

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2014 Vol.56 No.2

2

論 説

- ファイトケミカルの糖尿病・糖代謝に対する作用とその機構
- リンゴやバナバ葉に含まれるコロソリン酸 (Corosolic acid) の新規機能性：
マクロファージ活性化制御作用による癌予防効果と癌治療への応用の可能性
- LPSによるアレルギー疾患の予防改善
- ごぼうの新しい加工食品「黒ごぼう」の機能性
- 食用担子菌類の木材分解能力を検証する
- 小さなガラングアについて

連 載

- “地域密着でキラリと光る企業”
味噌業界を創造する『マルコメ株式会社』
- 製造法の違う飼料がニジマスの消化管内移動時間、
消化管内容物pHおよび血漿成分に及ぼす影響
- 伝える心・伝えられたもの -田子節考-
- 築地市場魚貝辞典 (スケトウダラ)
- “薬膳”の知恵 (82)



論 説

- ファイトケミカルの糖尿病・糖代謝に対する作用とその機構
..... 矢ヶ崎 一三 1

- リンゴやバナバ葉に含まれる
コロソリン酸 (Corosolic acid) の新規機能性：
マクロファージ活性化制御作用による癌予防効果と
癌治療への応用の可能性
..... 藤原 章雄, 池田 剛, 竹屋 元裕, 菰原 義弘 13

- LPS によるアレルギー疾患の予防改善
..... 河内 千恵, 稲川 裕之, 天野 里子, 田村 佑樹, 杣 源一郎 20

- ごぼうの新しい加工食品「黒ごぼう」の機能性
..... 前多 隼人, 鴨下 加奈子, 山谷 梨恵, 工藤 重光,
古川 博志, 佐々木 甚一, 柏崎 進一 27

- 食用担子菌類の木材分解能力を検証する
..... 富樫 巖, 打矢 いつみ 34

- 小さなガラंगाについて
..... 堀田 幸子, 小谷 明司, 有水 育穂 42

連載

- “地域密着でキラリと光る企業”
味噌業界を創造する『マルコメ株式会社』
..... 田形 暁作 46

- 製造法の違う飼料がニジマスの消化管内移動時間、
消化管内容物 pH および血漿成分に及ぼす影響
..... 酒本 秀一, 大橋 勝彦 59

- 伝える心・伝えられたもの —田子節考—
..... 宮尾 茂雄 76

- 築地市場魚貝辞典 (スケトウダラ)
..... 山田 和彦 86

- “薬膳”の知恵 (82)
..... 荒 勝俊 91

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料

コクベース

セラチン&小麦グルテン

酵素分解調味料

エンザップ

new発酵調味料

D&M

ディアンドエム

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

コクベース

ラクティックイーストエキス

乳加工品・製パン・製菓・チーズ・バターへの
コクづけ、味や風味の底上げなど、ユニークな
特長がある乳酵母エキスです。

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

ファイトケミカルの 糖尿病・糖代謝に対する作用とその機構

矢ヶ崎 一三 (YAGASAKI Kazumi) *

* 東京農工大学 名誉教授

Key Words : ファイトケミカル・ポリフェノール・筋肉細胞・糖尿病・グルコース輸送体

はじめに

糖尿病とくに2型糖尿病は平成の国民病と言われるが、人口増加、高齢化、都市化、身体運動不足、肥満に起因して、我が国はもとより経済発展著しいBRICS諸国を含めて全世界的に増加し、今後も増加し続けると推測されている¹⁾。その治療には食事²⁾が密接に関与しているが、予防にも貢献する可能性がある³⁾。

私たちは、生命維持のために栄養素を多様な食品から毎日食事として摂取している。食品には、栄養素以外にも色素、呈味、香気物質などの非栄養素が含まれている。そのような非栄養素として、ファイトケミカル(phytochemicals, 植物化学物質)があり、その中の一類の物質はポリフェノール(polyphenols)と呼ばれている。本稿では、日常的に誰もが摂取している食品の成分、特にファイトケミカルの糖代謝や糖尿病に対する影響を、分子・細胞・動物個体のレベルで実施した筆者らの食品栄養生理化学的研究を中心として述べてみたい。

1. 糖代謝における筋肉の役割

筋肉は体の中で最大の組織であり、食後血糖(血液中のグルコース)を取り込んで、血糖値の恒常性維持に大きく貢献している。すなわち、骨格筋はインスリンが介在するグルコース取り込み(uptake)の最大75%を占めるとされている⁴⁾。細胞がグルコースを細胞外(例えば血液中)から取り込むためにはグルコース輸送体(glucose transporter, GLUT)が細胞膜へ移行することが必須である。筋肉ではグルコース輸送体のうち、GLUT4が細胞外からグルコースを取り込む。細胞質から細胞膜へのGLUT4移行を促進するシグナル系として二つの経路が知られている。一つはインスリンがその受容体に結合し、PI3K, Aktを活性化してGLUT4を細胞膜へ移行させるインスリンシグナル経路である⁴⁾。もう一つの経路は、AMP-activated protein kinase (AMPK)シグナル経路である。AMP/ATP比の上昇によって活性化されたAMPKはエネルギーセンサーとして働く⁵⁾。AMPKは、運動/筋肉収縮⁶⁾やmetformin⁷⁾のような物質によって活性化される。その結果、GLUT4の

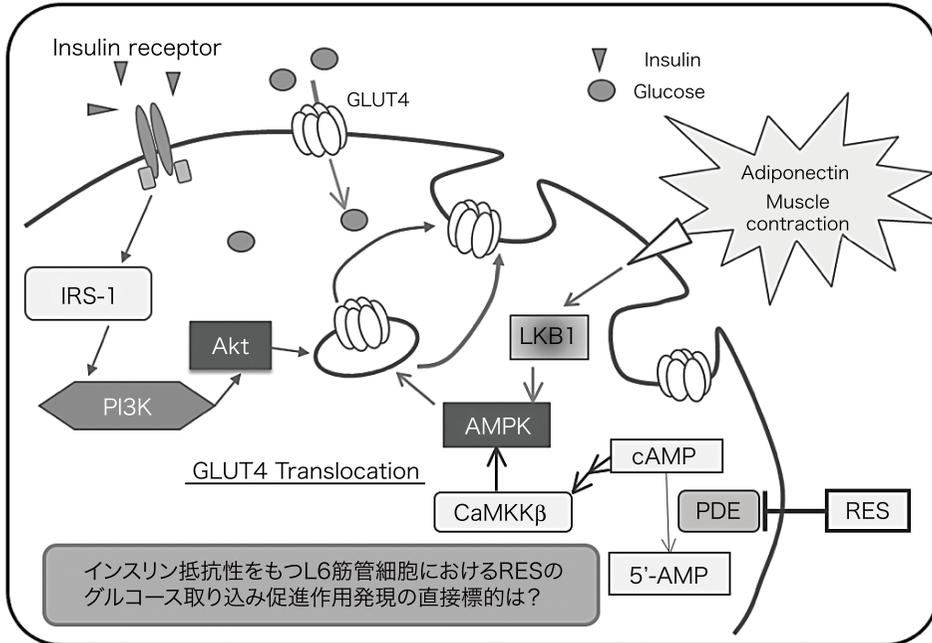


図1 筋細胞におけるグルコース輸送体4 (GLUT4) の細胞膜移行促進シグナル系 (文献 8-10 を参考に作成)

細胞膜移行が促進され、骨格筋へのグルコース取り込みが増加する。2型糖尿病や耐糖能異常時には、筋肉（そして脂肪組織、肝臓）がインスリン低感受性ないしインスリン抵抗性を示す⁴⁾。骨格筋においてAMPK活性化を介したグルコース取り込みを促進する物質、例えば可食性ファイトケミカルの探索研究は、2型糖尿病やインスリン抵抗性の克服に貢献することが期待される⁸⁾。図1に筋細胞におけるインスリンシグナル経路とAMPKシグナル経路を介するGLUT4の細胞膜移行の概略を示した⁸⁻¹⁰⁾。

2. 培養骨格筋細胞によるグルコース取り込み機能検定系の構築

分岐鎖アミノ酸の一つであるL-ロイシンは、筋肉タンパク質代謝に対してインスリン様作用、すなわちタンパク質同化的作用（タンパク質合成促進作用、タンパク質分解抑制作用）を

有することが古くから知られていた¹¹⁾。しかし、筋肉の糖質代謝に対する作用に対しては必ずしも明確ではなかった。Nishitaniらは、ラット後肢ヒラメ筋 (soleus muscle) を¹⁴C 2-deoxy-D-glucose (2DG) とインキュベートし、筋細胞内への¹⁴C 2DG移行に対するL-ロイシンの作用を検討した¹²⁾。¹⁴C 2DGはGLUT4と結合して筋細胞内へ入るが、その後代謝されない。したがって細胞内の¹⁴C放射能を測定後、インキュベーション液へ添加した¹⁴C 2DGの比放射能で割ることによって2DGの取り込み絶対量を算出できる。実験の結果、L-ロイシンとその脱アミノ化した α -ケトイソカプロン酸 (KIC) が、ヒラメ筋におけるグルコース取り込みを促進すること、L-ロイシンの促進作用がインスリンシグナル系の一部であるPI3K等を介していることを初めて明らかにした¹²⁾。この筋組織インキュベーション系は生体にもっとも近い状態であり多くの点で優れている。し

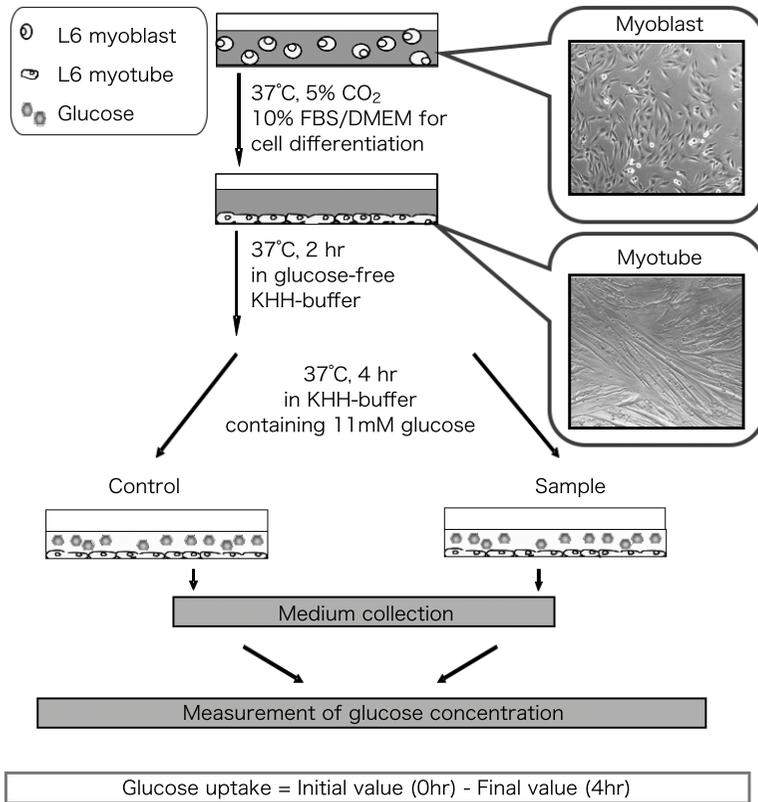


図2 培養筋管細胞を用いたグルコース取り込みアッセイ系 (Glucose uptake assay) (文献 8, 14 を基に作成)

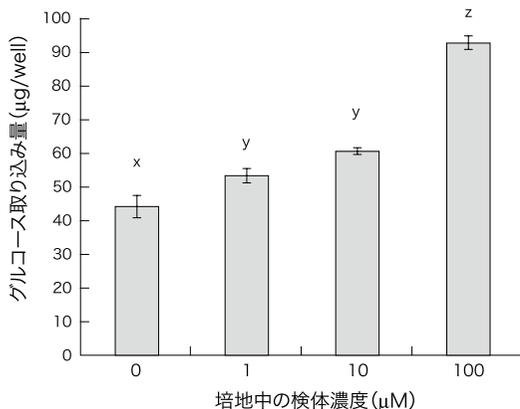


図3 グルコース取り込み促進物質の一例 (レスベラトロール) (文献 15 から改変作成)

それぞれの値は平均値±標準誤差 (n=6) を示す。異なるアルファベットの付いた平均値間では統計学的に有意差のあることを示している。

かし、多数の検体の作用をスクリーニングするという観点からは、時間的、経済的、設備的に必ずしも最良とは言えない。

他方、筆者らはラット骨格筋由来の L6 筋管細胞において L-ロイシンがタンパク質合成を促進すること、その促進作用が protein kinase C (PKC) を介していることを見出していた¹³⁾。そこで、この L6 筋管細胞を疑似筋肉細胞とみなし、しかも放射性物質を使わない簡単、迅速、安価なグルコース取り込み機能検定系を構築した¹⁴⁾ (図 2)。すなわち、L6 筋芽細胞を培養増殖させ、自発的に細胞融合し分化した L6 筋管細胞を Krebs-Henseleit-

Hepes (KHH) buffer 中で 2 時間インキュベートし、培地中の血清因子の影響を極力除いた。その後、11 mM グルコース (200 mg/dl 相当) を含む KHH buffer 中で検体無し (対照群) と有り (テスト群) の状態で、インスリン非存在下に L6 筋管細胞を培養した。4 時間培養前後の KHH buffer 中のグルコース濃度をグルコース測定キットとマイクロプレートリーダーで測定し、その差からグルコース取り込み量を算出した。測定結果の一例を図 3 に示した。なお、この L6 筋管細胞検定系でも上記ヒラメ筋で認められた L-ロイシンと KIC のグルコース取り込み促進作用が再現できることを確かめている。

3. 培養膵臓β細胞による酸化ストレス保護効果アッセイ系の構築

上記検定系に加えて、ラット膵臓β細胞由来 RIN-5F 細胞を用いた培養系で、抗酸化機能検定系も構築した¹⁵⁾。アミノ-カルボニル反応は食品化学分野においてはよく知られている。血糖値が高い糖尿病状態では、生体内でグルコースとタンパク質がアミノ-カルボニル反応によって終末糖化産物 (Advanced Glycation End Products, AGEs) が生成され、これが細胞にあるその受容体 (RAGE) に結合すると活性酸素種 (Reactive Oxygen Species, ROS) が発生し、糖尿病を増悪する^{16,17)}。また、AGEs は骨格筋細胞や脂肪細胞のインスリン感受性を低下させることが報告されている^{18,19)}。そこで、筆者らは Kume らの方法²⁰⁾ によって人工的に AGEs を作製し、酸化ストレスに弱いとされる膵臓β細胞由来の RIN-5F 細胞に作用させた。そして、人工 AGEs が RIN-5F 細胞で ROS 産生を上昇させることを確認し、ファイトケミカル

による酸化ストレス保護効果アッセイ系を構築した¹⁵⁾。図4に示したように、2種類の人工 AGEs (AGE1, AGE2) が RIN-5F 細胞内の ROS を上昇させること、その作用は AGE2 のほうが AGE1 より強いことがわかる。この系に特定のファイトケミカル X を作用させたときに、もし ROS 上昇を抑制するのなら、X は膵臓β細胞を酸化ストレスから保護する可能性を持つことが示唆される。

4. L6 筋管細胞のグルコース取り込みを促進する食品中のファイトケミカル

筆者らは、L6 筋管細胞のグルコース取り込み (glucose uptake) に対し、これまでに 2,000 種類以上のファイトケミカルの作用を検定した。そのうち、食品成分でもあるポリフェノールのグルコース取り込み促進作用について、いくつかの例をあげて述べてみたい。

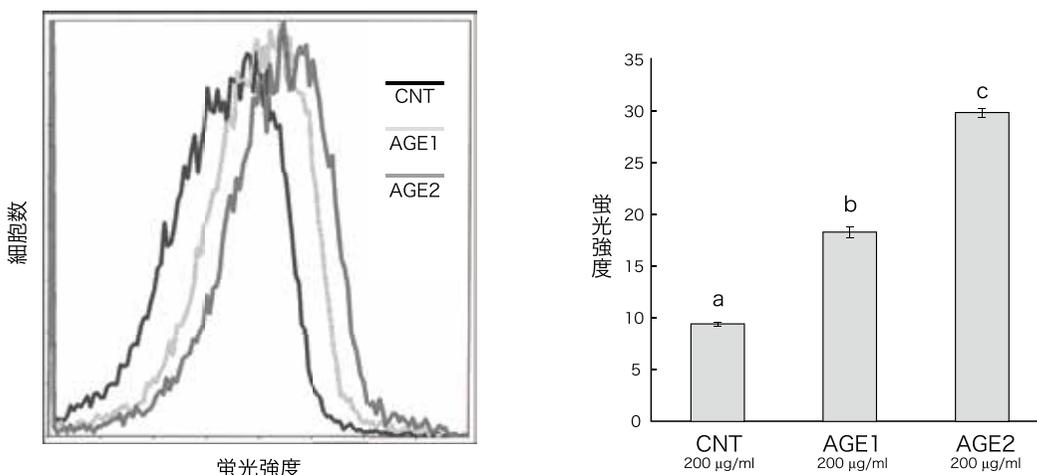


図4 ラット膵臓β細胞由来 RIN-5F 細胞における AGEs の ROS 産生促進作用 (AGEs and oxidative stress) (文献 15 より改変作成)

右図の値は平均値±標準誤差 (n=4) を示す。異なるアルファベットの付いた平均値間では統計学的に有意差のあることを示している。

4.1. ブドウやベリーのスチルベノイド

スチルベノイドの中でよく知られているのがレスベラトロール (resveratrol) である (図5)。ブドウ, ワイン, ブルーベリーなどに含まれている。これまでに抗糖尿病作用も含め多数の研究がなされ, 筆者らも抗癌作用²¹⁻²³⁾, 脂質代謝異常改善作用^{24, 25)} について報告してきた。そしてレスベラトロールは, インスリン非存在下でL6筋管細胞のグルコース取り込みを促進した¹⁵⁾。これは GLUT4 を筋細胞膜へ移行していることを示唆したので, 細胞膜マーカー酵素として Na⁺/K⁺-ATPase を用いて筋管細胞膜を分画し, 抗 GLUT4 抗体を用いる Western blotting 法により, 細胞膜への移行促進を確認した。細胞質から細胞膜への GLUT4 移行を促進するシグナル系として二つの経路が知られていることは既に述べたが, 同じく Western blotting 法により, レスベラトロールは AMPK のリン酸化 (=活性化) のみならず Akt のリン酸化も促進していた。すなわち, 全 AMPK (Akt) に占めるリン酸化 AMPK (Akt) の比 (p-AMPK/AMPK, p-Akt/Akt) がレスベラトロール処理によって

上昇した。この結果から, レスベラトロールは AMPK 経路と, インスリン経路の一部を介して GLUT4 の細胞膜移行を促進し, L6 筋管細胞のグルコース取り込みを上げていることが明らかとなった。さらに, レスベラトロールは RIN-5F 細胞において AGEs 誘導性の ROS 産生上昇やアポトーシスも抑制した¹⁵⁾。

細胞培養系 (*in vitro*) で効果が認められても, 動物個体レベル (*in vivo*) で効果があるとは限らない。そこで, レプチン受容体欠損により食欲抑制がかからず重篤な肥満性糖尿病を発症する db/db マウスにレスベラトロールを経口投与し, 血糖値の上昇を抑制するかどうか検討した。その結果, レスベラトロール投与によって血糖値の上昇は有意に抑制された¹⁵⁾。対照群とレスベラトロール投与群の間に食事摂取量の差はなかったため, レスベラトロールの血糖上昇抑制作用は食事摂取量低下によるのではなく, その「薬理」作用によるものと考えられた。レスベラトロールは, 糖尿病時の血清過酸化脂質 (thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS) やトリグリセリド (TG) 濃度の上昇をも有意に抑制し, 個体レベルで代謝症候群抑制的かつ抗酸化的に作用することがわかった。また, レスベラトロールは db/db マウス血清のインスリン濃度を上昇させる傾向を示し, 膵臓β細胞を酸化ストレスから保護している可能性も示唆された。このように, 重篤な2型糖尿病モデル db/db マウスにおいて抗糖尿病作用を示すレスベラトロールも, 生体内利用性が低く, 血中にとどまる時間が短いということが指摘されている²⁶⁾。実際, 培地へ直接添加した際には認められた癌細胞増殖抑制効果は, レスベラトロール投与後ラット血清では認められなくなったことを筆者らも経験している²¹⁾。一方, レスベラトロールに水酸基がもう一つ加わったピセアタンノール (図5) は, それを経口投与したラット血清の癌細胞増殖抑制効果の持続時間が長い

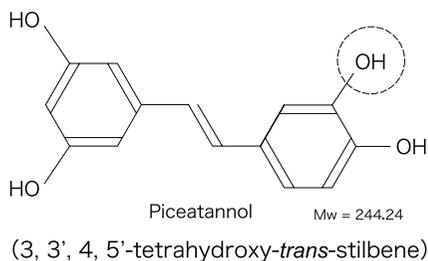
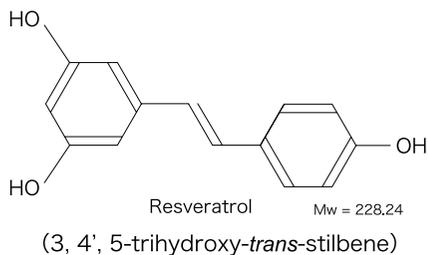


図5 レスベラトロール (上) とピセアタンノール (下) の構造

ことを認めている³⁾。また、*in vivo*における固形癌増殖抑制作用も最近見出した²⁷⁾。

そこで、次にピセアタンノールの抗糖尿病作用について検討した。ピセアタンノールもインスリン非存在下でL6筋管細胞のグルコース取り込みを促進した²⁸⁾。それはAMPKのリン酸化を介したGLUT4のL6筋管細胞膜移行促進に基づくことがWestern blotting法により確認できた。筆者らは、ラットGLUT4をコードするHaloTag[®]-glut4 expression vector (pFN21A-rat glut4)を作製し、これをL6筋芽細胞へ導入してGLUT4を高発現させ、ピセアタンノールがGLUT4の細胞質から細胞膜への移行を促進することを視覚的に初めて証明することに成功した²⁸⁾。そして、ピセアタンノールがdb/dbマウスの血糖値上昇を抑制すること、耐糖能異常を改善することを見出した。レスベラトロールとピセアタンノールは構造類似のステルベノイドであるが、研究報告数は圧倒的にレスベラトロールが多い。今後はピセアタンノールの研究も増加し、両者を用いたヒトでの介入試験が進むことを期待したい。

4-2. 大豆イソフラボン

日本人の伝統食品は、米、大豆、魚である。このうち大豆は、良質なタンパク質、脂質とともに、良く知られたポリフェノールである大豆イソフラボンを含んでいる(図6)。代表的イソフラボンであるゲニステインとダイゼイン(アグリコン名で表示する)が知られているが、食品中では、アグリコンに糖がC-O-C結合した配糖体として存在している(ゲニステチン、ダイジン)。ダイゼインは腸内細菌によってエクオールへ変換されて血液中へ移行するとされている。この変換はだれでも行われるわけではなく、アジア人で約50%、欧米人で20~30%程度の人々が「エクオール・プロデューサー」と言われている。興味深いことに、近年ある種の

発酵大豆食品中に、エクオールの存在が報告された²⁹⁾ので、「エクオール・ノンプロデューサー」も直接エクオールを摂取できるようになることが期待される。そこで、最近筆者らの行ったゲニステイン³⁰⁾、ダイゼイン³¹⁾そしてエクオール³²⁾の糖尿病と糖代謝に対する一連の作用研究を以下に記すこととする。

ゲニステイン³⁰⁾は、インスリン非存在下でL6筋管細胞によるグルコース取り込みを促進した。Na⁺/K⁺-ATPaseを細胞膜マーカー酵素として筋管細胞膜を分画し、Western blotting法によりGLUT4の細胞膜移行を確認できた。さらに、上記HaloTag[®]-glut4 expression vectorのL6筋芽細胞への導入法により、視覚的にもGLUT4の細胞膜移行が確認できた⁸⁾。次に、各種情報伝達酵素の阻害剤を用いてゲニステインのグルコース取り込み促進作用に対する作用を検討したところ、AMPK阻害剤、N-acetylglucosaminidase阻害剤がゲニステインのグルコース取り込み促進作用を抑制した。これらのことから、ゲニステインは少なくとも「AMPK活性化を介してGLUT4の細胞膜移行を促進すること」および「N-アセチルグルコサミンによるセリン/スレオニン残基への糖付加抑制を介した標的タンパク質のリン酸化促進」の二つの機序によってグルコース取り込みを促進していることが示唆された。ゲニステイ

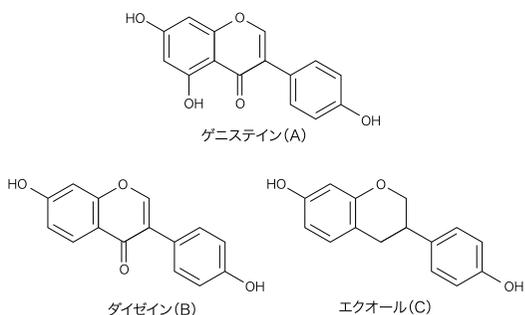


図6 ゲニステイン (A)、ダイゼイン (B) およびエクオール (C) の構造

ンはエストロゲン作用を有するとされるが、その受容体 (ER) アンタゴニストを用いてもゲニステインのグルコース取り込み促進作用は消失せず、エストロゲンそのものを L6 筋管細胞に作用させてもグルコース取り込みは上昇しなかった。したがって、ここではゲニステイン(そしておそらくダイゼインとエクオール) のエストロゲン様作用は関係してないと考えられる。次に、2 型糖尿病モデル KK-Ay マウスにゲニステイン含有標準 20% カゼイン食 (AIN-93 処方) を 5 週間摂取させ、血糖上昇に対する作用を標準 20% カゼイン食摂取 KK-Ay マウスと比較した。その結果、ゲニステインは血糖上昇を抑制し、さらに尿糖排泄も抑制することが明らかとなった。

ダイゼイン³¹⁾ も、インスリン非存在下で L6 筋管細胞によるグルコース取り込みを促進し、ゲニステインと同様に AMPK のリン酸化を促進した。また、GLUT4 の細胞膜移行を促進することが Western blotting 法と可視化法の両方で確認できた。動物実験において、ゲニステインと同様 KK-Ay マウスの血糖上昇抑制作用と尿糖排泄抑制作用を有することが明らかとなった。また、db/db マウスにおいて血糖上昇抑制作用とともに、後肢筋の AMPK リン酸化促進作用が認められた。後者の知見は、*in vitro* の結果が *in vivo* でも再現できたことを示しており、L6 筋管細胞によるグルコース取り込み機能検定系が適切であることを物語っている。

エクオール³²⁾ も、インスリン非存在下で L6 筋管細胞によるグルコース取り込みを促進した。ただし、0.25 - 1 μ M でグルコース取り込みを促進し、その有効濃度はゲニステインやダイゼインに比べて極めて低かった。AMPK のリン酸化を介した GLUT4 の細胞膜移行促進機構はダイゼインと同様であった。個体レベルでの有効性は、これまでとは異なる ob/ob マウスで検討した。このマウスは食欲調節物質レプチン

に変異があり、食欲抑制がかからない結果、肥満、脂肪肝そして 2 型糖尿病を発症する。エクオールは、ob/ob マウスにおける血糖上昇を抑制し、耐糖能異常を改善した。肝臓の TG レベルは正常マウスに比べ糖尿病対照 ob/ob マウスで有意に上昇したが、エクオールはこの上昇を有意に抑制し、抗脂肪肝作用を示した。肝臓の糖質代謝関連酵素遺伝子の発現レベルを測定したところ、糖新生関連酵素 (PEPCK, G6Pase)、グリコーゲン分解関連酵素 (LGP) の mRNA 発現レベルは正常マウスに比べ糖尿病対照 ob/ob マウスで有意に上昇し、逆にグリコーゲン合成関連酵素 (GS) の mRNA 発現レベルは有意に低下した。エクオールはこれらの変動を正常化する方向に作用した。

