

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2014 Vol.56 No.5

5

論 説

- 悪玉菌を減らして自前の乳酸菌を増やすミルク抗体
- 仕込み時に砂糖と好塩性乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* を添加した魚醤油の品質
— 特に製造現場で発酵中のもろみのヒスタミン蓄積抑制について —
- 烏骨鶏卵の食品学的機能特性
— パン焼成時にともなうメイラード反応の抑制効果 —
- 食中毒と疫学 — 食の安全に向けて —
- 味噌の保健作用
- ホタテガイ内臓からのCd除去システムの開発

連 載

- ニジマスによるオキアミミール色素の吸収
- 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (11)
— “勇氣” では防げないマンソン孤虫の感染と驚愕の結末 —
- 貯蔵工程とニューポット成分の変化 (2)
- “地域密着でキラリと光る企業”
沖縄で黒糖の高付加価値化を追求している『株式会社黒糖本舗垣乃花』
- 築地市場魚貝辞典 (サヨリ)



論 説

- ☐ 悪玉菌を減らして自前の乳酸菌を増やすミルク抗体
.....塩野谷 博, 北村 香織, 鈴木 豪 1
- ☐ 仕込み時に砂糖と好塩性乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* を
添加した魚醤油の品質
— 特に製造現場で発酵中のもろみのヒスタミン蓄積抑制について —
.....高野 隆司, 里見 正隆, 小善 圭一, 原田 恭行, 船津 保浩 9
- ☐ 烏骨鶏卵の食品学的機能特性
— パン焼成時にともなうメイラード反応の抑制効果 —
.....豊崎 俊幸 17
- ☐ 食中毒と疫学 —食の安全に向けて—
.....高橋 正弘 21
- ☐ 味噌の保健作用
.....芳野 恭士 31
- ☐ ホタテガイ内臓からの Cd 除去システムの開発
.....齊藤 貴之 41
- 掲載論文の訂正とお詫び
.....前付 8

Contents

2014 年 5 月号

連 載

- ☐ ニジマスによるオキアミミール色素の吸収
..... 酒本 秀一 46
- ☐ 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (11)
- “勇気” では防げないマンソン孤虫の感染と驚愕の結末 -
..... 牧 純, 関谷 洋志, 田邊 知孝, 畑 晶之,
舟橋 達也, 玉井 栄治, 河瀬 雅美, 坂上 宏 59
- ☐ 貯蔵工程とニューポット成分の変化 (2)
..... 古賀 邦正 66
- ☐ “地域密着でキラリと光る企業”
沖縄で黒糖の高付加価値化を追求している『株式会社黒糖本舗垣乃花』
..... 田形 暁作 80
- ☐ 築地市場魚貝辞典 (サヨリ)
..... 山田 和彦 92

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料
コクベス

new発酵調味料
D&M
ディアンドエム

ゼラチン&小麦グルテン
酵素分解調味料
エンザップ

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

DM **大日本明治製糖株式会社**
食品事業部

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

悪玉菌を減らして 自前の乳酸菌を増やすミルク抗体

塩野谷 博 (SHIONOYA Hiroshi) * 北村 香織 (KITAMURA Kaori) * 鈴木 豪 (SUZUKI Suguru) *

* アサマ化成株式会社 研究部

Key Words : 乳酸菌・ミルク抗体・ホエー・腸内細菌・関節リウマチ・動物実験・ヒト・腸疾患

1. 私の乳酸菌, あなたの乳酸菌

乳酸菌が健康に良いことは今では常識となった。でも、ヒトのお腹にどれくらい乳酸菌が住んでいるか、ましてや自分に住み着いている乳酸菌については知る由もない。

アサマ化成(株)研究室で、平均年齢60歳の健康な男女ボランティア29名の、腸内各種細菌を調べたことがある。乳酸菌といっても、何種類もあるのだが、代表的には、良く知られているラクトバチルスとビフィズス菌ということになる。両者を合わせて、その数は糞便1グラム当たり最少で2千500万から、多い人で3900億、平均67億(6.7×10^9)であり、最低と最高を比べると1000倍以上の開きがあった。

2. 善玉菌, 悪玉菌, 日和見菌のバランス = 腸内細菌バランス

乳酸菌の「多」と「少」の違いを、健康・病気との関係で見てみるとどうなるであろうか。ここに焦点をあてて、我々の治験を含めて、概括したい。これがこの小論の意図するところである。

腸内に生息する細菌の総数は、ほぼ一億の百万倍 10^{14} である。この数は、細菌容積にすると、人の肝臓の大きさ、目方にして1Kgを上回る重さであるといわれる¹⁾。

これらの菌は大別して、健康に利する善玉菌、有害な悪玉菌、日和見菌の3種に分けることができる。日和見菌は、善玉菌が優勢のときは善玉菌らしく振舞うが、悪玉菌が増えると悪玉菌に変身する。善玉菌の代表が乳酸菌(ビフィズス菌 + (ラクトバチルス = 乳酸桿菌))で、悪玉菌の代表格がウェルシュ菌、デIFIシル菌、大腸菌、ブドウ球菌などである。

健康にとって、善玉菌、悪玉菌、日和見菌のバランスが大切で、腸内細菌バランスが悪玉菌に偏ることをディスバイオーシス「悪玉菌症」と称し、生活習慣病の原因となること、善玉菌優勢が長生きの秘訣であることが分かっている。

腸内細菌バランスは、年齢とともに変わり、50代を境に悪玉菌が増え善玉菌が減り、腸内細菌は悪玉菌優勢に向かう²⁾。加齢による免疫機能への影響を調べた報告によると、加齢に伴い抗体産生能力は低下し³⁾、若年動物では起こる乳酸菌投与による免疫増強が老齢動物では起こらなくなる⁴⁾。我々は『腸内細菌の悪玉菌化

に消化管免疫の低下が関与する』と仮説し、ミルク抗体を用いる免疫の補充による腸内細菌バランスの善玉菌化について検討した。

3. 善玉菌優勢と悪玉菌優勢

悪玉菌優勢が多くの病気の元として関係することが急速に分かってきた。悪玉菌優勢に陥ると食中毒、過敏性腸症候群 (IBS)、潰瘍性大腸炎、クローン病等の腸の病気だけでなく、腸内細菌とは無関係に見える関節リウマチなどの自己免疫病、アレルギー、アトピー、その他の遠因となっていると考えられるようになった。

4. 悪玉菌と細菌毒素に対する抗体を集める

新生児は生まれるとすぐ、母親の母乳を通じて免疫をもらう。母乳には母親由来の悪玉菌に対する抗体が豊富に含まれる。この母親の抗体により、子の健康が守られることが知られている。子牛の場合も同じで、ミルクに含まれる悪玉菌に対する抗体の作用により病気から守られる。生乳から悪玉菌に対する抗体を集めるにあたって、我々は菌に対する微量抗体の新規定量方法を考案し、病原細菌に対する高抗体含量の

乳清蛋白を開発した。

乳清蛋白は別名ホエー蛋白と称し、チーズ製造時の残液より得られる蛋白で、生乳中の抗体はホエー蛋白に集まる。ホエー蛋白の総抗体含有量は、0 から 5% の間に分布するが、病原菌に対する抗体含量は産地、製造条件により大きく異なる。ヒト病原菌と細菌毒素に対する抗体含有量の多い乳清蛋白を「アサマ乳清たんぱく」とした。アサマ乳清タンパクに含まれるヒト病原菌 33 株と細菌毒素に対する抗体含有量を図 1 に示した⁵⁾。

5. 「アサマ乳清たんぱく」の腸内細菌バランスに及ぼす効果

ミルク抗体摂取の効果を、ボランティアを募って調べた。平均年齢 50 歳の成人男女 18 名にミルク抗体「アサマ乳清たんぱく」10 g を 3 週間摂取してもらい、糞便細菌を T-RFLP 解析により調べた。T-RFLP 解析は菌の DNA を材料として、分子生物学的な手法による細菌分析法の一つである。T-RFLP 解析により腸内細菌 DNA を電気泳動により 29 の菌群 (OTU) に分けると、ミルク抗体摂取前後で増減があった菌群は、増加傾向 4 群 ($0.05 < p < 0.01$)、増加 6

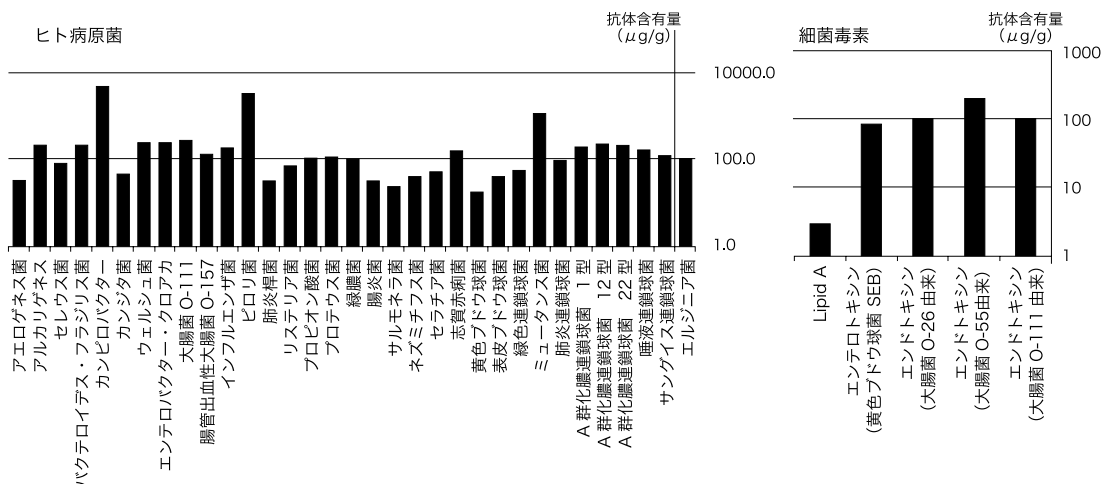


図 1 「アサマ乳清タンパク」のヒト病原細菌および細菌毒素に対する抗体

($p<0.01$) の群の計 10 群に及んだ (図 2)。今日の細菌分類でクロストリジウム、バクテロイデスに分類される細菌は腸内細菌叢のそれぞれ 10% 以上を占める細菌であるが、この両細菌ともに、ミルク抗体の作用により、減少する細菌と増加する細菌があるという結果であった。この結果は、ミルク抗体が腸内細菌バランスに、予想を超える影響を与える変化であったことが印象的であった。

T-RFLP 法による分析は数的に腸内細菌叢の 0.1% 以下の細菌種は検出が困難な分析方法であり、大腸菌は OTU377 に位置するが、

T-RFLP 法では変化が見られなかった。ヨーグルトに用いられる乳酸菌であるラクトバチルスは 0.01% ~ 1% に分布し、ウェルシュ菌に至っては全く検出限界以下となり、増減を精査できない。そこで、増減を知りたい細菌種についてカウントできる FISH 法を採用し、次の試験を行った。平均年齢 60 歳の健常人男女 29 名が「アサマ乳清たんぱく」1 日 10 g を 2 週間隔で 2 回計 4 週摂取し、2 週ごとに採取した糞便細菌の遺伝子 16S-rRNA を染色して、直接顕微鏡下で菌数カウントした。図 3 に、ミルク抗体摂取前の菌数の平均値を 100% として、菌数の増減で示した。ミルク抗体摂

取により乳酸菌が 2.8 倍、フラジリス菌が 2.7 倍に増えたのに対し、悪玉菌の大腸菌が 1/2 に、デオフィシル菌が 1/4 に、ウェルシュ菌が 1/6 弱に減少した⁶⁾。フラジリス菌は、細菌学の教科書では病原菌であるが、過去 10 年間に自己免疫病やアレルギー等の異常な免疫を抑える細菌として注目を浴

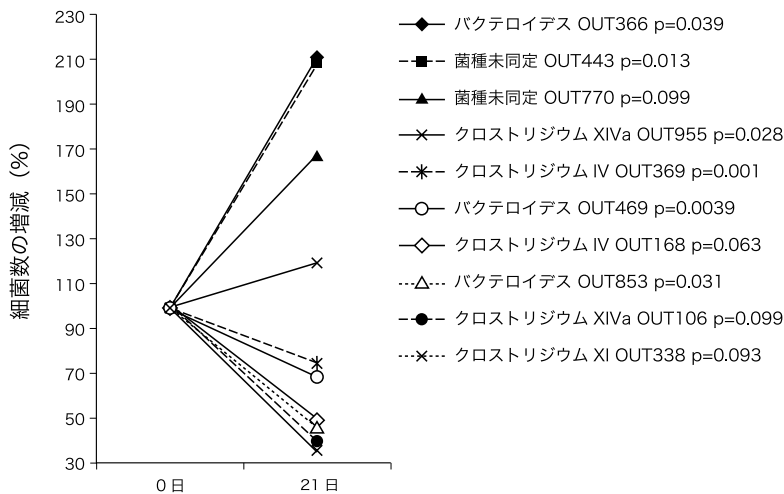


図 2 ミルク抗体の腸内細菌叢に及ぼす影響

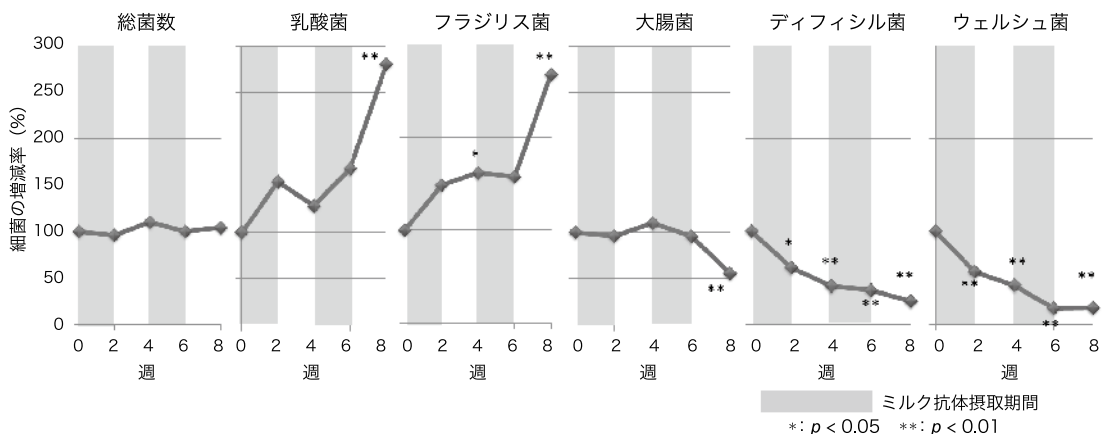


図 3 ミルク抗体摂取の腸内細菌バランス改善効果

びている菌種⁷⁾で、自己免疫病である関節リウマチ患者においてはフラジリス菌が少ない⁸⁾。図3に示した乳酸菌は、ラクトバチルス属に属する乳酸菌で、ヨーグルトを作るのに最も好んで用いられる細菌である。ミルク抗体を取り始めたときの乳酸菌数は平均540億であったのが、8週間後には約3倍の1500億に増えた。上記のヒト試験ではビフィズス菌の増加は見られなかったが、その後さらに病原菌に対して高い抗体力価の乳清蛋白を得ることが出来、これを用いるとマウス、ラット、ヒトに置いてビフィズス菌の増加することが分かった⁹⁾。

病原細菌に対するミルク抗体の含量により選別した乳清蛋白は、悪玉菌に作用して、腸内細菌バランスを改善方向に影響することが示された。この結果は、腸内細菌バランスの健全化には、消化管免疫が重要な役割を演じていることを示している。今日、腸内細菌バランスを改善する方法として、生きた乳酸菌であるプロバイオティクス、難消化性多糖体であるプレバイオティクス、また、最近注目されている腸内細菌移植¹⁰⁾があるが、ヒト病原菌に対する抗体は新しい機序に基づく腸内細菌バランス改善法であると思われる。

6. ミルク抗体が減らした菌、増やした菌

ここで、ミルク抗体により減少した菌と増加した菌についての概説を以下に試みたい。

減少した菌は通称悪玉菌であった。

◆ウェルシュ菌：食中毒の原因菌である。成人の大腸に $10^6 \sim 10^8$ 生息し⁶⁾、加齢で増加するが²⁾、通常は善玉菌に抑えられ、下痢を起こさない。次項のデフィシル菌同様、抗生物質使用後に発症する菌交替性下痢の原因菌である。消化管のバリアーは、一層の細胞が細胞間接着蛋白によって結合しあいシート状になったもので、更に、粘液ムチンを産生

してシートを覆い、異物や病原菌の攻撃から守っている。一方、ウェルシュ菌は蛋白分解酵素作用を有するウェルシュ菌毒素エンテロトキシン^{11, 12)}とムチン多糖体分解酵素¹³⁾を産生する。腸内の善玉菌が優勢で、腸内容物のpHが弱酸性にあると、これらの細菌毒素は作用できないが、細菌バランスが悪玉菌化して中性に傾くと、これらの細菌毒素が活性化して、ムチンや細胞間接着蛋白が分解され、粘膜の障害、バリアー破壊へと進み、下痢や細菌毒素のみならず悪玉菌自体が体内移行する¹⁴⁾。ミルク抗体は、摂取したボランテアの100%においてこの菌を減少させ、平均1/6に減少した。

◆デフィシル菌：ウェルシュ菌に類似する下痢原因菌¹⁵⁾で、成人における生息細菌数はウェルシュ菌より一桁多い⁶⁾。善玉菌優位では病原性が抑えられているが、抗生剤治療に伴う善玉菌の減少からの回復が不十分で、悪玉菌化した状態では、菌交替性下痢の主たる原因菌である¹⁶⁾。

◆大腸菌：健常人で $10^6 \sim 10^9$ 常在する⁶⁾。多くは非病原性の大腸菌であるが、すべての大腸菌が細菌毒素のエンデトキシンを菌細胞の構成成分として作る。体内にその微量の移行で関節リウマチの増悪に関係すると考えられる。ミルク抗体により細菌数は半減した。

以下は増加した菌種である。

◆クロストリジウム XIVa：ミルク抗体により OTU955 のクロストリジウム XIVa 菌が増加した(図2)。OTU955 には消化管の免疫リンパ球に作用してこのリンパ球を増やし、異常な免疫を抑える菌種(*C. cocoides*)が属し、アレルギーや関節リウマチなどの自己免疫病で効果が期待できる¹⁷⁾。

◆フラジリス菌： $10^8 \sim 10^{10}$ の菌数で常在し、腸内細菌叢の1%を占める⁶⁾。この菌は従来

腸管外の病巣からしばしば検出されることから病原性細菌に分類されていた。しかし、近年、この菌が産生する多糖体 (PSA, PSB) は免疫系に作用して、アレルギーなどの異常な免疫亢進を抑えるリンパ球を増やすことが注目されている^{7, 18)}。また、関節リウマチ患者ではフラジリス菌の減少がみられる⁸⁾。ミルク抗体によりフラジリス菌数は2.7倍に増加した (図3) ことから、関節リウマチの改善に関係すると思われる。

◆乳酸菌：乳酸菌には主な菌種としてラクトバチルス ($10^7 \sim 10^9$) とビフィズス菌 ($10^7 \sim 10^{10}$) がある⁶⁾。図3の乳酸菌はラクトバチルスを示したもので、ミルク抗体により2.8倍に増加した。乳酸菌は腸の内容物のpHを弱酸性に抑えることにより、各種悪玉菌が増えるのを抑えるだけでなく、ウェルシュ菌などの毒素の作用を抑える¹⁴⁾。ラクトバチルス、ビフィズス菌ともに抗菌物質を産生し、サルモネラ菌、ブドウ球菌、大腸菌など悪玉菌数を減らす^{19, 20)}。また、乳酸菌は乳酸の他、酢酸、酪酸などの低分子脂肪酸を産生して大腸粘膜細胞にエネルギーを与えて増殖を促進し、ムチンの分泌を増加させて、消化管バリアーを補強する¹⁴⁾。乳酸菌とその構成成分がマクロファージに取り込まれて、免疫活性化Tリンパ球 (Th17) と免疫調節性Tリンパ球 (Treg) の両者の増加を促す²¹⁾。以上、乳酸菌がヒトと共生関係にあることの一端を示した。

7. 「アサマ乳清たんぱく」による関節リウマチ治療効果

関節リウマチ患者の腸内細菌バランスは対照群に比べると、ビフィズス菌、フラジリス菌が少なく、ブドウ球菌、病原性大腸菌、クレブシエラ菌の増加があり悪玉菌化していると考えられる^{8, 22, 23)}。関節リウマチの動物モデルにおけ

る実験で、エンドトキシンが関節炎を増強することが知られている²⁴⁾。エンドトキシンは大腸菌などのグラム陰性腸内細菌に由来する細菌毒素で、LPSとも略称される。ミルク抗体はエンドトキシンに対する抗体が豊富で (図1)、エンドトキシンの抗体はエンドトキシンを無害化することができるとともに、その産生菌を減少させ、腸内細菌バランスを改善することから、関節リウマチ患者においてミルク抗体摂取による病態の改善の有無を検討した。対象とした関節リウマチの患者は、すべて通常の薬物療法 (DMARD) では奏功しない患者20名であった。これらの患者がアサマ乳清たんぱく製品の「母乳のチカラ」を3カ月摂取したところ、摂取患者18名の半数で関節リウマチの改善が見られた²⁵⁾。有効な患者 {応答群} と無効な患者 {非応答群} には免疫学的な検査と患者の遺伝子検査で違いが見つかっていることから、効果に体質の違いが関係すると考えられるが、その一端を図4に示した。検査した血液は、ミルク抗体摂取前に採取したものであるため、ミルク抗体が奏功した患者はもともとエンドトキシン (LPS) や、ヒトII型コラーゲンに対する抗体が高かったことを示している。ヒトII型コラーゲンは軟骨を構成するコラーゲンである。ヒト軟骨コラーゲンに対する抗体は食事からの動物由来のコラーゲン摂取の結果産生されるので、図4の結果はミルク抗体が有効であった患者は消化管のバリアーを超えて細菌成分や食事成分が体内移行し、抗体が作られたと考えられる。

図5には、ミルク抗体の摂取、休止、摂取を繰り返すに伴い、関節リウマチの改善が繰り返して得られる様子を示した。現在、ミルク抗体の抗リウマチ作用については二重盲検法による再試験が進行中で、この効果を確かめているところである。

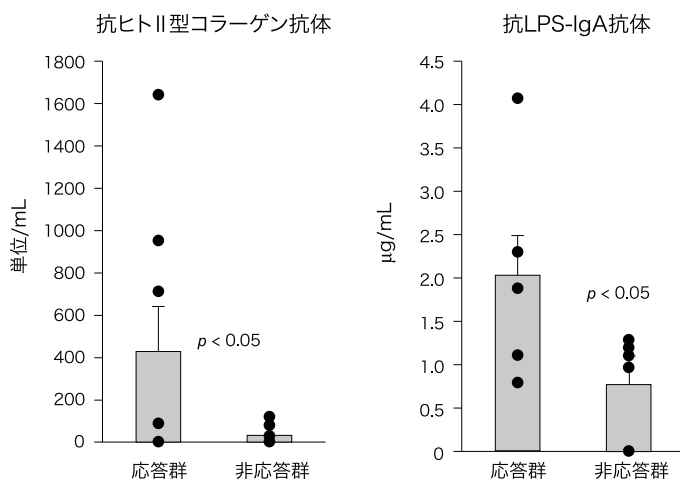


図4 関節リウマチ患者ミルク抗体応答群と非応答群における抗エンドトキシン (LPS) 抗体と抗ヒトコラーゲン抗体の血液濃度

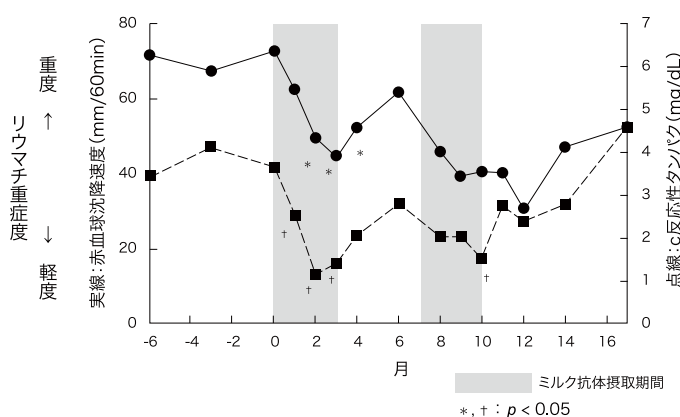


図5 ミルク抗体摂取によるリウマチ臨床検査値の変化

8.

ミルク抗体による腸内細菌バランス改善に期待するところ

ミルク抗体が腸内細菌バランスを改善すること、更に、関節リウマチ患者において関節症状を改善することが示された。ここでは、腸の病気に焦点を当てて、ミルク抗体の可能性について考えてみたい。

8-1. 食中毒

大腸菌 O-157 による食中毒事件は相変わらず毎年発生している。同じものを食べていても、

食べた人全員が食中毒になるわけではないことも多くの人が経験するところである。

食中毒になる人とならない人のどこが違うのであろうか。この問題は、実はすでに回答が得られている。

腸内に細菌がゼロの実験動物がいる。無菌動物である。無菌マウスに代表的な食中毒菌であるサルモネラ菌を口から与えると、すべての無菌マウスは翌日に死亡する。これに対し、腸内細菌が善玉菌主体のマウスは、無菌マウスが100%死亡する菌数の1000倍の細菌を飲ませてでもすべてが生存する²⁶⁾。即ち善玉菌主体の腸内細菌がサルモネラ菌に対してバリアーとして作用し、致死量の1000倍を防ぐことができることが示された。もうひとつの回答を以下に示す。ヒトの食中毒は家畜由来の食品が原因となる場合が多い。大腸菌 O-157 食中毒により牛レバー食が禁止されたことは記憶に新しいことである。サルモネラ菌、カン

ピロバクター菌、エルシニア菌、ウェルシュ菌による食中毒は鶏、牛、豚に由来する。これらの細菌は家畜の腸内に寄生しているので、これらの食中毒菌を減らし、安全な食品とするために、餌にプレバイオティクスを添加している^{27, 28)}。プレバイオティクスは乳酸菌を増やし、食中毒菌を減らす。このことは、ミルク抗体が悪玉菌 (= 食中毒菌) を除き、乳酸菌を増やすので、ヒトでも食中毒予防に有効であることが期待できることを示している。

8-2. 菌交替性下痢

抗生物質療法を用いて治療すると、治療が終わったところから新たな下痢を発症する患者が約10%の患者で起こる。菌交替症と称し、高齢者に多く、薬が効かず医者をしてこずらせる。菌交替症の患者の原因細菌は主に図3に示したディフィシル菌、ウェルシュ菌である。

菌交替症の効果的な治療法として、健康人の腸内細菌を移植する治療法が試みられ¹⁰⁾、薬を使う従来の治療に勝った効果であった。健康人の善玉菌優勢の腸内細菌は菌交替症の原因菌を減らすことができることを示している。

ミルク抗体は菌交替症の原因菌ディフィシル菌、ウェルシュ菌を減らし(図3)、善玉菌を増やす。ミルク抗体にその可能性を期待したい。

8-3. 過敏性腸症候群 (IBS)

通勤途中に、急に腹痛や便意でトイレに駆け込むことがしばしばで、内科にかかっても、異

常は見つからないという病気がある。過敏性腸症候群といわれ、いまや先進国の人口の10%以上におよぶ。最近、この治療に経口吸収のない抗生剤が有効であることが脚光を浴びている²⁹⁾。さらに、IBS患者の腸内細菌を無菌ラットに腸内移植するとラットが腹痛症状を示し、IBS症状が再現された³⁰⁾。即ち、IBSの原因として腸内細菌の悪玉菌化が強く示唆された。

おわりに

ヒト病原性腸内細菌と毒素に対する高抗体価を有するアサマ乳清たんぱくは悪玉菌を減らすとともに善玉菌を増やし、関節リウマチ患者において病状を改善した。ミルク抗体は、出来合いの免疫力であり、免疫力が弱く、自力では抗体が作れない状態であっても、摂取するだけで、確実に消化管免疫を高めることが出来る食品であり、腸内細菌バランスの善玉菌化を助ける確度の高い食品であると思われる。

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

- 1) Bengmark S: Probiotics and prebiotics in prevention and treatment of gastrointestinal diseases. *Gastroenterol Internat*, **11**: 4-7, 1998.
- 2) Mitsuoka T, Hayakawa K: [The fecal flora in man. I. Composition of the fecal flora of various age groups]. *Zentralbl Bacteriol Orig, A* **223**(2): 333-342, 1973.
- 3) Schmucker DL, Thoreux K, Owen RL: Aging impairs intestinal immunity. *Mech Aging Dev*, **18**: 1397-1411, 2001.
- 4) Thoreux K, Schmucker DL: Kefir milk enhances intestinal immunity in young but not old rats. *J Nutr*, **131**: 807-812, 2001.
- 5) 木島 佳子, 岩附 聡, 赤松 裕久, 他: ヒト病原細菌と細菌毒素に対する乳清タンパク濃縮物中の自然抗体. *食科工*, **56**: 475-482, 2009.
- 6) 岩附 聡, 木島 佳子, 塩野谷 博: 牛乳中に含まれる自然抗体の腸内細菌叢に及ぼす影響. *食科工*, **58**: 236-244, 2011.
- 7) Mazmanian SK, Liu CH, Tzianabos AO, *et al*: An immunomodulatory molecule of symbiotic bacteria directs maturation of the host immune system. *Cell*, **122**: 107-118, 2005.
- 8) Vahtovuo J, Munukka E, Korkeamäki M, *et al*: Fecal microbiota in early rheumatoid arthritis. *J Rheumatol*, **35**: 1500-1505, 2008.
- 9) 北村 香織, 伊坂 亜友美, 西村 千紗, 他: 未発表.
- 10) van Nood E, Vrieze A, Nieuwdorp M, *et al*: Duodenal infusion of donor feces for recurrent *Clostridium difficile*. *N Engl J Med*, **368**: 407-415, 2013.
- 11) McDonel JL: The molecular mode of action of *Clostridium perfringens* enterotoxin. *Am J Clin Nutr*, **32**: 210-218, 1979.
- 12) Mitchell LA, Koval M: Specificity of interaction between *clostridium perfringens* enterotoxin and claudin-family

- tight junction proteins. *Toxins*, **2**: 1595-1611, 2010.
- 13) Ficko-Blean E, Stuart CP, Suits MD, *et al*: Carbohydrate recognition by an architecturally complex α -N-acetylglucosaminidase from *Clostridium perfringens*. *PloS ONE* **7**: e33524, 2012.
 - 14) Ruseler-van Embden JG, Schouten WR, van Lieshout LM: Pouchitis: result of microbial imbalance? *Gut*, **35**: 658-664, 1994.
 - 15) Sun X, Savidge T, Feng H: The enterotoxicity of *Clostridium difficile* toxins. *Toxins*, **2**: 1848-1880, 2010.
 - 16) Hopkins MJ, Macfarlane GT: Changes in predominant bacterial populations in human faeces with age and with *Clostridium difficile* infection. *J Med Microbiol*, **51**: 448-454, 2002.
 - 17) Atarashi K, Tanoue T, Shima T, *et al*: Induction of colonic regulatory T cells by indigenous *Clostridium* species. *Science*, **331**: 337-341, 2011.
 - 18) Reading NC, Kasper DL: The starting lineup: key microbial players in intestinal immunity and homeostasis. *Front Microbiol*, **2** doi: 10.3389/fmicb.2011.00148, 2011.
 - 19) Bernet-Camard MF, Liévin V, Brassart D, *et al*: The human *Lactobacillus acidophilus* strain LA1 secretes a nonbacteriocin antibacterial substance(s) active *in vitro* and *in vivo*. *Appl Envir Microbiol*, **63**: 2747-2753, 1997.
 - 20) Liévin V, Peiffer I, Hudault S, *et al*: Bifidobacterium strains from resident infant human gastrointestinal microflora exert antimicrobial activity. *Gut*, **47**: 646-652, 2000.
 - 21) Donkor ON, Ravikumar M, Proudfoot O, *et al*: Cytokine profile and induction of T helper type 17 and regulatory T cells by human peripheral mononuclear cells after microbial exposure. *Clin Exp Immunol*, **167**: 282-295, 2012.
 - 22) Pishak OV: [The colonization resistance of the mucous membrane of the large intestine in patients with rheumatoid arthritis in a period of exacerbation]. *Microbiol Z*, **61**: 41-47, 1999.
 - 23) Gul'neva Mlu, Noskov SM: [Colonic microbial biocenosis in rheumatoid arthritis]. *Klin Med (Mosk)*, **89**: 45-48, 2011.
 - 24) Terato K, DeArmev DA, Ye XJ, *et al*: The mechanism of autoantibody formation to cartilage in rheumatoid arthritis: possible cross-reaction of antibodies to dietary collagens with autologous type II collagen. *Clin Immunol Immunopath*, **79**: 142-154, 1996.
 - 25) Katayama K, Matsuno T, Waritani T, *et al*: Supplemental treatment of rheumatoid arthritis with natural milk antibodies against enteromicrobes and their toxins: results of an open-labelled pilot study. *Nutrition J*, **10**: 2, 2011.
 - 26) 堀田 昌宏 : 新生児の腸内細菌叢と感染. 感染症学雑誌, **57**: 405-418, 1983.
 - 27) Callaway TR, Anderson RC, Edrington TS, *et al*: Recent pre-harvest supplementation strategies to reduce carriage and shedding of zoonotic enteric bacterial pathogens in food animals. *Anim Health Res Rev*, **5**: 35-47, 2004.
 - 28) Gaggia F, Mattarelli P, Biavati B: Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Int J Food Microbiol*, **31** 141 Suppl 1: S15-28, 2010.
 - 29) Saadi M, McCallum RW: Rifaximin in irritable bowel syndrome: rationale, evidence and clinical use. *Ther Adv Chronic Dis*, **40**: 71-75, 2013.
 - 30) Crouzet L, Gaultier E, Del'Homme C, *et al*: The hypersensitivity to colonic distension of IBS patients can be transferred to rats through their fecal microbiota. *Nerogastroenterol Motil*, **25**: e272-282, 2013.

仕込み時に砂糖と好塩性乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* を 添加した魚醤油の品質

— 特に製造現場で発酵中のもろみのヒスタミン蓄積抑制について —

高野 隆司 (TAKANO Takashi) *1 里見 正隆 (SATOMI Masataka) *2 小善 圭一 (SHOZEN Kei-ichi) *3
原田 恭行 (HARASA Yasuyuki) *4 船津 保浩 (FUNATSU Yasuhiro) *5

*1 株式会社梅かま, *2 地方独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所, *3 富山県水産漁港課

*4 富山県農林水産総合技術センター 食品研究所, *5 酪農学園大学 農食環境学群食と健康学類

Key Words : 砂糖・好塩性乳酸菌・魚醤油・もろみ・ヒスタミン・品質・製造現場

はじめに

天然調味料の最新の動向をみると、2012 年では前年度に比べて畜産エキ스가横ばい、水産・農産エキ스가減少、酵母エキ스가微増、動植物性タンパク質酸分解物 (HAP・HVP) が横ばいから微増、動植物性タンパク質酵素分解物 (EAP・EVP) エキスが横ばいである¹⁾。最近の調味料は少量添加で効果が発揮でき、コストメリットが打ち出せる高付加価値品の二極化が進んでおり、原料価格の高騰やデフレ等の影響で経済性が求められている。

天然調味料の一つに魚醤油があり、国外ではイタリア産のコラトゥーラ、タイ産のナンプラ、ベトナム産のニョクマム、中国産の魚露等^{イールー}があり、国内でもいしり (石川県)、しょつつる (秋田県)、いかなご醤油 (香川県) 等がある。近年、消費者の減塩嗜好と風味改良のために麴や酵母を用いた製造法が開発されている^{2, 3)}。

一方、魚醤油の主原料にはエキス窒素に富む赤身魚が比較的多く用いられている。赤身魚は回遊魚であるためプロトン緩衝能を有するカルノシンやアンセリンのようなイミダゾール

ジペプチドの他に補助的に作用するヒスチジン (His) を含有している⁴⁾。赤身魚は鮮度が低下するとヒスタミン (Hm) 生成菌が増殖する場合がある。His は Hm 生成菌による酵素的脱炭酸反応により Hm に変換される。この Hm はアレルギー様食中毒の原因物質で、人が Hm を多量に含む食品を食すると死には至らないが、熱感、頭痛、全身の紅潮、じんましん等の症状が現れる⁵⁾。一般に魚肉は畜肉に比べて脆弱で、ドリップが出やすく、Hm 生成菌が増殖しやすいと言われている。また一般的に、食品 100 g 当たりのヒスタミン量が 100 mg 以上の場合に発症するとされているが、実際には摂取量が問題であり、食中毒事例から発症者のヒスタミン摂取量を計算した例では、大人一人当たり 22 ~ 320 mg と報じられている⁶⁾。CODEX では製品や工程の定義、化学成分および衛生・取扱い等に関して魚醤油の規格が 2011 年 7 月に制定された⁷⁾。その中で魚醤油中の Hm レベルが 400 ppm 以下と設定されているため国際的にも魚醤油の Hm 蓄積抑制技術の開発は急務な課題である。

本稿では麴を用いる製法を用いてテストプラ

ントレベルで魚醤油を製造した場合の Hm 蓄積抑制技術の一つとして仕込み時に砂糖と好塩性乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* を添加する方法をご紹介します。

1. 醤油麹を用いた魚醤油の開発と Hm 蓄積の課題

これまでに高野らは富山湾で漁獲される低利用魚（ニギス、シイラ、トビウオ）から醤油麹を用いた魚醤油の開発を目的として発酵中のもろみの化学成分、微生物学的変化および最終製品の品質を調査した^{8,9)}。その結果、得られた製品の品質は魚種で異なることや大豆濃口醤油と比較した嗜好性試験において魚醤油が好まれる傾向にあり、中でもにぎす魚醤油が最も好まれたことから「うおじょうゆにぎす」という商標名で市販されるに至った（写真 1）。また、蒲鉾への添加試験でも市販のうま味調味料を添加した蒲鉾はニギス蒲鉾に比べて弾力感や魚の好ましい風味が強い特徴がみられ、魚醤油を利用した蒲鉾製品の風味の改善も可能となった¹⁰⁾。しかし、発酵中のもろみに蓄積される Hm を抑制する方法に課題が残った。発酵に伴う各種魚醤油もろみの Hm 量の変化を調査したところ、いずれの試料も発酵中に Hm が増加するが、魚



写真 1 ニギス魚醤油 中に Hm が高濃度で蓄積

種に関わらずタンクごとに Hm 蓄積レベルに違いがみられた。Hm 量の低いタンクでは 50 ppm 未満であるが、高いタンクでは 2,000 ppm 近いレベルに達していた^{8,9)}。

魚醤油の発酵は約半年かかるため年に 1～2 回程度魚醤油の仕込みを行っていたが、年々発酵

されるタンクが多く発生する事実が確認された。そこで、その原因菌の調査を実施した。まず、発酵中のもろみより分離した Hm 生成菌株の種類と Hm 生成に関する遺伝子を解析した。Hm 生成菌はグラム陽性四連球菌で、25% 食塩で増殖可能であり、乳酸を生成する性状がみられた。また、同定したところ、ピルボイル型遺伝子 (*hdc*) を有する *Tetragenococcus halophilus* であり、この菌は発酵時の pH の低下によるストレス応答により Hm を生成していることが分かった^{11, 12)}。また、*hdc* をコードしているプラスミドの塩基配列を解析した結果、*hdc* は転移性であることが示唆され、Hm 生成能は一定の株に留まっているのではなく、株間を移動し、Hm 生成菌を増やしていくと推定された^{11, 12)}。このような背景から Hm 生成菌の生存する発酵プラント内で発酵中のもろみの Hm 蓄積抑制技術の確立が必要となった。

2. 炭水化物の添加による Hm 蓄積抑制試験

本稿で紹介する発酵中の Hm 蓄積抑制に関する技術なアプローチの発端は自社製品の蒲鉾ロスの再利用技術にある。富山県の伝統食品である巻き蒲鉾は従来、技術職人による生産が行われていたが、大量生産を目的とした生産機械の導入により製造工程においてロス（製品にできないゲル化した固形物、いわゆる規格外品）が多く発生する問題が生じた。そこで、上記 1 で紹介した魚醤油の製造技術を用いて蒲鉾ロスから発酵調味料を製造したところ、ソルビン酸やβ-カロテン等の食品添加物の高度濃縮もなく、原料からの収量も高く、魚肉と混合することで蒲鉾製品への再利用が可能であることが分かった¹³⁾。詳しい品質を調査していたところ、魚肉に蒲鉾ロスを混合して発酵させた魚醤油もろみは発酵中に Hm の蓄積が少ないことが分かった¹⁴⁾。蒲鉾に含まれる主原料や副原料を調査

