0.71)	2.97b (0.03)
	20	58.4	65.2c (0.46)	2.71c (0.02)
5	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	60.2	70.6a (1.19)	2.97a (0.06)
	20	58.5	66.9b (1.40)	2.70b (0.05)
6	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	61.9	72.2a (1.22)	2.98a (0.09)
	20	60.6	66.9b (1.79)	2.68b (0.04)
7	0	62.7	72.7a (1.50)	3.04a (0.04)
	10	63.9	70.7a (1.65)	2.88b (0.11)
	20	63.0	65.4b (0.63)	2.60c (0.07)

Values represent means of 4 replicates with the standard deviation in parenthesis.

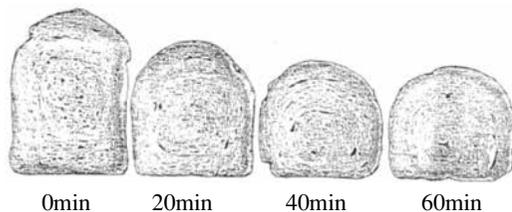
Means followed by the different letters in columns are not significantly different at  $P=0.05$  according to Duncan's multiple range test.



**Fig.2** The appearance of sectioned bread baked with various cellulose granule samples (20%)/wheat flour. No. 1 (6 μm, average diameter), 2 (13 μm), 3 (81 μm), 4 (154 μm), 5 (270 μm), 6 (464 μm), and 7 (650 μm). Control indicates bread baked with only wheat flour. *L*, *a*, and *b* for crust values show whiteness, red, and yellow, respectively.



**Fig.3** Effects of grind time (minutes) of cellulose granule (No.7) on surface area (m<sup>2</sup>/g) of cellulose granules and on specific volume baked with the ground cellulose granule/wheat flour.



**Fig.4** The appearance of sectioned bread baked with various ground cellulose granule (20%)/wheat flour.

した。粉碎時間が長くなるに伴い、粉碎セルロース表面積と水分結合量は増加し、パンの比容積は減少した。セルロース粒表面積とパンの比容積、水分結合量とパンの比容積それぞれの相関係数は  $-0.989$ 、 $-0.876$  であった。この結果から、パン高や比容積のような製パン性はセルロースサンプルのサイズと水分結合量に関係していることが示唆された。また、その粉碎セルロースをブレンドしたパン断面写真を **Fig.4** に示した。この写真からも、粉碎時間の長くなる、つまりセルロース粒子サイズが小さくなるにつれ、製

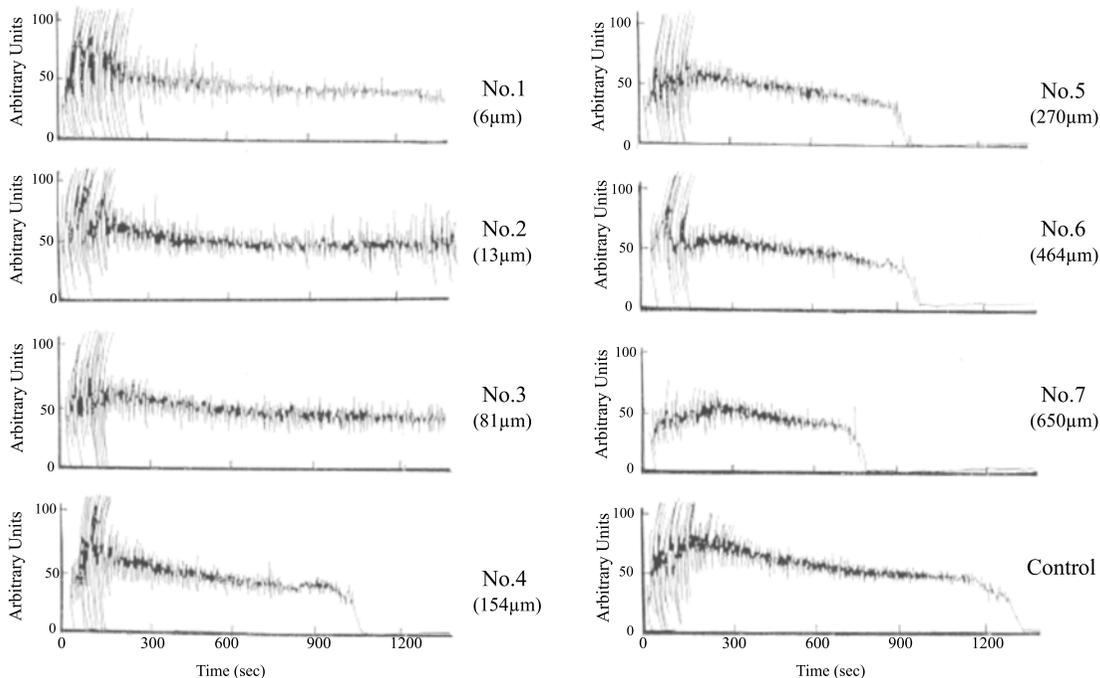
パン性の悪くなることが示された。

### 3) セルロースブレンド小麦粉のミキソグラフィ試験

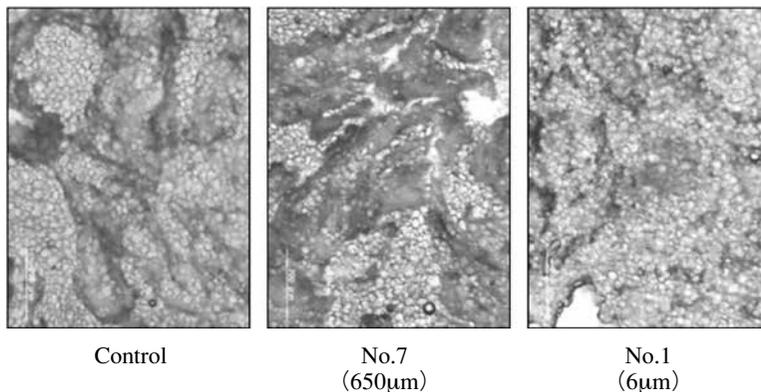
次にセルロースブレンド小麦粉の物性についてミキソグラフを用いて調べた。その結果を **Fig.5** に示した。粒子サイズが  $154\mu\text{m}$  以上のセルロース粒子をブレンドした場合 (No.4 ~ 7)、そのプロフィールは小麦粉のみ (Control) のプロフィールとよく類似していた。それに比べ、パンの膨らみの低下した No.1 ~ 3 の場合、コントロールとは異なるプロフィールを示した。このことから、No.4 ~ 7 はコントロールと物性が似ているため、セルロース粒を小麦粉にブレンドしてもパンの膨らむことが推察された。

### 4) セルロース粒子をブレンドしたドウ中のグルテンマトリックスの顕微鏡観察

さらにセルロース粒子がグルテンマトリックスに及ぼす影響について検討した。最も小さいセルロース粒子 (No.1) と大きいもの (No.7)



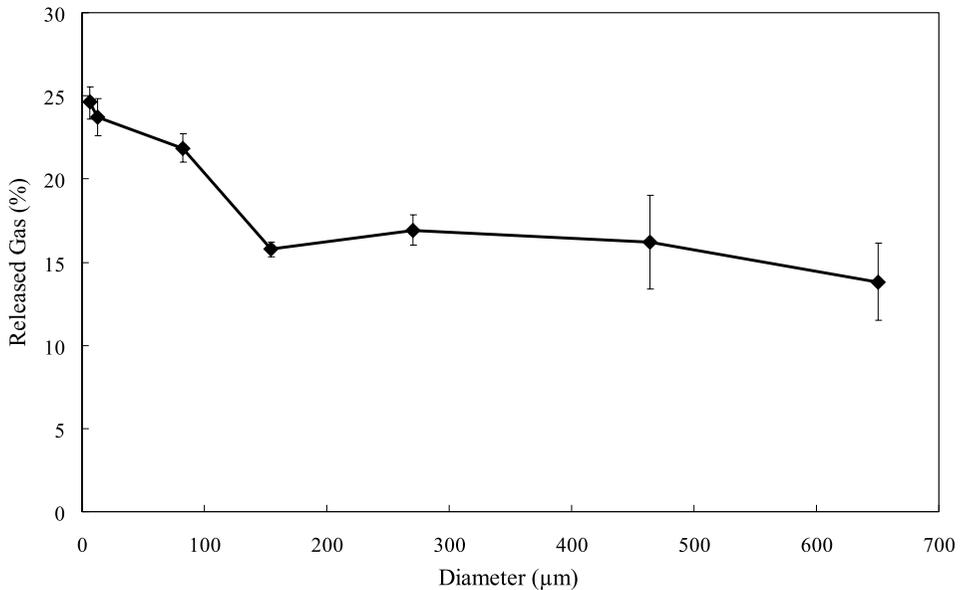
**Fig.5** Effect of size (diameter) of cellulose granule sample on mixograph profiles. No. 1 (6 µm, average diameter), 2 (13 µm), 3 (81 µm), 4 (154 µm), 5 (270 µm), 6 (464 µm), 7 (650 µm), and control (only wheat flour).



**Fig.6** Microphotographs of dough of only wheat flour, cellulose granule sample (No.7), and (No.1)/wheat flours from left to right. Protein was stained with Coomassie brilliant blue.

を小麦粉に 20% ブレンドし、ミキソグラフに 30 分かけたドウの顕微鏡写真を **Fig.6** に示した。青く染まったところは、クマシー・ブリリアント・ブルー染色のグルテンマトリックスである。小麦粉だけ (Control) と、No.7 ブレンド小麦粉のドウは連続性のあるグルテンマト

リックスを示した。しかし、No.1 ブレンド小麦粉のドウでは、グルテンマトリックスの連続性は見られず、ここから製パン性の低下が示唆された。グルテンマトリックスの形成は、おそらく小さいセルロース粒子に邪魔されているのだろう。



**Fig.7** Effect of size (diameter) of cellulose granule sample on release of gas from cellulose granule sample/wheat flour bread dough measured by farmograph test.

#### 5) セルロース粒子をブレンドしたパンドウのファーモグラフ試験

セルロース粒子がグルテンマトリックスの連続性を阻害しているのであれば、イーストにより発生するガスの漏洩量にも影響を及ぼす事が考えられたため、ドウから漏れたガス量をファーモグラフで測定した。その結果を **Fig.7** に示した。粒子サイズ  $154\mu\text{m}$  以上ではガス漏洩量がほぼ一定を保ち、 $154\mu\text{m}$  より小さくなるに伴ってガス漏洩量は増加した。このことからセルロース粒子サイズが小さくなるに従って、グルテンマトリックスの安定性の減少することが示唆された。この結果はパンの比容積結果との相関係数が  $-0.9249$  と高く、セルロース粒子サイズが小さくなると、グルテンマトリッ

クスの連続性を阻害し、そのため、ガスを閉じ込める力が弱まり、パンは十分膨らまないことがわかった。

### 3. 結論

セルロースブレンド小麦粉を用いて製パンを行う場合、セルロースサンプルのサイズは、パン高、比容積のような製パン性を決定付ける重要な要因となる。小麦粉のみのパンと同様の製パン性は、 $154\mu\text{m}$  以上のセルロース粒子を用いた場合に維持された。しかし、それより小さいと製パン性は低下した。なぜなら、 $154\mu\text{m}$  以下のセルロース粒子を用いるとグルテンマトリックスの形成に問題を引き起こすからである。

..... 参考文献 .....

- 1) Trowell, H., Southgate, D.A.T., Wolver, T.M.S., *et al*: Dietary fiber redefined. *Lancet* **7966**:967, 1976.
- 2) Whistler, R.L., BeMiller J.N.: Carbohydrate chemistry for food scientists. St. Paul, Minnesota, American Assn. of Cereal Chemists, p 217-218, 1997.
- 3) Mongeau, R., and Brassard, R.: Determination of neutral detergent fiber, hemicellulose, cellulose, and lignin in breads. *Cereal Chem.* **56**: 437-441, 1979.
- 4) Egoshi, K., Oka, T., Abo, K.: Adsorption of heterocyclic amines by insoluble dietary fiber. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* **37**:114-118, 1996.
- 5) Egoshi, K., Nakaoka, H., Oka, T., *et al*: Adsorption of heterocyclic aromatic amines by low molecular weight cellulose. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* **38**:435-440, 1997.
- 6) Ferguson, L.R., Robertson, A.M., Watson, M.E., *et al*: The adsorption of a range of dietary carcinogens by  $\alpha$ -cellulose, a model insoluble dietary fiber. *Mutation Res.* **319**:275-266, 1993.
- 7) Takeuchi, M., Hara, M., Inoue, T., *et al*: Adsorption of mutagens by refined corn bran. *Mutation Res.* **204**:263-267, 1988.
- 8) Eliasson, A.C., Larsson, K.: Cereals in breadmaking. New York, Marcel Dekker, p 245, 1993.
- 9) Pomeranz, Y., Shogren, M.D., Finney, K.F., *et al*: Fiber in breadmaking-efforts on functional properties. *Cereal Chem.* **54**:25-41, 1977.
- 10) Kamata, E. 1995. Spherical nucleus, spherical granule and their production. Japan patent 7-173050,1995
- 11) Seguchi, M., and Kusunose, C.: Lipophilization of curdlan granules by heat-treatment or chlorination. *Food Hydrocolloids.* **15**:177-183, 2001.
- 12) Seguchi, M., Hayashi, M., Matsumoto, H.: Effect of gaseous acetic acid on dough rheological and breadmaking properties. *Cereal Chem.* **74**:129-134, 1997.
- 13) American association of Cereal Chemists. 2000. Approved Methods of the AACC, 10thed. Methods 08-01, 10-10A, 54-21. The Association:St.Paul, MN.

# わさびとウド・セリ科野菜に含まれる GSK-3 $\beta$ 阻害物質の 2 型糖尿病に関わる機能性

吉田 潤<sup>\*1</sup> 伊藤 芳明<sup>\*2</sup> 木村 賢一<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> YOSHIDA Jun (岩手医科大学・共通教育センター化学科)

<sup>\*2</sup> ITO Yoshiaki, <sup>\*3</sup> KIMURA Ken-ichi (岩手大学農学部・応用生物化学課程)

---

KeyWords：わさび・ウド・セリ科野菜・酵母・Ca<sup>2+</sup> シグナル伝達・GSK-3 $\beta$ ・2 型糖尿病

---

## はじめに

70 年前の日本人の死因別死亡者の割合は、第 1 位から第 3 位までを細菌による感染症（肺炎、気管支炎、結核、胃腸炎）が占めていたが、微生物天然資源から抗生物質（ペニシリンやストレプトマイシン）が発見されて実用化に至ったノーベル賞の研究により著しく減少した<sup>1,2)</sup>。その結果、現在の日本人の死因別死亡者の割合は、厚生労働省の平成 21 年版厚生労働白書によると、第 1 位は癌、第 2 位は心疾患、第 3 位は脳血管疾患と変化し、生活習慣病の増加が大きく影響している。

さて、生活習慣病の 1 つである糖尿病の患者数は、厚生労働省の平成 19 年国民健康・栄養調査によると、日本人で糖尿病を強く疑われる人は 890 万人、可能性が否定できない人を合わせると 2210 万人と推計されている。糖尿病のうち 9 割以上がインスリン非依存性の 2 型糖尿病である。従って、2 型糖尿病の予防、または病気の進行を遅らせる目的で、機能性が科学的に証明された食品を積極的に摂ることは、今後益々重要になると考えられる。機能性が科学的

に証明された食品を新たに作り出すためには、機能性物質の構造、並びにどの位の量でどの程度作用し、体のどの部位（分子）に作用しているのかを明らかにする必要がある。このような研究は、医薬品開発の研究手法に近いが、安全かつ有効な機能性食品を作るためには必須の研究である。また、生物活性物質とその作用点を明らかにする研究は、最近ではケミカルバイオロジーと呼ばれ、未知の生命現象の解明を通して、新たな機能性研究へのパラダイムシフトにつながる事が期待されている<sup>3,4)</sup>。

このような背景において筆者らは、微生物、植物、食材、海藻などの天然資源より、疾病と関連する遺伝子を改変した各種遺伝子変異酵母スクリーニング系を用いて、構造や生物活性の面で新しい生物活性物質を探索し、その分子構造と作用メカニズムの研究（ケミカルバイオロジー）を行なっている<sup>5)</sup>。その中で本稿では、2 型糖尿病の薬剤標的分子として注目されているグリコーゲンシンターゼキナーゼ-3 $\beta$  (GSK-3 $\beta$ ) を阻害する食材由来の化合物について紹介する。

---

連絡先：木村賢一

(岩手大学農学部・応用生物化学課程, Tel/Fax : 019-621-6124、e-mail : kimurak@iwate-u.ac.jp)

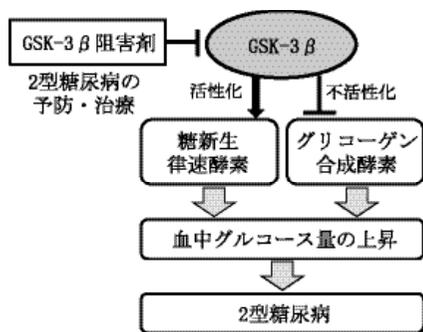


図1 2型糖尿病とGSK-3β阻害剤の関係

GSK-3βは多機能性のセリン/スレオニンリン酸化酵素の1つで、様々な生理学的過程に関わるシグナル伝達経路で働いている。インスリンシグナル伝達経路において、GSK-3βは糖新生律速酵素の遺伝子発現の活性化とグリコーゲン合成酵素の不活性化を通して、血中グルコース量の上昇に関わっている(図1)。糖尿病態では、GSK-3β活性が亢進している場合があり、GSK-3β阻害はその病態を緩和することが報告されていることから<sup>6)</sup>、2型糖尿病の治療応用を目指したGSK-3βの特異的な阻害剤を開発する研究が製薬企業を中心として進められてきた。これまでに見出されたGSK-3β阻害剤は、合成化合物や非食品性天然物由来物質が多く、食材からの報告はほとんどない。食材由来のGSK-3β阻害剤は、2型糖尿病の予防においては、阻害活性が弱い場合でも機能性食品やサプリメントへの利用が可能となるため重要である。

さて、薬剤のスクリーニング系として、広島大学名誉教授の宮川都吉先生の研究グループが作成したCa<sup>2+</sup>感受性の遺伝子変異酵母を利用した。この酵母は、Ca<sup>2+</sup>感受性に関わる*zds1*という遺伝子と、薬剤感受性に関わる*erg3*, *pdr1*, *pdr3*の遺伝

子を破壊した株(*zds1Δ erg3Δ pdr1Δ pdr3Δ*, これを遺伝子変異酵母と呼ぶ)である。スクリーニング系は、高濃度CaCl<sub>2</sub>存在下の培地では、遺伝子変異酵母がCa<sup>2+</sup>シグナル伝達の高活性化による増殖不能の状態になり、増殖能を回復させる化合物としてCa<sup>2+</sup>シグナル伝達阻害物質を検出する系である(図2)<sup>7,8)</sup>。出芽酵母のCa<sup>2+</sup>シグナル伝達系には、Ca<sup>2+</sup>チャンネル(高血圧, 狭心症), *mpk1* MAPキナーゼ(癌), カルシニューリン(免疫, アレルギー), *mck1* GSK-3β(2型糖尿病, アルツハイマー病)など、種々の疾病に関わる分子が働いていることから、これらの各種疾病を予防・治療に役立つ化合物の取得が期待できる<sup>9)</sup>。酵母は食品産業にも広く利用されている微生物である一方で、安全かつ取り扱いが簡便で、酵母とヒトは遺伝子レベルでの相同性が高く、得られた化合物はヒトでも有効性を示すことが期待できるため、薬剤スクリーニングにおいても有用な微生物である。実際に本系では、ジルチアゼム(高血圧・狭心症薬)やFK506(免疫抑制剤)

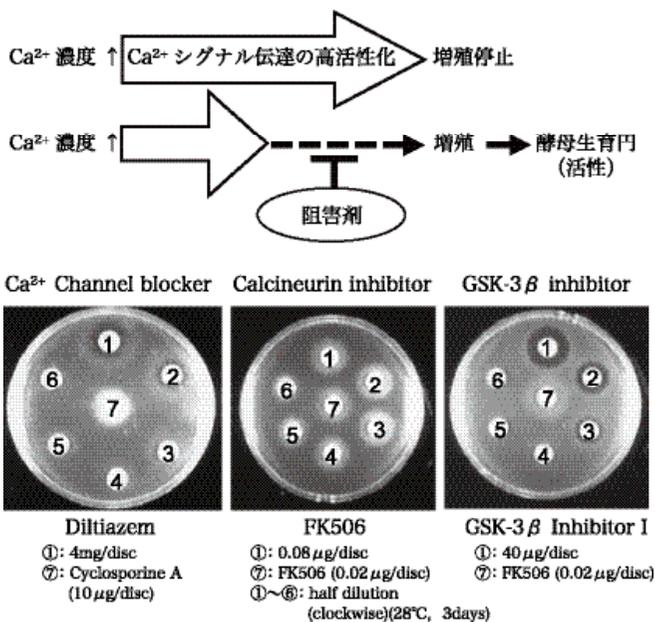


図2 遺伝子変異酵母を用いたCa<sup>2+</sup>シグナル伝達阻害物質のスクリーニング系と各種阻害剤の生育円活性

などの医薬品が生育円を示す (図2)<sup>10)</sup>。さらにこの系は、菌の生育を阻害するのではなく、酵母の生育を指標にするポジティブスクリーニングであるため、毒性が低く、特異性の高い化合物の発見が期待できる<sup>5)</sup>。以上のことから、本スクリーニング系は新たな機能性食品成分の探索には効率の良いスクリーニング系であると考えられる。

これまでに、岩手県を中心として独自に採集・購入した約800種類の天然資源のメタノール抽出物のスクリーニングを行った結果、食材の本わさびからメチルスルフィニルイソチオシアネート類、ウド・セリ科野菜からポリアセチレン化合物のファルカリンディオール (前者からは、ファルカリンディオールとデヒドロファ

ルカリンディオール) を活性物質として同定し、これらの化合物がGSK-3 $\beta$ を阻害することを見出した<sup>11-13)</sup>。さらに、これらの活性物質のGSK-3 $\beta$ 阻害に関わる2型糖尿病に対する機能性を検討したので報告する。

### 1. わさびに含まれる機能性物質メチルスルフィニルイソチオシアネート類

本わさび (*Wasabia japonica* Matsumura) は、日本原産のアブラナ科の多年草植物で、古くは溪流などに自生していた食材である。岩手県の本わさび生産量は、静岡県や長野県に次いで日本で3番目に多く<sup>14)</sup>、岩手県の宮守村 (現在の遠野市) のように古くから産地として定着し

	イソチオシアネート類	生育円 (mm)
9-MSITC		27.9
8-MSITC		25.2
7-MSITC		23.4
6-MSOITC		19.4
6-MSITC		19.3
6-MTITC		—

図3 6-MSITCと6-MSITC類縁体の遺伝子変異酵母に対する生育円活性  
4  $\mu$ g/disc, YPD 培地 /0.3 M CaCl<sub>2</sub> 培地で 28°C、3日間培養。

ている地域に加え、最近では、雫石町や八幡平市などもわさびの産地として知られている。本わさびは、刺身や鮭などに用いる香辛料としてだけでなく、殺菌効果を期待した用途でも用いられる。最近の研究からは、わさびの生理機能性として、抗腫瘍効果、解毒・抗酸化効果、抗炎症作用、抗ピロリ菌効果などが報告されている<sup>15-19)</sup>。これらのわさびの機能性には、イソチオシアネート類と呼ばれる化合物が関わっており、その中でも、スルホキシド基を有する特徴的な構造のメチルスルフィニルイソチオシアネート類が注目されている。

筆者らは、遺伝子変異酵母を用いたスクリーニングにおいて、本わさび抽出物が阻止円とその周りに生育円活性を示すことを見出し、6-メチルスルフィニルヘキシルイソチオシアネート(6-MSITC)を活性物質として同定した。本わさびには、6-MSITCの他にも各種類縁体が含まれていることから、アルキル鎖長の異なる類縁体と、スルホキシド基に関わる類縁体との活性を比較した。その結果、測定した化合物において、活性には、アルキル鎖の長さ、スルホキシド基並びにスルホン基が重要であることが示唆された<sup>13)</sup>(図3)。

## 2. 6-MSITCのGSK-3β阻害活性

食品成分の機能性の科学的証明においては、どの部位(分子)に機能性物質が作用するのかを明らかにすることは特に重要である。6-MSITCの遺伝子変異酵母における生育円の生じ方(生育円の表現型)に注目すると、阻止円の周りに微かな生育円が生じるという表現型が観察された。これは、GSK-3βの特異的阻害剤であるGSK-3β inhibitor-Iの生育円の表現型(図2)に類似していることから、6-MSITCはGSK-3β阻害活性を示すことを推定した。そこで、6-MSITCのヒトGSK-3β阻

表1 6-MSITCと6-MSITC類縁体のGSK-3β阻害活性

イソチオシアネート類	GSK-3β 阻害活性 (IC <sub>50</sub> , μM)
9-MSITC	18.6
8-MSITC	21.5
7-MSITC	40.0
6-MSOITC	54.8
6-MSITC	70.3
6-MTITC	>200.0
4-MSITC	>200.0

害活性を調べた結果、6-MSITCは、我々の*in vitro*における評価系においてIC<sub>50</sub> = 70.3 μMで阻害することを見出した。また、各種6-MSITC類縁体のGSK-3β阻害活性に対する構造活性相関は、活性にはアルキル鎖の長さ、スルホキシド基、スルホン基が重要であることが示唆された(表1)<sup>13)</sup>。これは、酵母の生育円活性と同様の傾向を示した。最も強いGSK-3β阻害活性を示した9-MSITCについて、阻害のメカニズムを解析した結果、ATP拮抗阻害を示し、K<sub>i</sub>値は10.5 μMを示した(図4)。6-MSITC類は、既知のGSK-3β阻害剤のインディルビンやSB216763と同様のATP拮抗型のGSK-3β阻害剤であることが示唆された。

次に、GSK-3β阻害活性における6-MSITCのイソチオシアネート基の重要性を検討した。イソチオシアネート基は窒素原子、炭素原子、硫黄原子の結合から親電子性を示し、6-MSITCのイソチオシアネート基はN-アセチル-L-システイン(NAC)のチオール基と付加



図4 6-MSITCのGSK-3βに対する阻害形式の概念図

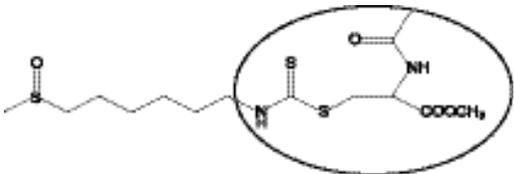
	構造	酵母生育円 最小活性濃度 ( $\mu\text{g}/\text{disc}$ )	GSK-3 $\beta$ IC <sub>50</sub> ( $\mu\text{M}$ )
6-MSITC		5	70.3
6-MSITC/NACM 付加体		40	312.0

図5 6-MSITC と 6-MSITC/NACM 付加体の酵母生育円活性と GSK-3 $\beta$  阻害活性の比較

体を形成することが知られている<sup>20)</sup>。そこで 6-MSITC と *N*-アセチル-L-システインメチルエステル (NACM) との付加体を合成することで、6-MSITC のイソチオシアネート基をマスクし、イソチオシアネート基の酵母生育円活性と GSK-3 $\beta$  阻害活性に対する重要性を調べた (図5)。その結果、6-MSITC/NACM 付加体の活性は遺伝子変異酵母に対する活性を最小活性濃度で比較したときに、6-MSITC の 1/8 に低下した。また、GSK-3 $\beta$  阻害では、6-MSITC の GSK-3 $\beta$  阻害活性の 1/4.4 に低下した。従って、6-MSITC のイソチオシアネート基は酵母生育円活性と GSK-3 $\beta$  阻害活性に重要であることが示唆された。

本わさび粉末の 2 型糖尿病に対する生理機能性の評価研究において、本わさび粉末を、肥満 2 型糖尿病モデル動物 KK-A<sup>y</sup> マウスに 45 日間給餌したとき、血糖値およびインスリン値が、対照群と比較して低い傾向を示すことが確認されている<sup>21)</sup>。本わさび粉末にはイソチオシアネート類が含まれていることから、本わさびの 2 型糖尿病モデルマウスにおける機能性の作用機序には、メチルスルフィニルイソチオシア

ネート類の GSK-3 $\beta$  阻害が関わっている可能性が考えられる。本研究を基に、作用機序の解明と、より活性の優れたイソチオシアネート類を検討することにより、本わさび由来の 2 型糖尿病に関わるサプリメントや機能性食品としての応用が期待できる。

### 3. ウド・セリ科野菜に含まれるファルカリンディオールの GSK-3 $\beta$ 阻害活性

セリ科植物は、「春の七草」で知られているセリに代表されるもので、ニンジン、パセリ、セロリ、ミツバなど、スーパーマーケットでも市販されている野菜に加えて、最近では野菜として注目されているアシタバ、山菜のハマボウフウ、生薬としてはウイキョウ、トウキなどが知られている。セリ科の野菜は独特の風味を持ち、薬効を示すものが多く、野菜としてだけでなく香辛料や漢方薬として用いられているものがある。セリ科野菜に共通して含まれる特徴的な化合物には、ポリアセチレン系化合物のファルカリンディオールが知られており<sup>22)</sup>、解毒・抗酸化効果、抗炎症作用、抗菌活性を示すこと

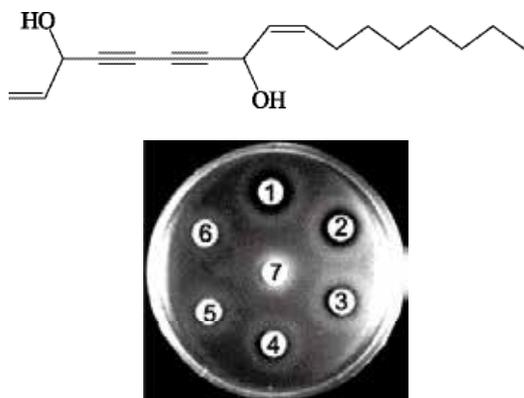


図6 ファルカリンディオールの遺伝子変異酵母に対する活性

1 : 40, 2 : 20, 3 : 10, 4 : 5, 5 : 2.5, 6 : 1.25  $\mu\text{g}/\text{disc}$ . 7 : FK506 (0.02  $\mu\text{g}/\text{disc}$ ). YPD 培地 /0.3 M  $\text{CaCl}_2$ , 28°C で 3 日間培養。

報告されている<sup>23-25)</sup>。

筆者らは、遺伝子変異酵母を用いたスクリーニングにおいて、ウドの葉とセリ抽出物が生育円活性を示すことを見出し、ファルカリンディオールを活性物質として同定した。6-MSITC と同様に、ファルカリンディオールの生育円の表現型は、生育円よりも阻止円が強く (図6)、先に示したイソチオシアネートと同様に、GSK-3 $\beta$  inhibitor- I の生育円の表現型 (図2) と類似していた。

そこで、GSK-3 $\beta$  阻害剤活性を調べたところ、ファルカリンディオールは、GSK-3 $\beta$  を  $\text{IC}_{50} = 83.0 \mu\text{M}$  で阻害した。ファルカリンディオールの阻害のメカニズムについて解析した結果、ATP 非拮抗阻害とペプチド基質拮抗阻害を示し、その  $K_i$  値は  $46.5 \mu\text{M}$  を示した (図7)。従って、ファルカリンディオールは、GSK-3 $\beta$  に対してペプチド基質拮抗的な阻害活性を示すことが示唆された。既存の GSK-3 $\beta$  阻害剤の中で、ファルカリンディオールのようなポリアセチレン構造をもつ化合物は報告されておらず、食材由来であるため、食品機能性物質としての展開が期待できる。これまでに見出されている低分



図7 ファルカリンディオールの GSK-3 $\beta$  に対する阻害形式の概念図

子化合物の GSK-3 $\beta$  阻害剤の多くは、ATP 拮抗型の阻害剤である。基質拮抗型の阻害剤は、 $K_i$  値が高い場合でも ATP 拮抗型と比較して特異的に作用する可能性が高く、細胞レベルで効果が高いことが期待されている。

#### 4. ファルカリンディオールの2型糖尿病に関わる機能性

##### (1) 肝臓由来細胞における糖新生抑制効果の検討

GSK-3 $\beta$  は、糖新生の律速酵素の1つであるグルコース-6-フォスファターゼ (G6Pase) とホスホエノールピルビン酸カルボキシキナーゼ (PEPCK) の遺伝子発現の制御に関わっており (図1)、ラット肝癌由来細胞株 H4IIE において、GSK-3 $\beta$  阻害剤は、G6Pase、PEPCK の遺伝子発現の抑制活性を示すことが知られている<sup>26)</sup>。そこで、デキサメタゾンとジブチリルサイクリック AMP で糖新生活性を刺激した H4IIE 細胞に、ファルカリンディオールを加えて G6Pase 遺伝子発現量をノーザンブロット法で測定した。その結果、G6Pase の遺伝子発現が、ファルカリンディオール  $10 \mu\text{M}$  から濃度依存的に抑制されたことから (図8)、ファルカリンディオールの2型糖尿病に対する機能性食品としての応用の可能性が期待できる。

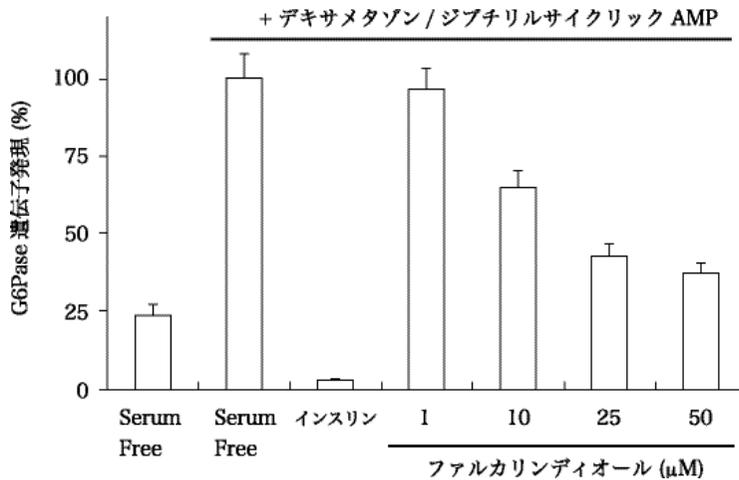


図8 ファルカリンディオールの G6Pase 遺伝子発現に対する影響

## (2) 糖尿病態ラットにおけるセリ抽出物の機能性

糖新生活性を刺激した H4IIE 細胞の G6Pase の遺伝子発現が、ファルカリンディオールによって 10 μM から濃度依存的に抑制されたことから、ファルカリンディオールの 2 型糖尿病に対する機能性食品としての応用の可能性が期待できる。そこで、セリの酢酸エチル抽出物の安全性試験とセリの酢酸エチル抽出物の糖尿病