このように、大豆イソフラボンは抗糖尿病作用を有することが実験的には強く示唆された。私たちは長年にわたって大豆由来食品の成分としこれらを摂取しているが、今後ヒトでの有効性や適切な摂取量の検討が待たれる。

4-3. 飲料中の抗糖尿病成分について

茶、コーヒーなどの飲料 (beverage) には、ポリフェノールを含む多様なファイトケミカルが含まれている。コーヒー、緑茶、ココアなどの成分の作用については、別の文献を参照されたい⁸⁾。ここでは、最近わが国でも知られるようになったルイボス茶について紹介したい。南アフリカ特産の植物 *Aspalathus linearis* から生産される発酵茶 (ルイボス茶) は乳児痙攣 (infantile colic) を緩和することが 1960 年代後半にわかり、その効果が知られるようになった³³⁾。ルイボス茶はカフェインを含まない。その主要な成分の一つはアスパラチン (aspalathin, ASP) で、C-glucoside dihydrochalcones に分類される特徴的な構造を有している (図 7)。非発酵のグリーンルイボス茶はアスパラチン含量が高いことが知られている。

表1 2型糖尿病モデル ob/ob マウス肝臓における糖代謝関連酵素遺伝子発現に対するアスパラチンの作用

測定項目	正常群	糖尿病対照群	糖尿病 ASP 群
PEPCK	1.00 ^a	1.67 ^b	0.80 ^a
G6Pase	1.00 ^a	1.44 ^a	1.14 ^a
GS	1.00 ^a	0.67 ^b	0.98 ^a
LGP	1.00 ^a	1.57 ^b	1.00 ^a

正常群を 1.00 としたときの相対値で示した。異なるアルファベットの付いた数値間では統計学的に有意差 ($p < 0.05$) のあることを示している。略号: PEPCK, phosphoenolpyruvate carboxykinase; G6Pase, glucose-6-phosphatase; GS, glycogen synthase; LGP, liver glycogen phosphorylase. (文献 34 より作成)

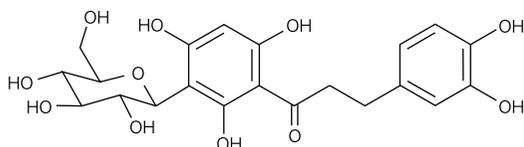


図7 アスパラチンの構造

アスパラチンは、用量依存的にインスリン非存在下で L6 筋管細胞によるグルコース取り込みを促進し¹⁴⁾、スチルベノイドやイソフラボンと同様に Western blotting 法による AMPK リン酸化の促進と可視化法による GLUT4 の細胞膜移行促進が確認できた (Akt のリン酸化には影響を与えなかった)³⁴⁾。また、アスパラチンは RIN-5F 細胞からのインスリン分泌を促し¹⁴⁾、AGEs 誘導性の ROS 産生上昇も抑制した³⁴⁾。さらに、db/db マウス¹⁴⁾ と ob/ob マウス³⁴⁾ の両者で血糖値の上昇を抑制し、耐糖能異常を改善した。正常マウスに比べ ob/ob マウスでは血清と肝臓の TG レベルおよび血清 TBARS レベルがいずれも有意に上昇するが、アスパラチン投与によってこれらの上昇は有意に抑制された³⁴⁾。正常マウスに比べ ob/ob マウスでは、インスリン抵抗性を改善する血清中アディポネクチンレベルは低下し、逆にインスリン抵抗性を誘導する血清中の腫瘍壊死因子- α (TNF- α) レベルは上昇するが、アスパラチン投与によってこれらの値は正常化した。すなわち、アスパラチンは作用が相反する二つのアディポカイン産生に対しても抗糖尿病的に作用することが明らかとなった³⁴⁾。肝臓の糖質代謝関連酵素

遺伝子の発現レベルを測定したところ、糖新生関連酵素 (PEPCK, G6Pase)、グリコーゲン分解関連酵素 (LGP) の mRNA 発現レベルは正常マウスに比べ糖尿病対照 ob/ob マウスで上昇し、逆にグリコーゲン合成関連酵素 (GS) の mRNA 発現レベルは低下した。アスパラチンはこれらの変動を正常化する方向に作用した (表 1)。すなわち、アスパラチンは糖新生とグリコーゲン分解を抑え、グリコーゲン合成を高めて血液中へのグルコース供給を抑制し、糖尿病時の高血糖状態を正常化するように肝臓糖質代謝関連酵素遺伝子の発現レベルを調節しているとも言い換えられる。表 1 には示していないが、脂肪酸合成関連酵素遺伝子発現レベルも、正常マウスに比べ糖尿病対照 ob/ob マウス肝臓で上昇していたが、アスパラチンはこれらの上昇を抑制する方向に作用し、抗脂肪肝作用を示すものと考えられた³⁴⁾。アスパラチンはこのほかにも、多様な保健作用が報告されるようになってきた。今後さらなる研究の展開が期待される。

4-4. アスパラチンの血糖値調節作用と運動に関する一考察

最後に、血糖値調節物質と運動との関係について、仮説の域を出ないが若干考察してみたい。AMPK を活性化する物質は、筋肉収縮/運動を行っていることと類似性をもつと考え、アスパラチンを選んで運動持久力と糖代謝に関する予備的試験を行った。正常な ICR マウスを 2 群に分け、標準 20% カゼイン食 (対照群, CNT)

またはこれにアスパラチンを添加した標準20%カゼイン食（アスパラチン群，ASP）を摂取させた。高さ50 cm，直径100 cm，水温33-34℃（皮膚表面温度），水深約40 cmになるようにぬるま湯を入れた水槽中で週1回，尾に体重の10%のおもりをつけて負荷をかけ，疲労困憊まで泳がせその遊泳時間を測定した。疲労困憊の定義はマウスが水面下に7秒間沈んだ時点とした。その結果，飼育3および4週目（28日目）では，

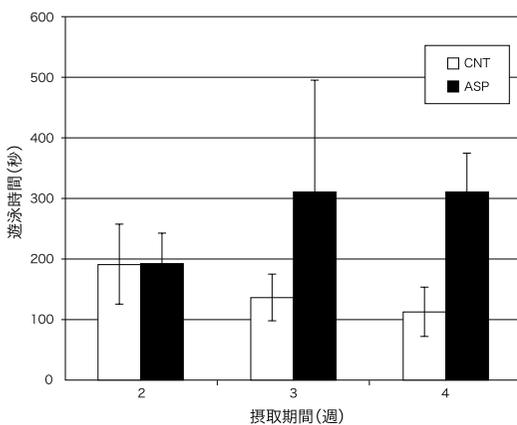


図8 ICRマウスの遊泳時間に対するアスパラチン(ASP)の影響

それぞれの値は平均値±標準誤差を示す。 $n=16$ (対照群, CNT) または $n=14$ (アスパラチン群, ASP)。(Kamakura R, et al., unpublished observations)

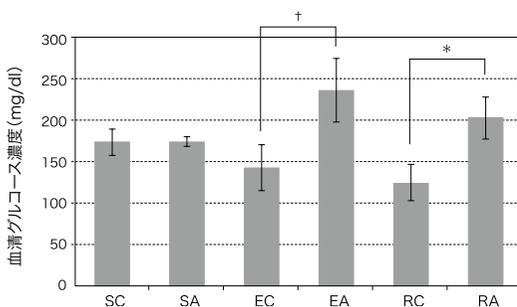


図9 非運動，運動直後，運動後休息マウスの血清グルコース濃度に対するアスパラチンの影響

略号：SC；sedentary control mice ($n=6$)，SA；sedentary ASP-treated mice ($n=4$)，EC；control mice immediately after 30 min swimming ($n=5$)，EA；ASP-treated mice immediately after 30 min swimming ($n=5$)，RC；control mice rested for 30 min after 30 min swimming ($n=5$)，RA；ASP-treated mice rested for 30 min after 30 min swimming ($n=5$)。Each value represents the mean \pm SEM. †； $p < 0.10$ ，*； $p < 0.05$ 。(Kamakura R, et al., unpublished observations)

有意差はないものの対照群に比べアスパラチン群の遊泳時間が延長する様相を呈した(図8)。飼育30日目に，28日目の遊泳時間をもとにして対照群とアスパラチン群をそれぞれ3群に分けた。すなわち，遊泳運動なし(sedentary, S)，無負荷で30分間遊泳運動(exercise, E)，無負荷で30分間遊泳後30分休息(resting, R)の3群とし，それぞれに対照群(control, C)とアスパラチン群(aspalathin, A)を設けた(SC-SA, EC-EA, RC-RA)。血清グルコース濃度を測定したところ，非運動時ではアスパラチンは血糖値に影響しないことがわかった(図9；SC-SA)。アスパラチンは，糖尿病状態では血糖値上昇を抑制するが，正常時では血糖値に影響しないことを意味している。つまり，正常時に低血糖を引き起こす危険性はないことを示している。運動直後あるいは運動して30分間休息した後では，非運動時に比べて血糖値は低下する様相を示すが，アスパラチンはその低下を防ぐ方向へ作用する結果が得られた(図9；EC-EA, RC-RA)。肝臓は糖新生やグリコーゲン分解によって血糖の供給源となるので，グルコースの貯蔵形態である肝臓グリコーゲン含量を測定したところ，非運動，運動直後，運動後休息時のいず

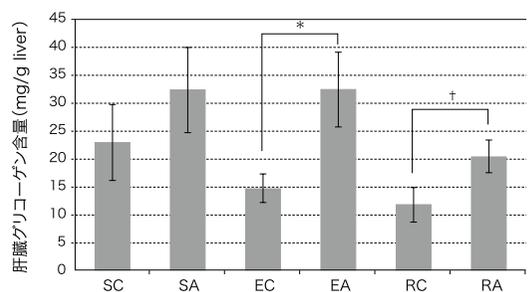


図10 非運動，運動直後，運動後休息マウスの肝臓グリコーゲン含量に対するアスパラチンの影響

れにおいても、アスパラチンはグリコーゲン含量を増加させる方向に作用していた(図10)。これはアスパラチン投与 ob/ob マウスで見られた肝臓での GS と LGP 遺伝子発現の動き(表1)とよく相関する結果である。この肝臓内の豊富な貯蔵グリコーゲンが運動直後と運動休息後の血糖値低下傾向を防ぐ源の一つである可能性が考えられる(図9; EC-EA, RC-RA)。今後、運動試験法の改良とそれを用いたアスパラチンをはじめとする AMPK 活性化ファイトケミカルの研究が蓄積されることを期待したい。

4-5. 標的分子の同定に関して

話は横道にそれるが、レスベラトロールやピセアタンノールの直接のターゲットは何なのかに関する興味深い知見が Park ら(2012)によって報告されている¹⁰⁾。例えば、レスベラトロールは AMPK のリン酸化により活性化して GLUT4 を細胞膜へ移行し、グルコース取り込みを促進するが、それは現象を見ているだけで、本質的なことはわからない。Park ら

は、レスベラトロールが筋細胞内のフォスフォジエステラーゼ(PDE)を直接阻害し(図1)、cAMPの分解を抑制してその濃度が高まると Epac1(cAMP effector protein)に結合し、その後Ca²⁺濃度上昇等を介してAMPKを活性化し、GLUT4の細胞膜移行を高めてグルコース取り込みを促進する過程を綿密に証明している。Parkらの報告は、ピセアタンノールをはじめ、本稿で述べたファイトケミカルの直接標的が何であるかを同定する際に、大いに参考となるであろう。

おわりに

動物実験からヒトへの有効投与量を推定するのは容易ではない。Reagan-Shawら³⁵⁾によると、マウスの有効投与量の8分の1(1/8)から12分の1(1/12)がヒトのそれに相当するとしている。今後のヒトにおける可食性ファイトケミカルの適切な有効量を推定する際の、貴重な情報となるであろう。

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

- 1) Maruthur NM. The growing prevalence of type 2 diabetes: increased incidence or improved survival? *Curr Diab Rep.* **13**(6):786-794, 2013.
- 2) 石田 均: 糖尿病の食事療法の新たな展開, 月刊糖尿病, **4**(1): 111-120, 2012.
- 3) 矢ヶ崎 一三: 食品成分の抗糖尿病作用, 月刊糖尿病, **4**(12): 125-133, 2012.
- 4) Saltiel AR, Kahn CR. Insulin signalling and the regulation of glucose and lipid metabolism. *Nature.* **414**(6865): 799-806, 2001.
- 5) Towler MC, Hardie DG. AMP-activated protein kinase in metabolic control and insulin signaling. *Circ Res.* **100**(3):328-341, 2007.
- 6) Hardie DG. AMP-activated protein kinase: a key system mediating metabolic responses to exercise. *Med Sci Sports Exerc.* **36**(1):28-34, 2004.
- 7) Zou MH, Kirkpatrick SS, Davis BJ, et al. Activation of the AMP-activated protein kinase by the anti-diabetic drug metformin *in vivo*. Role of mitochondrial reactive nitrogen species. *J Biol Chem.* **279**(42):43940-43951, 2004.
- 8) Yagasaki K. Anti-diabetic phytochemicals that promote GLUT4 translocation via AMPK signaling in muscle cells. *Nutr Aging.* **2**(1):35-44, 2014.
- 9) Huang S, Czech MP. The GLUT4 glucose transporter. *Cell Metab.* **5**(4):237-252, 2007.
- 10) Park SJ, Ahmad F, Philp A, et al. Resveratrol ameliorates aging-related metabolic phenotypes by inhibiting cAMP phosphodiesterases. *Cell.* **148**(3):421-433, 2012.
- 11) Buse MG, Reid SS. Leucine. A possible regulator of protein turnover in muscle. *J Clin Invest.* **56**(5):1250-1261,

- 1975.
- 12) Nishitani S, Matsumura T, Fujitani S, *et al.* Leucine promotes glucose uptake in skeletal muscles of rats. *Biochem Biophys Res Commun.* **299**(5):693-696, 2002.
 - 13) Yagasaki K, Morisaki N, Kitahara Y, *et al.* Involvement of protein kinase C activation in L-leucine-induced stimulation of protein synthesis in L6 myotubes. *Cytotechnology.* **43**(1-3):97-103, 2003.
 - 14) Kawano A, Nakamura H, Hata S, *et al.* Hypoglycemic effect of aspalathin, a rooibos tea component from *Aspalathus linearis*, in type 2 diabetic model db/db mice. *Phytomedicine.* **16**(5):437-443, 2009.
 - 15) Minakawa M, Kawano A, Miura Y, Yagasaki K. Hypoglycemic effect of resveratrol in type 2 diabetic model db/db mice and its actions in cultured L6 myotubes and RIN-5F pancreatic β -cells. *J Clin Biochem Nutr.* **48**(3):237-244, 2011.
 - 16) Wautier JL, Guillausseau PJ. Advanced glycation end products, their receptors and diabetic angiopathy. *Diabetes Metab.* **27**(5 Pt 1):535-542, 2001.
 - 17) Fiorentino TV, Prioletta A, Zuo P, Folli F. Hyperglycemia-induced oxidative stress and its role in diabetes mellitus related cardiovascular diseases. *Curr Pharm Des.* **19**(32):5695-5703, 2013.
 - 18) Miele C, Riboulet A, Maitan MA, *et al.* Human glycated albumin affects glucose metabolism in L6 skeletal muscle cells by impairing insulin-induced insulin receptor substrate (IRS) signaling through a protein kinase C alpha-mediated mechanism. *J Biol Chem.* **278**(48):47376-47387, 2003.
 - 19) Unoki H, Bujo H, Yamagishi S, *et al.* Advanced glycation end products attenuate cellular insulin sensitivity by increasing the generation of intracellular reactive oxygen species in adipocytes. *Diabetes Res Clin Pract.* **76**(2):236-244, 2007.
 - 20) Kume S, Kato S, Yamagishi S, *et al.* Advanced glycation end-products attenuate human mesenchymal stem cells and prevent cognate differentiation into adipose tissue, cartilage, and bone. *J Bone Miner Res.* **20**(9):1647-1658, 2005.
 - 21) Kozuki Y, Miura Y, Yagasaki K. Resveratrol suppresses hepatoma cell invasion independently of its anti-proliferative action. *Cancer Lett.* **167**(2):151-156, 2001.
 - 22) Miura D, Miura Y, Yagasaki K. Restoration by prostaglandins E₂ and F_{2 α} of resveratrol-induced suppression of hepatoma cell invasion in culture. *Cytotechnology.* **43**(1-3):155-159, 2003.
 - 23) Miura D, Miura Y, Yagasaki K. Resveratrol inhibits hepatoma cell invasion by suppressing gene expression of hepatocyte growth factor via its reactive oxygen species-scavenging property. *Clin Exp Metastasis.* **21**(5):445-451, 2004.
 - 24) Nihei T, Miura Y, Yagasaki K. Inhibitory effect of resveratrol on proteinuria, hypoalbuminemia and hyperlipidemia in nephritic rats. *Life Sci.* **68**(25):2845-2852, 2001.
 - 25) Miura D, Miura Y, Yagasaki K. Hypolipidemic action of dietary resveratrol, a phytoalexin in grapes and red wine, in hepatoma-bearing rats. *Life Sci.* **73**(11):1393-1400, 2003.
 - 26) Kwon JY, Seo SG, Heo YS, *et al.* Piceatannol, natural polyphenolic stilbene, inhibits adipogenesis via modulation of mitotic clonal expansion and insulin receptor-dependent insulin signaling in early phase of differentiation. *J Biol Chem.* **287**(14):11566-11578, 2012.
 - 27) Kita Y, Miura Y, Yagasaki K. Antiproliferative and anti-invasive effect of piceatannol, a polyphenol present in grapes and wine, against hepatoma AH109A cells. *J Biomed Biotechnol.* **2012**:672416, 2012.
 - 28) Minakawa M, Miura Y, Yagasaki K. Piceatannol, a resveratrol derivative, promotes glucose uptake through glucose transporter 4 translocation to plasma membrane in L6 myocytes and suppresses blood glucose levels in type 2 diabetic model db/db mice. *Biochem Biophys Res Commun.* **422**(3):469-475, 2012.
 - 29) Abiru Y, Kumemura M, Ueno T, *et al.* Discovery of an S-equol rich food stinky tofu, a traditional fermented soy product in Taiwan. *Int J Food Sci Nutr.* **63**(8):964-970, 2012.
 - 30) Ha BG, Nagaoka M, Yonezawa T, *et al.* Regulatory mechanism for the stimulatory action of genistein on glucose uptake *in vitro* and *in vivo*. *J Nutr Biochem.* **23**(5):501-509, 2012.
 - 31) Cheong SH, Furuhashi K, Ito K, *et al.* Daidzein promotes glucose uptake through glucose transporter 4

- translocation to plasma membrane in L6 myocytes and improves glucose homeostasis in type 2 diabetic model mice. *J Nutr Biochem. in press*. doi: 10.1016/j.jnutbio.2013.09.012
- 32) Cheong SH, Furuhashi K, Ito K, *et al*. Antihyperglycemic effect of equol, a daidzein derivative, in cultured L6 myocytes and ob/ob mice. *Mol Nutr Food Res. in press*. doi: 10.1002/mnfr.201300272
- 33) Joubert E, Gelderblom WC, Louw A, de Beer D. South African herbal teas: *Aspalathus linearis*, *Cyclopia* spp. and *Athrixia phylicoides*--a review. *J Ethnopharmacol.* **119**(3):376-412, 2008.
- 34) Son MJ, Minakawa M, Miura Y, Yagasaki K. Aspalathin improves hyperglycemia and glucose intolerance in obese diabetic ob/ob mice. *Eur J Nutr.* **52**(6):1607-1619, 2013.
- 35) Reagan-Shaw S, Nihal M, Ahmad N. Dose translation from animal to human studies revisited. *FASEB J.* **22**(3):659-661, 2008.

リンゴやバナバ葉に含まれる コロソリン酸 (Corosolic acid) の新規機能性： マクロファージ活性化制御作用による癌予防効果と癌治療への応用の可能性

藤原 章雄 (FUJIWARA Yukio) *1 池田 剛 (IKEDA Tsuyoshi) *2
竹屋 元裕 (TAKEYA Motohiro) *1 菰原 義弘 (KOMOYAMA Yoshihiro) *1

*1 熊本大学大学院生命科学研究部細胞病理学分野, *2 崇城大学薬学部生薬学

Key Words：コロソリン酸・リンゴ・バナバ・マクロファージ・癌・抗腫瘍効果

はじめに

マクロファージは体内の老廃物の処理や、病原菌に対する防御機能を担っている。その一方で、過剰なマクロファージの活性化は、逆に多くの疾患の発症に関わることも知られている。近年、マクロファージの活性化機構には、古典的活性化経路とオルタナティブ活性化経路が存在することが知られている^{1,2)}。すなわち Th1 タイプのサイトカインでの刺激により炎症惹起性に機能する古典活性化マクロファージ (M1 マクロファージ) と、Th2 タイプのサイトカイン刺激により抗炎症性、組織修復性に機能するオルタナティブ活性化マクロファージ (M2 マクロファージ) の 2 種類に大別されている^{1,2)}。このようなマクロファージの活性化の違いは、様々な病態形成と深く関連するため、マクロファージの活性化制御が疾病の予防や治療に有効であると考えられている。腫瘍組織においては、M2 マクロファージが腫瘍血管の形成促進や IL-10, PGE₂ 等の免疫抑制分子を産生することで抗腫瘍免疫の抑制に関与している³⁾。一方、M1 マクロファージは、抗腫瘍免疫を活性化することで腫瘍の増殖を抑制することが知られている。例えば、IL-4, IL-13, STAT3/6 を欠損し

たマウスでは、腫瘍組織での M2 マクロファージへの分化が抑制され、M1 マクロファージの割合が増えるため、結果的に癌の発育・転移が抑制されると報告されている⁴⁾。つまり、M2 マクロファージは抗腫瘍免疫を抑制することで腫瘍増殖に関与しており、一方、M1 マクロファージは抗腫瘍免疫を活性化することで、腫瘍の増殖を抑制することが知られている。ゆえに、腫瘍内浸潤マクロファージの活性化状態を M2 から M1 に変換することができれば癌の予防や治療につながると考えられている。そこで、我々はマクロファージの活性化制御を癌に対する予防・治療戦略として位置づけ、マクロファージの活性化を制御する天然化合物のスクリーニングを行ったところ候補化合物としてコロソリン酸 (Corosolic acid : CA) を同定した。

コロソリン酸は、リンゴやバナバ葉に含まれるトリテルペノイド化合物であり、インスリンと同様に血糖値を低下させる作用や抗肥満作用、抗酸化作用が報告されており⁵⁻⁷⁾、現在ではコロソリン酸を含有したサプリメントも数多く販売されている。本稿では、このコロソリン酸の新たな機能としてマクロファージの活性化制御を介した抗癌作用について紹介する^{8,9)}。

1. コロソリン酸のマクロファージ活性化制御作用

マクロファージに発現するヘモグロビン-ハプトグロビンスカベンジャー受容体として知られる CD163 は M2 マクロファージの細胞表面マーカーとして知られている¹⁰⁾。通常、CD163 の発現は、マクロファージの M2 活性化を誘導する IL-10 や癌細胞の培養上清刺激により顕著

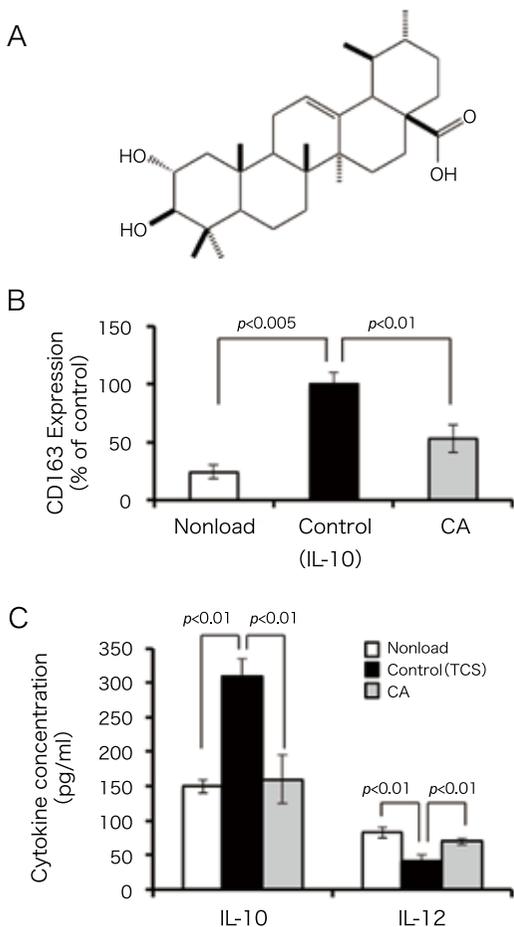


図1 コロソリン酸 (CA) のマクロファージ活性化マーカー発現に対する作用

A: CA の化学構造

B: CD163 (M2 マーカー) の発現に対する CA の作用

C: IL-10 (M2 マーカー) および IL-12 (M1 マーカー) の分泌に対する CA の作用

に増加するため CD163 の発現がマクロファージの M2 活性化を示す有効な指標となる。そこで、マクロファージにおける CD163 の発現を簡便かつ迅速に測定できる Cell-ELISA を確立し、コロソリン酸 (CA) のマクロファージの活性化に対する作用を評価した。図 1B に示すように、IL-10 がマクロファージの CD163 の発現を誘導する条件下にコロソリン酸を添加すると、CD163 の発現が抑制された。また、マクロファージのサイトカイン分泌に対する作用を ELISA にて評価したところ、コロソリン酸は癌細胞の培養上清刺激により誘導される M2 活性化に伴う IL-10 (M2 マーカーサイトカイン) の分泌増加を抑制し、一方、M2 活性化に伴う IL-12 (M1 マーカーサイトカイン) の分泌低下を改善した (図 1B, 1C)。以上より、コロソリン酸はマクロファージの活性化状態を M2 から M1 にシフトすることが示唆された。

2. コロソリン酸のマクロファージ活性化制御メカニズム

STAT3 (Signal transducer and activator of transcription-3) や NF- κ B (Nuclear factor- κ B) は、マクロファージの活性化の調節に関与していることが知られている^{3, 11-13)}。STAT3 は、主に細胞質に存在し、遺伝子の転写を調節する役割を有する潜在的遺伝子調節タンパクであり、この STAT3 の活性化がマクロファージのオルタナティブ活性化 (M2 活性化) に関与している^{3, 11, 12)}。一方、Nuclear factor- κ B (NF- κ B) は、rel homology domain をもつタンパク質で、p50/p105, p52/p100, RelA (p65), c-Rel, RelB の 5 種類の NF- κ B ファミリーが知られており^{13, 14)}、NF- κ B も STAT3 と同様にマクロファージのオルタナティブ活性化 (M2 活性化) に関与している。コロソリン酸によってこれらの転写因子の活性化が制御されている可能性が考えられた

ため、コロソリン酸の STAT3 および NF- κ B の活性化に対する作用を検討した。方法としては、IL-10 や癌細胞培養上清 (TCS: Tumor Culture Supernatant) により誘導されるマクロファージの STAT3 および NF- κ B の活性化に対する作用をウエスタンブロット法にて評価した。図 2 に示すように、IL-10 および癌細胞培養上清による刺激にて STAT3 ならびに NF- κ B の活性化が誘導される条件下において、コロソリン酸 (CA) は STAT3 および NF- κ B の活性化を顕著に抑制した。ゆえに、コロソリン酸は、STAT3 ならびに NF- κ B の活性化を抑制することで、マクロファージの活性化状態を M2 から M1 にシフトしていることが示唆された。