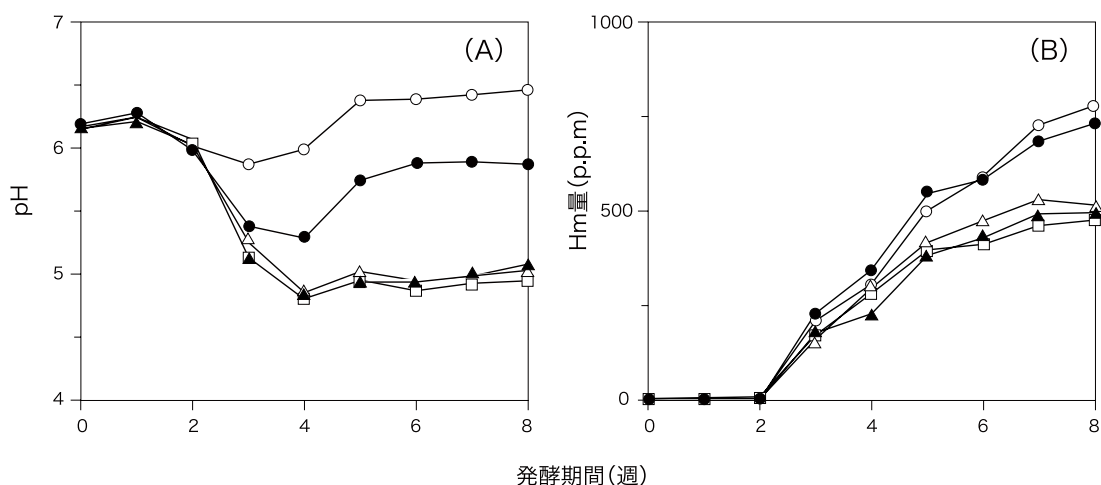


図1 発酵に伴うpHとHm量の変化

○：対照区（無添加）、●：2.5% デンプン添加区、△：3.0% 砂糖添加区、
■：1.5% 砂糖と1.5% デンプン添加区、□：3.0% 砂糖と3.0% デンプン添加区。

したところ、主原料には冷凍すり身が用いられ4%の砂糖やソルビトールが添加されていること、蒲鉾製造時に3%程度の馬鈴薯デンプンが使用されていることが分かった。そこで、炭水化物が魚醤油の発酵に影響を与えると考え、以下に示すようなモデル試験を考えた。

まず、テストプラントレベルで行う前に200g容のガラス瓶を用いて炭水化物を添加した場合の発酵に伴うpHとHm量の変化を25℃で調査した¹⁵⁾。結果を図1((A)と(B))に示す。なお、もろみはニギス魚肉(内臓を含む)、食塩、水および市販の醤油麹を混合したものである。いずれの試料もpHは発酵開始時では6.2で、発酵に伴い低下するが、対照区(炭水化物無添加)と2.5%デンプン添加区では発酵途中でpHが上昇し、8週目でそれぞれ6.5と5.9であった(A)。しかし、3.0%砂糖添加、1.5%砂糖と1.5%デンプン添加および3.0%砂糖と3.0%デンプン添加試料では4週目でpHが5まで低下し、ほぼその値を発酵終了時まで維持した。一方、いずれの試料もHm量は2週目以降上昇するが、対照区と2.5%デンプン添加区では8週目で750ppmに達した(B)。一方、3.0%砂糖

添加、1.5%砂糖と1.5%デンプン添加および3.0%砂糖と3.0%デンプン添加試料では500ppmと前2者の試料に比べて約200ppm低い値であった。このことから炭水化物は発酵中のもろみのpH低下を促し、Hm蓄積を抑制する効果があること、炭水化物の中でも3%程度の砂糖の添加が効果的であることが分かった。そこで、以下のテストプラントレベルでの試験には3%の砂糖ともろみのpHの低下をより速めるためにHm生成能を有しない市販の好塩性乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* を用いた試験を実施した。

3. 砂糖と好塩性乳酸菌の添加した発酵中の魚醤油もろみの品質調査¹⁵⁾

表1に示すように各種魚醤油の仕込みを行った。まず、ニギス魚肉(内臓を含む)、食塩、水および市販の醤油麹を混合し、テストプラントレベルでニギス魚醤油もろみを調製した(対照区)。次に、対照区で調製したもろみに好塩性乳酸菌(醤油用乳酸菌)を添加した試料(T区)、3%砂糖を添加した試料(S区)および両

表1 仕込み時の配合

検体名	ニギス (kg)	食塩 (kg)	麴 (kg)	水 (kg)	好塩性乳酸菌 (g)	砂糖 (kg)
対照	182	46	28	60	0	0
S	260	66	40	86	0	13.6
T	260	66	40	86	230	0
S+T	260	66	40	86	230	13.6

S：砂糖 3% 添加区, T：好塩性乳酸菌添加区, S+T：砂糖 3% と好塩性乳酸菌添加区。

好塩性乳酸菌：*Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店)。

者を添加した試料 (S+T 区) を調製した。これら 4 種類の試料を 500 kg 容のタンクに入れ、冷暗所で保管し、定期的に攪拌およびタンクの位置を上下変えながら常温で約 7 ヶ月 (224 日) 間発酵させた。発酵中のもろみの一部を経時的に分取し、常法により微生物数および細菌相 (一般生菌数, 芽胞菌数, 好塩菌数, 高度好塩菌数, 真菌数, Hm 生成菌数), 化学成分 (醤油試験法) の挙動を追跡した。なお, Hm 量の測定はチェックカラーヒスタミンにて行った。

3-1. 全窒素分と pH

発酵に伴う全窒素分と pH の変化を図 2 ((A) と (B)) に示す。いずれの試料も全窒素分は経時的に増加し、98 ~ 112 日目ではほぼ最大に達し、その後緩やかな増減がみられ、発酵終了

時に約 2.0 g/100 mL のレベルに到達した (A)。一方, pH の低下は試料間で著しく相違した (B)。すなわち, いずれの試料も発酵開始時の pH は 5.7 ~ 5.9 であったが, 発酵に伴い低下した。しかし, 対照区と T 区では 28 ~ 42 日から上昇し, それぞれ 56 日目には 6.1 と 5.2 となり, その後緩やかに増加し, 発酵終了時ではそれぞれ 6.4 と 5.3 であった。一方, S 区と S+T 区では発酵中の pH の低下速度に違いがみられ, 前者は 28 日目に, 後者は 42 日目にそれぞれ pH が 4.8 に達した。両者は発酵終了時まで 4.8 で推移する点では共通していた。この pH 変化の試料間の相違は後述する Hm 蓄積量の試料間の違いと深い関係がある。

なお, いずれの試料も発酵に伴い乳酸量が経

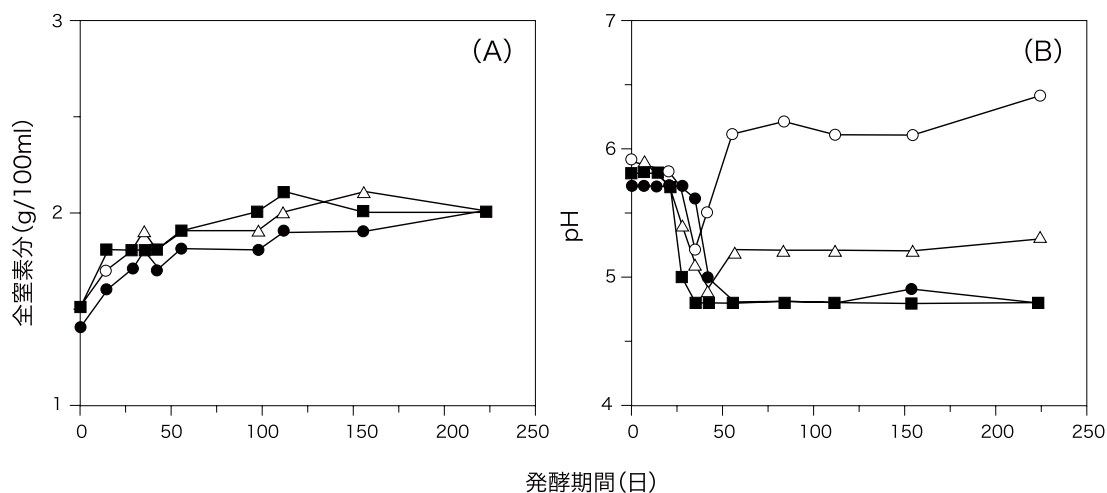


図2 発酵に伴う全窒素分と pH の変化

○：対照区 (無添加), ●：S 区 (3% 砂糖添加), △：T 区 (*Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店) 添加), ■：S+T 区 (3% 砂糖と *T. halophilus* 添加)。

時的に増加し、発酵終了時には約 1,750 ~ 2,400 mg/100 mL のレベルに達しており、乳酸発酵が主要な発酵であることが確認された（結果は図示せず）。

3-2. 各種微生物数

発酵に伴う各種微生物数の変化を図3（(A) ~ (D)）に示す。4 試料の中で最も計測数の多いものは好塩菌数（A）で、いずれの試料も発酵初期には $10^7 \sim 10^8$ cfu/g であった。好塩菌数は発酵開始から 14 日目にかけて $10^6 \sim 10^7$ cfu/g まで低下し、42 ~ 56 日目にかけて $10^8 \sim 10^9$ cfu/g まで一度増加後、発酵終了（224 日目）まで緩やかに低下した。次に高度好塩菌数（B）も好塩

菌数（A）と類似した傾向が示されたが、112 日目から発酵終了時にかけて試料間に違いがみられ、対照区と T 区では $10^7 \sim 10^8$ cfu/g レベルで推移するのに対し、S 区と S+T 区では $10^3 \sim 10^4$ cfu/g まで急激な低下がみられた。一般生菌数（C）は全ての試料で 14 日後に $10^7 \sim 10^8$ cfu/g から $10^6 \sim 10^7$ cfu/g に低下し、その後発酵終了時までほぼ一定の値であった。真菌数（麹菌数）（D）はいずれの試料も発酵開始時には $10^5 \sim 10^6$ cfu/g であったが、42 日目まで $10^6 \sim 10^7$ cfu/g にやや増加するが、その後急激に減少し、対照区、S 区および T 区は 56 日目までに、S+T 区は 84 日目までに検出さ

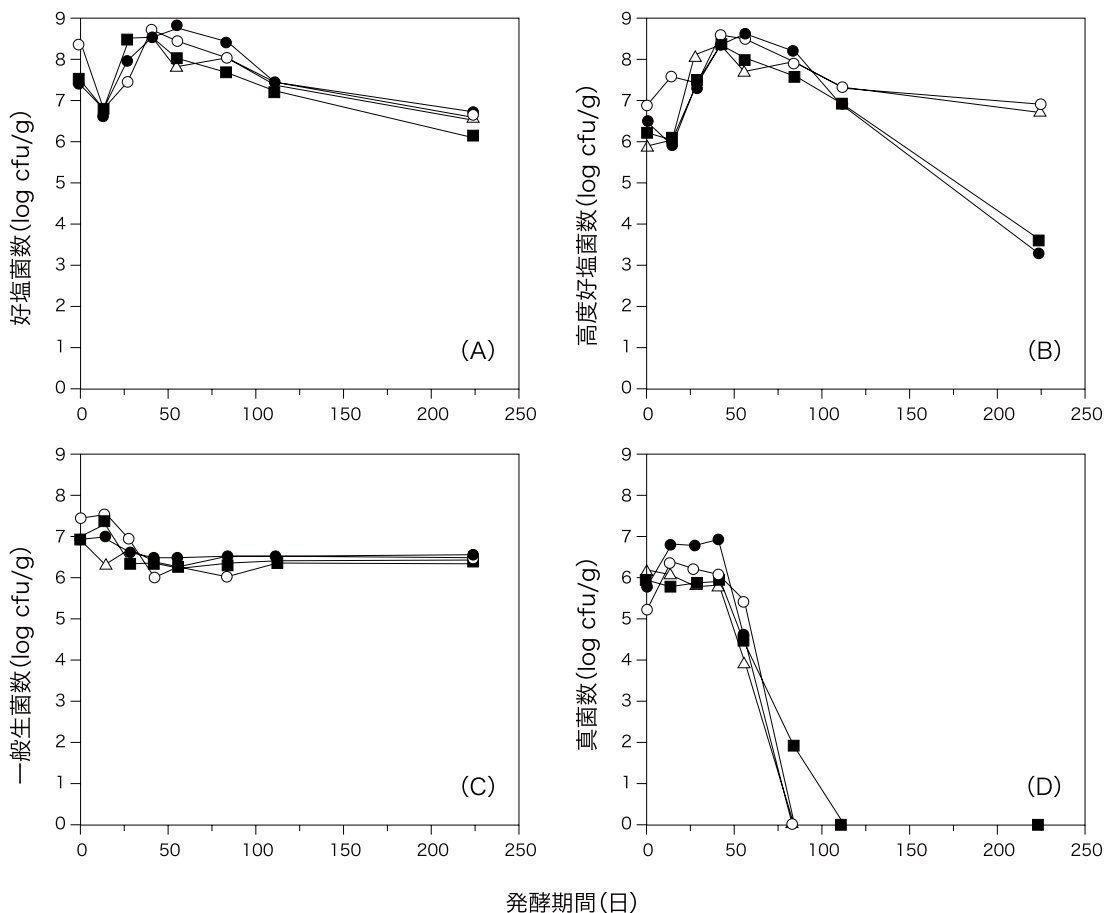


図3 発酵に伴う各種微生物数の変化

○: 対照区（無添加）, ●: S 区（3% 砂糖添加）, △: T 区（*Tetragenococcus halophilus*（秋田今野商店）添加）, ■: S+T 区（3% 砂糖と *T. halophilus* 添加）。

れなかった。いずれの試料も 56 日目以降検出されなかった。

3-3. Hm 生成菌数と Hm 量との関係

発酵に伴う Hm 生成菌数と Hm 量の変化を図 4 ((A) と (B)) に示す。いずれの試料も Hm 生成菌数 (A) は発酵開始から増加し、56 ~ 84 日目にかけて $10^6 \sim 10^7/\text{g}$ まで増加し、その後減少する傾向がみられた。菌数が $10^5/\text{g}$ 以上を持続する時間をみると S+T 区が約 30 日以内と短く、その他の試料では約 60 ~ 130 日と長い ((A) の破線)。一方、発酵中の Hm 量 (B) をみると、S+T 区を除く 3 試料では 28 日目より増加がみられ 56 ~ 112 日目にかけて 1,000 ppm を超えるレベルに達していた。しかし、S+T 区は 50 ppm 以下の低いレベルで発酵終了時まで推移していた。このように S+T 区以外の試料の Hm 量は全て 1,000 ppm 以上であり、Hm 生成菌数の挙動 (発酵時の Hm 生成菌数が $10^5/\text{g}$ を超える増殖時間の長さ) と一致していた。したがって、仕込み時に砂糖と好塩性乳酸菌を添加することで、発酵時の Hm 生成菌数が $10^5/\text{g}$ を超える増殖時間が短縮され、そのことが発酵中の Hm 蓄積の効果的な抑制につながっ

たと考えられた。

発酵中の試料の pH の挙動も Hm の蓄積と関係しており、発酵時の pH 低下速度が速い S+T 区では 28 日目までに pH が 4.8 に達しており、発酵中の Hm 蓄積も少ない。一方、対照区と T 区では発酵途中で pH が上昇し、発酵終了時にそれぞれ 6.5 と 5.3 に達している。また、S 区では発酵途中での pH の上昇は認められないが、pH の低下速度が S+T 区よりも緩やかである。S+T 区以外の試料は発酵中に大量の Hm 蓄積がみられる。以上の結果より、発酵中のもろみの pH を速やかに 5.0 以下に低下させることで発酵中の Hm 蓄積を抑制することが可能であることが分かった。

4. 発酵タンクの Hm 蓄積抑制の検証

2003 年頃から魚醤油製造時の Hm 蓄積に悩まされ、その抑制技術の開発を行っていくうちに魚醤油製造工程での衛生管理、いわゆる工場内の衛生管理も重要であることが分かってきた。例えば、テストプラントレベルで使用する機械としては、採肉機、ミキサー、圧搾機、火

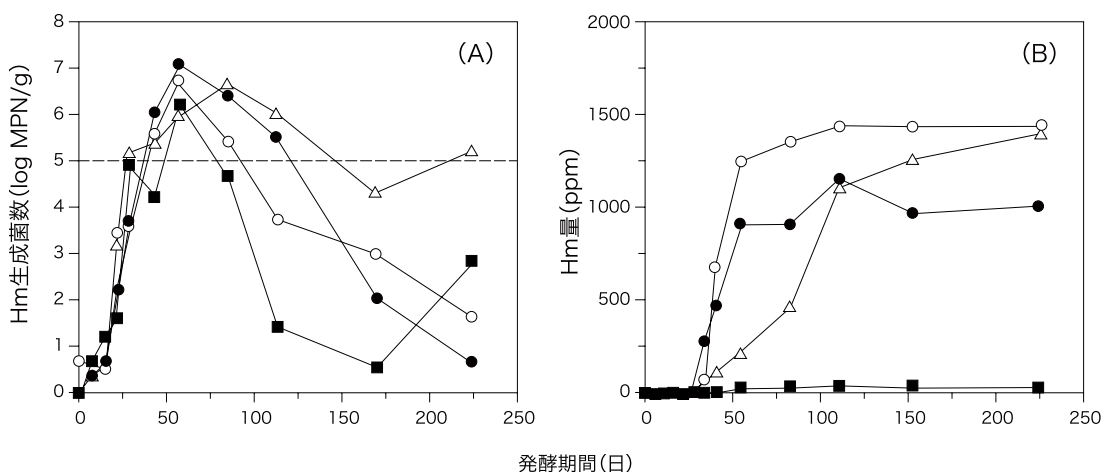


図4 発酵に伴う Hm 生成菌数と Hm 量の変化

○: 対照区 (無添加), ●: S 区 (3% 砂糖添加), △: T 区 (*Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店) 添加), ■: S+T 区 (3% 砂糖と *T. halophilus* 添加), MPN: most probable number.

表2 Hm 蓄積抑制方法を導入した企業における発酵中のもろみの pH と Hm レベル

検体	pH	Hm (ppm)
201309-1	4.9	56
201309-2	4.9	47
201309-3	4.9	84
201309-4	4.9	270
201309-5	4.9	233
201309-6	5.0	70
201305-7	4.9	33

約5年前に砂糖と好塩性乳酸菌の添加技術を導入。

入れ釜および循環型精密ろ過器等があり、これらの洗浄が必要である。特にこの中では循環型精密ろ過器のアルカリ溶液を用いたフィルターの洗浄が不可欠である。また、発酵時に使用するタンクでも滞留可能な部分（蓋など）の十分な洗浄も欠かせない重要な衛生管理ポイントである。

上記3で紹介した Hm 蓄積抑制技術と工場衛生との併用でより効果的に発酵中の Hm 蓄積を抑制することが可能と考えられる。そこで、上記の点に留意して Hm 蓄積抑制技術を導入した企業の発酵中のもろみの pH と Hm レベルの調査結果を表2に示す。ランダムに選択した発酵タンク7検体を調査した結果、いずれの試料も発酵中の pH は 4.9 ～ 5.0 で、Hm 量も 33 ～ 270 ppm の範囲であった。これまではタンクごとにく 50 ～ 2,000 ppm のような Hm 量に大きな違いがみられたが、約 10 年間、取り組んできた結果、ようやく発酵中の Hm 蓄積抑制が検証されるに至った。

おわりに

上記で紹介したテストプラントレベルでの Hm 蓄積抑制技術には市販の砂糖と醤油用乳酸菌が必要であるが、比較的安価な方法である。しかし、砂糖を添加するので製造された製品は甘味が強くなるという懸念がある。そこで、発酵中の砂糖の残存量を調査したところ、本稿で

実施した魚醤油もろみにはいずれの試料も砂糖は残存しておらず、発酵終了時にグルコースが 1 ～ 3 g/L 程度残存している程度であった（結果は図示せず）。フラクトースは発酵 28 日目で検出限界以下に達していた。また、発酵終了時に残存しているグルコースのレベルはこれまでの報告例¹⁸⁾ とほぼ同レベルであった。さらに、味覚分析においても甘味が強いという結果は得られなかった。したがって、本稿で紹介した Hm 蓄積抑制技術では極端な呈味の変化は引き起こされないと考えられた。なお、発酵中の呈味成分の変化については Shozen *et al.* の文献¹⁵⁾ を参照されたい。

魚醤油の Hm 低減方法は本稿で紹介した他にも幾つかある。小善ら¹⁶⁾ はベントナイトを用いた魚醤油のヒスタミン低減法を提案しており、魚醤油 10% (v/w) のベントナイトを添加し、低温で約 3 時間放置することで収量は約 80% になるが、約半分の Hm レベルに低減可能であると報じている。また、原田ら¹⁷⁾ は原料となる魚介類を酸類で処理し、ついで所定温度にて一定期間、発酵熟成することで、Hm 量を低減した発酵調味料の製造が可能であると報じている。

現在、発酵食品は美味しさや機能性の他に安全性も求められている。安全性の確保には様々な尽力が必要であるが、本稿で紹介した Hm 蓄積抑制技術には使用するスターター菌である好塩性乳酸菌が弱っていないことも重要であり、なによりも工場内での継続的なモニタリングも不可欠である。今後は Hm 蓄積抑制に効果的な微生物のスクリーニングやベントナイトとの併用効果¹²⁾ の検証も必要となるであろう。

[謝辞]

本研究の遂行にあたりご助言ご協力いただいた（株）梅かま 代表取締役社長 奥井健一氏並びに製造技術担当 高田康平氏に深く謝意を表します。

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

- 1) 編集部. 天然調味料市場の最新動向, 食品と開発, **47**(12): 40-48, 2012.
- 2) 竹島 文雄, 鍋島 裕佳子, 船津 保浩, 川崎 賢一. 富山県食品研究所研究報告, **4**: 1-8, 2001.
- 3) 吉川 修司, 田中 彰, 錦織 孝史, 太田 智樹. 食科工, **53**(5): 281-286, 2006.
- 4) 阿部 宏喜著. カツオ・マグロのひみつ, 恒星社厚生閣, 東京, 2009.
- 5) 山中 英明, 藤井 建夫, 塩見 一雄. 食品衛生学. 恒星社厚生閣, 東京, 2012.
- 6) ヒスタミン. 食品安全委員会ファクトシート平成 25 年 11 月 11 日更新.
http://www.fsc.go.jp/sonota/factsheets/130204_histamine.pdf.
- 7) STANDARD FOR FISH SAUCE: CODEX STAN 302-2011.
- 8) W. Taira, Y. Funatsu, M. Satomi, T. Takano, H. Abe. *Fish. Sci.*, **73**: 913-923, 2007.
- 9) 高野 隆司, 船津 保浩. 食品工業, **52**(5): 42-52, 2009.
- 10) 高野 隆司, 平和香子, 阿部 宏喜, 里見 正隆, 小善 圭一, 船津 保浩. 食科工, **54**(4): 187-194, 2007.
- 11) M. Satomi, M. Furushita, H. Oikawa, M. Yoshinaka-Takashi, Y. Yano. *Int. J. Food Microbiol.*, **126**: 202-209, 2008.
- 12) 里見 正隆. 醸協, **107**: 842-852, 2012.
- 13) 小善 圭一, 高野 隆司, 里見 正隆, 高橋 努, 船津 保浩. 日水誌, **76**(6): 1083-1085, 2010.
- 14) T. Takano, K. Shozen, M. Satomi, W. Taira, H. Abe, Y. Funatsu. *J. Food Quality*, **35**: 217-227, 2012.
- 15) K. Shozen, M. Satomi, Y. Yano, M. Yoshida, Y. Fukui, T. Takano, Y. Funatsu. *J. Food Safety*, **32**: 389-398, 2012.
- 16) 小善 圭一, 森 真由美, 原田 恭行, 横井 健二, 里見 正隆, 船津 保浩. 食科工, **59**(1): 17-21, 2012.
- 17) 原田 恭行, 小善 圭一, 多田 耕太郎, 竹島 文雄. 魚介類を用いた発酵調味料の製造方法及び製品. 特許出願 348869 号, 2005.
- 18) 船津 保浩, 砂子 良治, 小長谷 史郎, 今井 徹, 川崎 賢一, 竹島 文雄. 日水誌, **66**(6): 1036-1045, 2000.

烏骨鶏卵の食品学的機能特性

— パン焼成時にともなうメイラード反応の抑制効果 —

豊崎 俊幸 (TOYOSAKI Toshiyuki) *

* 香蘭女子短期大学 食物栄養学科

Key Words：烏骨鶏卵・鶏卵・パン・メイラード反応・Advanced Glycation Endproducts (AGEs)・Image J

はじめに

烏骨鶏は中国の文献には古くから登場し、宋代(11世紀)に著された「物類相感志」にある「烏骨鶏の舌黒き物は骨黒し」というのが最古とされている。また、イタリアのマルコポーロによる東方見聞録に、羽毛が絹糸状であることから英名では「Silky」(シルキー)と名づけられた鶏である。

烏骨鶏は、中国では“薬用鶏”として古くから食用とされている。また、東洋医学では古くから漢方薬として珍重され、現在でも多くの人々が利用しているのが現状である。日本でも近年、健康ブームがエスカレートし、様々な食品が市販される中で烏骨鶏卵も注目され、烏骨鶏卵を利用した様々な調理・加工食品が市場を賑わしているのが現状である。いっぽう、アメリカ、ヨーロッパ諸国では、烏骨鶏卵はほとんど食卓に登場せず、摂食されている卵のほとんどは鶏卵である。このように欧米やヨーロッパ諸国では烏骨鶏卵を摂食する機会がほとんどないことから、烏骨鶏卵の研究もほとんど行われていないのが現状である。したがって、烏骨鶏卵は未知なる卵であることは言うまでもない。すでに、著者は烏骨鶏卵の食品学的機能特性、

栄養特性、調理方法さらには食文化に関する興味ある知見を報告してきた¹⁻⁶⁾。詳細については文献を一読していただきたい。また、烏骨鶏卵に関する報告としても、すでに優れた報告がある⁷⁻¹²⁾。

最近、食品学的な機能特性の新しい知見として、烏骨鶏卵を用いたパン生地焼成にともなう誘導されるメイラード反応の抑制効果が確認された。そこで、この現象を詳細に検討した結果、非常に面白い現象を確認できた。しかし、この現象の化学的根拠はまだ研究段階であり、現時点では不明である。ここでは、烏骨鶏卵の食品学的機能特性の新しい特性の手がかりとしての現象について、若干ではあるが、著者が解明した知見について紹介する。

1. パン焼成時に誘導されるメイラード反応生成物(AGEs)量の変化

パン焼成時にともなう化学的現象のひとつとして、メイラード反応が誘導されることで、最終的にはパンの持つ褐色の色彩が現れる。一般にメイラード反応は自然現象的に誘導され、その代表的なものとして発酵・熟成がある。いわ

ゆる発酵食品である。また、食品を加熱・焼成時にも誘導され、いわゆる焼き色として、食品の表面が褐色になる。この褐色こそがメイラード反応により生成される褐変物質（ここでは AGEs と略する）である。食品学的にメイラード反応をとらえると、食品の価値を高める効果がある。例えば、食品の着色として多くの加工食品に利用されている。なお、メイラード反応の化学的メカニズムについてはここでは割愛する。

さて、本研究は、烏骨鶏卵の隠れた食品学的機能特性について、パン生地を焼成することで誘導される AGEs 量を、鶏卵と比較した。その結果を図 1 に示した。なお、ここではメイラード反応に誘導により生成される AGEs を測定することで確認した。烏骨鶏卵を用いたパン生地は、鶏卵に比較して AGEs 量は少ないことが確認された。つまり、烏骨鶏卵を用いたパン生地の焼成は、メイラード反応の進行が抑制されたものと考えられる。なぜ、このような現象が確

認されたかは今後検討する必要がある。

2. 焼成パン断面の空洞穴の変化

焼成したパン生地の断面を観察した結果を図 2 に示した。この測定方法は、Image J（フリーウェア）ソフトウェアを利用した結果である。パン生地を薄くスライスした後、一定表面積の空洞穴の数をカウントすることで、そのパンの物性的データが得られることから、最終的にパンの堅さ・柔らかなどの解析ができる優れたもののソフトウェアである。興味ある方は是非利用してほしい。

烏骨鶏卵を用いて焼成したパン生地の断面の空洞穴の数は、鶏卵を用いて焼成したパン生地の断面の空洞穴に比較して少なくなる傾向が観察された。このことから、烏骨鶏卵を用いて焼成したパンを摂食した場合、生地の滑らかさからすれば食感は荒くなる傾向を示すものと考えられる。

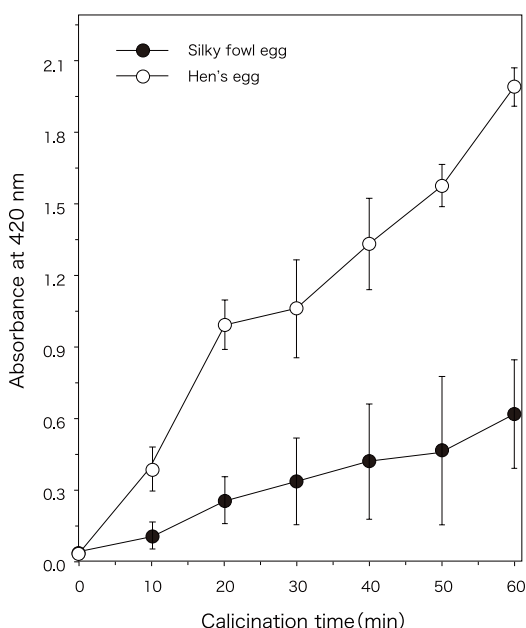


図 1 パン焼成時に誘導されるメイラード反応生成物 (AGEs) 生成量の変化

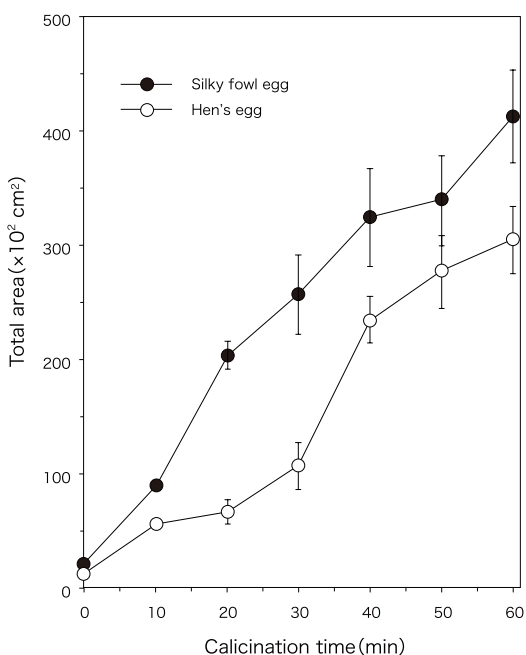


図 2 焼成パン断面における空洞穴の変化

3. パン生地焼成時におけるメイラード反応誘導は卵黄？それとも卵白？

一般に、加工食品は卵を利用することでメイラード反応は必ず誘導され、AGEs が出現する。この現象は食品を加工する場合、避けて通ることはほとんど不可能とされている。パン焼成も例外ではない。さて、ここで示した研究成果として、烏骨鶏卵の場合、鶏卵に比較して、メイラード反応による AGEs 量は少ないが、焼成後におけるパン断面の空洞穴は少なくなる傾向が観察された。そこで、卵の卵黄がこの現象に関与しているのか、それとも卵白が関与しているのかを追跡した。その結果を図3に示した。それぞれの卵の卵黄と卵白に分けた後、パン生地を調整・焼成したが、いずれの卵も卵白がメイラード反応を促進させていることが確認された。また、メイラード反応の誘導により生成される AGEs 量は、若干ではあるが、烏骨鶏卵の場合、鶏卵に比較して AGEs 量が増加する傾向が確認された。

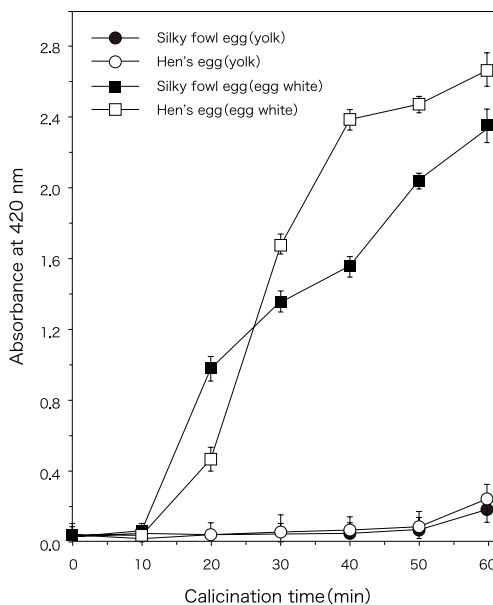


図3 卵黄、卵白添加パンにおけるメイラード反応生成物 (AGEs) 生成量の変化

4. 卵黄、卵白添加による焼成パン断面の空洞穴の変化

烏骨鶏卵、鶏卵のそれぞれの卵黄、卵白添加により焼成したパンの空洞穴を測定した結果を図4に示した。いずれの卵も、卵黄で焼成したパンの空洞穴に比較して、卵白で焼成したパン断面の空洞穴は多く確認された。また、烏骨鶏卵の卵白で焼成したパン断面の空洞穴は、鶏卵の卵白で焼成したパン断面の空洞穴に比較して多いことが確認された。

5. AGEs の分解割合の比較

図5の結果は、予め一定の AGEs を、烏骨鶏卵と鶏卵とともにパン生地添加到し、生地を焼成した後に添加した AGEs がどれくらい分解しているものかを検討したものである。烏骨鶏卵の場合、添加した AGEs は卵黄、卵白ともに80% 前後分解したが、鶏卵の場合、卵黄で約40% の分解割合を示し、卵白では約30% の分

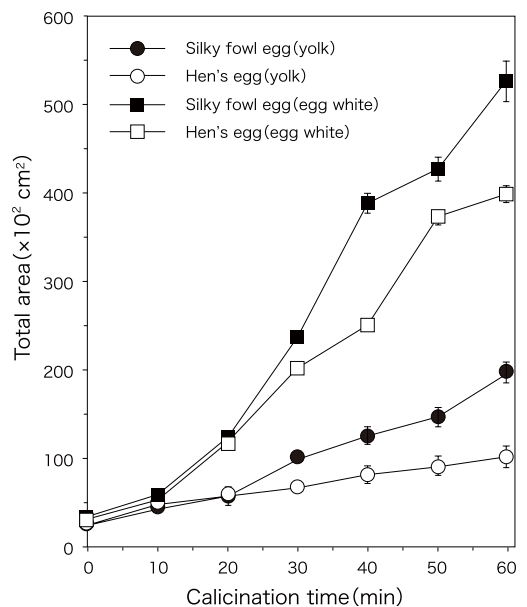


図4 卵黄、卵白添加パン断面における空洞穴の変化

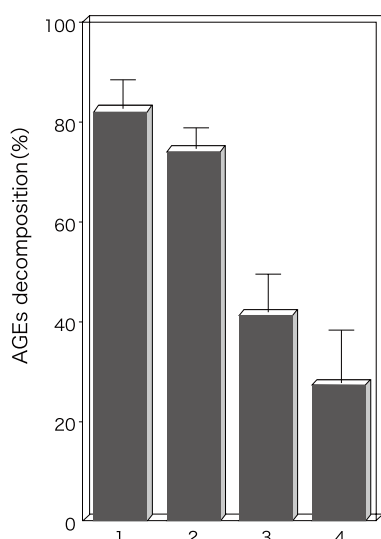


図5 添加したメイラード反応生成物（AGEs）の分解割合

1：烏骨鶏卵の卵黄，2：烏骨鶏卵の卵白，
3：鶏卵の卵黄，4：鶏卵の卵白

解割合を示した。この結果から，烏骨鶏卵の場合，パン生地焼成時にともなうメイラード反応の誘導に生成される AGEs を分解することで，

結果として AGEs の生成量が減少したものと推察された。ただ，この点については，今後詳細に追跡する必要がある。

まとめ

著者は，烏骨鶏卵の食品学的機能特性について，様々な角度から追跡し，得られた研究成果についてはすでに報告しているが，諸外国からの問い合わせが多く，このことから，烏骨鶏卵のもつ未知なる機能性特性に興味を抱く研究者の存在に歓びを感じる。

今回は，パン焼成時にともなうメイラード反応を抑制している現象をとらえることができたことから，本誌を通して著者の研究の一部を紹介させていただいた次第である。しかし，今回紹介した現象がどのような機構で進行しているのかは未知であり今後の研究に委ねることとなるため，できれば興味ある読者は連絡していただきたい。

参考文献

- 1) 橋爪 伸子，豊崎 俊幸，李 名元：烏骨鶏卵の食文化と調理法. *New Food Industry*, **40**: 52-58, 1998.
- 2) Koketsu, M., Toyosaki T.: Nutritive constituents of silky fowl eggs: comparison with hen eggs of White Leghorn origin. *Animal Sci. J.*, **75**: 67-69, 2004.
- 3) Toyosaki, T., Koketsu, M.: Oxidative stability of silky fowl eggs. Comparison with hen eggs. *J. Agric. Food Chem.*, **52**: 1328-1330, 2004.
- 4) 豊崎 俊幸，瀬戸 守：烏骨鶏卵の栄養特性と酸化安定性. *New Food Industry*, **47**: 20-26, 2005.
- 5) Toyosaki, T., Koketsu, M.: Antioxidant effects of the water-soluble fraction of baked sponge cake made with silky fowl egg: comparison with White Leghorn egg. *British Poul. Sci.*, **48**: 449-453, 2007.
- 6) Toyosaki, T.: Partial purification of an antioxidizing component in silky fowl egg. *Adv. J. Food Sci. Technol.*, **4**: 34-38, 2012.
- 7) Sakakibara, K., Tabata, S., Shiba, N., Gotoh, T., Nishimura, S., Iwamoto, H.: Myofibre composition and total collagen content in M. pectoralis of Silky and White Leghorn chickens. *British Poul. Sci.*, **41**: 570-574, 2000.
- 8) Ferrand, R., L' hermite, A.: Experimental analysis of the extensive pigmentation in the Silky fowl embryo: evidence for an environmental regulatory process. *Experientia*, **41**: 512-514, 1985.
- 9) Koketsu, M., Nitoda, T., Juneja, L.R., Kim, M., Kashimura, N., Yamamoto, T. Sialyloligosaccharides from egg yolk as an inhibitor of rotaviral infection, *J. Agric. Food Chem.*, **43**: 858-861, 1995.
- 10) Koketsu, M., Nitoda, T., Sugino, H., Juneja, L.R., Kim, M., Yamamoto, T., Abe, N., Kajimoto, T., Wing, C.H.: Synthesis of a novel sialic acid derivative (sialylphospholipid) as an antirotaviral agent. *J. Med. Chem.*, **40**: 3332-3335, 1997.
- 11) Carefoot, W.C.: Further studies of linkage and mappings of the loci of genes in 3 on chromosome 1 of the domestic fowl, *British Poul. Sci.*, **34**: 2005-209, 1993.
- 12) Koketsu, M., Sakuragawa, E., Linhardt, R.J., Ishihara, H.: Distribution of N-acetylneuraminic acid and sialylglycan in eggs of the Silky fowl. *British Poul. Sci.*, **44**: 145-148, 2003.