ラットにおける血糖上昇抑制効果の検討を行った結果、GK ラットに対する糖負荷試験において、セリの酢酸エチル抽出物(ファルカリンディオール換算で 15 mg/kg) が血糖上昇抑制効果を示した (図 9) ((財) 日本食品分析センターによる)。今後は、単一のファルカリンディオールでの試験を行い、効果があれば最小効果濃度を明らかにする必要がある。

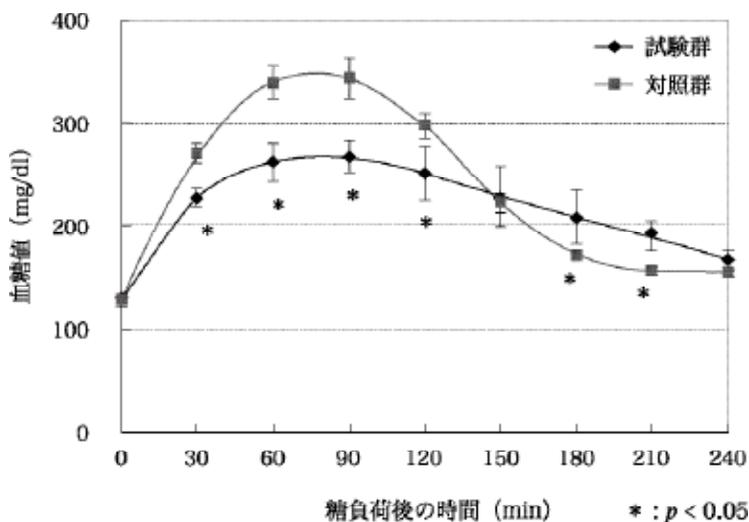


図9 セリ抽出物の経口糖負荷試験

GK ラットにセリ抽出物を経口投与 (ファルカリンディオール量換算で 15 mg/kg)。n = 6 の平均値。

### 5. 食品素材としてのセリ科野菜の利用

(1) ファルカリンディオールの定量法の検討  
 ファルカリンディオールの構造や性質が明らかになったことから、セリ科野菜やそれを用いて製造した食品中のファルカリンディオールの定量が可能となる。ファルカリンディオールを、75% MeOH, SHISEIDO CAPCELLPAK C18 (4.6 mmφ × 150 mm), 1 ml/min, 220 nm の HPLC の分析条件で検量線を作成し、また、酵母の生育円の大きさを用いての定量も可能であり、その両方を用いることでより確実性が増してくる。日本で一般的に食されているセリ科野菜のメタノール抽出物の生育円活性 (400 µg/disc) と<sup>10)</sup>、ファルカリンディオールの含量を HPLC 分析で測定した結果を表 2 にまとめた。

#### (2) セリ科野菜の調理条件におけるファルカリンディオールの安定性

セリ科野菜を食する場合はおひたしなど熱をかけるため、生のミツバの煮沸時間を変えて処理し乾燥した後に、その中に含まれるファルカリンディオールをメタノール抽出と酢酸エチル抽出を行ない、HPLC にて定量した。その結果

表 2 各種セリ科野菜メタノール抽出物の酵母生育円活性とファルカリンディオール含量

セリ科野菜	生育円 (mm)	ファルカリンディオール含量 (mg/g)
セリ	24.7	34.4 (100)
ミツバ	18.2	22.3 ( 65)
アシタバ	16.3	3.8 ( 11)
ニンジン	14.1	1.4 ( 4)
セロリ	測定不能	0.5 ( 1)
パセリ	測定不能	— (検出限界以下)

※( )内の数値は、セリの含量を 100 として比較した場合。

を図 10 に示したが、30 分という長時間煮沸しても (おひたしでは通常数分間湯がいて食する)、値にバラつきはあるものの、含まれるファルカリンディオール量は著しく変化しないことが明らかとなった。

#### おわりに

食品の機能性の科学的証明を行う場合、どのような物質が食品にどれくらい含まれ、ヒトのどの部位 (分子) に作用するかに答えられなければならない。そのためには、最初に機能性物質を明らかにすることも重要であり、それによって含まれている機能性物質の定量と品質管理も同時に可能になる。食材を中心とした天然

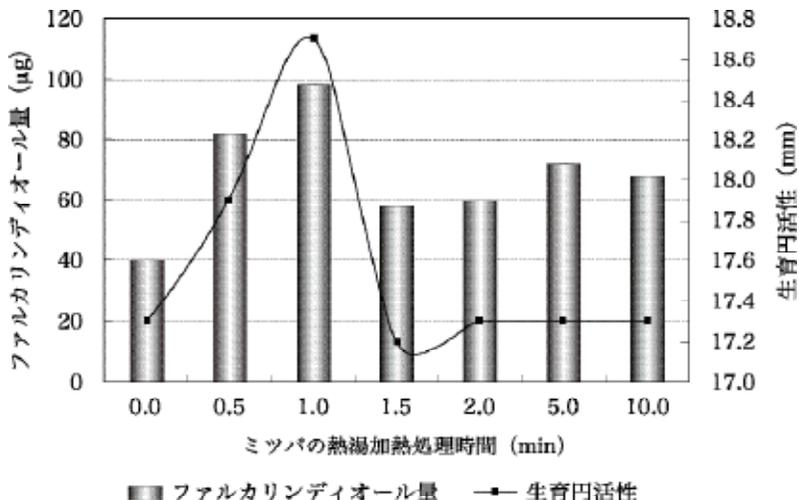


図 10 ミツバの煮沸処理によるファルカリンディオール量と生育円活性の変化

資源の抽出物を、疾病と関係したスクリーニング系に供してその活性の有無と強さを調べ、活性物質を天然資源より単離精製する仕事は、非常に手間がかかり根気がある仕事である。さらに、活性物質がどの部位（分子）に作用しているのかを証明することは、生化学的実験の試行錯誤が必要とされる時間のかかる研究である。一方で、得られた化合物がオンリーワンの新規化合物であれば、その楽しさは測り知れないも

のがある。また、機能性の科学的証明ができれば、天然資源の付加価値が高まり、新たな地場産業の創出を通して、地域の活性化にもつながることも期待できる。食品分野でも生物学と化学の融合が進む中で、化学的手法を活かしたマテリアルサイエンスを基盤とする研究（ケミカルバイオロジー）を通して、今後も地道な基礎研究を続けたいと考えている。

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

- 1) 井村裕夫：人はなぜ病気になるのか．岩波書店，2000．
- 2) Newman, D.J., Cragg, G.M., Snader, K.M.: The influence of natural products upon drug discovery. *Nat. Prod. Rep.* **17**:215-234, 2000.
- 3) 半田宏：ケミカルバイオロジー・ケミカルゲノミクス．シュブリンガー・フェアラーク東京，2005．
- 4) 長野哲雄，長田裕之，菊地和也ら：ケミカルバイオロジー．蛋白質核酸酵素，共立出版，**52**(No.13)，2007．
- 5) 木村賢一：山菜のシドケ（モミジガサ）に含まれる機能性物質の癌細胞に対する作用．*NewFoodIndustry*, 食品資材研究会，**52**（No. 5），33-42，2010．
- 6) Kaidanovich-Beilin, O., Eldar-Finkelman, H.: Long-term treatment with novel glycogen synthase kinase-3 inhibitor improves glucose homeostasis in ob/ob mice: molecular characterization in liver and muscle. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **316**: 17-24, 2006.
- 7) Shitamukai, A., Mizunuma, M., Hirata, D. *et al.*: A positive screening for drugs that specifically inhibit the Ca<sup>2+</sup>-signaling activity on the basis of the growth promoting effect on a yeast mutant with a peculiar phenotype. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **64**: 1942-1946, 2000.
- 8) Chanklan, R., Aihara, E., Koga, S. *et al.*: Inhibition of Ca<sup>2+</sup>-signal-dependent growth regulation by radicicol in budding yeast. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **72**:132-138, 2008.
- 9) Miyakawa, T., Mizunuma, M.: Physiological roles of calcineurin in *Saccharomyces cerevisiae* with special emphasis on its roles in G2/M cell-cycle regulation. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **71**: 633-645, 2007.
- 10) Ogasawara, Y., Yoshida, J., Shiono, Y. *et al.*: New eremophilane sesquiterpenoid compounds, eremoxylarins A and B directly inhibit calcineurin in a manner independent of immunophilin. *J. Antibiot.* **61**: 496-502, 2008.
- 11) 特開 2006-225362 Ca<sup>2+</sup> シグナル伝達阻害剤
- 12) 特開 2008-247805 グリコーゲンシンターゼキナーゼ 3β 阻害剤
- 13) Yoshida, J., Nomura, S., Nishizawa, N. *et al.*: Glycogen synthase kinase-3β inhibition of 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate derived from wasabi (*Wasabia japonica* Matsum). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **75**:136-139, 2011.
- 14) 林野庁平成 21 年度特用林産物受給動態調査，[http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyou\\_rinsan/index.html#r](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyou_rinsan/index.html#r)
- 15) Morimitsu, Y., Nakagawa, Y., Hayashi, K. *et al.*: A sulfuraphane analogue that potently activates the Nrf2-dependent detoxification pathway. *J. Biol. Chem.* **277**: 3456-3463, 2002.
- 16) Uto, T., Fujii, M., Hou, D.X.: Inhibition of lipopolysaccharide-induced cyclooxygenase-2 transcription by 6-(methylsulfinyl) hexyl isothiocyanate, a chemopreventive compound from *Wasabia japonica* (Miq.) Matsumura, in mouse macrophages. *Biochem. Pharmacol.* **70**:1772-1784, 2005.
- 17) Fuke, Y., Shinoda, S., Nagata, I. *et al.*: Preventive effect of oral administration of 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate derived from wasabi (*Wasabia japonica* Matsum) against pulmonary metastasis of B16-BL6 mouse melanoma cells. *Cancer Detect Prev.* **30**: 174-179, 2006.

- 18) Hasegawa, K., Miwa, S., Tsutsumiuchi, K. *et al.*: Allyl isothiocyanate that induces GST and UGT expression confers oxidative stress resistance on *C. elegans*, as demonstrated by nematode biosensor. *PLoS One* **5**:e9267, 2010.
- 19) Sekiguchi, H., Takabayashi, F., Deguchi, Y. *et al.*: Leaf extract of *Wasabia japonica* relieved oxidative stress induced by *Helicobacter pylori* infection and stress loading in Mongolian gerbils. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **74**:1194-1199, 2010.
- 20) Yamaguchi, H., Noshita, T., Kidachi, Y. *et al.*: Detection of 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate (6-MITC) and its conjugate with N-acetyl-L-cysteine (NAC) by high performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry (HPLC-MS/APCI). *Chem. Pharm. Bull.* **56**:715-719, 2008.
- 21) 伊藤芳明, 渡部達也, 吉田潤ら : *New food industry*. 食品資材研究会, **53**(12):20-24, 2012.
- 22) Zidorn, C., Jöhrer, K., Ganzera, M. *et al.*: Polyacetylenes from the Apiaceae vegetables carrot, celery, fennel, parsley, and parsnip and their cytotoxic activities. *J. Agric. Food Chem.* **53**:2518-2523, 2005.
- 23) Ohnuma, T., Komatsu, T., Nakayama, S. *et al.*: Induction of antioxidant and phase 2 drug-metabolizing enzymes by falcarindiol isolated from *Notopterygium incisum* extract, which activates the Nrf2/ARE pathway, leads to cytoprotection against oxidative and electrophilic stress. *Arch. Biochem. Biophys.* **488**:34-41, 2009.
- 24) Shiao, Y.J., Lin, Y.L., Sun, Y.H. *et al.*: Falcarindiol impairs the expression of inducible nitric oxide synthase by abrogating the activation of IKK and JAK in rat primary astrocytes. *Br. J. Pharmacol.* **144**:42-51, 2005.
- 25) Deng, S., Wang, Y., Inui, T. *et al.*: Anti-TB polyynes from the roots of *Angelica sinensis*. *Phytother. Res.* **22**:878-882, 2008.
- 26) Lochhead, P.A., Coghlan, M., Rice, S.Q. *et al.*: Inhibition of GSK-3 selectively reduces glucose-6-phosphatase and phosphoenolpyruvate carboxykinase gene expression. *Diabetes* **50**:937-946, 2001.

# メタボ改善素材開発におけるリポタンパク質プロファイル解析の意義と応用 ～機能性素材探索からヒト臨床試験まで～

畠 恵司<sup>\*1</sup> 木内 高信<sup>\*2</sup> 高橋 純一郎<sup>\*3</sup> 浜田 健太郎<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup>HATA Keishi (秋田県総合食品研究センター),

<sup>\*2</sup>KIUCHI Takanobu (株式会社 Harvestech, 株式会社スカイライト・バイオテック)

<sup>\*3</sup>TAKAHASHI Junichiro (株式会社スカイライト・バイオテック) <sup>\*4</sup>HAMADA Kentaro (株式会社 Harvestech)

KeyWords：脂質異常症・リポタンパク質・ゲル濾過 HPLC・小型 LDL・ジュンサイ

## はじめに

2008年4月に特定健康診査(通称メタボ健診)が始まり、メタボリック・シンドロームや脂質異常症への注目が高まり、これらを改善する機能性食品素材の研究・開発がますます盛んに行われるようになってきた。こうした研究開発には、主に疾患モデル動物への投与による評価が用いられているが、個体差が少なく、開発に要する費用や時間の短縮・効率化が期待できる *in vitro* の評価系の確立が重要である。

今回我々は、ゲル濾過 HPLC によるリポタンパク質解析法を用い、ヒト肝臓癌由来細胞の培養上清に分泌されるリポタンパク質の脂質プロファイルを分析することで、新たな“抗メタボ素材”の *in vitro* 探索評価系を開発した。さらに、本評価系を用いて、実際に脂質異常症改善効果を示す食用植物を探索した。顕著な改善作用が認められた秋田県の特産品であるジュンサイ (*Brasenia schreberi*) については、モデル動物実験ならびにヒト臨床試験を実施し、脂質異常症改善効果をさらに検証した。

## 1. リポタンパク質詳細解析の重要性

中性脂肪やコレステロールなどの脂質の多

くは水不溶性であるため、親水性のリン脂質やアポリポタンパク質に包含され、「リポタンパク質」という粒子の状態では血液中を運搬される。リポタンパク質は、その組成によって比重や粒子サイズが異なり、カイロミクロン (chylomicron; CM), 超低比重リポタンパク質 (very low density lipoprotein; VLDL), 低比重リポタンパク質 (low density lipoprotein; LDL), 高比重リポタンパク質 (high density lipoprotein; HDL) の4種主要クラスに大別される。このうち、LDLに含まれるコレステロールは、その値が高くなると冠動脈疾患などの発症率が増えることから、健康診断などで中性脂肪とともに“生活習慣病のリスク・マーカー”と位置づけられ、“悪玉コレステロール”とも呼ばれる。逆に、血管内皮に付着したコレステロールの回収を担い、動脈硬化を抑制する働きを持つ HDL 中のコレステロールは“善玉コレステロール”と呼ばれている。

近年の研究により、これら主要クラスのリポタンパク質に加えて、サブクラス(詳細分画)のリポタンパク質も注目されている。例えば、LDL サブクラスの中で粒子サイズが小さい(直径 25.5 nm 以下)「小型 LDL (small, dense LDL)」が挙げられる。小型 LDL は血液の中から

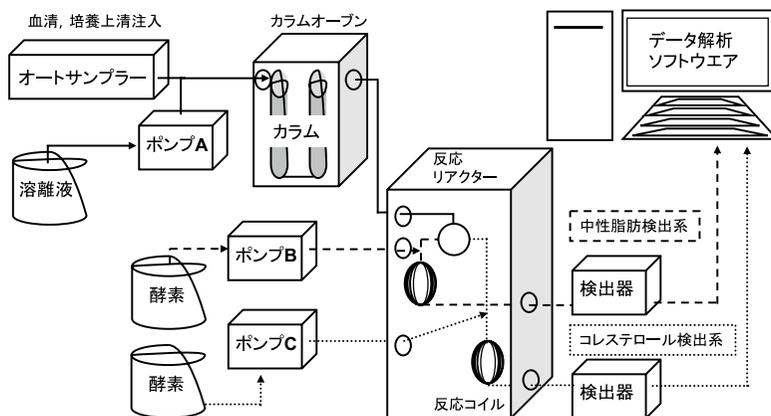


図1 リポタンパク質プロファイル解析システムの概略

肝臓へ回収されにくいというえに血管内皮に取り込まれやすく、加えて酸化もされやすいため、動脈硬化を特に強く促進することが分かっており、小型LDL中のコレステロールは「超悪玉コレステロール」とも呼ばれている<sup>1)</sup>。このように、血液中の総中性脂肪値あるいは総コレステロール値の測定に加えて、リポタンパク質主要クラス及びサブクラス中の脂質測定は、動脈硬化、心疾患、メタボリック・シンドローム、脂質異常症等の早期発見・改善に重要である。

従来、血清中に含まれるリポタンパク質は、超遠心分離法やアガロースゲル電気泳動法などで分画されてきた。しかし、操作の煩雑性、一度に処理可能な検体数、定量性といったいくつかの問題点が指摘されている。

近年、リポタンパク質の新たな分析方法として、ゲル濾過高速液体クロマトグラフィー(HPLC)による粒子サイズに基づいた分離と酵素法によるオンライン脂質検出を組み合わせた方法が、岡崎らによって開発された<sup>2,3)</sup>。本法の特長は、血清わずか数十 $\mu\text{L}$ で、CMからHDLまでリポタンパク質の全体像を定量的に把握できることである。リポタンパク質主要クラスはもちろん、サブクラスにおけるコレステロールや中性脂肪濃度も定量できるため、小型

LDLが引き金となる種々の疾患リスクの把握にも役立つ。また、血清サンプルが少量で済むため、ヒトだけでなく、遺伝子改変動物など多量採血が困難な試験にも広く用いることができる。

図1に、リポタンパク質詳細解析システムLipoSEARCH<sup>®</sup>(リポサーチ:スカイライト・バイオテック社)の概略図を示す。血清や培養上清に含まれるリポタンパク質は、ゲル濾過HPLCカラムにより、粒子サイズに従い順次溶出される。カラムからの溶出液は、中性脂肪の酵素反応ラインとコレステロールの酵素反応ラインに二分され、それぞれの反応コイル内で酵素反応を経て、連続的に550nmの吸光度として記録される。こうして得られたクロマトグラムデータを特許アルゴリズムにより解析し、リポタンパク質の主要4分画及び13サブクラス各々における中性脂肪濃度、コレステロール濃度の定量データが得られる。

図2には、被験者2名の血清リポタンパク質プロファイルのクロマトグラムデータを、表1には、定量化データを示す。被験者Aは、総中性脂肪値52.9mg/dL(基準値150mg/dL未満)、LDLコレステロール値79.0mg/dL(基準値140mg/dL未満)ならびにHDLコレステロール値62.1mg/dL(基準値40mg/dL以上)といずれも

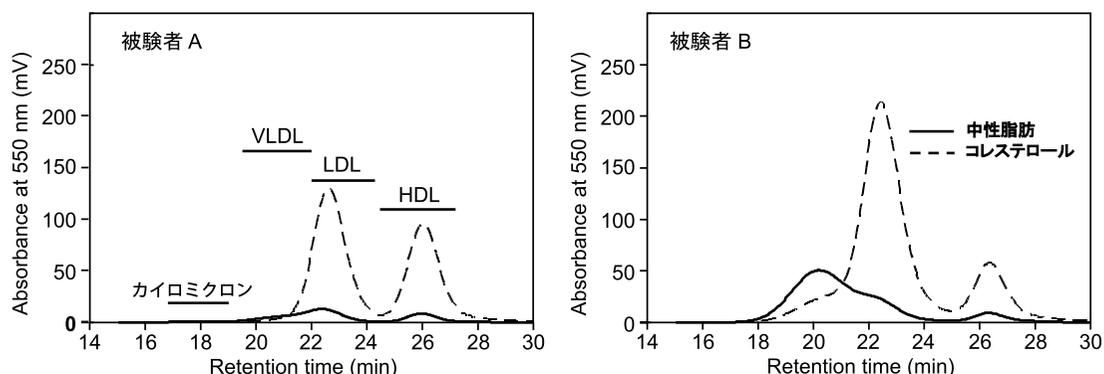


図2 健常者（左）ならびに脂質異常症被験者（右）の血清リポタンパク質プロファイル

表1 血清リポタンパク質主要クラスならびにサブクラス中に含まれる脂質解析例

主要クラス	サブクラス	被験者 A (健常者)		被験者 B (脂質異常症)	
		中性脂肪 (mg/dL)	コレステロール (mg/dL)	中性脂肪 (mg/dL)	コレステロール (mg/dL)
CM		1.3	0.1	0.6	0.1
VLDL	Large	7.9	1.2	97.9	14.7
	Medium	5.6	1.1	46.6	10.5
	Small	5.1	6.6	16.6	10.3
LDL	Large	5.9	18.6	15.3	38.1
	Medium	7.5	32.6	15.2	57.2
	Small	3.7	19.4	9.1	37.3
	Very Small	1.6	8.4	8.1	27.5
HDL	Very Large	1.3	5.8	2.0	4.7
	Large	4.7	19.2	0.9	2.0
	Medium	5.0	22.5	5.4	11.3
	Small	1.8	9.5	7.2	16.4
	Very Small	1.5	5.1	4.9	10.7
総量		52.9	150.1	229.7	240.7

正常域に属している。一方、被験者 B は 総中性脂肪値 (229.7 mg/dL) ならびに LDL コレステロール値 (160.1 mg/dL) が高値を示し、脂質異常症に分類される。また、小型 LDL コレステロール値 (サブクラスの small LDL と very small LDL の和) も、被験者 A では 27.8 mg/dL であるのに対して、被験者 B では 64.8 mg/dL となり、動脈硬化のリスクが高いと判断される。

表 2 に肥満度 (BMI) がほぼ同じ男性 2 名の小型 LDL を分析した結果を示した。被験者 2 名は、総コレステロール値ならびに LDL コ

レステロール値はほぼ同じであるが、被験者 C に比べ被験者 D では小型コレステロール値が 2 倍以上高値を示し、LDL 粒子サイズの小型化が認められた。CT 測定により内臓脂肪量を調べると、被験者 D は著しい蓄積が認められた。小型 LDL は内臓脂肪の蓄積度を反映するという報告もあり<sup>3)</sup>、メタボリック・シンドロームさらには動脈硬化のリスクを早期に把握する血中マーカーとして、小型 LDL の分析は有用とされている。総コレステロール値だけを指標としていた時代から、主要分画の LDL・HDL コ

表2 被験者2名の小型LDLコレステロール値解析

	被験者 C	被験者 D
BMI 値	29.1	30.8
CT 測定による内臓脂肪面積 (cm <sup>2</sup> )	83.2	209.1
総コレステロール (mg/dL)	225.5	224.7
LDL コレステロール (mg/dL)	129.4	117.8
小型 LDL コレステロール (mg/dL)	22.0	48.4
LDL 粒子サイズ (nm)	26.6	24.7

コレステロール量を把握する時代に変遷したように、この先の研究の進展に伴いリポタンパク質サブクラスに注目し、従来は発見できなかった潜在的なリスクを早期に把握する必要性が今後高まると考えられる。

## 2. 肝臓細胞が合成・分泌するリポタンパク質を指標にした、脂質異常症改善機能を有する食品素材の探索

哺乳類の肝臓は、血中脂質を吸収し、分解・再合成する器官であり、血中に VLDL, LDL, HDL などのリポタンパク質を分泌する。ヒト肝臓癌細胞 (HepG2 細胞) も同様に3種類のリポタンパク質を合成・分泌する。我々は HepG2 細胞の培養上清に分泌されるリポタンパク質を測定し脂質代謝を分析することにより、新たな脂質異常症改善候補素材を評価する系の開発に成功した<sup>4)</sup>。本評価系において高コレステロール血症の治療薬であるスタチン系の薬剤は、コレステロールの合成を選択的に阻害する。一方、中性脂肪とコレステロール両者に有効なフィブラート系薬剤は、両者の合成・分泌を抑制することが分かり、各種薬剤の特長を捉えた評価系であることが確認された。

我々は本評価系を活用し、幾つかの食品素材に関して脂質異常症改善作用の探索を行った<sup>5)</sup>。HepG2 細胞の培養上清中の中性脂肪ならびにコレステロール合成・分泌量は、0.75 mM オレイン酸ナトリウム負荷により上昇する。図3に、オレイン酸ナトリウム負荷と同

時に幾つかの食用植物エタノール抽出エキス (終濃度 0.1 mg/mL) を HepG2 細胞に添加し、2日間培養後に得られた培養上清中のリポタンパク質プロファイル解析結果を示した。ジュンサイエキスは中性脂肪ならびにコレステロール両者の分泌を抑制した。

クサソテツ (=コゴミ, *Matteuccia struthiopteris*) エキスは、中性脂肪の分泌より、主にコレステロールの合成分泌量を抑制した。ネギ (*Allium fistulosum*) エキスは逆に、HepG2 細胞から分泌される VLDL ならびに LDL 中の中性脂肪量を亢進させた。オクラ (*Abelmoschus esculentus*) エキスはリポタンパク質プロファイルに影響を与えなかった。本方法は、同時に、各主要リポタンパク質における中性脂肪ならびにコレステロール値を定量することが可能である。表3に、ジュンサイならびにクサソテツのエタノールエキスで処理した HepG2 細胞から分泌されるリポタンパク質主要クラスにおける脂質の解析値をまとめた。

ジュンサイエキスの有する中性脂肪ならびにコレステロール分泌抑制作用のメカニズム解明のため、同エキスを 0.1 mg/mL 添加し2日間培養した HepG2 細胞における脂質合成関連遺伝子の発現量をリアルタイム RT-PCR により分析した<sup>5)</sup>。その結果、中性脂肪合成において鍵となる脂肪酸合成酵素 (fatty acid synthase; FAS) の発現量が、オレイン酸ナトリウム負荷のみのものと比較して 45.6% まで、コレステロール合成に関与する HMG-CoA 合成酵素遺伝子の発現量を 56.2% まで減衰させた。さらにジュンサイエキスは VLDL や LDL の構成タンパク質である アポリポタンパク質 B-100 の発現も遺伝子レベルで抑制した (52.8%)。これらの結果より、ジュンサイエキスは、HepG2 細胞の脂質合成系の遺伝子発現を減衰することで、

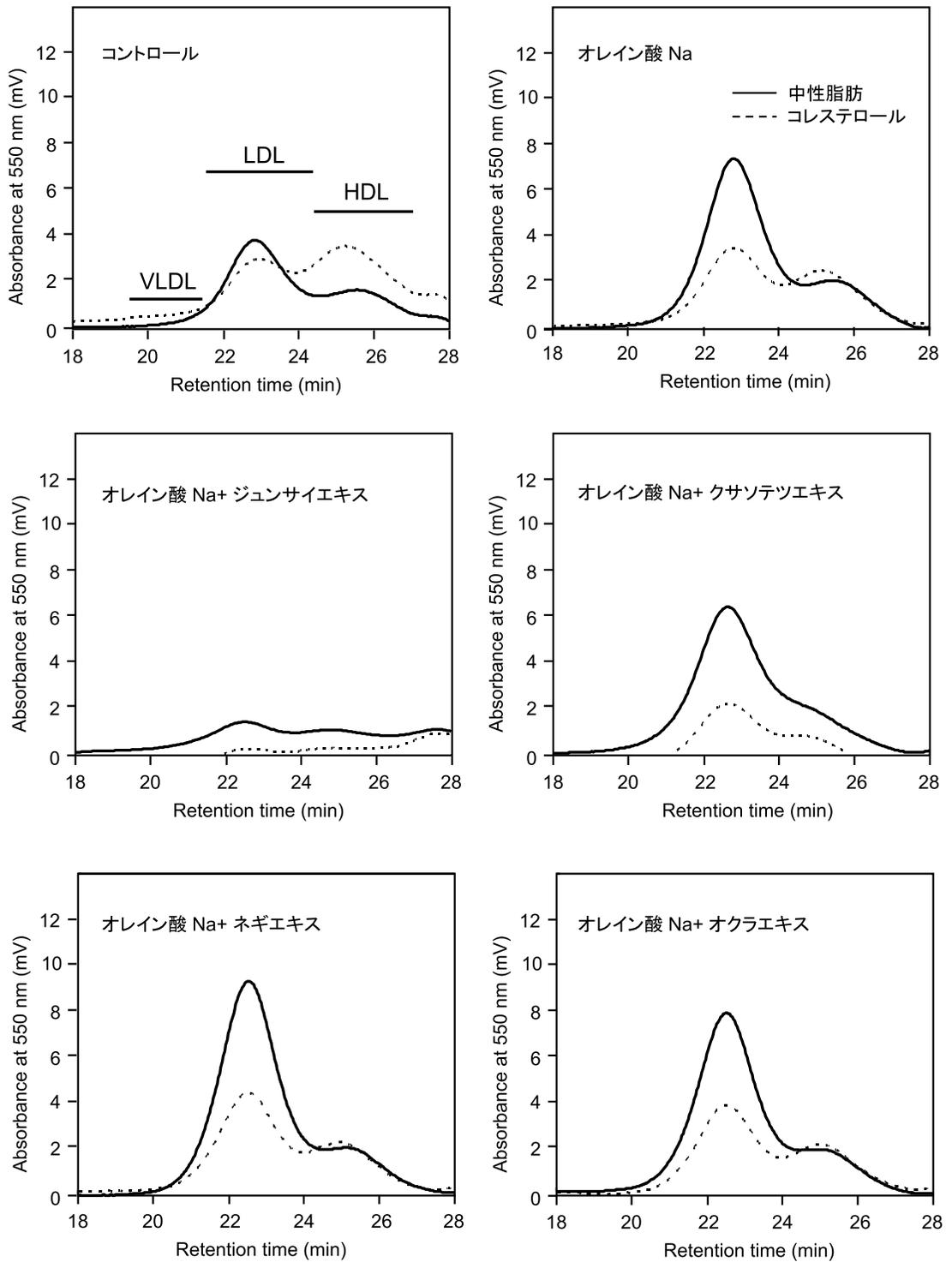


図3 食用植物エタノールエキスによるヒト肝臓癌由来細胞からの脂質合成・分泌に対する影響  
 オレイン酸ナトリウムを负荷した HepG2 細胞に数種の植物エキス (終濃度 0.1 mg/ml) を添加し、2日間培養後、培養上清に分泌されるリポタンパク質プロファイルを解析した。

表3 HepG2細胞より分泌される脂質に対する食用植物エタノールエキスの影響

	無処理	オレイン酸 ナトリウム	オレイン酸 ナトリウム + ジュンサイ エキス	オレイン酸 ナトリウム + クサソテツ エキス
細胞数 (× 10 <sup>5</sup> )	3.0 ± 0.2	2.8 ± 0.4	2.8 ± 0.3	2.9 ± 0.1
総中性脂肪 (μg/10 <sup>6</sup> 個)	7.3 ± 0.7**	12.6 ± 0.8	1.9 ± 0.5**	11.3 ± 0.6
VLDL- 中性脂肪 (μg/10 <sup>6</sup> 個)	0.8 ± 0.2**	2.0 ± 0.1	0.2 ± 0.1**	2.5 ± 0.2
LDL- 中性脂肪 (μg/10 <sup>6</sup> 個)	3.8 ± 0.2**	7.2 ± 0.4	0.9 ± 0.1**	6.4 ± 0.3*
HDL- 中性脂肪 (μg/10 <sup>6</sup> 個)	2.7 ± 0.4	3.4 ± 0.4	0.8 ± 0.3**	2.3 ± 0.1**
総コレステロール値 (μg/10 <sup>6</sup> 個)	3.6 ± 0.6	3.1 ± 0.2	0.3 ± 0.3**	1.4 ± 0.3*
VLDL- コレステロール (μg/10 <sup>6</sup> 個)	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.0	0**	0**
LDL- コレステロール (μg/10 <sup>6</sup> 個)	1.0 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.2 ± 0.2**	0.7 ± 0.2**
HDL- コレステロール (μg/10 <sup>6</sup> 個)	2.1 ± 0.4**	1.4 ± 0.1	0.1 ± 0.2**	0.7 ± 0.1**

表中の数字は平均値±標準偏差で表示し (各群 n=4), オレイン酸ナトリウム処理区に対する各処理区の有意差は Dunnett 法による検定により算出した。\* は 5% 有意, \*\* は 1% 有意を表す。

同細胞からの脂質合成分泌を抑制することが判明した。

### 3. モデル動物実験におけるリポタンパク質解析

本評価系において、ジュンサイエキスに顕著な脂質代謝改善活性が認められたため、ジュン

サイエキス 1% (W/W) を市販高脂肪食 (日本クレア製, HF-32) に配合した餌を調製し (ジュンサイエキス配合食), C57BL/6 マウス (6 週齢雄, 6 匹) に対して 3 週間給与した。対照として、高脂肪食のみを同時に給与した群 (対照食群, 6 匹) と比較した結果を表 4 に示す。試験期間におけるマウスの摂餌量や試験終了時の体

表4 ジュンサイエキスのマウス脂質代謝パラメーターに対する影響

測定項目	対照食群	ジュンサイエキス配合食群
体重 (g)	28.0 ± 2.5	27.4 ± 1.4
肝臓重量 (mg)	988.2 ± 70.9	880.0 ± 101.3 *
腸間膜周囲脂肪重量 (mg)	314.2 ± 90.7	188.8 ± 42.1 *
精巣周囲脂肪重量 (mg)	490.7 ± 192.0	316.8 ± 65.4
血清中性脂肪 (mg/dL)		
総中性脂肪	79.0 ± 9.0	50.7 ± 14.1 *
CM- 中性脂肪	12.9 ± 4.7	2.4 ± 0.9 **
VLDL- 中性脂肪	53.4 ± 6.7	38.3 ± 10.0 *
LDL- 中性脂肪	10.6 ± 1.7	9.1 ± 3.1 *
HDL- 中性脂肪	2.1 ± 0.5	1.0 ± 0.3 *
血清コレステロール (mg/dL)		
総コレステロール	107.3 ± 13.0	88.2 ± 8.9 *
CM- コレステロール	0.7 ± 0.2	0.2 ± 0 *
VLDL- コレステロール	4.4 ± 0.4	4.7 ± 1.3
LDL- コレステロール	14.4 ± 3.2	9.5 ± 2.1 *
HDL- コレステロール	87.7 ± 9.6	73.8 ± 5.8 *
LDL 粒子サイズ (nm)	26.3 ± 0.2	26.9 ± 0.2 **