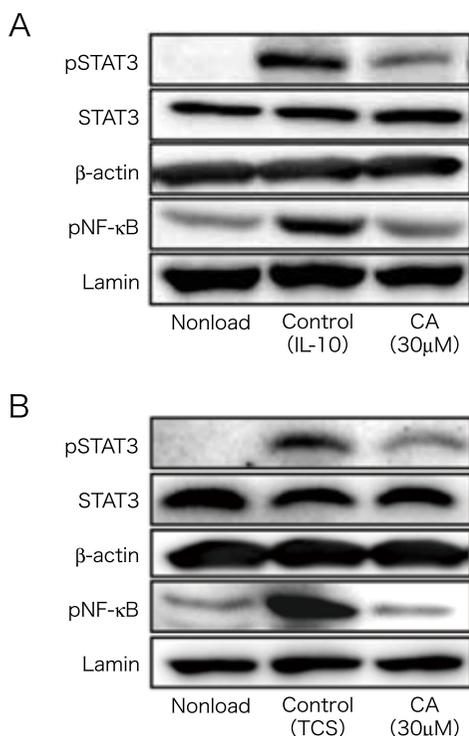


図 2 コロソリン酸 (CA) のマクロファージの STAT3 および NF- κ B の活性化に対する作用

A: IL-10 刺激による STAT3 および NF- κ B の活性化に対する作用

B: TCS 刺激による STAT3 および NF- κ B の活性化に対する作用

3. コロソリン酸の癌細胞に対する直接作用

前述した通り、コロソリン酸のマクロファージの活性化制御作用には、STAT3 ならびに NF- κ B の活性化抑制が関わっていることが明らかとなったが、これら STAT3 や NF- κ B は、癌細胞においては、細胞の生存や増殖にも関わっている¹¹⁻¹³⁾。近年では、NF- κ B や STAT3 が抗癌剤の新たな標的分子としても注目されており¹⁵⁾、NF- κ B 阻害剤や STAT3 阻害剤の開発も活発に行われている。そこで、コロソリン酸の癌細胞における STAT3 および NF- κ B の活性化に対する作用を検討した。

本研究では、ヒト由来癌細胞株 (U373 ヒトグリオーマ細胞株, SaOS2 ヒト骨肉腫細胞株) を用いて、これら細胞株における STAT3 および NF- κ B の活性化に対するコロソリン酸の作用をウエスタンブロット法により評価した。その結果、コロソリン酸は STAT3 の活性化に対しては、グリオーマ細胞ならびに骨肉腫細胞共に、その活性化を顕著に抑制し、一方、NF- κ B の活性化に対してはグリオーマ細胞のみ抑制した (図 3)。次に、コロソリン酸の直接的な癌細胞の増殖に対する作用を検討するため、コロソリン酸を添加し 24 時間後の細胞増殖に対する作用を WST-8 assay にて評価した。その結果、コロソリン酸は、グリオーマ細胞株ならびに骨肉腫細胞株の細胞増殖を濃度依存的に抑制した (図 4)。

上記の *in vitro* 試験の結果から、コロソリン酸は STAT3 または NF- κ B の活性化を抑制することで、マクロファージの活性化状態を M2 から M1 にシフトさせる作用ならびに、癌細胞の増殖を抑制する作用を有することが明らかとなった。つまり、コロソリン酸はマクロファージならびに癌細胞の両方に作用することで、生体においても効率的に癌の進展や転

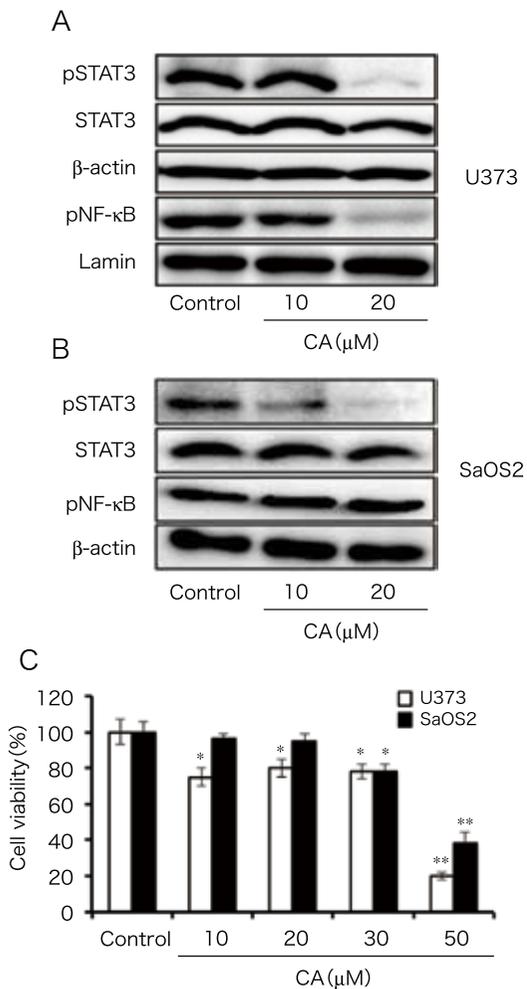


図3 コロソリン酸 (CA) の癌細胞に対する作用

- A: ヒトグリオーマ細胞株 (U373) の STAT3 および NF-κB の活性化に対する作用
- B: ヒト骨肉腫細胞株 (SaOS2) の STAT3 および NF-κB の活性化に対する作用
- C: U373 および SaOS2 の細胞増殖に対する作用 * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. control

移を抑制する有用な天然化合物である可能性が示唆された。

4.

コロソリン酸の骨肉腫移植モデルマウスに対する抗腫瘍作用

前述したように、コロソリン酸は *in vitro* モデルにおいて有効性が確認されたため、次に、

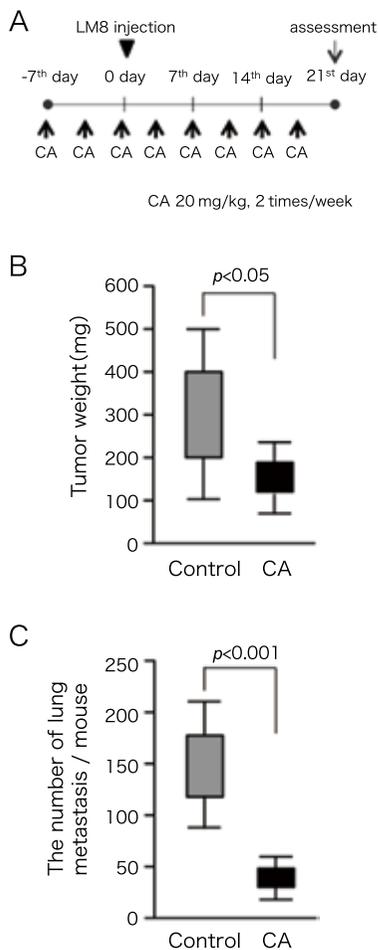


図4 コロソリン酸 (CA) のマウス骨肉腫 LM8 移植モデルマウスに対する効果

- A: 実験スケジュール
- B: 皮下腫瘍重量
- C: 腫瘍の肺転移数

コロソリン酸の *in vivo* における効果を検討する目的で、マウス骨肉腫 LM8 移植モデルマウスにおける効果を評価した。方法としては、C3H/He マウスにコロソリン酸 (20 mg/kg) の経口投与を2回行った後、高肺転移株である LM8 細胞を皮下移植した。その後、1週間に2回のコロソリン酸 (20 mg/kg) の経口投与を続け、皮下移植3週後に評価を行った (図4A)。その結果、コロソリン酸投与群では、コントロール群と比較して有意に皮下腫瘍重量が減

少し (図 4B), また, 腫瘍の肺転移も有意に抑制された (図 4C)。ゆえに, コロソリン酸は *in vivo* においても有効性を示すことが明らかとなった。

また, 組織学的解析から, コロソリン酸投与により皮下腫瘍内の pSTAT3 陽性細胞数の減少が認められたことから, コロソリン酸は *in vivo* においても STAT3 の活性化を抑制することが明らかとなった (図 5A)。さらに, コロソリン酸投与群では, 皮下腫瘍における CD4 陽性 T 細胞数 (図 5B) ならびに CD8 陽性 T 細胞数 (図 5C) が増加したことから, コロソリン酸はマクロファージの活性化制御のみならず, その他の免疫関連細胞にも作用することで抗腫瘍免疫を活性化することが示唆された。そこで, 最近注目されている細胞であり T 細胞の抑制に働くと考えられる myeloid-derived suppressor cell (MDSC) ¹⁶⁻¹⁸⁾ に対する作用についても評価することにした。その結果, コロソリン酸の投与は, 脾臓ならびに骨髄における MDSC の数には影響を与えなかったが (図 6A), MDSC の T 細胞抑制能を低下させた (図 6B)。つまり, コロソリン酸は MDSC の活性化を抑制することで, 生体内における T 細胞主体の抗腫瘍免疫を賦活化することが示唆された。

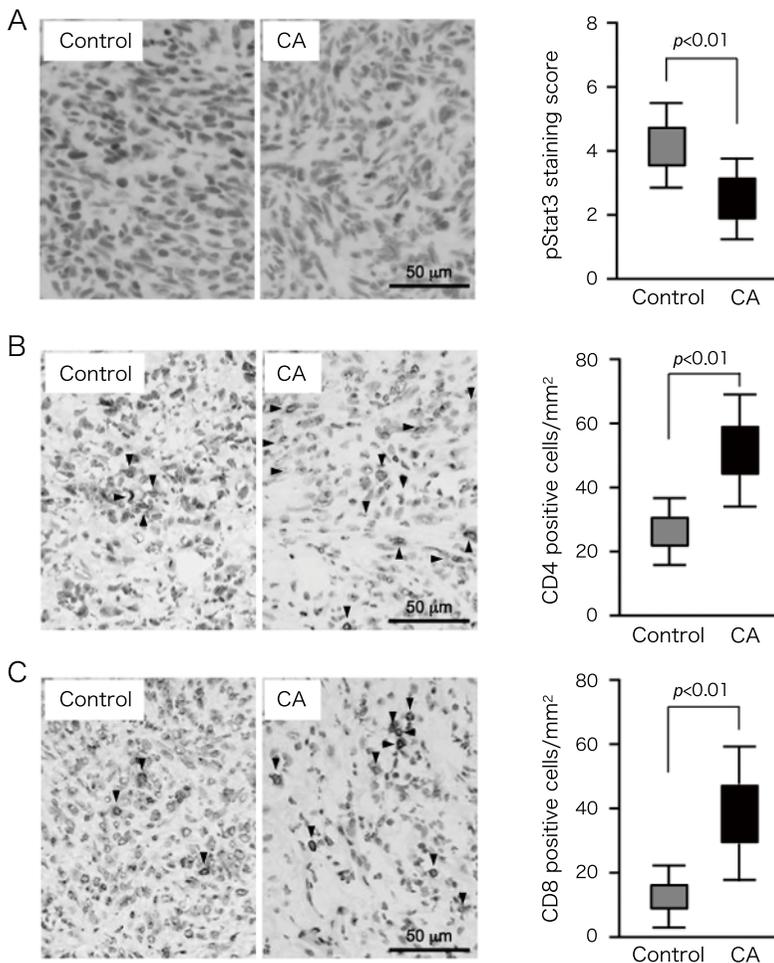


図 5 コロソリン酸 (CA) のマウス骨肉腫 LM8 移植モデルマウスに対する効果

- A : 皮下腫瘍中の pSTAT3 陽性細胞数
- B : 皮下腫瘍中の CD4 陽性細胞数
- C : 皮下腫瘍中の CD8 陽性細胞数

おわりに

コロソリン酸は, 健康茶として用いられているバナバ葉やリンゴ果実に含まれるトリテルペノイド化合物である。コロソリン酸の効能としては, 抗糖尿病作用がよく知られており, コロソリン酸は細胞内にグルコースを取り込むグルコーストランスポーターである GLUT4 の働きを促進することで糖代謝を改善することが知られている⁵⁾。現在では, 糖尿病の予防を期待したコロソリン酸含有サプリメントも数多く販売されており, 一般的に良く知られる天然物由来

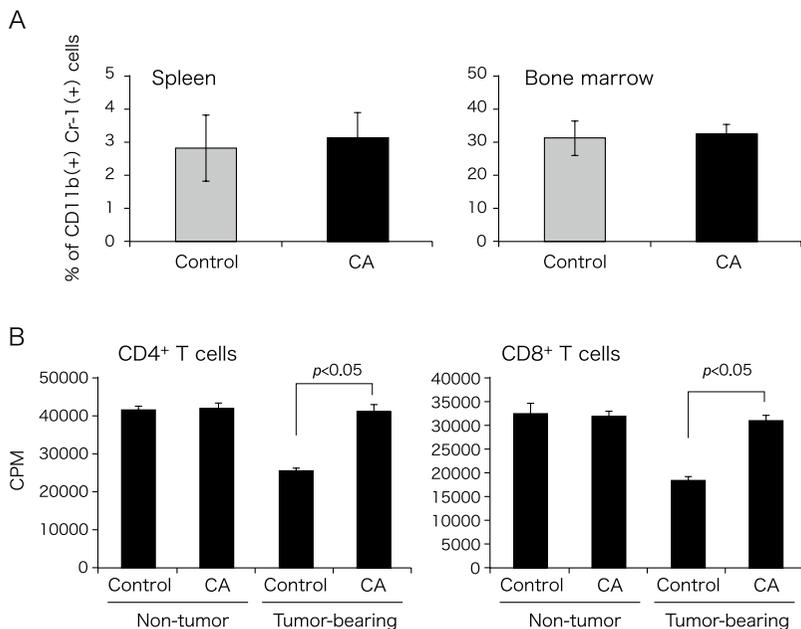


図6 コロソリン酸 (CA) の myeloid-derived suppressor cell (MDSC) に対する作用

A : CA 投与マウスの脾臓ならびに骨髄における MDSC 数
 B : MDSC による T 細胞抑制に対する CA 投与の効果

の機能性化合物である。

本研究では、コロソリン酸の新たな作用として、マクロファージ /MDSC 活性化制御作用を明らかにした (図7)。コロソリン酸の本作用における具体的な標的分子については、未解明な点が多いが、本研究にてコロソリン酸のマクロファージ活性化制御作用には STAT3 および NF-κB の活性化の抑制が関与していることは明らかとなった。これらの転写因子は全ての細胞に発現しており、免疫系や癌において重要な役割を演じている。コロソリン酸は腫瘍内浸潤マクロファージを M2 から M1 に変換するのみならず、MDSC の活性化を抑制することで、T 細胞主体の抗腫瘍免疫を賦活化させた (図7)。更に、コロソリン酸は *in vitro* において直接的な作用によりグリオーマ細胞や骨肉腫細胞の細胞増殖を抑制したが、胃癌細胞や子宮癌細胞での効果も報告されている。また、最近の我々の卵巣癌細胞を用いた研究では、低濃度のコロソ

リン酸と既存の抗癌剤の併用が、抗癌剤の抗腫瘍効果を高めることを明らかにした¹⁹⁾。

最後に、コロソリン酸の免疫関連細胞の活性化制御を介した癌の抑制作用に関する報告は本研究が初めてである。本研究成果は、コロソリン酸の生体機能性成分としての新たな可能性を明らかにする共に、化合物によるマクロファージ /MDSC の活性化制御が癌予防・治療に有効であることを証明するものと考えられる。また、体質改善に基づく癌予防・治療

という観点からも、副作用の少ない天然化合物の利用は理にかなっているものと考えられる。今後、さらなる研究を通して、コロソリン酸をはじめとする天然化合物のマクロファージ /MDSC 活性化に及ぼす薬理作用を解明し、新規治療法の確立を目指していきたい。

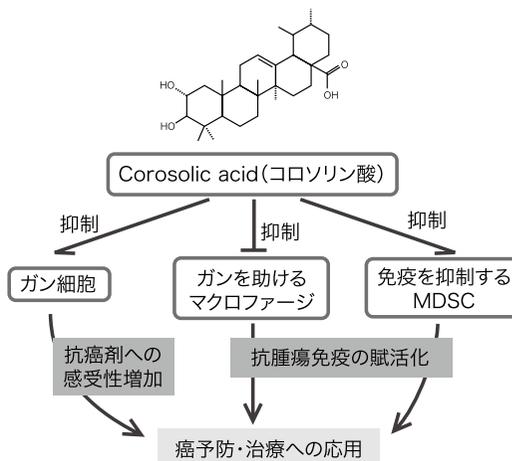


図7 コロソリン酸の癌予防メカニズム

参考文献

- 1) Gordon S, Taylor PR.; Monocyte and macrophage heterogeneity. *Nat Rev Immunol.* **5**, 953-964, 2005.
- 2) Mantovani A, Sica A, Sozzani S, Allavena P, Vecchi A, Locati M.; The chemokine system in diverse forms of macrophage activation and polarization, *Trends in Immunol.* **25**, 677-686, 2004.
- 3) Sica A, Bronte V.: Altered macrophage differentiation and immune dys-function in tumor development. *J Clin Invest.* **117**, 1155–1166, 2007.
- 4) Sinha P, Clements VK, Ostrand-Rosenberg S.; Interleukin-13-regulated M2 macrophages in combination with myeloid suppressor cells block immune surveillance against metastasis, *Cancer Res.* **65**, 11743-11751, 2005.
- 5) Miura T, Ueda N, Yamada K *et al.*: Antidiabetic effects of corosolic acid in KK-Ay diabetic mice. *Biol Pharm Bull.* **29**: 585–587, 2006.
- 6) Zong W, Zhao G.: Corosolic acid isolation from the leaves of *Eriobotrya japonica* showing the effects on carbohydrate metabolism and differentiation of 3T3-L1 adipocytes. *Asia Pac J Clin Nutr.* **16**, 346–352, 2007.
- 7) Yamaguchi Y, Yamada K, Yoshikawa N, Nakamura K, Haginaka J, Kunitomo M.: Corosolic acid prevents oxidative stress, inflammation and hypertension in SHR / NDMcr-cp rats, a model of metabolic syndrome. *Life Sci.* **79**, 2474–2479, 2006.
- 8) Fujiwara Y, Komohara Y, Ikeda T, Takeya M.,: Corosolic acid Inhibits Glioblastoma Cell Proliferation by Suppressing the Activation of STAT3 and NF- κ B in Tumor Cells and Tumor-associated Macrophages. *Cancer Sci.* **102**, 206-211, 2011.
- 9) Horlad H, Fujiwara Y, Takemura K, Ohnishi K, Ikeda T, Tsukamoto H, Mizuta H, Nishimura Y, Takeya M, Komohara Y.: Corosolic acid impairs tumor development and lung metastasis by inhibiting the immunosuppressive activity of myeloid-derived suppressor cells. *Mol Nutr Food Res.* **57**, 1046-1054, 2013.
- 10) Komohara Y, Hirahara J, Horikawa T *et al.*: AM-3K, an anti-macrophage antibody, recognizes CD163, a molecule associated with an anti-inflammatory macrophage phenotype. *J Histochem Cytochem.* **54**, 763–771, 2006.
- 11) Yu H, Kortylewski M and Pardoll D.: Crosstalk between cancer and immune cells: role of stat3 in the tumour microenvironment. *Nat Rev Immunol.* **7**, 41-51, 2007.
- 12) Chen C, Loy A, Cen L, Chan C, Hsieh F, Cheng G, Wu B, Qualman SJ, Kunisada K, Yamauchi-Takahara K and Lin J.: Signal transducer and activator of transcription 3 is involved in cell growth and survival of human rhabdomyosarcoma and osteosarcoma cells. *BMC cancer.* **7**, 111, 2007.
- 13) Hagemann T, Biswas SK, Lawrence T, Sica A and Lewis CE.; Regulation of macrophage function in tumors : the multifaceted role of NF- κ B. *Blood.* **113**, 3139-3146, 2009.
- 14) Chen F, Castranova V and Shi X.; New insights into the role of nuclear factor- κ B in cell growth regulation. *Am J Pathol.* **159**, 387-397, 2001.
- 15) Brantley EC and Benveniste EN.; Signal transducer and activator of transcription-3: A molecular hub for signaling pathways in gliomas. *Mol Cancer Res.* **6**, 675-684, 2008.
- 16) Gabrilovich, D. I., Ostrand-Rosenberg, S., Bronte, V.; Coordinated regulation of myeloid cells by tumours. *Nat. Rev. Immunology.* **12**, 253-268, 2012.
- 17) Condamine, T., Gabrilovich, D. I.; Molecular mechanisms regulating myeloid-derived suppressor cell differentiation and function. *Trends Immunol.* **32**, 19-25, 2011.
- 18) Pollard, J. W.; Tumour-educated macrophages promote tumour progression and metastasis. *Nat. Rev. Cancer.* **4**, 71-78, 2004.
- 19) Fujiwara Y, Takaishi K, Nakao J, Ikeda T, Katabuchi H, Takeya M, Komohara Y.: Corosolic acid enhances the anti-tumor effects of chemotherapy to ovarian cancer by inhibiting STAT3 signaling. *Oncol Lett*, in press.

LPS によるアレルギー疾患の予防改善

河内 千恵 (KOHCHI Chie) *1,2 稲川 裕之 (INAGAWA Hiroyuki) *1,2
天野 里子 (AMANO Satoko) *1 田村 佑樹 (TAMURA Yuki) *1 柚 源一郎 (SOMA Gen-Ichiro) *1,2,3

*1 自然免疫応用技研株式会社, *2 香川大学医学部 統合免疫システム学, *3 徳島文理大学 健康科学研究所

Key Words : リポポリサッカライド・花粉症・アトピー性皮膚炎・ヒト・イヌ・マウス

はじめに

読者の中にも、自身が何らかのアレルギーを抱えていたり、アレルギー疾患のお子さんを持っている方は多いと思います。ほこりの出ないおふとんや、ダニを吸い付けるマットなどに、どうしても関心を持ってしまわないのでしょうか。アレルギー疾患は、世界中の特に先進国で明らかに増えています。日本でも、昭和30年代以降、花粉症、喘息、アトピー性皮膚炎が増え続けています。田舎の子供より都会の子供のほうが、アレルギー疾患率は高いようです。衛生環境がよくなってきたというのに、なぜアレルギー疾患は増え続けているのでしょうか。

その答えが、ヨーロッパの研究者たちの大規模な疫学調査と、これを裏づけるための動物実験で明らかとなりました。結論から言いますと、胎児期および幼少期において、リポポリサッカライド (LPS) にふれたり吸い込んだりすることが減ったことが原因だったのです¹⁻⁶⁾。LPSは細菌の成分で、動物の糞や土壌に含まれています。このため、土で育つ野菜や果物や、玄米や小麦胚芽にもくっついています。しかし、家畜や土にふれることがなく、植物工場などであまりにも清浄に育てられた野菜や穀類を食べ

る都会の子供たちは、LPSの自然摂取が減り、その結果LPSで刺激することによって成熟させるべき自然免疫が弱い状態になっているというのです。アレルギーは獲得免疫の抗原抗体反応によって起こりますが、自然免疫は獲得免疫をコントロールする役割もっていますので、その力が弱いことが、アレルギーの暴走につながっていると考えられます。一方このことは、質と量をコントロールしてLPSを摂取することで、アレルギーの予防改善が可能である、ことを示唆しています。我々は、これまでにLPSの経口摂取における種々の効果を検討してきましたが、以下にアレルギー関係の結果をお示しいたします。

1. IgE 依存型アレルギーの抑制

花粉症やアトピー性皮膚炎、喘息などのアレルギー反応は、IgE型の抗体が関与しているため、IgE依存型(またはI型)アレルギーに分類されます。LPSはこのIgE依存型アレルギーの抑制効果を持つことがわかっています⁷⁾。

BALB/cマウスに、ジニトロフェノールに反応するIgEモノクローナル抗体を静脈投与しておき、その後、マウスの耳たぶに抗原であるジ

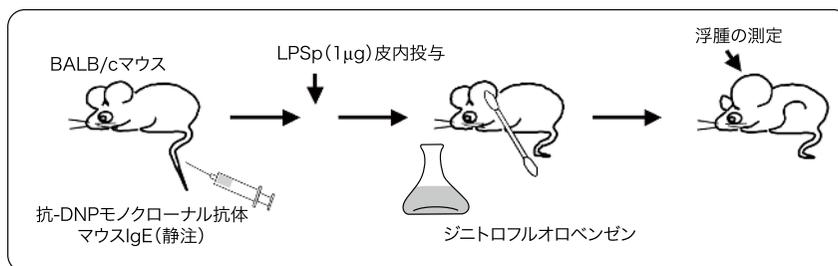
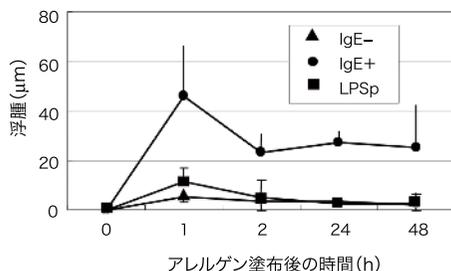


図1 IgE 依存型アレルギーの抑制

BALB/c マウスに、ジニトロフェノールに反応する IgE モノクローナル抗体を静脈投与しておき、その後、マウスの耳たぶに抗原であるジニトロフルオロベンゼンを塗布すると、塗布した部分が、アレルギー反応によってはれてきます。しかしアレルギーを塗布する前に、マウスに LPSp を皮内投与しておく、浮腫が起らないことが示されています。 *Biotherapy*, 11 (3) : 464-466 (1997) .