食中毒と疫学

—食の安全に向けて—

高橋 正弘 (TAKAHASHI Masahiro) *

* 東京海洋大学大学院 湘北短期大学非常勤講師

Key Words：食中毒・記述疫学・分析疫学・機序疫学・政策疫学・後ろ向きコホート研究

はじめに

2013 年秋、有名ホテルのレストラン等で表示された料理名が本来の食材名、例えば「ブラックタイガー」を「車エビ」とするなど正しくない表示をしていたことが発覚した。調査の結果、百貨店やホテル、回転寿司など 23 業界団体の延 307 業者に虚偽表示が確認され、食に対する信頼性が揺らぐ社会的問題となった。この事例を食の安全性という視点で考えると次のような問題が一つ考えられる。

これら料理を食べた者が食中毒症状を呈した場合である。届出等でこれを探知した保健所長は原因食品等を追及するために疫学調査を直ちに実施する。その際、担当する食品衛生監視員は料理名「車エビ」をもとに「食べた人」と「食べなかった人」の発症状況を比較し、原因食品を推定する。「車エビ」が疑われ、マスコミ等で「車エビ」と速報されると、後の詳細な調査で原因食品が「ブラックタイガー」と特定されても、「車エビ」は風評被害を受けかねない。では、疫学調査がどのようにして行われるのか。知っているようで知らない食中毒と疫学の概要について述べる。

1. 食中毒とは

食中毒は「有害・有毒な物質を含むあるいは有害微生物に汚染された食品、添加物等をヒトが経口的に摂取して発症する一群の疾病で、患者等を診断または検診した医師の届出等により保健所長が疫学調査等によって認定したもの」と定義できる。

ヒトはなぜ食中毒を発症するのでしょうか。ノロウイルス食中毒を発症する原因は何かと問われれば、一般的にはノロウイルスと答えるであろう。それはノロウイルスの存在が必須だからである。発症には特定の病因すなわち病原体が必ず関与するという考え方で、これは特異的病因論といい、20 世紀はじめまでは主流の考え方であった。しかし、よく考えるとこのノロウイルスという答えでは不十分である。なぜならば、ノロウイルスに暴露しても必ずしも発症するとは限らない。免疫を持っている人や健康で体力のあるヒトでは発症しにくいと言われ、発症率は 100% ではないからである。

このように、食中毒発生の原因はノロウイルスなど単一の要因だけでは説明できない。ノロ

ウイルス食中毒は多くの要因が複雑に絡み合っ
て発生するという考え方で、この考え方は多要
因原因説といい、これが今日の基本的な考え方
だと思う。

多要因原因説に従えば、食中毒の発生は宿主
としての「ヒト」、ノロウイルスなどの「病因
物質」、「食品」、「外部環境」などの要因によ
って支配される。ヒトの要因は疲労度や獲得免疫
など、病因物質と食品の要因は食品中の病因物
質の存在と蓄積など、外部環境は食品が置かれ
た場所の清潔度や温度・湿度・酸素など微生物
の増殖に影響を与える要因である。食中毒はこ
れら多くの要因が相互に絡み合い発生する¹⁾。

しかし、食中毒発生は人間集団内の事象であ
るので、これら自然的要因に加えて社会的要因
が関与している、と考えている。

2. 疫学とは

疫学 (Epidemiology) は「人間集団を対象とし、
健康事象の原因や動向の究明ならびに対策に役
立てる学問」と言える。個（個人）ではなく集
団（人達）を対象とするのが特徴である。

疫学は健康事象への効果的な対応（対策）や
原因究明のために必須の技術・方法論であるこ
とが、近年、国際的にも認知されている。方法
論は基本的には疫学も他の学問と同じで、観察
的方法と介入研究（何らかの要因を与えたりの
ぞいたりする方法）がある。

観察的方法には記述疫学や分析疫学がある。
記述疫学は噂、漠然とした情報から問題の発見
と仮説の設定を行う。仮説を記述することから
記述疫学と言われるが、基本的に記述する項目
は「時」、「場所」、「人」に関連する3項目である。

①時間：同じような疾病の発生が数時間ある
いは数日間隔であったならば時間の関連性
が存在する。

②場所：同じところで食品を買った、同じ施

設やイベントで食事をした、同じところに
住み共通する食品や水を摂取したなどの場
所の関連性。

③人：同じ年齢、性別、職業、社会的グルー
プあるいは宗教、個人的な特徴という人の
関連性。

記述疫学で立てた仮説は因果関係の妥当性、
すなわち、関連の一致性・強固性・特異性・時
間性・整合性を満たしていたら、次に分析疫学
で解析する。

分析疫学は仮説の証明であり、後ろ向きコ
ホート研究（追跡研究）、症例対照研究および
横断研究などがある。

後ろ向きコホート研究は原因として疑われる
食品を食べた人と食べなかった人が調査可能で
あるときに、食べた人と食べなかった人の症状
の出方を比較する方法である。

症例対照研究は発症した人と発症しなかった
人を比較して、ある食品を食べたのか食べな
かったのかを比較する方法である。

介入研究は動物実験などの実験疫学で仮説を
確かめる。適切な調査デザインのもとで時・場
所・人などを記述したデータから仮説の設定が
行われる。記述疫学で立てた仮説は因果関係の
妥当性を満たしていたら分析疫学で検証する。
これらによって「原因」と「結果」の因果関係
が明らかになる。

さて、Dr. Robert A. Spasoff は疫学を機序疫
学 (Etiologic Epidemiology) と政策疫学 (Policy
Epidemiology) の2つに分類している。機序疫
学は因果関係の追及を目的として、分析疫学の
手法を用いる疫学である。

政策疫学は政策選択の根拠や政策の評価を目
的として、記述疫学などの手法を主に用いる疫
学である。そこで、食中毒を事例に機序疫学と
政策疫学について述べる。

3. 食中毒と機序疫学

3-1. 食中毒疫学調査

食中毒疫学調査は食中毒の原因究明を主目的とする。届出等を受理した保健所長は食中毒事件であるか否か等を判断するとともに、事故の拡大と再発防止を図るため次の調査を行う。

①原因となった食品等および病因物質を追及するための疫学的調査

②病因物質の特定のため、食中毒患者等の血液、糞尿等および原因と思われる食品等の微生物学的または理化学的な試験検査

食中毒疫学調査の手順は図1に示すとおりである。まず、本当に集団発生かどうかを確認する。次に、調査の対象/範囲を定めるため時・場所・人の3要素を含む症例定義（例えば、「10日以降、民宿で食事をして、吐き気、下痢等の症状を呈した者」）を作成し、症例の数え上げ、すなわち、10日以降に民宿を利用した者に対して健康調査、喫食調査および行動調査を行う。さらには民宿の施設調査、食品等流通調査を実施する。症例群の特徴を把握し、記述疫学によって原因

アウトブレイクの確認



症例の定義



調査



記述疫学



仮説の設定



分析疫学(仮説の検証)



拡大防止・疾病予防

食品や汚染経路などの仮説が設定される。続いて、仮説が妥当であれば分析疫学によって検証する。

なお、食中毒疫学調査結果から得られる情報は次のようになる。

①流行の存在の確認：流行曲線、アタック・レー

ト（発生率）などによって行う。

②原因食品の推定：喫食状況調査データを解析して得られるオッズ比、相対リスク、オッズ比信頼区間(95%)、推理表（マスターテーブル）における χ^2 検定法、Yatesの補正、Fisherの正確確率検定を用いて行う。

③病因物質の推定：潜伏時間、症状の集計結果から行う。

④病因物質の特定：患者の糞尿や食品残品等を試験検査し、病因物質の特定を行う。

これらによって「暴露」と「食中毒」の因果関係が明らかになる。得られた情報は総合的に勘案し、保健所長が食中毒の認定および感染源の特定を行う。続いて、汚染拡大の防止策を実施し、予防策を提案する。調査結果は都道府県知事を経て厚生労働大臣まで報告する。

なお、わが国では後ろ向きコホート研究が主におこなわれ、症例対照研究や実験疫学が行われるのはまれである。

3-2. 食中毒疫学調査を支援するシステム

神奈川県保健所ではパーソナルコンピュータを用いた食中毒疫学調査を支援するシステムが1990年代から活用されている。

このシステムは疫学調査データ等をデータベース化し、必要な情報が抽出でき、集計結果を自動的に出力する。先ほど述べた記述疫学、分析疫学の技術・方法論が組み込まれていて、オッズ比等は自動的に計算し、結果を出力する。

図2は喫食状況調査票入力画面である。調査票の記入データはこの入力画面に入力する。ハムを2枚、ソーセージ2本食べた则表示されているが、数値は用量反応を見る場合に活用できる。記述疫学によって、食中毒患者はハムを食べた人が多いようだ、という現象が観察できる。

図3は記述疫学で浮かび上がってきた食品が原因食品かどうかを検討する分析疫学の過程の一部である。食べた、食べない、発症、非発症

図1 食中毒疫学調査の手順

喫食状況調査票◆入力画面

レコード情報

調査年月日: 調査者: 氏名: ゆかたざらい グループ別: 宝玉会 レコード番号: 1

患者情報

患者氏名: 赤堀正光 生年月日: 1910年12月4日 年齢: 49才 性別: 男 女 住所: 相模原市上溝2265 電話番号: 042-762-8011 職業: 公務員 発病の有無: 有 無

喫食状況

ご飯	塩焼鮭	おおか	卵焼き	ハム	ソーセージ	夕食 たまご	のり
○ ○ ○ × ● ?	● ○ ○ × ○ ?	● ○ ○ × ○ ?	○ ○ ● × ○ ?	2 ● ○ ○ × ○ ?	2 ○ ○ ○ × ● ?	4 ● ○ ○ × ○ ?	● ○ ○ × ○ ?
○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?
○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?
○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?	○ ○ ○ × ○ ?

図2 喫食状況調査票入力画面

Microsoft Excel - 食中毒計算.XLS

04127 1256 【カイニ乗検定及び直接確率計算】

《危険率》食事別/食品名が 赤の時5% ピンクの時1%

No	食事別/食品名	発症者 (A)	非発症者 (C)	計	発症者 (B)	非発症者 (D)	計	AD > BC	フイッシャー直接確率
1	食事1	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
2	食事2	32	59	91	0	1	1	>	0.54 0.652174
3	食事3	0	0	0	0	1	1	=	計算不能 1.000000
4	食事4	32	59	91	0	1	1	>	0.54 0.652174
5	食事5	0	0	0	0	1	1	=	計算不能 1.000000
6	食事6	0	0	0	0	1	1	=	計算不能 1.000000
7	食事7	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
8	食事8	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
9	食事9	33	59	92	0	0	0	=	計算不能 1.000000
10	食事10	33	59	92	0	1	1	>	0.56 0.645161
11	食事11	0	1	1	0	0	0	=	計算不能 1.000000
12	食事12	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
13	食事13	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
14	食事14	5	6	11	0	0	0	=	計算不能 1.000000
15	食事15	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
16	食事16	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
17	食事17	33	58	91	0	0	0	=	計算不能 1.000000
18	食事18	33	59	92	0	0	0	=	計算不能 1.000000
19	食事19	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
20	食事20	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000
21	食事21	0	0	0	0	0	0	=	計算不能 1.000000

暴露日計算 カイニ乗検定及び直接確率計算

図3 原因食品の推定のための解析画面

のマスターテーブルが自動的に作成され、オッズ比, χ^2 検定, Fisher の正確確率検定などは自動的に計算し, 結果が出力される。これらの結果から原因食品の推定が行われる。

しかし, 近年, ウイルス, 腸管出血性大腸菌, カンピロバクターなどを病因物質とする食中毒の増加, 患者発生の広域化が問題となっている。ヒト由来の感染症か, あるいは食物・水由来の食中毒かの判定の迅速化, 広域的な発生への効率的な対応, マスメディアとの連携, すなわち, マスメディアへの適切な情報提供などが新たな課題となっている。

そこで, これら課題を一挙に解決するシステムの再構築が検討され, 概要の一部は次のとおりである²⁾。

症状等調査入力項目はカンピロバクターやノロウイルスによる症状に対応するため, 関節痛を含む体の痛み, 便の状態(色, 形状等)などを追加する。

行動情報は感染症か食中毒かの判定や, 潜伏時間の長い食中毒の原因究明には欠かせない。そこで, 発症に至るまでの行動情報は独立した入力項目として追加する。

原因食品の推定には食品ごとの発病率(アタックレート), 相対リスク, オッズ比, オッズ比信頼区間, χ^2 検定および Fisher の正確確率検定などを自動的に計算し, 結果を出力する。システムの利用は疫学調査の統一化を図り, 標準的な手順, 標準化した指標を提示するため, 結果の信頼性が高まり迅速化が図られる。

同じようなシステムが 2000 年に米国 CDC によって疫学統計 Epi Info として公表され, その後も修正が加えられ, 現在, わが国の国立感染症研究所のホームページで EpiInfo 日本語版として提供されている。しかし, わが国の実情に即し, 使い勝手が良く, 誰もが, いつでも, 簡単に操作ができる独自のシステムの構築が望まれる。

4. 食中毒と政策疫学

数多くの病因物質, 施設, 食品の中から優先順位を計量的に明らかにすることは食中毒予防対策上の重要な課題の一つである。優先順位を明らかにすること, すなわち, リスクランキングや評価基準値等の設定は食中毒予防対策の施策の樹立や評価をするための科学的根拠を提供する。

病因物質別, 食品別, 施設別のリスクランキングや評価基準値等の設定は全国食中毒事件録第三編(以下, 「事件録」という。)に記載されている 1998 年～2007 年の 20 年間の事例をサンプルとし, 発生件数等の平均値や 95% 信頼限界(95% の事例が収まる値(上限値, 下限値))の大小によった³⁻⁸⁾。

4-1. 病因物質別リスクランキングと発生件数の年次推移

(1) 病因物質別リスクランキング

表 1 に示すとおり, 病因物質別の 1 年あたりの発生件数の平均値によるリスクランキング上位 10 位は腸炎ビブリオ(278.1 件), サルモネラ属菌(276.6 件), ノロウイルス(269.5 件), カンピロバクター・ジェジュニ/コリ(260.0 件), ぶどう球菌(76.0 件), その他の病原大腸菌(72.9 件), 植物性自然毒(66.2 件), 動物性自然毒(36.8 件), ウェルシュ菌(25.4 件), 腸管出血性大腸菌(20.3 件)の順であった^{3, 4)}。

(2) 病因物質別の発生件数の年次推移

主な病因物質別の発生件数の年次推移は次のとおりであった^{3, 4)}。なお, 表 1 に示す平均値, 上限値および下限値などは評価基準値として活用し, 上限値を超える値は異常値とした。

腸炎ビブリオは 1990 年をピークに 2002 年以降平均値を下回り減少傾向にある。2012 年は 9 件と激減している。これら減少は 2001 年

表1 食中毒病因物質別の発生件数によるリスクランキング

順位	病因物質	平均値	上限値	下限値	F 値
1	腸炎ビブリオ	276.9	654.5	-100.7	23.89**
2	サルモネラ属菌	273.8	630.7	-83.1	
3	ノロウイルス	260.2	460.6	59.8	
4	カンピロバクター	254.3	714.7	-206.1	
5	ブドウ球菌	74.5	119.6	29.5	
6	その他の病原大腸菌	72.4	226.5	-81.7	
7	植物性自然毒	64.7	111.7	17.8	
8	動物性自然毒	36.2	50.4	22.1	
9	ウェルシュ菌	24.9	39.5	10.3	
10	腸管出血性大腸菌	19.4	35.1	3.7	
11	セレウス菌	12.1	22.2	1.9	
12	その他の細菌	8.9	24.7	-6.8	
13	ヒスタミン	5.0	12.0	-1.9	
14	寄生虫等	4.3	8.7	0.0	
15	化学物質	2.0	5.5	-1.5	
16	ナグ・ビブリオ	1.6	4.5	-1.4	
17	その他のウイルス	1.5	4.8	-1.8	
18	赤痢	1.3	3.2	-0.6	
19	エルニシア・エンテロコリチカ	1.2	5.0	-2.7	
20	ボツリヌス菌	1.0	3.2	-1.1	
21	コレラ	0.4	1.8	-0.9	
22	チフス・パラチフス A 菌	0.1	0.7	-0.5	

上限値：平均値 +2 ×標準偏差，下限値：平均値 -2 ×標準偏差，**： $p<0.01$

に腸炎ビブリオ食中毒発生防止のための水産食品に係る規格基準が厚生労働省から発出されるなど、対策の提示と実践が影響したと考えている。その根拠は、規格基準が発出された翌年の2002年～2007年と発出以前の1988年～2001年の2つのグループに分けてt検定を行ったところ、危険率5%（ t 値 2.504）で有意差が認められた。規格基準発出以降のグループは発出以前に比べ発生件数が有意に少なかったことによる。

サルモネラ属菌は1996年以降鶏卵によるS.Enteritidis（ゲルネル菌）の影響で急増したが、2004年以降平均値を下回り減少傾向にある。2012年は40件と減少している。これら減少は農林水産省から鶏卵のサルモネラ総合対策指針（2005年）が発出されるなど、対策の提示と実践が影響したものと考えている。

ノロウイルスは2003年以降平均値を上回り

推移していた。2006年は上限値を超える異常値を示したが、それは感染力の強い型別（GII/4）の流行による、と考えられる。2012年は416件と平均値を上回っていたが上限値以下であった。

カンピロバクター・ジェジュニ/コリは1997年以降平均値を上回り推移していた。2012年は266件と平均値を大きく上回っていたが上限値以下であった。

植物性自然毒は年ごとの変動が著しく、その年の毒キノコの生育状況などの影響を強く受けている、と考えられる。1998年は上限値を超える異常値を示した。2010年は70件と平均値を上回っていたが上限値以下であった。

腸管出血性大腸菌は1998年以降、2001年を除き平均値を下回り推移していたが、2004年以降平均値を上回って推移していた。2012年は16件と平均値を下回った。

セレウス菌はリスクランキング 11 位ではあるが、平均値を上下する値で推移し、2004 年は上限値を超える異常値を示した。2012 年は 2 件と平均値を大きく下回った。

原虫・寄生虫は 14 位と順位は低いが、2003 年以降平均値を上回り急激に増加した。2012 年はアニサキスなどによる事例が多く、107 件と上限値を超える異常値を示した。アニサキス等の原虫・寄生虫は今後の動向を注視すべき病因物質の一つである、と考えられる。

4-2. 食品別リスクランキングと発生件数の年次推移

(1) 食品別リスクランキング

食中毒原因食品は微生物汚染度合や微生物制御方法により、食材別に生食品、調理加工食品、加熱殺菌食品ならびに自然毒含有食品など 35 種類に分けた^{5,6)}。

食品別の 1 年あたりの発生件数の平均値によるリスクランキングは弁当 (82.0 件)、きのこ類 (51.7 件)、すし類 (35.3 件)、カキ (生食品) (31.5 件)、フグ (28.3 件)、めん・米飯・穀物類 (25.8 件)、魚類 (調理加工品) (23.4 件)、魚類 (生食品) (23.0 件)、おにぎり (18.5 件)、複合調理食品 (16.0 件)、鶏肉 (生食品) (14.2 件)、卵 (調理加工食品) (11.1 件)、食肉類 (調理加工食品) (10.8 件)、山菜類 (10.8 件)、卵 (生食品) (10.6 件)、洋菓子 (8.1 件)、鶏肉 (調理加工品) (7.8 件)、食肉類 (生食品) (7.2 件)、魚貝類盛合せ (生食品) (7.0 件)、和え物・サラダ (7.0 件)、貝類 (生食品) (6.9 件)、貝類 (調理加工食品) (6.6 件)、使用水 (4.1 件)、和菓子 (3.9 件)、魚類 (自然毒) (3.9 件)、野菜・芋類 (調理加工食品) (3.6 件)、魚卵類 (生食品) (2.9 件)、カキ (調理加工食品) (2.9 件)、貝類 (自然毒) (2.7 件)、豆類 (2.6 件)、その他 (2.2 件)、野菜・芋類 (生食品) (2.1 件)、乳・乳加工品 (1.5 件)、魚肉練り製品 (1.1 件)、食肉製品 (0.4 件) の順であった^{5,6)}。

(2) 食品別の発生件数の年次推移

主な食品別の発生件数の年次推移は次のとおりであった⁶⁾。

魚貝類は 1989 年～1991 年、1997 年～1999 年にそれぞれピークがみられたが、その後減少傾向にある。

カキは生食品が 2000 年～2003 年にピークがみられたが、その後減少傾向にある。

食肉類 (鶏肉含む) は 2000 年以降、特に鶏肉 (生食品) の件数が増加したが、2005 年～2006 年にピークがみられたが、その後減少傾向にはあるが 2000 年以前の件数まで減少していない。

卵類は生食品、調理加工品とも 1998 年から 2000 年にピークがみられるが、その後減少傾向にある。

4-3. 施設別リスクランキングと年次推移

(1) 施設別リスクランキング

施設は厚生労働省の食中毒事件票「原因となった家庭・業者・施設等」の分類を参考に、集団給食施設は事業所給食等の 5 種類、営業施設は飲食店、製造所等の 5 種類、そして、家庭、その他の 12 種類に分類した。営業施設のうち飲食店営業の許可を受けている事業場、学校、病院等の施設は該当する集団給食施設とした。その他は模擬店、屋台、キャンプ場、集会所等が含まれる^{7,8)}。

施設別の 1 年あたりの発生件数の平均値によるリスクランキングは飲食店 (379.8 件)、家庭 (198.4 件)、旅館・ホテル (103.6 件)、仕出屋・弁当屋 (76.6 件)、学校・保育所等給食施設 (24.4 件)、その他 (22.7 件)、事業所給食施設 (21.4 件)、病院・老人ホーム等給食施設 (20.2 件)、販売店 (13.6 件)、製造所 (12.8 件)、寄宿舍・寮等給食施設 (12.4 件)、調理実習施設 (学校・公民館等) (6.1 件) の順であった^{7,8)}。

(2) 施設別の発生件数の年次推移

飲食店は1988年から1997年まで平均値を下回り推移していたが、1988年以降平均値を上回り推移し、2006年の612件まで増加しているが上限値627.3件以下であった。なお、下限値から毎年126件以上発生することが推測できる。

家庭は1988年から1996年の間、平均値を上回り推移していたが1997年から増加し、1998年の590件をピークにその後減少している。なお、1998年は上限値458.3件を超える異常値であった。これは広島県、山梨県などの患者数1人例の届出の増加が影響したと考えられる。

事業所給食施設は上限値35.3件と下限値7.5件の間を推移していた。下限値からは毎年7件以上発生することが推測できる。

学校・保育所等給食施設は1996年の45件をピークにその後減少した。なお、1996年は上限値42.3件を超える異常値であった。下限値からは毎年6件以上発生することが推測できる。

寄宿舍・寮等給食施設は1997年が上限値24.1件を超える異常値であった。

病院・老人ホーム等は1988年から1994年までは平均値を下回り推移していたが1995年以降平均値を上回り推移していた。

旅館・ホテルは1988年から増減しながら推移し1998年ピークに達した。1998年は上限値157.3件を超える異常値であった。その後減少したが2006年144件と再び急増した。下限値から毎年48件以上発生することが推測できる。

製造所は1998年および2001年に上限値23.0件を超える異常値を示した。

仕出屋・弁当屋は異常値は見られなかったが下限値から毎年28件以上発生することが推測できる。

食中毒予防対策上、異常値を示した年次は発生状況などを精査してその原因を追跡すること

が必要と考えられる⁸⁾。

4-4. カンピロバクター食中毒の原因施設および原因食品のリスクランキング

2011（平成23）年、発生件数が第1位となったカンピロバクター食中毒の原因施設、原因食品、原因施設と原因食品の組み合わせの発生件数あるいは1事例あたりの患者数の平均値によるリスクランキングは次のとおりであった⁹⁾。

(1) 原因施設別リスクランキング

健康被害の頻度（発生件数）が高い施設は飲食店（104.5件）、旅館・ホテル（7.0件）、その他（4.3件）、調理実習施設（学校・公民館等）（4.2件）、家庭（2.5件）の順であった。

健康被害の規模（1事例あたりの患者数）の大きい施設は、学校・保育所等給食施設（87.7人）、仕出屋・弁当屋（33.8人）、旅館・ホテル（29.8人）の順であった。

(2) 原因食品別リスクランキング

健康被害の頻度（発生件数）が高い食品は鶏肉（生食品）（27.1件）、食肉類（生食品）（7.7件）、鶏肉（調理加工品）（7.2件）、食肉類（調理加工品）（6.8件）の順であった。鶏肉（生食品）は下限値から毎年13件以上の発生が推測される。

健康被害の規模（1事例あたりの患者数）の大きい食品は、使用水（91.2人）、和え物・サラダ（47.7人）、弁当（32.6人）、複合調理品（32.4人）の順であった。

(3) 原因施設と原因食品の組み合わせ別リスクランキング

健康被害の頻度（発生件数）の高い飲食店では鶏肉（生食品）（25.6件）が最も発生件数が多かった。以下、食肉類（生食品）、食肉類（調理加工品）、鶏肉（調理加工品）の順で、生食品の鶏肉および食肉類は73.5%を占めていた。

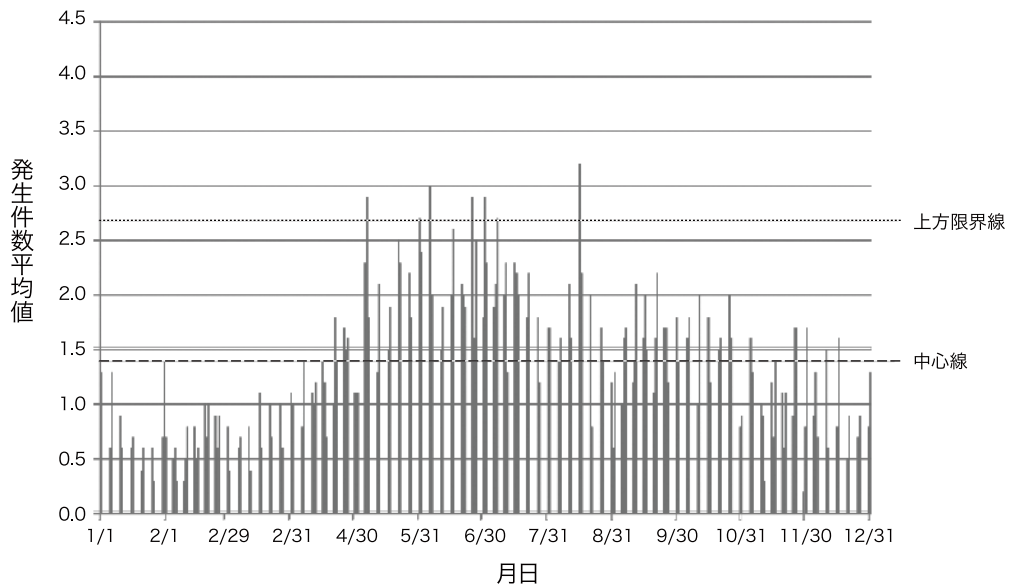


図4 カンピロバクター食中毒の日別発生件数

4-5. カンピロバクター食中毒の特異日

食中毒予防対策では対策を強化すべき時期を明らかにすることが重要な課題の一つとなる。事件録に収載されているカンピロバクター食中毒事例のうち1998年から2008年までの間、他の年と収載方法が異なる1999年を除いた10年間分の事例をサンプルとして、月別、週別、日別、曜日別に解析し、次の結果を得た¹⁰⁾。なお、事件録に記載されている発生日は最初に症状が出た日（初発日）である。

5月から10月の間が平均値42.2件を超え、特に5月から8月の間は発生頻度が高かったが、これらの月の間には有意差が認められなかつ

た。第27週（17.0件）は特に発生頻度が高く、第26、33、22、28、29週の順に高かった。これらの週は5月下旬～8月中旬にあたる

図4に示すとおり、上方限界線（上限値）2.6件を超えて発生頻度が特に高かった日は、6月28日、8月15日、6月5日・29日、5月6日・25日・7月1日、5月28日・31日・7月7日・8月13日の順であった。日曜日（82.2件）と月曜日（78.0件）は木曜日と金曜日より発生頻度が有意に高かった。暴露日は潜伏時間から推測すると週末になるので、特に、週末の飲食に注意が必要である、と考えられる。

・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・

- 1) 高橋 正弘：からだと温度の事典 5. 温度と食中毒. 朝倉書店, 東京, 2010.
- 2) 高橋 正弘ほか：食中毒事件調査解析システムの構築における入力・出力項目の検討. 獣医疫学雑誌, **14**(2): 139-145, 2010.
- 3) 高橋 正弘ほか：食中毒の病因物質別のリスクランキング設定に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金「食品衛生監視員による食品衛生監視手法の高度化に関する研究」(主任研究者: 豊福肇) 平成22年総括・分担研究報告書, 367-391, 2011.
- 4) 高橋 正弘：食中毒—最近の話題—平成23年食中毒事例をもとにして. 日本栄養士会雑誌, **55**(4): 4-7, 2012.

- 5) 高橋 正弘ほか：食品カテゴリーのリスクランキン設定への疫学的アプローチ．神奈川県立保健福祉大学誌，**7**(1): 37-47, 2010.
- 6) 高橋 正弘ほか：食品カテゴリー別のリスクランキン設定に関する研究，厚生労働科学研究費補助金「食品衛生監視員による食品衛生監視手法の高度化に関する研究」（主任研究者：豊福肇）平成 21 年総括・分担研究報告書，383-390, 2010.
- 7) 高橋 正弘ほか：わが国の食中毒はどこで多く発生するのか．*New Food Industry*, **52**(10), 60-66, 2010.
- 8) 高橋 正弘ほか：食中毒の原因施設別のリスクランキン設定に関する研究，厚生労働科学研究費補助金「食品衛生監視員による食品衛生監視手法の高度化に関する研究」（主任研究者：豊福肇）平成 22 年総括・分担研究報告書，393-408, 2011.
- 9) 高橋 正弘ほか：Campylobacter 食中毒における原因施設および原因食品のリスクランキン設定への疫学的アプローチ．獣医学雑誌，**16**(1): 52-60, 2012.
- 10) 高橋 正弘：わが国の食中毒はいつ起こるのか—食の安全・安心に向けて—．*New Food Industry*, **54**(12) 17-26, 2012.

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭酸
カルシウム
とは？

古くから食品に使用されている
安全性・吸収性に優れたカル
シウム源です。
用途も栄養強化はもちろんの
こと、練製品の弾力増強など
の品質改良、粉体の流動性
向上・固結防止といった加工
助剤などその目的は多彩です。

分散性・混合性に優れたものや、飲料用として
沈澱を抑制したタイプ等、品揃えております。

一般の栄養強化には、「ホワイトン」

機能を求めるならば、「コロカルソ」

飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当に
お気軽にお尋ね下さい。



白石カルシウム株式会社

食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8 TEL. 03-3863-8913
本 社：大 阪 市 北 区 同 心 2-10-5 TEL. 06-6358-1181

味噌の保健作用

芳野 恭士 (YOSHINO Kyoji) *

* 沼津工業高等専門学校 物質工学科

Key Words：味噌・ダイズ・コメ・麹菌・保健機能・食後血糖・フィトステロール・脂質代謝

はじめに

味噌は、穀類を原料として発酵により製造される食材の一つである。総務省の「家計調査」によると、国民1人当たりの年間購入量は、1970年には約4 kgであったものが、2012年には約2 kgに減少している。しかし、小売店に行けば味噌そのものだけでなく、出汁入りの味噌やインスタントの味噌汁類などがたくさん並んでおり、現在でも日本の代表的な食材であることに変わりはない。調味料としてだけでなく味噌汁のような副食にも用いられ、日本人の健康増進に果たしてきた役割は大きいものと考えられる。味噌には主な原材料であるダイズの成分が含まれるほか、酵母菌や麹菌による発酵の過程で生成する成分も含まれ、その多様な成分による保健作用が研究されてきた。著者は、これまでにフィトステロールと味噌の同時投与による脂質吸収抑制作用について報告してきたので、ここではそれらを含めた味噌の保健作用について概説する。

1. 主な原材料の一つであるダイズの保健作用

味噌の主な原材料にダイズがある。ダイズに

はイソフラボンをはじめとして、保健作用を示す様々な成分が含まれている。以下に、ダイズの保健作用とその有効成分に関する報告を整理する。

我々が呼吸によって体内に取り込んでいる酸素から生成する活性酸素やフリーラジカルは、免疫系などでは有用であるが、それが制御できない状況で生成する場合には体を構成する様々な分子を酸化し、体内に酸化ストレスを生じる。酸化ストレスは、循環器系の疾患や糖尿病などの生活習慣病の原因の一つと考えられているが、ダイズには酸化ストレスを抑制する抗酸化作用がある。ダイズの抗酸化成分としては、イソフラボンや DDMP (2,3-ジヒドロ-2,5-ジヒドロキシ-6-メチル-4H-ピラン-4-オン結合) サポニン、ビタミン E などが知られている^{1,2)}。DDMP サポニンには、それ自身に抗酸化作用があるだけでなく、フラボノイド類の同作用を強める効果がある。また、ダイズに含まれるフェルラ酸にも強い抗酸化作用が認められている³⁾。

抗酸化作用とともに、循環器系疾患の予防に寄与することが期待されるダイズの作用としては、脂質吸収抑制作用がある。小腸からのコレ

ステロールの吸収を抑制する成分としては、リノール酸を含むレシチン、フィトステロール、食物繊維などがある⁴⁾。レシチンとフィトステロールのこの効果は、ビタミンEの共存で増強される可能性がある。一方、ダイズ食物繊維については、不溶性の繊維が多いためその効果がどの程度期待できるかは不明である。ゲニステイン、ダイゼイン、グリシテインといったイソフラボン、コレステロールの生合成系の酵素である3-ヒドロキシ-3-メチルグルタリルコエンザイムAレダクターゼの活性を阻害することが報告されている⁵⁾。また、ダイズタンパク質に由来する難消化性ペプチドは、腸管を通して排泄される際に胆汁酸と結合することにより胆汁酸による脂質の吸収を抑制すること、および胆汁酸の排泄が促進されることで肝臓でのコレステロールからの胆汁酸の生合成を高めることによりコレステロールの消費を促す⁴⁾。ダイズ極性脂質（リン脂質）結合タンパク質には、脂質吸収抑制作用によらないラット血中コレステロールレベルおよびトリグリセリドレベルの低下作用がある⁶⁾。ダイズサポニンとフェルラ酸にも、血中コレステロールの低減作用が認められる^{1,7)}。さらに、ダイズタンパク質のβ-コングリシニンには、血中トリグリセリドレベルの低下作用がある⁸⁾。β-コングリシニンは、共役リノール酸と組み合わせることで、ラットにおける体脂肪低減作用も示す⁹⁾。また、ダイズから分離されたタンパク質には、ラットにおける脂肪肝発症抑制作用がある¹⁰⁾。血圧上昇抑制作用としては、他の食品タンパク質由来のペプチドと同様、ダイズから精製したタンパク質でもアンジオテンシンI変換酵素（ACE）活性阻害作用によるものと考えられる、高血圧自然発症ラット（SHR）における血圧の低下作用が報告されている¹¹⁾。ダイズタンパク質添加飼料の摂取で、脳卒中易発症ラット（SHRSP）での脳卒中発症時期の遅延と、寿命の延長が認

められる¹¹⁾。また、老化促進モデルマウスを使用した研究でも、ダイズタンパク質はアミロイド繊維の組織への沈着を抑制し、マウスの寿命を延長させている¹²⁾。

ダイズタンパク質には、ラットで血糖値低下作用が見られ抗肥満効果がある¹²⁾。また、ダイズペプチドには、基礎代謝や食事後のカロリー消費を増加させる効果がある¹³⁾。さらに、ダイズのイソフラボンは脂肪細胞におけるアディポネクチンの発現低下を抑制することで、メタボリックシンドロームを予防する可能性がある¹⁴⁾。

ダイズのイソフラボンであるバイオカニンAやゲニステインは、ヒト細胞やマウス、ラットにおける胃がん、肝臓がんおよび乳がんに対してアポトーシス等によると考えられる抗がん作用を示す¹⁵⁻¹⁷⁾。フェルラ酸には、口腔がんや結腸がんへの予防効果がある⁷⁾。ダイズサポニンやタンパク質¹²⁾にも、発がん抑制作用が認められる¹⁾。ダイズには、抗がん作用を示すトリプシンインヒビターも含まれる¹⁸⁾。

ダイズのDDMPサポニンには、ヒト免疫不全ウイルス（HIV）の活性を抑制する効果があることが知られている¹⁹⁾。

ダイズ中のCaは、食事からのCa源として骨粗鬆症予防に効果的であるとされる²⁰⁾。また、イソフラボンやタンパク質¹²⁾にも骨粗鬆症予防作用が期待される⁸⁾。

ガラクトオリゴ糖を含むダイズオリゴ糖やダイズの水溶性食物繊維は難消化性であり、プレバイオティクスとしてヒト腸管内のビフィズス菌によって資化される²¹⁾。また、ラットでは盲腸内の有機酸量を増加させるとともに、胃腸通過時間を短縮する効果を示す²²⁾。

ダイズペプチドには、ヒトにおいてストレスや精神疲労を抑制する効果があることが報告されている¹³⁾。

ところで、ダイズ中のタンパク質のいくつか

はアトピー性皮膚炎を引き起こすアレルゲンとして知られており、主なものに Gly m Bd 60K, Gly m Bd 30K および Gly m Bd 28K がある。しかし現在では、これらのタンパク質の含量が少ない品種の開発や、塩析と酵素的分解の手法によって、アレルゲンの少ないダイズや、豆腐、味噌、豆乳といったアレルゲンの少ないダイズ製品が作られるようになっている²³⁾。また、リボキシゲナーゼを欠失して過酸化脂質の生成を抑制した品種や、イソフラボンの含量を高めた品種の開発も進められている²⁴⁾。

2. 味噌の保健作用とその有効成分

味噌は、ダイズを主な原材料として、これに麹菌と塩を加えて発酵させた食品である。従って、前章に記載したダイズの成分の中で発酵後に残存するものについては、味噌においてもその保健作用が期待できるものと考えられる。一方で、味噌の発酵のための酵母菌や麹菌などの添加物や発酵中に生成する新たな成分の中にも、保健作用を示すものがある可能性がある。味噌の発酵過程では、糖類とアミノ酸によって起こるメイラード反応により香ばしい香気と褐色色素（メラノイジン）が生成する。一方、植物性エストロゲンでもあるイソフラボンについては、微生物による発酵中にゲニステインのような配糖体がアグリコンのゲニステインに変換される。日本人における血清中のゲニステイン濃度は、豆腐や味噌の摂取量と関連性が見られ、欧米人での血清濃度よりも高い^{25, 26)}。

味噌には、*in vitro* でペルオキシラジカルやアルコキシラジカルなどの様々なフリーラジカルを捕捉する作用が認められ、その抗酸化作用は原材料のダイズより強いとされる^{27, 28)}。この作用は、未熟性の味噌よりも熟成させた味噌の方が強い。*in vivo* の実験でも、味噌添加飼料をラットに与えると、肝臓の過酸化脂質レベル

が抑制されることが報告されている。味噌中の抗酸化成分としては、まずダイズに含まれている DDMP サポニンがある²⁹⁾。次にイソフラボンであるが、前述のように味噌の発酵中に配糖体が分解を受けてアグリコンとなる。しかし、アグリコンの抗酸化作用はあまり強くはなく、発酵過程でアグリコンの含量が最高となる時期よりもさらに遅い時期に抗酸化作用は強くなる³⁰⁾。これは、ダイズイソフラボンのアグリコンより抗酸化作用の強い *o*-ジヒドロキシイソフラボンへの変換が起こるためとされている³¹⁾。また、発酵過程で産生するメイラード反応生成物として知られるメラノイジンにも、強い還元力、活性酸素捕捉作用、さらには弱酸性であることから重金属捕捉作用による抗酸化作用があり³²⁾、味噌の抗酸化力へのその寄与が大きいとされている³³⁾。味噌中のペプチドも、味噌の抗酸化作用に影響を与えると考えられる³⁴⁾。通常の黄色ダイズの代わりに、種皮にアントシアニンを多く含む黒ダイズを用いて製造した味噌の場合は、より強い抗酸化作用が認められる³⁵⁾。黒ダイズの種皮には、視機能改善効果があることも知られている³⁶⁾。

味噌の摂取は、原材料の大豆と同様、動物体内の脂質量に影響する。味噌から精製した油の投与は、高脂食投与ラットで血中コレステロールレベルおよびトリグリセリドレベルの上昇を抑制する³⁷⁾。ダイズには含まれない有効成分としては、同効果を示すメラノイジンが挙げられ²⁸⁾、その作用機序の一つとして脂質消化酵素であるリパーゼ活性の阻害作用がある³²⁾。味噌の血圧に対する効果に関しては、原材料であるダイズにはない問題として、味噌の製造過程で添加される塩分を考慮する必要がある。1日、24時間での日本食における塩分の摂取源として、味噌は全塩分の約26%を占めるとされる³⁸⁾。また、日本の様々な地域あるいは都道府県における、味噌からの塩分摂取量と脳血