表中の数字は平均値±標準偏差で表示した (各群 n=6)。両群の有意差検定には t 検定を用い、\* は 5% 有意, \*\* は 1% 有意を表す。

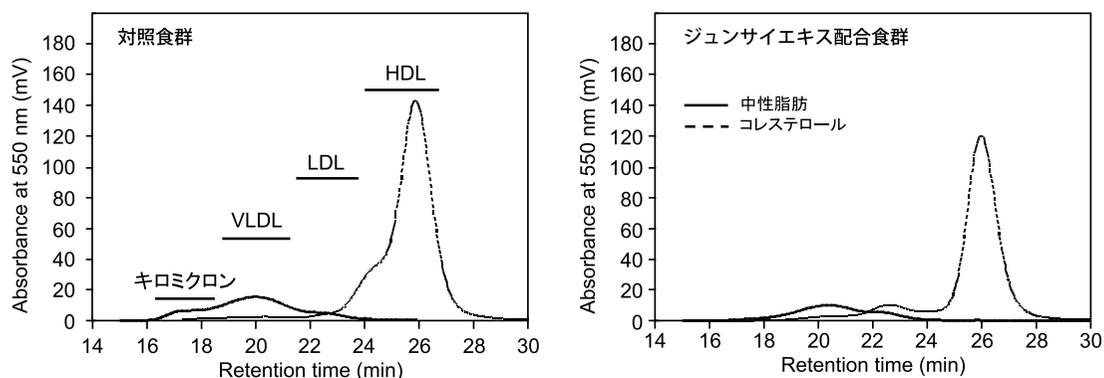


図4 高脂肪食負荷マウス血清リポタンパク質プロファイルに対するジュンサイエタノールエキスの影響  
 C57BL/6 マウスに対して高脂肪食のみ、あるいは高脂肪食に 1.0% (W/W) ジュンサイエキスを配合した餌を 3 週間  
 給与し、血清中のリポタンパク質プロファイルを測定した。

重については、両群間で有意な差が認められなかった。試験終了後に両群のマウスを解剖し、内臓組織重量を測定した結果、ジュンサイエキス配合食群におけるマウスの肝臓重量（対照食群に比べて 10.9% 減少）ならびに腸間膜周囲脂肪重量（39.9% 減少）は有意に減少した。この結果より、ジュンサイエキス配合食の給与により、これら臓器の脂肪蓄積が抑制されたものと考えられた。

採取した血液中の脂質プロファイル（図4）を LipoSEARCH<sup>®</sup> により調べた結果、CM や VLDL に含まれる中性脂肪値が著しく減少しており、ジュンサイエキスは、小腸からの脂質の吸収ならびに肝臓における脂質の再合成を抑制することが示唆された。また、ジュンサイエキス配合食群において、総コレステロール値ならびに CM, LDL, HDL 主要分画のコレステロール値の有意な低下が確認された。両群のマウス血清 LDL 粒子サイズを算出した結果、対照食群よりジュンサイエキス群のマウスの方が、平均粒子サイズが大型化していた。一方、アスパラギン酸アミノ基転移酵素、アラニンアミノ基転移酵素あるいはアルブミン値などの血中肝機能マーカー値では有意な差は認められず、少なくとも肝機能障害などの安全性に関しては問題

ないものと判断された。

#### 4. ヒト臨床試験

ジュンサイの脂質代謝改善機能をさらに検証するため、ヒト臨床試験を実施した。本試験では、腹囲 90cm 以上のメタボリック・シンドロームの傾向がある健常男性 12 名を、ジュンサイ摂取群 8 名、非摂取群 4 名に分け、平行群間比較試験を実施した。加熱乾燥加工したジュンサイ粉末を含有するサプリメントを作製し、摂取群は、1 日あたり 2.5g 粉末を 10 週間継続摂取した。

評価項目として、身体検査・理学検査・血液検査・尿検査等を実施した。また特に脂質代謝改善効果が期待されるため、リポタンパク質・脂質プロファイル詳細解析 (LipoSEARCH<sup>®</sup>) を取り入れた。これにより、動脈硬化惹起性リポタンパク質である小型 LDL の増減に伴う LDL の質的变化や、脂質プロファイルの変化に注目した。

試験の結果、身体検査・理学検査・血液検査・尿検査等においては、有害事象と判断されるような変化は認められず、本試験条件下における被験品の安全性が確認された。

血中のリポタンパク質・脂質の詳細プロファイル解析の結果、ジュンサイ摂取群において総コレステロール（表 5, Total-Cho）や LDL コレステロール（表 5, LDL-Cho）については有意

な変化が見られなかった一方で、サブクラスの小型 LDL コレステロール（表 5, sd LDL-Cho）では有意な低下が確認された。全 LDL コレステロールに占める小型 LDL コレステロールの

表 5 ジュンサイ摂取試験における脂質詳細分画検査結果

検査項目	単位	摂取群			非摂取群		
		摂取前	摂取 10 週後	変化率 (%)	摂取前	摂取 10 週後	変化率 (%)
Total-Cho	mg/dL	213.4 ± 26.71	222.1 ± 31.10	4.1	192.5 ± 26.95	203.5 ± 15.60	5.7
CM-Cho	mg/dL	0.8 ± 0.57	1.7 ± 1.98	123.0	0.7 ± 0.31	1.5 ± 1.25	102.7
VLDL-Cho	mg/dL	33.9 ± 6.09	41.5 ± 12.39	22.2	33.3 ± 3.08	40.0 ± 7.58	20.1
LDL-Cho	mg/dL	127.9 ± 19.26	124.8 ± 21.50	-2.5	114.4 ± 21.43	117.4 ± 7.36	2.6
HDL-Cho	mg/dL	50.8 ± 10.93	54.2 ± 9.86	6.6	44.0 ± 3.52	44.6 ± 3.18	1.4
Total-TG	mg/dL	163.2 ± 70.21	140.7 ± 67.68	-13.8	147.7 ± 27.79	150.0 ± 48.31	1.6
CM-TG	mg/dL	7.7 ± 6.54	11.2 ± 12.26	45.5	6.3 ± 3.39	11.8 ± 12.36	87.1
VLDL-TG	mg/dL	111.2 ± 60.09	94.8 ± 51.05	-14.8	106.9 ± 22.73	110.3 ± 32.57	3.2
LDL-TG	mg/dL	30.6 ± 4.54	23.5 ± 5.49	-23.2 **	23.0 ± 0.98	18.7 ± 2.63	-18.8 *
HDL-TG	mg/dL	13.6 ± 2.18	11.2 ± 3.34	-17.5	11.6 ± 2.28	9.3 ± 2.58	-19.8
VLDL Size	nm	44.3 ± 5.76	47.5 ± 3.42	7.3	46.1 ± 0.96	49.1 ± 3.18	6.4
LDL Size	nm	25.1 ± 0.42	25.4 ± 0.56	1.2 **	25.4 ± 0.24	25.3 ± 0.25	-0.1
HDL Size	nm	10.6 ± 0.25	10.6 ± 0.26	-0.4	10.5 ± 0.10	10.4 ± 0.14	-0.5
sd LDL-Cho	mg/dL	56.6 ± 10.61	49.5 ± 11.61	-12.6 *	48.1 ± 8.97	47.2 ± 4.62	-1.9
sdLDL-Cho/ LDL-Cho	-	0.44 ± 0.04	0.40 ± 0.06	-9.1 **	0.42 ± 0.02	0.40 ± 0.03	-4.8

表中の数字は平均値±標準偏差で表示した（摂取群 n=8, 非摂取群 n=4）。有意差検定には t 検定を用い, \* は 5% 有意, \*\* は 1% 有意を表す。

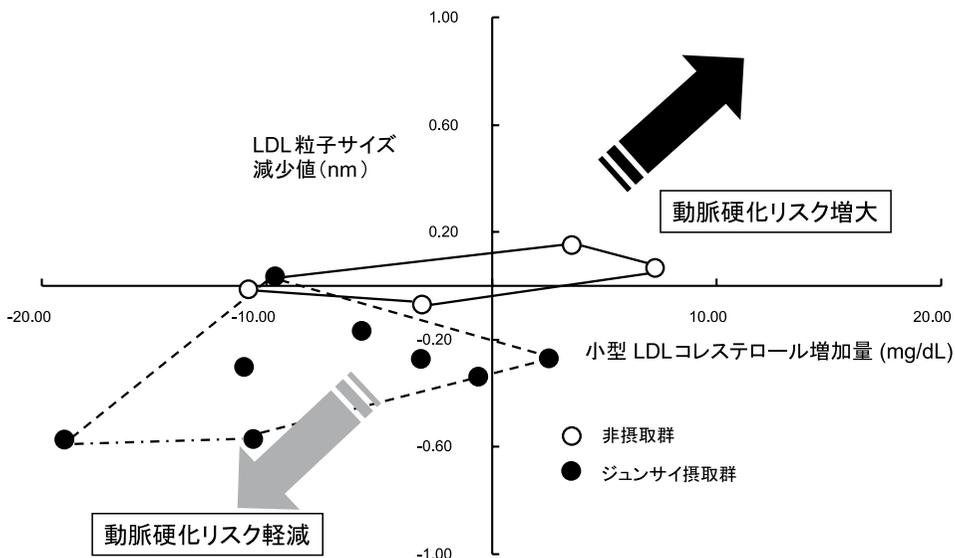


図 5 ヒト臨床試験における LDL 平均粒子サイズ及び小型 LDL コレステロール値変化量  
メタボリック・シンドローム傾向のある被験者（ジュンサイ摂取群 8 名、非摂取群 4 名）の試験開始時と 10 週間後の LDL 粒子サイズの変化量（縦軸）ならびに小型 LDL コレステロール値の変化量（横軸）をプロットした。両群は、Wilks の  $\Lambda$  検定により 5% 有意差が認められた。

割合 (sd LDL-Cho/LDL-Cho) も有意に低下した。非摂取群においてはこれらの有意な変化は認められなかった。中性脂肪はジュンサイ摂取群の各主要分画において、有意ではないが低下の傾向が見られた。

このことから、本試験で観察された小型 LDL コレステロール低減は、血中の総コレステロールや LDL コレステロール総量の低下によるものではなく、LDL の質的变化によるものであると考えられた。すなわち、ジュンサイ摂取群において LDL の粒子サイズが全体的に大きくなったために、小型 LDL に分類されるリポタンパク質のコレステロール量が減少したと考えられた。ジュンサイ摂取群において LDL 粒子サイズが大型化し小型 LDL コレステロールが低下したことから、ジュンサイが生活習慣病の予防改善効果、抗動脈硬化機能を有する可能性が示唆された。

## おわりに

我々が開発した HepG2 細胞培養上清のリポタンパク質プロファイル分析を応用した *in vitro* の評価系により、機能性が知られていなかった秋田県の特産品ジュンサイに、細胞のコレステロール・中性脂肪の合成・分泌抑制能があることが確認された。また、*in vivo* の動物試験・ヒト臨床試験によりジュンサイの機能検証をした結果、内臓脂肪蓄積の抑制効果ならびに血中脂質プロファイルの改善効果、特に動脈硬化惹起性が高い小型 LDL の改善効果が確認された。

検証した食品素材のジュンサイは脂質代謝改善を期待できる食材であること、また、開発した *in vitro* 評価系が、動物試験代替法や低コストのスクリーニング手法として有効であることが示された。

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

- 1) Chapman MJ., Guerin M., Bruckert E.: Atherogenic, low-density lipoproteins: pathophysiology and new therapeutic approaches. *Eur Heart J.* **19**: A24-30, 1998
- 2) Usui S., Hara Y., Hosaki S., *et al.*: A new on-line dual enzymatic method for simultaneous quantification of cholesterol and triglycerides in lipoproteins by HPLC. *J. Lipid. Res.* **43**: 805-814, 2002
- 3) Okazaki M., Usui S., Ishigami M., *et al.*: Identification of unique lipoprotein subclasses for visceral obesity by component analysis of cholesterol profile in high-performance liquid chromatography. *Arterioscler Thromb. Vasc. Biol.* **25**: 578-584, 2005
- 4) Itoh M., Abe Y., Iwama Y., *et al.*: HPLC analysis of lipoproteins in culture medium of hepatoma cells: an *in vitro* system for screening antihyperlipidemic drugs. *Biotechnol. Lett.* **31**: 953-957, 2009
- 5) Takahashi J., Toshima G., Matsumoto Y., *et al.*: In vitro screening for antihyperlipidemic activities in foodstuffs by evaluating lipoprotein profiles secreted from human hepatoma cells. *J. Nat. Med.* **65**: 670-674, 2011

# シロザケ飼料の魚油添加効果— 2

酒本 秀一<sup>\*1</sup> 大橋 勝彦<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> SAKAMOTO Shuichi, <sup>\*2</sup> OHASHI Katsuhiko <sup>\*2</sup> (日本ドナルドソントラウト研究所)

Key Words: シロザケ用飼料・魚油添加・餌付け・摂餌性・魚体脂質含量・絶食耐性

前報<sup>1)</sup>で以下の内容を報告した。

- ・魚油添加飼料をシロザケ稚魚の餌付けに用いると摂餌性が悪く、成長・飼料効率・肥満度などに悪影響を及ぼす。魚油添加飼料の摂餌性が回復するのは、魚が約1g程度の大きさになってからである。シロザケの餌付け用飼料には魚油を添加しない方が良い。
- ・魚体の脂質含量と脂肪酸組成は飼料の脂質含量と脂肪酸組成を反映する。
- ・魚体の脂質含量が高いほど絶食耐性が強く、絶食からの回復能力も高い。魚の絶食耐性や絶食からの回復能力を規定しているのは、従来言われている肥満度ではなく、魚体の脂質含量である。但し、一般的に脂質含量が高い魚は肥満度も大きいので、現場で肥満度を指標にしても実用面で問題になることは無いと考える。
- ・魚体の脂質含量が少ない区ほど絶食中の死魚数が多く、しかも死魚の肥満度が大きい。魚体の脂質含量が少ない区ほど早く死亡するので、死魚数も多くなるものと考え。
- ・絶食時には魚体の蓄積脂質が主たるエネルギー源として利用されるので、脂質の減少が大きい。一定量以下に脂質が減少し、エネルギー源としてタンパク質が分解される

ようになると死亡が起こるのではないかと推測する。

- ・同一グループで餓死する魚が出始めるくらいに衰弱すると、給餌を再開しても容易に回復しない。摂餌出来ないくらいに衰弱しているか、摂餌しても消化・吸収する能力が無くなっている可能性がある。

前報の結果を受け、本試験は以下の4点を目的に実施した。

- ・魚油無添加飼料から添加飼料への適切な切り替え時期の確認。
- ・シロザケ用飼料への魚油の適切な添加量の確認。
- ・魚体の脂質含量と脂肪酸組成が飼料の脂質含量と脂肪酸組成を反映することの再現性を確認。
- ・絶食耐性と絶食からの回復能力が魚体の脂質含量によって規定されることの再現性を確認。

試験の手順は前報と同じで、飼育試験、絶食試験、回復試験の順に実施した。なお、回復試験後の魚は海水馴致能に区間差が無いことを前報で確認したので、今回は海水馴致試験は行わなかった。

## 飼育試験

2月27日から1週間魚油無添加飼料で餌付け処理を行った魚を用いた。3月4日に区分けを行い、飼育試験を開始した。

### 1. 方法

#### 1-1. 試験区

A区からF区までの6試験区を設定した。A区は市販の魚油無添加飼料のみを投与。この飼料を基本飼料とする。B区は魚油〔理研ビタミン(株)製のフィードオイルΩ〕を外割で2%添加した飼料のみを投与。C区は魚が約0.7gになるまで基本飼料、その後2%魚油添加飼料を投与。D区は魚が約1gになるまで基本飼料、その後2%魚油添加飼料を投与。E区は魚油7%添加飼料のみを投与。F区は魚油12%添加飼料のみを投与。

A-D区の結果から、魚油無添加飼料から添加飼料への適切な切り替え時期を、A, B, E, F区の結果から、シロザケ稚魚用飼料への適切な魚油の添加量を明らかにする。

#### 1-2. 飼育手順

飼育期間は3月4日から5月8日で、C区は3月22日に、D区は4月9日に基本飼料から魚油2%添加飼料へと切り替えた。その他の区



写真1 飼育試験時の状況

は3月4日から所定の飼料を与えた。

#### 1-3. 魚の飼育条件

水槽:アトキンス式孵化水槽, 魚の収容密度:2000尾/水槽, 水温:9℃, 給餌率:ライトリッツ給餌率, 給餌回数:2回/日。飼育試験中の状態を写真1に示す。

#### 1-4. 試験飼料

表1に試験飼料の分析値を示す。炭水化物は計算(100-その他成分)で求めた。また、脂肪酸組成は1%以上の値を示した脂肪酸のみを書いてある。下段のΣ部分は1%以下の脂肪酸も含めた値である。

当然のことながら、魚油の添加量が多くなるに従って脂質含量が増加し、相対的に他の成分が減少する。脂肪酸組成では魚油の脂肪酸組成

表1 試験飼料の分析値

魚油添加量(%外割)	0	2	7	12
一般成分				
水分(%)	8.3	8.0	7.4	6.8
タンパク質	48.8	46.2	46.6	44.8
脂質	6.5	8.9	13.3	17.3
灰分	13.3	12.3	11.8	11.2
炭水化物	23.1	24.6	20.9	19.9
脂肪酸組成				
14:0(%)	3.8	3.9	3.8	3.8
16:0	19.1	18.3	16.5	16.0
16:1	3.9	4.1	4.0	3.9
18:0	4.9	4.6	4.0	3.7
18:1	16.4	17.4	15.6	15.0
18:2n6	14.6	10.6	7.4	5.8
18:3n3	1.6	1.4	1.2	1.1
18:4n3	1.0	1.1	1.2	1.2
20:1	3.5	3.8	5.5	6.2
20:4n6	1.0	1.3	1.5	1.6
20:5n3	7.0	6.6	8.9	10.0
22:1	3.4	3.8	4.7	5.1
22:5n3	1.4	1.6	1.5	1.4
22:6n3	10.1	13.0	15.5	16.6
Σn3	21.8	24.4	29.2	31.2
Σn6	16.3	13.1	10.0	8.5
Σn3/Σn6	1.34	1.86	2.92	3.67
Σn3HUFA	19.2	21.9	26.8	28.9

を反映して、魚油の添加量が多くなるに従って 16:0, 18:0, 18:1, 18:2n6 および 18:3n3 が占める割合は減少, 20:1, 20:4n6, 20:5n3, 22:1 および 22:6n3 が占める割合は増加する。よって  $\Sigma n6$  は減少し,  $\Sigma n3$ ,  $\Sigma n3 / \Sigma n6$ ,  $\Sigma n3HUFA$  は増加する。

1-5. 魚体測定と成分分析

3月4日の区分け時に開始時サンプルとして 100尾, その後3月22日, 4月9日及び5月8日に各区から100尾ずつサンプリングし, 魚体測定と成分分析を行った。

魚をFA100で麻酔してペーパータオルで体表に付着した水を拭き取り, ノギスで尾叉長, 電子天秤で体重を測定した。それぞれの値から肥満度(体重×1000/尾叉長<sup>3</sup>)を計算で求めた。魚体測定に用いた魚をそのまま成分分析に用いた。分析は定法による。

2. 結果

2-1. 摂餌性

前報のような魚油添加飼料の摂餌性の悪さ

は認められなかった。一週間程魚油無添加飼料を与えてから添加飼料に切り替えれば, 魚油添加飼料の摂餌性の悪さは解決出来る様である。

2-2. 飼育試験

飼育試験の結果を表2に示す。生残率は魚油無添加飼料区が高く, 添加飼料区間では, 添加量が少ない区ほど高い傾向が認められる。

増重量と飼料効率には一定の傾向は認められず, 各区間に明確な違いは認められなかった。

2-3. 死魚数

飼育試験中の死魚数を図1に, 飼料の脂質含量と死魚数の関係を図2に示す。飼料の脂質含量が少ないA, B, CおよびD区では死魚数が少なく, 区間差は認められない。ところが飼料の脂質含量が高いE区とF区ではかなり死魚数が多い。飼料の脂質含量と死魚数の間には強い正の相関が認められる。

この死亡の原因を調べたところ, 原生動物織毛虫類のトリコジナ<sup>2)</sup>の寄生によるものであった。飼育38日目(4月16日)に塩と食酢によ

表2 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E	F
生残率 (%)	95.2	93.7	94.7	93.2	91.9	88.3
増重量 (g)	3089	3013	3166	2880	3163	3031
給餌量 (g)	2574	2574	2574	2574	2574	2574
飼料効率 (%)	120	117	123	119	123	118

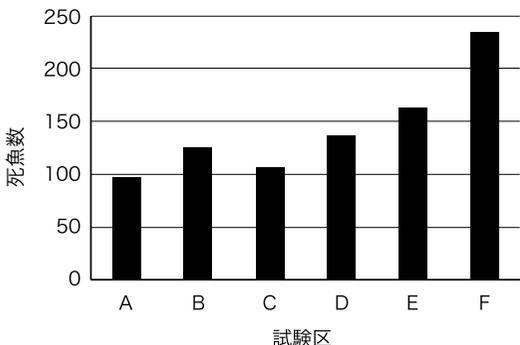


図1 飼育試験中の死魚数

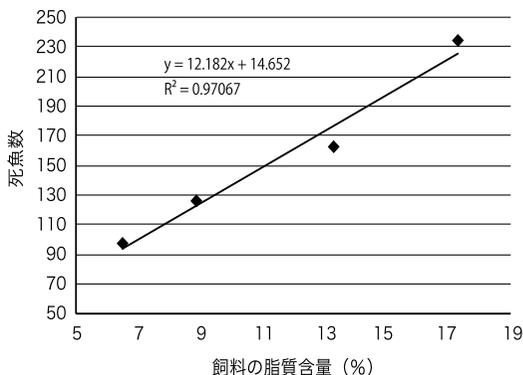


図2 飼料の脂質含量と飼育試験中の死魚数

る駆虫処理<sup>3)</sup>を行ったところ、以降の死魚数は激減した。

飼料の脂質含量と死魚数の間に正の相関がある理由は、以下のように推測している。シロザケ稚魚飼育の専門家から指摘されたように、アトキンス式孵化水槽は1000尾程度が適正密度で、2000尾を収容するのはいくらなんでも過密であり、魚病が発生し易い状態にあった。魚油添加量が多い区ほど成長が良いので、より過密な状態になっているところへトリコジナが飼育水経由で侵入した。過密状態が酷いほど飼育環境が悪化するのでトリコジナの増殖が著しく、被害が拡大し、死魚数も多くなった。多分、アトキンス式孵化水槽は3.2-3.4Kg程度がシロザケ稚魚の収容限界であろう。

脂質含量が高い飼料で養殖され、油太りになった魚は抗病性が弱くなることが知られている。今後これらの観点からの検討も必要であろう。

#### 2-4. 魚体測定

飼育試験終了時の体重、尾叉長、肥満度を表3に示す。A-D区間の比較では、全ての値でC区がやや大きく、D区が小さい様であるが、各区間に顕著な違いは無い。A, B, E, F区間の比較では、7%以上の魚油添加区で値が高い。

飼料の脂質含量と肥満度との関係を図3に示す。魚油の添加量が2%までは無添加区と同等であるが、それ以上になると肥満度が直線的に大きくなる。以上の結果から、シロザケ用飼料への魚油添加量は外割2%では不足していると判断出来る。

#### 2-5. 魚体成分

飼育試験終了時の魚体の一般成分

を表4に示す。A-D区間の比較で、魚油添加区の方が魚体の脂質含量が高いことと、早期に魚油添加飼料を与え始めた区の方が魚体の脂質含量が高いことが分かる。飼育試験中に魚が摂取した脂質の量から考えると、当然の結果であろう。

飼料の脂質含量の違いによって魚体の脂質含量がどのような経時変化を辿ったかを図4に示

表3 魚体測定の結果（飼育試験終了時）

	体重 (g)	尾叉長 (cm)	肥満度
A区	1.97	6.22	8.09
B区	1.96	6.17	8.07
C区	2.02	6.22	8.22
D区	1.90	6.14	8.09
E区	2.08	6.27	8.22
F区	2.09	6.24	8.44

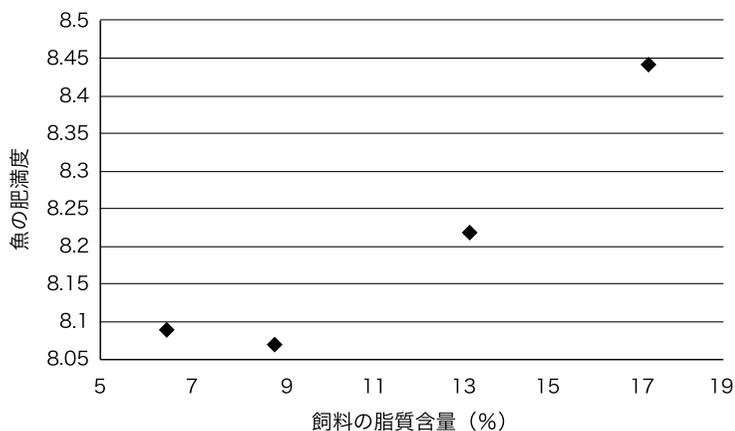


図3 飼料の脂質含量と飼育試験終了時の肥満度

表4 魚体分析の結果（一般成分，飼育試験終了時）

試験区	A	B	C	D	E	F
湿物 (%)						
水分	79.2	78.8	78.7	78.9	77.9	77.3
タンパク質	15.6	15.6	15.6	15.6	15.4	15.3
脂質	3.4	4.2	4.1	3.8	5.5	6.2
灰分	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9
乾物 (% 乾物)						
タンパク質	75.0	73.6	73.2	73.9	69.7	67.4
脂質	16.3	19.8	19.2	18.0	24.9	27.3
灰分	9.6	9.4	8.9	9.0	8.6	8.4

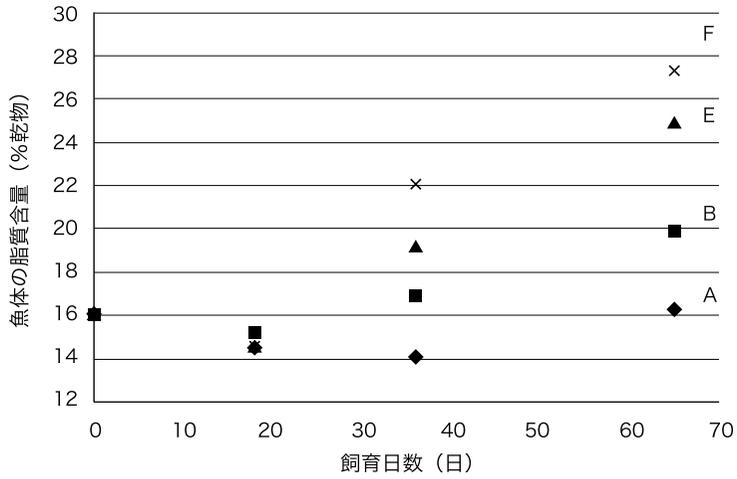


図4 飼料の脂質含量と魚体脂質含量の経時変化

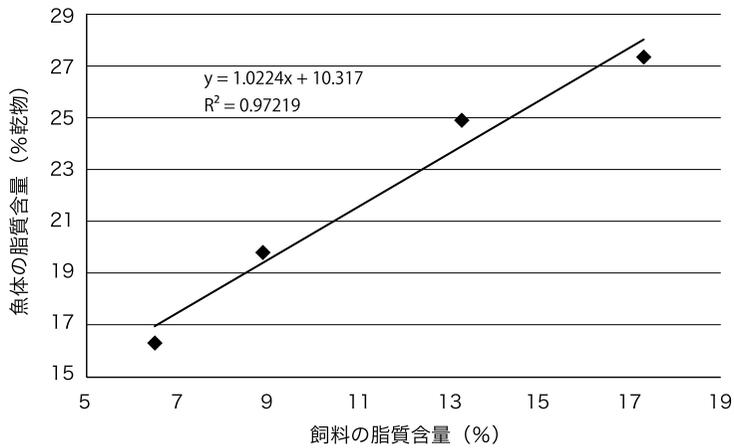


図5 飼料の脂質含量と魚体の脂質含量 (飼育試験終了時)

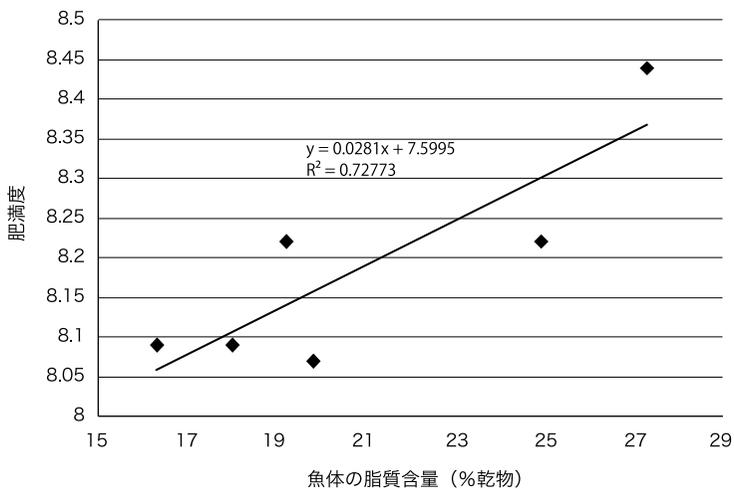


図6 魚体の脂質含量と肥満度 (飼育試験終了時)

表5 魚体分析の結果（脂肪酸組成、飼育試験終了時）

試験区	A	B	C	D	E	F
14:0 (%)	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0
16:0	17.3	15.8	16.1	16.2	14.7	14.3
16:1	3.7	3.9	3.9	3.8	3.9	4.0
18:0	4.9	4.2	4.3	4.3	3.6	3.4
18:1	19.8	20.0	19.9	19.8	18.1	17.7
18:2n6	12.7	10.1	10.2	10.6	7.8	6.9
18:3n3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.1	1.1
20:1	3.0	3.3	3.3	3.2	4.6	5.1
20:4n6	1.3	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
20:5n3	3.9	4.2	4.3	4.2	6.0	6.8
22:1	1.7	2.0	2.0	1.9	2.6	2.8
22:5n3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.8
22:6n3	16.6	19.4	19.2	19.0	21.5	21.9
Σn3	24.8	28.0	27.9	27.5	32.3	33.9
Σn6	15.7	13.3	13.4	13.8	10.9	10.0
Σn3/Σn6	1.58	2.11	2.08	1.99	2.96	3.39

す。魚油無添加区（A区）は36日（4月9日）まで魚体の脂質含量は減少し続けたが、それ以降やや増加に転じた。一方、魚油添加区（B, E, F区）は18日（3月22日）まで減少し、それ以降急激に増加した。増加の割合は魚油の添加量が多い区ほど著しかった。

飼料の脂質含量と魚体の脂質含量の関係を図5に示す。非常に強い正の相関が認められ、魚体の脂質含量は飼料の脂質含量によって規定されていることが分かる。

飼育試験終了時における魚体の脂質含量と肥満度の関係を図6に示す。両者の間には比較的強い正の相関が認められるので、現場では肥満度を用いて魚体の脂質含量を推定するのも可能であろう。

飼育試験終了時の魚体の脂肪酸組成を表5に示す。表2の飼料の脂肪酸組成と比較してみると、魚体の脂肪酸組成は飼料の脂肪酸組成を良く反映していることが分かる。

以上の結果から、魚体の脂質含量と脂肪酸組成は飼料の脂質含量と脂肪酸組成を反映すると云う前報の結果の再現性を確認出来た。

### 3. 要約

餌付け時に一週間ほど魚油無添加飼料を投与すれば、前報のような魚油添加飼料の摂餌不良は起こらなかった。シロザケ稚魚の餌付けは魚油無添加飼料で行うべきである。魚油無添加飼料の投与は一週間もあれば十分のようで、魚油添加飼料への切り替えが遅くなると成長、飼料効率、魚体成分などに悪影響を及ぼす可能性が高い。最初に餌を与える場合には、とにかく餌離れを起こさせないことが大事なので、餌付け時と飼料の切り替え時には丁寧な給餌が必要なのは云うまでもない。

今回の試験では、飼料への魚油添加量が12%（脂質含量で17%）までは添加量

が多くなるに従って成長と飼料効率は良くなったが、逆に生残率は悪くなった。生残率が悪くなった原因は外部寄生虫のトリコジナの侵入・増殖による被害で、塩と食酢による駆虫処理を行うと死魚数は激減して区間差が無くなったので、飼料の脂質含量、いかえると魚体の脂質含量が直接の原因ではないと判断している。魚油添加区の成長が良いので過密飼育状態になり、飼育環境が悪化していたことと関係していたのであろう。しかしながら、飼料への魚油の添加量が多い区ほど死魚数が多かった点は気になる。あまりに脂質含量が高い飼料で飼育された魚は油太りになって抗病性が弱くなるのは養殖魚で良く知られていることなので、シロザケ稚魚の脂質含量と抗病性の関係を調べておく必要が有る。

魚体の脂質含量と脂肪酸組成は飼料の脂質含量と脂肪酸組成を良く反映しており、前報並びに能勢ら<sup>4)</sup>の報告の再現性を確認出来た。

魚体の脂質含量と肥満度の間には比較的強い正の相関が認められるので、現場では肥満度を用いて魚体の脂質含量を推定することが出来る

と考える。

## 絶食試験

### 1. 方法

飼育試験終了時の魚からトビ（グループ内で著しく大きい個体）とピンヘッド（著しく痩せて、頭のみが大きく見える個体）を取り除き、平均的な大きさの魚を各区 500 尾選別して絶食試験に用いた。試験期間は 5 月 8 日から 6 月 19 日で、その間 5 月 31 日と 6 月 19 日に各区から 100 尾をサンプリングし、魚体測定と成分分析を行った。