ニトロフルオロベンゼンを塗布すると、塗布した部分が、アレルギー反応によって腫れてきます。しかしアレルギーを塗布する前に、マウスに LPS を皮内投与しておく、浮腫が起らないことが示されています(図1)。このことは、例えば、花粉症になっていても、LPS を摂取することで、症状が軽減できる可能性を示唆しています。

2. 花粉症の予防

今やニュースで花粉の量が多い少ないと情報が出されるほどに、花粉症は国民的疾患になりました。厚生労働省の HP に掲載されている数字では、花粉症患者数は、全国平均では 15.6% ~ 20% 超ということ。昔に比べて花粉が多いわけでもなく、花粉が多い地域の有病率が高いということもなく、やはり我々の環境の中に、我々が気づかない何か、免疫バランスをく

ずず変化が起こってきたと考えるのが妥当です。そしてその重大な変化のひとつが LPS の自然摂取だということをすでに述べました。

以下に、ネズミを使った花粉症に対する LPS 摂取の効果を示します。まずネズミに花粉症を誘導するため、一次感作として、BALB/c 系雌性マウスにスギ花粉抽出物とアラムアジュバントを混合して作成した懸濁液を初日、3 日目、7 日目と 3 回腹腔内に投与します。1 週間の間において、2 次感作として、スギ花粉抽出物抗原溶液を毎日 2 週間連続でマウスの鼻腔内に注入します。この段階でほぼ花粉症が誘導されています。そこでまた 1 週間の間において、スギ花粉抽出物抗原溶液をマウスの鼻腔内に注入すると、マウスは鼻がむずむずするので鼻をかきます。この鼻をかく行動の回数によって症状の程度を評価できます。さて、この花粉症誘導操作の間、LPSg (柿から単離したグルコノバクター菌 (酢酸菌) 由来の LPS) を飲水に混ぜて

自由に摂取させた場合、水だけを与えたマウスに比べると、優位に鼻かき回数が減少します(図2)。この試験から、LPSの花粉症に対する

抑制効果を確認することができました。試験に供したマウスの血清中の総IgEレベルはコントロールと比較して、低下傾向がみられるものの

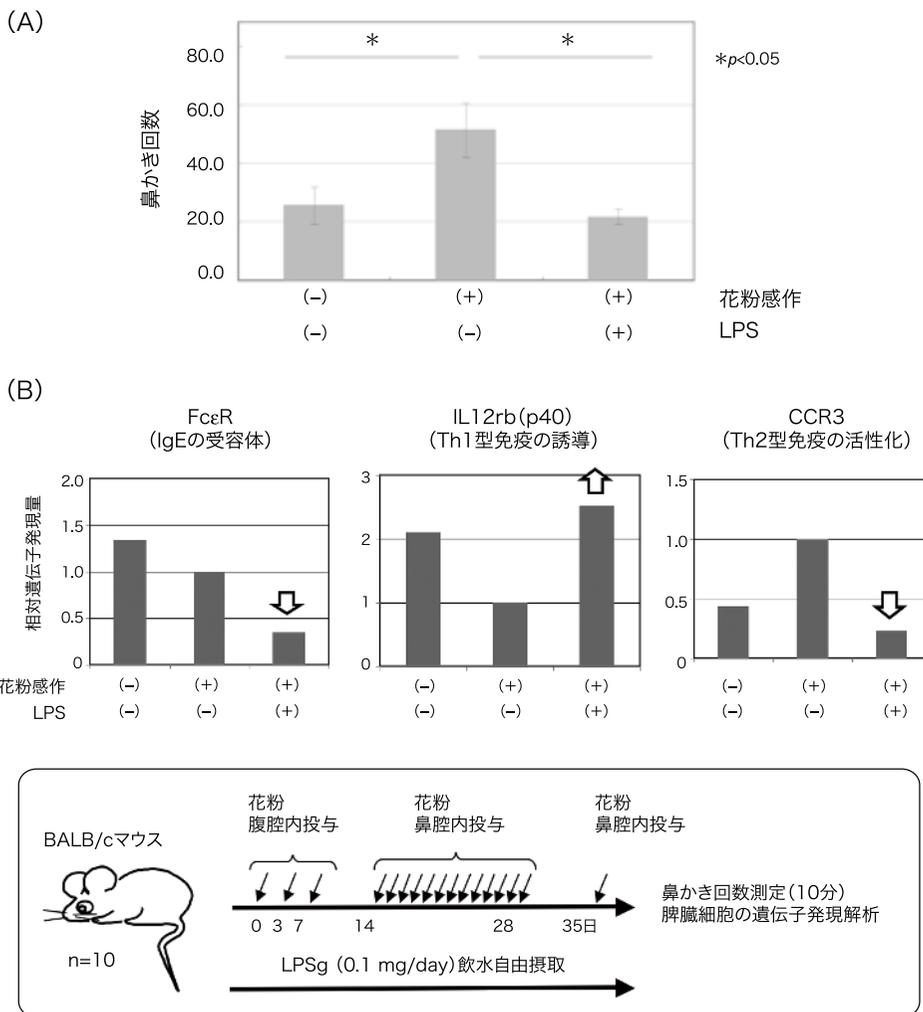


図2 花粉症の予防効果

(A) BALB/c マウスに、スギ花粉抽出物とアラムアジュバントを混合して作成した懸濁液を1日目、3日目、7日目で3回腹腔内に投与します。1週間おいて、2次感作として、スギ花粉抽出物抗原溶液を毎日2週間連続でマウスの鼻腔内に注入します。この段階でほぼ花粉症が誘導され、1週間後に、スギ花粉抽出物抗原溶液をマウスの鼻腔内に注入すると、マウスは鼻がむずむずするので鼻をかきます。この鼻をかく行動の回数によって症状の程度を評価した結果、LPSg(柿から単離した酢酸菌由来LPS)を摂取した群では、花粉症症状としての鼻かき行動が、おこらないことが示されました。

(B) BALB/c マウスを、前実験と同様にスギ花粉で感作しておき、その後、脾臓細胞の遺伝子発現を調べました。その結果、LPSg(柿から単離した酢酸菌由来)を摂取した群では、花粉症感作によって低下するTh1型のサイトカインの発現、反対に上昇するTh2型サイトカインの発現が感作されていないマウスと同程度に維持されているほか、IgEレセプターの発現が低下していることがわかりました。

有意差はありませんでした。一方、脾臓細胞の遺伝子発現を調べると、IgE レセプターの発現が低下していることが認められました。そのほか、Th1 型免疫を誘導するサイトカインである IL-12 (p40) の遺伝子発現が高まり、Th2 型免疫の活性化を示す CCR3 の遺伝子発現が低下しており、免疫バランスがアレルギー抑制に向かっていくことが示されました (図2)。

3. ヒトのアトピー皮膚炎の改善

花粉症と並び、増加しているのがアトピー性皮膚炎です。ここでは、人でのアトピー性皮膚炎症例に対して LPS を内服適用した臨床例を紹介し (帝京大学溝口病院にて実施)。

本臨床例の5例の概要は (表1) に示すとおり

りです。症例は、すべて皮膚科医によりアトピー性皮膚炎と診断された患者のもので、何れも難治性で経過の長い症例です。投与はLPS溶液(10 µg/ml in 50% (w/v) グリセリン)を1日に1ml × 3回、飲んでもらう方法で行っています。表に示すように、5例中4例に、皮疹および掻痒感の改善が観察されました。症状あるいは他覚所見の増悪した症例はありませんでした。

本試験は、ダブルブラインド法あるいはケースコントロールスタディーではありません。しかし、本症例は他の治療法に抵抗性で経過の長い例であり、経口剤で5例中2例が著効であることは、かなりの有効性と言ってよいと思います。著効2例の改善例は単なるプラセボ効果とは考えにくく、患者が極めて感謝していたことも医師から報告されています。この臨床試験の

表1 重症アトピー性皮膚炎の改善

	1	2	3	4	5
年齢, 性	32才, 男	26才, 男	25才, 男	34才, 女	34才, 男
発症時期	中学生	11才	小学5年	7才	6才
皮疹の部位	顔面, 軀幹, 手足	顔面, 首, 腕, 背部	全身	上半身, 顔面, 前腕	全身
皮疹の種類	苔癬化局面	落屑, 紅斑	苔癬化局面	紅斑, 苔癬化局面	紅斑, 水泡, 苔癬化局面
自覚症状 (掻痒感)	高度	高度	中等度	中等度	高度
前治療	軟膏	軟膏	軟膏	軟膏	軟膏, 内服

投与後2週間

皮疹の状態	軽度改善	軽度改善	不変	中等度改善	軽度改善
自覚症状 (掻痒感)	殆ど消失	3割減少	不変	中等度改善	軽度減少
軟膏の使用量	1/3に減少	軽度減少	不変	1/2以下に減少	不変

投与後2ヶ月

(中止)

皮疹の状態	軽度改善	軽度改善		著明改善	著明改善
自覚症状 (掻痒感)	殆ど消失	3割減少		殆ど消失	殆ど消失
軟膏の使用量	1/3に減少	軽度減少		殆ど使用せず	殆ど使用せず

LPS 溶液 (10 µg/ml in グリセリン) を1日2-3回, 1回に1ml 服用
投与後, 2週間及び2ヶ月に外来受診し効果を評価

病院で重症のアトピー患者5名を対象にして、インフォームドコンセントを得た上でLPSp (バントエア菌 LPS) 内服の効果をみた結果です。5人の患者は、いずれも、小さい時から発症して色々な治療で改善が見られなかった方々ですが、スタートから2週間, 2ヶ月の皮疹の状態及び痒みの自覚症状についてみますと、5名のうち4名に改善が見られ、そのうち2名では顕著な改善が見られています。

結果から、LPS が人の難治性アトピー疾患の改善効果を持つことが示されました。

4. 犬のアトピー性皮膚炎の改善

アトピー性皮膚炎が増加しているのは人だけでなく、人と生活を共にするペットにおいても同様です。少子高齢化の現在、ペットは癒しのための重要なコンパニオンとなっていますが、血統書重視の風潮や小型化をめざす交配による遺伝的弱体化のほか、室内での飼育が増え、ストレスがかかっていることも原因でしょう。

(図3)は、ミニチュアダックスフンド犬の症例で、LPS (6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/day) 投与で、2ヵ月後には皮膚が正常になり、毛が生え揃い始めていることがわかります。これらの症例からLPSの内服でイヌのアトピーにも効果があるこ

とがわかりました。

犬のアトピー性皮膚疾患に対しては、これまでに153頭の犬にLPSp (パントエア菌LPS) 配合サプリメントを投与した結果が蓄積されています。その集計結果では、1-2ヵ月後、著効と有効を合わせて90頭(58.8%)に改善効果が認められました。また、変化無し58頭(37.9%)、悪化5頭(3.3%)で、重篤な副作用は認められませんでした。尚、性別に改善率を解析すると、オスが69.1%、メスが50.6%で、統計学的に有意に($p=0.002$)オスの改善率が高いことが示されました(図4)。また、シーザー、トイプードルは改善率40%以下ですが、チワワでは改善率80%を示し、犬種によりLPSの有効性が異なる可能性が示唆されています。

7月1日(投与前)



8月4日



8月22日

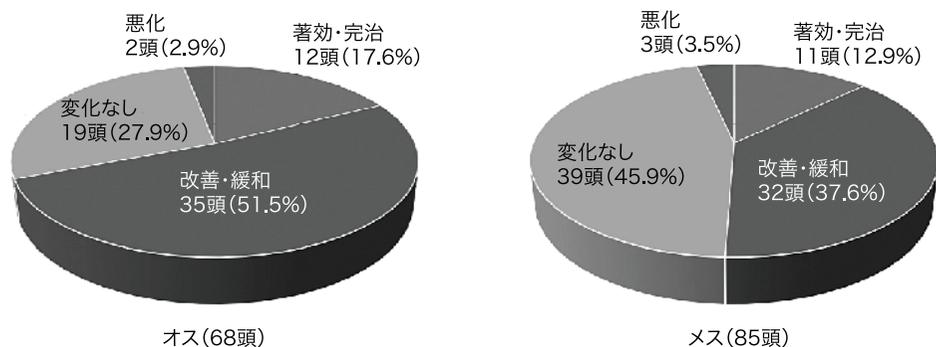


9月1日



図3 ミニチュアダックスフンドのアトピー症状の改善

犬種：ミニチュアダックスフンド(9歳)
経過：2歳からアトピー性皮膚炎が発症
LPSp投与量：6 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ (飲水自由摂取)



試験品	試験品	LPS Dr (LPSp 配合サプリメント)
被験者	対象	アトピー性皮膚炎もしくはアレルギー性皮膚炎の診断（病歴、皮膚症状、国際アトピー性皮膚炎調査委員会の診断基準に基づく）された犬
	薬剤併用	薬剤投与有り症例：127 頭、併用薬剤無し症例：26 頭 その他のサプリメント投与はなし
	年齢	0.4 歳～16 歳
	頭数	153 頭（オス：68 頭、メス：85 頭）
方法	種類	オープン試験
	投与期間	1～2 ヶ月
	投与量	LPSp として 10～20 μg/kg/day
調査機関	77 軒の動物病院	

図4 犬のアトピー性皮膚炎改善に関するオープン試験
153頭の犬におけるアトピー症状の改善

おわりに

アレルギー疾患の増加について、まず思い浮かぶのが、食生活の変化です。多くの方が、食生活が欧米化したから、と思われるかもしれませんが、アレルギーの増加は日本だけの問題ではなく、欧米でも増えているのですから、和食・洋食の違いではないのです。これについて思い起こされるのが、かつての脚気の流行です。これは平安時代では富裕層に、江戸時代の江戸では武士や町人にも流行し、原因が不明のまま昭和初期まで脚気で死亡する人がいました。脚気はビタミン B₁ の不足から来る病気で、実は米を精米して食べるようになったことが原因でし

た。当時は、ビタミン B₁ も、その機能も、それを米の外皮、すなわち糠から自分たちが摂取していることも人々は知らず、知らないままに捨ててしまっていたということなのです。それと同じことが、現代における「LPS」の摂取低下に伴うアレルギーの増加にも、あてはまるのではないのでしょうか。「LPS」の供給源となっている玄米、小麦胚芽、農薬を使わず、かつ土で育てた野菜や果物、そういった食品の価値を再認識し、足りない部分についても LPS を健康食品やサプリメントで補う意識があって良いと思います。

..... 参考文献

- 1) Strachan,D.P.: Hay fever, hygiene, and household size.r., *Med. J.* **299**: 1259-1260, 1989.
- 2) Braun-Fahrlander.C., Riedler,J., Herz,U., Eder,W., Waser,M., Grize,L., Maisch,S., Carr,D., Gerlach,F., Bufe,A., Lauener,R.P., Schierl,R., Renz,H., Nowak,D., von Mutius,E.: Environmental exposure to endotoxin and its relation to asthma in school-age children., *N. Engl. J. Med.* **347**: 869-877, 2002.
- 3) Korthals,M., Ege,M.J., Tebbe,C.C., von Mutius,E., Bauer,J.: Application of PCR-SSCP for molecular epidemiological studies on the exposure of farm children to bacteria in environmental dust., *J. Microbiological Methods* **73**: 49-56, 2008.
- 4) Debarry,J., Garn,H., Hanuszkiewicz,A., Dickgreber,N., Blumer,n., von Mutius,E., Bufe,A., Gatermann,S., Renz,H., Holst,O., and Heine,H.: *Acinetobacter lwoffii* and *Lactococcus lactis* strains isolated from farm cowsheds possess strong allergy-protective properties., *J. Allergy Clin. Immunol.* **119**:1514-1521, 2007.
- 5) Blumer,N. Herz,U. and Renz,H.: Prenatal lipopolysaccharide-exposure prevents allergic sensitization and airway inflammation, but not airway responsiveness in a murine model of experimental asthma., *Clin. Exp. Allergy*, **35**: 397-402, 2005.
- 6) Roduit,C., Wohlgensinger,J., Frei,R., Bitter,S., Bieli,C., Loeliger,S., Buchele,G., Riedler,J., Dalphin,J-C., Remes,S., Roponen,M., Pekkanen,J., Kabesch,M., Schaub,B., von Mutius,E., Braun-Fahrlander,C., Lauener,R., and the PASTURE Study Group: Prenatal animal contact and gene expression of innate immunity receptors at birth are associated with atopic dermatitis., *J. Allergy Clin. Immunol.* **127**: 179-185, 2011.
- 7) 稲川 裕之, 西沢 孝志, 高木 幸一, 水野 伝一, 杣 源一郎: Pantoea agglomerans LPS (LPSP) の皮内投与と lipid A 誘導体 ONO-4007 の経口投与による IgE 依存型アレルギー反応の抑制効果, *Biotherapy*, **11** (3): 464-466, 1997.

ごぼうの新しい加工食品

「黒ごぼう」の機能性

前多 隼人 (MAEDA Hayato) *1 鴨下 加奈子 (KAMOSHITA Kanako) *1
山谷 梨恵 (YAMAYA Rie) *1 工藤 重光 (KUDO Shigemitsu) *2 古川 博志 (FURUKAWA Hiroshi) *3
佐々木 甚一 (SASAKI Jin-ichi) *1 柏崎 進一 (KASHIWAZAKI Shinichi) *4

*1 弘前大学農学生命科学部, *2 弘前大地域共同研究センター, *3 青森県中小企業団体中央会, *4 有限会社柏崎青果

Key Words : ごぼう・メイラード反応・抗酸化・ α -グルコシダーゼ阻害活性・脂肪肝・機能性食品

はじめに

黒ごぼうはごぼうを高温高湿で加工した新しい加工食品である。この製法には同じく高温高圧により熟成させることで作られる黒にんにく (Black garlic) の製造方法が活用されている。ごぼうの外皮と実が共に黒色に変色し、食感が柔らくなる。また黒砂糖やドライフルーツのような甘味と独特の香りが増す (図 1)。

ごぼうの加工製品はこれまで乾燥野菜やお茶などのごく限られたものしかなかった。また形の悪い規格外品や形を整えるために廃棄される部分が多く、その利用は堆肥などに限られていた。黒ごぼうはこのような未利用のごぼうを利用して製造することができ、新しい活用方法として注目されている。現在のところ黒ごぼう凍結乾燥粉末は菓子などの食品素材の他、お茶な

どの飲料への利用が進められている。一方で新規の加工食品であることから、栄養や健康向上に役立つ機能性については明らかになっていない。そこで本研究では黒ごぼうの機能性について、抗酸化作用、糖吸収抑制作用、アルコール性脂肪肝予防作用について検討した。

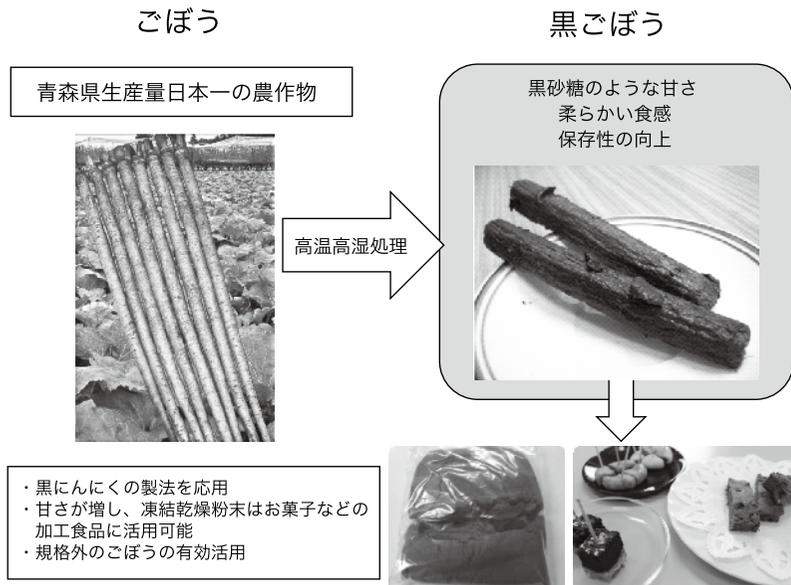


図 1 ごぼうの新しい加工食品「黒ごぼう」

1. 黒にんにくと黒ごぼう

ごぼうは古くから日本で食されている農作物である。食物繊維が豊富であると言われ、中でも高トリグリセリド血症の改善作用の報告があるイヌリンが多いとされている。また、クロロゲン酸をはじめとしたポリフェノールが多く、抗酸化作用の強い食品とされる。海外では食品としての需要よりも生薬としての使用が多く、種子は「牛蒡子」と呼ばれ漢方薬となっている。青森県は、りんご、にんにく、ごぼう、ながいもの収穫量が全国シェアの56.1%、68.0%、31.0%、43.8%（平成23年）といずれも第1位、又は上位を占める。中でも青森県東部の太平洋側の地域はごぼうや長いもの生産量が多い。これは「やませ」により夏でも涼やかな土地であり根菜類の作付けに適すこと、また、土質がやわらかなこともあり、深く伸びるごぼうや長いもの生産に適しているためである。低温であり、害虫も少なく農薬を控えることができるなど、気候風土を生かした農業を展開できる利点もある。

更に農業以外にも加工品の生産にも力を入れており、最近ではにんにくの加工品である黒にんにくが有名である。青森県の黒にんにくは平成18年ごろから量産化され、本地域で数年間のうちに10億円の産業に成長した農産加工品

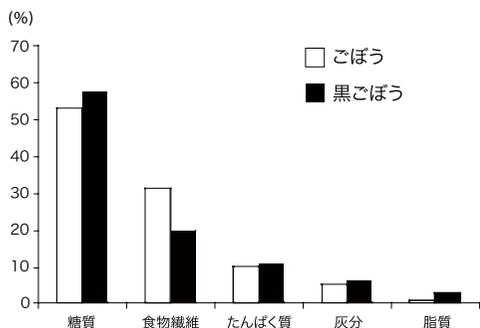


図2 ごぼうと黒ごぼうの一般成分の比較

である。にんにくは他の植物種に比べて S-allyl cysteine sulfoxide (alliin) などの硫黄化合物を多く含む植物である。古代から健康の維持に役立つ食品と考えられてきており、アメリカ国立がん研究所のデザイナーズフーズ・プログラムでは最もがん予防に効果的な食品に位置づけられている。また、抗菌、抗血栓、免疫調節、血圧調節、血清脂質低下作用などの様々な機能が報告されている¹⁾。一方にんにくは過剰に摂取した場合、刺激による腹痛や下痢、口臭の悪化が問題となる。しかし、黒にんにくは刺激や臭いの強い硫黄化合物が加工の過程で除去され、気軽に食することが可能である。更に黒にんにくに加工することで抗酸化活性や抗がん作用をはじめとした機能性の向上効果が明らかとなった²⁻⁵⁾。このような利点のある黒にんにくの製法を他の野菜類でも検討をおこなった。その結果、ごぼうを原料とした場合、黒にんにくに類似した甘さやうまみが生まれたことから原料野菜として応用しやすいことが明らかとなった。黒ごぼうとごぼうの一般成分について比較した結果、黒ごぼうでは糖質が増加し、食物繊維が減少していることが明らかとなった(図2)。黒ごぼうには甘味があるが、これはフルクトースが重合したイヌリンなどが分解し、食物繊維が糖質に変化したものであることが考えられる。

2. 黒ごぼうの抗酸化機能

我々の体内で起こる酸化反応は様々な疾病の原因となる。例えば、がんは日本人の死因の第1位にあげられる疾患だが、細胞内での酸化反応が原因とされている。また、心疾患や脳梗塞などの血管に関わる疾患も、血管中の脂質の過酸化が原因である。これらの疾患の原因となる酸化を抑える食品成分が注目されている。黒にんにくは未加工のにんにくと比較し、抗酸化活

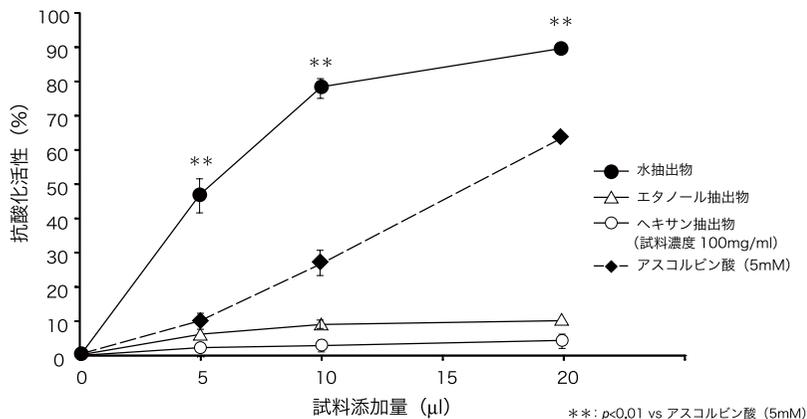


図3 黒ごぼう抽出物のDPPHラジカル消去活性

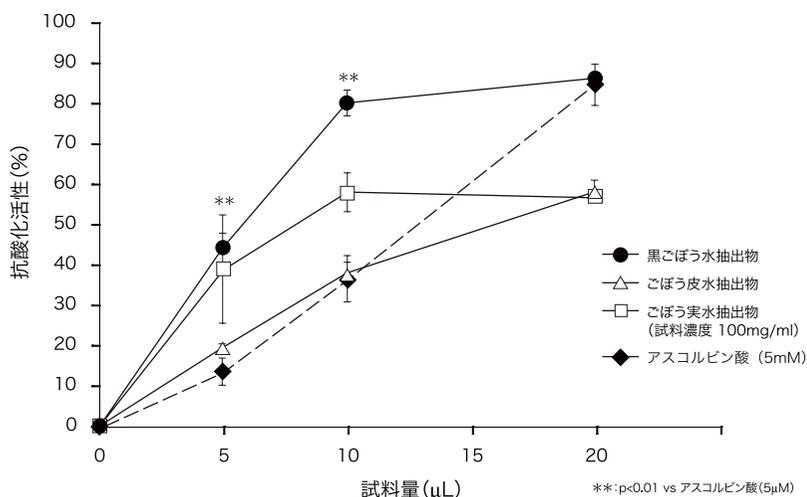


図4 黒ごぼうおよび未加工のごぼう水抽出物のDPPHラジカル消去活性

性が上昇することが報告されている^{2,3)}。黒にんにくは未加工のにんにくよりもポリフェノール含量が増加する。また黒にんにくや黒ごぼうの黒褐色の物質とされる糖とアミノ酸の化合物であるメイラード反応化合物による抗酸化活性が報告されている⁶⁾。メイラード反応はメラノイジンと呼ばれる褐色物質を生成する反応で、みそ、醤油、パンの焼色、コーヒー、ビール、ウイスキーなど、様々な食品の製造に参与している。そこで、黒ごぼうに含まれる成分による抗酸化活性について測定をおこなった。初めに黒

ごぼう凍結乾燥粉末から水抽出物、エタノール抽出物、ヘキサン抽出物を得た。その後それぞれの抽出物の抗酸化活性をDPPHラジカル消去活性にて評価した。その結果、エタノールやヘキサン抽出物と比較し、水抽出物が強い抗酸化活性を示すことが明らかとなった(図3)。このことから黒ごぼうの水溶性成分に強い抗酸化活性があることが示唆された。次に未加工のごぼうとの抗酸化活性の強さについて比較をおこなった。その結果、黒ごぼう水抽出物は未加工のごぼうの皮、及び実の水抽出物と比較し強い抗酸化活性を示すことが示された(図4)。よって黒ごぼうに加工する

ことでごぼうの抗酸化活性が上昇することが示唆された。

3. 糖吸収抑制作用

我が国におけるインスリン非依存型糖尿病患者の数は厚生労働省の「平成19年国民健康・栄養調査」(厚生労働省)によれば、「糖尿病が強く疑われる人」は約890万人、「糖尿病の可能性を否定できない人」は約1320万人で、合わせて約2210万人であり、成人の5人に1人が糖尿病かその予備軍という状況である。この

数は、10年前の調査よりも1.6倍に増加しており、高齢化社会の進行により今後さらに増えることが予想されている。また医療費についても、平成18年度の糖尿病の医療費は1兆1342億円であり、医療財政を逼迫させる原因の一つとなっている。このように糖尿病をめぐる状況は深刻であり、早急な対策が求められている。

糖尿病予防に関しては、生活習慣の改善に加え食事、特に食後の高血糖状態のコントロールがポイントと考えられるようになってきている⁷⁾。適正な血糖値レベルを維持するには、①糖質の分解と吸収を阻害・遅延し、高血糖状態を改善すること、②インスリン抵抗性を改善し、肝臓からの糖産生放出を抑制すること、③インスリン分泌を促進させること等が必要となる。我々の摂取エネルギーの約60%は炭水化物であり、食事により摂取された炭水化物は唾液、腸液中の α -アミラーゼにより二糖類まで分解され、小腸粘膜刷子縁にある α -グルコシダーゼにより単糖類に分解され体内に吸収される。食物にはこの α -グルコシダーゼ阻害活性を有するものがあり、糖の吸収を穏やかにし、食後の血糖値の上昇を抑制し、糖尿病を予防すると期待される。臨床試験においては α -グルコシダーゼ

阻害薬（アカルボースおよびボグリボース）を用いた大規模臨床試験が行われ、糖尿病だけでなく心筋梗塞、高血圧の発症を抑制することが報告されている⁸⁻¹⁰⁾。また既に特定保健用食品として糖の吸収を抑える、ポリフェノールや難消化性の食物繊維を含む食品

が開発されている。ごぼうに多く含まれる食物繊維には小腸内において脂質や糖質の吸収を穏やかにする報告があり、黒ごぼうにも同様の作用が期待された。そこで糖吸収抑制作用については、黒ごぼう水抽出物の α -グルコシダーゼ阻害活性の測定、及びC57BL/6Jマウスを用いた糖負荷試験により評価した。

α -グルコシダーゼ阻害活性は倉兼らの方法を参考におこなった¹¹⁾。基質としてマルトース及びスクロースを使用した。サンプルには黒ごぼう、及び対照として未加工ごぼう実、ごぼう皮水抽出物をサンプルとして用いた。酵素液はラット腸管アセトンパウダーを0.1Mリン酸緩衝液(pH 7.0)に溶解したものをを用いた。それぞれのサンプルを加え37℃90分間酵素反応をおこなった後、0.2M炭酸ナトリウム水溶液にて反応を停止した。その後反応液中のグルコース生成量をグルコースCIIテストワコーキット（和光純薬）にて測定した。

図5(A)に基質がマルトースの場合の阻害活性を、図5(B)に基質がスクロースの場合の阻害活性を示した。いずれのサンプルも阻害活性を示したが、黒ごぼう水抽出物が未加工ごぼう実、ごぼう皮抽出物よりも強い阻害活性を