管疾患での死亡率の間には、正の相関が認められるという報告もある³⁹⁾。しかし一方で、塩分感受性のラットに味噌あるいはそれに含まれる量よりずっと少ない塩化ナトリウムをそれぞれ摂取させた場合、塩化ナトリウムの摂取に比較して味噌の摂取では血圧の上昇が抑制されることがわかっている⁴⁰⁾。さらには、40歳台以上のヒトにおいて、減塩味噌で血圧の低下が見られている⁴¹⁾。従って、味噌にはそれに含まれる塩分のリスクを上回る血圧降下作用が期待できるものと考えられる。味噌の血圧降下作用に寄与する有効成分としては、まずACE活性阻害作用を持つSer-Trp, Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Proといったペプチド類がある^{42, 43)}。メラノイジンもまた、ACE活性阻害作用を示す⁴⁴⁾。ダイズ由来と考えられるが、抗レニン作用を持つ成分による効果も考えられる⁴⁵⁾。以上のような体内脂質量の低下作用や血圧降下作用から、ダイズ同様、味噌にも循環器系疾患の予防作用が期待される。

糖の吸収に対する作用に関しては、味噌を摂取したヒトで食後血糖値の上昇が抑制されることが報告されている⁴⁶⁾。味噌には、糖消化酵素のヒト唾液 α -アミラーゼ、ブタ膵液 α -アミラーゼ、ブタ小腸 α -グルコシダーゼに対する活性阻害作用が見られる。この酵素活性阻害作用は、味噌の褐色度が低いほどその効果が強いとされている。しかし、味噌の褐色成分であるメラノイジンにも α -アミラーゼ等の糖消化酵素活性阻害作用が認められており、ラットで血糖値の上昇を穏やかにするという報告がある⁴⁷⁾。味噌にはトリプシンインヒビターとしての活性が見られ、*in vitro*におけるその効果は味噌の褐色度が高いほど強い⁴⁶⁾。実際、メラノイジンはトリプシンインヒビターの活性を持っており、糖尿病予防において、膵臓を活性化してインスリンの分泌を促進することで耐糖能を改善する効果が期待される^{32, 47)}。高脂

食で誘導された肥満マウスに無塩味噌粉末を投与すると、体重、肝臓重量、腹腔内脂肪組織重量および血清グルコース量の上昇が抑制され、肥満を予防する効果が見られる⁴⁸⁾。

がんに対する作用に関しては、まず、日本人は味噌や納豆などによるゲニステインのようなイソフラボンのアグリコンの摂取量が欧米人に比較して多く、このことが乳がん、結腸がん、前立腺がんでの日本人の死亡率が低いことと関連があるものと予測されている²⁵⁾。40歳以上の日本人についての調査で、味噌汁の摂取量が多いと胃がんによる死亡率が低いことも報告されている⁴⁹⁾。実際、ジメチルベンズ[a]アントラセン誘発ラット乳がん⁵⁰⁾、アゾキシメタン誘発ラット結腸がん^{17, 51)}、N-メチル-N'-ニトロ-N-ニトロソグアニジン(MNNG)誘発ラット胃がん¹⁶⁾といった化学発がんモデルにおいて、味噌はがんの発症または前がん病変の形成を抑制する効果があることが確認されている。作用機序としては、味噌のMNNGによる発がんイニシエーション過程の抑制が考えられるほか¹⁶⁾、味噌とベンツ[a]ピレンのラットへの同時投与で肝臓のグルタチオンS-トランスフェラーゼ活性が上昇することから、発がん物質のグルタチオン抱合と排泄が促進されること⁵²⁾が推測される。有効成分としては、まず、大腸がんの前がん病変の形成を抑制するものとして、CaやMgといったミネラルやコウジ酸がある¹⁷⁾。また、ヒト肺扁平がん細胞に対して効果のあるムギ味噌成分としては、ダイズのトリグリセリドから味噌の製造過程で生じる脂肪酸および脂肪酸エチル、中でもリノレン酸エチルがある⁵³⁾。乳がんについては、ダイズイソフラボンが関連しているものと考えられる⁵⁴⁾。味噌に含まれるメラノイジンは、トリプシンインヒビターの活性を示すことから抗がん作用も期待される⁴⁷⁾。味噌には、メラノイジン以外にもダイズ由来のトリプシンインヒビターが含

まれる。また、メラノイジンの投与はラット大腸の乳酸菌数を増加させるとともに、腸管内壁を刺激して腸の蠕動運動を活発にすることで便の滞留時間を短縮させ、発がん物質の排泄を促進するものと考えられる。メラノイジンには胃がんに関連があるとされる発がん物質、ニトロソアミンの生成を抑制する働き³²⁾や抗変異原作用もある²⁸⁾。

ところで、味噌の放射線に対する効果も知られている。マウスやラットにX線を照射した場合、赤味噌の摂取で小腸粘膜幹細胞の生存率が改善する⁵⁵⁾、熟成が進んだ味噌ほど強い小腸陰窩の再生作用を示す^{16,17,56)}、味噌により胃幽門粘膜における化生部位数が減少する⁵⁷⁾するといった報告がある。また、マウスにγ線を照射した場合に熟成が進んだ味噌ほどマウスの生存率を高める⁵⁶⁾、マウスに中性子線を照射した場合に味噌で肝臓がんの発現率や腫瘍数が低下する、といったことも報告されている⁵⁸⁾。中性子線に対する効果については、味噌中のタンパク質や女性ホルモン様作用を示すイソフラボンの寄与が期待されている。さらには、味噌添加飼料で飼育したマウスでは、ヨウ素131とセシウム134の体外への排泄が促進され、この効果にはタンパク質、多糖、香气成分のピラジンなどの吸着作用が寄与しているものと考えられている⁵⁵⁾。

メラノイジンは、前述のように大腸の乳酸菌数を増加させ、腸管内壁を刺激して腸の蠕動運動を活発にするとといった食物繊維類似の機能を示す⁴⁷⁾。また、小腸内粘膜組織の剥離昂進が観察され、小腸上皮細胞の代謝促進作用が認められる⁴⁴⁾。

動物の免疫系に及ぼす味噌の作用としては、まず、ダイズアレルギーの低減化がある。ダイズの主要なアレルゲンの一つ、分子量30,000のGly m Bd 30Kタンパク質が味噌中で麹菌のプロテアーゼの作用によって分解されるため、ダイ

ズアレルギーが起こりにくくなっている⁵⁹⁾。これは、コメ味噌、ムギ味噌、豆味噌のいずれにおいても認められるだけでなく、ムギ味噌中のムギのアレルゲンが減少したり、味噌をコメと一緒にインキュベートするとコメ中の26 kDaのグロブリンおよび14-16 kDaのアレルゲンタンパク質が減少する⁶⁰⁾。コメ味噌中のコメのアレルゲンタンパク質のほとんどは、検出されないか変質している⁶¹⁾。また、無塩味噌粉末未添加飼料をマウスに投与すると、免疫系の中の1型ヘルパーT細胞系の反応が活性化されることから、アナフィラキシー型のアレルギー反応やアトピー症状の軽減が期待される⁶²⁾。一方、味噌の摂取で細胞性免疫応答が高まることになるが、これには味噌中でダイズタンパク質から生成するペプチド⁶³⁾や味噌に含まれる酵母菌⁶⁴⁾の腸管免疫系に対する作用が関連しているものと考えられる。

味噌の発酵過程でダイズのトリグリセリドから遊離するリノール酸やそのエチルエステルには、メラノーマ内でチロシナーゼが誘導されるのを調節することによるメラニン合成抑制作用がある⁶⁵⁾。味噌に含まれるコウジ酸にも、チロシナーゼ活性阻害作用がある。味噌のメラニン合成抑制作用から、肌に対する美白作用が期待される。

3. 味噌とフィトステロールの混合物の保健作用

味噌が日常よく摂取される食品であることから、特定の栄養素や機能性食品素材を添加した強化味噌の開発が、従来から色々と試みられてきた。これまでに必須栄養素であるビタミンB₂やCa⁶⁶⁾、骨代謝改善作用を期待したダイズイソフラボン、コレステロール吸収阻害作用を期待したリン脂質結合ダイズペプチド、血圧低下作用を期待したγ-アミノ酪酸⁶⁷⁾の強化味噌が作られている。

そこで、著者らは肥満予防に繋がるコレステロール吸収抑制作用を有するフィトステロールと味噌を同時に投与した場合の、マウスにおける血中脂質上昇抑制作用について検討した⁶⁸⁾。マウスの標準飼料にトリグリセリドとしてコーン油を15%、コレステロールを5%添加したものを5日間摂取させたところ、標準食で飼育した場合に比較して、マウスの血中トリグリセリドレベルおよびコレステロールレベルが高まり、体重の増加量も高まる傾向が見られた。このマウスの高脂食モデルを用いて、高脂食に0.006%のフィトステロール(β-シトステロール、カンベステロール、スチグマステロール、ブラシカステロールの混合物: 含量90%)や0.039%の凍結乾燥味噌(信州赤色系の標準的コメ味噌)を添加してマウスを飼育したところ、フィトステロールや味噌の単独添加では高脂食投与による血中トリグリセリドレベルおよ

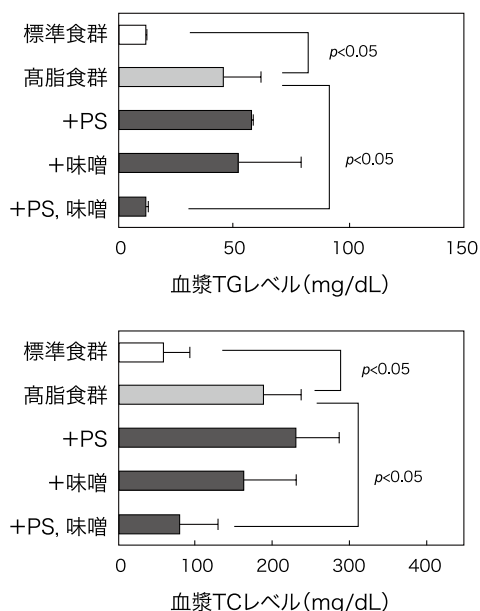


図1 フィトステロールおよび味噌を添加した高脂食摂取のマウス血漿トリグリセリドレベルおよびコレステロールレベルへの影響

PS; フィトステロール, $n=4$, 平均 ± 標準偏差, 図中に高脂食群との統計学的有意差を表示。

びコレステロールレベルの上昇が明確に抑制されなかったのに対し、フィトステロールと味噌を同時に添加した場合には、高脂食によるこれらの血中脂質レベルの上昇が抑制された(図1)。同様に、血中低比重リポタンパク質-コレステロールレベルの上昇も抑制された。マウスの体重への影響についても、ほぼ同様の抑制作用が見られる。一方、このときの血中高比重リポタンパク質-コレステロールレベルについては、フィトステロールや味噌の添加による影響は見られなかった。

次に単純な実験系でフィトステロールと味噌の効果を検討するため、マウスにコーン油250 mgおよびコレステロール0.7 mgの脂質混合物、さらにはこれにフィトステロール0.375 mgおよび凍結乾燥味噌1.81 mgを添加したものを1回経口投与したときの、30分後の血中脂質レベルを測定した。脂質混合物の1回投与では血中トリグリセリドレベルが上昇したが、これはフィトステロールおよび味噌の同時添加で抑制されたことから、フィトステロールおよび味噌によりトリグリセリドの吸収が阻害されたものと考えられる(図2)。これらの結果から、フィトステロールと味噌の同時摂取は、高脂食による高脂血症の誘発を予防し、動脈硬化などの生活習慣病の抑制に寄与するものと期待される。

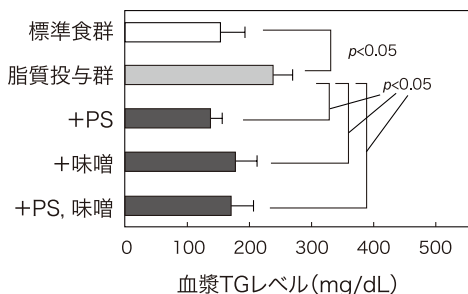


図2 脂質とフィトステロールおよび味噌の同時投与におけるマウス血漿トリグリセリドレベルへの影響

PS; フィトステロール, $n=5$, 平均 ± 標準偏差, 図中に脂質投与群との統計学的有意差を表示。

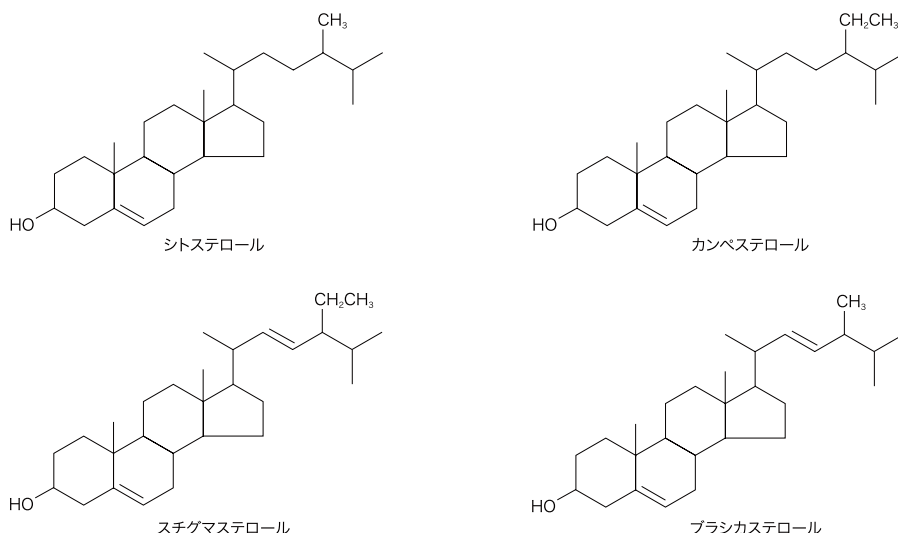


図3 フィトステロール類の化学構造

今回使用したフィトステロールの混合物に含まれる成分の化学構造式を図3に示す。

おわりに

味噌に含まれるダイズ以外の成分としては、麹菌等に由来する成分やコメ味噌の場合のコメなどが挙げられる。麹菌に由来する成分としては、動物体内での酸化還元反応に関わるビタミンB₂や消化の助けとなる各種酵素類がある¹⁵⁾。コメの保健作用については著者が本誌でまとめたように⁶⁹⁾、精白米の抽出物や糖化物に胃粘膜損傷抑制作用や抗アレルギー作用があるほか、玄米には脂質や糖質の吸収抑制作用をはじめとする多くの作用が知られている。また、ダイズについては、今回は日本の味噌のみに注目

したが、他にも納豆、醤油、発酵豆乳、発酵おからなどの発酵加工食品や海外の味噌があり、これらの食品の保健作用が日本の味噌と同様であるかどうかについてはさらなる調査が必要である。

ところで、味噌の安全性については、これまでの長い食習慣が保証しているものと考えられる。実際、日本の味噌や醤油にはカビ毒のアフラトキシンは検出されず⁷⁰⁾、安全な上に機能性に優れた食材であるといえる。問題とされる塩分も、現在ではその含量を低下させたものが作られている。しかし、日本の味噌にはヒスタミンやチラミンといった活性アミンが少なからず含まれていることが報告されており⁷¹⁾、この点に関しては今後とも注意する必要がある。

・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 大久保 一良：XYZ系微弱発光で見るとみそ汁の活性酸素消去能。みそサイエンス最前線第2集，みそ健康づくり委員会：15-23, 2003.
- 2) 藤原 葉子：大豆油のすぐれた栄養学的価値。みそサイエンス最前線第2集，みそ健康づくり委員会：55-65, 2003.
- 3) 松田 茂樹，工藤 康文：麦味噌および大麦麹のフェルラ酸と抗酸化活性。日本醸造協会誌 **96**: 100-106, 2001.
- 4) 辻 啓介：血中コレステロール値を改善する大豆・7つの成分，コレステロールを排出する成分と，吸

収を阻害する成分の相乗効果. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 46-52, 1999.

- 5) J. H. Sung, S. J. Lee, K. H. Park, *et al.*: Isoflavones inhibit 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase *in vitro*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **68**: 428-432, 2004.
- 6) 金本 龍平, 木村 真也, 岡村 学: 大豆極性脂質結合たん白質のコレステロール低下作用. 大豆たんぱく質研究 **10**: 83-87, 2007.
- 7) 太田 剛雄: フェルラ酸の機能性について. 日本食物繊維研究会誌 **5**: 1-10, 2001.
- 8) 塚本 知玄, 田山 一平: 調理加工から見た大豆の健康機能性成分. 日本調理科学会誌 **40**: 121-126, 2007.
- 9) 古場 一哲, 赤星 亜朱香, 田中 一成, 他: β - コングリシニン同時摂取による共役リノール酸の体脂肪軽減効果の修飾に関する研究. 大豆たんぱく質研究 **10**: 67-71, 2007.
- 10) N. Iritani, K. Nagashima, H. Fukuda, *et al.*: Effects of dietary proteins on lipogenic enzymes in rat liver. *J. Nutr.* **116**: 190-197, 1986.
- 11) 家森 幸男: みその原料・大豆の成分が脳卒中を予防し, 長寿に貢献する, 脳卒中ラット (SHRSP) を使った実験で“立証”. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 17-23, 1999.
- 12) 青山 敏明: 大豆たん白質および大豆ペプチドの生理機能研究. 食品と開発 **34**: 15-18, 1999.
- 13) 浅野 広和: ペプチドの健康機能性と応用の可能性. *Food Style 21* **10**: 65-67, 2006.
- 14) 津田 孝範: 大豆イソフラボンによる炎症, アディポサイトカインを標的とするメタボリックシンドロームの予防に関する基盤研究. 大豆たんぱく質研究 **10**: 88-92, 2007.
- 15) 伊藤 明弘: 「みそは乳癌の発生を抑える」. みそサイエンス最前線第 12 回マスコミセミナー講演録, みそ健康づくり委員会: 1-11, 1996.
- 16) 渡邊 敦光: 放射線や発がん物質が消化管におよぼす障害作用を, みそはどこまで防げるか. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 99-110, 1999.
- 17) 渡邊 敦光: 大腸がんの前がん病変 (ACF) を抑える完熟みその効果. みそサイエンス最前線第 2 集, みそ健康づくり委員会: 48-54, 2003.
- 18) 菅野 道廣, 高松 清治: 大豆の生理活性成分とその効用. 日本醸造協会誌 **99**: 148-155, 2004.
- 19) 大久保 一良: みそ中の成分“DDMP サポニン”が疾病や老化の原因になる活性酸素を消去, 大豆のサポニンに活性酸素を消去する成分を発見. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 53-59, 1999.
- 20) 陳 瑞東: みそ汁のある食事パターンが骨粗鬆症予防に効果, カルシウム源の摂取にはバランスのとれた食事パターンが重要, みその抗酸化機能と老化促進物質捕捉作用. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 39-45, 1999.
- 21) Y. Hata, M. Yamamoto, K. Nakajima: Effects of soybean oligosaccharides on human digestive organs. *J. Clin. Biochem. Nutr.* **10**: 135-144, 1991.
- 22) T. Takahashi, H. Maeda, T. Aoyama, *et al.*: Physiological effects of water-soluble soybean fiber in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **63**: 1340-1345, 1999.
- 23) A. Ogawa, M. Samoto, K. Takahashi: Soybean allergens and hypoallergenic soybean products. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* (Tokyo) **46**: 271-279, 2000.
- 24) 松永 亮一: 健康機能性を高めた大豆品種の開発. Soy Nutrition Institute Japan 第 2 回学術講演会, p.5, 2008.
- 25) M. Fukutake, M. Takahashi, K. Ishida, *et al.*: Quantification of genistein and genistin in soybeans and soybean products. *Food Chem. Toxicol.* **34**: 457-461, 1996.
- 26) K. Ozasa, M. Nakao, Y. Watanabe, *et al.*: Association of serum phytoestrogen concentration and dietary habits in a sample set of the JACC study. *J. Epidemiol.* **15**(Supplement II): S196-S202, 2005.
- 27) L. A. Santiago, M. Hiramatsu, A. Mori: Japanese soybean paste miso scavenges free radicals and inhibits lipid peroxidation. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **38**: 297-304, 1992.
- 28) 加藤 弘通: みその成分が細胞の老化を予防する, 熟成の過程で生まれる, みその抗酸化機能と老化促進物質捕捉作用. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 30-38, 1999.
- 29) 吉城 由美子, 大久保 一良: 新規微弱発光系による味噌等の活性酸素ラジカル消去能. 日本醸造協会誌 **93**: 702-708, 1998.
- 30) 池田 稜子, 太田 直一, 渡辺 忠雄: 大豆発酵過程における抗酸化性物質イソフラボンの変化. 日本食品科学工学会誌 **42**: 322-327, 1995.

- 31) 江崎 秀男, 川岸 舜朗:大豆発酵食品における *o*-ジヒドロキシイソフラボンの形成とその抗酸化的作用. 日本醸造協会誌 **97**: 39-45, 2002.
- 32) 三浦 理代:メラノイジンの生理機能. 日本醸造協会誌 **97**: 253-256, 2002.
- 33) 松尾 真砂子, 人見 英里:味噌の種類・調理法および添加香辛料による抗酸化力の変化. 日本食品科学工学会誌 **54**: 503-508, 2007.
- 34) 山口直彦:味噌の抗酸化機能について. 日本醸造協会誌 **87**: 721-725, 1992.
- 35) 佐々原 浩幸:黒大豆を用いた味噌におけるアントシアニンの推移と抗酸化性. 日本醸造協会誌 **105**: 79-87, 2010.
- 36) 天野 正文, 伊藤 梨加子:黒ダイズ種皮エキスの機能性について (視機能改善効果). *Food Style* **21** **10**: 72-75, 2006.
- 37) 山本 泰, 前橋 健二, 斉藤 春郎, 他:ラットの血清および肝臓脂質に及ぼすエゴマ添加味噌の作用. 日本醸造協会誌 **96**: 615-621, 2001.
- 38) S. Shimbo, Y. Imai, M. Yasumoto, *et al.*: Quantitative identification of sodium chloride sources in Japanese diet by 24-hour total food duplicate analysis. *J. Epidemiol.* **3**: 77-82, 1993.
- 39) T. Watanabe, M. Miyasaka, A. Koizumi, *et al.*: Regional difference in sodium chloride content in home-made and store-bought preparations of miso paste. *Tohoku J. Exp. Med.* **137**: 305-313, 1982.
- 40) H. Watanabe, N. Kashimoto, J. Kajimura, *et al.*: A miso (Japanese soybean paste) diet conferred greater protection against hypertension than a sodium chloride diet in Dahl salt-sensitive rats. *Hypertens. Res.* **29**: 731-738, 2006.
- 41) M. Nakamura, N. Aoki, T. Yamada, *et al.*: Feasibility and effect on blood pressure of 6-week trial of low sodium soy sauce and miso (fermented soybean paste). *Circ. J.* **67**: 530-534, 2003.
- 42) 河村 幸雄:動物実験でわかった, みそ抽出物の血圧低下作用, 高血圧予防に役立つ, みその生理作用. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 11-16, 1999.
- 43) K. Inoue, T. Gotou, H. Kitajima, *et al.*: Release of antihypertensive peptides in miso paste during its fermentation, by the addition of casein. *J. Biosci. Bioeng.* **108**: 111-115, 2009.
- 44) 五明 紀春:大豆発酵食品の機能性研究動向 味噌・醤油の褐色色素の生理機能. 食品と開発 **34**: 12-14, 1999.
- 45) S. Takahashi, H. Ogasawara, T. Watanabe, *et al.*: Refolding and activation of human prorenin expressed in *Escherichia coli*: Application of recombinant human renin for inhibitor screening. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **70**: 2913-2918, 2006.
- 46) 百瀬 晶子, 後藤 直子, 早瀬 文孝, 他:味噌の食後血糖に及ぼす影響. 日本食品科学工学会誌 **57**: 63-69, 2010.
- 47) 五明 紀春:糖尿病の改善やがん予防効果が期待されるみその褐色色素. みそサイエンス最前線第2集, みそ健康づくり委員会: 1-14, 2003.
- 48) 小島 正明, 落 俊行, 明尾 一美, 他:米麹による食塩無添加大豆発酵粉末の高脂肪飼料誘導肥満マウスに対する抗肥満効果. 日本栄養・食糧学会誌 **62**: 171-178, 2009.
- 49) T. Hirayama: Relationship of soybean paste soup intake to gastric cancer risk. *Nutr. Cancer* **3**: 223-233, 1981.
- 50) J. E. Baggott, T. Ha, W. H. Vaughn, *et al.*: Effect of miso (Japanese soybean paste) and NaCl on DMBA-induced rat mammary tumors. *Nutr. Cancer* **14**: 103-109, 1990.
- 51) Y. Ohuchi, Y. Myojin, F. Shimamoto, *et al.*: Decrease in size of azoxymethane induced colon carcinoma in F344 rats by 180-day fermented miso. *Oncol. Rep.* **14**: 1559-1564, 2005.
- 52) 菅家 祐輔:「毎日みそ汁を飲む人にがんが少ない」理由としてみそが肝臓の酵素 (GST) 活性を高める可能性が判明. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 83-90, 1999.
- 53) 上岡 龍一, 後藤 浩一, 山内 彰雄:味噌のがん抑制効果. 日本醸造協会誌 **100**: 771-776, 2005.
- 54) 山本精一郎:日本における大豆, イソフラボン, 乳がんリスクの関係. 日本醸造協会誌 **99**: 100-105, 2004.
- 55) 伊藤 明弘:放射性物質を除去するみその効用, 発がんを予防する, みその生理作用. みそサイエンス最前線, みそ健康づくり委員会: 1-5, 1999.
- 56) M. Ohara, H. Lu, K. Shiraki, *et al.*: Radioprotective effects of miso (fermented soy bean paste) against radiation in B6C3F1 mice: increased small intestinal crypt survival, crypt lengths and prolongation of average time to death. *Hiroshima J. Med. Sci.* **50**: 83-86, 2001.

- 57) H. Watanabe, T. Okamoto, T. Takahashi, *et al.*: The effects of sodium chloride, miso or ethanol on development of intestinal metaplasia after X-irradiation of the rat glandular stomach. *Cancer Sci.* **83**: 1267-1272, 1992.
- 58) 伊藤 明弘：動物実験でわかった、みそのがん予防効果，広島大学原医研で，みその肝臓がん抑制作用を解明．みそサイエンス最前線，みそ健康づくり委員会：6-10, 1999.
- 59) 小川 正：みそは大豆アレルギーの人でも食べられる天然の「脱アレルギー食品」．みそサイエンス最前線，みそ健康づくり委員会：73-82, 1999.
- 60) H. Izumi, S. Kondo, H. Kashio, *et al.*: Decrease in rice allergenic proteins of polished rice grains by incubating with a miso solution. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **64**: 2250-2253, 2000.
- 61) M. Ito, T. Kato, T. Matsuda: Rice allergenic proteins, 14-16 kDa albumin and alpha-globulin, remain insoluble in rice grains recovered from rice miso (rice-containing fermented soybean paste). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **69**: 1137-1144, 2005.
- 62) 小島 正明：無塩味噌粉末の用途と生理学的機能性．日本醸造協会誌 **105**: 194-299, 2010.
- 63) 江草 信太郎：大豆たんぱく質の Peptidase R 消化物中の細胞性免疫促進ペプチドの特性付け．日本醸造協会誌 **105**: 343-349, 2010.
- 64) 三枝 静江，細井 知弘：酵母が腸管上皮細胞の免疫応答に及ぼす作用．日本醸造協会誌 **100**: 530-537, 2005.
- 65) 新本 洋士：みそに含まれる遊離リノール酸にメラニン合成抑制作用を確認，みその美白効果の可能性が示された．みそサイエンス最前線，みそ健康づくり委員会：91-98, 1999.
- 66) 茂木 正利：強化食品特に強化味噌に就て．日本醸造協会雑誌 **46**: 414-415, 1951.
- 67) 一條 範好，西田 武博，北川 学：健康訴求型みその開発．食品と開発 **40**: 75-77, 2005.
- 68) 芳野 恭士，後藤 はるな，栢村 秀範：フィトステロールおよびミソのマウス血中脂質上昇抑制作用，*J. Technol. Educ.* **20**: 13-19, 2013.
- 69) 芳野 恭士：コメの保健作用．*New Food Industry* **55**: 25-33, 2013.
- 70) K. Tanaka, M. Kushiro, M. Manabe: A review of studies and measures to improve the mycotoxycological safety of traditional Japanese mold-fermented foods. *Mycotoxin Res.* **22**: 153-158, 2006.
- 71) B. Y. Byun, J. H. Mah: Occurrence of biogenic amines in *Miso*, Japanese traditional fermented soybean paste. *J. Food Sci.* **77**: T216-T223, 2012.

ホタテガイ内臓からの Cd 除去システムの開発

齊藤 貴之 (SAITO Takayuki) *

* 八戸工業高等専門学校 物質工学科

Key Words：ホタテガイ・中腸腺・カドミウム・イオン交換樹脂

はじめに

ホタテガイ (*Patinopecten yessoensis*) は青森県を代表する特産品のひとつである。青森県のホタテガイは、養殖が95%で、加工による出荷が80%以上となっている。ホタテガイで食用となるのは貝柱であり、貝殻や内臓は廃棄物となる。加工に伴う廃棄物は、貝殻5万トン/年、内臓系廃棄物3万トン/年であり、生産量の約80%が廃棄物となっている。内臓系廃棄物の中で、中腸腺はEPA（エイコサペンタエン酸）やDHA（ドコサヘキサエン酸）等の有用成分を含有しているながら、有害金属であるカドミウムを高濃度に蓄積しているため、産業廃棄物として全量が焼却処分されている。青森県では、ホタテガイの生産額は約100億円/年である¹⁻²⁾が、中腸腺の処分費用は5億円/年に達する。近年の燃料費の高騰から処理費用は年々増加傾向にあり、処理費用が利益を押し下げていることから、中腸腺の有効利用法の開発が望まれている。本研究室では、ホタテガイ中腸腺の有効利用法の開発として、カドミウム除去³⁻⁴⁾とEPA精製⁵⁾を行ってきた。このうち、中腸腺の酸処理と溶出カドミウムをイオン交換樹脂で回収することで、中腸腺を無害化できる

ことがわかった。しかしながら、イオン交換樹脂の繰り返し使用に制限があり、カドミウムの回収方法の最適化が必須であった。本稿では、ホタテガイ中腸腺からのカドミウム除去方法の最適化を図るため、中腸腺中のカドミウムについて、塩酸処理（溶出）、吸着剤処理（濃縮）、塩酸処理（再溶出）、電気分解（電解回収）の4段階でカドミウム除去を行なう手法⁶⁻⁷⁾について一例を紹介する。

1. ホタテガイ内臓からの Cd 除去のシステム化

1-1. 実験方法

中腸腺は、(株)エスディーハチカンより入手し、冷凍した。中腸腺試料は、冷凍した生の中腸腺をミキサーで粉碎し、凍結乾燥により得た。硝酸と硫酸による湿式分解法で求めた中腸腺中のカドミウム含有量（乾燥重量当り）は、100～150 mg/kg であった。

ホタテガイ中腸腺からのカドミウム除去とカドミウム回収は図1に示した4段階で行った。また、各段階の処理条件を決定する前段階として、硝酸カドミウム溶液を用いて処理条件の探索を行った。溶液中のカドミウムイオン濃度は

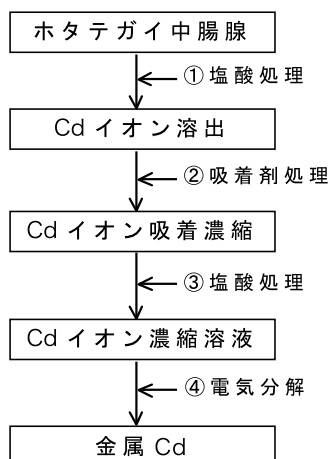


図1 ホタテガイ中腸腺からのCd除去過程

ICP 発光分析法で求めた。以下に各段階の実験方法を示す。

中腸腺の塩酸処理では、中腸腺 1.0 g に $1.0 \times 10^{-3} \sim 0.10$ mol/L の塩酸 20 mL を加え、24 時間整置し、カドミウムイオンを溶出させた。一定時間毎に溶液をサンプリングし、カドミウムイオン濃度を求めた。また、塩酸処理における攪拌の影響も評価した。

溶出カドミウムイオンの吸着は、イミノ二酢酸型のダイヤイオン CR11 (三菱化学 (株)) を使用した。はじめに 3.5×10^{-3} mol/L のカドミウムイオン溶液 20 mL に吸着剤を 0.10 ~ 2.0 g 加え、24 時間攪拌し、カドミウムイオンを吸着させ、吸着後の溶液中のカドミウムイオン濃度から吸着剤の飽和吸着量を求めた。次に、中腸腺の塩酸処理溶液 20 mL に吸着剤を 0.10 ~ 2.0 g 加え、24 時間攪拌し、吸着後の溶液中のカドミウムイオン濃度から吸着剤の処理条件を決定した。

吸着剤の塩酸処理では、カドミウムイオンを飽和吸着させた吸着剤 1.0 g に $1.0 \times 10^{-3} \sim 0.10$ mol/L の塩酸を加えた。24 時間攪拌後のカドミウムイオン濃度を測定し、溶出条件を決定した。電気分解では、電極は陽極を炭素板、陰極をカドミウム板とし、電源は GSV3000 (第一電波

工業 (株)) を使用した。はじめに、 3.5×10^{-3} mol/L のカドミウムイオン溶液 10 mL と $1.0 \times 10^{-3} \sim 0.10$ mol/L の塩酸 10 mL を混合した溶液を用い、次に、中腸腺の処理溶液を用いた。電気分解の電圧は、2V ~ 6 V で変化させた。電気分解は 60 分間行い、10 分毎に溶液をサンプリングし、カドミウムイオン濃度を求め、電気分解条件を決定した。

1-2. 結果および考察

①中腸腺の塩酸処理

図2は、種々の塩酸濃度に対する中腸腺中のカドミウム含有率の経時変化である。 5.0×10^{-3} mol/L 以下の塩酸では、含有率は処理時間が長くなるほど減少し、24 時間で約 20% となった。一方、 1.0×10^{-2} mol/L 以上の塩酸では、含有率は3 時間で3%以下となり、24 時間後でも変化なかった。 1.0×10^{-2} mol/L 以上の塩酸でカドミウムイオンが溶出することがわかったため、塩酸の濃度は 1.0×10^{-2} mol/L と決定した。次に、攪拌の影響と処理時間を調べた。図3は、 1.0×10^{-2} mol/L 塩酸処理における中腸腺中のカドミウム含有率の経時変化である。攪拌の有無によらず 30 分程度でカドミウムイオンは溶出しており、その後、大きな変化はほとんどなかった。よって、中腸腺からのカドミウムイオ

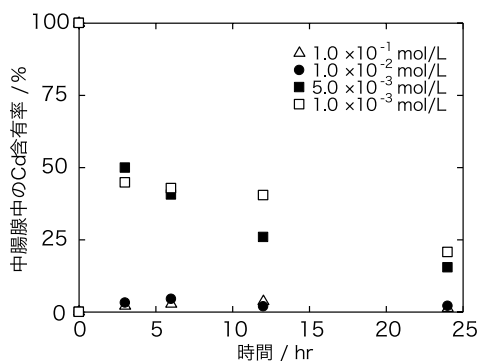


図2 中腸腺中のCd含有率の経時変化(塩酸濃度の影響)

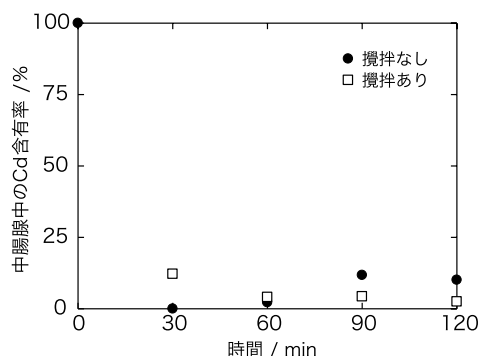


図3 中腸腺中のCd含有率の経時変化(攪拌の影響)

ン溶出は、 1.0×10^{-2} mol/L 塩酸に攪拌せず 30 分浸すことに決定した。

②吸着剤処理によるカドミウムイオンの吸着濃縮

図4は、 3.5×10^{-3} mol/L カドミウム標準溶液 20 mL における吸着剤に対するカドミウム除去率の変化である。0.50 g 以上の吸着剤でカドミウムを完全に除去でき、吸着剤 1.0 g あたりの飽和吸着量は 15.7 mg となった。図5は、中腸腺の塩酸処理溶液 20 mL における吸着剤に対するカドミウム除去率の変化である。中腸腺の塩酸処理溶液中のカドミウムイオン濃度は 120 mg/kg であった。吸着剤 0.20 g 以上で除去率は約 96% と一定となった。中腸腺中のカドミウムイオンは溶液中のカドミウムイオンと平衡関係にあるため、除去率が一定になったと考えられる。また、中腸腺の塩酸処理溶液に対する吸着剤の飽和吸着量は吸着剤 1.0 g あたり 12.0 mg となり、カドミウム標準溶液に比べ、吸着量は約 24% 低下した。中腸腺の塩酸処理溶液中には、カドミウムイオンの他に亜鉛イオンなどの重金属類やタンパク質などの有機物も不純物として溶解している。亜鉛イオンや有機物の一部は吸着剤に吸着しているため、吸着量が低下したと考えられる。中腸腺の塩酸処理溶液中の不純物の影響を考慮し、中腸腺の塩酸処理溶液に対して飽和吸着量の 1.5 倍量の吸着剤

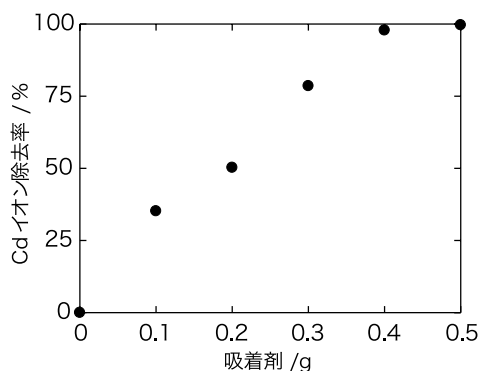


図4 吸着剤に対するカドミウム除去率の変化(カドミウム標準溶液)

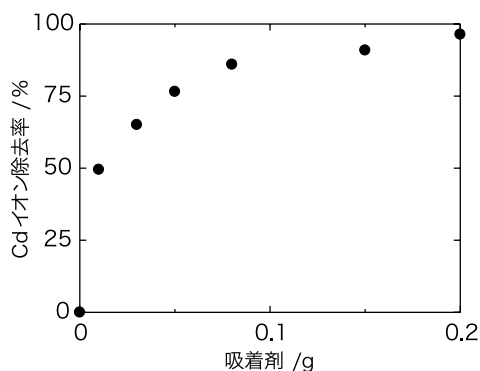


図5 吸着剤に対するカドミウム除去率の変化(中腸腺塩酸処理溶液)

を加え、カドミウムイオンを吸着することとした。

③塩酸処理によるカドミウムイオン濃縮溶液の溶出

図6は、カドミウム標準溶液における塩酸濃度に対する吸着剤からのカドミウム溶出率の変化である。カドミウムイオンは 0.10 mol/L 以上の塩酸で完全に溶出し、0.10 mol/L 未満の塩酸ではほとんど溶出しなかった。また、中腸腺の塩酸処理溶液で吸着させた吸着剤でも同様の傾向が得られた。したがって、「①中腸腺の塩酸処理」で決定した 1.0×10^{-2} mol/L 塩酸でカドミウムイオン溶出した中腸腺溶液であれば吸着剤処理によりカドミウムイオンを完全に吸着で

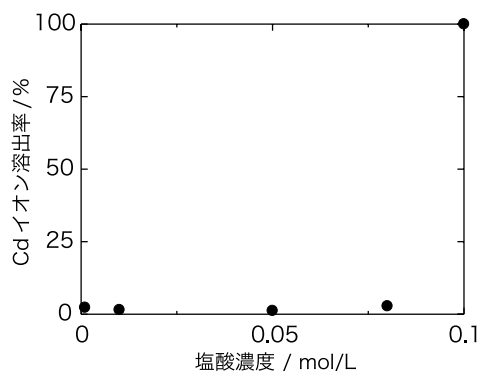


図6 塩酸濃度に対する吸着剤からのカドミウム溶出率の変化

きることが確認され、吸着後は0.10 mol/L 塩酸により濃縮カドミウムイオンを溶出することとした。

④カドミウムイオン濃縮溶液の電気分解

図7は、2Vで電気分解した際の溶液中のカドミウムイオン含有率変化である。2Vでは 5.0×10^{-2} mol/Lの塩酸で溶出した溶液のみ、カドミウムイオン含有率は減少し、60分で約4%となった。電解質である塩酸が少ない条件では、電圧に対して電気抵抗が大きくカドミウムイオンを効率的に回収できていないと考えられる。

図8は、6Vで電気分解した際の溶液中のカドミウムイオン含有率変化である。6Vでは、カドミウムイオン含有率は全ての塩酸濃度で減少した。60分後のカドミウムイオン含有率は、 5.0×10^{-2} mol/Lの塩酸ではほぼ0%であったが、 5.0×10^{-3} mol/Lの塩酸では約30%となった。また、 5.0×10^{-4} mol/Lの塩酸では、30分経過後からカドミウムイオン含有率は一定となり、約60%となった。電気分解では、電解質濃度と電圧が高い方がカドミウムイオンの減少量は大きい。吸着剤からのカドミウムイオン溶出は、「③塩酸処理によるカドミウムイオン濃縮溶液の溶出」で決定した0.10 mol/Lの塩酸で処理する必要がある。この塩酸濃度は2Vで電気分解できる条件である。電圧が低い2Vで電気分解

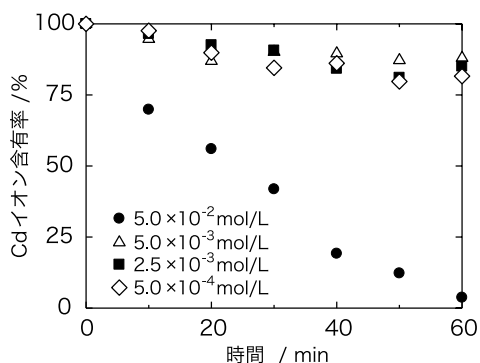


図7 電気分解(2V)による溶液中のカドミウム含有率変化

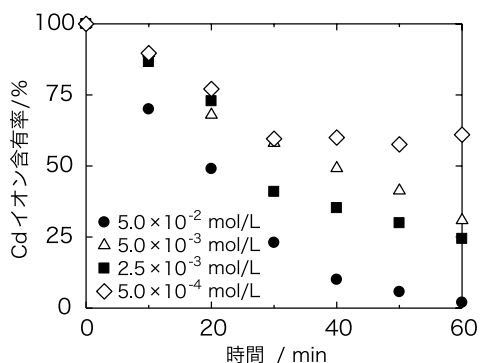


図8 電気分解(6V)による溶液中のカドミウム含有率変化

する方が処理コストは低く抑えられるため、吸着剤から0.10 mol/Lの塩酸で溶出させたカドミウムイオン溶液は、そのまま2Vで電気分解することとした。

まとめ

本稿では、ホタテガイ中腸腺からのカドミウム除去方法について、塩酸処理（溶出）、吸着剤処理（濃縮）、塩酸処理（再溶出）、電気分解（電解回収）の4段階でカドミウム除去を行なう手法を紹介した。各段階について、今回の決定した条件は以下の通りである。乾燥中腸腺を 1.0×10^{-2} mol/L 塩酸に攪拌せず30分浸し、カドミウムイオンを溶出させる。カドミウムイオ

ン溶出液に吸着剤を加え、カドミウムイオンを吸着濃縮させる。吸着剤を 0.10 mol/L の塩酸で処理し、カドミウムイオン濃縮溶液を回収する。最後に、カドミウムイオン濃縮溶液を直接 2V で電気分解し、金属カドミウムを析出させる。本手法により中腸腺中のカドミウムは完全に除去できるため、今後は実装業で使えるよう処理コストの削減を図る予定である。

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

- 1) 青森県農林水産部, 平成 22 年度 図説農林水産業の動向, pp.64, 青森県, 2011.
- 2) 青森県農林水産部, 平成 22 年度 統計資料, pp.92, 青森県, 2011.
- 3) 齊藤 貴之, 古川 崇博, 蒲田 博隆, 玉田 正男, 中居 久明, ホタテガイ (*Patinopecten yessoensis*) 中腸腺からのイオン交換法を用いたカドミウム回収方法の検討, 日本水産学会誌, **74**, 216-218, 2008.
- 4) 齊藤 貴之, 中居 久明, ホタテガイ中腸腺からのカドミウム除去方法の開発, *New Food Industry*, **54**(7), 16-20, 2012.
- 5) 齊藤 貴之, 超臨界二酸化炭素を用いたホタテガイ内臓からの EPA および DHA エチルの精製, *New Food Industry*, **52**(6), 9-16, 2010.
- 6) 齊藤 貴之, 三上 仁志, ホタテガイ内臓からの Cd 除去の最適化の検討, 平成 25 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, **220**, 2013.
- 7) 齊藤 貴之, ホタテガイ中腸腺からの Cd 除去の最適化, 平成 25 年度日本食品化学学会第 19 回総会・学術大会講演要旨集, **15**, 2013.