## 2. 結果

### 2-1. 死魚数

絶食試験中の死魚数を図 7 に示す。魚油無添加飼料から添加飼料への切り替えが早い区ほ

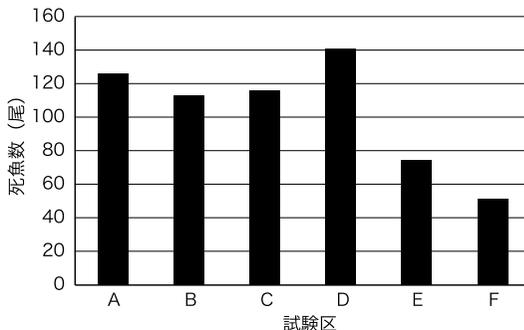


図 7 絶食試験中の死魚数

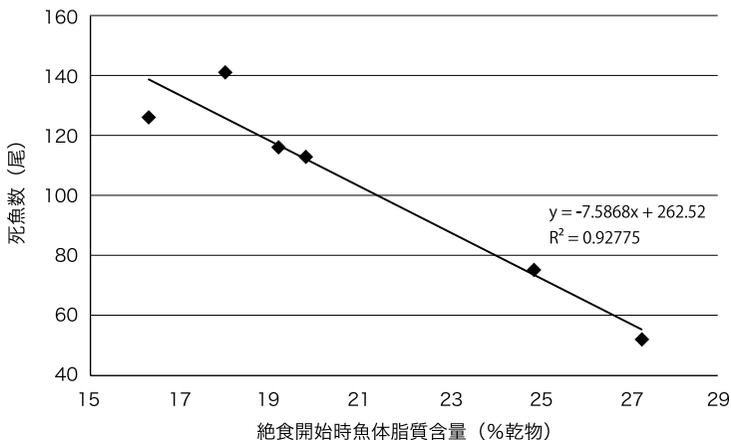


図 8 絶食試験開始時魚体脂質含量と死魚数

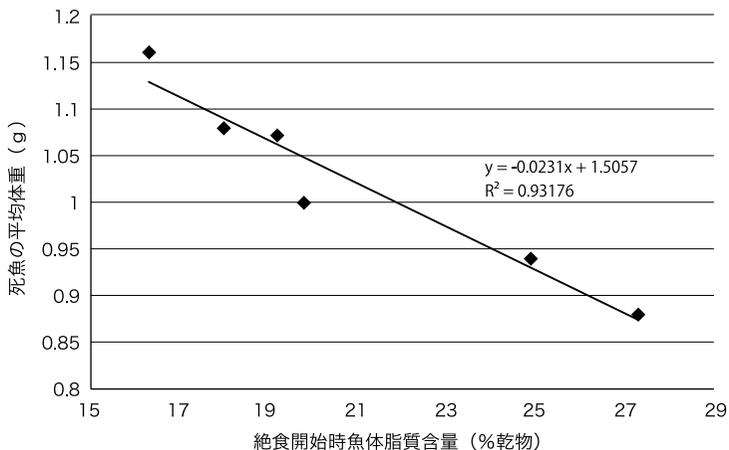


図 9 絶食開始時魚体脂質含量と死魚の平均体重

ど、また魚油添加量が多い区ほど死魚数が少ないことが分かる。

絶食試験開始時魚体脂質含量と死魚数との関係を図8に、死魚の平均体重との関係を図9に示す。いずれにも両者の間に強い負の相関が認められ、絶食時の死魚数は魚体の脂質含量によって規定され、脂質含量が高い区は、より小型で肥満度が小さい魚しか死亡しないとす前報の結果を再現出来た。

絶食中は魚体の蓄積脂質が主たるエネルギー源として用いられるので、絶食開始時に脂質含量が少ない区ほど早く死亡するようになり、死魚数も多くなるのであろう。

## 2-2. 魚体測定

資料は示さないが、絶食初期に体重の減少が著しく、後半には緩やかになった。これは絶食期間が長くなるに従って運動量と代謝量が減少し、エネルギーの消費量が減少するためと思われる。肥満度は魚油無添加区の減少がやや大きく、添加区で小さい傾向が有るが、最終的に約5.5から6.1の間に収まり、区間差は小さくなった。しかしながら、絶食開始時の肥満度の順位は終了時においても変わらなかった。この結果も前報と同じで、再現性が確認された。

表6 魚体分析の結果（一般成分、絶食試験終了時）

試験区	A	B	C	D	E	F
湿物（%）						
水分	85.3	85.3	84.8	85.7	84.0	83.3
タンパク質	13.3	13.6	13.4	13.2	13.7	14.0
脂質	0.8	0.9	1.0	0.9	1.6	2.5
灰分	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5
乾物（% 乾物）						
タンパク質	90.5	92.5	88.2	92.3	85.6	83.8
脂質	5.4	6.1	6.6	6.3	9.9	15.0
灰分	17.0	17.0	16.4	16.8	15.7	15.0

## 2-3. 魚体成分

絶食試験終了時の魚体の一般成分を表6に示す。魚油添加量が多い区ほど魚体の脂質含量が高く、相対的に水分、タンパク質、灰分含量が低くなっている。2%魚油添加飼料を与え始める時期による違いは明確でない。

絶食試験中の魚体脂質含量の変化を図10に示す。絶食初期に脂質の減少が著しく、後半にはやや緩やかになった。これは体重の変化と同じである。

魚体の脂質含量の減少に伴い、水分、タンパク質、灰分含量は相対的に増加する。水分が約85%でタンパク質が約90%、脂質が約5%乾物程度に達した段階で大量死が起こるのではな

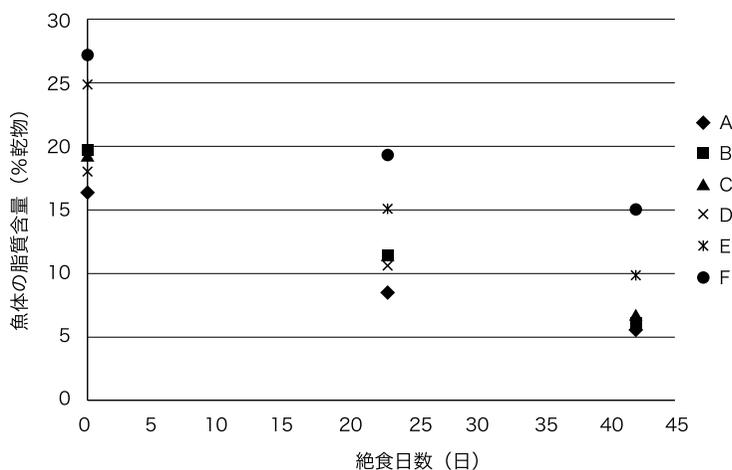


図10 絶食試験中の魚体脂質含量の経時変化

表7 魚体分析の結果  
(脂肪酸組成, 絶食試験終了時)

試験区	A	B	C	D
14:0	0.7	0.8	1.3	0.9
16:0	17.6	17.1	20.6	22.4
16:1	1.4	1.5	2.1	1.7
18:0	6.3	6.0	7.1	7.5
18:1	15.4	15.8	19.8	18.9
18:2n6	5.9	5.3	6.6	5.2
20:1	1.3	1.6	2.3	1.7
20:4n6	3.5	3.6	2.9	3.2
20:5n3	5.0	4.4	3.4	3.5
22:1	0.6	0.7	1.1	0.6
22:5n3	2.0	1.9	1.5	1.5
22:6n3	31.2	32.6	20.9	22.6
24:1	1.2	1.1	1.3	1.4
Σn3	38.9	39.6	26.6	28.1
Σn6	11.6	10.8	11.3	10.2
Σn3/ Σn6	3.35	3.67	2.35	2.75

いかと推定出来る。この様に魚体の成分分析によっても大量死が起こる時期をある程度推定出来る可能性がある。分析項目では水分の測定が最も簡単なので、水分を指標にすれば良いのではないか。但し、この数字は絶食開始時の魚の大きさによって変化すると思われるので、絶食開始時の魚の大きさ、魚体成分の変化、死魚数の関係を明らかにしておく必要が有る。

絶食試験終了時の魚体の脂肪酸組成を表7に示す。E区とF区の脂肪酸組成は手違いで分析出来なかった。絶食試験開始時 (= 飼育試験終了時) の魚体の脂肪酸組成を示した表5と比較してみると以下のことが分かる。

リノール酸 (18:2n6) はアラキドン酸 (20:4n6) へ、リノレン酸 (18:3n3) は DHA (22:6n3) へ転換されている。飽和酸のミリスチン酸 (14:0) とモノエン酸のパルミトオレイン酸 (16:1) が他の脂肪酸より多少効率よく利用されている可能性はあるが、両者とも組成比が小さいのでエネルギー源としての寄与率は低いと思われる。能勢らが述べているようにオレイン酸 (18:1n9)

が特に効率よくエネルギー源として利用されているようには思えないが、組成比が高いので、エネルギー源としての寄与率は高いであろう。

以上の結果から以下の2点がいえる。

- ・シロザケ稚魚にとって最も重要な脂肪酸はアラキドン酸とDHAである。
- ・飽和酸、モノエン酸の特定の脂肪酸がエネルギー源として利用されているのではなく、いずれもがほぼ等しく利用されているのであろう。但し、組成比からして、パルミチン酸とオレイン酸はエネルギー源としての寄与率は高いであろう。

### 3. 要約

絶食試験中の死魚数は塩と食酢による駆虫処理によっても減少しなかったもので、トリコジナによるものではなく、餓死であると判断出来る。絶食試験中の死魚数は、絶食開始時の魚体の脂質含量が多い区ほど少ないので、死魚数は魚体の脂質含量によって規定されるとする前報と能勢らの報告の再現性が確認出来た。

魚体の脂質含量と肥満度には比較的強い正の相関が有るので、生産現場では肥満度を絶食耐性の指標として用いるのが便利であろう。

絶食中には主として脂質がエネルギー源として用いられる。魚体の脂質含量が約5%乾物まで減少し、タンパク質が約90%乾物まで上昇し、タンパク質がエネルギー源として分解されるようになると急激な死亡が起こるのではないかと推定出来る。その時の水分含量は約85%である。但し、この数値は絶食開始時の魚の大きさによって変わる可能性が有る。

脂肪酸では、シロザケ稚魚にとって最も重要な脂肪酸はアラキドン酸とDHAであることと、飽和酸とモノエン酸はいずれもほぼ等しくエネルギー源として利用されているが、組成比からしてパルミチン酸とオレイン酸の寄与率が大きいことが分かった。この結果から、シロザケ稚

魚の放流前に魚体に蓄積させておくべき脂肪酸がある程度推測出来る。

### 回復試験

絶食試験で生き残った魚をそのまま回復試験に用い、投与する飼料は各区とも魚油無添加の基本飼料とした。魚に急に大きな負担を掛けないように、最初の数日間は少量の給餌に止め、その後は十分量を与えた。試験期間は6月19日から7月5日とし、終了時に各区から100尾をサンプリングして魚体測定を行った。成分分析は行わなかった。

資料は示さないが、回復試験中の死魚数、体重と肥満度の増加などに区間差は認められなかった。回復試験には各区とも魚油無添加飼料を給与しているのが当然の結果かも知れない。

前報では回復試験に入っても約10日ほど斃死が続き、特に絶食試験開始時に魚体の脂質含量が少なかった区で著しかったのであるが、今回はその様な傾向は認められなかった。この違いの原因を以下の様に推定している。絶食期間はほぼ同じ（前回は41日間、今回は42日間）なので、絶食期間の違いによって魚の衰弱度に違いが有ったのではない。今回は試験に供した魚がやや大きかった（前回は1.6-1.8g/尾、今回は1.9-2.1g/尾）ことと、絶食試験開始時に比較的状态が良い魚を選別して用いたため、絶食試験終了時の衰弱度が前回より少なかったことによるのであろう。

### 考察

魚油無添加飼料で一週間ほど餌付けしてやれば、前報で認められた魚油添加飼料に対する摂餌性の悪さは起こらない。また、早く魚油添加飼料に切り替えた区ほど死魚数が少なかったの、切り替えはあまり遅くならない方が良くと

考える。餌付けは魚油無添加飼料で行い、一週間ほど後に魚油添加飼料に切り替えれば良い。

飼料への魚油添加量が多い区ほど魚体の脂質含量も高くなり、魚体の脂質含量が高い区ほど絶食耐性が高かった。これは前報と全く同じ結果であり、絶食時の死魚数は魚体の脂質含量によって規定されるとする結果を再現出来た。

魚体の脂質含量は魚油添加飼料を与えるようになって急には増加せず、18日間は減少した。その後増え始め、増え方は魚油添加量が多い区ほど急激であった。一方、魚油無添加飼料区は減少期間が36日と長く、その後増え始めたが、増え方は少なかった。魚油添加飼料を与え始めると同時に魚体の脂質含量が増えるのではないかと推定していたので、この結果は意外であった。この大きさの魚は脂質の消費が非常に大きくて飼料からの供給が間に合わないのか、飼料の脂質の消化・吸収や利用率が低いことが考えられる。サケ・マス類の卵には非常に多くの脂質が含まれていることも関係しているのかも知れない。

魚体の脂質含量は絶食初期に減少が著しく、後半になるとやや緩やかになる。これは活動性と代謝パターンの変化によるものと思われる。肥満度は魚油添加区の減少がやや大きい、減少の割合はいずれの区でもほぼ一定であった。この結果も前報と同じで、再現性を確認出来た。

魚体の脂質含量の減少に伴ってタンパク質と灰分含量は相対的に増加する。脂質が約5%乾物、タンパク質が約90%乾物に近くなると大量死が起こるのではないかと推測出来る。この時の水分含量は約85%である。但し、この値は絶食開始時の魚の大きさによって変化する可能性が有るので、今後さらに検討する必要が有る。

シロザケ稚魚の本当の意味での必須脂肪酸はアラキドン酸とDHAである。リノール酸とリノレン酸はそれぞれアラキドン酸とDHAに転

換されることによって必須脂肪酸としての役割を果たしているものと思われる<sup>5)</sup>。飽和酸とモノエン酸は特定の脂肪酸が絶食時にエネルギー源として役立っているのではなく、いずれもがエネルギー源として利用されている。但し、その組成比からしてパルミチン酸とオレイン酸はエネルギー源としての寄与率が高いと考える。魚体の脂肪酸組成は飼料の脂肪酸組成を良く反映している。よって、シロザケ用飼料に添加すべき油は、n6系とn3系脂肪酸を必要量含み、さらにパルミチン酸やオレイン酸なども豊富に含む混合油にすれば良いと考える。

今回の飼育試験では魚油添加量が多い区ほど死魚数が多かった。原生動物のトリコジナの寄生・増殖を確認し、塩と食酢による駆虫処理を行ったところ死魚数が激減したところから、この斃死はトリコジナによるものであったことが分かる。何故魚油添加量が多い区ほど死魚数が多かったかと云うと、1水槽に2000尾のシロザケ稚魚の収容尾数が多すぎたことが基本にあ

る。さらに、魚油添加区は成長が良いので、ますます過密状態になり、飼育環境が悪くなる。トリコジナは過密状態で、飼育環境が悪いと爆発的に増殖するので、魚油添加量が多い区ほど死魚数が多かったものと推定している。

アトキンス式孵化水槽のシロザケ稚魚の収容限界は3.2-3.4Kg程度であろうと推測出来る。この量をオーバーした部分が死亡したので、魚油添加量が多くて魚の成長が良い区ほど生残率が低く、増重量と飼料効率に区間差が認められないことになる。

今回の試験結果から、シロザケ用飼料への魚油添加量が外割2%では不足で、それ以上の量の添加が必要であることが明らかとなった。しかしながら、脂質含量が多い飼料を飽食量与えられて飼育された養殖魚は油太りになり、抗病性が劣ることは良く知られている。シロザケ用飼料への至適魚油添加量を明らかにするに先立って、飼料の脂質含量、魚体の脂質含量、抗病性などの関係を明らかにしておく必要が有る。

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

- 1) 酒本秀一, 大橋勝彦: シロザケ飼料の魚油添加効果-1. *New Food Industry*, **54**(3), 49-58 (2012)
- 2) 浦和茂彦: トリコジナ症. 新魚病図鑑 (畑井善司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, p37 (2006)
- 3) (社) 北海道さけ・ます増殖協会: さけ・ますふ化放流事業マニュアル (北海道立水産孵化場監修). 89-90 (2007)
- 4) 能勢健嗣, 村井武四, 秋山敏男: シロザケ放流種苗の栄養特性-5ヶ年の研究のとりまとめ-. さけ別枠 1981 河川型研究グループレポート, 189-204 (1982)
- 5) 竹内俊郎, 渡辺武, 能勢健嗣: 淡水期間中におけるシロザケの必須脂肪酸. *日本水産学会誌*, **45**(10), 127-131 (1979)

# 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (5)

よこがわきゅうちゅう

## 横川吸虫類 (*Metagonimus* spp.) の感染源となりうる淡水魚 (ノート)

牧 純\*<sup>1</sup> 関谷 洋志\*<sup>1</sup> 玉井 栄治\*<sup>1</sup> 坂上 宏\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> MAKI Jun, SEKIYA Hiroshi, TAMAI Eiji (松山大学薬学部感染症学)

\*<sup>2</sup> SAKAGAMI Hiroshi (明海大学歯学部病態診断治療学講座薬理学分野)

Key Words : 寄生虫感染・横川吸虫・感染源・予防対策

### Abstract

Jun Maki<sup>1)</sup>, Hiroshi Sekiya<sup>1)</sup>, Eiji Tamai<sup>1)</sup> and Hiroshi Sakagami<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Infectious Diseases, College of Pharmaceutical Sciences, Matsuyama University

<sup>2)</sup> Division of Pharmacology, Department of Diagnostic and Therapeutic Sciences, Meikai University

School of Dentistry : Food that needs precautionary awareness for infection in human body (5) - Prevention from the infection with *Metagonimus* spp. in several kinds of fresh-water fish (note)

The present paper pays attention to the group of the fish from which man is infected with *Metagonimus* spp. People in Japan are found to harbor *Metagonimus* spp., a group of trematodes, possibly causing severe diarrhea and the aches of the abdomen following eating the raw fresh water fish. The representative of them is *M. yokogawai*. The important sources of its infection have been demonstrated to be the sweetfish or the Oriental fresh-water trout (*Plecoglossus altivelis*) and *Salangichthys microdon* (Japanese icefish). In addition to this fact, several fresh water fish have been incriminated as the second intermediate host. These are mentioned in many textbooks about the parasites cited in this communication. The point is that people are infected with *M. yokogawai* or *Metagonimus* spp. ingesting the infective larvae present on or in the flesh of the fish. There are many kinds of cooking methods for the fish traditional in Japan. Which ones are responsible for the infection? Those fish which have been frozen for 2 days and thawed before the preparation of "sashimi" are generally not responsible for the parasite infection. Needless to say grilled fish have no problems in the infection. This paper describes the dangerous cooking methods and dishes which may cause *M. yokogawai* and *Metagonimus* spp. infection so that readers might avoid the infectious disease.

### 要約

本論文では、感染虫体数にもよるが、激しい下痢と腹痛をもたらす横川吸虫感染の原因となる食材に焦点をあてる。従来問題となる魚種の代表はアユ(鮎)とシラウオ(シラウオ科)とされてきた。今回は、生食などにより横川吸虫ならびに同属の寄生虫(高橋吸虫等)に感染する危険性について、従来の成書・教科書のみならず、最新の学会・論文発表等についても調査し、以下の結論を得た。ただし、刺身やナマモノでも2日間凍結し融解したものであれば、寄生虫の感染は一般に大丈夫である。(1) 感染幼虫を蔵している可能性のある魚種および危険な食べ方(これはカッコ内に記す)はアユ(せごしなどの刺身)、シラウオ(踊り食い、軍艦巻きなどの寿司)、コイ(洗い)、フナ(寿司)、ヤマメ(刺身)、ナマズ(刺身)、ウグイ(ヌタ)などである。(2) シラウオ(ハゼ科)には幼虫感染の知見は見出せなかった。しかし、互いに字面と響きの似ているシラウオ(シラウオ科)とシロウオ(ハゼ科)の呼び名は全国的に混称されることがあると報告されている故、地方にもよるが、いわゆる“シロウオ”も実際には気をつけなければならない。例えば、寿司の「軍艦巻き」に乗っているシラウオまたはシロウオは果たして大丈夫であろうか。(3) オイカワ ヤリタナゴ、モツゴにも感染幼虫がいるが、これらは食用目的ならふつう甘露煮にするので、その調理過程で周囲の器材が汚染されない限り、問題はない。

以上のような知見と情報の収集・整理は健康的な食生活に大いに役立つと考えられる。感染予防は、いうまでもなく我々が正確な知識を常に持ち合わせ、随時注意を喚起することが必須である。

## 緒言

寄生虫病は、ともすると最早過ぎ去った時代のものであるとのイメージが強いが、現在の日本でアニサキス、横川吸虫、日本海裂頭条虫（広節裂頭条虫と殆ど同じもの）の感染は少しも珍しくない。いずれも、全国的に新鮮な魚類の生食で感染しうるものである。感染症を予防するには、いうまでもなく我々が正確な知識を常に持ち合わせ、随時注意を喚起することが必須である。

本論文では感染虫体数にもよるが、激しい下痢と腹痛をもたらす横川吸虫症に着目する。従来その感染源の代表はアユ（鮎）とシラウオ（シラウオ科）とされてきた。今回は、生食などにより横川吸虫および近縁の寄生虫（高橋吸虫等）に感染する危険性について、最近の状況を改めて知る目的で、成書・教科書のみならず、最新の学会・論文発表をも検索した。その感染源となる魚類の名称や全国各地におけるその食べ方について整理し、本論文に記載・考察しておくことが、日常の健全な食生活において、多少なりとも益するところとなれば幸いである。

## 1. 材料・方法

教科書、成書、学術雑誌、その他の種々の専門書等を紐解いてみた。改めて、ネット検索や図鑑等により当該の種々の淡水魚で横川吸虫並びにその近縁種 (*Metagonimus* spp.) の感染源となりうるものについて調べ、標準和名、学名、英名を表記した。在日外国人の便宜を配慮した英名のなかには和名に完全に対応するものが見当たらないのもあった。その場合は、説明的な英名とならざるをえなかった。以上のような淡水魚の調理法と食べ方についても、出来る限りの情報を収集、整理し、考察を加えた。今回、調べたすべてのものを引用文献に記載する<sup>1~22)</sup>。なお、専門用語の

表現と定義内容は医学部の標準的テキスト『図説人体寄生虫学』<sup>6)</sup>に従った。

## 2. 結果・考察

### 横川吸虫の概要

横川吸虫について、定説となっている一般的な内容の概略を記す。文献・学会発表・教科書等<sup>1~22)</sup>を参考にしたその要点は次のとおりである。

**形態**：他の吸虫同様扁平な卵形をしている。小さな吸虫で、成虫の長さはおよそ1mm、巾はその半分程度である。学名の属名、*Metagonimus* の meta は後ろ、gonimus は精巢、すなわち精巢が後ろにあることから付けられた名前である<sup>12)</sup>。しかし、精巢の後位置は吸虫類にひろく認められる特徴である。雌雄同体の成虫が産み出す虫卵も小さく、長径30ミクロン、短径はその半分程度である。虫卵を糞便中に見出すには技術の習熟を要する。

**分布**：東アジアの国々に分布しているといわれるが、シベリア、ヨーロッパからの症例もあることに注意したい。日本人の寄生虫学者、横川定が1911年、本虫を発見した台湾では、日本の食文化の影響で、川魚の刺身を食べることがあるので、旅行者も油断すべきでない。和食を提供する“日式料理店”のある韓国でも要注意である。日本国内ではどちらかというと西日本に多いが、関東圏でも、例えば霞ヶ浦周辺の住民から高率に感染がみとめられている<sup>15,16)</sup>。

横川吸虫の浸淫が、今の日本で無視できないものであることがいろいろな事例で示されている。

島根県高津川流域では7割を超える住民に横川吸虫の感染が認められたという<sup>6)</sup>。ある人間ドックの調査では受診者の1.46%が感染陽性であった<sup>6)</sup>。近年、霞ヶ浦のシラウオの68% (村

田ら, 2004), 88% (鈴木ら, 2000) に横川吸虫幼虫 (メタセルカリア) の感染が報告されている (有田卒業論文<sup>20)</sup> に引用)。

**生活史:** ヒトの小腸に寄生している横川吸虫成虫から虫卵が産出され, 糞便に混ざって排出される。水中で第一段階の中間宿主であるカワニナ (川蝨) に取り込まれ, 幼生生殖で増える。この第一中間宿主巻貝 (カワニナ) から遊出した幼虫 (専門用語ではセルカリアまたは有尾幼虫という) が自ら泳いで第二中間宿主の淡水魚類 (アユ, シラウオなど) にたどり着き, その鱗の隙間から侵入する。このような魚類の鱗片の下から魚肉表面近くにかけて寄生し袋をかぶった状態になる。この被囊した幼虫を専門用語ではメタセルカリアという。感染性のある幼虫が生鮮魚類とともにヒトなどに食べられると 1 週間ないし 10 日ぐらいで, 小腸粘膜組織内に成虫の寄生がみられるところとなる。同じ属の *Metagonimus* spp. に関するこの分野の研究は横川吸虫ほどにはなされていないことがわかった。

**感染源:** 下記の淡水魚等魚類の鱗片下ないしその下の魚肉などの組織に, 丸い袋に収まった幼虫 (専門用語ではメタセルカリア) が寄生している。ネット検索の写真などによると淡水魚の刺身は魚鱗をしっかりと除去したものが供されるようである。調理人が, そうしないと危険であることを, 講習や自らの長年の経験で知っているのかもしれない。しかし, 魚の筋肉内に感染幼虫が入り込んでいる場合もあり, 鱗を除去してあるからといっても, まだ不安が残る。やはり, 焼くかまたは十分な熱を通したものが無難である。

北浦産シラウオであるにもかかわらず, 霞ヶ浦産と称して売っているものもあった (前者のほうに高い寄生率が認められている)<sup>20)</sup>。

ヒト以外ではイヌ, ネコなどにおいても成虫となる。つまり自然界で, ヒトを介さなくても

この寄生虫の生活史は維持されている。これは, 公衆衛生上の対策で留意されるべきことである。地域社会で種々の季節, 本格的な調査も必要であろう。また文献に今後とも当たるべきである。

**診断:** 少数寄生ではあまり症状がなく, 見過ごされること (to go unnoticed or undetected) もありうる。潜伏期は 1 週間ないし 10 日である。すなわちヒト体内小腸で成虫となった虫体は糞便中に特有の虫卵を排出するようになる。もしアユ, シラウオなどを生食したら, 1 週間後あたりから大いに気を遣うべきである。診断には検便が有効である。しかし, 次の 2 点は気をつけるべきである。ひとつは, 本虫卵の形態が他の吸虫卵, 肝吸虫卵のそれと似ていることである。異形吸虫卵とは形態が酷似している。もうひとつは, 虫卵の虫体 1 匹あたりの産出数が多くない点である。したがって, 専門家がいわゆる遠心沈殿法で虫卵を集め, 形態観察を行うことで, 適確な診断が可能となる。

**症状:** 吸虫 = ジストマの意識から, 横川吸虫感染も大変怖い感染症のように思う人もいるが, 肝ジストマ (= 肝吸虫) や肺吸虫 (= 肺ジストマ) ほどには厄介な寄生虫ではない。少数寄生の場合は気がつかないことも多いが, 多数寄生すると激しい下痢, 腹痛, 腹部の圧迫感, 頭痛, めまい, 倦怠感などをともなう。腸ポリープから成虫が見出された例や腸閉塞をきたした症例の報告もある<sup>6)</sup>。

**治療:** 以前はカマラ, 四塩化エチレンなどが賞用されたが<sup>8)</sup>, 現在では優れた治療剤, プラジカンテル (praziquantel), すなわちバイエル薬品 (株) より処方箋医薬品として販売されているビルトリシド錠 600 mg がある。

添付文書または日本寄生虫学会の「寄生虫症薬物療法の手引き」<sup>17)</sup> に従って投与されるべきである。駆出されると期待される成虫の回収および完全駆虫が出来たか否かの確認のための

検便による虫卵検査も事後必要となる。上記のように、成虫体は小さく、治療剤により構造も変化しているので、駆虫をこころみながら糞便中より成虫を回収するのは容易でない。

この優れた薬剤は医師の診断・処方箋なしでは入手できない。したがって、“なまもの”を食した後、個人の判断で念のためこの医薬品を服用しておくような、予防薬的な投与方法は出来ない。時に質問があるのでここに記した。

#### 感染源となる魚類と調理法

寄生虫の感染源となる魚介類も2日間凍結した後に融解して刺身や“なまもの”で食べるのであればまず問題がない。このことは、アニサキスや旋尾線虫で厳しく言われ、寄生虫の予防で成果を挙げている。横川吸虫においても、同様な凍結融解により感染が防げると期待されるが、現実には徹底しないこともあると想像される。

横川吸虫及びごく近縁の同属種の吸虫の寄生の報告のある淡水魚についてこれまで情報収集し整理した結果を、表1および下欄に述べる。アユ科、シラウオ科以外の淡水魚ではコイ科の

魚類が目立つ。

#### ①アユ（鮎）

アユ科—塩焼きのように完全に熱が通っておれば、感染の問題はない。一般に刺身が危険である。

築漁（やなぎょ）で捕らえられ、築上でピチピチ跳ねるアユは新鮮で健康的なイメージである。しかし、川沿いの料亭で出されるそのようなアユ料理に留意しなければならないことがある。しっかりと焼いたものであれば、たとえ幼虫を宿していても、その感染性は損なわれている。刺身はいうにおよばず、生焼きのアユには感染の危険がある。

鱗が取り除かれた刺身の写真がネット検索で容易に現われる。日本の調理人は講習と経験により、鱗を除去したほうがよいと心得ているのであろう。しかし、ヒトに感染性ある幼虫が、魚肉内に入り込んでいることもあるので、十分安全とは言い切れない。さらに怖いのは「せごし」という刺身料理である。これは生のアユを背ごと小口に切って酢とあえて食べるもので、鱗がかなり残っており、感染の危険性がきわめて高い。酢に浸してあるから、気分的

表1 横川吸虫及び同属種の感染源となる魚類

Table 1. Fish which have been the source of the infection with *Metagonimus yokogawai* and other *Metagonimus* spp.

標準和名（漢字表記）	科名	学名	英名
①アユ（鮎）	アユ科	<i>Plecoglossus altivelis</i>	sweetfish
②シラウオ（白魚）	シラウオ科	<i>Salangichthys microdon</i>	Japanese icefish
③コイ（鯉）	コイ科	<i>Cyprinus carpio</i>	carp
④フナ（鮒）	コイ科	<i>Carassius auratus</i>	deepbodied crucian carp
⑤ヤマメ（山女）	サケ科	<i>Oncorhynchus masou masou</i>	the landlocked form of the trout in Japan*
⑥ナマズ（鯰）	ナマズ科	<i>Silurus asotus</i>	catfish
⑦ウグイ（鰻）	コイ科	<i>Tribolodon hakonensis</i>	Japanese dace
⑧オイカワ（追河）	コイ科	<i>Zacco platypus</i>	pale chub
⑨ヤリタナゴ（槍鰻）	コイ科	<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	slender bitterling

\*日本のサクラマスで海に下らないタイプのもの（陸封型）をヤマメという<sup>3)</sup>。専門書、図鑑、研究社『新和英大辞典』などでも調べたが、簡潔で的確な英名は見つからず、このような説明的な英語表現となった。

には“安全”かもしれないが、刺身などについている感染幼虫は食して、胃に至ってから、胃酸にも耐えて、小腸で成虫となることを想起すべきである。感染幼虫は専門的には *encysted metacercaria* といい、完全な袋のかぶさった状態にあり、酸に抵抗性がある。胃液の消化でそういう袋がとれるのである。

成長して秋深まる頃に、産卵のため川を下るいわゆる「落ち鮎」は6月の鮎漁解禁の時期のものよりはるかに多数の感染幼虫を寄生させているのではないかと考えられる。もしも、それを「せごし」などで食べたなら、大変危険である。ただし、魚類資源保護の観点より、現在では「落ち鮎」の漁を自粛する傾向にあると聞いている（是永、私信）。

## ②シラウオ（白魚）

シラウオ科一近畿圏ではシラウオと呼ばれることがある<sup>2)</sup>。十分な熱処理が施された料理ならよいが、例えばある種の三杯酢は危険である。シラウオの三杯酢料理を用意するのに、最初にシラウオを茹でてから三杯酢で和えるなら、まだよい。しかし、生きたままのシラウオを三杯酢で和えて食べるのは、極めて感染の危険性が高い。確かに、後者の方が、美味しいと思う人も大勢いるとは想像されるが、上記同様、そもそも胃酸にも耐えて感染が成立するのであるから、三杯酢で感染性が損なわれるとはいいがたい。

地域によっては“シラウオの踊り食い”という食べ方がある<sup>3)</sup>。豆腐と水の入った鍋に火をかけ、その水の中に、生きているシラウオを放り込む。熱さに耐えかねて、豆腐にもぐりこんだシラウオを食べる。小魚にとってはまさしく地獄であろう。シラウオを豆腐に集める手段としてはよいかもしれないが、感染幼虫は完全に死滅しているのであろうか。

シラウオ（シラウオ科）と紛らわしい響きの小魚にシロウオ（ハゼ科）がある。ハゼ科の

シロウオ（素魚）*Leucopsarion petersi*（英名 Ice goby）には横川吸虫などの感染幼虫（メタセルカリア、または被囊幼吸虫）の見つかったという報告は、本著者らの調べた限りにおいてはなかった。なぜ被囊した幼吸虫（いわゆるメタセルカリア）の感染がないのか？ 鱗がないからなのか、これは不明である。だからいわゆる“シロウオ”は安全とは言い切れない。若干専門的な魚類事典<sup>2~4)</sup>を開くと、シラウオとシロウオは全国的に混称されているようである。確かに、日常会話であまり区別しているとは思われない。例えば、愛媛県宇和島における「しらうおまつり」で提供される食材はシロウオである（地元で新聞<sup>1,5)</sup>にはそのように明記されている）。すなわち、“シラウオ”と聞いても安全なこともあるし、逆に“シロウオ”といわれていても、実はシラウオで、感染の危険を秘めている場合もありうる。

## ③コイ（鯉）

コイ科—所謂“鯉の洗い”，生き造りが危ないといわれてきた。鯉濃（こいこく）や空揚げは熱処理されているので大丈夫である<sup>4)</sup>。但し調理過程で周辺が汚染されないことが大切である。心配となるのは、気楽に鯉が釣れて自宅にもちかえりうる釣堀である。“養殖魚”の衛生管理が万全のものであり、刺身などの生食でなければ、問題がない。なお、コイは、次のフナと並んで、肝吸虫の重要な感染源でもある。

## ④フナ（鮒）

コイ科—標準和名は、厳密にはゲンゴロウフナである。甘露煮はよいが、胃酸に耐えて感染するのであるから、鮒鮓は危ない。鯉のみならず鮒も「洗い」があるのは意外であった<sup>3)</sup>。当然これも危険である。フナを蛋白源として、白菜などと一緒につけたような漬物は注意を要する。特に、新鮮なうちは気をつけるべきである。

## ⑤ヤマメ（山女）

サケ科—日本のサクラマス陸封型がヤマメ

(山女)である<sup>3)</sup>。感染予防の観点からは、刺身とか酢漬けを避け、焼き魚で賞味したほうがよい。山間部の民宿でそのような生ものが出されることもあるのかもしれない。養殖されたものは、横川吸虫の感染に関して比較的安全と見る人もいるようである。しかし、絶対安心とは言い切れない。川で釣ってきたものは、遥かに危険である。ネット検索によると、ヤマメを刺身にした写真が現れるので心配である。

#### ⑥ナマズ（鯰）

ナマズ科—横川吸虫と同属とされる高橋吸虫が見出されたとの報告がある<sup>8)</sup>。ネットで刺身料理の写真が出てくるので、警戒すべきであろう。しかし、照り焼きや味噌汁そのものでは感染の危険はない。