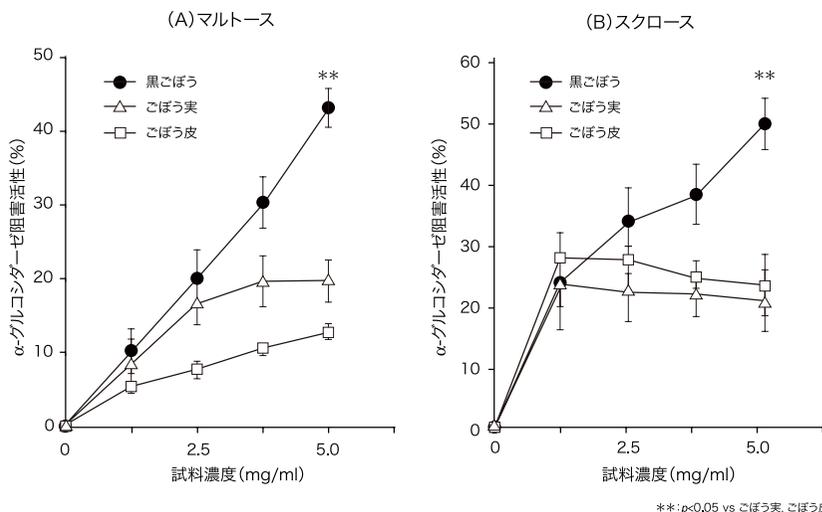


図5 黒ごぼう及び未加工ごぼう実、ごぼう皮抽出物の α -グルコシダーゼ阻害活性

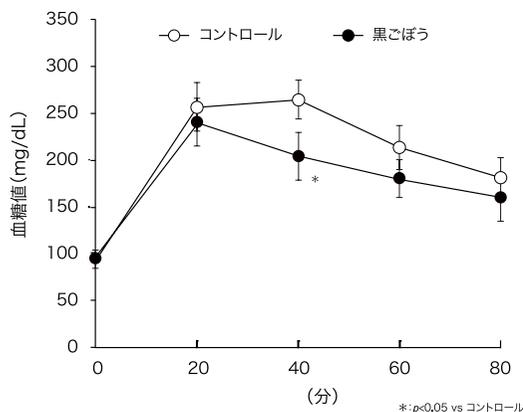


図6 黒ごぼう抽出物による血糖値上昇抑制作用

示した。また、黒ごぼう水抽出物の阻害活性は濃度依存的に上昇した。この結果から黒ごぼうは α -グルコシダーゼ阻害活性により血糖値の上昇を抑える効果があることが示唆された。

そこで次に動物実験による糖負荷試験を実施し、*in vivo*での効果を検証した(図6)。C57BL/6Jマウスを15時間絶食した後、2 g/kg body weightの割合でマルトース水溶液、及び黒ごぼう抽出物を333 mg/kg body weightの割合で投与し、20, 40, 60, 80分経過後に尾静脈より採血し、血糖値の変化を測定した。コントロール群では経口投与20分後に血糖値が250 mg/dLまで上昇し、その後40分まで高血糖が続いた。一方黒ごぼう抽出物投与群では投与後40分で血糖値が低下し始めた。よって黒ごぼうは血糖値の上昇を穏やかにし、糖尿病の予防につながる機能性を有することが示唆された。

この効果は黒ごぼうの加工過程で生成する α -グルコシダーゼ阻害活性を示す物質によることが予想された。通常黒ごぼうは数日間程度の高温高湿処理で完成する。そこで高温高湿処理を10, 14, 15, 18日間施し、それぞれの水抽出物の α -グルコシダーゼ阻害活性を測定した(図7)。その結果、加工14日間以上のもので阻害活性が高いことが明らかになった。黒ごぼうは10日処理では黒色には変化するが、味

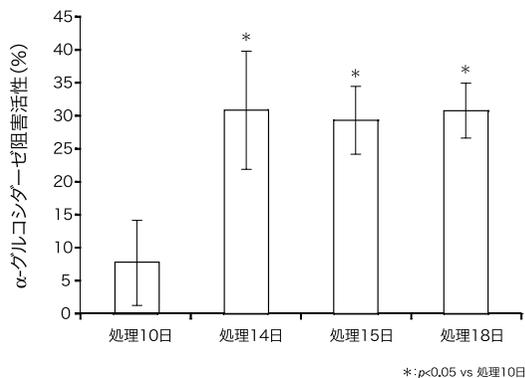


図7 黒ごぼうの加工日数の違いによる α -グルコシダーゼ阻害活性の変化

は甘味が少なく硬さが残っている。このことから、黒ごぼうの美味しさと、糖吸収の緩和の機能性を高めるためには14日以上加工処理が適当であると考えられた。黒ごぼうに含まれる α -グルコシダーゼ阻害活性を示す物質は現在検討中であるが、高温高湿の加工過程によって増加する物質であると予想している。

4. アルコール性脂肪肝予防作用

アルコールの摂取はストレスの解消、疲労回復、気分転換など日々の暮らしに楽しみを与える利点もある。その反面、摂取方法によっては健康を脅かす存在ともなる。アルコール性疾患には急性的障害と慢性的障害がある。慢性的障害は脂肪肝、アルコール性肝炎、アルコール性肝繊維症、肝硬変に分類され、障害の標的となる臓器は肝臓に集中する。食品成分による肝障害の改善では活性酸素による肝障害モデルでブドウやラッカセイの皮に含まれるレスペラトロールによる改善作用が報告されている¹²⁾。また乳酸菌の成分によるアルコールによる肝障害や脂肪肝の予防の報告がある¹³⁾。黒ごぼう水溶性成分に強い抗酸化活性が示されたことから、黒ごぼうに含まれる成分によるアルコール性脂肪肝予防効果について評価をおこなった。

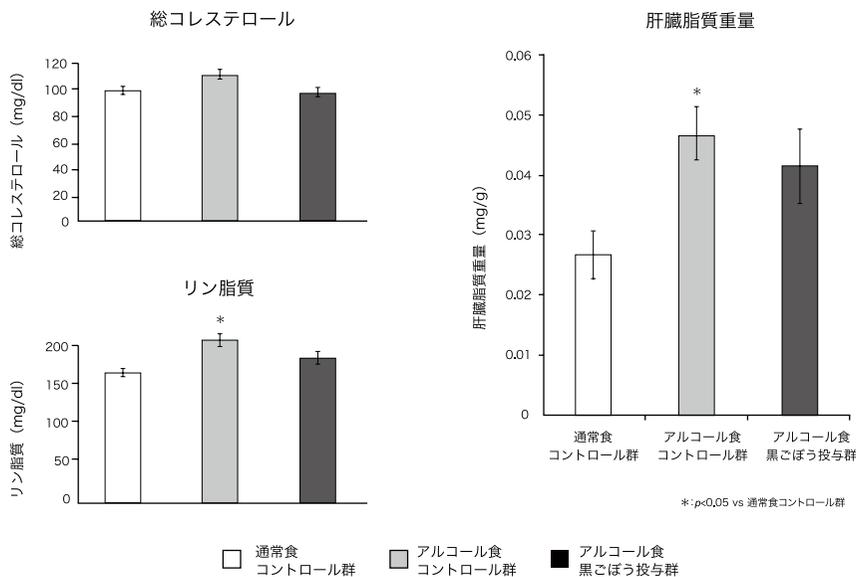


図8 黒ごぼうによるアルコール性脂肪肝予防作用

アルコール含有飼料はアルコール摂取による健康障害を評価する際に用いられる5%のアルコールを含む Lieber 液体飼料を使用した¹³⁾。7週齢のオスの C57BL/6J マウスを、アルコールを含まない液体飼料を与えた通常食コントロール群、及びアルコール食コントロール群、アルコール食黒ごぼう投与群に分け、各群8匹ずつでペアフィーディングによりそれぞれの液体飼料を投与した。実験飼育期間中、アルコール食黒ごぼう投与群には黒ごぼう水抽出物を 500 mg/kg body weight/day の割合で経口投与した。通常食コントロール群、アルコール食コントロール群には同量の水を経口投与した。10日間の実験飼育後解剖をおこない、肝臓脂質重量及び血漿脂質成分の測定をおこなった。実験飼育期間中において、各群の摂食量や飲水量に有意な変化は認められなかった。また、白色脂肪組織、褐色脂肪組織、肝臓をはじめとした各臓器の重量にも変化が認められなかった。一方、血漿の総コレステロール、リン脂質の値がアルコール食コントロール群で通常食コントロール群と比較し上昇及び上昇傾向を示したのに対

し、アルコール食黒ごぼう水抽出群では改善する傾向を示した(図8)。またアルコールによる脂肪肝の改善作用を評価するため肝臓脂質重量を測定した。その結果、アルコール食コントロール群と比較し、アルコール食黒ごぼう投与群では肝臓脂質重量が若干低い傾向を示した。今回は短期間によるアルコール食の投与であったことから、引き続き長期間でのアルコール食摂取による脂肪肝の抑制作用の評価を進めている。

おわりに

ごぼうは単価自体が高額ではなく、副菜であることから飛躍的な出荷量と利益の増加を目指すことは困難であった。また青森県はごぼう生産量の多い地域であるが、その認知度が低く、今後青森県の主力農産物としてブランドイメージの確立が急がれている。黒ごぼうは形が不揃いなものや折れてしまったものなど商品価値の低いごぼうも原料として使用することができ、廃棄されていたごぼうの有効活用が可能となる。本研究により黒ごぼうは未加工のごぼうよ

りも抗酸化活性が高く、血糖値上昇抑制作用などの健康機能性を有することが示唆された。今後はごぼうの新しい利用法としての第2の黒にんにくのような農産加工品としての発展が期待される。

[謝辞]

本研究は、JST 復興促進プログラム（マッチング促進）「黒ごぼうの機能性を利用した新製品の開発」の助成を受けておこなわれた。

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

- 1) 西川 研次郎ほか, 食品機能性の科学, (株) 産業技術サービスセンター, 2008.
- 2) Sato E, Kohno M, Hamano H *et al.* Increased anti-oxidative potency of garlic by spontaneous short-term fermentation. *Plant Foods Hum Nutr.*, **61**(4):157-160, 2006.
- 3) Kim SH, Jung EY, Kang DH *et al.* Physical stability, antioxidative properties, and photoprotective effects of a functionalized formulation containing black garlic extract. *J Photochem Photobiol B.*, **117**:104-110, 2012.
- 4) Jung YM, Lee SH, Lee DS *et al.* Fermented garlic protects diabetic, obese mice when fed a high-fat diet by antioxidant effects. *Nutr Res.*, **31**(5):387-396, 2011.
- 5) Wang D, Feng Y, Liu J *et al.* Black Garlic (*Allium sativum*) Extracts. Enhance the Immune System. *Med Aromat Plant Sci Biotechnol.*, **4**(1) 37-40, 2010.
- 6) Amarowicz R. Antioxidant activity of Maillard reaction products. *Eur J Lipid Sci Technol.*, **111**:109-111, 2009.
- 7) 水島 裕ほか, アンチエイジング・ヘルスフードー抗加齢・疾病予防・健康長寿延長への応用一, (株) サイエンスフォーラム, 2008.
- 8) Hanefeld M. The role of acarbose in the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *J Diabetes Complications.*, **12**(4):228-237, 1998.
- 9) Matsumoto K, Yano M, Miyake S *et al.* Effects of voglibose on glycemic excursions, insulin secretion, and insulin sensitivity in non-insulin-treated NIDDM patients. *Diabetes Care.*, **21**(2):256-260, 1998.
- 10) Okada S, Ishii K, Hamada H *et al.* The effect of an alpha-glucosidase inhibitor and insulin on glucose metabolism and lipid profiles in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *J Int Med Res.*, **24**(5):438-447, 1996.
- 11) Kurakane S, Yamada N, Sato H *et al.* Anti-diabetic effects of Actinidia arguta polyphenols on rats and KK-Ay mice. *Food Sci Tech Res.*, **17**(2):93-102, 2011.
- 12) Sener G, Toklu H, Sehirli A *et al.* Protective effects of resveratrol against acetaminophen-induced toxicity in mice. *Hepatol Res.*, **35**(1):62-68, 2006.
- 13) Segawa S, Wakita Y, Hirata H *et al.* Oral administration of heat-killed *Lactobacillus brevis* SBC8803 ameliorates alcoholic liver disease in ethanol-containing diet-fed C57BL/6N mice. *Int J Food Microbiol.*, **128**(2):371-377, 2008.

食用担子菌類の木材分解能力を検証する

富樫 巖 (TOGASHI Iwao) * 打矢 いづみ (UCHIYA Izumi) *

* 旭川工業高等専門学校

Key Words：木材腐朽菌・食用菌・人工栽培・バーベンダム反応

はじめに

スーパーには年間を通して多くの種類の食用キノコ（担子菌類）が並んでいる。これは、先人たちの努力・創意・工夫により人工栽培技術が確立され、周年的な施設栽培が可能となったからである。一方、食用キノコの代表格である「マツタケ」の人工栽培は、現状では不可能と考えられている。その理由としては、死物寄生の腐生菌（落ち葉や稲わらを分解）や木材腐朽菌（木材を分解）のキノコが人工栽培可能となっているものの、マツタケを始めとする活物寄生菌（相利共生、片利共生）の人工栽培が困難である¹⁾ことによる。

著者の一人の富樫は、人工栽培技術が確立されていないナラタケ類 (*Armillaria* spp.) に注目し、種々の検討から2か月の栽培期間でツバナラタケ (*A. ostoyea* (Romagn.) Herink) の安定的な子実体生産を可能にするノウハウを1990年代に確立した^{2,7)}。その研究の発端と可能性の確信としては、ナラタケ類が樹木寄生菌であると共に木材腐朽菌でもあることにあった。もしも今後、木材腐朽力（木材を分解する能力）を持つマツタケの菌株が見出されるならば、人工栽培の可能性が開けるはずである。

本稿では、食用キノコを中心とした担子菌

類の木材腐朽力の定量的な評価の試みを紹介する。手順としては、JIS K 1571「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準」の指定菌株であり、木材腐朽菌の代表格とも言える非食用のオオウズラタケ (*Fomitopsis palustris* (Berk. & M.A.Curtis) Gilb. & Ryvarden) とカワラタケ (*Trametes versicolor* (Linnaeus) Lloyd) の木材腐朽力を評価できる実験系を確立した後に、同手法を用いて人工栽培が可能で7種類・12菌株の食用キノコの木材腐朽力を比較する。得られた結果から木材腐朽菌と食用キノコの木材腐朽力を比較し、さらに木材中のリグニン分解能の可能性を簡便に評価するバーベンダム反応との関わりも考察する。

1. 担子菌類の木材腐朽力

1-1. 供試菌株と供試木片

表1に示す9種類・14菌株を供試した。いずれもポテトデキストロース寒天 (PDA) 平板培地で継代培養保存していたものである。各担子菌を試験に供試する際には、PDA 平板培地を用いて温度 25℃で7～14日前培養（供試菌株の菌糸成長速度により培養期間が異なる）した菌叢から、寒天培地ごとコルクボーラーで打

表1 木材腐朽力の観察に供試した担子菌類

No. 供試菌と識別記号	供試菌の学名	その他
1 オオウズラタケ	<i>Fomitopsis palustris</i>	MAFF 420001
2 カワラタケ	<i>Trametes versicolor</i>	NBRC 30340
3 シイタケA	<i>Lentinula edodes</i>	栽培株
4 シイタケB	<i>Lentinula edodes</i>	栽培株
5 シイタケC	<i>Lentinula edodes</i>	栽培株
6 エノキタケA	<i>Flammulina velutipes</i>	栽培株
7 エノキタケB	<i>Flammulina velutipes</i>	栽培株
8 エノキタケC	<i>Flammulina velutipes</i>	非栽培株
9 ブナシメジA	<i>Hypsizigus marmoreus</i>	栽培株
10 ブナシメジB	<i>Hypsizigus marmoreus</i>	栽培株
11 マイタケ	<i>Grifola frondosa</i>	栽培株
12 ナメコ	<i>Pholiota namako</i>	栽培株
13 ハタケシメジ	<i>Lyophyllum decastes</i>	栽培株
14 エリンギ	<i>Pleurotuo eryngii</i>	栽培株

注) オオウズラタケは褐色腐朽菌，それ以外は全て白色腐朽菌

ち抜いた直径 5 mm の菌体円盤を接種源として用いた。

広葉樹材としてシラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)，針葉樹材としてトドマツ (*Abies sachalinensis* Mast.) を用い，サンドペーパー仕上げをした 4 × 5 × 25 mm の木片を作成した。これらを 60℃ で 2 昼夜乾燥して恒量化し，質量測定のために 80℃ で 1 日 3 時間の乾熱殺菌を 3 日連続で施した。

1-2. オオウズラタケとカワラタケの木材腐朽力の評価

図 1 に示すように，200 ml 培養ガラス瓶に PDA を約 30 ml 分注して高圧蒸気殺菌 (121℃，15 分) した後，オオウズラタケ MAFF 420001 (褐色腐朽菌) またはカワラタケ NBRC 30340 (白色腐朽菌) の菌体円盤 2 個を接種し，それぞれ 25℃ で 9 または 7 日間培養した。培養ビン当たり 3 本のシラカンバまたはトドマツの木片を各供試菌の叢上に載せ，25℃ で最大 12 週間暴露した。経時的に培養ビンから木片を取り出して菌糸を除去した後，60℃ で 2 昼夜乾燥して恒量化し，各質量減少率を算出することで木材腐朽力を評価した。なお，各試験区の木片の繰返し

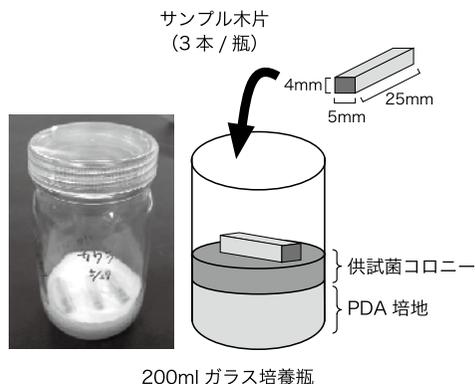


図 1 供試菌株の木材腐朽力を評価する小規模実験系

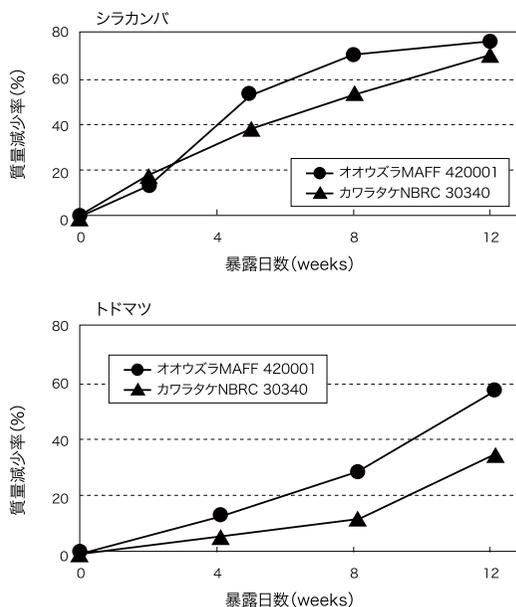


図 2 オオウズラタケとカワラタケに暴露したシラカンバ木片 (上) とトドマツ (下) の質量減少率の経時変化 (25℃)

注) 木片の繰返し数：シラカンバ 12，トドマツ 9

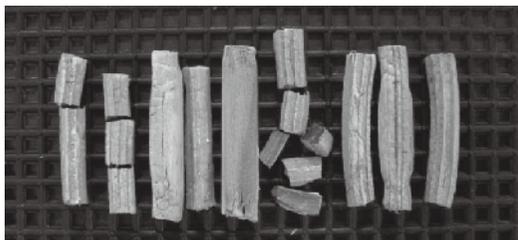
し数は 12 (シラカンバ) ~ 9 (トドマツ) とした。

オオウズラタケとカワラタケに暴露したシラカンバ木片とトドマツ木片の経時的な質量変化率の変化をそれぞれ図 2 に示した。いずれも暴露日数と共に質量減少率が増加した。シラカンバ木片では，オオウズラタケとカワラタケへ

12週間暴露することでそれぞれ76%と71%の質量減少率となった。一方、トドマツ木片では12週間暴露でそれぞれ57%と34%の質量減少率となり、いずれの値もシラカンバ木片より減少した。

一般的に、カンバ類（シラカンバを含む）とトドマツは共に耐腐朽性が小さい木材グループに属する⁸⁾。しかし、本試験ではその微生物分解に差が生じた。この原因としては、トドマツ木片に0.1%程度含まれ、糸状菌に対する菌糸成長阻害性を有する(+)-jubavion⁹⁻¹²⁾が供試菌株の活動を多少なりとも阻害した可能性が考えられる。さらに、白色腐朽の木材腐朽菌はリグニン構造の違いから針葉樹材よりも広葉樹材の分解を好む傾向¹³⁾があるため、カワラタケによるトドマツ木片の質量減少率がシラカンバ木片の質量減少率の約半分に減少したと考えられる。図3には両供試菌株に12週間暴露後のトドマツ木片の様子を示したが、オオウズラタケへの暴露において顕著な腐朽が生じている。

オオウズラタケ暴露



カワラタケ暴露

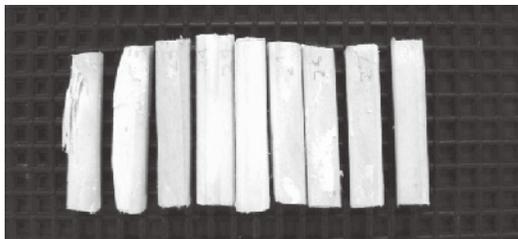


図3 オオウズラタケ（上）とカワラタケ（下）に暴露したトドマツ木片（25℃・12週間）

注) 木片の大きさ（暴露時）：4×5×25mm

1-3. 食用キノコの木材腐朽力の評価

表1に示すシイタケA以下7種類・12菌株の食用担子菌類を供試し、1.2と同様の実験系と手法を用いて25℃で12週間の暴露を行った。なお、各供試菌株の菌体円盤接種後から木片暴露までの培養期間は10日間（ブナシメジ）または14日（その他）とし、各試験区の木片の繰り返し数は9とした。

得られた結果を図4に示す。シラカンバ木片の質量減少率としてはエリンギの0%からナメコの74%までの幅が生じた。複数の菌株を供試したシイタケ、エノキタケおよびブナシメジに注目すると、ブナシメジの2菌株は7～8%とほぼ等しい質量減少率を示したものの、シイタケでの3菌株では13～51%、エノキタケの3菌株では9～21%となり、同一の菌種でも菌株によって木片の質量減少率に差異が生じた。ちなみに50%以上の木片の質量減少率を示したものはシイタケBとナメコの2菌株、25%以上の同質量減少率を示したものはシイタケBとナメコに加えてシイタケCとマイタケの合計4菌株、そして10%以上の同質量減少率を示したものはシイタケAとエノキタケBと同Cを加えた合計7菌株となる。残りのエノキタケA、ブナシメジ2菌株およびハタケシメジの合計4菌株の木片の質量減少率は8%前後を示し、上述のようにエリンギでは質量減少率が確認できなかった。

一方、トドマツ木片の質量減少率はいずれの供試菌でも値が激減して2%未満となった。シラカンバ木片の質量減少が最も大きかったナメコで1%強の同減少率となり、図5に示すように暴露後の両木片の違いが顕著に現れている。また、シイタケ全菌株とエノキタケA、およびエリンギの5菌株ではトドマツ木片の質量減少率が確認できなかった。シイタケの栽培については、コナラ (*Quercus serrata* Murray) やミズナラ (*Q. mongolica* var. *grosseserrata* Rehder et

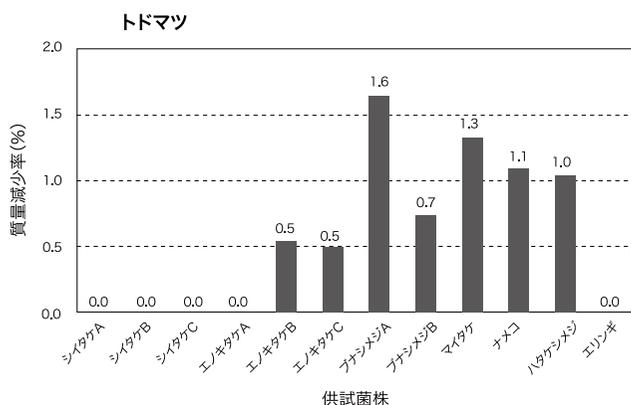
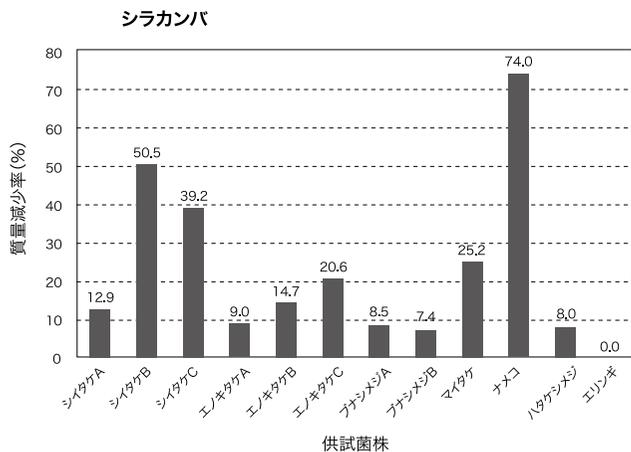


図4 食用キノコ12菌株に暴露したシラカンバ木片(上)とトドマツ木片(下)の質量減少率(25℃・12週間)

注) 木片の繰り返し数: 9

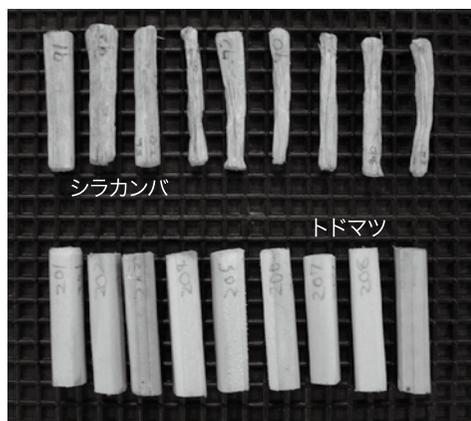


図5 25℃で12週間ナメコに暴露後のシラカンバ木片(上)とトドマツ木片(下)

注) 木片の大きさ(暴露時): 4×5×25mm

Wilson)を中心とした広葉樹丸太を用いた原木栽培が長い間主流であった。シラカンバ丸太を用いた栽培の可能性も示されている¹⁴⁻¹⁷⁾ものの、トドマツを含めた針葉樹丸太を用いる栽培の実用化技術は見当たらない。加えて、近年のシイタケ栽培技術である菌床栽培においても広葉樹材のノコズのみが利用されている¹⁸⁾ことから、シイタケ菌株の木材腐朽力は針葉樹材では発揮されないことが推察される。また、供試した7種類の担子菌は白色腐朽菌であることから、1.2で述べたようにカワラタケと同様に針葉樹材の分解は苦手である¹³⁾。

エノキタケ、ブナシメジ、ハタケシメジ、およびエリンギは針葉樹材のノコズを用いた菌床栽培が行われている^{18,19)}ものの、この担子菌類は培地添加物である米ぬか中のデンプンやタンパク質を代謝することで子実体を生産していると考えられる¹⁾。なお、エリンギについては本実験系では唯一、樹種に関係なく木片の質量減少率が確認

されなかった。これについては、以下のバーベンダム反応の結果を含めて考察することとしたい。また、マイタケとナメコについては、菌株によっては培地中の広葉樹ノコズの一部を針葉樹のカラマツ(*Salix leptolepis* Gordon (*L. kaempferi* Carr.))のノコズで置き換えることが可能との報告がある^{20,21)}が、100%置き換えによる栽培例は見当たらない。

2. 担子菌類のバーベンダム反応

PDA培地100mlに0.05gのタンニン酸(化学用, 和光純薬工業製), または没食子酸1水和物(1級, 和光純薬工業製)を加えた後, 高

圧蒸気殺菌を行って直径 52 mm の平板培地を作成した。表 1 に示した供試菌株の各菌体円盤 1 個を同平板培地の中央に接種し、25℃で 1 週間培養することでバーベンダム反応（培地の褐変化）の有無を観察すると共に各菌叢の直径を測定した。なお、PDA のみの平板培地をコントロールとし、各平板培地の繰り返し数は 3 とした。

各供試菌のバーベンダム反応の結果について、培地変色の有無を表 2 に、各培地の菌叢直径を表 3 にそれぞれ示した。また、培地変色の一例としてシイタケ A が培地を褐変する様子を図 6 に示した。表 2 に注目すると、供試菌株において唯一の褐色腐朽菌であるオオウズラタケを除き、その他の供試菌株のタンニン酸添加培地/没食子酸添加培地に変色が生じた。バーベンダム反応は、木材中のリグニンのモデル物質を用いることで供試菌株のリグニン分解能の有無を判定するものである²²⁻²⁵⁾。よって以上の結果から、オオウズラタケ以外の菌株はリグニン分解能を持っている可能性があり、その能力が最終的に木材腐朽力へ反映することになる。