ニジマスによるオキアミミール色素の吸収

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

Key Words: ニジマス・オキアミミール・色素・アスタキサンチン・消化吸収

オキアミはヒトの食品に独特の風味を付与する材料として利用される他、魚の餌にも使われている。オキアミを魚の餌にするのは以下の目的がある。

- ・嗜好性が高く、オキアミを添加した餌は魚が良く食べる。よって、養魚飼料の原料として用いられる他、嗜好性の高さを利用して魚釣りの餌や集魚材として使われていることは釣り、特に海釣りをやる人は誰でも知っていることである。

- ・一定期間以上オキアミを食べさせた魚は、甲殻類独特の味や匂いがするようになる。よって、養殖魚の品質改良材として利用される。オキアミを与えた魚と与えない魚の違いは、加熱調理時に明確になる。

- ・オキアミを食べた親魚から得られた受精卵は孵化率や生残率が高いので、親魚用の餌として利用される。これにはオキアミに豊富に含まれている n3 系高度不飽和脂肪酸や色素が関与していることが分かっている¹⁾。

- ・オキアミを与えるとタイ類の体表やサケ・マス類の肉の赤色が良くなる。よって、養殖のタイ類²⁾やサケ・マス類の色揚げ材として用いられるだけでなく、観賞魚の色の改善にも利用される。

嗜好性、風味、卵質改善等については別の機会に譲るとして、今回は色について試験した結果を報告する。

オキアミ関係の製品には生の凍結品、加熱処理後の凍結品、乾燥粉末にしたオキアミミール等有るが、今回報告する試験では養魚飼料の原料として利用し易いオキアミミールを用いることにした。試験は3回行った。供試魚にはニジマスを用い、オキアミミール色素の消化吸収機構、消化管での吸収部位、飼料のオキアミミール添加量と色素の吸収率、魚の大きさによる色素吸収率の違い等を調べた。

オキアミの主要な色素はアスタキサンチンである。タイ類やサケ・マス類の飼料に合成アスタキサンチンの使用が認められて以来、養魚飼料の色素材としての主役は合成アスタキサンチンに取って代わられた。しかしながら、合成アスタキサンチンには嗜好性、風味等の改善効果は無く、更にオキアミミールと合成アスタキサンチンで色揚げされた魚の色調が微妙に違うことから、オキアミには根強い人気があり、相変わらず餌として利用されている。

試験 -1

オキアミの色素が消化管のどの部位でどの様に分解されて吸収されるのかを調べるのを目的とした。

1. 方法

1-1. 給餌とサンプル魚の採取

屋外の 1KL 容円形コンクリート水槽で飼育されているニジマス成魚 (150-350g) を供試魚として用いた。試験期間中の水温は 13-15℃ であった。試験の概要を図 1 に示す。表 1 の試験飼料を 19 日間に 3 回 (9 時, 12 時, 16 時) 飽食量投与して予備飼育した。飼料は直径約 5mm のハードペレット³⁾ で、オキアミミールが 55% 添加してあり、色素含量 (総カロチノイド含量) は 10.7mg/100g であった。その他の

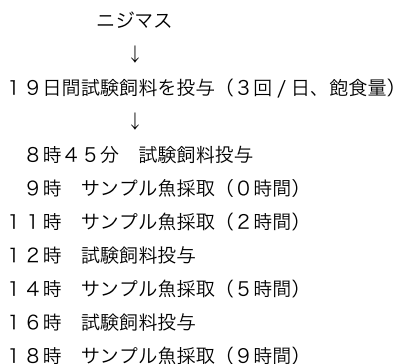


図 1 試験 -1 の概要

表 1 試験飼料の組成と分析値

魚粉 (%)	10.0
オキアミミール	55.0
小麦粉	24.8
脱脂大豆粕	9.0
ビタミン・ミネラル混合	1.2
水分 (%)	8.4
タンパク質	46.5
脂質	6.4
炭水化物	10.2
灰分	11.1
総カロチノイド (mg/100g)	10.7

原料は魚粉、小麦粉、脱脂大豆粕、ビタミン・ミネラル混合であるが、小麦粉 (養魚飼料の小麦粉は食品の小麦粉より質が劣り、フスマに近い品質の物が利用される。) や脱脂大豆粕にも少量の色素が含まれていたものと思われる。20 日目の 8 時 45 分に同じ試験飼料を飽食量与え、9 時に最初の 5 尾を取り、0 時間目のサンプルとした。サンプルの採取を給餌 15 分後にしたのは、直後に魚を取り扱うと食べたばかりの餌を吐き出す可能性が高いからである。次に 11 時に 5 尾取上げ、2 時間後のサンプルとした。12 時には再び試験飼料を飽食量与えた。その後 14 時に 5 時間後の、18 時に 9 時間後のサンプルを 5 尾ずつ取上げた。その間 16 時には 3 度目の給餌を行っている。1 回給餌ではなく、多回給餌で経時変化を調べたのは、よりニジマスの養殖現場の方法に沿って調べたいと思ったからである。

1-2. 消化管内容物の採取

消化管内容物の採取手順を図 2 に示す。取上げた魚は FA100 で麻酔し、直ちに解剖した。消化管内容物が移動しないように注意して内臓を取り出し、胃、幽門垂 (硬骨魚類に特有の消化器官で、胃と腸の境界付近に有る盲嚢。トリ

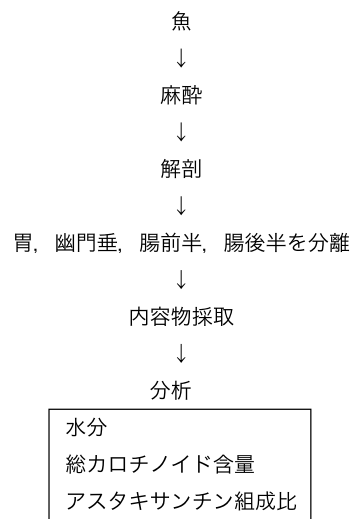


図 2 消化管内容物の採取手順

ブシン様酵素, アミラーゼ, マルターゼ, リパーゼ等の消化酵素を分泌するとされている。魚種によって数や太さが異なり, 運動性との関係が議論されている。) 部, 腸前半部, 腸後半部を動脈クリップで挟んで仕切り, 夫々の部位を切断, 分離した。各部分の内容物を押し出して回収し, 5尾分を一緒にして部位別の分析試料とした。分析項目は水分, 総カロチノイド含量, 3種類のアスタキサンチン (ディエステル :DE, モノエステル :ME, 遊離 :F) の組成比である。総カロチノイド含量を項目に入れたのは, アスタキサンチンがオキアミミールの主要な色素であるがそれだけではないことと, 他原料にもカロチノイド色素が含まれている可能性が有ることによる。

1-3. 分析サンプルの調製と一般成分の分析

飼料は電動のコーヒーマルを用いて微粉にし, 消化管内容物は小容量の乳化機でホモジナイズして分析に供した。飼料の一般成分は飼料分析法, 消化管内容物の水分は常圧加熱乾燥法によって分析した。

1-4. 総カロチノイドの分析

飼料と消化管内容物の総カロチノイド含量は以下の手順に従って測定した。試料 1g を精秤し, 150ml 容のナス型フラスコに入れる。クロロホルム : メタノール (2:1) 混液 40ml とハイドロキノン 0.2-0.3g を加え, 約 60℃ で 30 分間還流煮沸する。流水下で冷却した後ろ紙を用いて濾過する。ろ紙と残渣はクロロホルム : メタノール混液で十分に洗浄し, 洗浄液は濾液と合わせる。洗浄液と濾液を合わせた液は窒素流下 40-50℃ でエバポレーターを用いて減圧乾固する。1 回につきアセトン 5-10ml を用いてアセトンに赤色の着色が認められなくなるまで反復抽出する。抽出液はろ紙で濾過し, 濾液は 100ml 容分液ロートに入れる。ろ紙はアセトンで十分に洗浄し, 洗浄液は同様に分液ロートに入れる。石油エーテル 20-25ml を加え, 手で分

液ロートを十分に振り混ぜる。精製水 15-20ml を加えた後振盪機を用いて振盪し, その後静置して石油エーテル層を分離する。回収した石油エーテル層に精製水を加えて振盪し, 分離する作業を更に 2 回繰り返す。精製水で洗浄されて不純物を取り除かれた石油エーテル層に脱水の為に無水硫酸ナトリウムを添加する。脱水後の石油エーテル層をピペットで回収し, 適切な大きさのナス型フラスコに移す。分液ロートと無水硫酸ナトリウムは石油エーテルで数回洗浄し, 洗液は同じナス型フラスコに入れる。窒素流下 40-50℃ でエバポレーターを用いて減圧乾固する。クロロホルム 20ml を加えて色素を完全に溶解し, 1cm セルを用いて分光光度計で 475nm の吸光度を測定する。以下の式で総カロチノイド含量を計算する。

$$C=A \times Y \times 1000 \times 100/X \times 100$$

C: 総カロチノイド含量 (mg/100g), A: 試料カロチノイド溶液の吸光度, Y: 試料カロチノイド溶液の溶液量, X: カロチノイドの分子吸光係数で, E (1%, 1cm) =2100 とする。

1-5. 色素の組成

総カロチノイド含量を求めた後薄層プレートに色素液をスポットして展開し, 薄層クロマトスキャナーによって色素の組成を調べた。プレートはメルク社のシリカゲル 60, 展開溶媒には石油エーテル : アセトン =80:20 を用いた。

2. 結果

2-1. 総カロチノイド含量

表 2 に飼料と消化管内容物の総カロチノイド含量を示す。いずれの時間においても消化管内容物の総カロチノイド含量は腸後半 > 腸前半 > 胃 > 幽門垂の順に多かった (図 3)。著者がこれまで数多く行ってきたニジマスによる飼料の消化吸収率測定試験の結果から, 本試験条件下での飼料全体としての消化吸収率 (乾物の消化吸収率) は 70% 程度で, 不消化物として排泄

表2 飼料と消化管内容物の水分と色素量

	水分 (%)	色素量 (mg/100g)	
		湿物	乾物
飼料	8.40	10.7	11.9
消化管内容物			
9時(0時間後)			
胃	66.2	3.57	10.6
幽門垂	85.7	1.32	9.23
腸前半	83.3	2.94	17.6
腸後半	82.7	3.50	20.3
11時(2時間後)			
胃	71.1	2.79	9.65
幽門垂	87.1	0.83	6.43
腸前半	84.3	2.81	17.9
腸後半	83.7	3.69	22.6
14時(5時間後)			
胃	72.7	2.31	8.46
幽門垂	85.2	1.13	7.64
腸前半	82.1	2.16	12.1
腸後半	82.4	3.86	21.9
18時(9時間後)			
胃	72.0	2.95	10.5
幽門垂	83.5	1.29	7.82
腸前半	81.8	2.88	15.8
腸後半	83.0	3.46	20.4

される部分は30%程度であろうと推測出来る。色素が全く吸収されないとすると $100/30 \div 3.33$ 倍に濃縮される筈である。飼料の総カロチノイド含量は11.9mg/100g乾物なので、吸収が無いとすると $11.9 \times 3.33 \div 39.6\text{mg}/100\text{g}$ 乾物となる。一般に云われている様に直腸部分(この場合には腸後半部)では水分以外の栄養素は殆ど吸収されずにそのまま排泄されるとすると、夫々の時間の総カロチノイドの吸収率は9時:($39.6-20.3$) $\times 100/39.6 \div 48.7\%$ 、同様に他の時間を計算すると11時:42.9%, 14時:44.7%, 18時:48.5%となる。9時の腸後半部内容物は昨日与えた飼料が消化吸收された後の残渣で、前日の16時に餌を食べてから絶食状態なので長時間消化管内に留まっており、十分に色素が吸収されているので値が高いのであろう。11時と16時は当日の摂餌によって腸前半部の内容物が未だ完全に色素の吸収が終了しないまま後半部に押し出されて来ている可能性が有り、

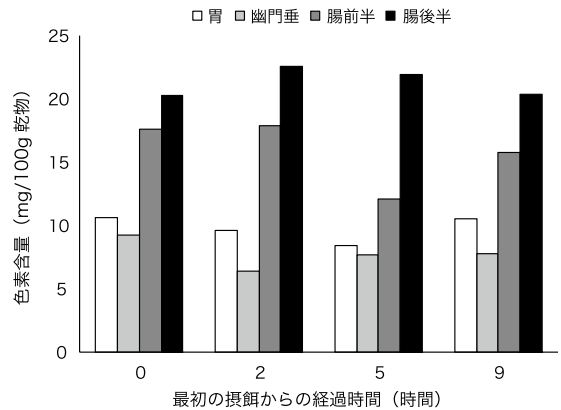


図3 部位別消化管内容物色素含量の経時変化

多少吸収率が低いのかも知れない。また、カロチノイド色素の消化吸收率には胆汁と胆汁酸が重要な役割を担っている筈なので、胃から送り出されて来る飼料の量に対する消化液の分泌量に時間による違いが有ったのかも知れない⁴⁾。

この様に食べた餌が糞として排泄される時間や1日の給餌回数によって飼料のカロチノイド色素の吸収率は多少変化する様であるが、いずれにしてもニジマスによるオキアミミール色素の吸収率は40-50%程度ではないかと推測出来る。但し、これはあくまでも推測なので、正確なことを知るには内部標準物質を用いた消化吸收試験が必須である。

2-2. カロチノイド色素の組成

飼料と消化管内容物のカロチノイド色素の組成を調べたところ、アスタキサンチンが大部分を占めていた(表3)。飼料ではDE, ME, Fの3種類のアスタキサンチンを合わせた数値は98.4%であったのに、胃内容物では76.7-91.2%と明らかに低い値であった。胃には脂質分解酵素は分泌されないの色素の消化吸収が行われているとは考え難い。pH2と非常に強い酸性である胃酸が分泌されて直接飼料に作用するので、飼料中のアスタキサンチンが一部崩壊していると考えるのが妥当ではないだろうか。アスタキサンチンは安定性が低い色素である為胃酸

表3 飼料と消化管内容物の総カロチノイド中にアスタキサンチンが占める割合

アスタキサンチンの形態	組成比 (%)			
	DE	ME	F	合計
飼料	71.1	17.5	9.8	98.4
消化管内容物				
9時 (0時間後)				
胃	58.9	9.3	8.5	76.7
幽門垂	4.9	3.1	88.5	96.5
腸前半	0.3	7.3	90.0	97.6
腸後半	5.2	8.5	81.2	94.9
11時 (2時間後)				
胃	63.0	10.2	10.0	83.2
幽門垂	15.1	3.2	80.2	98.5
腸前半	9.3	13.1	76.5	98.9
腸後半	10.0	9.3	80.0	99.3
14時 (5時間後)				
胃	61.7	17.4	12.1	91.2
幽門垂	12.7	4.5	79.7	96.9
腸前半	0.1	6.8	91.4	98.3
腸後半	7.7	9.5	81.3	98.5
18時 (9時間後)				
胃	57.6	22.4	5.9	85.9
幽門垂	16.7	5.4	77.1	99.2
腸前半	11.5	8.7	78.2	98.4
腸後半	21.2	9.5	68.8	99.5

DE: ディエステル, ME: モノエステル, F: フリー (遊離型)

表4 飼料と消化管内容物の3種類のアスタキサンチン比

アスタキサンチンの形態	組成比 (%)		
	DE	ME	F
飼料	72.3	17.8	10.0
消化管内容物			
9時 (0時間後)			
胃	76.8	12.1	11.1
幽門垂	5.1	3.2	91.7
腸前半	0.3	7.5	92.2
腸後半	5.5	9.0	85.6
11時 (2時間後)			
胃	75.7	12.3	12.0
幽門垂	15.3	3.2	81.4
腸前半	9.4	13.2	77.4
腸後半	10.0	9.4	80.6
14時 (5時間後)			
胃	67.7	19.1	13.3
幽門垂	13.1	4.6	82.2
腸前半	0.1	6.9	93.0
腸後半	7.8	9.6	82.5
18時 (9時間後)			
胃	67.1	26.1	6.9
幽門垂	16.8	5.4	77.7
腸前半	11.7	8.8	79.5
腸後半	21.3	9.5	69.1

DE: ディエステル, ME: モノエステル, F: フリー (遊離型)

によって崩壊するが、アスタキサンチン以外のカロチノイド色素は比較的安定度が高いので壊れ難く、その結果として胃内容物では総カロチノイド中に占めるアスタキサンチンの割合が低くなっているのではないだろうか。胃以外の内

容物のアスタキサンチン合計値は何れの時間においても飼料と略等しい値を示していたが、アスタキサンチンの組成は明らかに違っていた。飼料と胃内容物ではDEが主体であったのに、幽門垂、腸前半、腸後半部分の内容物ではFが

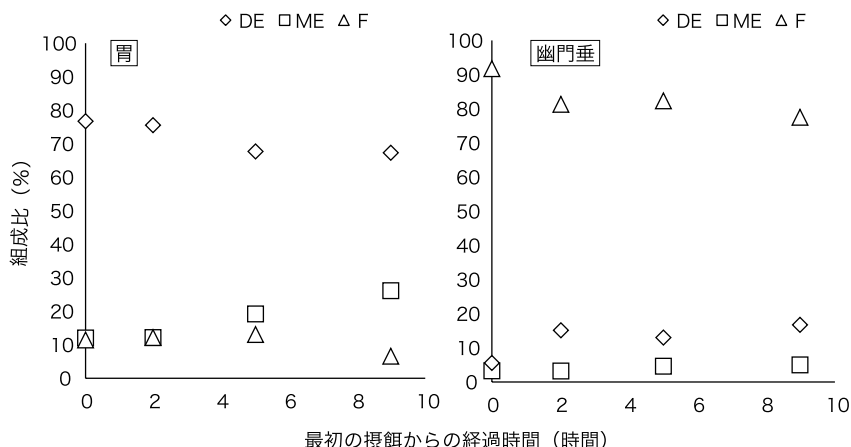


図4 消化管内容物アスタキサンチン組成比の経時変化 -1

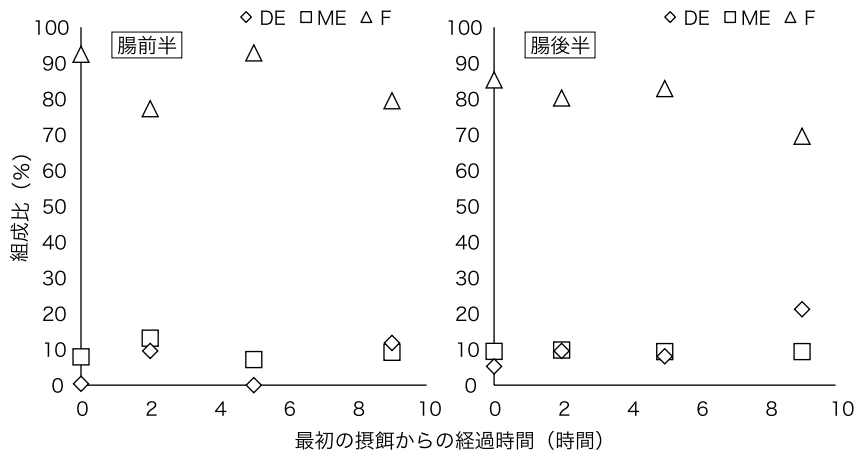


図5 消化管内容物アスタキサンチン組成比の経時変化-2

主体であった。

3種類のアスタキサンチンの組成比を表4に示す。飼料と胃内容物の組成比は何れの時間においても $DE \gg ME > F$ であったのに、それ以外の部位の内容物ではFが主体であった(図4, 5)。幽門垂では $F \gg DE > ME$ 、腸前半では $F \gg ME \geq DE$ 、腸後半では $F \gg ME \div DE$ であった。この結果はオキアミミールの主要な色素であるアスタキサンチンが幽門垂部において $DE \rightarrow ME \rightarrow F$ へと分解されていることを示す。また、幽門垂部では分解が継続中であるが、腸後半部では終了していることも分かる。

3. 要約

- ・オキアミミールの主要色素は3種類のアスタキサンチンであり、組成比はディエステル $\gg$ モノエステル $>$ フリー(遊離)である。
- ・アスタキサンチンは主として幽門垂部においてディエステル $\rightarrow$ モノエステル $\rightarrow$ フリーへと分解されている。
- ・幽門垂部に分泌される消化液は膵液と胆汁である。両者共脂質の消化に重要な役割を担う消化液である。アスタキサンチンも脂質の一種であるので、幽門垂部において膵液と胆汁によって分解が進んでいるのであろう。
- ・胃内容物では総カロチノイド中に占める

アスタキサンチンの割合が低い、これは消化酵素による分解ではなく、胃酸によってアスタキサンチンの一部が壊れた為ではないかと推察する。

・腸後半部で色素の吸収が行われないと仮定すると、ニジマスによる飼料中のオキアミミール色素の消化吸収率は40-50%程度ではないかと推測する。正確な値を求めるには内部標準物質を添加した飼料での消化吸収試験が必須である。

試験 -2

以下の3点を目的にして本試験を実施した。

- ・オキアミミール色素の正確な消化吸収率と吸収部位を明らかにする。
- ・飼料へのオキアミミール添加量の違いによって色素の吸収率が違うか否かを調べる。
- ・魚の大きさによってオキアミミール色素の消化吸収率が違うか否かを調べる。

1. 方法

1-1. 試験の概要

試験はA, Bの2回に分けて行った。夫々の試験の概要を図6に、夫々の試験に用いた飼料の組成と分析値を表5に示す。

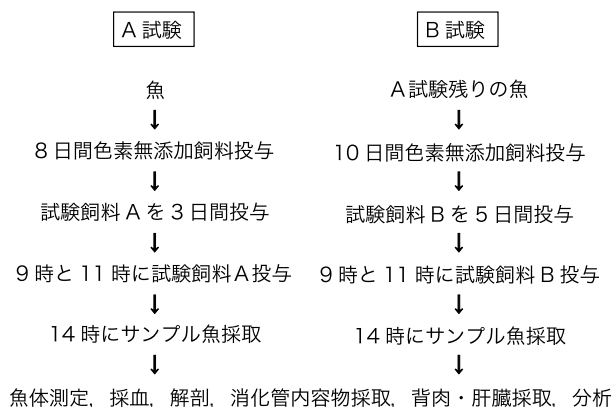


図 6 試験の概要

表 5 試験飼料の組成と分析値

試験	A	B
魚粉 (%)	37.5	10.0
オキアミミール	27.5	55.0
小麦粉	24.8	24.8
脱脂大豆粕	9.0	9.0
ビタミン・ミネラル混合	1.2	1.2
酸化クロム (Cr ₂ O ₃)	0.2	0.2
水分 (%)	3.5	3.9
タンパク質	51.4	49.5
脂質	6.8	6.6
炭水化物	23.8	24.4
灰分	12.0	11.4
総カロチノイド (mg/100g)	4.9	9.7
Cr	133.5	128.2

試験飼料

飼料へのオキアミミール添加量の違いで色素の吸収率に違いが有るか否かを調べる為、添加量が違う A, B 二つの飼料を作った。飼料 B は試験 -1 と同じ組成で、A はオキアミミールの添加量を B の半分にし、その分魚粉で代替してある。総カロチノイド含量はオキアミミール添加量を反映し、A は B の二分の一であった。その他の栄養成分には両飼料で殆ど違いが無かった。また、本試験では消化管各部位での色素の消化吸収率を求める為、内部標準物質として酸化クロムを 0.2% 添加した。クロムの分析値⁵⁾ は両飼料で略同じ値であり、添加され

た酸化クロムが両飼料共原料中に均一に分散していたことが分かる。

試験 A

試験 -1 の供試魚より大型 (400 - 500g) のニジマス成魚を屋外の 1KL 容円形コンクリート水槽に収容し、飼育環境に慣れさせる為に 8 日間色素無添加の市販飼料で予備飼育した。その後 3 日間 A 飼料を日に 3 回 (9 時, 12 時, 16 時) 飽食量与えた。4 日目の 9 時と 11 時に同じ飼料を飽食量与えた後、14 時に 5 尾サンプル魚を採取した。水温は 13.5 - 14.5℃ であった。

試験 B

試験 A の残りの魚を 10 日間色素無添加の市販飼料で飼育後、5 日間 B 飼料を与えた。給餌時間と給餌量は試験 A と同じであった。6 日目も同様に 9 時と 11 時に B 飼料を飽食量与えた後、14 時に 5 尾採取した。

1-2. サンプル魚の処理

サンプリングした魚は図 7 の手順に従って処理した。FA100 で麻酔し、ヘパリン処理した 5ml のプラスチック注射筒を用いてキュビエ氏管から採血した。血液は 3000rpm で 15 分間遠心分離し、血漿を単離した。血漿は総カロチノイド含量を測定した後、各尾の血漿を等量ず

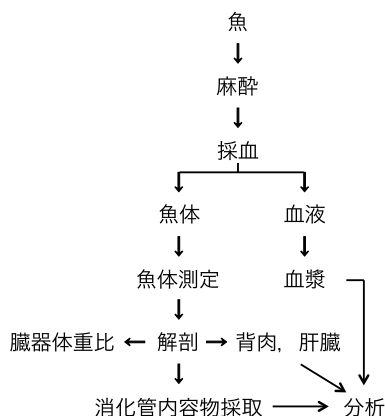


図 7 サンプル魚の処理手順

つ混合し、グルコース (Glu), トリグリセライド (TG), アルカリ性フォスファターゼ (ALP) の分析に供した。残りの魚体は体重と尾叉長を測定して肥満度 (体重 $\times$ 100/尾叉長³) を求めた後解剖し、各臓器の重量を測定して体重比を求めた。更に、背肉 (背鰭後端から脂鰭前端の下で、側線より上の部分の肉) と肝臓を採取した。背肉は個体別に総カロチノイド含量を測定した後、各尾等量ずつ混合して一般成分の分析試料とした。肝臓は一般成分のみ分析した。消化管は試験-1と同じ手順で処理し、胃、幽門垂部、腸前半部、腸後半部の内容物を取り出して5尾分を一緒にし、水分、タンパク質、総カロチノイド、クロムの分析試料とした。

1-3. 背肉と血漿の総カロチノイド含量の測定法

背肉と血漿の総カロチノイドは以下の方法で個体別に測定した。

背肉

必要量の背肉 (必要量は肉の色素含量によって異なる) を精秤して小型の乳鉢に入れる。海砂を加えて十分に摩砕する。アセトンを加えて色が出なくなるまで繰り返し摩砕抽出する。アセトン抽出液はろ紙で濾過する。ろ紙はアセトンで十分に洗浄し、洗浄液も合わせて分液ロートに入れる。その後は試験-1で説明した飼料や消化管内容物と同じ処理を行って総カロチノイド含量を計算する。なお、ニジマスの肉部の色素含量は部位によって大きく違う⁶⁾ので、試験区間の色素量を比較する場合には同じ部位の肉を試料として用いなければならない。

血漿

ホールピペットを用いて一定量の血漿 (色素含量によって必要量は変わる) を共栓付三角フラスコに入れ、クロロホルム:メタノール混液 (2:1) を添加して十分に転倒・混和し、色素を抽出する。その後の処理は試験-1と同

じである。別の機会に報告する予定であるが、摂餌後の経過時間によって血漿の色素濃度は大きく変化する。試験区間の色素量を比較する場合には、摂餌後両区共同じ時間に採血しなければならない。

1-4. その他成分の分析法

背肉と肝臓の一般成分は定法、血漿の Glu, TG 及び ALP はヒト血液用の半自動分析機で測定した。なお、この3成分は魚の栄養状態の指標として優れていること、飼料成分や摂餌後の時間によって変化的ること、ヒト用の分析機でも再現性の有る正しい値が得られること等を確認してある。

2. 結果

2-1. 魚体測定と解剖

魚体測定と解剖の結果を表6に示す。A, B 両試験のサンプル魚において体重、尾叉長、肥満度、内臓 (心臓と腎臓を除く全ての臓器を含む) 体重比、肝臓体重比、DL 体重比、生殖腺体重比に違いは認められず、両試験区の魚とも正常であったことが分かる。特に生殖腺体重比の値から、両試験の魚共性成熟が進んでいなかったことが分かるのが重要である。後日報告予定であるが、性成熟が進むと魚体内の色素分布に偏りが出て来るので、性成熟が進んでいないことは両区間の色素含量を比較するうえで大切なことである。

表6 魚体測定と解剖の結果

試験	A	B
体重 (g)	422	454
尾叉長 (cm)	31.2	32.0
肥満度	1.40	1.38
内臓体重比 (%)	10.6	11.2
肝臓体重比	0.96	1.06
DL 体重比	3.97	3.23
生殖腺体重比	0.23	0.37

DL: 腹腔内脂肪蓄積組織

表7 背肉と肝臓の分析値

試験	A	B
背肉		
水分 (%)	74.6	75.5
タンパク質	21.9	21.9
脂質	2.43	2.00
灰分	1.45	-
総カロチノイド (mg/100g)	0.25	0.22
肝臓		
水分 (%)	73.9	74.9
タンパク質	16.4	14.6
脂質	4.69	3.91
灰分	1.38	-

2-2. 背肉と肝臓の分析値

魚体測定と解剖の結果同様、背肉と肝臓の分析値においても両試験で殆ど違いは認められなかった（表7）。A、B 両飼料で一般成分に違いが無かったのも、背肉、肝臓においても一般成分に違いが無いのは当然とも思えるが、総カロチノイド含量は両飼料で大きく違うのに背肉の色素含量には殆ど違いが無かった。これはサンプル魚の採取までに A 飼料は 4 日間、B 飼料は 6 日間しか与えておらず、背肉の色素含量に明らかな違いが出る程の投与期間でなかったことが原因であると考えられる。

2-3. 血漿の分析値

Glu と TG 含量、ALP 活性に両試験で違いは認められなかった（表8）。ところが総カロチノイド含量は明らかに B 試験の魚の方が高く、しかも夫々の飼料の総カロチノイド含量と略比例した値を示していた。これは飼料の投与期間の問題で、未だ背肉の色素含量に違いが生じるに至っていないものの、オキアミミールの色素は略添加量に比例して確実に消化吸収されていることを示しており、もう少し両飼料の投与期間が長ければ背肉の色素量にも違いが出たものと考えられる。

表8 血漿の分析値

試験	A	B
Glu (mg/dl)	88	97
TG (mg/dl)	363	332
ALP (K-A. U)	5.7	6.1
総カロチノイド (mg/100g)	0.106	0.196

2-4. タンパク質と色素の吸収部位

消化管内容物の分析値を表9に、その値から計算した飼料タンパク質と色素の部位別吸収率を表10に示す。試験-A、B 共にタンパク質の消化吸収率は約 85%、総カロチノイドは約 50% で、両試験区間で違いは認められなかった。これは魚粉とオキアミミールのタンパク質の消化吸収率に違いが無いことと、オキアミミールの添加量が 27.5% と 55% 程度の違いでは色素の吸収率に大きな違いが出ないことを示してい

表9 消化管内容物の分析値

	水分 (%)	タンパク質 (%)	総カロチノイド (mg/100g)	Cr (mg/100g)
試験-A				
胃	72.6	14.4	1.49	45.8
幽門垂	83.9	5.81	0.49	19.1
腸前半	79.2	5.00	0.99	55.8
腸後半	83.7	4.56	1.35	74.7
試験-B				
胃	76.0	12.7	2.40	37.5
幽門垂	83.8	5.44	0.99	18.5
腸前半	81.0	4.31	1.91	47.8
腸後半	85.5	3.38	2.50	66.0

表10 タンパク質と色素の消化管部位別消化吸収率

	タンパク質 (%)		総カロチノイド (%)	
	吸収率	差	吸収率	差
試験-A				
胃	18.4		11.4	
幽門垂	20.9	2.5	30.0	18.6
腸前半	76.7	55.8	51.5	21.5
腸後半	84.2	7.5	50.7	-
試験-B				
胃	12.3		15.3	
幽門垂	23.9	11.6	29.4	14.1
腸前半	76.7	52.8	47.2	17.8
腸後半	86.7	10.0	49.9	2.7

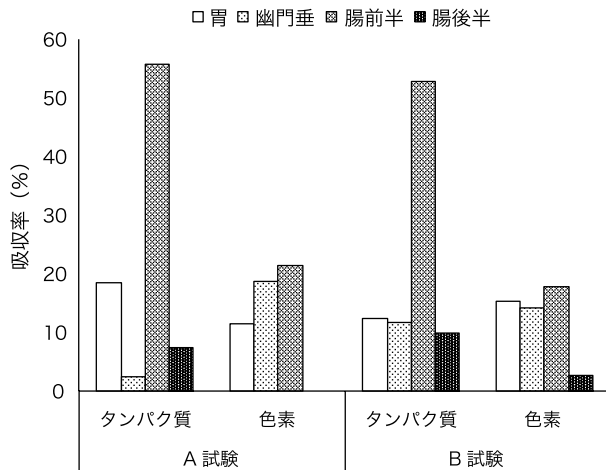


図8 タンパク質と色素の部位別吸収率

る。色素の吸収率は試験-1で推測した値と略一致していた。

タンパク質の吸収部位は腸前半部であることが明らかである(図8)。色素の吸収部位は数字から見ると胃, 幽門垂部, 腸前半部である様に思えるが, 試験-1で説明した様に, 胃で色素の消化吸収が行われるとは考え難く, 胃での数値は胃酸による色素の一部崩壊によるのではないかと推察する。胃酸によってオキアミミール色素の10-15%が壊れているのではないかと思える。色素の吸収部位は幽門垂部と腸前半部であり, 数値からして幽門垂部と腸前半部における吸収率は略同じか, 腸前半部の方がやや高いのではないかと考えられる(図8)。

以上の結果から, 飼料のタンパク質は胃液, 唾液によって消化が進み, 主として腸前半部で吸収されるのに対し, 色素は唾液と胆汁によって幽門垂部と腸前半部で消化と吸収が行われていると判断出来る。

2-5. 消化管内容物のアスタキサンチン組成

消化管内容物の3種類のアスタキサン

チンの組成比を部位別に示したのが表11と図9, 10である。胃ではアスタキサンチンのDE, 幽門垂部, 腸前半部, 腸後

表11 消化管内容物のアスタキサンチン組成

	DE	ME	F
試験-A			
胃	77.1	21.7	1.2
幽門垂	Tr	2.8	97.2
腸前半	Tr	9.5	90.5
腸後半	3.4	8.6	91.4
試験-B			
胃	77.6	17.9	4.4
幽門垂	9.4	6.4	84.3
腸前半	21.6	7.0	71.4
腸後半	7.0	7.9	85.1

単位: %, Tr: 痕跡

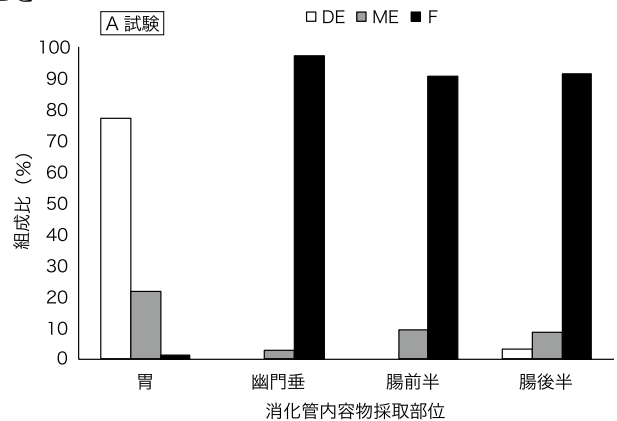


図9 消化管内容物のアスタキサンチン組成 (A 試験)