#### ⑦ウグイ（鰻）

コイ科—秋田県鳥海村、静岡県大浜村で採れたものに横川吸虫幼虫がいたという<sup>13)</sup>。新鮮なウグイを三枚におろし、食べやすい大きさに切って1時間ぐらい酢に浸してから、酢、砂糖、味噌、ネギと和えて食べる「ヌタ」では、感染性のある幼虫が残存しているので、危険な食べ方である。三枚におろしたウグイを冷凍し、薄くスライスにしたいいわゆる“ルイベ”は、冷凍時間が十分であれば（2日間）、横川吸虫の感染は防げる。

焼きもの、から揚げ、南蛮漬け等<sup>3)</sup>はまず問題なかろう。しかし料理の過程において食材、食器が感染幼虫で汚染されないように配慮すべきである。

#### ⑧オイカワ（追河）

コイ科—以前は桂田吸虫と認識されていたが、横川吸虫と同属のものである<sup>8)</sup>。被囊幼吸虫が兵庫県産のオイカワおよび下記のヤリタナゴから証明されている。甘露煮自体には感染の問題は当然ない。

#### ⑨ヤリタナゴ（槍鰻）

コイ科—横川吸虫と類縁で同属との記載のあ

る桂田吸虫<sup>8)</sup>の被囊幼吸虫が見出されており、このような吸虫の感染源となるのかもしれない。しかし、この魚の生食はあまりなされていないようである。地方によっては甘露煮にされることがあるが、これ自体に感染の危険性は全くない。

### 結 語

上記の記載は、牧らの報文<sup>19)</sup>、有田<sup>20)</sup>の卒業論文も参照した。表や本文中の番号で、①、②で示されたものは、明らかに横川吸虫の感染源である。ただし、近縁種の感染も否定しきれないであろう。③～⑨は同属の近縁種（高橋吸虫、*Metagonimus takahashi*等）をもたらししている可能性もある。後者は前者と同種として記している教科書がある一方で、別種として扱っている学者もいる。両種の感染源となっている魚類の境目がはっきりしているわけでもなく、両方にまたがっていることも考えられる。

しかしながら、診断・治療は全く同様になされるので、現場では両種を分けて考える必要性はあまりない。研究のレベルでは、従来の学問である形態学などに加えて、分子生物学、遺伝子解析などの新しい手法が加わり、両寄生虫の塩基配列の異同が明確になっていくことであろう。それに付随して、もうひとつ複雑化すると予想されるのは、横川吸虫とみられてきたものに、独立の同属異種の学名が与えられる可能性である。これは実は教育の現場でも大変頭を抱える事柄である。筆者などは、分類学の研究ならば、ともかくも、日常的には、今回の表題にある“横川吸虫ならびに同属種”を一括して“横川吸虫類”と表現しても差し支えないと考えている。

今回のような知見と情報の収集・整理は健康的な食生活というQOLに資するところ大と考えられる。感染予防は、いうまでもなく我々が正確な知識を常に持ち合わせ、随時注意を喚起

することが必須である。具体的には、刺身などの“なまもの”は2日間凍結した後融解した食材を用いるか、または初めから焼き魚にしたものを賞味することではなかろうか。

## 謝辞

第52回日本熱帯医学会・第26回日本国際保健医療学会学術大会合同学会において、高知大学医学部寄生虫学是永正敬先生には、「落ち鮎」に関してご教示いただいた。記して謝意を表す。

## ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献

- 1) 読売新聞：一番人気は踊り食い - しらうおまつり, 2010年2月1日朝刊 26面, (2010)
- 2) 宮地 伝三郎, 川那部 浩哉, 水野信彦：『原色日本淡水魚図鑑』保育社, 大阪, (1996)
- 3) 末広恭雄：シラウオ・シロウオ, 『魚の博物事典』講談社学術文庫, 講談社, 東京, (1989)
- 4) 板井隆彦編：『静岡県 - 川と海辺のさかな図鑑』静岡新聞社, 静岡市 (1989)
- 5) 愛媛新聞： 地元の味覚 シロウオ堪能 宇和島 踊り食いや特産品即売 2010年2月1日8面 (2010)
- 6) 吉田幸雄・有菌直樹：『図説人体寄生虫学』第7版, 南山堂, 東京 (2008)
- 7) 松林久吉編集, 横川宗雄：『人体寄生虫学ハンドブック』横川吸虫, 朝倉書店, 東京, (1972)
- 8) 佐々 学：『人体病害動物学—その基礎・予防・臨床・治療』医学書院, 東京, (1975)
- 9) 稲臣成一：横川吸虫『臨床寄生虫学』(大鶴 正満編集) 南江堂, 東京 (1978)
- 10) 柳沢 十四男, 井上義郷, 中野健司：『寄生虫・衛生動物・実験動物』講談社サイエンティフィック, 講談社, 東京 (1983)
- 11) 勝部泰次著：『本邦における人獣共通寄生虫症』(林 滋生編集代表) “食品衛生と人獣共通寄生虫症” 文永堂, 東京 (1983)
- 12) 保阪幸男著：“横川吸虫”『新医寄生虫学』(鈴木了司, 安羅岡一男, 柳沢十四男編) 第一出版, 東京 (1988)
- 13) 青木克己：『NEW 寄生虫病学』(小島 莊明編集) 横川吸虫症, 南江堂, 東京, (1993)
- 14) 伊藤洋一：『医療技術者のための医動物学』講談社サイエンティフィック, 講談社, 東京, (1995)
- 15) 鈴木 淳, 村田理恵, 村田 以和夫：都内流通シラウオからの横川吸虫 *Metagonimus yokogawai* メタセルカリアの検出状況 p. 30 第60回日本寄生虫学会東日本大会(平成12年10月21日, 日本獣医畜産大学) プログラム 講演要旨 (2000)
- 16) 村田理恵, 鈴木 淳, 柳川義勢：1998～2002年の5年間に調査した茨城産シラウオにおける横川吸虫メタセルカリアの寄生状況—主に霞ヶ浦産シラウオについて—, 東京都健康安全研究センター年報, **55**, 149 - 152, (2004)
- 17) 寄生虫症薬物療法の手引き 改訂第6.0版：「熱帯病・寄生虫症に対する稀少疾病治療薬の輸入・保管・治療体制の開発研究」班, (2007)
- 18) 斉藤 奨：横川吸虫と高橋吸虫の種の異同について, I. 形態的差異, 寄生虫学雑誌, **21**, 449 - 458, (1972)
- 19) 牧 純ら：魚類の生食による寄生虫幹線の危険性の予知 (1) 横川吸虫の感染源となる魚類と喫食の方法に関する調査研究, 愛媛県病業会誌, **107**, 17-22 (2010)
- 20) 有田 孝太郎：生鮮食品による感染症の予知— (1) 横川吸虫の感染源となる魚種とその喫食法に関する調査研究, 松山大学薬学部卒業論文 (2011)
- 21) 藤森俊二ら：横川吸虫が腸閉塞を発症した1例, 第15回日本臨床寄生虫学会, 平成16年6月19日, 国立国際医療センター, (2004)
- 22) 相賀昌宏編集著作：『自然大博物館』, 小学館 (東京), (1992)

# 高齢者1人1人の口腔内状態の評価と 適した食物の調理法の提案

畑江 敬子\*

\* HATAE Keiko (和洋女子大学 家政学群生活環境学類)

Key Words：高齢者・咀嚼能力・口腔内感覚・味覚感受性・官能評価・ニューラルネットワーク・検査食

## はじめに

わが国の平均寿命は平成22年、男は79歳、女は86歳となった。世界で最も平均寿命の長い国である。一方、65歳以上の高齢者の割合も平成6年に14%を超え、高齢化社会から高齢社会となって久しい。今後高齢者の全人口に占める割合はさらに増加することが見込まれている。

高齢者は個人差が大きいものの、多かれ少なかれ味覚感受性や消化吸収機能、咀嚼に関する機能等が低下し、加齢に伴う身体機能の変化が起こっている。その結果、タンパク質摂取量の減少や、食べにくい食品を避けることによるビタミンや食物繊維の不足など、低栄養状態を引き起こすことが報告されている。

咀嚼能力の低下は欠損歯の増加、咬合力の低下、舌や頬の動きの鈍化などに由来すると考えられるので、高齢者の口腔内状態に合わせて調理方法を変えることにより、食物を食べやすくできると考えられる。高齢者にはとかく軟らかくすればよいと考えがちであるが、歯で咀嚼することは脳の血流をよくする、認知症を予防する<sup>1)</sup>など、その効果が認められている。したがって、高齢者もそれぞれの状態にあわせて咀嚼が必要な食物を摂取しなければならない。

そのために、高齢者の口腔内の状態を知り、高齢者一人一人に適切な食物を提供することは、今後の高齢社会において高齢者が生き甲斐を持って自立し、活力ある社会を創造するためにぜひとも必要なことである。

この報告は、長年にわたり戸田貞子と共同で行ってきた研究を中心に概略をまとめたものである。

## 1. 高齢者の口腔内感覚

### 1-1. 食物のざらつきに対する高齢者の感受性<sup>2)</sup>

均一でなめらかな食物を食べたときに何か大きい粒が入っていると、われわれはそれを「ざらつき」と感じる。粒子が小さければざらつきとは感じない。どの程度の大きさから、ざらつきとを感じるか、その最も小さい粒子径をざらつきの閾値とし、若年者を対照として高齢者の感覚を測定した。

パネルとして、高齢者は南魚沼市の65歳以上の38名(男3名、女35名)の、若年者は20歳前後の大学生(女32名)の協力を得た。

試料として、平均粒子径15, 25, 38, 58および76 $\mu\text{m}$ の食品添加物である微結晶セルロー

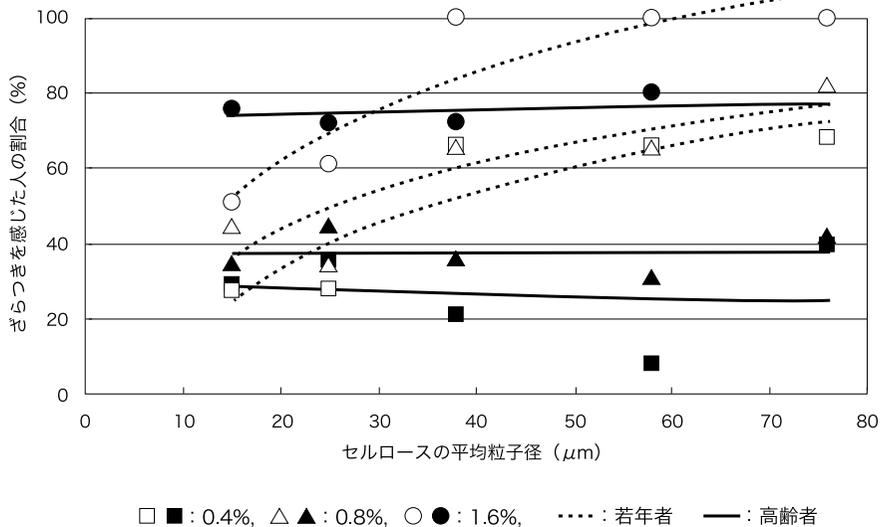


図1 粒子径と濃度の異なるそれぞれの試料に対してざらつきを感じた人の割合

ス、0.4、0.8、1.6% (w/w) の3段階の濃度として用いた。これら15種類の試料をスプーンに6ml入れて手渡し、パネルは口に入れてざらつきを感じるか否か答えた。その結果を図1に示す。

若年者は粒子径が大きくなるに従ってざらつきを感じる人の割合が高くなり、また、濃度が高くなるとざらつきを感じる人の割合が高くなった。一方、高齢者は粒子径の違いを区別できず、濃度が高くなった場合にのみざらつきを感じる事がわかった。

なお、ざらつきの感覚は粒子径と濃度の積の対数に比例することが認められ、感覚の強さは刺激の強さの対数に比例するというウェーバー・フェヒナーの法則が、ここでも成り立つことが示された。このように高齢者と若年者は口腔内で粒子の大きさに対する感覚に違いがあることがわかった。

### 1-2. 高齢者の味覚感受性—塩味、甘味、酸味の閾値<sup>3)</sup>

高齢者の味覚に関する感覚については、唾液分泌量の減少、治療薬服用の機会の増加、味蓄数の変化等に由来すると考えられる、閾値の低

下がいくつか報告されている。これらは、被験者の数も限られており、測定方法や検知閾値か認知閾値かも不明である。

そこで、三島市と沼津市の高齢者54名(男22名、女32名)、若年者として大学生108名(男54名、女54名)の協力を得て、塩化ナトリウム水溶液、蔗糖水溶液、クエン酸水溶液を用いて検知閾値及び認知閾値を測定した。高齢者のうち38名は血圧降下剤や胃腸薬などの薬を常用していた。多量の飲酒や1日20本以上の喫煙者はいなかった。

若年者男女、高齢者男女の検知閾値(図2)、認知閾値(図3)の平均値を示した。塩味、甘味、酸味について、一部を除き高齢者と若年者との間に有意の差があり、高齢者は閾値が高くなっている。すなわち濃度を高めないと味がわからないのであるから、感受性が低下していることが読みとれる。学生の女子の閾値が最も低く味覚が鋭敏であることがわかった。

このように高齢者は若年者に比べ味覚の感度が低下しており、調理の味付けを若年者よりも薄く感じるため、特に塩味に関しては薄味になれることも必要であろう。塩味、甘味、酸味の

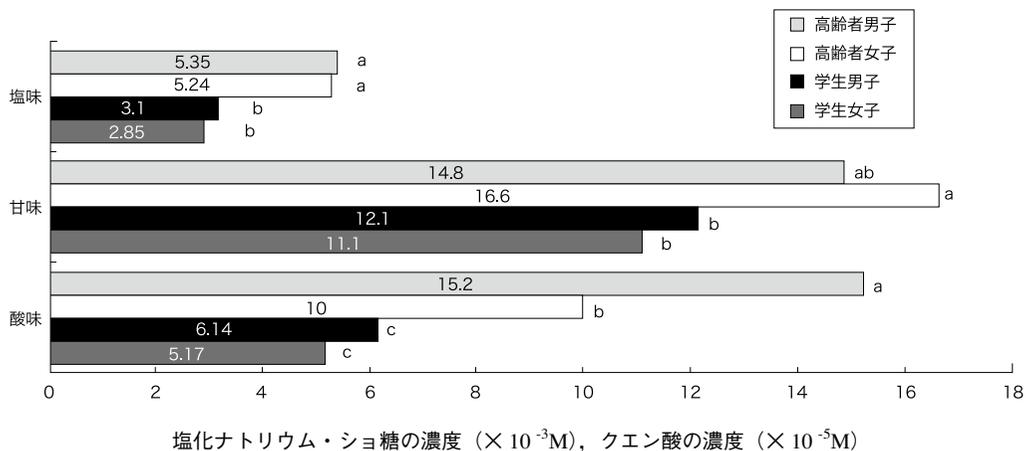


図2 性別、年齢別、検知閾値(平均値)の比較  
a, b, c: アルファベットの異なる閾値間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

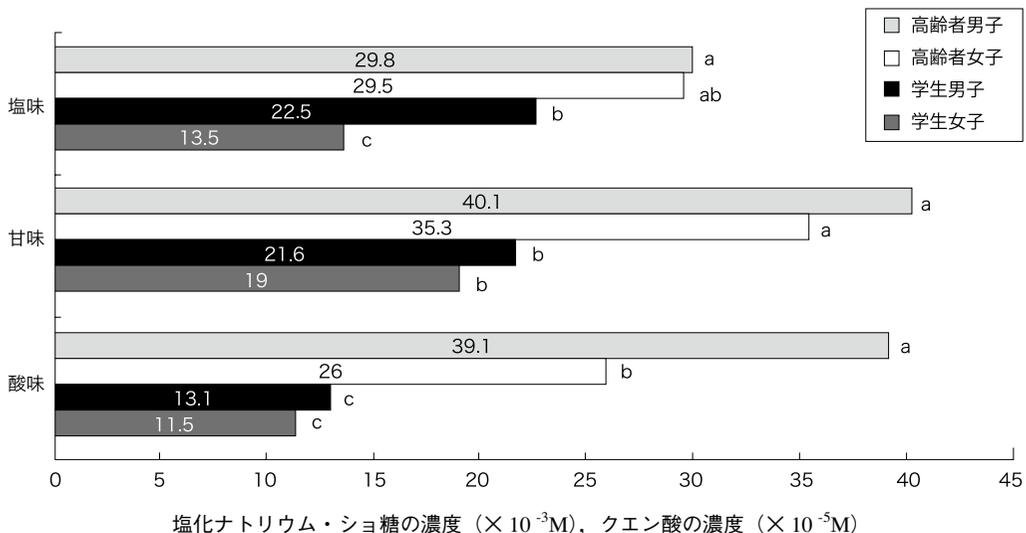


図3 性別、年齢別、認知閾値(平均値)の比較  
a, b, c: アルファベットの異なる閾値間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

閾値合計と、各閾値の間には強い相関が見られ、味覚感受性の高いグループは各呈味物質についても感度が高かった。

同時に調査した食品の嗜好性と味覚感受性の関連において、塩化ナトリウムの感受性が低いグループは塩辛や漬物のような塩味の強い食品の嗜好性が高いことがわかった。その他の食品嗜好と味覚感受性との関係については特には見られなかった。

表1は参考までにこれまでの報告を合わせて示した。本研究結果の方が全般に閾値が低く、特に高齢者男子の塩味には差が見られた。

### 1-3. 高齢者の嗅覚感受性<sup>4)</sup>

高齢者は味覚の感受性が低下していることがわかったが、においについては低下しているかどうかかわからない。しかし、私たちは通常食べ物が劣化しているかどうかを、まずにおいで判断している。この能力が低下すると自分では気

表1 検知閾値のこれまでの報告との比較

呈味物質	塩化ナトリウム (mM)			シヨ糖 (mM)			クエン酸 (mM)		
	本研究結果 <sup>*1</sup>	Mojetら (2001) <sup>*2</sup>	Weiffenbachら (1982) <sup>*3</sup>	本研究結果 <sup>*1</sup>	Mojetら (2001) <sup>*2</sup>	Weiffenbachら (1982) <sup>*3</sup>	本研究結果 <sup>*1</sup>	Mojetら (2001) <sup>*2</sup>	Weiffenbachら (1982) <sup>*3</sup>
若年者女子	2.85	5.72	2.49	11.1	11.4	5.92	0.0517	0.134	0.0731
若年者男子	3.10	5.07		12.1	15.3		0.0614	0.145	0.134
高齢者女子	5.24	7.93	6.09	16.6	13.3		0.100	0.177	0.102
高齢者男子	5.35	14.4		14.8	23.8		0.152	0.267	0.164

\*1 被験者の年齢および人数：本文参照

\*2 被験者の年齢および人数：若年者 19～33歳 男子10人 平均年齢26.5±3.6歳 女子11人 平均年齢23.2±3.3歳  
 高齢者 60～75歳 男子10人 平均年齢66.0±3.6歳 女子11人 平均年齢64.6±4.2歳

\*3 被験者の年齢および人数：若年者 23～45歳 男子16人 女子15人  
 高齢者 66～88歳 男子16人 女子10人

Weiffenbachの報告では塩化ナトリウムの検知閾値は年齢差はあるが、性差は認められなかったため、若年者と高齢者の平均値を示した。

シヨ糖は年齢および性による差は認められなかったため、全体の平均値で表示した。

クエン酸については年齢による差が認められないが性差が認められたため、年齢、性別の検知閾値で表示した。

がつかずに劣化した食物を食べてしまうことになる。そこで、高齢者の危機管理能力を知るために、でんぷんの腐敗、タンパク質の腐敗、野菜の腐敗などと関連深い、酢酸、トリメチルアミン、メチルメルカプタンのにおい閾値を若年者と比較した。

試料として、酢酸、トリメチルアミン、メチルメルカプタンをそれぞれ5段階に濃度を変え

て水溶液を調製し、水を対照として閾値を測定した。パネルには高齢者は南魚沼市に住む65歳以上の、男9名、女41名（年齢：76.4±5.9歳）若年者は女子大学生、35名（21.8±1.3歳）の協力を得た。得られた結果を図4に示した。

高齢者の閾値は若年者に比べ非常に上昇しており、腐敗臭に対する感受性が著しく低下していた。しかも、出口調査で“あなたは以前に比

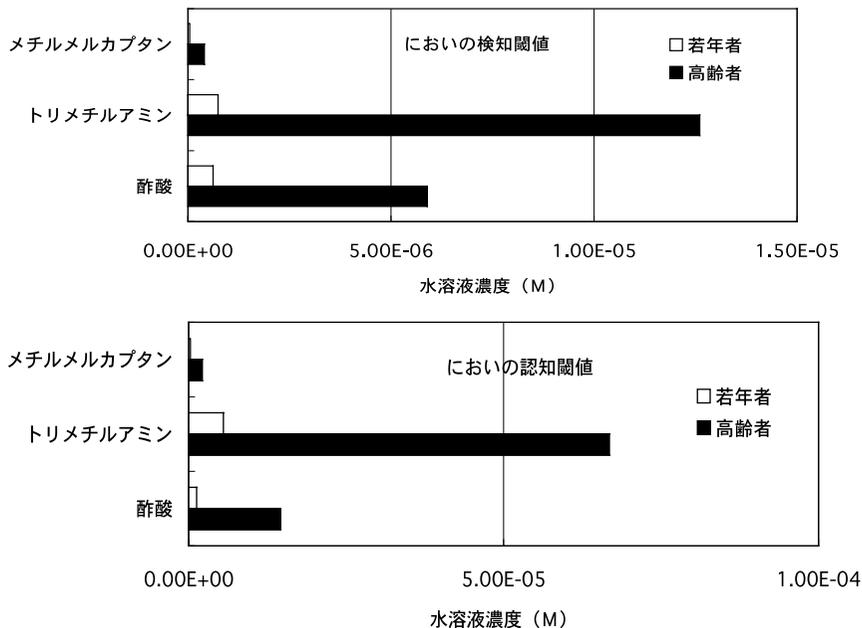


図4 においの閾値における高齢者と若年者の比較

べてにおいを感じ方が悪くなっていると思いますか?”と聞いたところ、70%の人が、“そんなことはない”と答え、においの閾値の上昇を全く自覚していなかった。味覚については、しばしば加齢に伴う閾値の上昇が言われることから、高齢者はある程度自覚しているが、においに関してはほとんど自覚していなかったことは、非常に興味深いことである。

以上のように高齢者はざらつき、味覚、嗅覚いずれも若年者にくらべ低下していることが確認された。

## 2. 高齢者の煮込み牛肉に対するたべやすさの評価<sup>5)</sup>

牛肉はタンパク質の給源として重要であり、また特有のおいしさがあり誰にも好まれる食物である。しかし、特に高齢者にとって部位によっては硬く食べにくい。そこで、口腔内状態と関連づけて、調理によって高齢者にも食べやすくする方法を検討した。一般に、硬い部位は長時間煮込むことによって食べやすくなる。高齢者にとってどの程度煮込むことが適切か、加熱時間を変えた牛肉を試料として官能評価を行った。

### 2-1. 試料

牛肉は生後30ヶ月以内の群馬県産の牛すね肉を3cm角に成型し、水とともに加熱し、沸騰後5、30、60、180及び300分間加熱した。これを2cm角にトリミングしクリープメーターによる物性測定と官能評価を行った。

また、すね肉では均一な試料

を切り取ることが困難であったことから、後半のテストではもも肉を用い、加熱時間を、すね肉の5分と30分加熱の最大荷重の中間に相当する5分間、および30分と60分加熱の中間に相当する15分間の加熱とした。さらに、それぞれに下面に隠し包丁をいれたものも調製した。物性測定の結果は図5、6の通りである。

### 2-2. パネルの口腔内状態の分類

高齢者パネルは、南魚沼市に住む65歳以上の151名(男17名,女134名,年齢:76.3±6.8)、若年者パネルは女子大学生101名(21.8±1.3歳)で構成した。高齢者の口腔内状態を歯の保存状態(上下の欠損数)、上下の歯の噛み合わせの状況(咬合支持域、アイヒナーによる分類)、咬合力(デンタルプレスケールを用いて

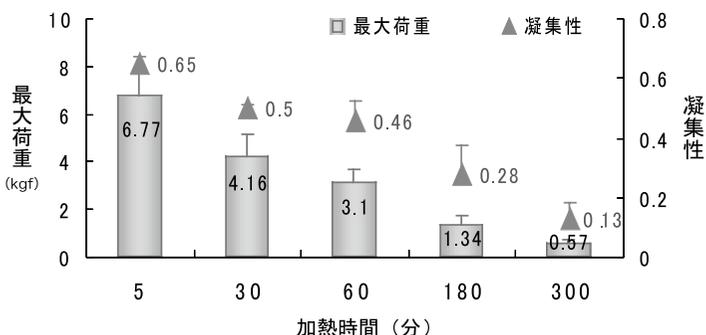


図5 煮込み牛すね肉の物性

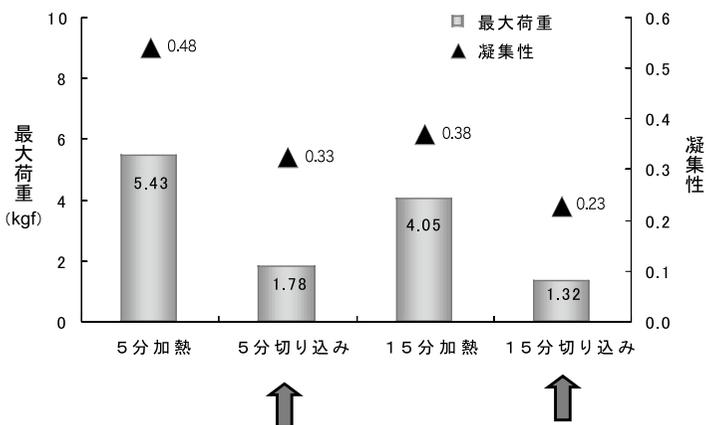


図6 隠し包丁の有無による牛もも肉の物性

表2 高齢者と若年者の口腔内状態の比較  
(平均値)

	高齢者	若年者
上下残存歯 (本)	12.1	27.6**
咬合支持域 (カテゴリ)	1.0	4.0**
咬合支持域 (含義歯)	3.8	—
アイヒナー (カテゴリ)	6.7	1.3**
接触面積 (mm <sup>2</sup> )	8.5	22.0**
平均咬合圧 (MPa)	37.3	37.9**
咬合圧積分値 (N)	309.1	826.0**

\*\* :  $p < 0.01$

平均咬合圧, 咬合圧積分値, 上下の歯の接触面積)を調べた。

高齢者と若年者の口腔内状態を測定した結果を, 表2に示した。

歯の保存状態は高齢者では, すべて14本保存している人から, 全くない人まで個人差が大きかった。平均すると約半分であり, 若年者とは大きな差があった。咬合支持域, アイヒナーについても同様に高齢者は個人差が大きく, 標準偏差が大きかった。デンタルプレスケールに

よる咬合圧積分値については高齢者は若年者の約40%で, 咬む力も低下していることが示された。

これらの測定結果から, パネリストを口腔内状態で分類することを試みた。測定値は数値尺度のみならずカテゴリ尺度をも含んでいるので数値尺度もカテゴリ化し, 数量化Ⅲ類による統計処理を行った。各パネリストの得点を第1軸と第2軸にプロットしたものが図7である。高齢者は3つのグループに分けることができた。若年者は高齢者の第Ⅰグループの右下に分布した。第Ⅰグループは歯の保存状態もよく噛む力も大きいグループであり, 第Ⅲグループは歯の保存状態も悪く, 咬む力も小さいグループである。

### 2-3. 官能評価

パネルに5, 30, 60, 180, 300分間煮込んだ牛すね肉を食べてもらい, どの加熱時間の牛肉が最も好ましい硬さであるか答えてもらった。もし, 30分では硬いが, 60分では柔らかいと

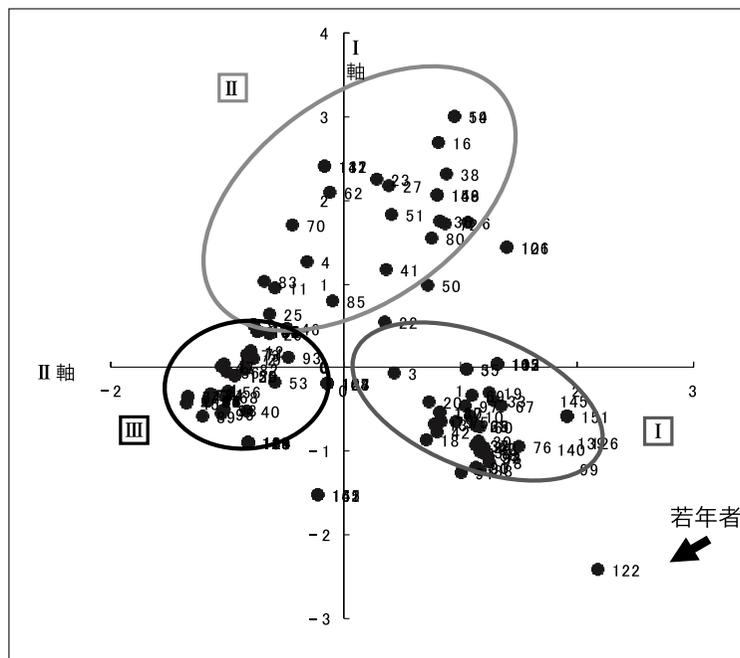


図7 数量化Ⅲ類による高齢者の口腔内状態のグループ化

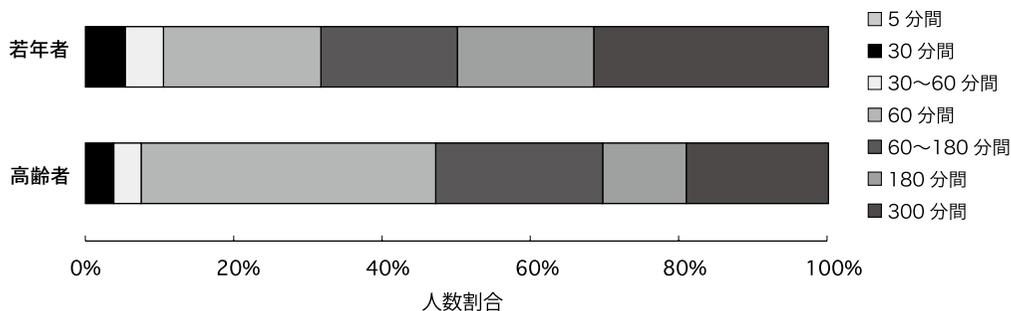


図8 牛肉のちょうど良い硬さのための煮込み時間

同じ加熱時間の試料に対する咀嚼回数と咀嚼時間には高齢者と若年者の間に有意の差があった ( $p<0.001$ )

表3 高齢者各グループ及び若年者が好んだ、牛すね肉の硬さ及び凝集性

	最大荷重 (kgf)	凝集性
高齢者グループI	2.26 ± 1.06	0.49 ± 0.06
グループII	2.42 ± 1.01	0.48 ± 0.06
グループIII	2.21 ± 1.02	0.40 ± 0.13
高齢者平均	2.22 ± 1.04 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.10 <sup>a</sup>
若年者	1.84 ± 1.14 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.15 <sup>b</sup>

a, b: 行内の異なったアルファベット間に有意 ( $p<0.05$ ) の差があった。

答えた場合はその中間をちょうど良い好ましい硬さであるとした。また、ほぐれやすさについても尋ねた。パネリストが口に入れてから飲み込むまでの咀嚼時間と咀嚼回数をパネリストにわからないように計測した。

その結果は図8に示すように、高齢者が最も好ましい硬さであるとして選んだ加熱時間は60分間であり、次いで60~180分未満であった。一方若年者が選んだのは300分間でそれ以下の60分まではほぼ同程度の人が選んでいた。

この加熱時間より予想される最大荷重は高齢者では2.22kgf、若年者では1.84kgfであった。凝集性に関しても高齢者は平均0.45、若年者は0.36であり、高齢者の方が凝集性の高い牛肉を選んだ。つまり、高齢者の方が若年者より加熱時間の短い硬めの肉を選んでいることになる。加熱時間が長くなると、コラーゲンのゼラチン

表4 高齢者と若年者の牛もも肉の食べやすさに及ぼす隠し包丁の効果

加熱時間 (分)	食べやすい順位 (順位法)			
	5	5	15	15
切り込み	なし	あり	なし	あり
高齢者	4 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	2 <sup>bc</sup>	1 <sup>c</sup>
I	4 <sup>a</sup>	3 <sup>ab</sup>	2 <sup>ab</sup>	1 <sup>b</sup>
II	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>
III	4 <sup>a</sup>	2 <sup>ab</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>
若年者	4 <sup>n</sup>	2 <sup>nm</sup>	3 <sup>n</sup>	1 <sup>m</sup>

a, b, c, n, m: 列内の異なったアルファベットには有意 ( $p<0.05$ ) の差があった

化による組織のほぐれが起こる。そのために高齢者は歯に挟まる、ばさばさして食べにくいと感じていた。口腔内状態グループIIIの場合は加熱時間が長く凝集性の小さい肉を好んだ(表3)。

さらに、牛もも肉を用い、隠し包丁を加えた場合については、高齢者も若年者も15分間加熱して隠し包丁を入れた牛肉を最も食べやすいとした。高齢者の口腔内状態の各グループの4種の試料に対する順位は表4のようになった。口腔内状態の低下したグループは隠し包丁の効果が他のグループよりも大きいといえる。

高齢者各グループの加熱牛肉を口に入れてから飲み込むまでの咀嚼回数と咀嚼時間の計測結果を表5に示す。すね肉の場合、加熱時間が短時間では時間も回数も大きい、60分を過ぎると有意の差はなくなった。すね肉ともも肉いずれもグループIよりグループIIが、さらにグ