しかし、図 2 に示すようにオオウズラタケは木片の質量減少を引き起こしている。この矛盾は、オオウズラタケが木材中のリグニンの存在を無視してセルロースのみを代謝していると考えられることで説明できる。多くの褐色腐朽菌はリグニンのモデル物質を全く代謝しない可能性が高く、培地に変色が生じないものと考察できる。また、図 4 ではエリンギのみに両木片の質量減少率

が確認できなかったが、バーベンダム反応の結果から、図 1 の実験系の条件（木片樹種、培養温度、培養期間など）を変えることで木片の質量減少が生じる可能性がある。図 7 に示すように暴露中においてエリンギの菌糸は木片を覆っており、木材を攻撃しようとする様子が感じ取

表 2 供試担子菌類のバーベンダム反応 (25℃・1 週間培養)

No. 供試菌と識別記号	タンニン酸	没食子酸	コントロール
1 オオウズラタケ	×	×	×
2 カワラタケ	○	○	×
3 シイタケ A	○	○	×
4 シイタケ B	○	○	×
5 シイタケ C	○	○	×
6 エノキタケ A	○	○	×
7 エノキタケ B	○	○	×
8 エノキタケ C	○	○	×
9 ブナシメジ A	○	○	×
10 ブナシメジ B	○	○	×
11 マイタケ	×	○	×
12 ナメコ	○	○	×
13 ハタケシメジ	○	○	×
14 エリンギ	○	○	×

注) 培地の変色：○ 変色あり，× 変色なし；培地 pH：タンニン酸添加 PDA 4.8，没食子酸添加 PDA 4.5，コントロール PDA 5.3；繰り返し数：3

表 3 各培地における供試菌株の菌叢直径 (25℃・1 週間培養)

No. 供試菌と識別記号	タンニン酸	没食子酸	コントロール
1 オオウズラタケ	F (6 日間) ^{a)}		F (5 日間) ^{b)}
2 カワラタケ	F (6 日間) ^{a)}		F (5 日間) ^{b)}
3 シイタケ A	44.7	42.7	31.0
4 シイタケ B	44.3	41.3	44.3
5 シイタケ C	41.0	39.7	42.3
6 エノキタケ A	F ^{c)}	40.7	F ^{c)}
7 エノキタケ B	F ^{c)}	33.0	F ^{c)}
8 エノキタケ C	24.0	30.0	48.0
9 ブナシメジ A	10.0	17.3	20.0
10 ブナシメジ B	8.3	8.3	11.7
11 マイタケ	27.3	40.7	40.0
12 ナメコ	43.0	35.0	48.3
13 ハタケシメジ	9.7	6.7	23.7
14 エリンギ	27.6	30.3	46.3

注) 数値の単位 mm；a) 6 日間の培養で直径 52mm の平板培地全体を菌叢が覆った，b) 5 日間の培養で同直径の平板培地全体を菌叢が覆った，c) 1 週間の培養で同直径の平板培地全体を菌叢が覆った；成長各培地の pH は表 2 参照；繰り返し数：3

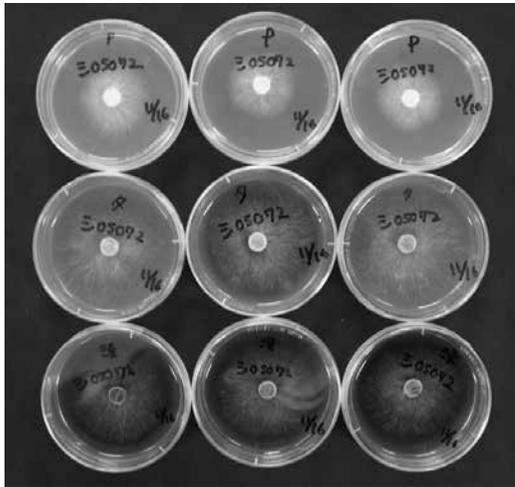


図6 シイタケAのバーバンドム反応(25℃・1週間培養;上段:コントロール;中段:タンニン酸添加PDA培地;下段:没食子酸添加PDA培地)

れる。

表3の各供試菌株の菌叢直径に注目すると、バーバンドム反応用の試薬を培地に添加したことで一部の菌株を除き、コントロールの培地(pH=5.3)と比較して菌糸成長が抑えられる傾向が観察された。すなわちタンニン酸添加培地(pH=4.8)では10菌株、没食子酸添加培地(pH=4.5)では12菌株の菌叢直径が小さかった。オオウズラタケとカワラタケではコントロールの培地での菌糸成長がやや速いものの、全ての試験区において5日間で直径52mmの平板培地全体に菌叢が広がった。しかし、シイタケAではタンニン酸および没食子酸の添加培地での成長量が大きかった。そして、エノキタケAと同Bはタンニン酸添加培地とコントロール培地で培養1週間後に両平板培地表面全体に菌叢が広がった。

3. 総合考察

JIS K 1571「木材保存剤の性能試験方及び性能基準」では、グルコース・ペプトン・麦芽



図7 25℃でエリノギに暴露中のシリカンバ木片(上)とトドマツ木片(下)の様子

エキス溶液を添加した海砂培地上で生育させたオオウズラタケとカワラタケの菌叢に、無処理または防腐薬剤を注入した針葉樹材のスギ(*Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don)木片を26±2℃で12週間暴露し、木片の質量減少率を測定する。そして、無処理のスギ木片(コントロール)の質量減少率がオオウズラタケで30%以上、カワラタケで15%以上生じたときに木材保存剤の性能評価が可能となる。図1に示したものは、以上のJIS K 1571の実験系を参考にして考案した小スケール実験系であり、高専のような小規模実験室でも利用できる。そして、PDA培地を利用することで海砂の洗浄処理が生じないメリットもある。また、供試木片の樹種は本州基準のスギ材から、北海道で入手しやすいシリカンバ材とトドマツ材に変更した。

その結果、1-2に示すように、JIS K 1571が指定するオオウズラタケとカワラタケの両菌株による広葉樹シリカンバ木片の質量減少率は70%を超え、針葉樹トドマツ材の質量減少率はオオウズラタケで57%、カワラタケで34%となり上述の最低基準(30および15%)を超えた。

したがって図1の実験系で、両木材腐朽菌は十分な木材腐朽力を発揮できると考えられる。シラカンバ材では76%の質量減少率を示したカワラタケが、トドマツ材ではその半分以下の値へ減少した主原因は、上述のように白色腐朽菌が針葉樹材よりも広葉樹材を好む¹³⁾ ことにある。

以上の成果を活用し、1-3では人工栽培が可能な7種類・12菌株(全て白色腐朽菌)の食用キノコの木材腐朽力を観察した。菌株によりばらつきがあるもののシラカンバ木片に明確な質量減少がみられた一方で、トドマツ材では1%台の僅かな質量減少しか確認できなかった。シラカンバ木片の質量減少率で15%以上を示した菌株はシイタケ2菌株(A, B)・エノキタケC・マイタケ・ナメコであり、エノキタケ以外は広葉樹材でのみ人工栽培が可能な食用キノコである。それ以外のキノコは針葉樹材のノコクズを用いた菌床栽培で商業的な生産が可能となっていることから、培地添加物(米ぬかなど)中のデンプンを炭素源として利用している¹⁾ ことが示唆される。シイタケ・マイタケ・ナメコは菌床栽培においても、米ぬかに加えて広葉樹材をも炭素源として求めていることが推察される。そして、シラカンバ木片の質量減少率からナメコやシイタケBはオオウズラタケやカワラタケに匹敵またはほぼ匹敵する木材腐朽力を発揮したが、トドマツ木片に対する食用キノコ菌株の木材腐朽力は非常に小さいことが示された。

バーベンダム反応については供試した白色腐

朽菌全てで陽性が確認され、エリンギを除く白色腐朽菌全てでシラカンバ木片の質量減少も確認された。エリンギは本検討で用いた実験系の実験条件において木材腐朽力を発揮できなかった可能性がある。

おわりに

食用キノコを中心とした担子菌類の木材腐朽力の定量的な評価を試みた。JIS K 1571「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準」の実験系を参考にした小規模実験系を考案し、JIS K 1571の指定菌株のオオウズラタとカワラタケの木材腐朽力をシラカンバ木片とトドマツ木片を用いて評価した。その結果、両樹種において25℃・12週間暴露後に30%を超える実量減少が確認できた。次に、同手法を用いて人工栽培が可能な7種類・12菌株の食用キノコの木材腐朽力を評価したところ、エリンギを除き、シラカンバ木片のみに明確な質量減少が生じ、広葉樹材で人工栽培が実用化されているシイタケ・マイタケ・ナメコにおいて同木片の質量減少が顕著であった。一方、針葉樹材で人工栽培が実用化されているエノキタケ・ブナシメジ・ハタケジメジのシラカンバ木片の質量減少率は相対的に小さく、木材腐朽力はシイタケなどより低い可能性がある。

褐色腐朽菌のオオウズラタケを除き、供試した白色腐朽菌の全菌株にバーベンダム反応が生じた。両木片の質量減少を引き起こさなかったエリンギにおいても、実験条件を変更することで木材腐朽力が発揮される可能性がある。

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

- 1) 村尾 澤夫, 荒井 基夫 共編: 応用微生物学改訂版, 培風館, 東京, pp149-160, 2007.
- 2) 富樫 巖, 瀧澤 南海雄: ナラタケ属の根状菌糸束形成に対するニンジンの効果, 木材学会誌, 40 (2), 213-219, 1994.
- 3) 富樫 巖, 瀧澤 南海雄: ナラタケ属の子実体生産に及ぼす子実体原基の形成方法と培地水分の影響, 木材学会誌, 41 (2), 211-217, 1995.

- 4) 富樫 巖：ナラタケ属の廃培地を用いたヒラタケの瓶栽培，木材学会誌，**41** (10)，956-962, 1995.
- 5) 富樫 巖：ナラタケ属瓶栽培における培地材料と種菌接種方法の子実体生産に及ぼす影響，木材学会誌，**42** (2)，186-193, 1996.
- 6) 富樫 巖，宜寿次 盛生，原田 陽：コーヒー残渣を用いたナラタケ属の栽培，きのこの科学，**3** (4)，161-165, 1996.
- 7) 富樫 巖，宜寿次 盛生，原田 陽：ニンジン搾りかすを用いたツバナラタケ子実体生産，日本菌学会会報，**40** (3)，115-121, 1999.
- 8) 日本木材保存協会編：木材保存学，文教出版，東京，pp65-67, 1982.
- 9) 米山 彰造，富樫 巖，本間 千晶 他：食用菌菌糸の生育に及ぼすトドマツ抽出物の影響，林産試場報，**3** (3)，16-22, 1989.
- 10) Yoneyama S., Togashi I., Oikawa H. *et al.* : An Antifungal Substance in the Volatile Wood-Oil of Todomatsu, *Abies sachalinensis* Mast., *Mokuzai Gakkaishi*, **36**(9), 777-780, 1991.
- 11) Aoyama M., Togashi I., Yomeyama S. *et al.* : Antifungal Activity of (+) -Juvabione and Todomatuic Acid against Wood-Destroying Fungi, *J. Antibact. Antifung. Agents*, **19**(9), 463-465, 1991.
- 12) 米山 彰造，富樫 巖，瀧澤南 海雄：トドマツ木粉中の食用菌菌糸生長阻害物－阻害物質の除去法とその効果－，林産試場報，**6** (2)，6-14, 1992.
- 13) 土居 修一：特集「木は長い友達」腐れを防いでつきあおう，林産試だより 1989年12月号，7-10, 1989.
- 14) 信太 寿，中村 米松，小田 清：シラカバ他10樹種をほだ木としたシイタケの栽培，林産試月報，No.**262**，11-14, 1973.
- 15) 信太 寿，中村 米松：シラカバほだ木によるシイタケ栽培，林産試月報，No.**338**，10-13, 1980.
- 16) 中村 米松，伊東 英武，押切 靖 他：シラカンバほだ木によるシイタケ栽培（第2報），林産試月報，No.**409**，23-27, 1986.
- 17) 加藤 幸浩，山村 忠明，米山 彰造 他：シラカンバほだ木によるシイタケ栽培（第3報）－ハウス内管理による短期周年栽培の検討－，林産試場報，**7** (5)，15-17, 1993.
- 18) 大森 清寿，小出 博志 共編：キノコ栽培全科，農山漁村文化協会，東京，pp56-64, 2001.
- 19) 松本 哲夫，江口 文陽：ハタケシメジの栽培における培地材料の影響と機能性評価，群馬林試研報，No.**13**，1-26, 2008.
- 20) 米山 彰造：キノコ栽培へのカラマツおが粉の利用性，林産試だより 2001年5月号，20-22, 2001.
- 21) 米山 彰造，宜寿次 盛生，原田 陽 他：カラマツおが粉の利用に適したマイタケ新品種の選抜，林産試場報，**20** (3)，21-26, 2006.
- 22) 馬田 英隆：木材腐朽菌 *Hymenochaete crocicreas* 6 菌株の生理的性質（第1報）－菌の生育に及ぼす温度条件，パーベンダム反応及びタカツルランの種子発芽について－，木材保存，**18** (2)，101-106, 1992.
- 23) 日本木材学会 編：木質科学実験マニュアル，文永堂出版，東京，pp32-35, 2000.
- 24) 飯田 親，西井 孝文，伊藤 進一郎 他：食用キノコ肺培地の活用法に関する研究（第1報）栽培キノコ菌糸体の簡易活性測定法によるリグニン分解酵素群の検索，三重大大学生物資源学部紀要，No.**27**，77-83, 2001.
- 25) 中村 仁：木質腐朽菌3種の果樹類における発生調査およびナシ枝に対する病原性の評価，微生物遺伝資源探索収集調査報告書，**24**，9-18, 2011.

小さなガランガについて

堀田 幸子 (HORITA Sachiko) *1 小谷 明司 (KOTANI Akeshi) *2
有水 育穂 (ARIMIZU Ikuho) *3

*1 備南ハイフーズ株式会社, *2 技術士/水産部, *3 有限会社備南食研

Key Words：小さなガランガ・ショウガ・機能性食品・抗酸化・抗菌・抗炎症・ピロリ菌

はじめに

筆者等は前報¹⁾でタイショウガの機能性について紹介した。この中でタイショウガには大きなガランガ (greater galanga) と小さなガランガ (smaller galanga あるいは lesser galanga) の二つの品種が含まれること、主として前者は香辛料として、後者は薬草またはハーブとして用いられていることを述べた。前報では大きなガランガについての記述に重きを置いたが、その後小さなガランガについての文献の収集が捗ったこともあり、本稿では小さなガランガについて補足したい。

1. 小さなガランガ

小さなガランガはショウガ科の植物で数フィートの草丈に達し幅広の葉、赤みを帯びた白い花をつける²⁾。根は多年生で突起のある皮に包まれた固くて白い肉質を有し、特有の刺激的な風味と芳香を有する³⁾。 *Alpinia oofficinarum* Hance. の学名を冠されることが多いが、 *Languas officinarum* の学名を用いる文献もある^{2,3)}。参考までにショウガ類縁植物の分類を図1に示す。

中国原産とされ中国南部、ベトナム、インド

(西ベンガル, アッサム), タイで栽培されている。インドではスガンダ バチャ(ベンガル語), クリンジャン(ヒンズー語), クラシャナバダ(サンスクリット語)と呼ばれる²⁾。生鮮根は香辛料としても用いられるが、乾燥して薬草、ハーブとして用いられることが多い。

2. 機能性

ドイツのE処方リストで小さなガランガは消化不良, 食欲減退の薬剤として記載され⁴⁾, アメリカFDAはこの植物を一般的に安全な食材に分類している⁴⁾。

小さなガランガの機能性としては抗炎症作用, 細胞増殖抑制作用, 制吐作用⁵⁾, 駆風作用(腸内ガスの排泄促進作用), 抗痙攣作用³⁾等が知られている。

3. 機能性, あるいは特殊な成分

3-1. 精油成分

小さなガランガは他のショウガ科の植物と同様に特有の風味, 香りを呈することから精油成分の研究が行われてきた。生鮮, あるいは乾燥した根を水蒸気蒸留すれば精油が得られる。T

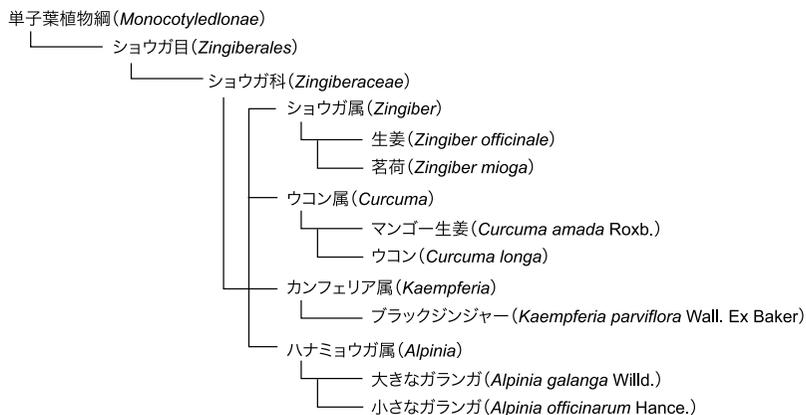


図1 ショウガ類縁植物の分類

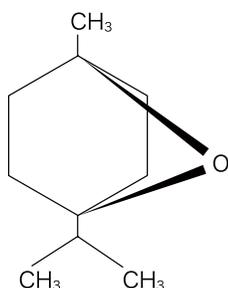


図2 1,8 - シネオールの化学構造

Ngoc L. 等³⁾ は生鮮根から得られた精油の含酸素炭化水素化合物として1,8-シネオール、モノテルペンとして α -ピネン、 β -ピネン、リモネン、セスキテルペンとして β -カリオフィレン、 α -ベルガモテンを特定し、乾燥根からの精油では揮発性の高いモノテルペンは失われたと報告している。乾燥根の精油の主要成分は1,8-シネオールで、大きなガランガと同様である³⁾ (図2)。

3-2. 抗酸化成分

ショウガ科の植物にはウコンのクルクミノイド、ショウガのジンゲオール、およびこれらの配糖体等の抗酸化成分が知られている⁸⁾。T. N. Ly 等⁸⁾ はリノレン酸メチルの自動酸化モデル系で、生鮮の小さなガランガから抽出したフェニルプロパノイド化合物類の抑制効果を調べ、

(4E)-1,5-ビス-(4-ヒドロキシフェニル)-4-ペンテン-1-オールに強い抗酸化活性を認めた。

3-3. 抗菌作用

B. B. Zhang 等⁵⁾ は小さなガランガの乾燥根エタノール抽出物を精製し、酢酸エチル抽出分画にヘリコバクターピロリに対する抗菌作用を認めた。さらに、この分画をクロマトで分別し、三つの新規なフェニルプロパノイド化合物、7-(4',5"-ジヒドロキシ-3"-メトキシフェニル)-1-フェニル-4-ヘプテン-3-オン、1,7-ジフェニル-5-ヘプテン-3-オン、4-フェネチル-1,7-ジフェニル-1-ヘプテン-3,5-ジオンを得た。これらはいずれもピロリ菌に対して強い抗菌活性を示した。

3-4. 抗炎症作用

P. N. Yadav 等 [4] は小さなガランガから抽出した7-(4'-ヒドロキシ-3'-メトキシフェニル)-1-フェニルヘプト-4-エン-3-オン (HMP) がマウスのマクロファージ細胞を用いた炎症モデル系で一酸化窒素とサイトカイン類 (TNF- α , インターロイキン- β) の遊離を抑制することを認めた (図3)。さらに、LPS (腸内細菌の細胞内に蓄積される毒素であるリポ糖質) を用い

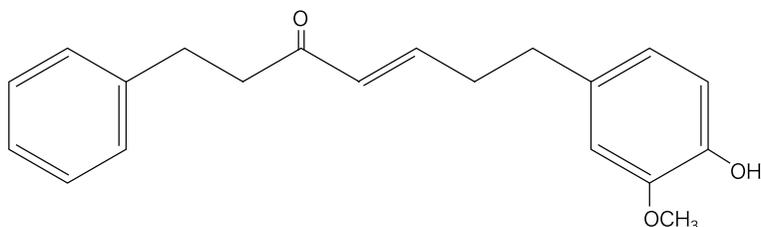


図3 HMPの化学構造

てシクロオキシゲナーゼと、一酸化窒素合成酵素の遺伝子からの翻訳・生合成経路に対する作用を調べた。HMPは一酸化窒素の翻訳・生合成とシクロオキシゲナーゼの活性を抑制することを確認した。シクロオキシゲナーゼは炎症を促進するプロスタグランジン類の高度不飽和脂肪酸からの生成を触媒する酵素であり、シクロオキシゲナーゼ活性の抑制は間接的に炎症の憎悪の防止に寄与すると考えられる。

K. Subramanian 等⁹⁾は腸管病原性大腸菌による持続的な下痢症に対する小さなガラングの抑制効果を調べた。腸管病原性大腸菌(O-127:H6)は発展途上国の衛生環境未整備による、乳幼児の健康の維持・向上に対する重大な脅威の一つになっている。一般的にはこの菌による感染症の長期化に伴って腸管の免疫抑制機構が活性化されて下痢症は静穏化するが、治療のために抗生物質を投与すると溶菌が起こって細菌の細胞内に蓄積されていたLPSが放出され、これにマクロファージが誘引されて激しい腸管の炎症を起こすことがある。彼らは小さなガラング乾燥根の各種の有機溶媒による抽出物の効果を検討し、酢酸エチル抽出物にネズミのマクロファージのO-127:H6によるLPS誘発性のTNF- α 、インターロイキン1- β とインターロイキン-8、TLR4等の炎症誘発物質の生成を抑制することを認めた。また、酢酸エチル抽出物はマイトジェンにより誘発されるヒトのリンパ細胞の増殖を強く抑制した。これらの知見から、彼らは小さなガラングをO-127:H6感染症の

抗生物質投与時の腸管炎症を抑えるために併用することが有効であろうと推測している。

4. 活性物質とその配糖体

前述のように、小さなガラングの根には精油成分が含まれ、生鮮根と乾燥根から抽出された精油の組成は異なる。根の乾燥加工中に揮発性の高い低分子の炭化水素類が揮散してしまうことが主たる原因である。精油成分は抗菌・抗カビ等の微生物の侵入に対する防御、および昆虫、線虫、動物等の食害に対する忌避物質として、さらにはその植物にとって有益な生物(例えば食害昆虫を食べてくれたり、卵を産み付けて幼虫の餌に利用するような)を誘引したり、受粉を媒介してくれる昆虫を誘引する等の生理活性を発現しているものと推測される。精油成分の濃度の調整・維持、および精油成分のストックのために、これらの物質の配糖体がしばしば植物に含まれる。

T. N. Ly 等⁶⁾はショウガ科植物の香気成分の配糖体の研究についてレビューしており、さらに小さなガラング生鮮根のメタノール抽出物から配糖体をクロマト精製して精油成分の配糖体数種を同定している。この中に大きなガラングの根の有力な機能性成分の一つと注目されているチャビコールの配糖体も含まれていた(図4)。糖との結合はいずれも β 配置であった。

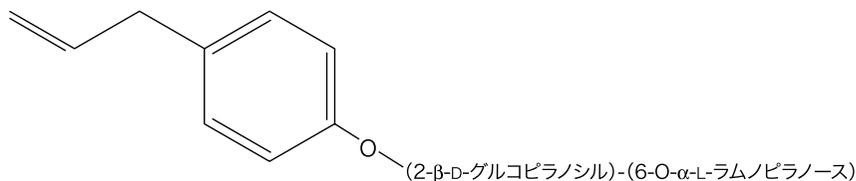


図4 チャビコール配糖体の化学構造

5. 小さなガランガの食安全性

M. Seddeag 等⁶⁾は Bovns 種の鶏に小さなガランガ乾燥根粉末を餌に相当量混和して長期経口投与の影響を調べた。混和率 2 ~ 10%, 2 ~ 4 週間の経口投与で体重増加抑制, 肝臓・心臓・脾臓の鬱血・肥大, ヘモグロビンと血色素の減少等の所見が観察された。ただし, 致死的な事例はなかった。ヒトと鳥類では代謝機能に差があるので, 彼らの知見をただちにヒトに当てはめることは妥当ではないが, 小さなガランガの根の度を越した量の継続的摂取, 抽出エキスのような成分が濃縮された製剤の適量を越えた摂取は避けるべきである。小さなガランガはアメ

リカ FDA の見解では一般的に安全な食材に分類されており, また, アジア各国での食経験上の安全性も確認されているので, サプリメントとしての適量摂取には問題はないものと推察される。

おわりに

前報¹⁾で(有)備南食研がガランガの乾燥根の粉末を取り扱っていることを明らかにした。その後の精査で, (有)備南食研の製品はタイで栽培・乾燥加工された小さなガランガの根由来であることが明らかになり, 本稿で小さなガランガの機能性について補足した。資料, サンプルの提供を希望される場合は(有)備南食研へ御一報下さい。

..... 参考文献

- 1) 堀田他, *New Food Industry*, Vol.55(10) 19-24, 2013.
- 2) A. Doixit *et al.*, *International J. of Pharmaceutical and Phyto-Pharmacological Research*, Vol.2(2) 122-125, 2012.
- 3) T. Negoc L. *et al.*, *Food Sci. Technol. Res.*, Vol.7(4) 303-306, 2001.
- 4) P. N. Yadav *et al.*, *J. of Pharmacological and Experimental Therapeutics*, Vol.305(3) 925-931, 2003.
- 5) B-B. Zhang *et al.*, *Fitoterapia*, Vol.81 948-952, 2010.
- 6) M. Seddeag *et al.*, *International J. of Poultry Sci.*, Vol.9(5), 499-502, 2010.
- 7) T. N. Ly *et al.*, *J. of Agric. Food Chem.*, Vol.50(17) 4919-4924, 2002.
- 8) T. N. Ly *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, Vol.51(17) 4924-4929, 2003.
- 9) K. Subramanian *et al.*, *J. of Health Sci.*, Vol.54(1) 112-117, 2008.