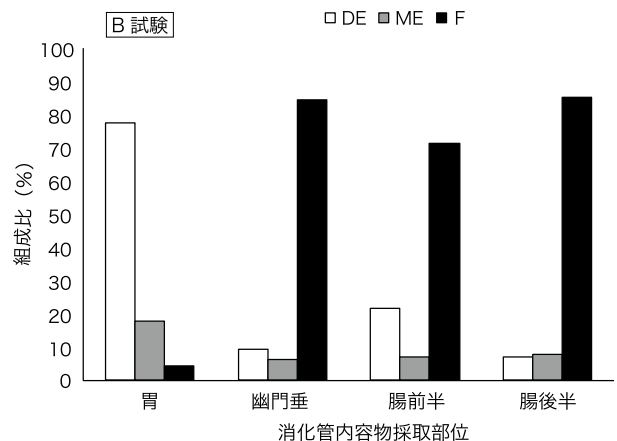


図10 消化管内容物のアスタキサンチン組成 (B 試験)

半部ではFが大部分であることは試験-1の結果と同じであった。膵液と胆汁によってディエステル→モノエステル→フリーへと分解され、フリーのアスタキサンチンの形で幽門垂部と腸前半部から体内に吸収されているものと判断する。

3. 要約

・オキアミミールの色素であるアスタキサンチンは膵液と胆汁によって主として幽門垂部においてディエステル→モノエステル→フリーへと分解され、幽門垂部と腸前半部において吸収される。

・飼料へのオキアミミール添加量が27.5%と55%程度の違いでは、ニジマスによる色素の吸収率にそれ程大きな違いは認められない。

・魚の大きさが150 - 350gと400 - 500g程度の違いでは、オキアミミール色素の吸収率に違いは認められない。

・オキアミミールと魚粉のタンパク質の消化吸収率は殆ど同じで、胃液と膵液で分解された後、主として腸前半部において吸収される。

試験 -3

試験-2において飼料のオキアミミール添加量が27.5%と55%程度の違いでは、色素の吸収率に明確な違いは生じないことが示された。また、試験-1, 2の比較で、150 - 350gと400 - 500g程度魚の大きさが違っていてもオキアミミール色素の吸収率に違いが無いとの結果が得られた。よって本試験では、飼料へのオキアミミール添加量を更に大きな幅で取り、供試魚の大きさを試験-1, 2より著しく小さくした場合にどのような結果が得られるかを調べた。

表 12 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C	D
魚粉 (%)	66	46	26	
オキアミミール		20	40	66
中白糖	30	30	30	30
ビタミン・ミネラル混合	4	4	4	4
酸化クロム (Cr ₂ O ₃)	0.1	0.1	0.1	0.1
水分 (%)	8.92	9.51	9.66	9.40
総カロチノイド (mg/100g)	-	3.59	6.57	12.3
Cr	67.0	67.8	61.7	61.8

1. 方法

60L 容角型透明プラスチック水槽で色素無添加の市販飼料を与えて飼育した平均体重 10.5g のニジマス幼魚を供試魚とした。飼育水温は14.7 - 15.8℃であった。表 12 に示す4種類の試験飼料を3日間に3度(9時, 12時, 16時)飽食量与えた後、4日目から4日間連続して腹部圧迫法によって採糞した。採糞期間中にも通常通り試験飼料を与えた。得られた糞は4日分を一緒にして分析試料とし、飼料、糞共に水分、総カロチノイド、クロム含量を測定した。

2. 結果

飼料と糞の分析値から計算で求めた飼料全体と総カロチノイドの消化吸収率を表 13 に示す。飼料のオキアミミール添加量が増え、魚粉の量が減少するに従って飼料全体としての消化吸収率が高くなっていた(図 11)。これは魚粉中の灰分含量が強く関与していると思われる。魚粉は北洋工船魚粉を用いたのであるが、骨に由来する灰分が多く、魚による骨の消化率は低い。よって、魚粉含量が多い区(=オキアミミールが少ない区)程飼料全体としての消化吸収率が低くなっている。

表 13 消化吸収率

試験区	A	B	C	D
全体 (%)	75.1	76.0	77.6	79.1
総カロチノイド	-	55.4	46.7	48.0
単位: %				

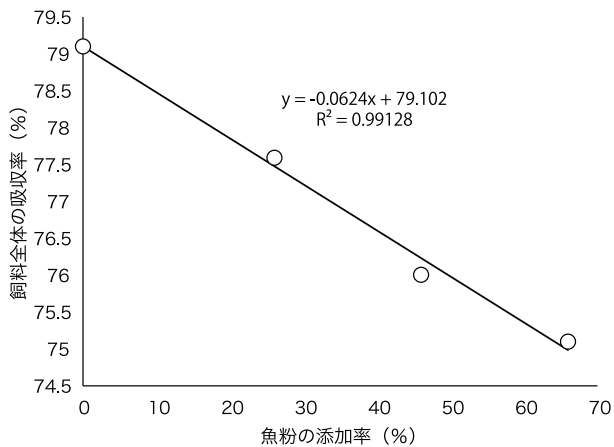


図 11 飼料の魚粉添加率と飼料全体の吸収率

表 14 オキアミミール添加率と色素の吸収率

添加率 (%)	色素吸収率 (%)
20.0	55.4
27.5	50.7
40.0	46.7
55.0	49.9
66.0	48.0

試験-1, 2 とは採糞法が違っているもので厳密な意味での比較は難しいが、魚の大きさの違いによってオキアミミール色素の消化吸収率はそれ程大きく変化しない様である。

オキアミミールの添加量が多い区の方が色素の消化吸収率が低い傾向が有る様に思えたので、試験-2 と 3 を併せて飼料のオキアミミール添加量と色素の吸収率との関係を見たのが表 14 と図 12 である。オキアミミール添加量が 40% の区を除くと明らかにオキアミミール添加量が多くなるに従って色素の吸収率が低くなっており、両者の間には $Y=0.1242X+56.232$, Y: 色素の吸収率 (%), X: 飼料のオキアミミール添加率 (%), 相関係数 (R^2) = 0.7485 の比較的強い負の相関が認められた。採糞法が違うことと、供試した魚

の大きさが著しく違うことから断言は出来ないが、飼料へのオキアミミールの添加量が多くなるに従って多少色素の吸収率が低くなる傾向が有るのではないかと推測する。

3. 要約

- ・魚の大きさによってオキアミミール色素の消化吸収率は殆ど変化しない。
- ・飼料のオキアミミール添加量が多くなるに従って色素の吸収率が多少低くなる可能性が有る。

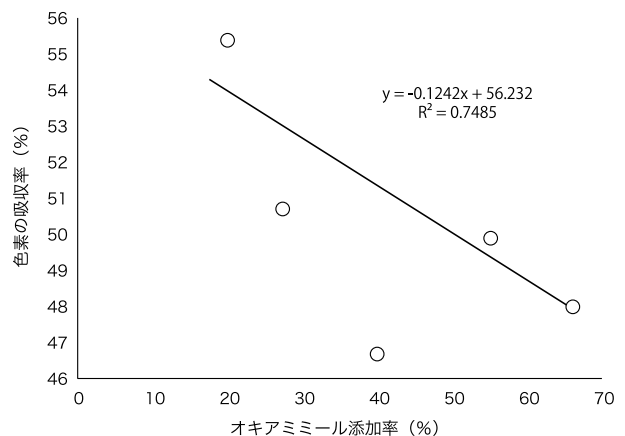


図 12 飼料のオキアミミール添加率と色素の吸収率

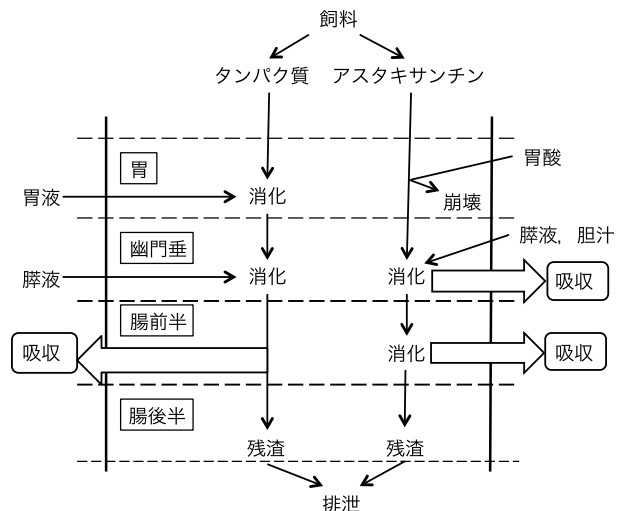


図 13 飼料の色素とタンパク質の消化吸収

・飼料全体の消化吸収率には魚粉の灰分含量が大きな影響を及ぼしている。

まとめ

3回の試験結果を纏めると図13のようになる。飼料に添加されたオキアミミールの主要色素であるアスタキサンチンは摂餌後胃酸の作用によって一部が壊れる。飼料が幽門垂部に入ると分泌される膵液と胆汁の作用によってアスタキサンチンはディエステル→モノエステル→フリーへと分解され、フリーの形で吸収される。腸前半部でも分解と吸収は継続される。腸後半部ではアスタキサンチンの分解、吸収は行われず、そのまま排泄される。一方、飼料のタンパク質は胃に分泌される胃液と幽門垂部に分泌される膵液に含まれるタンパク質分解酵素によって消化が進み、大部分が腸前半部において吸収される。腸後半部では殆ど消化も吸収も行われず、そのまま排泄される。

オキアミミール色素の消化吸収率は魚の大きさによって殆ど影響を受けないが、飼料のオキアミミール添加量が多くなるに従って吸収率がやや低下する可能性が有る。但し、この点については魚の大きさと採糞法を統一した試験で、再現性を確認しておく必要が有る。

オキアミミールと魚粉のタンパク質の消化吸収率は略等しい。飼料のオキアミミール添加量が多い(=魚粉の添加量が少ない)程飼料全体としての消化吸収率は高くなる。これは魚粉に含まれる骨が最も大きな影響を及ぼしている。魚粉には骨が多く、骨の消化吸収率は低い。よって、魚粉が少ない程飼料としての消化吸収率が高くなる。

今後オキアミミール色素が幽門垂部と腸前半部で吸収された後、どのような形で魚体内に分散、蓄積されるのかと、何れの部位において他の種類の色素へと転換されるのか等を調べる予定である。

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

- 1) T.Watanabe *et al.*:Improvement of quality of red sea bream eggs by feeding broodstock on a diet containing cuttlefish meal or on raw krill shortly before spawning. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **51**(9), 1511-1521 (1985)
- 2) 酒本秀一:養殖魚の価格と品質 Ⅲ. 養殖技術, Ⅲ -2. 外観 - マダイ (水産学シリーズ 78 養殖魚の価格と品質), 恒星社厚生閣, 東京, 66-73 (1990)
- 3) 北村佐三郎:飼料. 魚類の栄養と飼料 (新水産学全集 No.14), 荻野珍吉編, 恒星社厚生閣, 東京, 247-306 (1980)
- 4) 酒本秀一, 大橋勝彦:製造法が違う飼料がニジマス消化管内移動時間, 消化管内容物の pH および血漿成分に及ぼす影響. *New Food Industry*, **56**(2), 59-75 (2014)
- 5) 古川厚, 塚原宏子:養魚飼料消化吸収率試験の指標物質としての酸化クロムの湿式定量法について. *日本水産学会誌*, **32**(6), 502-506 (1960)
- 6) 酒本秀一:カロチノイド色素. 「養殖」臨時増刊 添加商品, 32-39 (2000)

人体への寄生虫感染を警戒すべき食材（11）

— “勇気” では防げないマンソン孤虫の感染と驚愕の結末 —

牧 純 (MAKI Jun)^{*1} 関谷 洋志 (SEKIYA Hiroshi)^{*1} 田邊 知孝 (TANABE Tomotaka)^{*2} 畑 晶之 (HATA Masayuki)^{*3} 舟橋 達也 (FUNAHASHI Tatsuya)^{*2} 玉井 栄治 (TAMAI Eiji)^{*1} 河瀬 雅美 (KAWASE Masami)^{*4} 坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)^{*5}

^{*1} 松山大学薬学部生体環境系薬学講座感染症学, ^{*2} 松山大学薬学部生体環境系薬学講座衛生化学, ^{*3} 松山大学薬学部物理系薬学講座薬品物理化学, ^{*4} 松山大学薬学部化学系薬学講座有機化学, ^{*5} 明海大学歯学部病態診断治療学講座薬理学

Key Words：真田虫・マンソン裂頭条虫・マンソン孤虫・プレロセルコイド・プラジカンテル

Summary

Jun Maki¹⁾, Hiroshi Sekiya¹⁾, Tomotaka Tanabe²⁾, Masayuki Hata³⁾, Tatsuya Funahashi²⁾, Eiji Tamai¹⁾, Masami Kawase⁴⁾ and Hiroshi Sakagami⁵⁾

¹⁾Department of Infectious Diseases, College of Pharmaceutical Sciences, Matsuyama University;

²⁾Department of Hygienic Chemistry, College of Pharmaceutical Sciences, Matsuyama University;

³⁾Department of Pharmaceutical Physical Chemistry, College of Pharmaceutical Sciences, Matsuyama University

⁴⁾Department of Organic Chemistry, College of Pharmaceutical Sciences, Matsuyama University;

⁵⁾Division of Pharmacology, Department of Diagnostic and Therapeutic Sciences, Meikai University School of Dentistry.

[key words: *Diphyllbothrium mansonii*, cestodes, parasites]

The concept of “forgotten or neglected diseases” plays an important role in our planning to take measures against parasites. This paper describes the infection of people (mainly Asian) with the larvae of the tapeworm, *Diphyllbothrium mansonii*. The adult worms parasitize in the intestine of the cat and dog, in the feces of which the parasite eggs produced are contained. The larvae from the eggs invade in the copepod, the first-stage intermediate host. The larvae in the copepod grow to the next stage, called the proceroids. These larvae are then ingested into the frog and snake or what we call the 2nd intermediate hosts, reaching the next larval stage, the plerocercoid there. Usually these grow to the adult worms in the intestine of the cat and dog as the final hosts. They do not generally grow in the human intestine to be adult worms with few exceptional cases. Rather, they migrate in the human body as the plerocercoid. The life cycle of this parasite is maintained like this.

People are infected also with the proceroids in the copepod as if man is an intermediate host. This is said to be the case with swimmers in lakes and inhabitants drinking non-hygienic water. The larvae are found near the body surface or invade into the brain with the severe damage. It is hard to eliminate human cases of the larvae with the administration of chemical agents.

The adult worms in the cat and dog are readily expelled with praziquantel while no chemotherapeutic strategy against the larvae has yet been established as mentioned. The treatment solely relies on the surgical removal of the migrating larvae.

We should not ingest the proceroids or plerocercoids in any circumstances given the fact that the treatment trial has often been unsuccessful.

要約

マンソン孤虫はゲテモノ食から感染する厄介なマンソン裂頭条虫の幼虫である。これは成虫でないが、それがもたらす病害作用は決して小さくない。それどころか、幼虫による病害が成虫によるそれよりも遥かに大きい。日本、東アジア、南部アメリカなどに見られる怖い感染症である。

イヌ・ネコの腸管に寄生しているマンソン裂頭条虫の成虫はその糞便中に虫卵を排出する。第一段階の中間宿主（第一中間宿主）はケンミジンコ、第二中間宿主はヘビ、カエルである。終宿主であるイヌ、ネコがそのようなヘビ、カエルを食べることによりその腸管内に成虫が寄生した状態になる。成虫の形は扁平で、長さはイヌ・ネコの腸管の長さに適応しているからか、せいぜい 1m である。

そのように循環している生活史のサイクルにおいて、ヒトは生か不完全調理のヘビ、カエルを食べることにより、その幼虫が人体各所に寄生する。この幼虫は滅多にヒトの腸管で成虫になることはないが、稀ながら症例として報告がある。

この幼虫がヒトに寄生すると、皮膚表面のいたるところに腫瘤（コブのようなもの）を形成し大きな病害作用をもたらす（遊走性限局性皮膚腫脹）。この幼虫は体表のみならず体内の各所へも移行、脳への侵入もある。この移動は顎口虫のそれに似ている。失明や、睾丸摘出を余儀なくされることなど、とりかえしのつかない事態もおこりうる。

その予防には、ヘビ、カエル等の肉の生食を慎むことが絶対的に重要である。レアのヘビ肉、カエル肉も避けるべきである。早期発見・早期治療のポイントは、ゲテモノに関する食歴があれば担当医に明確に伝えること。幼虫が皮下を這う様子を診察医に伝えることである。

治療（駆虫）は、成虫であれば優れた駆虫剤ブラジカンテルの投与により行なわれるが皮下や脳などに寄生して大きな病害作用をもたらす幼虫に対する治療はまだ確立されていない。可能であれば、這っている幼虫を外科的に除去する。一応ブラジカンテルやアルベンダゾールの投与を試みるが、完治は困難である。

緒論

日本の衛生状態は、現代では以前とは比較にならないほどよくなった筈である。しかし日本人は元来ナマモノが好きな国民であり、現在でも食中毒事故が度々起こる。ナマモノにはすべて警戒心が必要であるが、いわゆるゲテモノのナマはさらに危ない。感染すれば取り返しのがなくなる寄生虫感染も起こりうる。全く食の安全が確立していないのだ。しかし、世は“創作料理”とかで、意表をつくようなナマ料理ないしは、普通では食べない刺身が出される。

今回、ヘビ肉の生食により感染して迷入部位によっては失明し、睾丸摘出が余儀なくされるマンソン孤虫（ある条虫の幼虫）に着目する。この感染は現在の日本でも決して稀でないが、東アジアを中心とした海外でも十分起こりうる。以下のような本虫に関する情報の総括的な認識は現代の日本の社会に役立つものと考えられ、論述する。

1. 材料・方法

マンソン孤虫自体および関連の事柄に関する文献、成書、著作論文、学会発表等の範囲で調査した。特に、臨床系の寄生虫学会の発表に注目した。引用論文^{1)~32)}など多種多様の情報源を中心に調査をスタートさせた。テキストにより専門用語や大きさの表記が異なることもあるが、定評ある教科書『図説人体寄生虫』（吉田幸雄・有蘭直樹著、第7版、南山堂、東京、2008）⁶⁾に準拠した。

2. 結果・考察

1) 寄生虫 parasite の分類と例

実に多種多様の虫種を含み、それらの総称となっている寄生虫についての分類的な把握がマンソン裂頭条虫 *Diphyllobothrium mansonii* の特

徴の理解に重要である。

ヒトの皮膚表面を侵すダニ、シラミの類を外部寄生虫ということがある。現在、マダニが媒介するウィルス疾患が日本で問題となっている。マスコミを通して我々の日々知らされるところではあるが、ここではとりあえずこれらの外部寄生虫を外して、人体内に寄生する寄生虫に注目し考察する。いわゆる内部寄生虫は、唯一つの細胞かまたは多細胞から成り立っている2グループに大別される。前者は顕微鏡でなければ判らないいわゆる「寄生原虫」(parasitic protozoa)である。非衛生的な状態の食品や水

から感染する例に、クリプトスポリジウムや赤痢アメーバ(細菌の赤痢菌とは全くの別物)などがあげられる。

後者は、成虫なら肉眼でも存在が判るいわゆる「寄生蠕虫」(parasitic helminths)で、更に次の3つのグループに分類される。

その1つ目は線虫類 nematodes である。食品から感染するものが大多数であるが、中には糞線虫のように経皮感染するものもある。本誌において既に重要な虫種、広東住血線虫¹⁸⁾、剛棘顎口虫²³⁾、回虫²⁶⁾が紹介された。2つ目は吸虫類 trematodes で、昔はジストマと呼ば

表1 擬葉類条虫と円葉類条虫の違い

	擬葉類 pseudophyllidea	円葉類 cyclophyllidea
必要な中間宿主	第一および第二の2段階	第一段階のみ*
中間宿主内の幼虫名	第一中間宿主内ではプロセルコイド (proceroid, 漢字名: 前擬尾虫) 第二中間宿主内ではプレロセルコイド (plerocercoid, 漢字名: 擬充尾虫**)	囊尾虫 (cysticercus, システィセルクス) 擬囊尾虫 (cysticercoid, システィセルコイド) 包虫 (hydatid, ヒダチド) 共尾虫 (coenurus, ケヌルス) のうちいずれか。寄生虫の種により決まっている。
頭部(頭節)の構造	溝の構造(吸溝)がある。吸盤や小鉤はない。	4個の吸盤がある。小鉤をもつ種もある。
成熟した体節の横径・縦径	横径が縦径よりも長い傾向	縦径が横径よりも長い傾向
子宮と虫卵の産出; ヒト排出糞便内における虫卵の分布	子宮の孔から逐一産出; それゆえ糞便内に比較的均等に虫卵が分布するので、検便が価値ある検査方法である。	盲端の構造をなす子宮の中に虫卵が充満し、その子宮が弾けて産出; 不均等な分布となり、それだけに検便の価値がさほど高くない。
糞便内の虫卵の形態	卵蓋(らんがい; 虫卵を覆うフタのこと)あり、内容未成熟(1個の卵細胞と数個の卵黄細胞からなる)	卵蓋はなく、内容に六鉤幼虫(hexacanth embryo, または hexacanth larva)が認められる。
具体的虫種の例 New Food Industry で紹介の種、および その他の重要なもの	日本海裂頭条虫 ²⁰⁾ 、広節裂頭条虫、マンソン孤虫(これは幼虫名、成虫はマンソン裂頭条虫と呼ばれる)、大複殖門条虫、芽殖孤虫(成虫は今日でも不明)	有鉤条虫(本誌印刷中)、無鉤条虫 ²⁴⁾ 、アジア条虫、エキノコックス(単包条虫・多包条虫)、小形条虫、縮小条虫、瓜実条虫、多頭条虫、有線条虫。

* 有線条虫が例外の可能性もあるが、研究が進んでいない。

** 前擬充尾虫なる訳語もあるが、“pro-plerocercoid”なる英語表現は存在しない。

れた。いわゆる肝ジストマ、肺ジストマは現代では学問的にそれぞれ肝吸虫¹⁹⁾、肺吸虫²¹⁾と呼称される。これらの2つに加え、本誌では横川吸虫²²⁾、棘口吸虫²⁵⁾についても報告した。3つ目は条虫類 cestodes である。これはいわゆるサナダムシ（真田虫）のことであるが、現代の寄生虫学会では「条虫」なる用語が使われる。

この条虫は更に表1に示すように、擬葉類 pseudophyllidea（本虫はこの類に属する）と円葉類 cyclophyllidea の2つのグループに大別される。

2) マンソン裂頭条虫の概要

分布などに関する地歴

一般的にいわれている本虫の地理的な分布は日本、韓国、中国、極東アジア、東南アジア、アメリカ合衆国南部などである。日本ではヘビを生食する者、その生き血を愛飲する者の間で度々感染が見られる。東京下町地区等にあるヘビ料理店は知見情報をもとに十分気をつけていると思われるが、お得意さんから「是非とも、ヘビの生肉とか血液を」と所望されたら対応に苦慮するであろう。

ヒト患者ではまず成虫は見つからず、以前はこの幼虫のみが知られていた。親虫が不明なことから、「孤虫」と呼ばれていた。その後、イヌ・ネコの腸管にこの成虫が見つかり、親虫が明確になった。しかし、長年人口に膾炙した表現であるマンソン孤虫なる用語が寄生虫学会で、21世紀の現在でも用いられている。

生活環と生活史

この成虫は扁平で、その長さはせいぜい1mである。これはふつうヒトには寄生しない。イヌ、ネコの腸管に寄生する。その糞便の中に虫卵を産出する。虫卵から遊出する幼虫をコラシジウムという。これがケンミジンコなどに取り込まれる。マンソン裂頭条虫は条虫のなかでも擬葉類の1種であるから中間宿主は2段階を必

要とする。主として、第一段階の中間宿主（第一中間宿主）ケンミジンコ、第二中間宿主ヘビ、カエル、終宿主イヌ、ネコで生活史のサイクルが回っている。やや専門的となるが、第一中間宿主、第二中間宿主のなかでの幼虫をそれぞれプロセルコイド proceroid、プレロセルコイド plerocercoid という。

ヘビ・カエルを農家の庭先などでニワトリに与えることがあると、そのニワトリの筋肉内にやはりプレロセルコイドが寄生し、もしヒトがその鶏肉を生食するとヒト体内にプレロセルコイドが寄生する。このような“役割”を果たすニワトリのことを専門用語で「延長中間宿主」（または待機宿主、待期宿主、英語では paratenic host）という。感染ルートを考察する上でこれは大切な概念となる用語である。実はプレロセルコイドの感染しているカエルをヘビが丸呑みすることもあり、この際そのヘビも「延長中間宿主」（または待機宿主、待期宿主）となる。

ヒトにはヘビ、カエル、ニワトリの生か不完全調理食材により、その幼虫がごくふつうに感染する。この幼虫はヒトではめったに成虫とならないが、稀ながらヒト腸管に成虫が寄生していたという症例報告がある。

ヒト患者で、この幼虫の寄生により、皮膚表面のいたるところにコブのようなものを形成し大きな病害作用をもたらす。さらに失明、睾丸摘出などとりかえしのつかないことになることもありうる。

形態

成虫—長さはせいぜい1m ぐらいである。頸部より後部は後ろにいくほど成熟し体幅は0.5～1cm ぐらいとなる。いわゆる未熟体節、成熟体節、受胎体節（老熟体節ともいう）と続く。扁平でひよろ長い形状から条虫は英語で tapeworm または ribbonworm とも呼ばれるが、この条虫もその典型である。虫体全体の体節数

の合計はかなり多い。

この条虫の「頭節」と呼ばれる頭部には裂け目（専門用語で「吸溝」という）がある。これは広節裂頭条虫と同じく擬葉類（表1）に属する条虫に共通の特徴である。

他の条虫と同様、各体節には雌性の生殖器官と雄性の生殖器官の両方が認められる雌雄同体である。子宮はコイル状に巻く。陰茎と膣が別々に開口している。虫卵は成虫の産卵門から逐一産出されるので、イヌ・ネコの糞便中における虫卵の分布はかなり均等である。

虫卵—成虫から逐一産出される。この虫卵の色は淡黄色～茶色、こげ茶色、形は両端が尖った丸型で左右不对称、大きさはおよそ $60\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ で、排出時中にはまだ幼虫が認められない。

人体に寄生する幼虫（幼裂頭条虫）—カエル・ヘビから人体に寄生した幼虫は乳白色、扁平、ひょろ長いひも状で長さは、数 cm から 1m 近いものまで千差万別である。

症状

〔成虫の人体寄生のケース〕イヌ、ネコの腸管に寄生し、消化器症状（下痢、腹痛、不快感など）を呈するが、ヒトに成虫が感染した例はせいぜい数十例といわれている。

〔幼虫の人体寄生のケース〕有鉤条虫のように虫卵から孵化した幼虫がヒトの体内各処に移行することはない。ただし、ヒトが湖などで遊泳中に口から第一段階の中間宿主ケンミジンコ（その中にプロセルコイド proceroid という幼虫が寄生している）を取り込んで、人体の皮下に次の段階の幼虫（plerocercoid）を宿すことはありうる。しかし、普通のヒトへの感染ルートは、既にこの幼虫プレロセルコイド（plerocercoid）を含んでいる第二中間宿主のヘビ・カエル、またはニワトリの生肉を口にしてから感染する経路である。このようなヒトは第二中間宿主の役割を延長させるような、一種の

“延長中間宿主”であるが、ヒトが実際に次の感染に与ることはない（太古より、そのようなヒトがトラに襲われトラの腸管に成虫が寄生することもあったと推測される）。

プレロセルコイドが皮下にいれば分かりやすいが、筋肉内であると見逃されることもある。幼虫が脳や眼に移行すると取り返しのつかない精神障害、失明をもたらすことがある。

診断

早期発見のポイントは、ゲテモノ（いかもの料理）に関する食歴があれば担当医に明確に伝えること。幼虫が這う様子を診察医に伝えることである。この幼虫は体内、体表の各所へ移行、脳への侵入もあるのでなるべく早く受診することである。

〔成虫の同定〕まず消化器障害が見られる。感染の有無は宿主の検便で可能である。特徴ある虫卵を見出す。

〔幼虫感染の診断〕体内各所の皮下に幼虫体に移行すると指の爪程度の大きさの腫瘍が出来る。幼虫体が脳や眼に移行すると癲癇、痙攣、精神障害などの大変厄介な症状を呈する⁹⁾。ただし脳腫瘍との鑑別診断をしたうえで適切な処置が必要となる。本幼虫を取り出して、最終的確定診断が行われるが、血液検査で白血球の一種である好酸球の割合が高まることでもこの寄生幼虫（少なくとも何らかの寄生虫）の感染の可能性が疑われる。

治療

〔成虫の駆虫〕稀ながら仮に成虫が人に寄生したなら、腸管内の成虫はブラジカンテルで駆虫されるが、頭の部分（いわゆる頭節）が残存してないか否かが大きな問題となる。もし頭節部分が腸壁に付いて残っていると頸部より再び体節が伸長してくる。駆虫してから1ヶ月後にまた糞便検査を行い、もし虫卵陽性であれば再度投薬する必要がある。“駆虫された虫体の頭節の確認が必要である”とよく教科書的に言わ

れている。しかしこれだけでは不十分である。成虫が何匹寄生していたかがわからない以上、たとえ頭節が糞便中に確認できたとしても、まだそれ以外の頭節が腸壁に付着し残っているかもしれないからである。いわゆる駆虫薬を用いない方法もある。造影剤（ガストログラフィン）、Damaso de Rivas 法（十二指腸ゾンデで硫酸マグネシウム、グリセリン、生理食塩水、下剤を用いる方法）もある。

【幼虫の処置】体内各所や組織内に寄生している幼虫は外科的な摘出をまず試みる。除去しきれないものについては、効果はあまり期待できないかもしれないが、プラジカンテルなどの投与を一応試みる。本虫とは比較的近縁のエキノコックスにある程度の効果が認められるアルベンダゾールもそういう候補に入れてよい。

個人としての予防・環境衛生上の対策

その予防には、ヘビ、カエル、ニワトリ等の肉の生食を慎むことが絶対的に重要である。レアのヘビやカエルの肉も禁忌である。昔、ニワトリも問題となったが、現在のトリサシはふつう養鶏場からのものであるから、感染の確率は

極めて小さい。

理屈の上では、しっかりと熱の通った料理なら感染の危険はないといえる。しかし、ゲテモノ食い（いかもの料理）は如何なる場合でも回避したほうが無難である。料理の過程でどこかに紛れ込むかもしれないからである。例えば、ごく普通の野菜サラダなどである。予防には、ヘビ・カエルなどの生食を慎むことが絶対的に重要である。本虫の感染回避のためにも、これは論議の余地なくタブーである。さらに、国と地域によっては残念ながら残っている“カエルの生肉の傷口や目に当てる民間療法”もやめたほうが良い。このルートによる感染（一種の経皮感染）が認められているからである。

飲酒で気の緩む時とか、海外旅行の多忙さゆえ食衛生上のポイントを忘れた時も危ないと認識しておかねばならない。日本国内でも都会と地方を問わず危険である。

最後に、大切なことをひとつ述べる。十二分の啓蒙活動が大切で、その幼虫は全身の皮下、さらに脳にも移行することを周知徹底させるべきである。

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

- 1) 大鶴正満編集：『臨床寄生虫学』，南江堂（東京）（1978）
- 2) 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ク，講談社（東京）（1983）
- 3) 鈴木了司，安羅岡一男，柳沢十四男編：『新医寄生虫学』第一出版（東京）（1988）
- 4) 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ク，講談社（東京）（1995）
- 5) 宮崎一郎・藤 幸治著：有鉤糸虫症『図説人畜共通寄生虫症』九州大学出版会（福岡）（1988）
- 6) 吉田幸雄・有蘭直樹：『図説人体寄生虫学』第8版，南山堂，東京（2011）
- 7) 保阪幸男著：『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）
- 8) 佐々 学：『人体病害動物学』－その基礎・予防・臨床・治療－（第3版）医学書院（東京）（1975）
- 9) 小島莊明編：『NEW 寄生虫学』南江堂（東京），（1993）
- 10) 目黒寄生虫館編集：『日本における寄生虫学の研究』，第1～6巻，目黒寄生虫館（東京）（1963）
- 11) Faust EC, Russel PF and Jung RC: Craig & Fausts' Clinical Parasitology 8th ed. Lea & Febiger, Philadelphia, (1970)
- 12) M.Suzuki (organizer) : Economic loss caused by parasitic diseases, a Mombusho Grant Meeting , December 10th 1997 at Toranomon Pastral (1997)

- 13) Wattan S.Janjaroen: Economic loss caused by parasitic diseases in Thailand, 世界規模でみた寄生虫病による経済損失に関する文部省科学研究発表・会議 (オーガナイザー; 鈴木 守), 虎ノ門パストラル (東京) 12 月 10 日 (1997)
- 14) 牧 純, 村田安紀奈, 西岡茉莉, 菅野裕子, 有田孝太郎, 廣瀬恭子, 日野和彦, 中野友寛, 藤井佑輔, 渡部真衣, 坂上宏, 関谷洋志, 秋山伸二, 難波弘行, 荒木 潤, 玉井栄治: 環太平洋地帯及び近隣諸国の寄生虫感染と治療薬に関する文献調査研究の試み—渡航医学と渡航薬学の視点より—松山大学論文集, **23** (4), 191-214 (2011)
- 15) 牧 純, 玉井栄治, 関谷洋志, 坂上 宏: 環太平洋地帯と近隣諸国において社会・経済損失をもたらす代表的な寄生原虫類に関する小考, 松山大学論文集, **24** (2) 155-165 (2012)
- 16) 牧 純, 関谷洋志, 舟橋達也, 田邊知孝, 玉井栄治, 坂上 宏: 社会・経済損失をもたらす有鉤条虫の感染とその一次・二次予防の対策に関する基礎研究, 松山大学論文集, **24** (3) 257-269 (2012)
- 17) 小島莊明: 『寄生虫病の話—身近な虫たちの脅威』中公新書, 中央公論新社 (東京) (2010)
- 18) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (1) —特に広東住血線虫の感染源となりうるもの (ノート), *New Food Industry* **53** (5), 23-26 (2011)
- 19) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (2) —特に肝吸虫 (旧名肝ジストマ) の感染源となりうるもの (ノート), *New Food Industry* **53** (9) 37-42 (2011)
- 20) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (3) —日本海裂頭条虫の感染源となりうるもの (ノート), *New Food Industry* **53** (11), 37-40 (2011)
- 21) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (4) —ウエステルマン肺吸虫の感染源となりうるもの (ノート), *New Food Industry* **54** (2), 36-40 (2012)
- 22) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 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もの (ノート), *New Food Industry* **54** (4), 39-45 (2012)
- 23) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (6) —剛棘顎口虫の感染源となりうるもの (ノート), *New Food Industry* **54** (5), 25-28 (2012)
- 24) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (7) —無鉤条虫の感染源となりうるもの, *New Food Industry* **54** (7), 45-48 (2012)
- 25) 牧 純, 関谷洋志, 玉井栄治, 坂上宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (8) —棘口吸虫類の感染源となりうるもの (ノート), *New Food Industry* **54** (9), 39-42 (2012)
- 26) 牧 純, 関谷洋志, 田邊知孝, 舟橋達也, 玉井栄治, 河瀬雅美, 坂上 宏: 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (9) —現代の日本人でも安心できない回虫の感染, *New Food Industry* **55** (4), 43-49 (2013)
- 27) 三木田 馨ら 15 名: 埼玉県で再び発生したアジア条虫症の一例と本邦での感染が強く疑われた無鉤条虫症の一例, 臨床寄生虫学会誌 **23**, 99-101 (2012)
- 28) 小泉 丹: 『人体寄生虫』(第 2 刷発行) 岩波全書 164, 岩波書店 (東京) (1953)
- 29) 関水久編著: 『やさしい微生物学』廣川書店 (東京) (2011)
- 30) 土屋友房編: 『微生物・感染症学』化学同人 (東京) (2008)
- 31) 上村 清, 井関基弘, 平井和光, 木村英作: 『寄生虫学テキスト』(第 2 版 3 印刷), 文光堂 (東京) (2005)
- 32) 松林久吉編集: 『人体寄生虫学ハンドブック』, 朝倉書店 (東京) (1972)

ウイスキーは考えている

(2) 貯蔵工程とニューポット成分の変化

古賀 邦正 (KOGA Kunimasa), 放送大学 京都学習センター 客員教授

Key Words : ウイスキー・製造工程・貯蔵・樽・熟成

はじめに

Vol55, No9 で、ウイスキーづくりの製麦工程から蒸留工程までを紹介した。麦芽づくり、仕込み、発酵、蒸留と多岐にわたっており、多様な香味成分の生成を目的にそれぞれの工程で工夫がなされていることを理解して頂けたと思う。しかし、蒸留工程までの期間はダイナミックではあるが、1カ月足らずに過ぎない。次の工程はニューポットをオーク材の樽に入れての貯蔵だが、これがとてつもなく長い。前号でも指摘したとおり、10年貯蔵のウイスキーであれば全製造期間の99%以上は貯蔵に要する期間ということになる。樽の中のウイスキーは、静かで清潔な環境のもとでひたすら時を過ごす。貯蔵は、一見、静的な工程だが、荒々しい若武者のようであったニューポットは、品格を備えた“美酒”に変貌する。今回は、まず、ウイスキー樽について紹介し、ついで貯蔵工程とニューポット成分および未熟成成分の貯蔵中の変化について紹介したい。

7 ウイスキーの樽

ポット・スチルからほとぼしり出たニュー

ポットは、樽に詰められる。この樽の発明は、人類最大の容器革新だったのではないだろうか。紀元前1世紀のローマには、すでに樽があったという。それまではワインやビールは陶器で持ち運びされていたが、軽量で壊れにくい樽の登場によって格段に運搬効率がよくなったに違いない。古代エジプトには、すでに木造船があったということだし、古代ローマでは森林の伐採が大規模に行われたとのことだ。これは、ポエニ戦争を勝ち抜くための木造船の建設が急ピッチに進められたためだ。曲線を描きながら、水の漏れない船底づくりの技術も進歩したに違いない。液体を入れても漏れることのない樽を人間が手に入れることができたのは、木造船を建造する技術の進歩に負うことが大きかったのだろう。

古代ローマ人が用いていた洋樽は、側面の板が曲げられていた。清酒に使う和樽が造られたのは室町時代以降といわれているが、清酒用和樽は樽の側面の板が真っすぐである。当時の洋樽は和樽と同じように上下があり、縦に置いて使っていたらしい。現在のウイスキー樽のような、両側を絞り、真ん中がもっとも膨らんだ形で、横に置いて使用する洋樽がいつから登場したのかはわからない。しかしこの形状だからこ

そ、保管用容器としてはもちろんのこと、ウイスキーにとって大切な「熟成」という観点からもすばらしい効果を持つことになる。

ニューポットを貯蔵する樽は、ホワイトオークやヨーロッパアンオークと呼ばれる材から造られる。オークは真っ直ぐに伸びる高木で、英国では“森の王”と呼ばれている。全世界に700種類もあるオークのうち、ウイスキーの樽に用いるのはブナ科コナラ属のもので、学名をケルクス属 (*Quercus*) という。「ケルクス」はラテン語で“美しい木”という意味だそう。ケルクス属だけでも300～350種もある。

ホワイトオークは北アメリカ東部からカナダ東南部に分布しているのに対して、ヨーロッパアンオークはヨーロッパ全土から北アフリカ、西アジアに分布していて、サマーオークとも呼ばれている。ヨーロッパアンオークの主要樹種は、コモンオークとセシルオークである。コモンオークのうちフランスのリムーザンで産出されるもの(フレンチオークともいう)はブランデーのコニャックの熟成に、スペインで産出されるもの(スパニッシュオークともいう)はシェリー酒の熟成に用いられている。イギリスは昔からシェリー酒の最大消費国であったため、その空き樽を組みなおしてウイスキー貯蔵用に用いてきた。だが、最近はスパニッシュオークから直にウイスキー樽を造る場合も多い。日本のミズナラで造られたウイスキー用和樽も注目されている。これはジャパニーズオークということになる。

オークはチローズと呼ばれる、キラキラ光る泡状の充填物が導管に詰まっている場合が多い。とくにホワイトオークに顕著だといわれている。チローズは導管の周囲の柔組織が膨れて導管に出てきたもので、これが発達していると漏れが軽減されるので、長い年月を要するウイスキー貯蔵に適している。