表5 グループ化した高齢者間の牛すね・もも肉の各加熱時間における咀嚼回数、咀嚼時間と咀嚼サイクルの比較

試料	加熱時間 (分)	I	II	III	
すね肉	咀嚼回数 (回)	5	92.4 ± 33.4 <sup>b</sup>	115.5 ± 67.7 <sup>b</sup>	187.1 ± 98.9 <sup>a</sup>
		30	79.4 ± 25.1 <sup>b</sup>	87.5 ± 37.8 <sup>b</sup>	164.6 ± 89.3 <sup>a</sup>
		60	81.5 ± 30.2	74.6 ± 36.7	116.4 ± 69.4
		180	65.8 ± 33.7	64.4 ± 37.1	94.6 ± 50.4
		300	70.4 ± 24.8	74.5 ± 44.3	82.1 ± 28.7
	咀嚼時間 (秒)	5	74.65 ± 27.0 <sup>b</sup>	97.5 ± 56.1 <sup>b</sup>	156.9 ± 91.1 <sup>a</sup>
		30	61.8 ± 20.9 <sup>b</sup>	74.1 ± 29.1 <sup>b</sup>	145.3 ± 91.3 <sup>a</sup>
		60	65.5 ± 26.4	67.3 ± 36.8	95.7 ± 63.6
		180	55.5 ± 32.4	59.1 ± 34.6	81.2 ± 43.5
		300	63.6 ± 26.2	70.9 ± 38.3	71.7 ± 25.9
	咀嚼サイクル (時間/回数)	5	0.81 ± 0.12	0.85 ± 0.10	0.83 ± 0.23
		30	0.78 ± 0.08	0.86 ± 0.14	0.84 ± 0.06
		60	0.80 ± 0.10	0.91 ± 0.12	0.80 ± 0.06
		180	0.82 ± 0.15	0.92 ± 0.16	0.86 ± 0.06
		300	0.90 ± 0.16	0.97 ± 0.18	0.86 ± 0.06
もも肉	咀嚼回数 (回)	5 (－) <sup>*1</sup>	71.8 ± 43.2 <sup>b</sup>	80.0 ± 26.9 <sup>ab</sup>	97.1 ± 62.2 <sup>a</sup>
		5 (＋)	67.9 ± 40.4	87.1 ± 26.9	90.1 ± 74.9
		15 (－)	66.8 ± 41.9	81.5 ± 42.9	90.3 ± 69.6
		15 (＋)	62.8 ± 33.3	67.2 ± 26.7	71.3 ± 40.4
		咀嚼時間 (秒)	5 (－)	49.3 ± 26.1 <sup>b</sup>	57.2 ± 20.9 <sup>a</sup>
	5 (＋)	45.9 ± 24.0 <sup>b</sup>	60.1 ± 24.5 <sup>ab</sup>	68.4 ± 56.1 <sup>a</sup>	
	15 (－)	46.3 ± 25.1 <sup>b</sup>	58.0 ± 29.8 <sup>ab</sup>	74.1 ± 50.1 <sup>a</sup>	
	15 (＋)	43.4 ± 20.2 <sup>b</sup>	49.0 ± 16.5 <sup>ab</sup>	56.2 ± 29.1 <sup>a</sup>	
	咀嚼サイクル (時間/回数)	5 (－)	0.71 ± 0.10	0.72 ± 0.13	0.83 ± 0.13
		5 (＋)	0.70 ± 0.11	0.68 ± 0.11	0.79 ± 0.13
		15 (－)	0.72 ± 0.12	0.74 ± 0.13	0.85 ± 0.14
		15 (＋)	0.71 ± 0.09	0.89 ± 0.44	0.82 ± 0.18

\*1: 一、切り込みなし; 十、切り込みあり

グループⅢが時間も回数も多かった。

以上の結果から、高齢者の口腔内状態にあわせて肉の加熱時間を変える必要があること、また高齢者にとって、肉を軟らかく煮込むことが必ずしも適当ではないことがわかった。加熱時間を短くして隠し包丁を入れることが、高齢者に食べやすくする効果の方法といえる。

### 3. 高齢者の白飯のテクスチャーに対する好ましさの評価<sup>6)</sup>

日本人の食生活について、米を除いて語ることはできない。特に、白飯は主食としてほ

ぼ毎日食べられている重要な食物である。日本人は白飯の硬さや粘りに代表されるテクスチャーには非常に高い関心を持っており、おいしさに関して厳しい基準を持っている。しかし、加齢に伴って口腔内状態が変化すると、テクスチャーに対する好みも変わってくる可能性がある。そこで、高齢者が持っている好ましい白飯のテクスチャーを知ることを目的に官能評価を行った。

#### 3-1. 白飯の調製

白飯は米に対する加水量を変えることによりテクスチャーを変えることができる。栃木県産のコシヒカリ無洗米を用い、加水量を米の重量

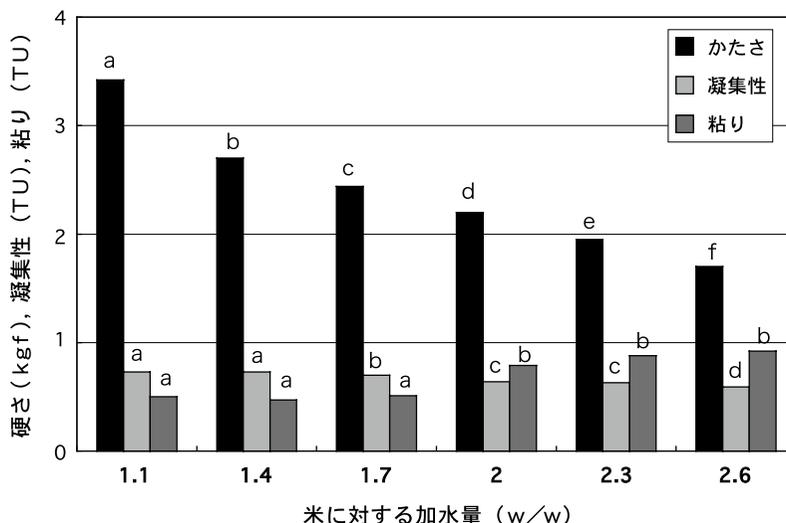


図9 加水量の異なる白飯の物性

a, b, c: 同一測定項目内の異なったアルファベットに有意の ( $p < 0.05$ ) 差があった。

の1.1倍, 1.4倍, 1.7倍, 2.0倍, 2.3倍, 2.6倍とし, 同時に炊きあがるように炊飯器を設定した。炊飯後, 1時間以内に評価を行った。

白飯の物性をテクスチュロメーター (GTX-II型, 全研) で, 3粒法により測定した結果を図9に示す。これらの白飯の硬さは6種類すべてに有意の差があった。凝集性, 粘りにも有意の差があり, 官能評価に供した試料は物性の異なる試料であった。

### 3-2. パネル

高齢者は南魚沼市に住む65歳以上の高齢者116名 (男21名, 女95名, 年齢:  $74.3 \pm 6.5$ ), 若年者パネルは81名 (男40名, 女41名, 年齢:  $23.6 \pm 2.6$ ) の協力を得た。

パネルの口腔内状態の評価は煮込み牛肉の評価の場合と同様の項目, すなわち歯の欠損状態, 上下歯の咬み合わせの数, 咬み合わせの力である。高齢者と若年者の間には煮込み牛肉の場合と同様, すべての項目に有意 ( $p < 0.01$ ) の差があった。

### 3-3. 官能評価

高齢者パネルには加水量の多いものから順に2.6 ~ 1.4倍の白飯を手渡しし, a: 硬すぎる (硬

すぎて好ましくない), b: ちょうど良い (好ましい), c: 軟らかすぎる (好ましくない), のどれに相当するか答えてもらった。若年者パネルには加水量2.3 ~ 1.1倍の白飯を評価してもらった。さらに, 咀嚼回数と咀嚼時間をパネルにわからないように数えた。

高齢者は加水量  $1.9 \pm 0.4$  倍の白飯を好んだ。一方若年者は  $1.5 \pm 0.2$  倍の白飯を好んだ。通常家庭の炊飯では加水量を1.5倍とするが, これは高齢者にとって硬すぎる飯であるといえる。

同じ加水量の飯に対する咀嚼回数も咀嚼時間も, 高齢者と若年者の間には有意の差があり, 高齢者の方が回数が多く, 時間も長かった (表6)。高齢者は咀嚼力が低下しているので, 咀嚼回数や時間を多くしているものと考えられる。

### 3-4. ニューラルネットワークによるパネリストの分類と白飯の硬さの好みとの関係

高齢者と若年者全員について, パネリスト一人一人の性別, 年齢, 口腔内状態の測定値, 好ましい白飯の加水量を入力情報としSOMによるニューラルネットワークを行った。1セッションあたり1000回のトレーニングを行い,

表6 高齢者と若年者における飯の加水量の咀嚼回数と咀嚼時間および咀嚼サイクル

	加水量	高齢者	若年者	t検定
咀嚼回数 (回)	1.1		46.4 ± 19.9 <sup>a</sup>	
	1.4	48.30 ± 26.67 <sup>a</sup>	36.8 ± 16.4 <sup>b</sup>	***
	1.7	42.13 ± 22.96 <sup>bc</sup>	31.0 ± 11.5 <sup>c</sup>	***
	2.0	37.41 ± 17.39 <sup>bc</sup>	26.2 ± 10.2 <sup>d</sup>	***
	2.3	31.83 ± 14.28 <sup>cd</sup>	21.9 ± 9.6 <sup>d</sup>	***
	2.6	28.48 ± 13.26 <sup>d</sup>		
咀嚼時間 (秒)	1.1		29.0 ± 12.0 <sup>a</sup>	
	1.4	33.26 ± 19.05 <sup>a</sup>	24.1 ± 9.9 <sup>b</sup>	***
	1.7	29.61 ± 15.52 <sup>b</sup>	19.9 ± 8.0 <sup>cd</sup>	***
	2.0	26.36 ± 11.90 <sup>1bc</sup>	17.9 ± 7.0 <sup>cd</sup>	***
	2.3	23.15 ± 9.39 <sup>cd</sup>	15.9 ± 7.3 <sup>d</sup>	***
	2.6	21.32 ± 8.87 <sup>d</sup>		
咀嚼サイクル (時間/回数)	1.1		0.64 ± 0.1 <sup>ab</sup>	
	1.4	0.73 ± 0.20	0.67 ± 0.1 <sup>bc</sup>	n.s.
	1.7	0.73 ± 0.19	0.66 ± 0.1 <sup>bc</sup>	**
	2.0	0.74 ± 0.18	0.70 ± 0.1 <sup>cd</sup>	**
	2.3	0.75 ± 0.18	0.74 ± 0.1 <sup>d</sup>	n.s.
	2.6	0.78 ± 0.20		

a, b, c, 同一列内において異なったアルファベットは有意差あり ( $p < 0.05$ )

\*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$

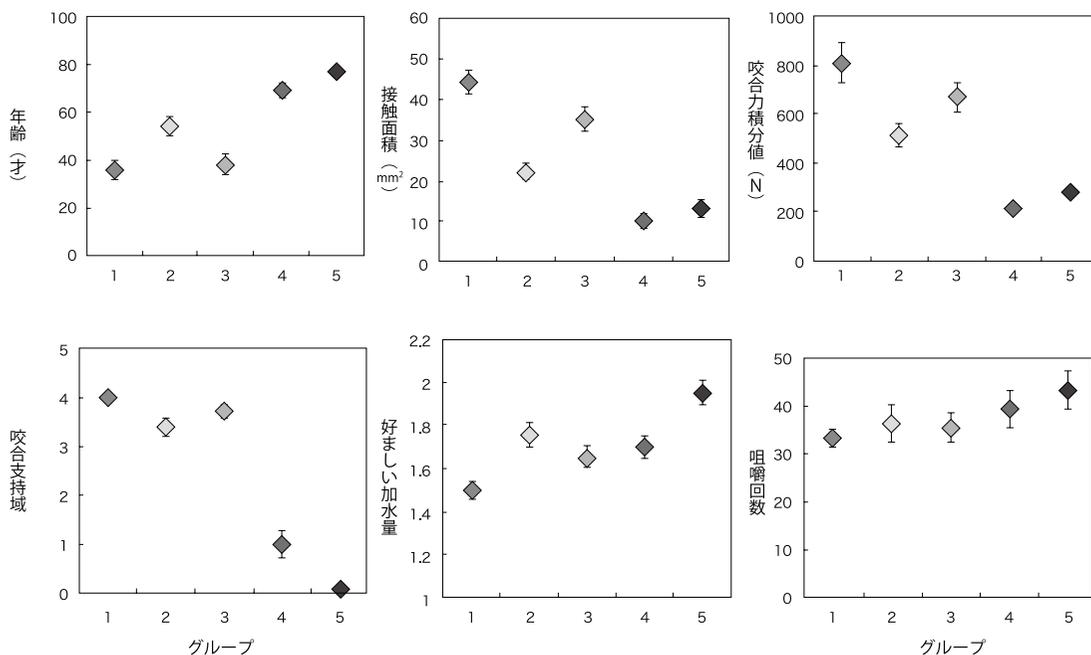


図10 ニューラルネットワークによるパネリストのグループと測定項目の関係

最終的に5グループとした。

各グループの年齢構成、咬合力、好ましい加水量、咀嚼回数分布を図10に示した。

グループ1は37名の若年者(男25名,女12名)と高齢者15名からなり,平均年齢は $35 \pm 19$ 歳であった。歯の保存状態は良く,平均咬合圧,咬合圧積分値いずれも5グループ中最も大きかった。このグループのパネリストは加水量 $1.5 \pm 0.2$ 倍の白飯を好んだ。

グループ2は高齢者24名と若年者15名からなり,平均年齢は $54 \pm 25$ 歳であった。歯の欠損はわずかで,咬合支持域は3.5でかなり良い状態であった。しかし,咬合圧積分値はグループ1より低かった。好ましい白飯の加水量は $1.8 \pm 0.4$ 倍であった。

グループ3は高齢者12名と,若年者29名(男4名,女25名)で,平均年齢は $37 \pm 23$ 歳,歯の欠損が平均2本あり,咬合支持域は3.3であった。咬合圧積分値はグループ1より小さく,好まれた白飯は加水量 $1.7 \pm 0.3$ 倍のものであった。

グループ4は全員高齢者で構成され,平均年齢は $68 \pm 11$ 歳で歯の欠損が大きく,平均12本保持していた。咬合支持域は1以下で咬合圧積分値は小さかった。好まれた白飯の加水量は $1.8 \pm 0.2$ 倍でこの値は口腔内状態が異なるにもかかわらず,グループ2と同じであった。

グループ5も高齢者のみで構成され,平均年齢は $76 \pm 6$ 歳で,残存歯はなく,咬合支持域は全くなかった。ほとんどの高齢者が義歯を装着していた。飯に対する咀嚼時間,咀嚼回数はこのグループが最も大きかった。好まれた白飯は $2.0 \pm 0.4$ 倍加水量のものであった。

口腔内状態の低下したパネリストは軟らかい白飯を好む傾向にあった。しかし,口腔内状態が異なっても,同じ加水量の白飯を好むグループがあった。すなわち,グループ4はグループ2より口腔内状態が低下している。それにもかかわらず,グループ4はグループ2と同じ加

水量つまり同じテクスチャーの白飯を好んだ。

白飯は日本人にとって日常の主食であり,高齢者はこれまでの食習慣で好んできた白飯を,たとえ口腔内状態が低下しても特別の感覚を持って好んでいると考えてよい。この結果から,白飯のテクスチャーに対する高齢者の好みは必ずしも口腔内状態に影響されない場合があり,これまでの食習慣からくる好みも重視しなければならないことがわかった。

#### 4. 高齢者の生および加熱野菜に対する好ましさの評価<sup>7)</sup>

食事指導の現場において野菜を積極的に摂取することがすすめられている。そこで高齢者にとって食べにくい野菜はどのようなもので,どのように調理すれば高齢者に食べやすくできるかを知ることを目的として検討を行った。

##### 4-1. 試料

日常の使用頻度が高く,テクスチャー,栄養成分,あるいは形等の異なる13種の加熱野菜と5種の生野菜を,それぞれ,一定の大きさ・分量に切り,加熱野菜の場合は教科書や一般の調理書を参考にして所定の時間加熱した。官能評価に供する試料の物性をクリーブメーター(レオナー RE-3305,山電)で破断試験を行い,最大荷重,凝集性,付着性を求めた。最大荷重はピーマン(7758gf)からカボチャ(413gf)まで広く分布した(図11)。

##### 4-2. パネル

南魚沼市に住む65歳以上の高齢者207名(男6名,女201名,年齢: $76.6 \pm 6.9$ 歳),若年者は女子大学生73名( $21.8 \pm 1.3$ 歳)で構成した。高齢者と若年者の口腔内状態は,煮込み牛肉,白飯と同様に,上下残存歯,咬合支持域,義歯の有無,咬む力などの測定値で評価した。これらの値には,高齢者と若年者の間にこれまでと同様に有意( $p < 0.01$ )の差があった。

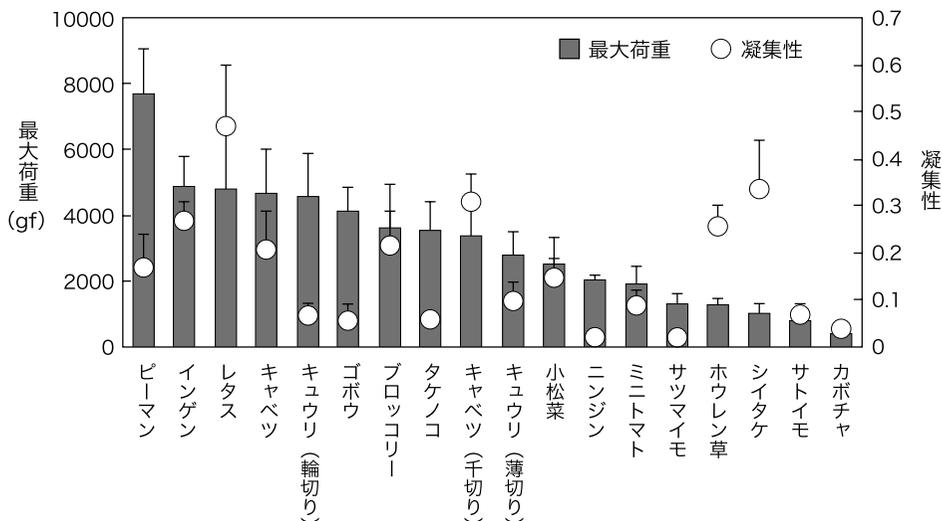


図 11 官能評価に供した野菜の物性

表 7 高齢者と若年者の野菜に対する食べにくさの評価と咀嚼時間・回数

加熱/生	種類	食べにくさ		咀嚼時間		咀嚼回数	
		高齢者	若年者	高齢者	若年者	高齢者	若年者
加熱野菜	ゴボウ	1.8	1.8	34.4	25.5**	45.2	37.7
	カボチャ	1.5	1.9	19.7	17.8	22.3	22.5
	ホレンソウ	1.9	2.3	27.7	22.5	35.5	33.5
	インゲン	1.4	1.4	23.7	17.8**	33.3	27.6**
	ブロッコリー	1.5	1.6	28.6	23.6*	41.1	36.3*
	ニンジン	1.1	1.6**	22.0	24.2	32.4	36.6
	タケノコ	1.7	2.5**	28.5	24.4*	39.1	35.7
	コマツナ	2.5	2.6	29.9	27.3	42.4	42.0
	ピーマン	1.5	1.8	21.8	18.0	32.4	28.9
	キャベツ	1.5	1.6	26.9	22.5	40.3	35.8
	シイタケ	1.2	1.3	20.3	18.1	30.3	27.9
	サトイモ	1.2	1.9**	20.8	20.6	26.6	28.9
	サツマイモ	2.1	2.2	33.3	26.4**	41.8	36.1*
	生野菜	キャベツ千切り	1.6	2.1**	41.1	23.8**	51.8
レタス		1.3	1.4	24.3	17.9**	33.1	28.1**
キュウリ輪切り		2.4	2.3	38.6	26.7**	56.4	43.7
キュウリ薄切り		1.7	1.6	35.8	26.9**	54.0	44.8**
ミニトマト		1.7	1.6	23.0	16.4**	32.4	25.3**

1: 食べやすい, 2: やや食べやすい, 3: やや食べにくい, 4: 食べにくい

高齢者: のべ 207 人 (平均年齢 76.6 ± 6.9 歳)

若年者: のべ 73 人 (平均年齢 21.8 ± 1.3 歳)

#### 4-3. 官能評価

パネルに 18 種類の野菜を 3 日間に分けて評価してもらった。野菜を口に入れて、①: 食べやすい, ②: やや食べやすい, ③: やや食べにくい, ④: 食べにくい, のいずれに当てはまる

か答えてもらった。さらに、③, ④の場合はその理由を口頭で答えてもらった。パネルが試料を口に入れてから飲み込むまでの咀嚼回数と時間を、パネルにわからないように測定した。

高齢者と若年者の食べやすさの評価を表7に示した。高齢者がやや食べにくい、あるいは食べにくいと答えた野菜は、コマツナと、サトイモおよび、キュウリの輪切りであった。最大荷重の小さい野菜には比較的食べやすいと答えたが、筋っぽいホウレンソウやコマツナには食べにくいと答えた。サツマイモはパサパサして食べにくい凝集性の高いサトイモは食べやすい。サツマイモには水分の多い煮物や汁物として食べることが適切と考えられる。ミニトマトは皮が気になり食べにくいので、切り目を入れたり、湯剥きをすると食べやすくなる。高齢者は義歯を装着することが多く、口を大きく開けることが難しいので、大きい塊りは食べにくいと答えた。また、キャベツの千切りのようにバラバラになりやすいものはマヨネーズソースのような粘性のあるソースでまとめると食べやすくなった。

全体的に、高齢者は食べにくいとは答えずに、やや食べやすいと答える傾向が強かったが、若年者より咀嚼時間の長い野菜が多く、実際には食べにくく感じているのではないかと思われた。特に生野菜の咀嚼時間はすべて若年者より有意( $p<0.01$ )に長かった。若年者は野菜の物性の違いを認識して、食べやすいあるいは食べにくいと答えた。

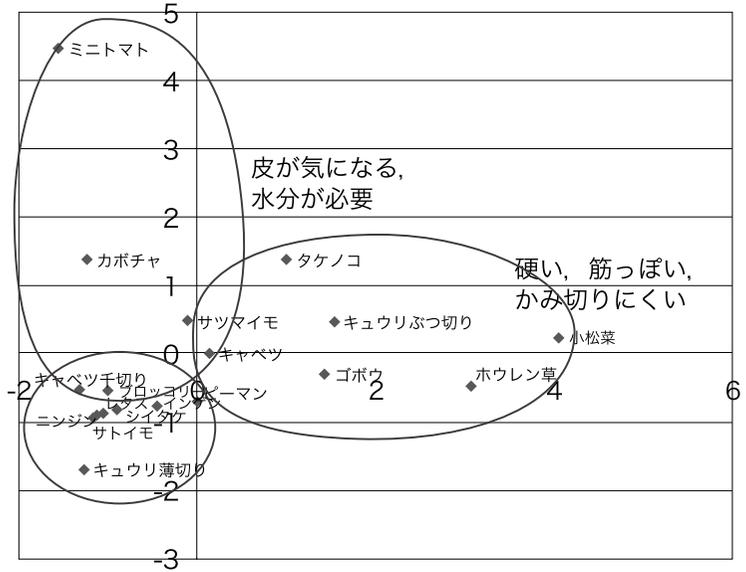


図 12 高齢者があげた野菜が食べにくい理由

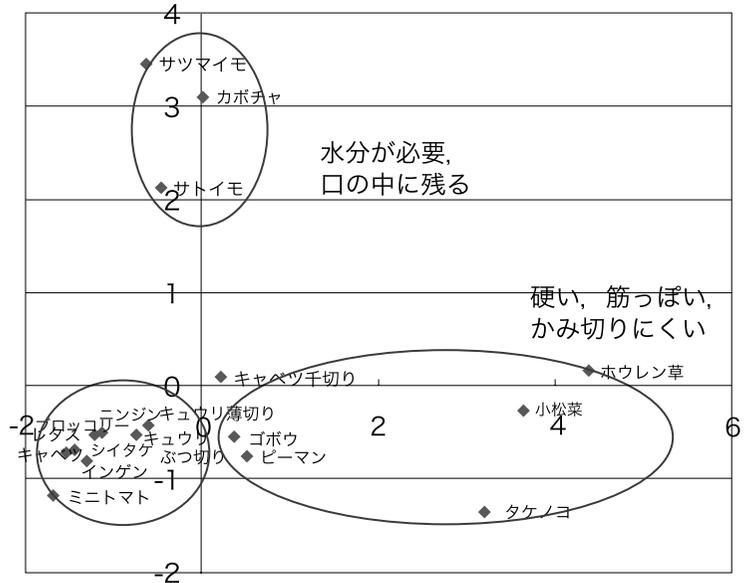


図 13 若年者が揚げた野菜が食べにくい理由

野菜が食べにくい理由として、高齢者と若年者が挙げた言葉は、硬い、形が大きい、飲み込みにくい、咀嚼後口に残る、口の中で広がるなどであった。これらの言葉を用いて主成分分析を行い、高齢者と若年者を比較すると、図 12、13 のように

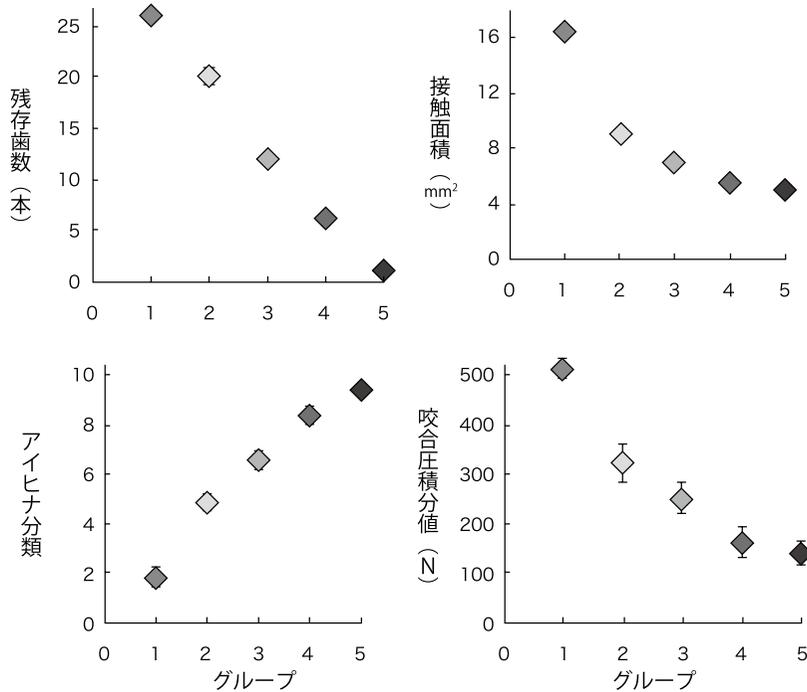


図 14 口腔内状態を用いた SOM によるパネリストのグループ化

なる。

#### 4.4. ニューラルネットワークによるパネリストの分類

口腔内状態の測定項目を用いたニューラルネットワークにより、274 名のパネリストを 5 グループに分けた。5 グループの咬合力の分布を図 14 に示した。

グループ 1 は高齢者 75 名と若年者 73 名からなり、年齢は  $51.3 \pm 2.0$  歳である。ほとんどの高齢者は自分の歯を保有し、上下の歯の接触面積、咬合圧積分値は 5 グループの中で最も大きく口腔内状態が最も良かった。

グループ 2 の年齢は  $74.3 \pm 1.3$  で、多くのパネルは部分義歯であった。グループ 3 は  $76.0 \pm 1.0$  歳、上下いずれかが部分義歯または総義歯であった。5 グループの中で、口腔内状態は中位であった。グループ 4 は  $77.6 \pm 1.7$  歳、上下いずれかが部分義歯または総義歯で咬合力な

どかなり低下していた。グループ 5 は  $79.8 \pm 0.8$  歳で残存歯が殆どなく、咬合力が小さく、口腔内状態がもっとも低下していた。

各グループの野菜の食べにくさの評価は、カボチャ、サトイモ、タケノコ、コマツナ、インゲン、ピーマン、キュウリ輪切り、キュウリ薄切り、キャベツ千切り、に有意 ( $p < 0.05$ ) の差があった。また、ほとんどの野菜に咀嚼時間、咀嚼回数で、グループ間に有意 ( $p < 0.05$ ) の差があった。

#### 5. 高齢者のさしみに対する食べやすさの評価<sup>8)</sup>

魚介類は日本人のタンパク質の給源として重要な食品であるが、結合組織が畜肉に比べ少なく軟らかいので、高齢者には食べやすい食品である。特に刺身は魚油中の EPA、DHA の給源にもなり栄養的価値も高い。さしみが高齢者に

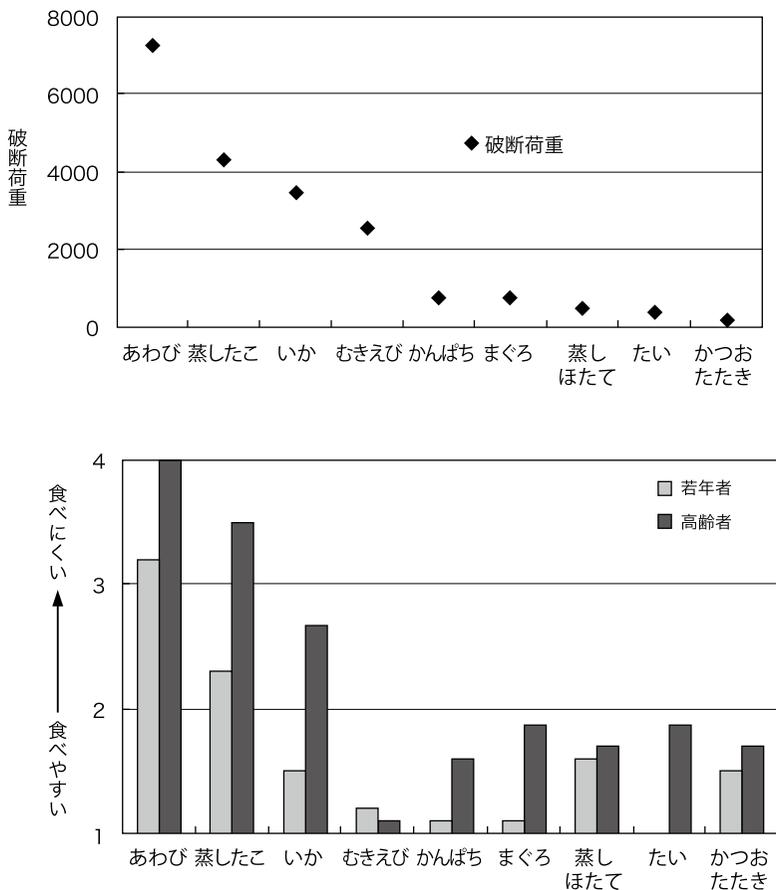


図 15 さしみの食べやすさに対する高齢者の評価

とって食べやすいかどうか、官能評価をおこなった。

5-1 さしみ

図 15 に示す魚介類 10 種類をデパートで購入した。

5-2. 官能評価

高齢者に刺身を 2 片ずつ供し、食べやすい、やや食べやすい、やや食べにくい、食べにくい、の 4 段階で評価してもらった。南魚沼市に住む高齢者 207 名の協力を得た。

刺身の食べやすさを図 15 に示した。高齢者はどのさしみに対しても食べやすいと好んだ。日本人は伝統的にさしみを好み、特有のテクスチャーと味を賞味してきたが、食べやすく、高

齢者にとってもごちそうであった。

6. 高齢者の咀嚼機能評価のための検査食の開発<sup>9)</sup>

口腔内状態に合わせた、食べやすくかつ、咀嚼を必要とする食物を高齢者に提供するためには、1 人 1 人の口腔内状態を適切に評価する必要がある。

ここまで、咬合力を評価するために、デンタルプレスケールを用いてきたが、機器が必要であり、測定には熟練を要すること、高齢者には緊張を強いること、などから、これにかわる評価方法として、日常の食品で、高齢者にとって

表 8 寒天およびでんぷんゲル検査食の物性

	最大荷重 (gf)	凝集性	付着性 (J/m <sup>3</sup> )
1% 寒天	996.7 ± 33.4 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00	23 ± 11 <sup>c</sup>
3% 寒天	3000.0 ± 16.3 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00	14 ± 15 <sup>c</sup>
上新粉	766.7 ± 19.1 <sup>d</sup>	0.68 ± 0.01 <sup>a</sup>	18778 ± 825 <sup>a</sup>
上新粉 + 片栗粉	1335.6 ± 33.3 <sup>b</sup>	0.55 ± 0.02 <sup>b</sup>	14491 ± 211 <sup>b</sup>

a, b, c : 同一列内において、異なるアルファベット間に有意の差 ( $p < 0.01$ ) があることを示す

問題なく口にできる検査食を用いることを検討した。

### 6-1. グルコース含有寒天ゲルおよびでんぷんゲル

粉末寒天の濃度の異なる 2 種 (1% および 3%) の寒天ゲルを調製した。ゲル中には 10% グルコースが含まれる。寒天ゲルの分割に伴うグルコースの溶出量をグルテストエース R (三和化学研究所) で測定した結果、分割数の増加に伴ってグルコースの溶出量が増加することを確認した<sup>10)</sup>。でんぷんゲルは上新粉、上新粉 + 片栗粉混合の 2 種とした。寒天ゲルおよびでんぷんゲルの物性は表 8 のように寒天ゲルは凝集

性はなく、付着性も小さい。一方ででんぷんゲルは最大荷重は寒天ゲルより小さく、凝集性、付着性が大きい。従って、寒天ゲルは咀嚼時の上下運動の咬合力をはかることができ、でんぷんゲルは口の中で食品を動かしたり、咀嚼場所を変えたりする力をはかることが出来ると考えられる。

### 6-2. パネルの歯の保存状況と咬合力の測定

高齢者には文京区および市川市、南魚沼市の 65 歳以上の 100 名の協力を得た。年齢は 76.4 ± 6.4 歳であった。これまでと同様に、歯の欠損状態とデンタルプレスケールによる咬合力の測定をおこなった。

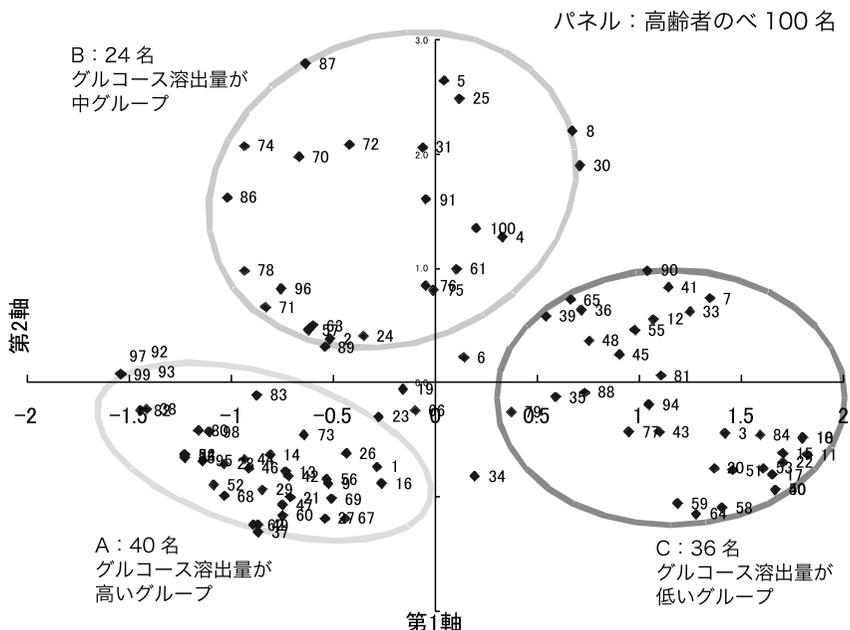


図 16 歯の保存状態と咬合力，検査食のグルコース溶出量に基づく高齢者のグループ化

6-3. 官能評価

検査食を15秒間咀嚼した後、紙コップにすべて吐き出してもらい、さらに、口腔内に残ったものを100mLの水で3回にわけて口ゆすぎをして吐き出してもらった。これについて、グルコース溶出量を測定した。検査食4種について、同様に行った。