“地域密着でキラリと光る企業”

味噌業界を創造する『マルコメ株式会社』

田形 暁作*

*TAGATA Yoshinari (TAGATA 食品企画・開発 代表)

Key Words : 大豆発酵食品・だし入り味噌・液みそ・糘ジャム・生塩糘・発酵技術・伝統食品

はじめに

日本を代表する味噌メーカーの1社として知られる『マルコメ株式会社』は千年以上の営みのなかで育まれた日本のオリジナリティあふれる食である味噌業界を常に創造し、牽引し続けてきた。発酵食品であるこの調味料は今や世界に広まり、健康志向や日本食に関心の高い欧米で、とくに注目されている。マルコメでは味噌の最大輸出先であるアメリカにも生産拠点を置き、味噌がさらに多くの人々に愛される食になることをめざしている。

1854年（安政元年）創業以来、味噌という領域を守り、掘り下げてきたマルコメは、時代に適応した食を提供するための開発にも力を注ぎ、1982年（昭和57年）にはいち早く「だし入り味噌・料亭の味」を発売し、シェアを伸ばすと共に、今日まで発売され続けるロングセラー商品となっている。2009年にはすぐに溶けて使いやすい「液みそ」を発売し定着させるなど、常に新しい価値観を創造している。

2012年（平成24年）には長年培った糘づくりから、自然の甘さを引き出す「糘ジャム」をはじめ、酵素の力に着目した「生塩糘」「生しょうゆ糘」を発売し、発酵技術の更なる追求と生活者のすこやかな暮らしに貢献し続けてきた。マルコメの底力は糘の力である。こうじは麹、

糘とも表されるように、穀物に咲く花にたとえても良いかもしれない。やさしさとたくましさ兼ね備え、人を元気にしたり、癒したりする魅力をもっている。この糘は酵素の宝庫といわれるカビの1種「コウジ菌」が米などの穀物に生育したもので、発酵食品の原点である。味噌や醤油、酒など日本古来の「食」を支える存在である。1854年創業以来、味噌ひとすじに製造しているマルコメにとっても、糘はなくてはならない存在である。本稿を書くに当たり、マルコメ株式会社広報部長の須田信広氏を取材した。

1. 会社概要

マルコメ株式会社の創業は1854年（安政元年）である。本社住所は長野県長野市安茂里883番地。資本金は1億円、売上高は340億4000万円（2013年3月期）であり、300億円の壁を突破した。従業員数は420名（男334名、女86名）。事業内容は①家庭用・業務用みその製造販売、②家庭用・業務用糘食品の製造販売、③家庭用・業務用発酵製品、及びそれに関わる機器等の販売、④即席みそ汁の製造販売、⑤スープ等原料の製造販売（ラーメンチェーン等）、⑥加工用味噌の製造販売（対食品メーカー向け）、⑦海外向け商品の開発である。

2. 会社の沿革

1854年(安政元年)	創業(味噌、醤油醸造業開始)
1948年(昭和23年)	「青木味噌醤油株式会社」設立
1966年(昭和41年)	第二工場拡張工事完成
1967年(昭和42年)	社名を「マルコメ味噌株式会社」に改称 東京マルコメみそ販売株式会社設立 関西マルコメ味噌販売株式会社設立
1968年(昭和43年)	東京支店開設
1969年(昭和44年)	即席味噌工場設備完成 九州マルコメ味噌販売株式会社設立
1972年(昭和47年)	公害処理施設完成
1975年(昭和50年)	兵庫県尼崎市に大阪支店開設
1979年(昭和54年)	大豆原料サイロ(3,000t)設備完成
1980年(昭和55年)	即席味噌工場設備拡充
1981年(昭和56年)	だし入り味噌プロジェクトスタート「味噌の風味とだしの旨みを持続させる技術の実用化をめざし着手した」
1982年(昭和57年)	だし入り味噌「料亭の味」発売
	
	即席生みそ発売
1988年(昭和63年)	フリーズドライ製法による新タイプ固形みそ汁発売
1989年(平成元年)	マルコメ中央研究所完成
1990年(平成2年)	CI導入, 社名を「マルコメ株式会社」に改称 5ヵ年計画「MI構想」スタート 公害処理施設・バイオリアクター完成
1991年(平成3年)	新仕込棟完成
1992年(平成4年)	ソフトボトルみそ発売 マルコメ体育館完成
1993年(平成5年)	新宿区高田馬場駅前に新東京支店ビル完成

1995年(平成7年)	本社第三工場完成 長期計画「Future&Tradition」スタート
1998年(平成10年)	SO9002認証取得 本社第二工場新タンク棟完成
2000年(平成12年)	本社工場製品棟完成
2001年(平成13年)	新ビジョン「パラダイム.21」スタート
2002年(平成14年)	ISO9001:2000認証取得
2003年(平成15年)	本社工場製品中棟完成
2004年(平成16年)	本社事務棟(免震構造)完成 美麻高原蔵完成
2005年(平成17年)	美麻ブランド発売 本社タンク棟完成
2007年(平成19年)	新CI「お味噌は、からだと生きていく。」マルコメロサンゼルス工場完成
2008年(平成20年)	ISO22000認証取得
2009年(平成21年)	液みそ」発売
	
2011年(平成23年)	高山工場完成 「椀ショット」発売
2012年(平成24年)	「プラス靴シリーズ」発売 キッチンカー「マルコメ号」導入
2013年(平成25年)	「料亭の味 無添加」発売 「椀ショット匠」発売

3. 企業理念

日本古来の発酵技術を通じて、生活者や健やかな暮らしに貢献する。

企業理念を永遠に守るべき価値観とし、3つの「経営ビジョン」を指針として進化していく。

【経営ビジョン】

- 社員ひとり一人が、お客様を中心に「考動(こうどう)」できる会社になる。
- 社員ひとり一人が、いつも挑戦できる会社になる。
- そして、日本古来の食文化を継承しながら、未来へつづく新たな価値を創造していく。

4. CSR 方針

5つのテーマを柱に CSR 活動を展開していく。

【社会・文化貢献活動】

「食」はあらゆる人が関わる基本的なことである。マルコメでは、健やかで楽しく安全な「食」を通じて、社会貢献を果たし、日本古来の食文化の伝承に努めていく。なかでも最近注目されている「食育」についてマルコメの果たすべき役割について考え、じっくり取り組んでいきたいと考えている。たとえばその一環として活動しているのが文部科学省「早寝早起き朝ごはん」全国協議会が推進する「早ね 早おき 朝ごはん」運動、マルコメらしくお味噌を通じて、積極的に活動している。

【高品質への追求】

「食」の安全性に対する関心の高さに応え、お客様に常に満足していただけるように、自社商品の品質を厳しく見詰め直すとともに、さらなる高品質をめざす。

【顧客満足の向上】

時代の変化と共に生活者のニーズも変わっていく。そのことを踏まえ、つねに新しい顧客満足を追求し、皆さまのさらなる”おいしい”を提供していく。

【コンプライアンス】

21世紀はまさに変革の時代。規範となる価値観や概念を時代に即したものに変わることが求められる。グローバルな情報化社会の中にあつて、マルコメもコンプライアンス（法令遵守）に努める。

【人間の尊重と活用】

社員ひとり一人の幸福

なくして、会社の成長はありえない。人材という宝を尊重し、適材適所に活用していくことで、社員と会社という両輪がうまく動くようになっていく。

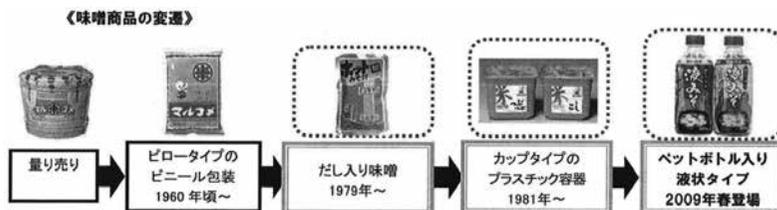
5. ナンバーワンみそメーカーとして日本の食文化を世界へ発信

マルコメは日本におけるみそ販売数量のトップを誇るメーカーで、全国総販売量の約 1/5 のシェアを占めている。みそ業界の未来を担いリードしていく存在として、これからも積極的に日本の食文化を海外へ発信しつづけることが使命と考えている。みそを通じ、世界の人々の健康とイキイキと輝く長寿のために努力していく。

6. マルコメの伝統と革新

2013年に創業159年を迎えるマルコメでは、味噌造りの伝統を守り、育てる一方で、1979年の”だし入り味噌発売”に続き、1981年の”角型カップ容器入り味噌の発売”という、その後の家庭における味噌のあり方を決定づけるような革新的商品開発を成功させてきた。2009年に、第3の挑戦として『マルコメ液みそ』を発売した。現代の多忙な家庭に欠かせないみそ商品として成長している。

味噌商品の変遷とポジショニング



味噌の販売方法を見ると、1960年頃にビニール包装が登場し、以来、スーパーマーケットなどの小売店の棚を独占していました。1981年に登場したカップタイプ容器に、1982年、『マルコメ 料亭の味』が加わり、やがてカップ入り味噌は家庭での味噌の主流になりました。

…業界に先駆けてマルコメが商品化した施策。

更に、2012年には糀の力に着目して生まれたマルコメの新ブランド”プラス糀シリーズ”を発売した。また、翌2013年には”料亭の味 無添加”を発売した。次にマルコメの注力商品を紹介する。

7.

マーケティング、商品企画、商品開発、技術研究が一体化

マルコメはマーケティング部門が中心になり、マーケティング、商品企画、商品開発、技術研究、更には生産、営業が一体となり、お客様視点で日々活動し、増益に貢献している。

●マーケティング

マルコメの原点は”お客様”ありき。多くの方に本当に喜んでいただける商品づくりをめざしている。そのために全国にある拠点を最大限に生かし、求められる味わいや機能性について耳を傾け、市場分析を行い、新しいニーズをとらえて商品づくりに結びつけている。

●商品企画

健康への関心、本物志向、手軽に美味しくという発想……。皆さまのさまざまな想いを受け止めて、あらゆる角度から研究・調査・分析を行い、商品企画をしている。ライフスタイルの提案につながる商品づくりにも、力を注いでいる。

●商品開発

お客様の年齢層や嗜好、そして時代にマッチした新しい味を生み出すのも「食」に携わるマルコメの使命の一つである。自社のテストキッチンにおいて、試作を繰り返し、魅力的な味わいや今までにない新鮮な楽しみ方を提案出来るよう商品開発をしている。

●技術開発

マルコメ中央研究所では、醸造技術をはじめとするさまざまな技術研究に取り組んでいる。最近では各企業や研究機関との共同研究で機

能成分の研究を重ね、機能性にすぐれた味噌の開発に取り組んでいる。

8. 商品紹介

『みそ』

1) だし入り料亭の味

●特長

風味豊かな赤系みそをベースに、かつおだし、昆布だしを程よくブレンドした。だし入りみそのベストセラー。



●内容量：750g / 375g

●原材料

大豆（遺伝子組換えでない）、米、食塩、かつお節粉末、かつおエキス、昆布エキス、酒精、調味料（アミノ酸等）

●栄養成分

エネルギー	198kcal	たんぱく質	11.5g
脂質	5.0g	炭水化物	26.7g
ナトリウム (g)	4.6g	食塩相当量 (g)	11.8g

栄養成分（みそ100gあたり）

◆料亭の味 減塩

●特長

「料亭の味」のおしさそのままに、塩分を20%カットした。



●内容量：750g / 375g

●原材料

大豆（遺伝子組換えでない）、米、食塩、かつお節粉末、かつおエキス、たん白加水分解物、昆布エキス、酒精、調味料（アミノ酸等）

●栄養成分

エネルギー	185kcal	たんぱく質	10.7g
脂質	5.0g	炭水化物	24.3g
ナトリウム (g)	3.7g	食塩相当量 (g)	9.4g

栄養成分（みそ100gあたり）

◆料亭の味 無添加

原料は米・大豆・食塩だけで、食品添加物を一切使用していない。麴割合が14割の信州淡色系みそで、だしは入っていない。



●内容量：750g / 375g

●原材料

米，大豆（遺伝子組換えでない），食塩

●栄養成分

エネルギー	206kcal	たんぱく質	10.2g
脂質	5.3g	炭水化物	29.3g
ナトリウム (g)	4.6g	食塩相当量 (g)	11.7g

栄養成分（みそ100gあたり）

◆料亭の味 無添加 減塩

原料は米・大豆・食塩だけで、食品添加物を一切使用していない。麴割合が14割の信州淡色系みそで、『料亭の味 無添加』と比較して



食塩20%カットの健康意識の高い方にもおすすめの味噌。

●内容量：750g / 375g

●原材料

米，大豆（遺伝子組換えでない），食塩

●栄養成分

エネルギー	215kcal	たんぱく質	10.6g
脂質	6.0g	炭水化物	29.7g
ナトリウム (g)	3.5g	食塩相当量 (g)	8.9g

栄養成分（みそ100gあたり）

3) マルコメ君こし

●特長

すっきりとした信州淡色系みそ。みその風味にマッチしたかつおだし・昆布だしでマイ



ルドな味わいに仕上げた。かつおと昆布だしの配合をリニューアルし、よりおいしくなった。

●内容量：750g

●原材料

大豆（遺伝子組換えでない），米，食塩，かつおエキス，かつお節粉末，昆布エキス，酒精，調味料（アミノ酸等）

●栄養成分

エネルギー	179kcal	たんぱく質	11.1g
脂質	5.7g	炭水化物	20.9g
ナトリウム (g)	4.6g	食塩相当量 (g)	11.8g

栄養成分（みそ100gあたり）

『液みそ』

1) 料亭の味

●特長

料亭の味の特徴である風味豊かな赤系みそをベースに、良質のかつおだし、昆布だしを効かせた液みそに仕上げた。ボトルの形状を変更し、より持ちやすく、また中身が出しやすくなった。



●内容量：430g

●原材料

米みそ，食塩，砂糖，たん白加水分解物，かつお節粉末，かつおエキス，宗田かつお節粉末，昆布エキス，酒精，調味料（アミノ酸等）

●栄養成分

エネルギー	22kcal	たんぱく質	1.3g
脂質	0.5g	炭水化物	3.3g
ナトリウム (g)	0.8g	食塩相当量 (g)	2.0g

栄養成分（液みそ大さじ一杯17gあたり）

2) 料亭の味 減塩

●特長

「液みそ料亭の味」のおいしさそのままに、塩分を20%カットした。ボトルの形状を変更し、より持ちやすく、また中身が出しやすくなった。



●内容量：430g

●原材料

米みそ、発酵調味料、ぶどう糖、かつおエキス、食塩、かつお節粉末、たん白加水分解物、宗田かつお節粉末、昆布エキス、酒精、調味料（アミノ酸等）

●栄養成分

エネルギー	28kcal	たんぱく質	1.3g
脂質	0.5g	炭水化物	4.5g
ナトリウム(g)	0.6g	食塩相当量(g)	1.6g

栄養成分（液みそ大さじ一杯 17g あたり）

『即席みそ』

1) 築地魚がし横丁 赤だししじみ



袋タイプ
(51g)
(17g×3食)



カップタイプ
(50g)

●特長

豆みそ、米みそに貝だしをふんだんに加え、豆みそのコクとだしの旨みを風味豊かに仕上げた。袋タイプには、具にむき身のしじみとねぎを使用している。

●原材料

★袋タイプ

調味みそ〔豆みそ、米みそ、貝エキス、還元水飴、食塩、かつおエキス、昆布エキス、調味料（アミノ酸等）、酒精〕具〔味付しじみ（しじみ、還元水飴、醤油、食塩、しょうが）、ねぎ、調味料（アミノ酸等）、酸化防止剤（V.E）〕、（原材料の一部に小麦を含む）

★カップタイプ

調味みそ〔豆みそ、米みそ、貝エキス、還元水飴、食塩、かつおエキス、昆布エキス、調味料（アミノ酸等）、酒精〕具（レトルト）〔殻付しじみ〕具（乾物）〔ねぎ〕

●栄養成分

<袋タイプ>

エネルギー	30kcal	たんぱく質	1.9g
脂質	0.9g	炭水化物	3.5g
ナトリウム(g)	665mg	食塩相当量(g)	1.7g

栄養成分（1食 17g あたり）

<袋タイプ>

エネルギー	41kcal	たんぱく質	2.8g
脂質	1.1g	炭水化物	5.1g
ナトリウム(g)	929mg	食塩相当量(g)	2.4g

栄養成分（1食 50g あたり）

『プラス糀シリーズ』

1) 糀ジャム

●特長

米を糖化させ、砂糖を使わずに生まれた自然の甘さの糀ジャム。

●内容量：150g

●原材料

米、米こうじ、酸味料

●栄養成分

エネルギー	44kcal	たんぱく質	0.8g
脂質	0g	炭水化物	10.2g
ナトリウム(g)	0g	食塩相当量(g)	0g
シヨ糖(g)	0g		

栄養成分（大さじ約1杯（20g）あたり）

2) 生塩糀

●特長

酵素がのこった「生」タイプの塩糀。素材の味を引き出す、自然の旨みのある万能調味料。

●内容量：200g

●原材料

米こうじ、食塩、酒精

●栄養成分

エネルギー	27kcal	たんぱく質	0.4g
脂質	0g	炭水化物	6.1g
ナトリウム	592mg	食塩相当量	1.5g

栄養成分（大さじ約1杯（15g）あたり）



3) 糀塩

●特長

日本食品標準成分表 2010 の食塩と比較して、塩分 40% カット。まろやかで旨みのある糀の塩。



●内容量 : 30g

●原材料

食塩, 塩こうじ粉末 (塩こうじ, でんぷん), デキストリン, でんぷん, リン酸 Ca, 乳化剤

●栄養成分

エネルギー	159kcal	たんぱく質	1.4g
脂質	0.6g	炭水化物	37g
ナトリウム	23.4g	食塩相当量	59.4g

栄養成分 (糀塩 100g あたり)

4) ハーブ糀塩

まろやかでうま味のある糀の塩に、ハーブとスパイスを 6 種ブレンドした、ハーブ糀塩。糀の酵素の力で、肉の下味に使用すると柔らかく仕上がる。そのほかにもサラダや卵料理等、幅広い料理にかけるだけでワンランクアップした味をお楽しみいただける。



●内容量 : 30g

●原材料

食塩, こうじ塩 (食塩, 塩こうじ粉末, デキストリン, でんぷん), 米こうじ粉末, ガーリックパウダー, ブラックペッパー, フライドオニオン, タイム, オレガノ, セロリ。

●栄養成分

エネルギー	134kcal	たんぱく質	2.6g
脂質	1.3g	炭水化物	28g
ナトリウム	25g	食塩相当量	65.1g

栄養成分 (ハーブ糀塩 100g あたり)

い健康食品として大いに注目を集めている。マルコメは今後、海外にも市場を拡大し、味噌がより多くの皆様に愛されるよう、海外にも届けていきたいと思う。



◆マルコメ商品の主な輸出先と特徴

●欧州エリア (イギリス, フランス, ドイツ)

主要 3 国イギリス, フランス, ドイツを中心に日本食レストランや寿司チェーン店などで味噌汁としてマルコメの商品が使われている。各国の特色としては、イギリスはチェーンズシレストラン, フランスは焼き鳥と刺身の定食が主流, SUSHI SHOP 等のチェーン店もあり, ドイツは、日本食レストラン, 通常, 寿司と言えばロールが主流になっているがドイツは気質のためかにぎりが根強く人気がある。

9. マルコメの海外活動

長い間, 日本人の食生活を支えてきた味噌は, 今日海外でも人気を集める「和食」に欠かせな



●南アメリカ

ブラジルでは、現地味噌メーカー、工場があるため一般家庭でも味噌汁が飲まれている。中でも白味噌が広く受け入れられており、輸出味噌に関しても色の白い味噌が好まれる傾向にある。昨今のアメリカやヨーロッパの日本食ブームを受け、本場の味噌汁の需要が高まっている事から、マルコメのインスタントを中心とした味噌商品の輸出量も、ここ1年で急激に伸びている。現在マルコメから輸出している味噌は、主に日系食材店や日系スーパーの売り場などで取扱いされている。

●東南アジア(タイ・シンガポール・マレーシア)

タイ王国では、日本のレストランと比較しても変わらないほどメニューが豊富な日本食レストランが多く、とくに寿司が中心になっている。また、日本食材店で即席味噌汁を購入し、お味噌汁を飲んでいるかたも多く、生味噌からしっかり味噌汁を作る家庭もある。最近のタイでは家庭で料理を作る習慣がどんどん減少しておりレストランで食事をする機会が増えているのが現状である。シンガポールでは日本食レストランでも味噌汁は飲まれているが、家庭でもインスタント味噌汁が飲まれてきている。マレーシ

アでは寿司ロールが特に人気で、チーズや肉を使用したものもあり、ロールと一緒に味噌汁を食するのが一般的となっている。また味噌汁以外で味噌を使用した人気メニューのひとつとして味噌だれでチキンを炒めたものがある。

●北アメリカ

ヘルシーフードとして注目されている「和食」を日常的なメニューとして愛され、低カロリーで栄養豊富な大豆を原料としているため、大変な人気を集めている。アメリカ・ロサンゼルスに拠点工場を設定している。



●東アジア(韓国, 台湾, 香港)

韓国・台湾・香港を中心に回転寿司、日本食チェーン、日本食弁当屋さんなどで味噌汁としてマルコメの商品が使われている。韓国には独自の味噌(テンジャン)の文化があるが、近年では鍋料理等にテンジャンと合わせて日本の味噌と一緒に使用されている。デパートの日本食品売り場にはマルコメのものも含め味噌が並んでいる。台湾では、味噌汁にも馴染みがあり生

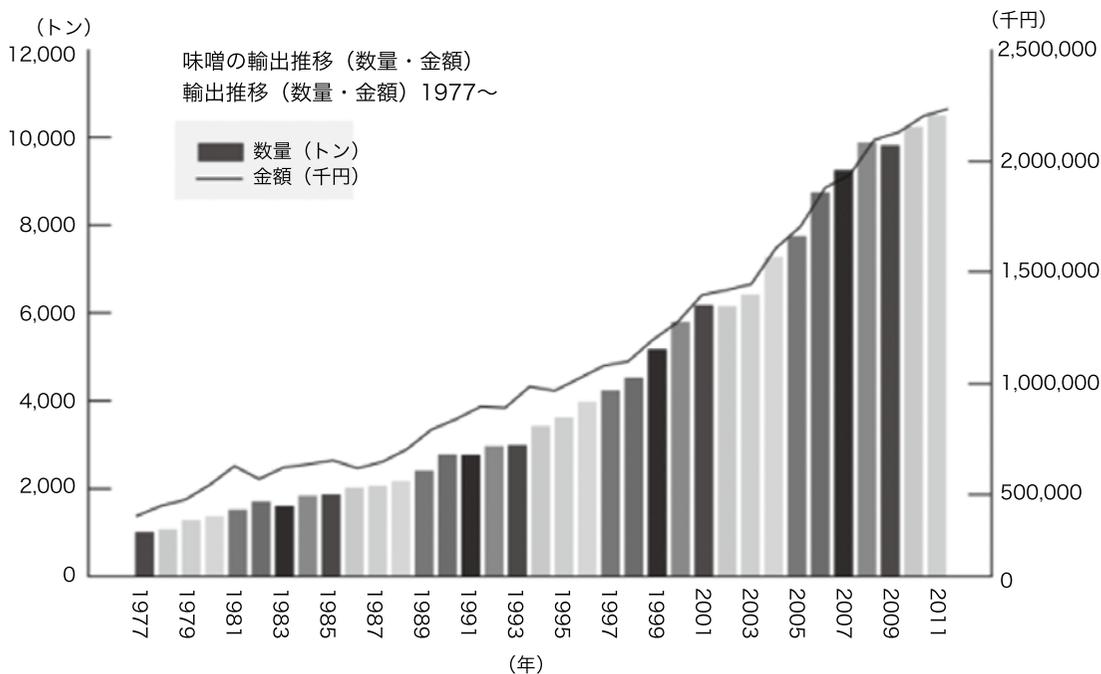


図1 味噌の輸出の移り変わりグラフ

味噌から味噌汁を作る家庭もあるほど。香港には日本食レストランも多く存在し、味噌汁がたくさん出されている。また日本のブランドに信頼をおいている人が多い為味噌を含め日本食品は大変人気がある。

●オセアニア (オーストラリア)

オーストラリアでは、テイクアウトの寿司屋さん、手巻き (海苔巻き) 寿司が大人気でお味噌汁も持ち帰りされている。味噌の輸出の移り変わりグラフ (年々みその輸出量は増えている)

「コラボレーション事例」

大阪の人気ラーメン店「龍旗信」とのコラボレーション

ロンドンの「一点張×龍旗信」で『マルコメ味噌ラーメン』を発売!



日本でも人気のみそ汁サーバーを海外のシバー/レストランでも多数導入いただいている! UKの大手スシチェーン (YO!SUSHI, WASABIを筆頭に) 使用されている。YO!SUSHIは65店、WASABIは25店で使用中、更に店舗が増える度に機械を設置しており、増加している状況。ドイツベルリンの人気スシレストラン ISHINでも全4店に導入しており、欧州 (イギリス, フランス, イタリア, ドイツ, スペイン, デンマーク, オーストリア, ハンガリー) で計100台以上が稼動中。



10. マルコメの海外事務所

マルコメの海外事務所は米国, 上海, 韓国, 欧州の5か所にある。

● Marukome U.S.A., Inc. HeadOffice, L.A.

SalesOffice

- Marukome U.S.A.,Inc.New Jersey SalesOffice
- 丸米貿易（上海）有限公司
- Marukome Korea Co.,Ltd
- Marukome Europe Ltd

11. 家計調査年報（平成 24 年）からみたみそ市場状況

みそ市場動向のうち、図 2 に 1 世帯当たりの年間支出金額の推移を示した。また、図 3 には 1 世帯当たりの年間購入数量の推移を示した。

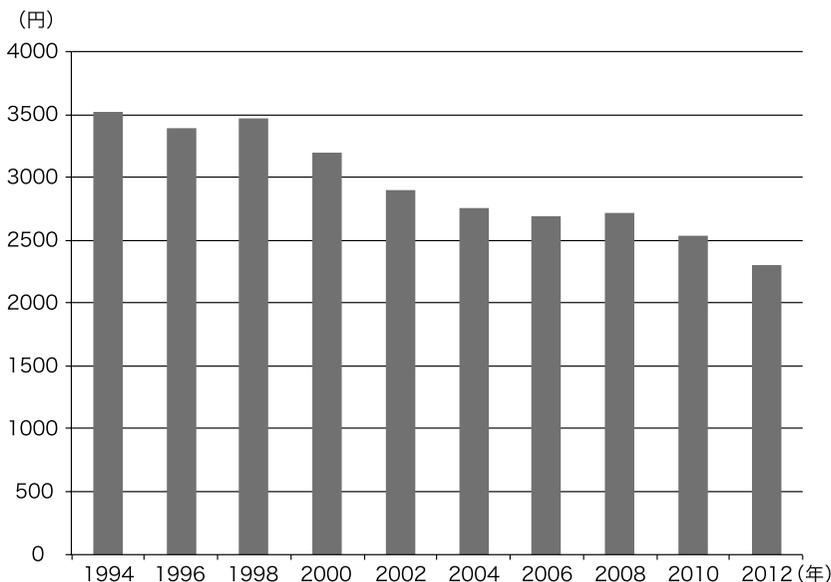


図 2 みその 1 世帯当たり年間支出金額推移（2 人以上世帯）

出所：家計調査年報（24 年）

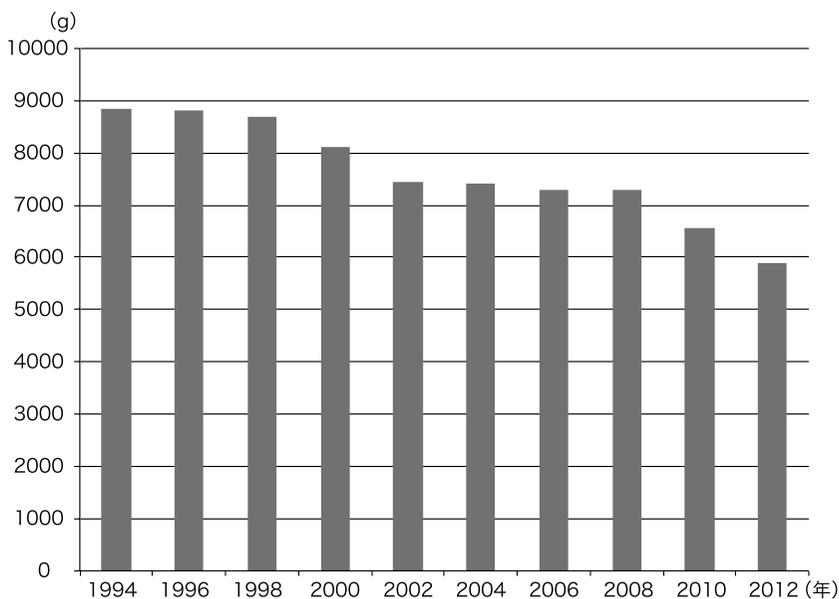


図 3 みその 1 世帯当たり年間購入数量推移（2 人以上世帯）

出所：家計調査年報（24 年）

表1 みその年齢別年間1世帯あたりの支出金額と購入量(2人以上世帯)

	支出金額 (円/世帯)	平均を100 として	購入量 (g/世帯)	平均を100 として
平均	2,303	100	5,889	100
～29歳	1,014	44	3,224	55
30～39歳	1,456	63	3,912	66
40～49歳	1,794	78	4,835	82
50～59歳	2,192	95	5,702	97
60～69歳	2,638	115	6,728	114
70～	2,949	128	7,178	122

出所：家計調査年報（24年）

表2 年間平均価格の推移

年度	価格 (円/100g)
1994	40
1996	39
1998	40
2000	39
2002	39
2004	37
2006	37
2008	37
2010	39
2012	39

支出金額、購入数量とも2002年は1994年に対し約66%であった。更に、表1に年齢別支出金額と購入数量を示した。平均に対し多かったのは支出金額、購入数量とも60歳以上であった。59歳までは平均より少なかった。これらのことから、みその家庭での使用世帯が年々減少していくことが予想される。表2に年間平均価格の推移を示した。1994年から2012年まで殆ど変わらない。物価価格が安くなっている食品業界においてみそは新商品開発で物価の下落をカバーしていると推察される。