ウイスキーに用いられる樽は容量と形によっ

て、通常は5種類に分けられる。まず、容量約480リットルの樽には、ずんどう型のパンチョン、細長のシェリーバット、そしてウイスキー用和樽がある。このうちシェリーバットは前述のスペイン産コモンオークで作られたシェリー酒用の樽で、シェリー貯蔵後の樽を用いるためこう呼ばれる。容量約230リットルの樽はホグスヘッドだ。「豚の頭」という意味だそう。そして、もっとも容量の小さい約180リットルの樽はバーレルと呼ばれている(図7-1)。樽の種類によって、貯蔵後のウイスキーの品質は大きく左右される。樽の容量が小さければウイスキーと樽との接触面積の割合が多くなるから、ウイスキー品質への樽の影響は強く出る。樽の影響が強く出すぎると、ウイスキーは品質のバランスを崩す。このことを現場では、「樽に負ける」と表現する。

パンチョン、ホグスヘッド、バーレルはホワイトオークで作られ、ウイスキー用和樽はジャパニーズオークのミズナラで作られる。アメリカのバーボンウイスキーは新樽のバーレルで貯蔵しなければならないと法律で決まっているが、スコッチやジャパニーズではどの樽を使うかは自由で、蒸留所のポリシーにしたがって選ぶことができる。スコッチやジャパニーズの場合、ホワイトオークやヨーロッパアンオークで



図7-1 ウイスキーの樽

右から、パンチョン、シェリーバット、ウイスキー用和樽、ホグスヘッド、バーレル



図 7-2 ウイスキー製樽工場
の樽職人



図 7-3 オーク材からの柾目
取りによる樽づくり



図 7-4 貯蔵庫近くの樽工場で自然乾
燥される樽材

作られた樽が主流だが、最近、ジャパニーズではミズナラで作られたウイスキー用和樽も徐々に用いられている。ウイスキー用和樽で長期間貯蔵すると、その原酒は香木を想像させる複雑でオリエンタルな香りをまとうということだ。近年、サントリーのブレンドである「響」が国際コンテストでよい評価を得ているが、その香りの決め手の一つがウイスキー用和樽の原酒をブレンドしているため、と言われている。

エタノール溶液を主成分とするニューポットを長期間にわたって樽で貯蔵するには、漏れのない、きっちりした樽に仕上げなければならない。すなわち、きっちりした樽を造りあげることができなければ、よいウイスキーを造ることはできない。よい蒸留所には必ず、樽づくり専門の腕利きの樽職人(スコットランドでは「クーパー」)が働いている(図 7-2)。

樽材の厚さはバーレルで 25 ミリ、パンチオンで 32 ミリ。これほどの厚みがある樽材を切り出すためには、樹齢百年のオークが必要といわれている。しかも、樽材は「柾目取り」という、無駄の多い贅沢な切り出し方で切り出さなければならない。柾目取りとは、中心の髄から樹皮に向かって放射線状に切り出す方法だ。柾目取りでは、オーク材を縦横に走っている導管と放射組織が樽材の表面に顔を出さない。導管

は根から茎や葉に水分や養分を運ぶ通り道であり、放射組織は木の中心から樹皮のほうに向けての通り道だ。いずれも、水溶液が通りやすい。樽にウイスキーを入れて貯蔵する際、樽材の表面と裏面をショートカットする形で道管や放射組織が走っていると、樽の中のウイスキーはそれを介してどんどん漏れ出てしまう。長期間の貯蔵を要するウイスキー造りには柾目取りは必須の技術なのだ(図 7-3)。

柾目取りした樽材は、まず、しっかりと乾燥される。樽材の中に水分が残っていると、ウイスキーの品質に影響を及ぼす。生木の香りでも付着しようものなら、もうウイスキーでなくなってしまう。もう一つは漏れの問題。乾燥が十分でない材を樽に用いて貯蔵すると、貯蔵中に乾燥が進んで収縮し、材と材の間に透き間ができ、ウイスキーが漏れ出してしまう。また、乾燥度の異なる材を組み合わせると、収縮度が異なるために材の特定個所にひずみが生じ、割れやヒビの原因になる。こうした事故を防ぐために、樽材は何年もかけて自然乾燥される。樽職人たちは、樽材を自然乾燥することを「材を洩らす」と言う。通常、数年間は、貯蔵庫の近くの清澄な場所で樽材を井型に積んで乾燥する。人工乾燥したほうが効率的だが、急激な乾燥に伴って材にヒズミが生じたり、樽材

成分に変化が生じたりする恐れがあり、ウイスキーづくりには自然乾燥した樽材が適している(図7-4)。

こうして丁寧に切り出し、乾燥した樽材を成型して、樽に組み上げる。樽の両端の円形部分の樽材は鏡板、胴の部分の樽材は側板と呼ばれる。樽の容量によって異なるが、樽は鏡板で十枚ほど、側板で四十枚ほどの樽材の組み合わせで造られる複雑な容器だ(図7-5)。ウイスキー樽のように、側板をたわめて両端にタガをかけて絞った形状の利点のひとつは、作業性に向いているということだ。ウイスキー樽の重量は、パンチョンやシェリーバットで120kgほどにもなり、それにウイスキー原酒を入れれば600kgという大変な重さになる。しかし、ウイスキー樽の形状であれば、横にしたときに地面とただ一点で接しているため、転がすことや方向転換することがきわめて簡単なのだ。貯蔵現場での熟練した職人による“樽ころがし”は鮮やかで、まるで曲芸を見ているようだ(図7-6)。

ウイスキー樽は何本かの「帯鉄」(“鉄の帯”という意味。フープともいう)と呼ばれる締め具で胴部分を巻いて締めている。締め具だけで側板が固定され、樽が崩れないしくみになっている。嗜好品となるウイスキーを貯蔵する樽には、接着剤や釘などはまったく使うことがで

きない。側板どうしのつなぎ部分は、溝とその溝にしっかり食い込むとんがり部分になるように細工し、つなぎからの漏れを防いでいる。溝部分は「アリ溝」、とんがり部分は「アリ」と呼ばれる。鍵と鍵穴の関係だ。昔は側板どうしの間に蒲の葉をはさんで漏れを防いでいたが、いまはしていない。桁目取りした樽材を乾燥し、しっかりと組み合わせて、漏れない樽を造りあげている。側板の中央には1ヶ所、直径5～6cmの小さな孔が空けられている。これは「ダボ穴」と呼ばれ、この穴からニューポットを詰め、栓をする。栓は「ダボ栓」と呼ばれている。ダボ栓は柔軟性のあるポプラ材からできている。

ウイスキー樽の形状はウイスキー原酒の熟成にも大きな意味を持つ。貯蔵中にはたえず樽の内部と外界との間で、水分や空気の出入りがあ

る。それに伴って、樽材成分が少しずつ分解され、ウイスキーへ溶出する。さらに、貯蔵中、ウイスキー中の様々な成分が互いに反応しあい、徐々に熟成状態へと移行する。したがって、ウイスキー樽には容器としての役割はもちろ

んのこと、それ以上に、熟成に関与する反応器(リアクター)として大きな役割を担っているのだ。ウイスキー樽は静的な容器であると同時に動的な反応器でもある。この動的なエネルギーのも

とは、日々の温度や湿度の変化であり、四季折々の気候の変化だ。ウイスキー樽は側板が曲げられることによって、緊張している。そのために外界の微妙な変化を感じとり、場合に応じて樽材を収縮させたり、増長したりして樽の中のウイスキーに伝えることができるのだろう。ウイスキーの樽材をしっかりと自然乾燥し、

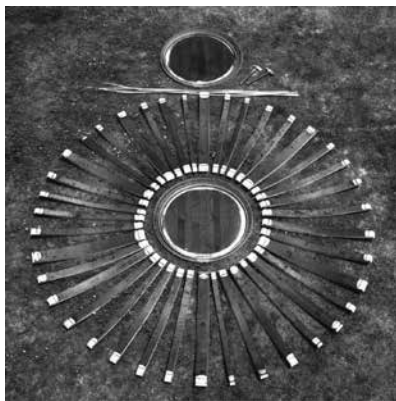


図7-5 ウイスキー樽を解体して並べた樽材



図7-6 ウイスキー原酒の入った樽を転がす貯蔵担当者

しっかりと“曲げ”を入れることは、外界の変化を繊細に感じとり、内部に伝えるためにも非常に大切なことなのだ。

丁寧に造られた樽にニューポットを入れると、いよいよ長い貯蔵工程に入ることになるが、その前に、樽の内側を炭で焼く操作を行う。これは「チャー」と呼ばれる、ウイスキー造りのうえで非常に意味のある操作だ。ウイスキーには、樽からもたらされる木香は不可欠である。だが、それが強すぎるとは樽に負けて、バランスを崩すことになる。そこで樽材の表面を焦がして、木香を弱めるのだ。どのくらいの強さでチャーをするかは造ろうとするウイスキーの特性を勘案して決めることになる（図7-7）。

たとえばアメリカンのバーボンウイスキーの場合は、新しい樽材のみで作った新樽、しかも180リットル容量のバーレルで貯蔵することが法律で決められている。バーレルは容量が小さく、ウイスキー原酒が樽材と接する機会が大きい。新しい樽材で作られているため、樽材の木香が強くなる。バーボンは木香に特徴があるが、それはこのような背景があるためだ。しかし、木香が強すぎるとは品質のバランスを崩すことになる。そこで、非常に強くチャーをして樽から木香が出すぎるのを抑え、比較的短い期間（通常は4年くらい）で貯蔵を終えている。



図7-7 ウイスキー樽のチャー

チャーの効果として、樽からの抽出成分や香味成分が増加することも指摘されている。さらに、多くのウイスキーの造り手は、チャーをする意義には、たんに木香を抑えることや抽出成

分や香味成分を増加させることだけでなく、さらに別の理由があるはずだと推測しているが、それが何なのかはまだよくわかっていない。ロシアの「生命の水」ウォッカは、白樺の木から作った炭でろ過すると、まろやかになることが昔から知られている。ウイスキーの味わいはミネラル成分の組成にも大きく影響を受けるので、チャーすることによるミネラル成分の量と状態の変化が関係するのかもしれないが、この点もどうも明確ではない。

ニューポットを入れる樽を選ぶときは、その容量や形状などとともに、これまで何度使われた樽かという履歴も重要なポイントである。ブレンダーや貯蔵管理者たちはその点も考慮しながら、長期間の貯蔵工程に最適な樽を慎重に選んでいる。新樽は木香や生木臭が付きすぎるため、そのままではモルトウイスキーになじまず、通常は用いられることはない。多くの場合、バーボンやシェリー酒の貯蔵樽を組みなおして、繰り返し使っている。一度使用した樽は「一空き樽」、二度使用した樽は「二空き樽」と呼ばれる。一空き樽、二空き樽で通常のウイスキー原酒は貯蔵される。三度使用した「三空き樽」は、おもにグレーン・ウイスキーを貯蔵する。「四空き樽」になると木香もつきにくくなるので、長期貯蔵原酒に用いる。「五空き樽」になると樽もかなりくたびれてくるので“活”を入れる。「リチャー」と呼ばれる、樽の内面をもう一度焼く作業だ。この操作で樽は生き返り、さらに貯蔵に耐えるようになり、6度目、7度目、と使われる。もちろん繰り返しの使用に耐える樽とそうでない樽があり、ブレンダーがその判断をしている。一般的には、樽は6回から7回の貯蔵につきあい、トータルの使用年数は平均すると70年ぐらいになる。ウイスキー樽は大変な働きもので、しかも長寿なのだ。

8 貯蔵中のウイスキー：環境との会話

ニューポットを入れた樽は、仲間の樽たちとともに貯蔵庫に運ばれていく。これからみな、一緒に長い眠りに入るのだ。(図 8-1)。長く貯蔵すると品質がよくなることを人は知っている。だから、長い時間をかけて、ひたすらウイスキーの熟成を待つのだ。この工程でウイスキーに何が起きているのかは興味の湧くところだが、作家の山口瞳はその著書のなかで、ウイスキーに適した貯蔵環境について、「寒いのである。湿っぽいのである。晴れたかと思うと、さっと氷雨が降りかかってくる。これがウイスキーの貯蔵にはもってこいの条件なのである」と書いている。貯蔵庫にはあまり気温が高くなく、湿度の高い、清澄な環境が適している。そして、めりはりの効いた四季の変化、適度な温度変化や湿度変化があることが望ましい。ニューポットの入った樽はこのような環境の貯蔵庫に静置される(図 8-2)。樽に用いられるオーク材は貯蔵庫近くで自然のなかで徐々に乾燥されるため、樽は環境の変化にはなじみやすい。ウイスキー樽は基本的に、横向きに寝かせて並べられる。静置のしかたには、並んだ樽の上に板を敷いて、その上にさらに樽を並べてゆく「ダンネージ式」と、貯蔵庫を何段もの床で仕切り、それぞれの床にウイスキー樽を寝かせる「ラック式」がある。ダンネージ式の場合、樽は3段から4段に積むのが限界だが、ラック式は10段以上の床で仕切られていて、高層の貯蔵庫となる。ただしカナディアンなどでは、樽を縦にしてその上に板を敷き、何段も置き重ねする「パラ

ダイス方式」を採用するところもある。横にして積むよりもスペースが省けて大量の樽を置くことができるが、側板に負担がかかり、液漏れを起こしやすい。

樽の中のウイスキー原酒は、温度や湿度など外界の変化の影響を受ける。四季の移り変わりに伴い、樽を介して外界とやりとりをしているのだ。たとえば、初夏から秋口にかけては、気温の上昇とともにウイスキー原酒の容量が増す。樽も温度上昇に伴って膨らみを増すが、原酒の増量分を吸収するほどではない。そのため、樽内の気相の占める容量が減少し、圧縮され、樽内の気圧は外部環境の気圧に比べて相対的に上昇する(陽圧になる)。その結果、エタノールや揮発成分は樽の外に蒸散する。一方、晩秋から初春にかけては気温の下降とともに原酒の容量が収縮する。樽も収縮はするが、原酒容量の収縮分を吸収するほどではないため、樽内の気相部分の容量が増し、樽内気圧は相対的に低下して(陰圧になって)、外界から空気が樽の中に吸引される。

このように、温度の上下に伴ってウイスキー樽が空気(酸素)を吸ったりエタノールや揮発成分をはきだしたりするさまを、昔から「樽は呼吸している」と言っている。微妙な気温の変化を原酒にしっかりと伝えるには、十分に自然乾燥



図 8-1 ニューポットが注ぎ込まれ(左)、貯蔵庫に運ばれるウイスキー樽(右)



図 8-2 貯蔵庫（左）と貯蔵庫に並べられたウイスキー樽（右）（サントリー白州蒸留所）

した樽材で、丁寧に樽を造らなければならない。少しでも“漏れ”がある樽や、外界の変化への対応が鈍い樽（すなわち乾燥の足りない樽）はウイスキー原酒の貯蔵には適さない。ちなみに、貯蔵を終えた原酒を樽から取り出すためにダボ栓を抜くとき、冬場だとシュッと空気を吸い込む音がする。これは樽の内部が陰圧になっているためだ。四季の気候の変化のみならず、一日の朝夕の気温変化でも外界との微妙なやりとりがあるにちがいない。

ウイスキー樽の呼吸によって樽から蒸散するエタノールなどの揮発成分の量は、通常、最初の年は2～4%、それ以降は年に1～2%である。これは、どんなにしっかり造られた樽に貯蔵した場合でも避けられない目減りであり、また、ウイスキーを十分に熟成させるうえで認めざるをえない目減りでもあるのだ。したがって、この蒸散量を昔から「天使の分けまえ」と呼んでいる。480リットルの樽であれば、年に5リットルから10リットルのウイスキー原酒が蒸散していることになる。

では、なぜ十分な熟成のためには天使にも「分け前」を差し出さなくてはならないのだろうか。蒸散して樽から出てゆく成分の主要なものはエタノールだが、それ以外の揮発成分もある。とくに貯蔵初期には、熟成のためには好ましくない未熟成香が蒸散する。たとえば、つくりたて

のニューポットの中に入っている硫黄化合物はウイスキーの香味をそこなう成分だ。これらの未熟成香が、樽が呼吸することによって揮発し、蒸散するのだ。後で詳しく述べるが、貯蔵中の未熟成香の消失は熟成要因の一つだ。一方、蒸散とは反対に空気が外から入り込む動きも、熟成には欠かせない。樽に空気が入ると、酸素が原酒に溶け込むことになる。そして、溶け込んだ酸素は長い時間をかけて原酒の酸化反応を促進する。ウイスキーの貯蔵中に多様な成分が生成してウイスキーは熟成状態に移行するが、その熟成が進むきっかけはエタノールをはじめとした多くのウイスキー成分が酸化されることから始まるのだ。また、熟成ウイスキーが琥珀色に変わるためにも、酸素が必要なことも知られている。

樽の内と外では、空気のほかに水も出入りしている。エタノールなどの揮発成分は樽の外に蒸散したら樽の中に戻ってくることはない。しかし、水は樽を介して出たり入ったりしている。水の動きは貯蔵所の湿度に左右される。冬を中心に湿度が低い乾燥した時期には、樽から水分が蒸発する。しかし、梅雨から夏にかけての湿度の高い時期には、外気の水分が樽の中に入ってくる。ニューポットのエタノール濃度は蒸留工程で述べたように約60%である。だが、長い貯蔵を終えたときのエタノール濃度は必ずし

も 60% ではない。貯蔵終了時のエタノール濃度は、貯蔵している間のエタノールと水の蒸散量のバランスで決まる。貯蔵中のエタノールの蒸散量と水の蒸散量のバランスがつりあっている場合はほぼ 60% になるが、エタノールの蒸散量が水の蒸散量よりも多い場合や、樽を介して入ってくる水分の量が多い場合には、ウイスキー原酒中の水に対するエタノール比が小さくなるため、エタノール濃度は 60% より低くなる。まれに、貯蔵を終えたウイスキーのエタノール濃度が貯蔵前より高くなることもある。これはウイスキー樽が置かれていた環境の温度が比較的高く、しかも乾燥した状態であったことによる。つまりエタノールの蒸散量よりも水の蒸散量のほうが極端に多いため、相対的に水に対するエタノール比が大きくなり、エタノール濃度が高くなるのだ。エタノール濃度が高くなった分だけ得をしたと勘違いした貯蔵管理者が昔いたそうだが、そうではない。エタノール濃度が高くなってもエタノールが蒸散していることには変わりはない。

もう少し詳しく説明すると、水の動きは「水分活性」という指標で示される。水分活性は、共存しているほかの成分の影響を受ける。たとえば塩分や糖分が共存していると水の動きは抑制されて、水分活性は低下する。塩漬けやジャムが腐りにくいのは、水分活性が低下して微生物が水分を利用しにくくなるためだ。まったくほかの成分の束縛を受けない場合、水の水分活性値は 1 であり、まったく動けない場合は 0 である。水の水分子も少しずつは動いているが、水分活性値はほぼ 0 である。エタノール濃度 60% のニューボットの水分活性は約 0.72 である。エタノールが水の動きを抑制しているのだ (図 8-3)。水の蒸散量は、水分活性値と置かれている環境の相対湿度によって決まる。水分活性が 0.72 であるということは、相対湿度 72% のときの気相の水分子の動きと同じである

ことを意味している。したがって、水分活性 0.72 のウイスキー原酒の場合、それが置かれている環境が相対湿度 72% よりも低い、すなわち乾燥した状態ではウイスキー中の水は蒸散するが、72% より相対湿度が高い場合には外気の水分がウイスキーに取り込まれることになる。昔から、貯蔵庫の環境は 70% から 80% ぐらいの“湿っぽい”のがよいといわれるが、この範囲であれば水とエタノールの蒸散量のバランスがよく、貯蔵後のエタノール濃度がそれほど大きく変動しないためなのだろう。以上のように、微妙な温度や相対湿度の変化が、樽の呼吸や水の出入りを促し、それがウイスキーの熟成に寄与している。樽が温度や湿度に敏感に反応するためには、まず樽が周囲の環境と一体化していることが必要だ。たとえば樽の乾燥が十分でなければ、樽の内部より先に樽材中の水分と環境との間でやりとりが起こってしまい、ウイスキー原酒に環境の変化を伝えるところまで至らないことになる。樽づくりにおいて、貯蔵庫近くの自然環境に樽材を置いて「材を洩らす」のが大切であることは、こうした点からもおわかりいただけるだろう。

「ウイスキー原酒は個性の違いが多様なほど

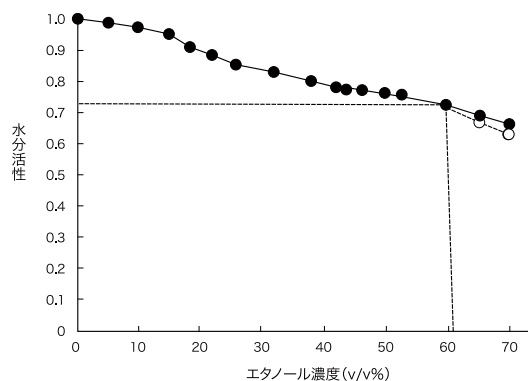


図 8-3 エタノール水溶液のエタノール濃度と水分活性の関係

(点線はニューボット (エタノール濃度 60%) の水分活性値を示している)

いい。変わったのに出くわすとうれしくなる」
とは、わが敬愛するチーフブレンダーの言葉だ。
ブレンダーがブレンデッド・ウイスキーを造るとき、混合に使うそれぞれのウイスキー原酒は、画家が絵を描くときの絵の具にあたる。多様なウイスキー原酒を使うほど、それらを一つの製品にまとめあげたときには、深みのあるウイスキーに仕上がることになる（図8-4）。これまで見てきたように、ウイスキーの個性は、製麦から蒸留までの工程で決まってくるニューポットの個性、そして、その起源、容量、履歴などで決まってくる樽の個性によって多様なものになる。ここに、さらに加わるのが貯蔵環境の違いによって決まる個性だ。貯蔵環境の違いとは、温度と湿度の違いだ。アメリカンの場合、その貯蔵環境は比較的暑くて乾燥した気候条件にあり、エタノールに比べて水の蒸散をより促す傾向が強い。そのため、貯蔵後のウイスキーのエタノール濃度は貯蔵前より高くなっていることも多い。一方、スコッチやジャパニーズのように比較的湿度の高い気候条件では、エタノール濃度は貯蔵時間とともに徐々に低下するのが一般的だ。貯蔵環境の違いは貯蔵庫の中でも生じる。一般に、貯蔵庫の下段のほうは温度変化が少なく、湿度が高い。一方、貯蔵庫の上段のほうは温度変化が大きく、乾燥した状態にある。とくに10段以上も樽を積み上げるラック式貯蔵庫の場合、最下段と最上段とではかなり環境が異なり、同じタイプのニューポットを貯蔵しても貯蔵後の原酒の品質は大きく違ってくる。同じ貯蔵庫に置かれているのに、積まれる高さによって生じる「縦の違い」が、貯蔵庫がどのような地域環境のもとにあるかで決まる「横の違い」に匹敵する貯蔵環境の違いを生み、ウイスキーの多様化に寄与していることは、とても興味深い。さらに、貯蔵庫の建てられた環境に極端な特徴があれば、それも長い間にはウイスキー原酒に特徴を付与することになる。た



図8-4 たくさんの個性的な原酒（左）とそれを評価するブレンダー（右）

（サントリー山崎蒸留所ブレンダー室と興水チーフブレンダー）

たとえばアイラの蒸留所はみな海に面しているために、原酒はその影響を受けてわずかに潮気やヨード臭が香るものになる。

「静かで清潔な場所を3つあげなさい」といわれたら、私はその一つにウイスキー貯蔵庫をあげる。たくさんの樽が眠っているウイスキー貯蔵庫ほど、静かで清潔な場所はそうあるものではない。その貯蔵庫をときどき、いろいろな人が見回っている。貯蔵庫の管理者は、貯蔵庫が静かで清潔であることをチェックしている。ブレンダーたちは、ウイスキー原酒がしっかり育っていることをチェックしている。樽職人たちは、樽に漏れないことをチェックしている。漏れといっても、ポタポタと中から原酒がこぼれ出るような漏れは通常、起こらない。見た目にはわかりにくい、原酒が沁み出すような漏れ方なのだ。素人ではとても気づかないそうした漏れを見つけるために、樽職人たちは定期的に貯蔵庫の樽を一つ一つ、木槌で叩いて回る。樽の鏡板の部分叩いてその音を聞けば、樽に入っている中味の量が彼らにはわかるのだ。漏れがあると極端に中味が減っているので、その樽は乾いた音がする。彼らはカーンと高い音色がする樽を見つけ出しては、沁み出している箇所を特定し、補修作業にあたる。こうした定期

的なフォローがあるからこそ、樽は長生きできるのだ。

9 ウイスキーの熟成概要

貯蔵することによって、荒々しい香味のニューポットは品格を備えたまろやかな香味のウイスキーに変貌する。この品質の変化を期待して、ひたすら樽に入れて貯蔵し、その変貌を待つのだ。しかも待つ時間の長さが、ウイスキーの場合は尋常ではない。短くても6,7年、普通は8年から12年、少し長めの場合には12年以上、場合によってはさらに18年から25年もの間、待つのだ。当然、なぜ待つことでウイスキーがおいしくなるのか？という素朴な興味も湧いてくる。

8世紀から13世紀にかけてウイスキーをはじめとして多くの“生命の水”、蒸留酒が誕生した。19世紀になると、ウイスキーを長期間、樽貯蔵するとおいしくなることを知った。ウイスキーを貯蔵することによって、その品質が大きく変貌し、向上する熟成という現象があることは、今や誰もが認めていることだ。だが、貯蔵すると熟成する理由はいまだに明確になってはいないが、現在のところ、熟成の要因として、以下の点が指摘されている。

1. 未熟成成分の蒸散
2. 樽材成分の分解と溶出
3. さまざまな成分どうしの反応
4. エタノールと水の状態変化

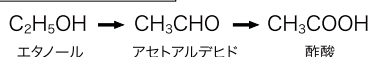
樽材成分の分解・溶出・変化およびエタノール・水の状態変化の詳細については、次号以降にゆずるとして、ここでは貯蔵中に起こる主要な化学変化と未熟成成分の蒸散、およびニューポット成分の挙動について述べたい。

熟成によって起こる主な化学反応には、酸化反応、アセタール化反応、エステル化反応の3

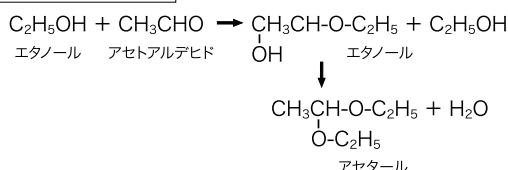
つがあることが知られている。酸化反応は、すでに述べたように樽呼吸に伴って樽を介して原酒に空気が溶け込み、徐々に原酒の成分が酸化される反応である。このとき樽から抽出されたオーク材の成分が共存していると、ウイスキーの酸化が早く進むことから、オーク材の抽出成分には酸化を触媒する力があると考えられる。酸化反応のうち主要なものは、原酒の主成分であるエタノールの酸化だろう。エタノールは酸化されると、アセトアルデヒドや酢酸になる。アセトアルデヒドはさらにエタノールと反応して、アセタールという香氣成分に変化する（アセタール化反応）。

エステル成分は、発酵工程で述べたように酵母の代謝産物としてつくられるが、貯蔵中にも生成される。水酸基を持つエタノール(C_2H_5OH)とカルボキシル基を持つ酸とが共存すると、水分子が抜けることによって生成する。これが脱水縮合によるエステル化反応だ。酸化反応によってできた酢酸がエタノールと反応して、香氣成分の酢酸エチルに変化するのが主要なエステル化反応だ。このように、樽の呼吸によって樽の中に入ってきた空気が、酸化→アセタール化、エステル化と、次々に反応を引き起こしていくのだ（図9-1）。貯蔵中、この主要な3つの化学反応以外にも、様々な反応が進んでいるが、成分変化を含めた、その全貌を科学的に明らかにするのは非常にむずかしい。しかし、一方でウイスキーが長い歳月を経るとすばらしい品質に変貌する熟成という現象は大変興味深く、多くの人々が熟成の魅力にとりつかれ、研究を続けてきた。人は、アルコール濃度の高い蒸留酒を手に入れることによって初めて、「アルコールの味とは何だろうか？」という疑問を持ったのではないだろうか。そして、樽貯蔵という技術を手に入れることによって、「貯蔵するとなぜおいしくなるのだろうか?」、「どうしたらもっとおいしくなるのだろうか?」といっ

エタノールの酸化



アセタールの生成



酢酸エチルの生成

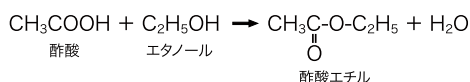


図 9-1 エタノールを中心とした貯蔵中の主要な化学反応

たさらなる疑問へと続いていくのだ。

樽貯蔵中のニューポットは、まず半年くらいで淡い黄色になり、それとともにエタノールの強く、刺激的な臭いが抑えられてくる。さらに2年、3年と経つにつれて、淡い黄色から黄褐色に変わっていくとともに、熟成香もできてくる。この初期の期間に蒸散が進み、品質も大きく変化する。しかしその後も、熟成は着実に進行してゆき、芳香はより強くなってゆく。熟成の進み具合はニューポットの個性、樽の特性、貯蔵環境などによって異なってくるが、一般的には10～12年ぐらいいまでは確実に熟成が進み、品質もよくなるといわれている。しかし、そのあともさらに品質が伸びるかどうかは、樽ごとの原酒によって違って来るようだ。多くの原酒は、10～12年のあたりで品質の伸びは止まってしまう。さらに置いておいても熟成が進むかどうかを見極めるのは、ブレンダーの非常に大切な役割である。彼らは一つ一つの樽の原酒を丁寧に吟味して、貯蔵を終えるべき原酒、さらに貯蔵して熟成を進めるべき原酒を選別する。たとえば「18年貯蔵」の原酒は、18年間、品質が伸び続けてきた貴重な原酒なのだ。18年

貯蔵の製品は、初めから「この樽の原酒を18年間貯蔵して製品に仕上げよう」という方針のもとに造られるというよりは、むしろ、「手元にある18年貯蔵の原酒を使って製品を造ろう」という面が少なからずある。ましてや「25年貯蔵」、「30年貯蔵」となると、本当に珍しく、貴重な原酒なのだ。

10

ニューポット成分と未熟成成分の貯蔵中の変化

私が敬愛する先輩の西村博士らは、100を超えるウイスキー成分を分離・精製して、その構造を決定された。中には新規の物質もあった。しかし、ウイスキーには数千の成分が含まれているから、それでもその一部に過ぎない。ウイスキーは多様な物質が折り合いをつけながら存在している共存社会だ。

ウイスキー中の成分の由来を大きく分ければ、ニューポット由来の成分と、樽由来の成分ということになる。ニューポット成分は、製麦・仕込み・発酵・蒸留の工程で生成した成分に由来する。それぞれの工程で多様な成分ができるように工夫が施されており、それらを蒸留して得た成分群だ。樽由来成分は、貯蔵中に樽のオーク材から徐々にウイスキーに溶け込んだ成分とその成分がさらに変化し、反応しあいながらできた成分群だ。これも、貯蔵期間が長いと、きわめて多様な成分が生成する。

ニューポット成分は蒸留した留液が回収されたものだから、当然、発酵モロミのうち揮発しやすい成分が中心ということになる。主成分はエタノールと水だが、そのほかにも微量だが多くの種類の揮発成分（微量揮発成分）が含まれている。

微量揮発成分は、エタノールより揮発しやすい低沸点揮発成分と、エタノールより揮発しにくい中沸点・高沸点揮発成分とに分けられる。

前号でも触れたが、ニューポット中の主要な成分は、アルデヒド基 (-CHO) を持つアルデヒド成分、水酸基 (-OH) を持つアルコール成分、カルボキシル基 (-COOH) を持つ揮発酸、エステル結合 (-CO-O-) を持つエステル成分である。また、蒸留の際の加熱によってダマセノンなどの新たに揮発成分が生成し、ニューポット成分となる。

ニューポット成分は揮発成分が中心であるのに対し、樽由来の成分には、揮発成分と揮発しにくい不揮発成分の両方がある。いずれもニューポットには含まれていないものだ。揮発成分はおもに香りに関与するのに対して、不揮発成分は味にも関与する。揮発成分としては木の香りやオーク材特有の香り成分が知られている。不揮発成分には、色素、タンニン類、リグニン類、糖類、アミノ酸類、ミネラルなどある。樽由来成分は貯蔵期間が長くなるとともに、徐々に増加する。一方、ニューポット由来成分は貯蔵中にその絶対量が増えることはないが、原酒が貯蔵中に蒸散するため濃度は増減する。たとえば、樽の呼吸とともに毎年2%が「天使の分けまえ」として蒸散するとすれば、10年で原酒の容量は約20%減少する。蒸散する成分の大部分は水とエタノールだが、エタノールより揮発しやすい低沸点揮発成分はより多く蒸散するため希薄になり、揮発しにくい中沸点あるいは高沸点揮発成分は濃縮される。そのため、各成分の濃度は貯蔵中に変化し、この量的バランスの変化が熟成の一因であろうと推察されている。

貯蔵中の主要反応である酸化、エステル化、アセタール化反応とエタノールの変化については前述したが、エタノール以外にもニューポットには、酵母によって作られるプロパノール (C_3H_7OH)、アミルアルコール ($C_5H_{11}OH$) などの高級アルコールや炭素数8個でベンゼン環を持つフェネチルアルコールなどが含まれている。これらのアルコールと酢酸 (CH_3COOH)

が反応すると、それぞれ酢酸エステルが生成する。さらに、カプロン酸 ($C_5H_{11}COOH$)、カプリル酸 ($C_7H_{15}COOH$)、ラウリン酸 ($C_{11}H_{23}COOH$) など、炭素鎖の長いカルボン酸がニューポットには含まれている。これらも発酵由来だ。これらのカルボン酸とエタノールとが反応して、エチルエステルも多く生成される。発酵によって作られた高級アルコールや炭素鎖の比較的長いカルボン酸のエステル化が貯蔵中にさらに進むのだ。これらのエステル成分は、いわゆる「エステリー」と呼ばれる、すっきりした香りや果実のような華やかな熟成香をウイスキーに付与する。貯蔵中にもっとも量が増加するのは、エタノールと酢酸からできる酢酸エチルで、4年間の貯蔵で4倍に増加するという報告もある。その理由としては、酢酸はエタノールの酸化で生成するほかに、樽材中にも多くの酢酸基が存在していて、貯蔵初期にそれらが溶出してくるため、酢酸エステルの生成が促進されるからである。

エステル化反応は酸とアルコールとが結合してエステル成分と水分子を生成するものだが、それとは逆に、エステル成分が水分子を取り込んで、酸とアルコールに分解してしまう加水分解反応もある。樽の中のウイスキー原酒がエステル化に進むか、加水分解に進むかは、関与する成分の濃度のバランスや、水分活性によって決まる。水の動きやすさの目安である水分活性は、前述したようにウイスキー原酒の場合、0.72に抑制されている。貯蔵中のウイスキー原酒がエステル成分の生成のほうへシフトしているのは、原酒中の水分活性が抑制され、加水分解反応が起きにくいことも寄与していると考えられる。

ウイスキーにおいては、硫黄化合物は不快な臭いのもとになり、嫌われる成分の筆頭である。しかしその多くは、蒸留の際にポット・スチルの銅と反応して捕捉され、ニューポットに移行しないことは紹介した。しかし、なかにはポッ

ト・スチルによる捕捉をかいくぐって、ニューポット中に移行してしまう硫黄成分（未熟成香）もある。よく知られているのはジメチルスルフィド、ジメチルジスルフィド、ジメチルトリスルフィドといった成分であり、メチル基と硫黄が結合しているわけだから、いかにも臭いがきつそうだ。ジメチルジスルフィドはニンニクの臭い成分としても知られている。しかし、これらの成分は、貯蔵期間中に酸化されることによって臭いが弱まり、エタノールとともに蒸散して、ウイスキーから消失してしまうことが

知られている。エタノールの酸化と同じように、硫黄成分が酸化するのも樽を通して入ってくる酸素による反応だが、そこに樽材からの抽出成分が共存していると、硫黄成分の酸化が早く進むようだ。抽出成分は、この場合にも、酸化を触媒する力を発揮しているのだ。香気成分が増すと同時に、嫌な香りがなくなることも、貯蔵による熟成効果のひとつなのだ（図 10-1）。

主なニューポット成分の貯蔵中の変化と香味への影響をまとめて図 10-2 に示している。エステル成分の生成によって、すっきりした「エステリー」な香りがうまれる。とくに、高級アルコールや炭素鎖の長いカルボン酸のエステル化は果実のような熟成香（フルーティー）を付与することになる。また、バラの香りを持つダマセノンの生成によってウイスキーに華やかさがうまれる。さらに、貯蔵中にニューポット由来の硫黄成分を中心とした「未熟成香」が消失することも熟成にとっては大きな意味を持つ。

次回以降では、樽材由来成分および水・エタノールの相互作用の貯蔵中の変化について紹介し、ウイスキーの熟成について総合的に考えてみたい。

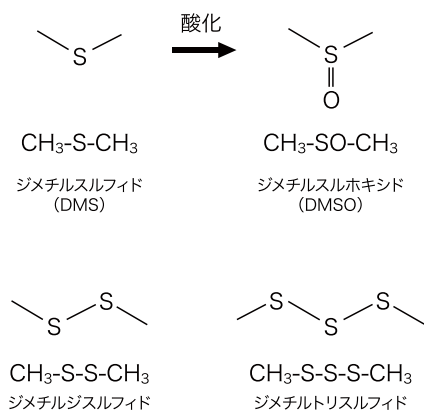


図 10-1 未熟成香成分（イオウ化合物）とその酸化

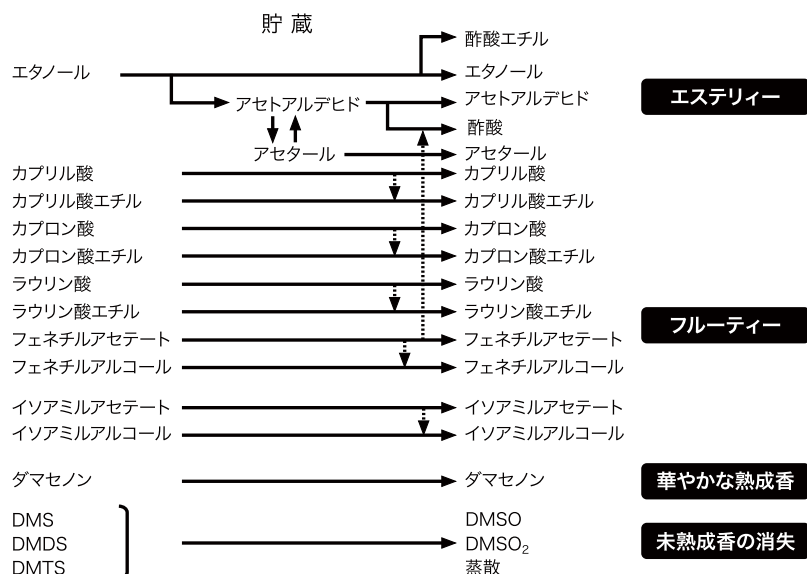


図 10-2 主なニューポット成分と貯蔵中の変化

< 参考書籍・文献 >

- ・ 佐治 敬三著, 洋酒天国, 文芸春秋 (1960)
- ・ 梅棹 忠夫, 開高 健監修, 「ウイスキー博物館」 講談社 (1979)
- ・ 嶋谷 幸雄著, 「ウイスキーシンフォニー」, たる出版 (1998)
- ・ 加藤 定彦, 「樽とオークに魅せられて」, ティビーエス・ブリタニカ (2000)
- ・ 土屋 守著, 「シングルモルトを愉しむ」, 光文社新書 (2002)
- ・ 古賀 邦正著, 「ウイスキーの科学」 講談社 (2009)
- ・ 奥水 精一著, 「ウイスキーは日本の酒である」 新潮社 (2011)
- ・ K. Nishimura, M. Masuda, Minor Constituents of Whisky Fusel Oils, *J. Food Science*, **36**, 819-822, 1971.
- ・ R. W. Cargill, Solubility of Oxygen in some Water+Alcohol Systems, *J. Chem. Phys. Faraday I*, **72**, 2296-2300, 1976.
- ・ 古賀 邦正, 酒精水溶液と酒類の物理化学的性質, 日本食品工業学会誌, **26**(7), 311-324, 1979.
- ・ J R Piggott, R Sharp, R E B Duncan (Edit.), The Science and Technology of Whiskies, Longman Scientific & Technical, 1989.
- ・ J. M. Conner, A. Pasterson, J. R. Piggott, Release of distillate flavor compounds in Scotch malt whisky, *J. Sci. Food Agric.* **79**, 1015-1020, 1999.