6-4. 歯の保存状況、咬合力と検査食グルコース溶出量に基く高齢者の口腔内状態の分類

測定結果に数量化III類を応用してパネルを分類した。図16のA, B, C 3グループ間に4種すべての検査食によるグルコース溶出量は有意 ( $p < 0.05$ ) の差があった。

6-5. ニューラルネットワークによる分類と、検査食による分類の関係

ニューラルネットワークではパネルを5グループに分類した。検査食による3グループと歯の保存状況、咬合力を比較した。その結果検査食によるグループAはニューラルネットワークによるグループ1とグループ2の一部が含まれ、検査食によるグループBにはニューラルネットワークによるグループ2の一部とグループ3が含まれた。検査食によるグループCにはニューラルネットワークによるグループ4と5が含まれた。したがって、検査食を用いれば、デンタルプレスケールは必要としないことがわかった。

6-6. 検査食によるA,B,Cグループの野菜の食べやすさ

グループAは歯の保存状態も良く、咬合力も良いグループであり、グループCは歯の保

表9 検査食により分けられた各グループの特徴と野菜の食べにくい理由

		A	B	C
若年者に対する咬合力		70%	50%	30%
口腔内状態の特徴	残存歯 義歯	平均25本 装着者が少ない	平均14本 部分義歯装着者：多い	平均2.8本 総義歯装着者：多い
煮込み牛肉	もも肉 すね肉	15分間加熱後隠し包丁 60分間煮込む		15分間加熱後隠し包丁 60～180分間煮込む
白飯 <sup>※</sup>	加水量	1.70倍 (やや軟らかめ)	1.85倍 (軟らかめ)	2.0倍 (かなり軟らかめ)
野菜	食べにくい野菜 (2.1以上)	コマツナ, サツマイモ, キウリ輪切り	キュウリ輪切り, コマツナ, ミニトマト	キュウリ輪切り, コマツナ, タケノコ, ゴボウ, キャベツ千切り
	咀嚼時間 (30秒以上のもの)	5種: キウリ輪切り, キウリ薄切り, キャベツ織切り, ゴボウ	8種: キウリ薄切り, キウリ輪切り, サツマイモ, ミニトマト, ゴボウ, キャベツ織切り, タケノコ, ブロコリー	10種: キウリ輪切り, キャベツ織切り, キウリ薄切り, ゴボウ, タケノコ, サツマイモ, ブロコリー, レタス, コマツナ, キャベツ
	咀嚼回数 (50回以上のもの)	キュウリ輪切り, キウリ薄切り	キュウリ薄切り, キウリ輪切り, ゴボウ	キュウリ輪切り, キウリ薄切り, キャベツ織切り, ゴボウ
	食べにくい理由	硬い, 大きい, 筋ばい, 口の中に残る, 口の中に広がる	硬い, 大きい, 口の中に残る, 量が多い, 口の中に広がる 筋ばい: ばさつく	硬い, 大きい 噛み切りにくい, 歯にくっつく くちの中に残る, 量が多い 口の中に広がる
	その他			感覚の判断基準が曖昧

※: 白飯はこれまでの食習慣の好みを重視する

表 10-1 A グループ、B グループに対する野菜の調理法の提案

野菜	A グループ	B グループ
キュウリ輪切り	半分の厚みにする	フォークで皮の部分に筋を入れる
キャベツ織切り	マヨネーズなど粘度のあるものでまとめる	調味液と混ぜて一口量を少なくする
キュウリ薄切り	2mm 程度の厚さにする	塩もみしてから調味液と和える
ゴボウ	1cm 程度の大きさにする	よく茹でて半分の大きさにする
タケノコ	1cm の厚さに切る	拍子切りにする
サツマイモ	汁気のある煮物にする	汁気のある煮物にする
ブロッコリー	マヨネーズなど粘度のあるものでまとめる	マヨネーズなど粘度のあるものでまとめる
ミニトマト	切り目を入れる	湯むきする

表 10-2 C グループに対する調理法の提案

野菜	C グループ
キュウリ輪切り	蛇腹切りにしてから一口大に切る
キャベツ織切り	茹でて調味液と混ぜて一口量を少なくする
キュウリ薄切り	2mm の厚さに切って塩もみして調味液と和える
ゴボウ	よく茹でて叩いて軟らかくする
タケノコ	よく茹でて拍子切りにする
サツマイモ	汁気のある煮物にする
ブロッコリー	軟らかく茹でてマヨネーズなどの粘度のあるものでまとめる
ミニトマト	湯むきをして半分に切る
レタス	ごく短時間に茹でる
コマツナ	繊維を短く切る
キャベツ	炒めるより茹でたほうが好ましい

存状態も悪く咬合力も低いグループであったが、各グループが野菜の食べにくい理由としてあげた言葉をこれまでの口腔内状態、煮込み牛肉、白飯の結果とあわせ表 9 に示した。

検査食で分類した各グループに対する調理法の提案<sup>11)</sup>を表 9 および表 10 にまとめて示した。

## 7. 検査食によるより精密な高齢者の口腔内状態の分類<sup>12)</sup>

これまで、寒天ゲル 2 種類と、でんぷんゲル 2 種類を検査食としてパネルに供してきたが、パネルの負担を考慮して、寒天ゲルとでんぷんゲルをそれぞれ 1 種類ずつとし、パネルの吐き出したゲルの粒度分布から口腔内状態を分類することを検討した。

### 7-1. 試料

寒天ゲルは 10% グルコースを含む 3% 寒天ゲルを調製した。でんぷんゲルは 10% グルコースを含む上新粉と片栗粉で調製した。寒天ゲルは 2cm 角 (9g)、でんぷんゲルは高齢者が窒息したりすることのないように直径 1.5cm の平たい団子状 (5g) とした。でんぷんゲルは均一な試料を作ることはかなり困難であることから、食品工業的に均一なものを作成することを外部 (味の素株式会社) に委託した。そのでんぷんゲルを冷凍保存し、検査の都度、解凍して使用することとした。

寒天ゲルとでんぷんゲルはテクスチャーアナライザーで硬さ、凝集性、粘性を測定し、毎回、物性が同じであることを確認した。

### 7-2. パネル

南魚沼市、市川市、浦安市に住む高齢者、

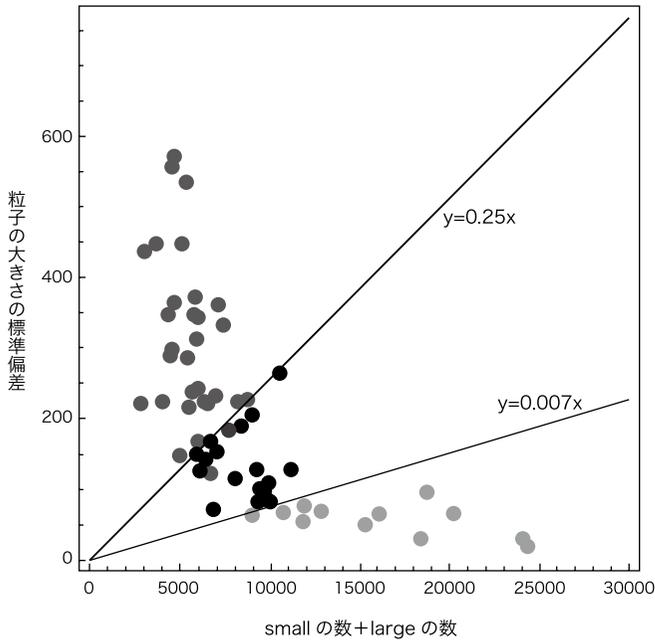


図17 寒天ゲル検査食咀嚼後の粒度分布による高齢者のグループ分け  
高齢者は2本の直線により○(噛めない), ●(噛める), ●(よく噛める)の3グループにわかれた

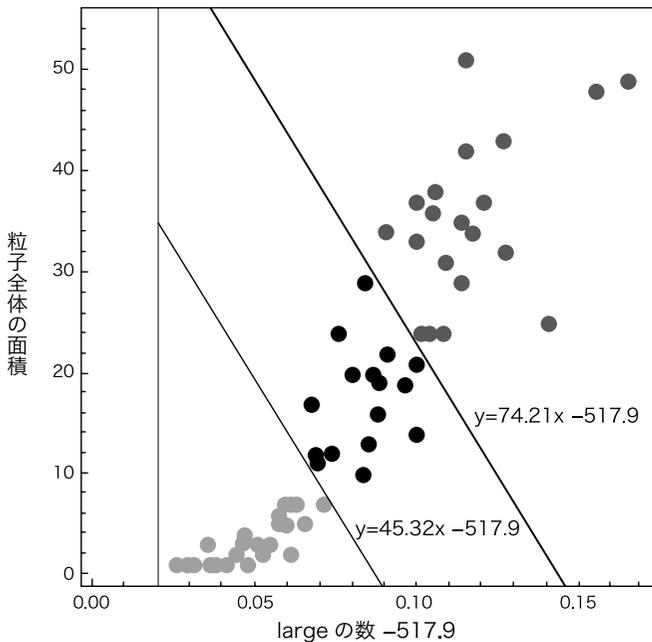


図18 でんぷんゲル検査食咀嚼後の粒度分布による高齢者のグループ分け  
高齢者は2本の直線により○(噛めない), ●(噛める), ●(よく噛める)の3グループに分かれた

65歳以上の男16人女60人(75±6.0歳)の協力を得た。検査に先立って歯の保存状態をしらべた。

### 7-3. 検査及び評価方法

高齢者に検査食を渡し、15秒間咀嚼してもらったのち、吐き出してもらった。吐き出した検査食を写真撮影したのち2値画像とし、region labelingにより、重なりを補正した。粒子のサイズを測定した後、粒度の大きさにより tiny, small, large に分類した。

吐き出した寒天ゲル検査食の粒度分布から、図中の2本の直線により高齢者を、よく噛める、噛める、噛めない、の3グループに分けた(図17)。

同様にでんぷんゲル検査食の粒度分布から、図中の2本の直線により高齢者を、よく噛める、噛める、噛めないの3グループに分けた(図18)。

2種の検査食を組み合わせると、9グループになるが、該当する人がいないグループもあり、最終的に高齢者を4グループとした。つまり、(A)寒天ゲルもでんぷんゲルもよく噛めるグループ:29人、(B)寒天ゲルもでんぷんゲルも噛めるグループ:12人、(C)寒天ゲルは噛めるがでんぷんゲルは噛めないグループ22人、(D)寒天ゲルもでんぷんゲルも噛めないグループ13人である。

この4グループの割合は年代が高くなるほどどちらもよく噛めるAグループが少なくなり、どちらも噛めないグループが多くなった(図19)。

ここで特徴的なことは、Cグループ

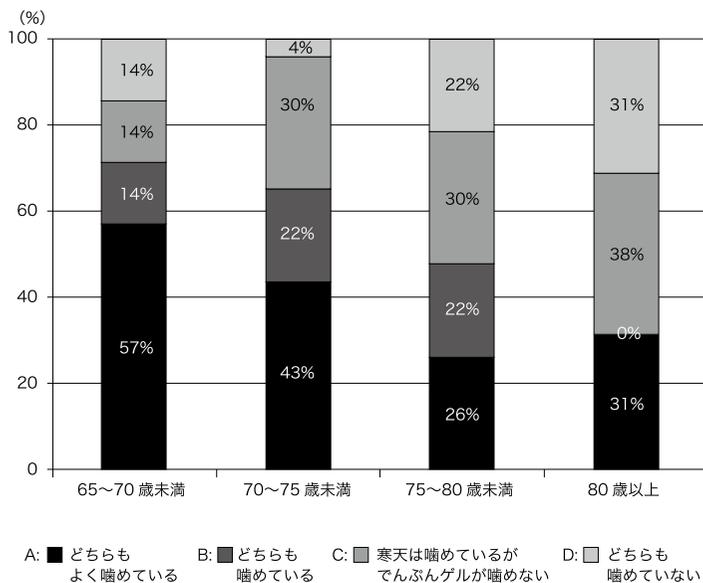


図 19 年代による 4 グループの割合の違い

プの存在である。寒天ゲルは硬いが、凝集性は小さく、付着性がないため比較的咀嚼しやすいが、でんぷんゲルは軟らかいものの、凝集性が大きく、付着性があり歯にくっつきやすく、咀嚼するためには舌や口腔内の筋肉を使って試料を移動させなければならない。高齢者はこのような動作がしにくくなっていると考えられた。高齢者に食べやすい食物を提供する際には考慮すべき点の一つである。

2 種類の検査食を用いることで、このような口腔内状態の評価が可能になった。

現在、検査食による分類と、歯の保存状態、グルコース溶出量、咀嚼回数等を合わせた高齢者の分類を検討しているところである。

## おわりに

高齢者それぞれの口腔内状態に合わせて食べやすく、しかも咀嚼を必要とする食物を調理、あるいは提供することは、今後ますます重要になることと考える。そのためには高齢者 1 人 1 人の口腔内状態を詳しく知る必要がある。口腔内状態の評価方法はいろいろあるが、高齢者に緊張を強いることなく、負担が少なく、簡便な方法が求められる。そのために、日常の食物と同じ形態で食べやすく、再現性のある検査食として、寒天ゲルとでんぷんゲルを開発した。こ

の検査食を 15 秒間咀嚼してもらい、吐き出した試料を写真撮影して、粒度分布を画像解析により求め、歯の保存状態と合わせて、口腔内状態を評価することができた。この方法については現在さらに精度を高めるべく検討中である。

このような分類に基づいて高齢者の口腔内状態にあわせた調理法を提案した。

高齢者が自分の歯で食物をしっかり咀嚼して栄養状態を良好に保ち、活力ある高齢社会となることが今後の日本の社会に求められることである。

この評価方法は、高齢者の口腔内の機能の評価のみでなく、歯科治療においても、義歯の装着具合の診断や、治療効果の判定など応用範囲は広いのではないかと考えている。

..... 引用文献 .....  
.....

- 1) 小野塚實, 噛むことで認知症を予防する, 食生活, 105 (02), 34-41. (2011)
- 2) 畑江敬子, 戸田貞子, 今井悦子, 松岡芳子, Dobles,P.G., 香西みどり; 高齢者と若年者における口腔内感覚の比較 - ざらつき感覚と呈味効率, 日食工誌, 48, 491-497. (2001)
- 3) 三橋富子, 戸田貞子, 畑江敬子, 高齢者の味覚感受性と食品嗜好, 日調科誌, 41, 241 - 247. (2008)
- 4) 戸田貞子, 三橋富子, 香西みどり, 畑江敬子, 日本調理科学会平成 22 年度大会研究発表講演要旨集, 2010 年 8 月 27-28, 福岡, p.50. (2010)
- 5) 戸田貞子, 早川文代, 香西みどり, 畑江敬子, 高齢者に対する牛肉の食べやすさの調理による向上, 家政誌, 59, 881-890. (2008)
- 6) Toda,s., Takeutchi, F., Saito,M., Kasai,M., and Hatae,K.; Relationship between oral condition and preference for cooked rice in elderly and young people. *Food Sci. Technol. Research*, 15, 257-264. (2009)
- 7) 戸田貞子, 高松美穂, 香西みどり, 畑江敬子; 高齢者の口腔内状態の分類と, 野菜の食べやすさ, 家政誌, 59, 969-978. (2008)
- 8) 戸田貞子, 畑江敬子 (未発表)
- 9) 戸田貞子, 高松菜穂, 斎藤真由, 香西みどり, 畑江敬子, 高齢者の咀嚼機能評価のための検査食の開発, 第 54 回日本栄養改善学会学術総会講演要旨集, 2007 年 9 月 19-21 日, 長崎, p.176. (2007)
- 10) 斎藤真由, 道脇幸博, 斎藤浩人, 戸田貞子, 畑江敬子, 高橋浩二; 寒天を基材とした咀嚼能率検査食の開発, *J. Jpn. Stomatol. Soc.*, 58, 43-49. (2009)
- 11) 戸田貞子, 高齢者の口腔内状態の評価と適切な食品の調理に関する研究, 大妻女子大学博士学位論文, (2009)
- 12) 戸田貞子, 秋葉ちさと, 安藤佳奈, 佐藤志保, 畑江敬子, 検査食による高齢者の口腔内状態の評価, 日本家政学会第 63 回大会, 研究発表要旨集 p.134, 2011 年 5 月 27-29, 千葉, p.134 (2011)

<b>白石カルシウムの炭酸カルシウム</b>	<p>分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈澱を抑制したタイプ等、品揃えております。</p> <p style="text-align: center;">一般の栄養強化には、「ホワイトン」</p> <p style="text-align: center;">機能を求めるならば、「コロカルソ」</p> <p style="text-align: center;">飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」</p> <p style="text-align: center;">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。</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>炭酸カルシウムとは？</b></p> </div> <p>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。</p>	<p><b>白石カルシウム株式会社</b></p> <p>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</p>

# プレーンヨーグルト市場を創造した 驚くべきヒット食品 —株式会社 明治『明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン』—

田形 暁作\*

\*TAGATA Yoshinari (TAGATA食品企画・開発)

Key Words：明治ブルガリアヨーグルト LB81・ヒット商品・商品開発・ブランド化・マーケティング戦略

## はじめに

株式会社 明治は 2011 年 4 月、赤ちゃんからお年寄りまであらゆる世代のお客さまに、菓子、牛乳、乳製品、育児・健康食品など幅広い商品・サービスを提供する食品事業会社として、明治製菓株式会社のフード&ヘルスケア事業と明治乳業株式会社が統合して発足した。グループ理念を象徴する、明治ブランドマークも”明日をもっとおいしく”をスローガンに作られた。



また、経営体制は菓子事業、乳製品事業、健康栄養事業、海外事業の 4 事業体制である。今回、記述する『明治

ブルガリアヨーグルト LB81』は乳製品事業に属する商品である。

## 1. プレーンヨーグルトの市場状況

国内ヨーグルト市場は購入ベースで約 2800 億円である。このうちプレーンヨーグルトが多くを占める。また、明治のシェアは約 50% まで育った。図 1 に 1998 年から 2010 年までのプレーンヨーグルトの 1 世帯当たり (2 人以上世帯) の年間購入金額推移を示した。1971 年、『明治プレーンヨーグルト』が国内で初めて発売されて以来、プレーンヨーグルト市場は順調に拡

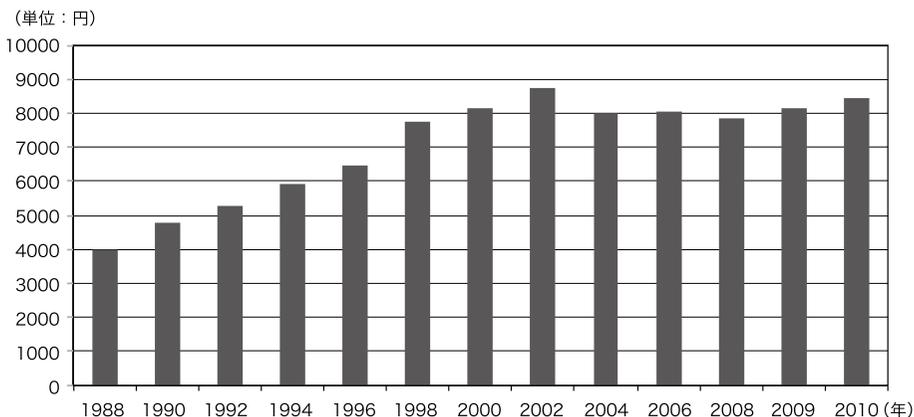


図 1 1 世帯当たりの年間購入金額 (2 人以上世帯)

出所；家計調査年報 (平成 22 年)

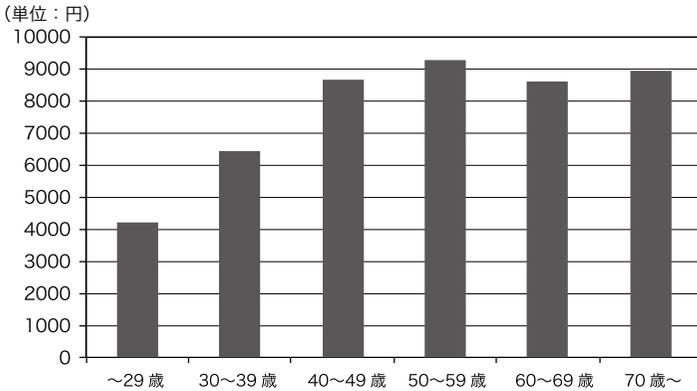


図2 1世帯当たりの世帯主の年齢別購入金額 (2人以上世帯)  
出所；家計調査年報 (平成22年)

大してきた。ちなみに、『明治ブルガリアヨーグルト』は1973年12月に発売された。1世帯当たりの購入金額は2002年に8,719円に達した。それ以後はほぼ同じ金額で推移している。この金額は食パンの1世帯当たりの購入金額とほぼ同じである。また、図2には世帯主の年齢別購入金額を示した。40歳以上では全ての年齢において8,000円以上の購入金額であり、多くの日本国民にプレーンヨーグルトは支持されていることが伺える。

## 2. 『明治ブルガリアヨーグルト』の開発と背景

1971年(株)明治(前:明治乳業株式会社)は国内で初めて、砂糖を加えないプレーンヨーグルト『明治プレーンヨーグルト』を発売した。



明治プレーンヨーグルト



明治ブルガリアヨーグルト

1971年当時の国内のヨーグルトは砂糖や蜂蜜、香料を加え、寒天やゼラチンで固めたデザート菓子で子供向けのおやつ的位置づけであった。(株)明治は1950年から、甘みをつけ、寒天で固めたハードタイプヨーグルト「明治ハネーヨーグルト」を販売していた。国内にはプレーンヨーグルトは存在しなかった。ところが、欧米にはプレーンヨーグルトが販売されており、特に、ブルガリアではプレーン

ヨーグルトが日常的に食べられていた。(株)明治の研究者たちはプレーンヨーグルトに関心を持っていた。

1970年の大阪万博でブルガリア政府が「ブルガリア館」を展示し、ここにプレーンヨーグルトが展示されていることを(株)明治のスタッフが聞きつけ、試食したことが開発の契機となった。スタッフは本場の味を再現するために、持ち帰ったサンプルを研究し、試作を重ね、何度もヨーロッパへ足を運んだ。そして1年後、本場の味を再現した商品が完成、1971年に日本で最初のプレーンヨーグルトが誕生した。ところが、社内では酸味も強く日本人にはなじみのない味であるプレーンヨーグルトの発売に懐疑的な意見も少なくなかった。幸いにして、大阪万博でプレーンヨーグルトを試食した幹部が「日本に本物のプレーンヨーグルトを定着させる」という決断をし、前例のない壮大な試みに踏み出した。

## 3. 『明治プレーンヨーグルト』の販売開始

最大の課題は日本人が食べたことのない酸っぱいヨーグルトをどのようにして受け入れてもらえるかであった。1971年3月、東京で開か

れた、(株) 明治の新品『明治プレーンヨーグルト』の試食会は前途多難なものとなった。「酸っぱい……」ブルガリアの衣装をまとった女性がお皿に果物とプレーンヨーグルトを盛り付けて道行く人に配ったものの、一口食べてお皿を返す人が続出した。さらに、発売後、(株) 明治には味に関する苦情が非常に多かった。本物のプレーンヨーグルトを日本に定着させようと立ち上がった(株) 明治にとって、もっとも大きな壁が消費者に受け入れて貰えない事であった。「日本人になじみのない味を根付かせようとしているのだから、難しいのは当たり前だ。何度も会議を重ね、戦略を練り直した。そこで出された結論が「本物であることの証明」であった。日本人の固定観念の中にある甘くてデザートのようなヨーグルトとは別物の「これぞ本物のヨーグルト」と訴求できれば、受け入れられるという考えであった。事実、欧州赴任経験のある商社勤務の男性からは「こういったヨーグルトを待っていた」という感激の手紙が届くこともあった。社内には「ブルガリアのネーミングが必要だ」という意見が次第に多くなってきた。(株) 明治の担当者は粘り強くブルガリア大使館との交渉を続けた。というのも、発売段階では大使館からネーミング使用の許可が得られなかった経験があり、実現は容易ではなかった。ブルガリア大使館は「ヨーグルトは民族の心、他国民が作ったものにその名を貸すわけにはいかない」と断られてしまった。しかし、ブルガリア国はヨーグルトの故郷であり、その国のブルガリア菌を使用していることなどから、「どうしても本物のブルガリアヨーグルト

を日本の食卓に届けたい」という熱意を伝え、1973年にブルガリアの国名使用許可を得た。

『明治ブルガリアヨーグルト』の誕生である。『明治ブルガリアヨーグルト』に名称を変えてから徐々に売り上げが伸び始めた。1971年3月から売り始めたプレーンヨーグルトが、1980年代前半には「製品が足りない」というほどの人気になった。その要因の一つには、時代とともに顕著になってきた健康志向の高まりと、ヨーグルトの健康効果がみごとに一致したことにある。そして、1996年には厚生省(現:厚生労働省)が『明治ブルガリアヨーグルト』に特定保健用食品を認可した。健康効果を訴求できるようになった。このことで、日本の食卓においてプレーンヨーグルトは生活必需品となった。売り上げもさらに順調に拡大していった。

#### 4. 『明治ブルガリアヨーグルト』に使用している乳酸菌

ヨーグルトを発酵させる「乳酸菌」は人間にとって有用な細菌の一つである。しかし、その存在が分かっているのは地球上に存在する乳酸菌の一部に過ぎないとも言われている。神奈川県小田原市に(株) 明治の乳酸菌研究所があり、約3000種類の乳酸菌を保有し、研究している。(株) 明治の研究者がブルガリアのヨーグルトの健康への有用性を知り、日本人にも提供したいという思いから製品開発が始まった。

『明治ブルガリアヨーグルト』はプレーンヨーグルトとしての発売当初からブルガリア菌と

#### \*1) 国際規格:

ヨーグルトとは、ブルガリア菌およびサーモフィラス菌の作用により、乳および乳製品を乳酸発酵して得た凝固乳製品をいう。

#### \*2) 日本のヨーグルト定義:

日本にはヨーグルトという名称での規格はない。ヨーグルトにあたるのが「発酵乳」。「発酵乳」とは「乳またはこれと同等以上の無脂乳固形分を含む乳等を乳酸菌または酵母で発酵させ、のり状または液状にしたもの又はこれらを凍結したもの」

サーモフィラス菌のみを使用しており、本来の国際規格<sup>\*1,2)</sup>に則った「ヨーグルトの正統」である。

『明治ブルガリアヨーグルト LB81』には2種類の乳酸菌が使われている。その2種類とは、桿菌のブルガリア菌（ラクトバチルス・ブルガリカス）と球菌のサーモフィラス菌（ストレプトコッカス・サーモフィラス）である。この2種類の乳酸菌は、古来ヨーグルトづくりに使われてきた乳酸菌で、単独よりも一緒にいることによりお互いが助け合って短時間に増殖するという性質を持っている。

実際にブルガリア菌とサーモフィラス菌を乳に混合接種すると、まず生育の早いサーモフィラス菌が、乳の中のわずかなアミノ酸やペプチドを利用して増殖し、同時にブルガリア菌の生育に必要な蟻酸（ぎさん）を作る。すると、ブルガリア菌はこの蟻酸を取り込んで増殖し、同時にサーモフィラス菌の増殖を促進するアミノ酸やペプチドをつくる。つまり、ブルガリアヨーグルトに使われている2種類の乳酸菌は、お互いの弱点を補完し合って増殖し、乳酸を多量に生成する。

## 5. 「LB81」の意味

『明治ブルガリアヨーグルト LB81』には、ブルガリア菌とサーモフィラス菌の2種類が使用されている。「LB81」の意味は、乳酸菌の菌株ナンバーに由来している。「LB」は、乳酸菌を意味する Lactic Acid Bacteria（ラクティックアシッドバクテリア）の頭文字のこと。「81」は、使用菌株であるブルガリア菌 2038 株とサーモフィラス菌 1131 株の末尾番号を組み合わせたものである。日本のように原料乳の品質や味にあまり差がない場合、本質的には発酵のスターター（発酵を引き起こすために加える乳酸菌）によって、出来上がるヨーグルトの

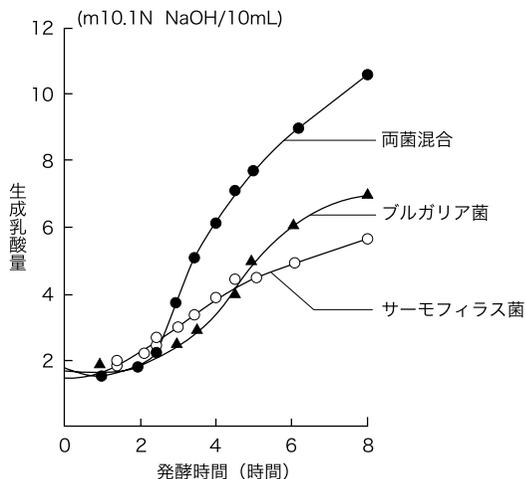


図3 ブルガリア菌とサーモフィラス菌の混合スターター、および単独株の乳酸菌生成曲線

特徴がきまる。

どのような乳酸菌をスターターに用いるか、どう組み合わせるかの違いによって、最終的に出来上がるヨーグルトの風味などの特徴が決まる。乳に由来する成分のみを使用しているプレーンヨーグルトでは、特に乳酸菌の選択が重要である。『明治ブルガリアヨーグルト』のために選ばれた乳酸菌の証が「LB81」である。

## 6. 特定保健用食品に認定

1996年、『明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン』は厚生省（現・厚生労働省）より、特定保健用食品の表示許可をうけた。1日100g以上摂取することで、『明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン』に使用されている LB81 乳酸菌が ●腸内細菌のバランスを整える。 ●お腹の調子を良好に保つということが科学的に証明された結果である。（株）明治のヨーグルトで特定保健



特定保健用食品マーク

\*2009年9月1日より、「特定保健用食品」の認可は厚生労働省から、消費者庁に移管された。



明治ブルガリア  
ヨーグルト  
LB81 プレーン  
450g



明治ブルガリア  
のむヨーグルト  
LB81 プレーン  
1000ml



明治ブルガリア  
のむヨーグルト  
LB81 プレーン  
500ml



明治ブルガリア  
のむヨーグルト  
LB81 プレーン  
220ml



明治ブルガリア  
のむヨーグルト  
LB81 プレーン  
100ml × 4

用食品に認定されているのは、『明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン』のほか、『明治ブルガリアヨーグルトのむヨーグルト LB81 プレーン』などのドリンクタイプヨーグルトもあり、100ml 以上摂取することで同じ効果が得られる。

## 7. 善玉菌と悪玉菌

人間の腸内には約 100 種類、約 100 兆個の細菌がすみついて、人の健康に様々な影響を及ぼしているが、これらの腸内細菌はその影響面から大きく次の 3 種類に分類される。

### ●善玉菌

消化吸収を助けたり、病気に対する抵抗力をつけるなど人体に有用な働きをする菌。

### ●悪玉菌

細菌毒素を生成して、腸内腐敗を起こしたり炎症を起こす物質や発がん性のある物質をつくる悪い菌。

### ●日和見菌（ひよりみきん）

特に良い働きもしない。腸内に善玉菌が多いとおとなしく、悪玉菌が増えると悪さを始める性質がある。

以上にあげたような腸内菌が、叢（くさむら）のように群がって形成する集合体のことを「腸内菌叢（きんそう）」という。人の健康には、この腸内菌叢のバランス、つまり、善玉菌と

悪玉菌の力関係が密接にかかわっている。そして、この腸内菌叢のバランスを整えてくれるのが乳酸菌である。ヨーグルトに含まれる乳酸菌は、腸内の善玉菌が増殖する手伝いをしている。

## 8. 善玉菌の増殖を助けるヨーグルトの乳酸菌

ヨーグルトの乳酸菌が作り出す乳酸や酢酸などの有機酸は、悪玉菌の増殖を抑えて腸内腐敗を防いだり、腸管を刺激して腸のぜん動運動を活発にしたりする。さらに、ヨーグルトに含まれる乳糖が善玉菌の栄養となり、その増殖を助ける。これらの作用により、腸内菌のバランスが改善されることが明らかになり、特定保健用食品に認定された。

## 9. プレーンヨーグルトカテゴリーでは約 50% のシェア

『明治ブルガリアヨーグルト』ブランドは、日本人の食習慣の多様化や健康志向の高まりにあわせて、プレーンヨーグルトの約 50% の商品に成長した。(株)明治は、これからもヨーグルトの正統としてのブルガリアヨーグルトの味わいを守っていく。また、健康作用に関する研究や、新たなヨーグルトの楽しみ方といった情報を発信していく。

### 10. パッケージの推移

1971年3月日本初のプレーンヨーグルトとして『明治プレーンヨーグルト』が発売された。当時の容器は現在のようなプラスチック容器ではなく、牛乳パックと同じ形の紙容器入りであった。中身が最後まで取り出しづらいなど、消費者から不満の声が多く寄せられたので新たな容器開発を開始した。その結果、1981年から現在のようなプラスチックの蓋付きの容器になった。



1971年発売時の容器



現在の容器

### 11. 『明治ブルガリアヨーグルト』をターゲット、TPOと5Pののっとり紹介

新商品を開発し、その商品がお客様の手元に届くために、筆者は新商品開発5Pをチェック用に使用している。

まず第一に「Product」ありきである。「Product」には商品コンセプト、商品仕様、ネーミングなどを決定しなければならない。

第二は「Package」である。包装仕様、デザインなどを決定しなければならない。

第三は「Price」である。

第四は「Place」である。『Target』の属性を定め、お客様に届けるにはどのチャネルが良いのか。量販店なのか、CVSなのか、専門店なのか、ドラッグなのか、それとも通販なのか。色々なチャネルがあるので選択と集中が必要に

なる。

第五は「Promotion」である。店頭プロモーション、媒体プロモーションなど費用がかかるので効果的なメディアミックスが重要である。

最後に5Pではないが、『Target』がある。全ての5Pは『Target』を明確にした後のことである。「Product」は『Target』が明確にならないと決まらないはずである。さらに、包装仕様を決定するうえで重要なのがT (Time) , P (Place) , O (Occasion)である。この考えに基づき、『明治ブルガリアヨーグルト』の開発から現在までを整理してみる。

『Product』は1970年大阪万博でそれまでに商品開発の案を練っていたプレーンヨーグルトをブルガリア館で見つけたことから始まる。研究員や幹部が試食した。研究員は研究所に持ち帰り、試作を繰り返した。『Product』はブルガリア館で見つけたプレーンヨーグルトである。『Package』は牛乳に使用されていた紙容器を使用した。基調は黒で消費者の評価は好ましくなかった。