“地域密着でキラリと光る企業”

沖縄で黒糖の高付加価値化を追求している 『株式会社黒糖本舗垣乃花』

田形 暁作*

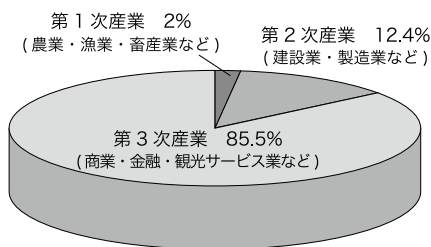
*TAGATA Yoshinari (TAGATA 食品企画・開発 代表)

Key Words : 沖縄の黒糖・主要産業・高付加価値産業・サトウキビ・商品開発

はじめに

沖縄県の産業の特徴は、第3次産業（商業や金融、サービス業など）の割合が高く、第2次産業（建設業や製造業）の割合が低いことである。暖かい気候を利用して、野菜や花の県外出荷が盛んになってきているが、農業や漁業、畜産業などの一次産業が、沖縄の産業全体に占める割合は低い。現在の沖縄県の暮らしを支えている大きな産業は、観光産業である。

美しい自然を求めて沖縄を訪れる観光客は、年々増え続けていて、2012年（平成24年）には、これまでで最も多い592万人を達成した。今後、800万人を目標にされている。また、人口も増え続けており、2014年1月1日現在で142万人に達した。日本国内で人口が増えている都道府県は東京都と沖縄県のみと言われている。沖縄県は若者の移住人口も多く平均年齢も下がっている。こういった状況下で、沖縄の製造業を支えている主力産業の一つにサトウキビを原料とした黒糖産業と製糖産業がある。



本稿では沖縄の観光客のお土産でも人気になっている黒糖と黒糖を使用した黒糖商品の製造販売をされている『黒糖本舗垣乃花』の代表取締役社長の垣花兼一氏に黒糖について伺った。垣花氏は黒糖の高付加価値化の可能性を追求しながら商品開発に注力し、事業を展開してこられた。垣花氏は1973年（昭和48年）に垣花商事を創業され、1989年（平成元年）1月（有）垣花商事を設立された。1998年（平成10年）1月に有限会社黒糖本舗垣乃花に社名を変更され、更に、2004年（平成16年）6月には株式会社黒糖本舗垣乃花に組織変更をされ、現在に至っている。

垣花兼一氏が「私には黒糖しかできません、 1. 黒糖しかやりません」と言われる理由について

垣花兼一氏が生まれた宮古島は一面サトウキビ畑でサトウキビに囲まれて育った。部落の周りはサトウキビ畑で、幼いころは大人たちがサトウキビの刈り取りをしているそばでサトウキビの枯葉にもぐり込んで寝ていた。北風を防いで温かった。学校に通う通学路の両側もすべてサトウキビ畑でサトウキビの成長を見ながら成長した。サトウキビをかじって空腹を癒したり、通学路の途中には当時宮古島で一番大きな製糖

工場があり、サトウキビを満載したトラックが列をなしてサトウキビを工場に搬入していた。搬入して山積みになったサトウキビを大型クレーンが掴んで圧搾機に投入していた。冬の製糖期は宮古島で最も活気のある季節であった。島中が活気にあふれていた。工場から風に流されてくるサトウキビの煮詰める匂いを嗅いで通学しながら大人になったら製糖工場で働きたいなと思っていた。毎日、黒砂糖が食べれるとの単純な理由であった。

小学生のころは友達と製糖工場に忍び込んで黒砂糖を盗み、大人に隠れて食べたり、製糖工場から鉄屑をこっそり拾い集めて鉄屑屋に売って小使いにし、1¢のアイスクャンデーを買って食べるのが楽しみであった。子供にとっては唯一の現金収入であった。中学生になると大人と同じようにサトウキビの刈り取りをした。サトウキビの刈り取りは重労働であったが、大人と同じように仕事をしているとの満足感を感じて充実していた。きれいに刈り取った畑で大人と一緒にお茶を飲みながら眺めて達成感を感じていた。サトウキビの刈り取りで、時々1日1ドルの小使いが貰えた（当時は1\$360円）。1ドルあればバスで町に行って映画を見て沖縄そばとぜんざいを食べて遊べた。子供にとって1ドルは大金であった。

1ドル札を握りしめて町に出かけたのが楽しい思い出である。毎日毎日がサトウキビであった。子供時代は生活のすべてがサトウキビと結びついていて。そのような子供時代を過ごした経験で今でも黒糖に強い愛着を感じている。今でも、宮古の多良間島産の黒糖を主原料として黒糖製品を製造加工している。なぜ多良間島産の黒糖か？それは多良間島は宮古諸島のひとつで宮古で育った垣花氏には宮古人として多良間島の黒糖には強い想いを感じる。また父が多良間島の出身でいとこが多良間島でサトウキビを栽培していて年間200トン进行栽培している。

そのようなことで多良間島の黒糖にはひとかたならぬ想いがある。また、多良間島は沖縄で最大の黒糖の産地で沖縄全体の約44%を生産している。

安定した仕入れができ安定供給に多良間島の黒糖が欠かせない。垣花氏は黒糖に関してはだれにも負けない、誰にも負けたくないとの思いで冒頭の「私には黒糖しかできません、黒糖しかやりません」をライフワークとして生涯を通して沖縄の黒糖の可能性を追及して21世紀に生き残る甘味料として大切に育てていくという強い信念がある。垣花氏をはじめとした沖縄人は沖縄の黒糖にこだわった商品開発を通して、全国に品質の高い黒糖製品を自信を持って提供できるシステムを構築し、社員が楽しく仕事ができる環境を整備し、素直で真面目な明るい社風を作り、整理、整頓、清掃、清潔、言葉使い、身だしなみ等の基本を大切にした企業文化を形成できる会社になりたいと考えている。

400年の沖縄の黒糖業の歴史の延長線上で沖縄の風土から発生した「黒糖本舗垣花」という一地方企業が全国あるいは海外で認めていただけるよう磨きをかけていきたいと考えている。

2. 会社紹介

2-1. 経営理念

400年の歴史ある沖縄の黒糖の可能性を追求して全国の家庭で日常的に使ってもらえる商品開発を目指し、沖縄の黒糖産業を高付加価値産業に育て、21世紀に生き残る甘味料として自信と誇りを持って高品質の商品を提供できる企業経営を目指す。

● 4つのこだわり

1. 整理・整頓・清掃・清潔を基本とした品質管理システムに磨きをかける。
2. 沖縄の黒糖の可能性を追求し、付加価値の

高い商品開発で黒糖業界のリーディングカンパニーとして新しい黒糖市場の開拓を目指す。

3. 女性の感性を引き出し、女性が活躍できる社風をつくり、繊細なサービスが提供できる企業経営を目指す。
4. 床磨きを通して社員の心を磨き、真面目で素直な心、明るい心、謙虚な心を養い高品質の製品、サービスを提供できる企業経営を目指す。

2-2. 企業概要

社 名	株式会社黒糖本舗垣乃花 シュガーソルト垣乃花株式会社
所 在 地	●本社 〒901-2126 沖縄県浦添市宮城 6-4-15 TEL (098) 877-1135 (代) FAX (098) 876-4039 ●うるま工場 〒901-2126 沖縄県うるま市字洲崎 12-18 TEL (098) 921-2506 (代) FAX (098) 921-2507 ●シュガーソルト垣乃花株式会社 〒901-2126 沖縄県うるま市字洲崎 12-18
創 業	・昭和 48 年 垣花商事
設 立	・平成元年 1 月 (有) 垣花商事 ・平成 10 年 1 月 有限会社黒糖本舗垣乃花に社名変更 ・平成 14 年 7 月 うるま工場操業 (中城工業団地内) ・平成 16 年 6 月 株式会社黒糖本舗垣乃花に組織変更 ・平成 19 年 11 月 塩製造部設立 ・平成 20 年 2 月 シュガーソルト垣乃花設立 ・平成 20 年 10 月 シュガーソルト垣 乃花新工場完成創業
取扱商品	黒砂糖・シオ・シロップ
そ の 他	・平成 17 年 5 月 17 日【本社工場】 (財)沖縄県食品衛生協会那覇支部 より有料施設表彰 ・平成 17 年 9 月 16 日 【うるま工場】ISO9001 認証取得 ・平成 21 年 8 月 31 日 独自のシステムで運営するため ISO9001 を返却

2-3. 品質管理

毎日仕事に入る前に床を雑巾で磨く。毎日床を磨くことで心が磨かれ素直な心で安全な食品作をすることができると信じている。「環境整備に勝る社員教育は無い」を理念として清潔な職場を維持する。黒糖本舗垣乃花は法人設立をして 20 年になるが経営理念を実現すべく企業経営に取り組んできた。これまでの取り組みの中で品質管理システムの構築を最重要項目に掲げていたが、その一環として取り組んできた【ISO9001】を平成 17 年 9 月 16 日認証取得した。以来 4 年間更新してきたが平成 21 年 8 月 31 日でこれまで取り組んできた ISO9001 を返却し、今後は自社に合った独自のシステムを構築して品質管理に磨きをかけ、お客様満足度を向上させる。「服装、身だしなみ、言葉使い、整理・整頓・清掃・清潔」を基本として日常の当たり前のことを当たり前に実行することで素直な心を磨き強い心を育てる。社内の全てのシステムは人が運用する。従って、運用する人の心がけで設備もシステムも最も効果を発揮すると考える。

「科学的な仕組み」と「専門的な知識」それと「素直な心」の三つが揃って初めて品質管理システムが効果を発揮する。昔から黒糖造りは感に頼って製造していたが、垣乃花では人の勘だけに頼らず「製造工程」「包装工程」をマニュアル化し、年間を通して一定の品質の製品ができるような仕組みを作り、運用している。また、「pH 測定器」「糖度計」「水分検査器」「細菌検査器」「水分活性器」などの検査機器を完備して科学的なデータを揃え品質管理室を設け、食品としての安全性を第一としている。又、原材料にもこだわり、原料の産地証明や成分分析表、残留農薬基準、遺伝子組換えの有無など詳しい資料を揃えており、安心できる天然の原料を使っている。最終工程の包装室内は空調完備しており、異物やゴミ・菌が入り込まないように、又、

入り込ませないよう管理し、女子従業員が 1 個 1 個丁寧に手作りにして『安心・安全』な商品造りをするよう努めている。

【品質管理の内容】



1. 原料の異物をアミで除去



2. 製造後乾燥室で一晩乾燥



3. 水分検査・pH 検査



4. 工場内の衣服の検査



5. 金属探知機



6. 重量検査



7. 補虫機



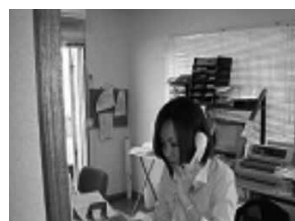
8. 前室を通過し商品出荷

2-4. 営業

【営業理念】

- ・強い営業部は必要ない、
- ・垣乃花が目指す営業部は素直で真面目で優しい営業部、
- ・女性特有の真面目で優しい細やかな心使いができる営業部、営業部はもちろん事務所のスタッフ全員がお客様活動を心がけている。

【営業スタッフの紹介】



本社勤務
商品開発企画営業
商品管理
宮城ひとみ
子供：女の子 2 名
直通電話
098-877-6149



本社勤務
経理総務 営業
桃原浩美
子供：女の子2名
直通電話
098-877-1135



本社勤務 営業
泉雅美
子供：女の子1名・
男の子1名
直通電話
098-877-1135



うま工場勤務
商品開発企画営業
品質管理
屋我ゆう子
子供：女の子2名
直通電話
098-939-9688



うま工場勤務
ネット店長 営業
伊波千絵
子供：男の子1名
直通電話
098-921-2506

営業に関する問い合わせは上記6名と連絡を取っていただきたい。

2-5. 沖縄の黒糖とサトウキビ栽培から収穫まで

【沖縄と黒糖】

日本最大の黒糖の産地として名高い沖縄は、隆起した珊瑚礁の大地から成り、豊かな太陽エネルギーが降り注ぎ、時には豊富な雨により大地を潤わされることで亜熱帯特有の自然が育まれている。そのような豊かな環境で栽培された

「サトウキビ」からつくられる「沖縄産黒糖」は「深みのある味わい」とともに大自然から与えられたビタミンやミネラルが含まれることで、人気が高まっている。カロリー摂取の多い現代において、甘味料離れが進んでいる中、様々な栄養素を含む「沖縄産黒糖」は、21世紀に生きる甘味料といわれている。

【黒糖の産地と生産量】

沖縄では主に8つの離島（多良間島・小浜島・西表島・波照間島・与那国島・伊平屋島・粟国島・伊江島）で黒糖の原料となる「サトウキビ」が栽培されている。離島では台風などの被害を受けやすいため、黒糖の原料となる「サトウキビ」の安定的な確保が毎年問題となっている。22年度の黒糖の生産量は7島で約9,500トンであった。

【キビの植付け】

サトウキビの植付けには「夏植え」「春植え」「株出し」の3種類がある。夏植え、春植えは「挿し木植え」という方法で、キビの枝を挿すことで栽培する。夏植えは1年半、春植えは1年かけて育て、いずれも春先に収穫する。株出しは収穫の後の株から発芽させ育てる方法である。ただし、地力の低下を避けるため、3年ほど続けた後は他の農作物（紅イモなど）を植える等して休ませたのち、夏に挿し木植える。



植え付けて4ヶ月

サトウキビの茎を30cmカットして横に並べ土に埋めると節から茎が出てくる。



植え付けて6ヶ月



植え付けて8ヶ月



植え付けして1年半で収穫の時期を迎える
サトウキビの白い穂が出揃うと収穫時期である。

沖縄の秋の風物詩

サトウキビの白い穂が島一面を覆いつくす。



刈り取り前のサトウキビの茎
刈り取り3ヶ月前から農薬は使わない。

【収穫】

キビは気温が低下することで、成長が緩やかになり茎中の糖分が増加する。収穫は12月、製糖工場の操業にあわせて始まり、操業の終わる翌4月まで続く。刈り取った後、放置しておくとう糖分が変化して品質を低下させるので、製糖工場の操業状況に合わせ収穫後なるべく早く製糖出来るよう計画的に収穫する。大部分の地域で人力による刈り入れが行われている。「倒し鋏」で根元から刈り倒し、「脱葉鎌」で梢頭部（糖度の低い頂上の部分）を切り取り、更に葉や根など茎以外の全て取り除き、茎を束ねて搬出する。



収穫中のサトウキビ畑
収穫期は12月～3月まで



畑で刈り取り製糖工場搬入を待つサトウキビ
冬になると島中の畑で刈り取ったサトウキビが山積みされている。

【搬入】

製糖工場に搬入されたサトウキビは、品質と検査と重量測定が行われる。品質の良し悪しはサトウキビを搾った汁（搾汁液）の中からとれる砂糖の割合や製造のし易さで決まる。具体的

な調査項目は

- (1) ブリックス
- (2) 糖度
- (3) 還元糖液（砂糖が分解された成分。少ない方がよい）
- (4) 繊維分（13% 程度。低い方がよい）

である。

『ブリックス』と『糖度』『ブリックス』は搾汁液の中に溶けていて、乾燥させると固まる物質（可溶性固形物）の割合を指し、糖類の他に灰分やカルシウム等の栄養成分も含まれている。サトウキビのブリックスは 20% 程度である（ちなみにみかんは 10% 程度）。キビのブリックスの 80~90% が砂糖分で、この砂糖分の割合が「糖度」である。



さとうきび搬入

【裁断】

砂などをキレイに取り除かれながら、一定の長さに切断される。



裁断

【攪拌・圧搾・異物除去・濃縮】

搾り汁や水を加えながら圧搾し、しっかりと糖分を回収する。その後、加熱し、PH の調整も行う。次に、異物を沈殿除去し、上澄み液を回収する。上澄み液は濃縮する。



攪拌

【煮詰・攪拌・冷却】

約 130 度で一気に煮詰める。煮詰めた後は、空気を含ませながら攪拌し、冷却する。火加減や空気の入れ方で、風味や舌触りが変わるため、職人技が光る。



煮詰め



攪拌

【箱詰・放冷】

箱詰・放冷が終わると順次出荷する。



箱詰め



放冷

【含蜜糖の製糖過程】

サトウキビは品質検査の後、細かく碎かれ圧搾機で絞りとられて「圧搾汁」と「バガス」に分離される。「バガス (bagasse)」はサトウキビの絞りかすを指し、サトウキビの重量の25%位になる。製糖工場のボイラーの燃料として使われ、製糖工場に必要な電力を十分賄えるそうである。「圧搾汁」はわずかな石灰を加えて加熱することで不純物が沈殿し除去する。不純物を除去し、沈殿した「濾過液」を蒸気で減圧することにより、低温で煮詰めて濃縮（最後は常圧・高温）。出来上がった溶液を攪拌しながら冷却することで結晶化し、黒糖が出来上がる。

黒糖は30kg ずつ箱詰めされ、品質検査を経て包装、出荷される。こうして出来上がった黒糖はもとのキビの重量の14~15%程度（この値を「歩留」と呼ぶ）となる。なお、沈殿成分で濾過後に残ったものは「フィルターケーキ」と呼ばれ、発酵堆肥にしてサトウキビ畑に戻される。

3. 黒糖とは？



サトウキビ畑

3-1. サトウキビ

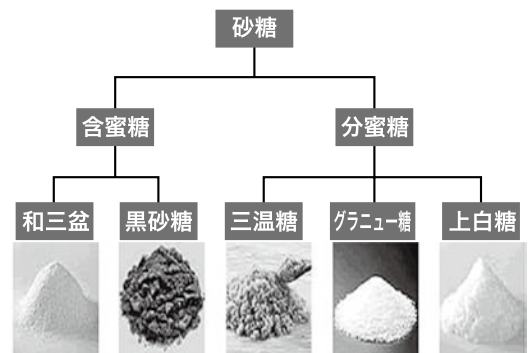
サトウキビの正式名称は甘蔗（「かんしゃ」俗には「かんしょ」）トウモロコシに似たイネ科の多年性植物で、高温多湿を好み、年間平均気温が20℃以上の土地でよく育つ。ニューギニアが原産国でインドを経て世界に広まったと推測されている。サトウキビはインドのインダ

ス河の流域に自生し、この絞り汁を煮詰めて甘味料として利用したのが始まりといわれている。それがインド志那を通じて中国に伝来、沖縄には1623年中国福建省から「儀間真常」が製糖法を学び沖縄全土に普及させて以来、琉球王朝時代から今日まで沖縄の農業の基幹産業として沖縄の経済を支えてきた貴重な作物である。

沖縄は豊かな「太陽エネルギー」「海洋オゾン」「珊瑚の海」「豊富な雨量」亜熱帯の自然に恵まれていて、ミネラルやビタミンを豊富に含むサトウキビ栽培に最適で、世界の中でも良質な黒糖が取れることで知られている。

3-2. 分蜜糖と含蜜糖

「含蜜糖」は原料のサトウキビなどの絞り汁をそのまま煮詰めたもので、代表的なものに「黒砂糖」がある。精製していないのでミネラル分を多く含む。「分蜜糖」はサトウキビなどの甘み成分（蔗糖）だけを取り出し、精製して作ったもので、代表的なものは白砂糖やグラニュー糖である。精製過程でほとんどのミネラルは除かれてしまう。黒砂糖は黒色で塊状の砂糖で、糖度は80~86ある。完全に精製された上白糖などに比べ、カリウムや各種ミネラルを豊富に含む。



3-3. 沖縄黒糖の栄養成分と他甘味料との比較 (100g あたり)

	黒砂糖	ハチミツ	グラニュー糖
エネルギー	352kcal	294kcal	387kcal
水分	5.0g	20g	Tr
たんぱく質	1.7g	0.2g	0g
脂質	0g	0g	0g
炭水化物	89.7g	79.7g	100g
灰分	3.6g	0.1g	0g
ナトリウム	27mg	7mg	Tr
カリウム	1,100mg	0.13mg	Tr
カルシウム	240mg	2mg	Tr
鉄	4.7mg	0.8g	0g
ビタミン B ₁	0.05mg	0.01mg	0g
ビタミン B ₂	0.07mg	0.01mg	0g
リン	31mg	4mg	0g

五訂 日本食品標準成分表より

3-4. 黒糖にも旬がある？

野菜や魚などに「旬」があるように、黒砂糖にも「旬」がある。黒砂糖の原料のサトウキビは植物ですから、その収穫期が「旬」になると考えれば納得いくのではないのでしょうか。地域によって多少異なるが、12~3月がおよその収穫期になる。サトウキビを刈り取ったあと、放置しておくくと品質が低下するので、収穫後は早めに製糖するが、その収穫期につくられたものが「旬の黒砂糖」である。機会があったら「旬の黒砂糖」をぜひ食べてみていただきたい。口に入れるとふっくらやわらかく、すぐに溶け出しサトウキビの香りが広がる。黒砂糖はいつでもおいしく食べられるが、この時期のものは格別である。



収穫前のサトウキビ

4. 黒糖と健康 (出所：沖縄黒砂糖工業会)

黒糖の主成分は蔗糖。栄養面での働きはご飯やパン、油脂などと同様にエネルギー源として重要である。さらに、黒糖の大きな特徴は、ミネラルやビタミンを多く含むことです。さとうきびの汁に含まれる天然の栄養分が、そのまま凝縮されています。天然の総合栄養剤ともいえる点が、現代の自然食ブーム、健康食ブームの中で黒糖の人気を高めている。一般に使われている白砂糖（上白）と黒糖の栄養を比較すると、ミネラル（無機質）、ビタミンの含有量の差が際立つ。ミネラルはカルシウム、リン、鉄、ナトリウム、カリウムなどが含まれ、中でもカルシウムは 100g 中に 240mg と多く、これは牛乳 1 本（200cc）中の量に匹敵する量である。



◆「カルシウムが豊富！」

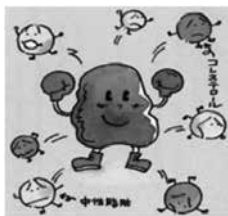
カルシウムは歯や骨の土台となるもの。たくましく丈夫な体を作るうえで、成長期には特に必要であることは多くの人が知っているが、お年寄りにも欠かせない栄養成分であることは、意外と知られていない。年をとると骨が折れやすくなり、寝たきり老人の原因のひとつに大腿骨の骨折があげられているくらいである。特に女性の場合、60歳を過ぎるとホルモンの関係でカルシウムの代謝が悪くなり、骨に蓄積されるより、骨から溶け出す量の方が多くなるといわれている。そのため骨がもろくなって、ちょっとしたことで骨折をおこしたり、また腰が曲がったりする。子供のおやつばかりでなく、お年寄りのお菓子にもおすすめします。

◆「ビタミン B₁ が脳に活力を！」

ビタミンでは B₁, B₂, ナイアシンなどが黒糖には含まれている。いずれも、体内の生理作用の潤滑油として大切なビタミン。なかでも B₁ は、ブドウ糖のエネルギー代謝の際に必要なビタミンである。不足するとイライラしたり、疲れやすくなり、ひどいときにははかっけを起こしたりする。自然の摂理でさとうきびのしほり汁にはブドウ糖と一緒にビタミン B₁ も備わっているわけである。黒糖はビタミン B₁ つきのエネルギー源。特に脳はブドウ糖消費量が多いといわれている。受験勉強のお子さんの疲れをいやす夜食の甘みは、黒糖が効果を上げる。

◆「コレステロール・中性脂肪の低下に！ダイエットにも！」

黒糖の効用として第一にあげられるのは血液中のコレステロールや中性脂肪の低下作用である。これは、琉球大学名誉教授である尚弘子氏のネズミを使つての研究である。黒糖に含まれるワックス成分の効用と言われている。ワックス成分とは、サトウキビの茎の表皮についている植物を保護する脂質成分のことである。まだコレステロール低下作用のメカニズムは解明されていないが、これが血清や肝臓のコレステロールだけでなく、中性脂肪の増加も抑制するという結果が発表され、話題を呼んでいる。中性脂肪の増加も抑制することからダイエット効果も期待できる。



◆「ストレスへの抵抗力の増強に！」

黒糖の食品機能について、「生物活性を高める、ストレスに対する抵抗力を促進する、生殖機能を高める、虫歯予防の働きがある」と、その健康増進の効用についてお茶の水女子大学の藤巻正学長は講演を行っている。この効用は、旧ソ連の学者が著した「黒糖と健康」という小

冊子のデータに基づいている。

◆「カリウムで血圧降下作用も！」

健康増進とのかかわりで、尚弘子教授は黒糖にずば抜けて多いカリウムに注目したいと話しています。カリウムは体内でナトリウムとともに細胞内液の浸透圧を正常に保ったり、心臓や筋肉の機能調節に重要な働きをしている成分である。カリウムをたくさんとると、ナトリウムを伴って尿に排泄する効用があり、血圧降下作用があるといわれている。

◆「おなかスッキリ！」

黒糖に含まれるラフィノース(天然オリゴ糖)の働きによるものである。ラフィノースにはまた、免疫力を高めたり、肝臓の働きをよくする効果があると言われ、最近の研究ではアトピー性の皮膚炎の改善にも一役買っているという結果が出ている。

◆「お肌つるつる！」

黒糖は、食べるだけでなく、肌に直接使うことでも効果を上げている。黒糖入り石鹸で顔を洗ったり、また黒糖を直接肌に塗ったりすることで、肌のうるおいを保ち、美白効果もあると言われている。黒糖入りシャンプーで髪を洗うと、しっとりツヤツヤに洗いあがる。

以上、黒砂糖の効用を述べたが、健康はひとつの食品だけによって支えられるものではない。いろいろの栄養成分、つまり各種の食品を過不足なくとってはじめて健康が保持される。化学的精製過程で失われつつある栄養成分を大切に、嗜好に走ることなく、知恵のある食生活を送ることが個人の健康を支え、ひいては社会の活力を生むということである。

5. 商品紹介

◆沖縄の黒糖

沖縄の多良間島や西表島などで育ったサトウキビをギュッと絞り、煮詰め、固めただけの昔

ながらの黒糖。自然の味わいをそのまま活かした風味を楽しめる。

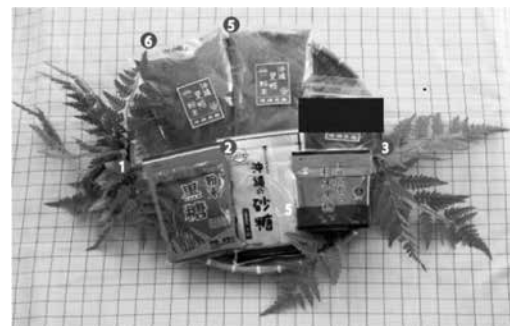


- ① 多良間島の黒糖
規格：380g×18
JAN：4957426001639
賞味期限：240日
- ② 多良間島の黒糖（スタンド箱）
規格：230g×15
JAN：4957426001684
賞味期限：240日
- ③ 多良間島の粉末黒糖
規格：200g×20
JAN：4957426001868
賞味期限：1年
- ④ 多良間島のひとくち黒糖
規格：120g×30
JAN：4957426001486
賞味期限：240日



- ⑤ 西表島の汁糖のひとくち黒糖（年内休売）
規格：120g×30
JAN：4957426001189
賞味期限：240日
- ⑥ カチフリ黒糖
規格：230g×20
JAN：4957426000076
賞味期限：240日
- ⑦ 西表島の黒糖
規格：380g×18
JAN：4957426002186
賞味期限：240日
- ⑧ 汁糖黒糖小粒
規格：230g×20
JAN：4957426001431
賞味期限：240日
- ⑨ 汁糖黒糖
規格：400g×20
JAN：4957426000717
賞味期限：240日
- ⑩ 汁糖黒糖
規格：800g×20
JAN：4957426001158
賞味期限：240日

◆粉末タイプ



- ① 粉末黒糖
規格：250g×30
JAN：4957426000557
賞味期限：1年
- ② 珊瑚カルシウム入り汁糖の砂糖
規格：450g×20
JAN：4957426000090
賞味期限：1年
- ③ 多良間島の粉末黒糖
規格：200g×20
JAN：4957426001868
賞味期限：1年
- ④ 沖縄産粉末黒糖
規格：450g×20
JAN：4957426002247
賞味期限：1年
- ⑤ 沖縄産粉末黒糖
規格：900g×15
JAN：4957426002254
賞味期限：1年



- ⑦ 国産しょうが入り黒糖しょうがぼうだー
規格：180g×20
JAN：4957426002506
賞味期限：1年
- ⑧ 国産きな粉・珊瑚カルシウム入り黒糖きなこぼうだー
規格：180g×20
JAN：4957426001998
賞味期限：1年
- ⑨ シナモン黒糖パウダー
規格：180g×20
JAN：4957426002100
賞味期限：1年

珊瑚入り沖縄の砂糖は、コーヒー・紅茶に、しょうがパウダーはお湯に溶かしてしょうが湯に。沖縄産の純黒糖を粉末にしたものをはじめ、タイプの違う黒糖粉末を揃えた。料理やお菓子づくりなどにも。

6. 今後の事業展開

「自然栽培サトウキビの黒糖はこうして生まれた」「自然栽培」とは化学肥料、有機肥料、農薬、除草剤を一切使わない農法で、畑に科学的物質を一切入れず自然がもともと持つてゐる土壌微生物や草花と共生することで、健康な作物が育ち、農薬を使わなくても病害虫の被害を受けることなく健康な作物を育てることができることである。黒糖本舗垣乃花では平成23年に、当時7年以上放置された耕作放棄地を購入して、平成24年に自然栽培でさとうきびの栽培を始めた。台風、干ばつ、病害虫、ネズミの被害をうけてきたが、平成26年1月から自然栽培によるサトウキビを初めて収穫するまで漕ぎつけた。黒糖本舗垣乃花ではサトウキビの栽培を始めて収穫までの2年間で喜界島や高知県、鹿児島県、沖縄県の製糖方法を視察して製糖体験を重ねて、理想の黒糖作りを追求してきた。「黒糖＝黒い」の常識にとらわれずに、白くてすっきりした上品な甘さを追求してひと手間、ふた手間をかけて丁寧にアクや不純物を取り除き、透明感のあるすっきりした風味のサトウキビシロップの製造に成功した。

そのサトウキビ濃縮シロップ100%を使用し

た蜜，黒糖は和三盆糖のような上品な甘さの黒糖ができる。栽培から収穫，製造まで自社で一貫管理された自然栽培サトウキビの商品をぜひお試しいただきたい。



おわりに

垣花兼一氏は沖縄の主要産業の一つである黒糖と黒糖を使用した黒糖商品の商品開発に注力されてきた。現在は，新たな高付加価値商品として「自然栽培サトウキビからの黒糖作り」に注力されている。黒糖の原料となるサトウキビは沖縄本島や周辺の島々で栽培されている。ミネラル分の多い土壌と温暖な気候から収穫される黒糖は当然ながら多くのミネラルを含んでおり，多くの健康機能が研究され報告されている。今後ますます増え続ける観光客のためにも健康で美味しい黒糖商品を開発・販売していただきたい。また，沖縄県外への出荷にも力を入れて戴き，多くの日本国民が黒糖の良さを理解し，食べて，元気になるように努力していただきたい。

参考資料

- 株式会社黒糖本舗垣乃花ホームページ

築地市場魚貝辞典（サヨリ）

三寒四温という。今年も2月のはじめに4月ごろの気温だと言ったかと思うと、交通機関が麻痺するほどの大雪である。むかしから寒暖を繰り返しながら暖くなるものであるが、昨今の気候の変化は、激しさを増しているような気がしてならない。大雪になれば当然、魚を運んでくるトラックに影響が出てしまう。築地市場内はひっきりなしにトラックやターレが走り回っているので、降った雪が凍りつくということは少ないが。溶けた雪は側溝を通してマンホールに流れ込む。このマンホールの蓋を見ていたら、いくつか種類があるのに気がついた。ひとつは太陽のような模様、もう一つはイチョウの葉のような模様が入っている。太陽の方は明治時代に東京市の紋章として制定されたものが今に受け継がれている東京都紋章。胃腸の方は平成元年に制定された東京都のシンボルマークで、マンホールの蓋を見ているだけでも、築地の歴史を感じることができる。もっとも、朝は場内の魚目当てで急いでいて、足元になんか気がつかないが。

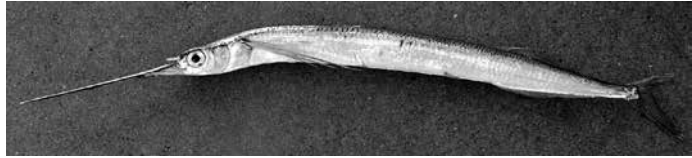


マンホールの模様

今回は春の魚，サヨリを紹介する。

一分類一

サヨリはダツ目サヨリ科サヨリ属の魚である。ダツ目にはサヨリ科のほかにダツ科，トビウオ科，サンマ科などが含まれるやや小さな所帯である。いずれの魚も体が細長く海面近くで素早く泳ぐのに適した



トオザヨリ

仲間といえるだろうか。サヨリの上顎を伸ばすとダツ、反対に下顎も短くするとサンマ、胸鰭を大きくするとトビウオになる。ところがダツ目には意外な魚も含まれているのである。なんとメダカ。童謡で有名な、ペットショップならどこでも売られている、あのメダカである。サヨリとメダカ。どう考えても結びつきにくい、体の作り、鰭の位置などを調べていくと共通点が多く、近い仲間だとされているのである。さて、サヨリ科にはサヨリが含まれるサヨリ属（トウザヨリ属、ナンヨウサヨリ属など）のほかにトウザヨリ属やホシザヨリ属などいくつかの属があるが、一般には馴染みがない。サヨリ属の魚は世界に40種もいるが、どれもサヨリにたいへんよく似ていて、各地で利用されている。日本に分布するのは5種で、このうち水産上重要なのはサヨリ1種となっている。

—形態—

近所のスーパーの鮮魚売り場をのぞいてみると時折サヨリを見かけることがあるが、たいていお作りになっていて、丸のまま置かれているのを見るのがあまりない。あまり大きくなく、さばくのもそれほど手間のかからない魚と思っていたが、それでも今の日本の生活形態はユーモラスなサヨリの顔を見ることが許してくれないのか、となんとなく思ったことがある。ということで、サヨリといえば細長く、槍のように突き出た下顎が特徴であろう。頭の長さと同じぐらい長く突き出た下顎に対して、上あごは申し訳程度、口を閉じるためだけにあるようなもので、こんな魚はサヨリの仲間以外にはいない。体も細長く、その断面は上下に細長い楕円形である。表面にいくぶん細かな鱗がある。胸鰭と腹



頭部



背中と側面

鰭はやや小さい。腹鰭はふつうの魚，たとえばマダイやマアジ，カサゴ，マサバなどでは体の前の方の胸鰭の下あたりにあるが，サヨリでは体の中心よりも後にある。これはトビウオやサンマもそうで，



尾鰭

ダツ目の魚に共通の特徴の一つである。背鰭と臀鰭も体の後ろの方のみにだけある。尾鰭は下側の方が上側よりやや大きい。

体色は背中側が灰色がかった緑色で，体の側面の背中よりに体に沿った細い青緑のスジがある。それより下の側面から腹側は銀白色。全体的に青みがかって見えるサヨリであるが，下顎の中程から先端にかけて赤く，アクセントのようである。背中側が青いのは，上から見たときに海の色に溶け込み，側面から腹側が反射のある白なのは，下から見たとき明るい水面に溶け込む一種の保護色である。ただ下顎がなぜ赤いのか，よくわからない。

体長は 30cm を越える。

—生態—

サヨリは，その流線型の姿から，広い外海を泳ぎ回っているような印象を受ける。ところが予想に反して，沿岸性で内湾に多い魚なのである。分布範囲は北海道から九州，朝鮮半島，黄海で，東アジアの温帯海域である。沿岸の水面近くを泳いでいて，群れを作ることもある。近縁のクルマサヨリは汽水域に住み，川に入ることもある。主に小型の甲殻類などの動物性のプランクトンを食べているが，下顎だけが長くなった口でどのように餌をとるのか，一度見てみたいものである。産卵期は春から夏で，本州では5～6月が盛期のようである。岸近くの藻場や流れ藻に卵を産み付ける。サヨリの卵は独特で，卵の左右に糸が出ており，海藻などに絡みつきやすくなっている。ここ数年，日本各地で大規模な海藻の消失（磯焼け）が起きていて，サヨリが産卵する場所が確保できるのか気がかりである。孵化した稚魚は藻の周囲で暮らす，生まれたての頃は，まだ下顎が伸びておらず，成長とともに伸び始め，2cm を超える頃になるとサヨリらしくなってくる。寿命は約2年。

—漁業—

サヨリは海面近くを泳いでいるので，旋網や刺網，釣りなどで漁獲されている。分布が日本近海に限られているので，輸入はほとんどないと思われるが，近縁の別種が輸入されていたことはある。

養殖はされていない。

築地市場には、鮮魚で入荷する。弱い魚なので活魚では入荷しない。透明感のある身が身上なので、仲卸店舗では氷を敷いたトロ箱や水氷に入れられて売られている。2月から5月に入荷量が多く、夏場にはあまり入荷しない。おもな産地は宮城県や千葉県、瀬戸内海、福岡県などである。以前、オーストラリアからサヨリに近い仲間のミナミオーストラリアサヨリが入荷していたことがある。かなり大ぶりのサヨリの仲間で、外見は日本のサヨリによく似ていて、評判も悪くなかった。鮮魚で入荷していたので、空輸されていたものと思われる。その後、ほかの輸入鮮魚が少なくなるとともに、築地で見るものがなくなってしまった。



鮮魚で入荷



水氷

一利用一

くせのない白身なので何にでも向き、塩焼き、味噌、天ぷら、干物などにされる。しかしサヨリといえば、その透明感のある身をいかした刺身が第一であろう。薄作りや昆布メ、寿司などもさっぱりしていて美味しい。さっぱりしているのが良いものだと思っていたが、中には適度に脂ののったものがあるって、食べて美味しいという。ただ、脂がのるとそれだけ鮮度の低下も早くなり、扱いが難しいとのことであった。サヨリの産卵期は春から夏なので、産卵直前の春が旬とされている。

一エピソード一

よく悪い人のたとえに「腹黒い」と言われるが、サヨリも腹部の内面が黒く、悪い印象を与えている。ヒトの場合、実際に腹が黒いのかどうかはレントゲンで撮っても分からないが、サヨリはたしかに腹を開くと真っ黒である。これには意味があり、透明感のある筋肉は体内にも光を通してしまうため、有害な紫外線から内蔵を守るためにメラニン色素が発達しているからと考えられている。そしてサヨリを切ってもう一つ気になることがある。それは骨が青いことである。白く透き通った身に青緑の鮮やかな骨が目立つが、これは胆汁色素が骨に含まれているからである。なぜ骨に胆汁色素が含まれているのかは、よ

くわかっていない。

築地市場では、大きなサヨリを「かんぬき」と呼ぶ。仲卸の方にかがったところ、およそ 100g より大きなものを「かんぬき」と呼ぶのだそうである。「かんぬき」とは門のことで、扉の内側に横木を一本通し外からあかないようにするためのものである。その横木に似ているというわけである。体が細くてなんとなくきゃしゃな感じのするサヨリであるが、大きな個体は太くて「かんぬき」の貫禄がある。現在は門を使っているのは文化財的な建物だけであろうか。そんな古くから伝わる言葉や文化を伝承しているのも、築地市場の魅力であろうか。

文 献

- 1) 京都府立海洋センター（編）：京のお魚大集合，京都新聞出版センター（2005）
- 2) 中坊徹次（編）：日本産魚類検索 全種の同定 第三版，東海大学出版会（2013）

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

ニューフードインダストリー 第56巻 第 5 号

印 刷 平成 26 年 4 月 25 日

発 行 平成 26 年 5 月 1 日

発行人 平井 朋美

編集人

発行所 株式会社食品資材研究会

〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)

TEL:03-3254-9191(代表)

FAX:03-3256-9559

振込先:三菱東京UFJ銀行 京 橋 支 店(普通)0070318

三 井 住 友 銀 行 日本橋支店(当座)6551432

郵便振替口座 00110-6-62663

印刷所 モリモト印刷株式会社

定 価 本体2,000円 + 税 (送料100円)

email:newfood@newfoodindustry.com