現在のプラスチックの蓋のようになったのは1981年からである。もちろん、デザインも一新された。最大の課題は日本人が食べたことがない酸味の強いプレーンヨーグルトを如何にして消費者に食べてもらうかである。『Promotion』

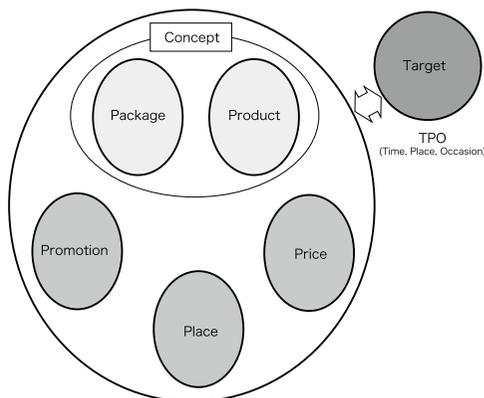


図4 商品開発5P；開発品はユーザーの手元に届く仕組みになっているか

には担当者の積み重ねたミーティングでのアイデアでネーミングに本物のヨーグルトを消費者に認知してもらうため”ブルガリア”を入れることである。このためにブルガリア大使館に何度となく訪問し使用許可を得た。

この結果、『明治ブルガリアヨーグルト』が誕生した。次の大きなエポックは、1996年に当時の厚生労働省から「特定保健用食品」の認可を得たことである。これを機に、さらに、消費者に体に良いことが浸透していった。『Place』は家族全員に食していただきたいことから量販店中心に販売を開始した。

1991年発売当初は消費者から支持されなかったプレーンヨーグルトが現在では食パンとほぼ同じ2800億円（購入金額）まで成長した。

#### おわりに

国内で初めて、ブルガリア発の『明治プレーンヨーグルト』が発売されたのは1971年3月、新宿のタカノフルーツパーラーでの試食販売からである。それまでのヨーグルトは甘くデザー

ト感覚で食べられていた。ところが、プレーンヨーグルトは甘みはなく味といえば酸味のみであった。欧米に住んだ経験がある人以外は初めての味であり、受け入れられなかった。これを解決するために、長寿の国『ブルガリア』生まれを消費者に理解してもらうためにブルガリア政府から商品名に『ブルガリア』を使用する許可を得たことである。さらに、1996年に「特定保健用食品」の認可を得、真に体に良いことを国に認めてもらったことである。こういった創造的な試みから消費者に認めてもらい、1世帯当たり8000円以上のプレーンヨーグルトを購入するに至った。課題は1999年までは順調に伸びてきたが、2000年以後の伸びがないことである。メニュー提案など幾つかの施策はされているが、やはり『LG21乳酸菌』のような、本質的な新たな健康機能を有する乳酸菌入りプレーンヨーグルトを新規に開発することである。今後は日本初で海外にも積極的に市場展開していただきたい。

## 築地市場魚貝辞典（アイナメ）

冬の厳しい寒さが和らいでくる頃には、日差しも温かみを取り戻してくるように感じる。築地市場の大屋根には明り取りがあつて、そこから差し込む光の強さが日毎に増してくる。大通路に霧が掛かっていると、空間を斜めに横切る光の束が鮮明に見えてくる。古い築地の写真などで、何度か見たことのある光景なのであるが、古めかしい無骨な屋根と、その下で繰り広げられる雑踏の間を横切る光が、なにやら芸術作品でも見るようで、かといって、築地以外では味わえない雰囲気も加わって、好きな風景の一つとなっている。今朝も、光の中をターレットが走り回っているが、気に留めている人はいないようである。今回は春の魚、アイナメを紹介する。



差し込む朝の光

### 一分類一

これまでは、アイナメの分類を聞かれると、カサゴ目アイナメ科アイナメ属である、と答えていた。アイナメ科アイナメ属は問題ないとして、問題はカサゴ目である。カサゴ目は魚の中でも大きなグループの1つで、カサゴをはじめ、オニオコゼ、ホウボウ、カジカといったトゲ立った印象の魚が多く含まれるグループである。その共通の特徴とされるのが、眼の下側にある骨（眼下骨棚）が体の後ろに向かって伸びる、というものであった。外見をみただけでは、ほとんど気づかない。ところが、近年盛んになった遺伝子解析によって、魚類の分類も大幅な見直しが進み、カサゴ



アイナメ

目がまとまりのあるグループではなさそうなのである。カサゴのグループにはハタの仲間が入り、アイナメはカジカのグループに入るようである。そして以前は近いと思われたギンダラが少し離れ、反対に遠く離れた仲間であったハタハタが隣にやってきました。まだ学説が定まっていないので、アイナメの位置づけがはっきりするのは、少し先のことになりそうである。

アイナメ科には5属12種が含まれる。これら12種のすべてが、北太平洋の温帯から寒帯の沿岸海域に分布している。5属のうちアイナメ属とホッケ属以外は日本に分布しない。アイナメ属には6種が含まれ、このうち日本近海にはアイナメのほかクジメ、ウサギアイナメ、スジアイナメ、エゾアイナメなど5種が分布している。特徴から見ると、魚らしい形をしている魚のうち、背鰭（せびれ）が頭の後方から尾鰭（おびれ）の付け根近くまで連続し、背鰭の前半は柔らかいトゲで支えられており、背鰭の中央付近がくびれていて、体の側線（そくせん）が5本あり、尾鰭の後端は切り落としたように直線的ない魚、ということになる。なお、ホッケ属には、ホッケとキタノホッケの2種のみが含まれる。



ギンダラ



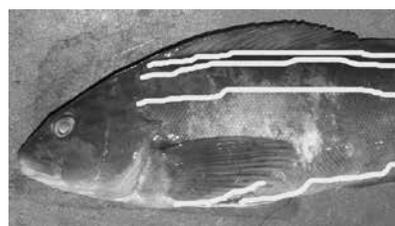
クジメ



ウサギアイナメ



ホッケ

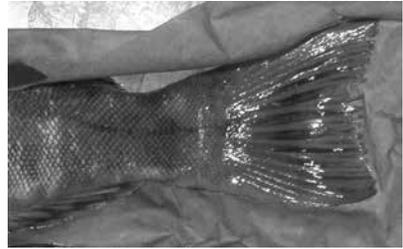


アイナメの5本の側線

### —形態—

街の魚屋やスーパーで、アイナメがたくさん売られているのを見ることは少ない。見かけるときは切り身ではなく丸ごとおかれることが多いのであるが、一般の方でアイナメの姿が思い浮かぶ人は少ないであろう。全体的な形は魚らしい形で、体はやや細長い。頭はやや小さ

めで、体長の1/4ほど。口はあまり大きくなく、唇が厚い。全身は、やや細かい鱗に覆われていて、触るとざらざらする。鱗ははがれにくい。周囲の状況を感じるための側線は5本ある。眼の後ろ側には、大きく細長く伸びた胸鱗が目につく。



尾鰭

背鰭と腹鰭は体の3本は背中側に、2本は腹側にあり、腹側の1本は短く胸鱗の下側付近にある。背鰭は頭の後方から始まり、尾鰭の付け根近くまで連続する。中央付近がくびれていて、柔軟性のあるトゲで支えられている。尾鰭の後端は切り落としたように直線的になっている。胸鱭はやや大きい。

体色は変化に富んでいる。基本的な色合いは、茶褐色に暗色のまだら模様があり、腹側は白い。黒っぽい茶色から、緑色がかったものなども見られる。海藻の多い海底では、背景に溶け込んで見つけにくい。繁殖期になると、オスは明るい黄色になる。

体長40cmを越える。

近縁のウサギアイナメは、アイナメより大きくなり、体長60cmを超える。尾鰭の後端は団扇のように丸みを帯びる。顔つきも、ややすまじまりのように見える。アイナメに似た体色であるが、どぎつい赤などのことがある。

### 一生態一

北海道から九州、朝鮮半島南部から黄海に分布する。水深1mから90mまでの岩礁や藻場、礫底、砂泥底、港湾の防波堤などにすむ。海底の物陰で、じっとしていることが多い。海底の小魚や甲殻類、ゴカイなどの小動物を食べる。

産卵期は9月から1月で、北で早く南に行くほど遅くなる傾向がある。卵は直径2mmほどで粘着性があり、ボール状の塊となって海藻の根元などに生みつけられる。卵塊の色は褐色、緑色、紫色など変化に富んでいる。メスは産卵後その場を離れるが、オスは卵が孵化するまでのおよそ1ヶ月間、卵を保護する。ふ化した稚魚は一度沖合に出て浮遊生活をしながら動物プランクトンを食べてすごし、体長2cmから4cmになると再び沿岸に戻ってくる。春先になると磯で沖から戻ったばかりと思われる稚魚を目にすることがある。1年で体長15cm、2年で20cm、3年で30cm、4年で40cmに成長する。寿命は8年以上。ウサギアイナメはアイナメより冷たい海を好み、日本海北部からベーリ

ング海に分布する。

### 一漁業一

アイナメは岸近くの岩場や藻場などにすむので、海底に網を這わせる刺網（さしあみ）や、船で網を引く底曳網、縄にたくさんの釣り針を付けて海底に這わす延縄、釣りで漁獲されている。北海道では、中に餌を入れておびき寄せる籠（かご）を使った漁も行われている。岸から簡単に釣ることができるので、釣りの対象にもなっている。三陸に住んでいたころ、港や浜で釣り糸を垂れると、まず掛かってくるのがアイナメであった。



活メで入荷したアイナメ



鮮魚で入荷したウサギアイナメ

浅い海に住み、遊泳性も少ないので飼育しやすいが、コスト面で割が合わないためか、養殖は行われていない。海外では朝鮮半島南部や黄海に分布しているが、輸入されていないと思われる。

築地市場には、主に鮮魚で入荷するほか活魚でも入荷する。産地は、北海道、青森県、岩手県、関東沿岸など北日本からの入荷が多い。ほぼ周年入荷しているが、3月から6月にかけて入荷量が多くなっている。仲卸の方に話を伺うと、普段は安い魚であるが、春先になると料亭などでの需要があるので値が上がるとのことであった。仲卸店舗を歩くと、発泡スチロール製トロ箱に入った鮮魚のほか、水槽で生かして売られている活魚、それを店先でメたアイナメを見かける。褐色や黄色のアイナメに対して、濃い赤あるいは大きめのウサギアイナメは目立つ。入荷量は多くはないが、青森県や北海道から入荷しているのを見ることができる。このほかクジメやスジアイナメも入荷するが、稀である。

### 一利用一

身は白身で、血合は少ない。やや柔らかく、大きなものでは脂も乗っているため鮮度低下が早い。新鮮なものは刺身で食べられる。癖がなく、上品な味である。仲卸の方の話では時期によって寄生虫が多いので、注意が必要とのことであった。そのほか塩焼き、味噌の付け焼き、照焼、煮付け、椀だね、唐揚げなど、何にでも向く。浜辺で釣り上げたばかりのアイナメに串を打ち、焚き火で塩焼きにしたことがあったが、

野趣満点であった。

アイナメの産卵期は、9月から1月である。産卵を終えた後、餌をたくさん食べ、栄養を蓄えてきた春が旬といえるだろうか。

—エピソード— アイナメも地方名が多い魚である。地域に根ざした名前があるということは、その地域で古くから親しまれた証だと思う。「あいなめ」は、もともと東京付近での呼び名であつたらしい。現在でも東京湾内でアイナメは漁獲されるが、高度経済成長期の大規模な埋め立てが行われる以前の漁獲量とは比べるまでもない。築地市場でもアイナメと呼ばれている。近縁のウサギアイナメは、場内では「あぶらこ」と呼んでアイナメと区別しているようである。築地市場では、ウサギアイナメに限らず、産地の名前がそのまま使われていることが多く見受けられる。北海道で「あぶらこ」。東北地方で「ねう」と呼ばれる。初めて岩手県の魚屋の店先を覗いたとき、切身に貼られた「ねう」の表示にいったいどんな魚だろうか、と思ったことがある。関西で「あぶらめ」。かつて長崎では「やすり」と呼んだそうであるが、ざらついた鱗を表現しているようで、おもしろい。本を読んでいると、山口県徳山では「もみだねうしなひ」と呼ばれるとある。現在でもこの地方でその名が使われているのかは、行ったことがないのでわからないが、春先のおいしいアイナメにうつつを抜かし、大切な初産を失うこととなつたいわれが面白い。

#### 文 献

- 1) 上野輝禰, 坂本一男: 魚の分類の図鑑, 東海大学出版会 (1999)
- 2) 上野輝禰, 坂本一男: 日本の魚, 中公新書 (2004)
- 3) 中坊徹次 (編著): 日本産魚類検索 全種の同定 第2版, 東海大学出版会 (2000)
- 4) 山田梅芳, 時村宗春, 堀川博史, 中坊徹次: 東シナ海・黄海の魚類誌, 東海大学出版会 (2007)
- 5) 宗原弘幸, 後藤晃・矢部衛 (編著): カジカ類の多様性 適応と進化, 東海大学出版会 (2011)
- 6) 山田梅芳, 時村宗春, 堀川博史, 中坊徹次: 東シナ海・黄海の魚類誌, 東海大学出版会 (2007)



## “薬膳”の知恵 (65)

Key Words : 薬膳 ■ 食養生 ■ 糖尿病 ■ 養生茶

荒 勝俊\*

最近、中国においても食生活環境が欧米化し、肥満と共に糖尿病が増加傾向にある。糖尿病は中医学においては“消渴（しょうかつ）”と呼ばれる。その症状は、多飲（渇き）、多食、多尿、消瘦（痩せすぎ）で、“三多一少”と表現される。多飲は肺で“上消証”，多食で痩せるは胃で“中消証”，多尿は腎臓で“下消証”と三種に分類される。一方、西洋医学においては、急性発症型の若年型の糖尿病1型、肥満や慢性膵臓炎などの病因によって中年以後に発症する糖尿病2型に分類される。

糖尿病の原因は、体質、特にインスリン非依存型といわれる人は遺伝的な素因が大きく、糖尿病になりやすい。また、飲食不節（食べ過ぎ、飲み過ぎによる脾胃の運行失調）、房室過度（過労による津液の消耗）、情志失調、運動不足、により肺、胃、腎の陰液不足、燥熱内盛を引き起こし、糖尿病になる。従って、糖尿病に対して中医学的には肺燥を潤い、胃熱を清め、腎陰を補う事が治療原則となっている。

中医学では人体を一つの有機的統一体と考え、人体の構成要素である気・血・津液のバラ

ンスを改善させる事でその人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内部を整え、新陳代謝を改善し、糖尿病や合併症が改善できると考えている。

そこで、中医学の基礎概念である陰陽五行学説に基づき、健康管理や病気治療のために食材の持つ様々な機能を組み合わせで作った“薬膳料理”を食す事で人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内部を整える事で糖尿病に対して改善できると考えている。



### 1. 中医学における糖尿



糖尿病は中医学においては“消渴（しょうかつ）”と呼ばれ、その症状は、多飲（渇き）、多食、多尿、消瘦（痩せすぎ）で、“三多一少”と表現される。

#### ① 飲食不節による発症

長期間の過食により胃失和降となり、鬱して胃熱が形成されると体内の陰液が消耗して陰虚燥熱の病態となり、糖尿病を発症する。

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

## ②情志失調による発症

長期間にわたって強い精神的刺激を受ける事で肝の疏泄機能が低下し、気鬱・気滯状態を起こす。更に、この状態が続くと化火し、火邪が肺・胃など全身の津液を消耗させ、陰虚燥熱の病態が引き起こし、糖尿病を発症する。

## ③房室過度・運動不足による発症

房室過度によって腎の陰精を消耗し、体内の陰液の虚損（陰虚）によって陰の機能が低下し、肺・胃を滋潤・濡養する作用が不足する事で、肺燥・胃熱を引き起こし、糖尿病を発症する。

多飲は肺部で“上消証”，多食で痩せるは胃部で“中消証”，多尿は腎臓部で“下消証”と三種に分類される。

### 1-1. 上消証

症状：口渴，多飲，多尿，頻尿，多食，空咳，鼻咽部の乾燥感，などを伴う。

弁証：肺熱津傷

立法（治療原則）：清熱潤肺，生津止渴（肺熱を清め，津液を増やす）

### 1-2. 中消証

症状：食欲旺盛，多食，口渴，便秘，煩熱，多汗，身体消瘦，消穀善飢（いくら食べてもお腹が空腹感を覚えやすい），などを伴う。

弁証：胃熱熾盛

立法（治療原則）：清瀉胃熱，養陰生津（胃熱を清め，陰を養い，津液を増やす）

### 1-3. 下消証

#### 1) 腎陰虚

症状：多尿，頻尿，口唇の乾燥感，眩暈，のぼせ，目がかすむ，手足ほてりを伴う。

弁証：腎陰虚

立法（治療原則）：養陰固腎（腎陰を補い，腎の固摂作用を強める）

#### 2) 陰陽両虚（腎陰虚の病態が進むと陰陽両虚に移行）

症状：多尿，頻尿，口渴，顔色が黒い，四肢冷え，陽萎（インポテンツ），腰痛，下肢のだるさ，

閉経を伴う。ひどくなると飲一尿一（飲むと直ぐに排尿）の症状を呈する。

弁証：陰陽両虚

立法（治療原則）：滋陰補陽，強腎固摂（腎陰を養い，陽を温め，腎の固摂作用を強める）  
海馬補腎丸，六味地黄丸，金匱腎気丸，牛車腎気丸などが古来より有名な方剤として処方されている。



## 2. 糖尿の食養生



消渴証の主な状態は“陰虚燥熱”，“気陰両虚”である。従って，滋陰清熱や気陰両補の働きを持つ粳米，小麦，高粱，トモロコシ，ハトムギ，大豆，緑豆，黒豆，セロリ，ほうれん草，山薬，人参，茄子，椎茸，きくらげ，蓮根，トマト，白菜，胡瓜，苦瓜，昆布，牡蛎，スッポン，鰻，西瓜皮，山子，枇杷，梅，梨，石榴（ザクロ），などの食物を摂取する事で陰陽のバランスを回復し，症状の緩和，血糖値の降下に役立つと考えられる（図1）。



## 3. 糖尿と養生茶



### 1) サラシア茶

ニシギギ科の弦性の植物で，中国，東南アジア，インドなどの熱帯地方に自生する。インドに伝わる伝承医学（アーユルヴェーダ）に，サラシアが糖尿病の治療に用いられたという記録が残っている。

### 2) ヤーコン茶

エクアドル南部のペルー国境近くにあるビルカバンバ村がヤーコンの発祥地域である。古来よりヤーコン茶は糖尿病や高血圧に有効な飲料として飲まれてきた。ヤーコン茶に含まれるクロロゲン酸は，中性脂肪を分解してコレステ

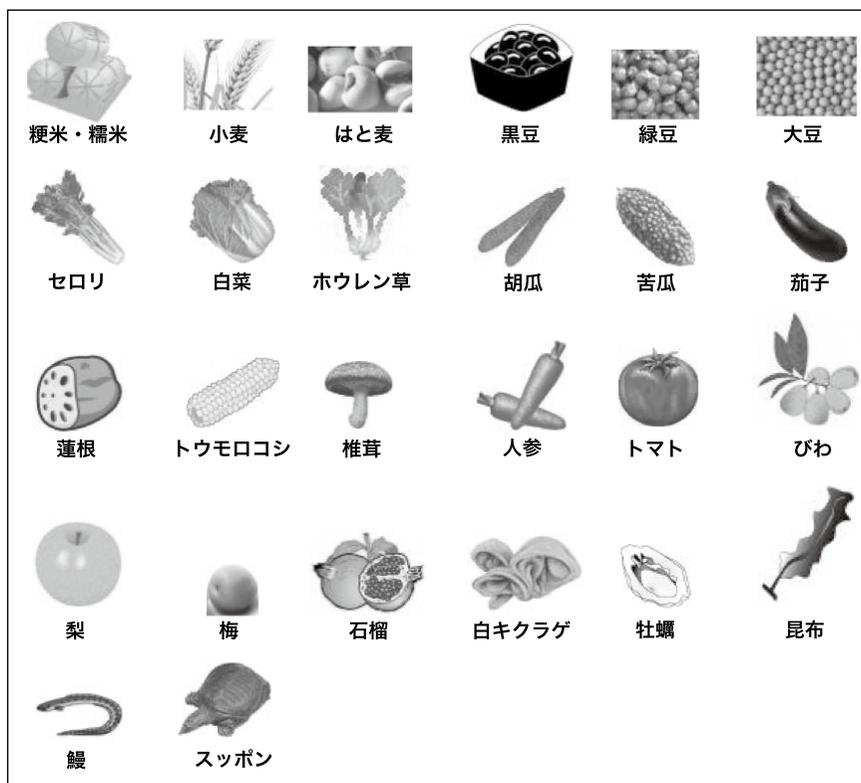


図1 糖尿病の食養生

ロールを減らす作用、血糖値の安定化を促す作用、抗酸化作用、抗変異原性、などが報告されている。

### 3) 白茶

白茶は、緑茶・紅茶・黄茶・黒茶・青茶・白茶の6つに分類される中国茶の1つで、高尚な香りと上品な味わいから中国皇帝が愛飲し、古来よりとても大切に飲まれてきた貴重なお茶である。白茶の製造には、ふわふわとした毛で覆われた新芽を1つ1つ丁寧に手で摘んで作られる。収穫期は年2回のみで、生産量は世界のお茶生産量の0.1%未満と極端に少ない。白茶は、白い毛に覆われている一葉と二葉のみを摘み取り、数時間発酵させたら、すぐに火を入れ発酵を止め乾燥させる。

古来より、白茶は中国において「若返りの水」と伝えられており、細胞の老化防止効果を持つ

抗酸化物質や、ミネラル・ビタミンが非常に多く含んでいる。美白、糖尿病、高脂血症、肝臓機能の低下、免疫力の向上、癌予防、腫瘍成長の抑制、血糖値や脳卒中、心臓病のリスクを軽減させる効果を有すると報告されている。

### 4) 緑茶

甲子園大学栄養学部・山本國夫助教授と花王は共同で、2型糖尿病の患者43人に対し高濃度茶カテキン飲料を12週間継続摂取させたところ、血糖値やヘモグロビンA1cが低下したことを明らかにした。この様に、高濃度茶カテキン飲料の長期摂取により血糖値を下げる事から、糖尿病の食事療法の素材の一つとしての有効性が期待されている。更に、体脂肪の低減効果も見られ、副作用などは確認されなかったと報告している。



図2 ザボン

### 【中国・上海事情⑥】

上海の果物屋を見に行くと、先日までは葡萄や西瓜が売られていると思っていたら、最近大きな柑橘類を目にする様になった。“ザボン”，別名“ブンタン”である(図2)。上海では秋以降，日本の蜜柑のようにどこにでも売られている。値段は1.4Kgで4.5元(500円)ぐらいだ。

ザボンの名前は，ポルトガル語の zamboa から転じたという説がある。また，ブンタンの名前は，清国広東省の通商船長「謝文旦」(しゃぶんたん)の名前から取ったと言われている。

ザボンの樹は3mほどにまで育ち，実は直径15cmから25cm，重さ500gから2kgまで様々な大きさに育つ。

果実は皮の厚さが特徴で，果肉は果汁が少ないが独特の甘みと風味を持つ。ザボンはミネラル，酵素，クエン酸及び大量のビタミンCを豊富に含み，またコレステロール低下効果が報告されている。ザボンの表皮は精油を豊富に含んでおり，ザボンの皮を入れたお風呂に入ると美容，疲労解消の効果がある。

原話は，文化3年(1806年)に出版された笑話本・「江戸嬉笑」の一遍である『茶菓子』。

主な演者として，6代目三遊亭圓生，3代目三遊亭金馬や10代目柳家小三治などがある。椋の皮：落語の中で石鯀の代用に“椋の木の子”が用いられたと語っているが，本来は“無患子(むくろじ；ムクロジ科で高さ約10～15mの落葉高木)”が使われた。球状の核果を結び，種子は羽子(はご)の球に用い，果皮はサポニンを多く含むので石鯀の代用とされた。

### 【茶の湯】

息子に家督を譲って，隠居所を探していたら茶道具一式と，孫店付きの長屋が付属した，住まいが見つかった。賑やかな蔵前から根岸の里に小僧の定吉を連れて移ってきたが，毎日が退屈で仕方がない。近所は琴や生花，盆栽を楽しむ風流人が多く，自分たちも何か風流な事をやってみたかった。

幸い茶道具が揃っていたし，お菓子も食べられるので，茶の湯を始める事にしたが，ご隠居はずいぶん昔に覚えたので忘れたというし，定吉は全くの素人である。

ご隠居は茶の湯に緑色の粉を使う事を思い出し，定吉に買いに行かせるが，緑の粉が何だったか分からない。定吉は乾物屋で”青黄粉”を抹茶と思って買ってきたが，点ててはみたが泡が出ない。そこで，定吉は泡が出るものを探しに隠居所を飛び出し，“椋(ムク)の皮”を買って戻ってきて，煮えたぎった茶釜に放り込んだ。実は“椋(ムク)の皮”とは，羽子板の羽根の元につけたもので，石鯀の無かった時分には洗濯をするのに使われていたという代物。ぶくぶくとモノの見事に泡が立ったが，飲めたモノで

\*\*\*\*\*

今回は“ほうじ茶”を題材にした落語を紹介する。「茶の湯」は，古典落語の演目の一つ。

\* ほうじ茶：日本緑茶の一種で，煎茶や番茶を焙じて飲用に供するものを指す。独特の香ばしさを有する。



図3 茶の湯

はない。無理して飲んだらたちまち腹をこわし、雪隠（トイレ）へ駆け込む始末。三度三度、食前食後に茶の湯を4～5日も続けると、すっかり体調を崩してしまった。ご隠居はこのまま小僧の定吉と二人で茶の湯を続けると体がもたないので、お客を呼ぶ事にした。茶の湯の作法を知っている人を呼んでしまうと自分たちの無作法が判ってしまうので、隠居所に付設している長屋に住んでいる連中を呼ぶことにした。茶の湯の招待を受けたのは、隠居の家作内に住む理屈の多い豆腐屋と鳶の頭と手習いの師匠の三人。茶の湯を知らない三人だが、恥をかくくらいなら店をたたんで引越そうと考える。そこで長屋連中に挨拶まわりをすると長屋中が引越し準備をしていることに気づく。それならいっそ皆で茶の湯に行き、堂々と恥をかいてから引越しをしようと招待を受けることになった。

隠居所の茶の湯に参加してみたが、茶はひどい味であった。しかし、口直しの羊羹は美味しく、羊羹目当てにやってくる近所の連中も出てきた。晦日になってお菓子屋の帳簿を確認すると、えらく羊羹代がかかっていることに気付いた隠居は、『こう菓子代ばかり高くてついたのではたまらない』と、茶菓子も定吉と二人で自前で作ることにした。オリジナル菓子「利休饅頭」をこしらえる。黒砂糖と蜜とふかし芋をすり鉢に入れて混ぜ合わせ、型に入れた後、灯し油を塗る。“利休饅頭”と勝手に名づけ、羊羹の代わりにふるまったものだから、来た客はいい迷惑だ。見た目は黒光りして美味そうだが、食べられた代物ではない。

ある日、そんな事とは知らない金兵衛さんが訪ねてきた。ご隠居はしばらく茶の湯をやれなかったもので、大はりきり。金兵衛さん、出てきたお茶を一口飲んで「ウオッ、あわてて口直しをしようと饅頭を口に入れて「アヒャッ」…あわてて便所に逃げ込み、このひどい饅頭を捨てる場所はないかと見渡すと、窓の外に建仁寺垣があって、一面の田んぼが広がっている。『ままよっ!』と垣根越しに投げ投げると、畑仕事をしているお百姓さんの顔にベチャ…

お百姓さんそれを取り上げ、「また、ご隠居は茶の湯をやってるな!」

\*\*\*\*\*◀◀

..... 引用文献 .....

- 1) 中医学の基礎 平馬直樹・兵頭明・路京華・劉公望監訳 東洋学術出版社
- 2) やさしい中医学入門 関口善太著 東洋学術出版社
- 3) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社
- 4) 東洋医学の基本 後藤修司監修 日本実業出版社
- 5) 薬膳と中医学 徳井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 6) 全訳中医診断学 王億勤主編 たにぐち書店
- 7) 漢方アドバイザー養成講座テキスト 漢方に関する基礎知識編 第二巻 JACDS
- 8) 中国茶譜 宛曉春主編 中国林業出版社
- 9) 中国茶図鑑 工藤佳治、兪向紅著 文藝春秋
- 10) 皇帝内経 養生図典 海豚出版社

ご案内

## 「国際粉体工業展東京 2012」出展申込受付中

出展申込締切：7月31日（火）

一般社団法人日本粉体工業技術協会は、2012年11月28日（水）から30日（金）までの3日間、東京ビッグサイトにおきまして「国際粉体工業展東京 2012」を開催いたします。粉体工業展は東京/大阪交互に隔年開催しており、東京での開催は今回で19回目となります。先端材料の発展に貢献する「粉体技術」に関する専門展示会として、最新の粉体技術・関連機器が一同に公開され、製品・技術発表の場、市場開拓と事業拡大の場、さらには産学官交流の場として毎回高い評価をいただいております。

今回も、著名な講師をお招きして開催する特別講演、最新情報フォーラムをはじめとする各種セミナー、特別展示「粉の広場」における多彩な企画など、粉体技術に関連するあらゆる情報を発信するイベントとして、関係者一同、綿密に準備を進めてまいります。関係各位のご参加を心よりお待ちしております。

### 開催概要

名 称：国際粉体工業展東京 2012 POWTEX TOKYO 2012

テ ー マ：この一粒・・・夢をかたちに 一粉の技術ー

会 期：2012年11月28日（水）～30日（金）10：00～18：00 [但し30日（金）は10：00～17：00]

会 場：東京ビッグサイト 東1・2・3ホールおよび会議棟

主 催：一般社団法人日本粉体工業技術協会

後 援：農林水産省／文部科学省／環境省／（独）産業技術総合研究所／（独）労働安全衛生総合研究所／（独）日本貿易振興機構（ジェトロ）（以上申請予定）

特別協賛：粉体工学会／公益社団法人化学工学会／一般社団法人製剤機械技術研究会／日刊工業新聞社／フジサンケイ ビジネスアイ（以上申請予定）

海外協賛：中国顆粒学会（Chinese Society of Particuology）／UBM Canon／ケムテック財団（Chemtech Foundation）／ニュルンベルクメッセ中国社（NMC）

協 賛：61 関連団体（申請予定）

### 小間規格と出展料（1小間あたり）

小間規格：間口3m×奥行3m×高さ2.7m（但し10小間以上の独立小間は高さ5mまで可）

出 展 料：日本粉体工業技術協会会員：325,500円（消費税込）

一 般：367,500円（消費税込）初回出展社限定トライアルブース（基本装飾付き）

小間規格：間口3m×奥行2m×高さ2.7m

出 展 料：325,500円（消費税込、会員・一般共通）

### 話題性のある多彩な併催行事（一部予定）

#### ① 特別講演

11月28日の15時より、「グリーンイノベーションとナノサイエンスのつながり」と題し、トヨタ自動車（株）電池研究部長 射場 英紀氏による特別講演を開催致します。

#### ② 最新情報フォーラム

会期中3日間、「ナノマテリアル」、「二次電池」、「リサイクル」にスポットを当てたフォーラムを開催し

ます。また、同テーマに関連した特別展示ゾーンも設置します。

③ 粉じん爆発情報セミナー

粉じん爆発の危険性評価、予防などに関するセミナーを開催します。

④ ナノ物質の安全性に関するセミナー

ナノ物質に関するリスク評価、安全性確保の取組みをテーマにしたセミナーを開催します。

⑤ 分科会による最新情報セミナーと参加者による見学ツアー

主催者である一般社団法人日本粉体工業技術協会の分科会による技術セミナー及び見学ツアーを開催します。

⑥ 粉体工学基礎講座

粉体工学の基礎を理解するために必要な知識、用語をわかりやすく解説する講座を開設します。

⑦ 標準粒子に関する国際セミナー

国内・海外の講師を交えて、粒子特性評価における標準粒子・試験用粒子の国際的現状と動向をテーマにしたセミナーを開催します。

⑧ 学生ツアー・交流会

新入社員、来年度入社予定者（内定者）ならびに学生の方を対象として、会場内を案内する学生ツアー・交流会を企画します。

⑨ 粉体技術総覧 2012 / 2013 の発行

粉体に関するあらゆる情報が 1 冊に集約された「粉体技術総覧 2012 / 2013」を発刊。展示会来場者のみの配布で、展示会終了後も購入の手引きとしてユーザーの方々に活用いただいております。

■同時開催

粉体工学会秋期研究発表会 会期：11月27日（火）、28日（水）会場：東京ビッグサイト 会議棟粉体工学会主催で最新の研究成果報告と、粉体技術セッションを行います。

東京展限定 特別展示（粉の広場）

① アカデミックコーナー

21世紀の日本の粉体技術を支える若手研究者の研究成果発表と表彰を行います。

② テーマパネル展示コーナー・セミナー

「粉体シミュレーションの最前線」をテーマに、粉の広場内で動画を放映します。また、同テーマでセミナーを開催します。

③ 技術相談コーナー

粉体工学会会員の先生方による技術相談です。あらゆる方面の方々からご相談が寄せられます。

④ 分科会展示コーナー

日本粉体工業技術協会の分科会が、テーマ毎に近未来技術を中心にパネル展示を行います。

⑤ 標準粉体展示コーナー

粉体物性測定装置や各種集じんの性能チェックに用いられる標準粉体を展示します。

■本件に関するお問い合わせ先

「国際粉体工業展東京2012」展示会事務局（株）シー・エヌ・ティ 担当：宗・岩崎

〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 1-24-3 FORECAST 神田須田町 4F

Tel. 03-5297-8855 Fax. 03-5294-0909 E-mail: powtex.12@cnt-inc.co.jp

公式ホームページ: <http://www.appie.or.jp>

月刊 ニューフードインダストリー

# NEW FOOD INDUSTRY

定期購読の  
ご案内

月刊「ニューフードインダストリー」は創刊54年の食品業界誌です。

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

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

年間購読料：**23,760**円（送料・税込）

お申し込み・お問い合わせは下記 FAX かお電話で

電話：**03-3254-9191** 担当：村松

**FAX：03-3256-9559**

ニューフードインダストリー年間購読申込用紙

住所 〒

氏名

会社名・所属

電話

FAX

E-mail

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

## ニューフードインダストリー 第54巻 第4号

印刷 平成24年 3月25日

発行 平成24年 4月1日

発行人 宇田 守孝

編集人 村松 右一

発行所 株式会社食品資材研究会

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)

TEL:03-3254-9191(代表)

FAX:03-3256-9559

振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318

三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432

郵便振替口座 00110-6-62663

印刷所 株式会社アイエムアート

定価 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:info@newfoodindustry.com