12. 味噌の歴史（みそ健康づくり委員会より）

1) 味噌の原点

みそは中国もしくは、朝鮮半島を経てもたらされたといわれている。古代中国の醬を根源とし、日本で工夫を重ねて編み出した独自の製法によって造られるようになり、今日のみそが完成した。これはみその由来をたどっていった江戸時代の学者の説に端を発している。漢字の「醬」,「鼓」,和名では「ひしお」,“くき”と読むが、「醬」という文字は中国の古代文書の「周礼(しゅうらい)」などにみられるところから、“これぞ、みその原点”とたどりついたのであろう。

2) みそと食

鎌倉武士の食事は一汁一菜。幕府を確立したバイタリティは1日5合の玄米ご飯に、みそ汁と魚の干物という献立によるものだといわれている。一見粗食にみえるが、玄米でカロリーを、干物からカルシウムとたんぱく質をそれぞれ取り、みそで栄養を補給するという食べ方は理にかなった食事法といえる。そして、これが以後の日本人における食の基本になり、明治、大正時代に至るまで長く受け継がれた。米は時代と経済事情、階級、農収穫によって精米されたり、麦やひえなどの雑穀になったり、干物が土地によって野菜の煮ものになったりすることはあっても、みそだけはどんな状況下でも変わらずに食べつづけられた。そのため、みその醸造だけはないがしろにはできなかった。他人まかせにせず、それぞれの家で、「家族(1人)に1斗、客1斗」を年間の仕込みの目安にして造っていた。つまり、年間に1人1斗のみそを食べていたようである。

みそが現在のみそ汁のような形になって、庶民の食事に組み込まれるようになるのは室町時代になってからである。それまでは粒々を残したままで、調味料兼たんぱく質補給源の大豆を食べるのが「みそ汁」であった。みそをすることに気づいたのは鎌倉時代。当時、幕府の頭脳の役目を果し、知識の源でもあった禅寺で

あった。粒のあるみそをすることで調味料としての用途が広がり、おそらく寺の精進料理は献立を増やしたことであろう。そして、みそ料理の発展基盤ができたのが室町時代。みそ汁だけでなく、今に伝わるみそ料理のほとんどが、このころから造られるようになっていく。この時、みそは大きな飛躍をしたと考えられている。

3) みその起源

日本人が食べているみそが中国から伝来したという説に対して、現在日本人が食べているみそは、温暖多湿な日本の国土条件によって造り出された物ではないかという考えもある。縄文人の生活跡から、既にどんでん造った、いわば「縄文みそ」とでも呼べるような食品があったことがわかっている。原料を魚にすれば「魚醬(うおびしお)」,肉なら「肉醬(ししびしお)」になるわけで、遠く離れた中国と日本で同じようなものをつくって食べていたのかもしれない。

4) 戦とみそ

応仁の乱(1467)からの百年は、戦に明け暮れた時代。戦いに出動する者たちにとって、カロリー源の米と栄養源のみそは必需品であった。これが、戦闘能力に大きく関わってくるため、軍糧にはかなりの配慮がなされたようである。米はともかく、発酵食品であるみその運搬には皆頭を悩まし、工夫をこらすようになった。また、みその重要性をさらに見直し、みその醸造法が発達した時代でもあった。この時代を終えんに導いた織田信長、豊臣秀吉、徳川家康がそろって豆みそどころに生を受けているのは偶然であろうか? 武田信玄が信州みその基盤を作り、伊達政宗の奨励した仙台みそは、いまに至るまで造り続けられている。

栄養豊富なみそが強い勢力を育み、よい「手前みそ」をもつ者が力を発揮したことがこれにより伺える。また、軍隊の移動に伴って、みそ醸造に関する知識や情報の交換も行われたと思

われる。平均寿命が37,8だった時代に75歳の長寿を保った徳川家康は、「五菜三根」のみそ汁を食べたといわれている。大根などの根菜が3種、その葉も含めた菜が5種類も入ったみそ汁は、現代の栄養論に引き合わせても一種の薬石となるもの。このみそ汁と麦飯で健康を心がけ、人にもすすめた「権現様(家康)」の家訓を守って、2代以降の将軍たちも食膳にはみそ汁を欠かさなかったとか。長い江戸時代、幕府の力は毎食の具たくさんみそ汁が作り出していたのかもしれない。

おわりに

中国もしくは、朝鮮半島を経てもたらされたといわれている味噌。古代中国の醬を根源とし、日本で工夫を重ねて編み出した独自の製法によって造られるようになり、今日のみそが完成したといわれている。醤油と並んで日本の食文化の基本調味料の一つである。マルコメ株式会社は1854年に味噌、醤油醸造業を開始し、1948年(昭和23年)に「青木味噌醤油株式会社」を設立。その後、1967年(昭和42年)社名を「マルコメ味噌株式会社」に改称した。味噌製造販売メーカーとしてのスタートである。

みその1世帯当たり(2人以上世帯)の支出金額、購入数量は1992年では各々3,794円、9,575gであった。それ以後は年々下がり続け、2012年では各々2,303円、5,889gとなった。約40%の減少である。基本調味料のしょうゆも同じ傾向である。ちなみに、しょうゆの1992年支出金額、購入数量は各々3,456円、12,155mlであったが、2012年には1,964円、6,587gである。約40%強の減少である。こういった状況からマルコメ味噌は海外への進出を開始し、2007年には米国ロサンゼルスに自社工場を建設した。また、事務所は米国、上海、韓国、欧州の5か所にある。国内においては新商品として減塩味噌を発売した。

その商品は売上げ No1 の「料亭の味」シリーズであり、今年発売の「無添加味噌」のシリーズである。いかに、減塩みそに注力しておられるかが推察できる。長野県は男女とも健康長寿日本一である。今後も長野県民のため、日本国民の健康のために減塩商品の開発に注力していただきたい。さらに、長年培った糀づくりから、

自然の甘さを引き出す「糀ジャム」をはじめ、酵素の力に着目した「生塩糀」「生しょうゆ糀」を発売し、更に糀の商品展開を活発に進められている。糀と発酵技術をベースに、新しいマルコメが一層発展し、消費者に美味しさと健康を提供していただきたい。

[参考飼料]

- 1) マルコメ株式会社ホームページ
- 2) みそ健康づくり委員会 監修；(社) 中央味噌研究所
- 3) 家計調査年報平成 24 年

製造法の違う飼料がニジマスの消化管内移動時間、 消化管内容物 pH および血漿成分に及ぼす影響

酒本 秀一^{*1} 大橋 勝彦^{*2}

^{*1} SAKAMOTO Shuichi,

^{*2} OHASHI Katsuhiko (日本ドナルドソントラウト研究所)

Key Words: 養魚飼料・ハードペレット・エクストルーダーペレット・モイストペレット・消化管内移動時間・pH・血漿成分・ニジマス

魚の養殖に使われる餌はマグロ等の特殊な魚を除いて配合飼料が大部分で、生餌の使用量は減少している。特に淡水魚では殆ど全てが配合飼料である。配合飼料の使用量は成魚に与えられる育成用飼料が最も多い。育成用飼料には大きく分けてハードペレット (HP), エクストルーダーペレット (EP), モイストペレット (MP) の3種類が有る。

本報告では夫々の飼料を摂取した後の消化管内移動時間と内容物の pH および血漿成分の変化を調べた結果を説明する。

HP と EP の製造法や特徴については既に北村¹⁾ が詳しく説明しているので、ここではその概略を述べておく。

ハードペレット (HP)

粉末原料を単純に加圧・成形した飼料である。製造工程は加水・混合、圧縮・成形、乾燥より成る。まず混合・粉碎した原料を攪拌機に送り、蒸気を吹き込んで加湿し、成形性を良くする。次いで加湿された原料をペレットミルに送り、ロールによって原料を多数の穴が開いたダイに無理やり押し込み、押し出す。蒸気と圧縮熱で飼料の温度は 70 ~ 100℃ に上昇し、澱粉は一部 α 化する。飼料の直径はダイに開いた穴の径によって決められる。押し出された飼料はダ

イの傍に設置されたナイフで適当な長さに切断される。その後冷却装置を通して室温に戻す。この工程で水分の一部が除去されると共に収縮して硬くなる。乾燥後篩によって砕けた物や粉になった部分を除き、市販の HP になる。

HP は硬いので消化の点で心配されることが多いが、粉末を練った練り餌より消化され易いとされている。但し、HP は過食すると消化管内で水を吸って膨張し、消化管の膨満や他臓器圧迫などの悪影響を及ぼす可能性が有り、過食は避けるべきであると云われる。

エクストルーダーペレット (EP)

原料を加圧・成形した飼料である点と製造工程が原料の加水・混合、圧縮・成形、乾燥よりなる点は HP と同じであるが、全く違った物性を持つ飼料である。原料を混合、粉碎した後バレルへ送り、蒸気を吹き込みながら更に混合する。蒸気の吹き込み量は HP より遥かに多い。次にエクストルーダー中で高温高湿高圧下にて混練し、原料間に微小な空気粒を含ませると共に澱粉を完全に α 化させる。エクストルーダー内の温度は外側のジャケット部分の温度を変えることによってある程度調整可能である。最後にダイに開いた小さな穴から飼料を吐出させ、高速カッターで切断してペレット状に成形

する。吐出された瞬間に圧力が下がるので、飼料内に混入している空気粒が膨張し、内部に多数の空間を有する嵩比重が小さくて軽く、浮上性の強い飼料になる。乾燥後砕けた物や粉になった部分を取り除いて製品にするのは HP と同じである。

EP は原料粒子が糊で包まれた様な状態になっているので給餌した時に成分の溶出が少なく、吸水も遅い。また、澱粉が完全に α 化されているので炭水化物の消化吸収率が高い²⁾。その結果として残餌や糞が少なくて沈下し難く、池から排出される割合が高いため、飼育池を汚さないと云う利点がある。

EP は製造工程で強く練り込まれるので可也の量の油が添加出来、高カロリー飼料に適している。油の多い飼料は柔らかくなり、魚の嗜好性を高めると共に成長を促進することも考えられる。欠点は HP より製造コストが高いことである。

モイストペレット (MP)

MP は完全な配合飼料ではなく、粉末飼料と生餌を混合して成形機でペレット状に仕上げた餌であるが、ここでは配合飼料の一種として説明する。

製造法は以下の通りである。冷凍ブロックになっている生餌を破砕機で荒砕きし、これに粉末飼料や魚油、場合によっては各種添加剤等を添加してミキサーで十分に混合し、大型の肉挽機のような押出機でペレット状に成形する。成形後もまだ半分凍っている状態なので品質の低下は少ない。これを冷凍庫で完全に凍らせてから手撒きや自動給餌機で投与する。あるいは船上に破砕機、混合機、成形機を設置し、MP 製造後直ちに給餌する方法もとられてお

り、最近ではこちらの方が主流になっているものと思われる。

MP の利点は生餌が安い時には安価に製造出来ること、生餌を含むので魚の嗜好性が良いこと、配合飼料より消化吸収が早いので食い込み量を増やせること等が挙げられている。また、自分で餌を製造するのである程度栄養成分量を調整出来ることも魅力である。欠点は市販の配合飼料と違い自分で製造しなければならないので、その為の設備と労力が必要なことである。

MP は大型魚や配合飼料の摂餌性が悪くなる低水温時を中心に用いられている様である。

ハードペレット (HP)

1. 方法

270 ~ 420g のドナルドソン系ニジマス (D9) を用いて試験した。水温は 6℃であった。試験手順を図 1 に示す。供試魚はこれまで MP で飼育されていたので、HP に慣らす為約 1 ヶ月間市販のニジマス育成用飼料 (HP) で予備飼育した。その後 3 日間餌止めした後同じニジマス育成用飼料を飽食量与えた。給餌 15 分後 (給餌直後に魚を取上げると胃内の飼料を吐く可能性が高いので、15 分後からとした。) から経時

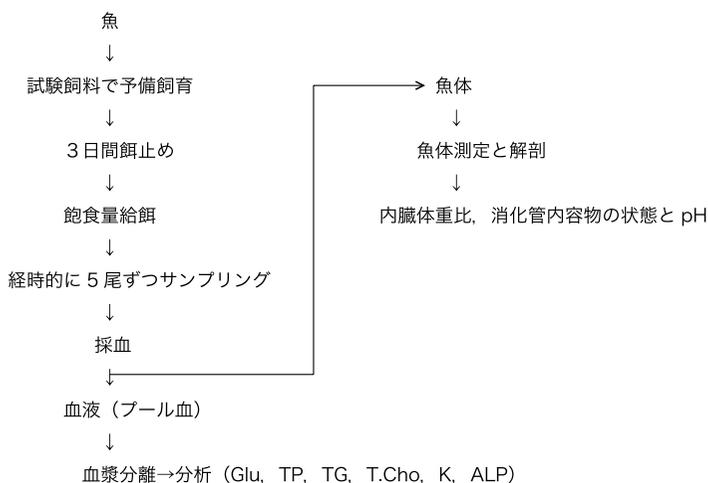


図 1 試験手順

表1 ハードペレット (HP) の分析値

水分 (%)	10.4
タンパク質	46.8
脂質	5.9
炭水化物	25.1
灰分	10.6
エネルギー (Cal/100g)	290.5
pH	6.0
タンパク質 (% 乾物)	52.2
脂質	6.6
炭水化物	28.0
灰分	11.8
エネルギー (Cal/100g 乾物)	324.2

的に5尾ずつサンプリングし、FA100 麻酔下でヘパリン処理したプラスチック注射筒を用いてキュビエ氏管から各尾 1ml ずつ採血した。5尾分の血液をプールし、3000rpm で15分間遠心分離して血漿を分離し、成分分析に用いた。分析項目はグルコース (Glu), 総タンパク質 (TP), 総コレステロール (T.Cho), カリウム (K) 含量およびアルカリ性フォスファターゼ (ALP) 活性とした。

採血後の魚体は尾叉長と体重 (+1g) を測定した後解剖し、内臓 (腎臓と心臓を除く全ての臓器と腹腔内蓄積脂肪組織を含む) 重量を測定して体重比を求めた。腹腔内に折り畳まれて収まっている消化管は内容物が移動しないように注意して伸ばし、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。トリプシン様酵素, 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止めて分離した。夫々の内容物を取り出して状態を観察した後、市販の簡易 pH メーターを用いて pH を測定した。飼料の pH も同じ pH メーターを用いて測定した。飼料と消化管内容物でも未だペースト状～粥状になっていない部分は少量の精製水を加えてペースト状にしてから測定した。

表1に飼料の分析値を示す。魚粉、小麦粉、脱脂大豆粕を主原料とする飼料で、油は添加されていないので脂質含量とエネルギー含量は少なかった。pH は 6.0 であった。

2. 結果

2-1. 飼料の消化管内移動時間と内容物の状態

飼料の消化管内移動時間と内容物の状態を観察した結果を表2に示す。3日間餌止めされた後の魚の消化管には全ての部分に半透明でコリコリしたゼリー状物質が有るのみであった。摂餌15分後の胃内にはHPが充満し、未だ吸水もしていなかった。胃の外観は内部のHPの形状を反映してデコボコしていた。飼料は未だ幽門垂部には認められなかった。2時間後には胃内の飼料は全体がやや湿った状態になっており、表面部分が多少ペースト状になっていた。幽門垂部にも飼料ではないかと思われる物が多少認められたが、胃の粘液等が押し出された物かも知れない。4時間後には胃内の飼料は吸水してペースト状になっており、胃はパンパンに膨れていた。幽門垂部は飼料で充満し、腸前半部にも微量が移動していた。8時間後には胃と幽門垂部は4時間後と同様であったが、腸前半部にも内容物が充満しており、腸後半部にも多少移動していた。12時間後にも胃は飼料で充満し、膨張していたが、内容物はペースト状から粥状に変化し始めていた。幽門垂部と腸前半部は8時間後と同様であったが、腸後半部にも内容物が増えていた。24時間後には消化管全てに内容物が充満していた。30時間後は24時間後と略同じであった。48時間後には5尾中4尾が空胃で、1尾に少量の粥状の飼料が残っていた。幽門垂部以降は内容物が充満していた。55時間後には5尾共空胃で、腸は前半部も後半部も内容物が充満していた。72時間後には2尾の腸後半部に少量の内容物が認められたのみであった。また、空腹の為か3尾が池中の壁や

表 2 摂餌後の消化管内容物の状態変化

摂餌後の時間	消化管内容物の状態
摂餌前 (0 時間後)	全ての部位にゼリー状物有り。
直後 (0.25 時間後)	胃には HP が充満し、硬い。
2 時間後	胃には HP が充満。飼料は湿ってきている。幽門垂部に微量出現。
4 時間後	胃には HP が充満。ペースト状に変化している。幽門垂部にも充満。腸前半部にも微量出現。
8 時間後	胃は膨満し、内容物はペースト状。幽門垂部と腸前半部にも充満。腸後半部にも微量有。
12 時間後	胃は膨満し、内容物はペースト状から粥状に変化している。幽門垂部と腸前半部にも充満。腸後半部にも増えてきた。
24 時間後	胃も含めた消化管全ての部位に充満。胃内容物はペースト状から粥状。
30 時間後	24 時間後と略同様。
48 時間後	5 尾中 4 尾が空胃。1 尾は少量の内容物有り。粥状。幽門垂部以下は充満。
55 時間後	5 尾共空胃。幽門垂部以下は 48 時間後と略同様。
72 時間後	消化管に飼料は認められず、5 尾中 3 尾は藻を食べていた。

底に生えている藻を食べていた。

以上の結果から以下のことが分かる。

- ・本試験条件下で摂取された HP は次第に胃内で吸水し、4 時間後にはペースト状になり、12 時間後には粥状へと形状が変化していく。
- ・30 時間後まで可也の量の飼料が胃内に残っていたが、その後の 18 時間で略全てが幽門垂部に移行する。
- ・胃内の飼料は約 2 時間後から幽門垂部に移行し始め、4 時間後には幽門垂部が充満するに至る。
- ・腸前半部には 4 時間後位から移動し始め、8 時間後には充満するに至る。
- ・腸後半部には 8 時間後位から移動し始め、24 時間後には充満するに至る。
- ・胃も含めた消化管全体に飼料が充満するのは摂餌後 12 時間から 24 時間の間である。
- ・幽門垂部、腸前半部、腸後半部は胃に飼料が無くなってからも長時間内容物が残留しているが、72 時間で略全てが排泄される。

上記は 1 回給餌してから 3 日間給餌しなかった場合の結果である点に注意が必要である。実際のニジマス養殖場では略毎日給餌を行っているため、新しく入って来た飼料によって前回与

えられた飼料が押し出され、本試験の移動時間より早く移行する可能性が有る。今後給餌間隔と飼料の消化管内移動時間の関係を調べておく必要が有る。

2-2. 内臓体重比

HP は摂餌後消化管内で水を吸って膨張し、消化管の膨満や他臓器の圧迫などの悪影響を及ぼす可能性が有ると云われている。淡水魚は水を飲まないと言われてるので、消化管内容物の量は消化液の分泌量と消化吸収された成分量の差として表れ、その結果として内臓体重比が変化するものと思われる。そこで HP を飽食量摂取した後の内臓体重比の経時変化を調べた結果が表 3 と図 2 である。摂餌前と直後の値から HP の摂取量は体重の約 1% であったことが分かる。摂餌後直ぐに内臓体重比は増え始め、8 時間後から 30 時間後まで高い値を示した後、48 時間後には摂餌前の値より低い値に戻っている。これは 8 時間後までは消化吸収量よりも消化液の分泌量の方が多いこと、8 時間後から 30 時間後までの間は両者が略同じであること、30 時間以降は消化吸収量と内容物が糞として排泄される量が消化液の分泌量より多いこと等を示しているであろう。

表3 摂餌後の内臓体重比と消化管内容物の pH 変化

	内臓体重比 (%)	消化管内容物の pH			
		胃	幽門垂部	腸前半部	腸後半部
0 時間後	12.2	4.5	8.0	8.2	8.1
0.25 時間後	13.3	6.1	8.1	7.8	7.6
2 時間後	14.4	5.7	7.7	7.9	7.8
4 時間後	12.2	5.2	7.7	8.2	7.9
8 時間後	16.1	5.4	7.9	8.1	7.8
12 時間後	14.7	4.7	7.3	8.1	8.4
24 時間後	14.8	4.6	7.7	7.9	8.2
30 時間後	16.6	4.9	7.6	7.9	8.3
48 時間後	11.3	3.4	7.6	8.2	8.7
55 時間後	11.3	2.6	7.9	8.3	8.4
72 時間後	10.1	2.7	8.0	8.4	8.4

大きなバラツキが有るのは、内臓に肝臓と腹腔内蓄積脂肪組織等を含めた為で、特に腹腔内蓄積脂肪組織は個体差が有り、その影響が大きい。内臓からこれらの臓器を除いた消化管体重比を求めると遥かに綺麗な結果が得られることは追加資料の項で説明する。

2-3. 消化管内容物の pH

部位別に消化管内容物の pH を測定した結果も表3と一緒に示

してある。摂餌直後に胃内の pH は飼料の pH と同じになり、その後胃酸の分泌によって次第に低下し、飼料がペースト状になった4時間後から30時間後までは略同じ値を示した。また、空胃になり始めた48時間後からは明らかに低下し、その後一定の値を示した(図3)。この変化から胃酸は摂餌直後から分泌されること、ペースト状になって均一になった飼料がある程度の量胃内に存在する間は略同じ pH を示すこと、胃内の飼料が少なくなると再び pH は低下し始め、元の状態に戻ること等が分かる。

幽門垂部には唾液や胆汁が分泌され、その影

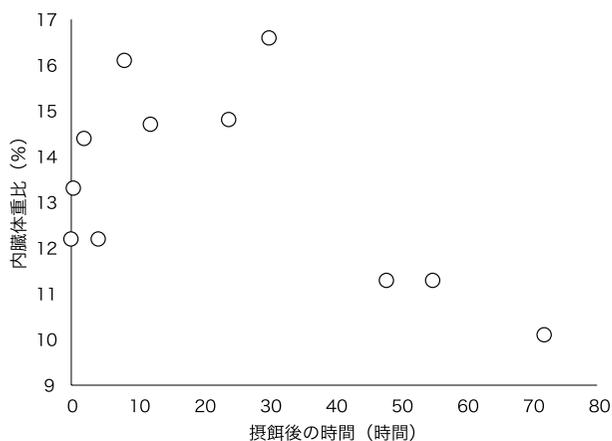


図2 摂餌後の内臓体重比 (HP)

給餌直後には体重の約1%が増えたにすぎなかったものが、8時間後から30時間後の間は約4~5%増えており、分泌された消化液ならびに飼料の吸水によって体重の3~4%も消化管内容物の量が増えていたことが分かる。このような状態が毎日続けば前述の障害が表れるのみでなく、消化不良を起こし、体調を崩して次第に摂餌量が減少する等の問題が生じることは十分に考えられる。やはりHPの場合には適切な給餌量を守る事が重要ではないかと思われる。

表2の内容と照らし合わせてみると、内臓体重比と飼料の消化管内移動、内容物の状態の変化とは良く相関していることが分かる。なお、内臓体重比に比較的

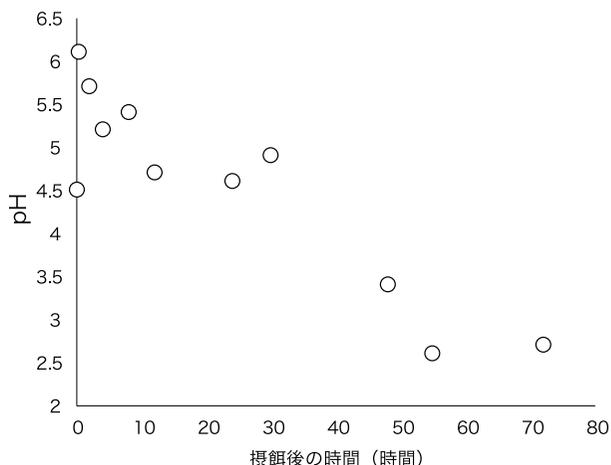


図3 摂餌後の胃内容物 pH (HP)

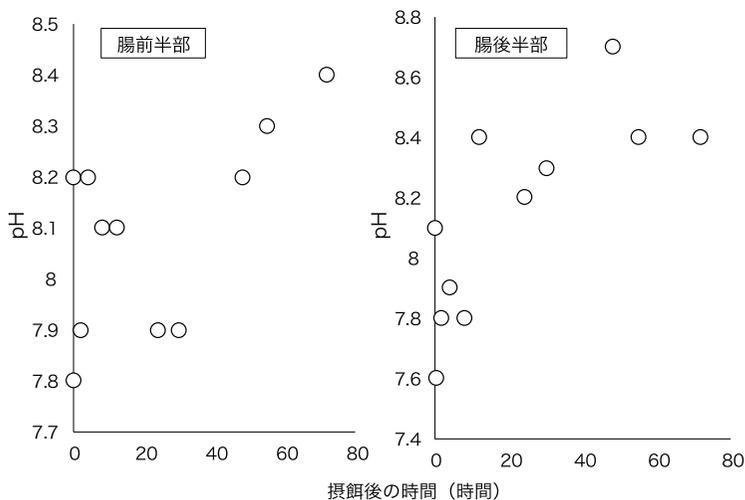


図4 摂餌後の腸前半部、後半部内容物の pH (HP)

表4 摂餌後の血漿成分の変化

摂餌後の時間	0	0.25	2	4	8	12
Glu (mg/dl)	86	62	94	96	124	125
TP (g/dl)	3.0	2.7	3.1	4.3	3.0	3.1
TG (mg/dl)	374	445	510	415	378	385
T・Cho (mg/dl)	245	207	216	280	232	286
K (mEq/l)	2.1	2.7	2.6	3.0	2.9	3.0
ALP (K-A.U)	9.7	10.8	14.9	9.9	11.4	10.8
摂餌後の時間	24	30	48	55	72	
Glu (mg/dl)	130	122	97	84	72	
TP (g/dl)	3.0	3.2	3.0	2.9	2.8	
TG (mg/dl)	564	638	372	399	310	
T・Cho (mg/dl)	242	286	301	284	239	
K (mEq/l)	2.6	3.0	2.5	2.4	<2.0	
ALP (K-A.U)	9.5	8.4	10.9	9.8	8.9	

響で内容物の pH は上昇する為か、あまり大きな経時変化は示さなかった。しかしながら、胃から飼料が盛んに移行していたと思われる4時間後から48時間後の間は飼料の影響を受けてやや低い値を示していた。

腸内容物の pH は前半部でも後半部でも摂餌直後に低下し、次第に元に戻る変化を示していた(図4)。未だ飼料が腸に至っていない時に何故腸内の pH が変化するのは分からないが、摂餌の刺激あるいは胃内に物が入った刺激によって腸液の分泌も含めて何らかの反応が起こった結果ではないかと推測出来る。

この様に消化管内容物の pH は飼料の pH, 摂餌の刺激, 消化管内分泌液等の影響を強く受けていることが分かる。夫々の部位において作用する消化酵素の働きを最大限に保とうとする機構が有るのであろう。

2-4. 血漿成分の変化

消化管から吸収された飼料成分の一部は血液中の濃度に影響を及ぼす可能性が高い。よって、摂餌の影響を強く受ける成分と、その経時変化を調べ、飼料の消化管内移動状態や消化の程度と血液成分量が如何関係しているのかを推測した。血漿成分の分析結果を表4に示す。摂餌後明確な変化を示したのは Glu, TG および K で、TP, T.Cho, ALP はバラツキが大きく、摂餌との間に明確な関係は認められなかった。

Glu と K は図5の様な変化を示した。両者共摂餌後次第に増加し、約20時間後に摂餌前の1.4~1.5倍のピークを示した。増加は Glu より K の方が早かった。飼料中の炭水化物を消化する必要がある Glu と、その必要が無い K の違いが血漿中の立ち上がり時間の違いに表れているのかも知れない。また、消化液中に含まれている K が大きな影響を与えている可能性もある。その後両者は次第に減少し、Glu は約55時間、K は65時間後に摂餌前の値に戻った。一方、TG は図6に示す様に12時間以降急激に上昇し、約30時間で摂餌前の2.4倍に達し、約50時間後には元の値に戻っていた。TG がピーク

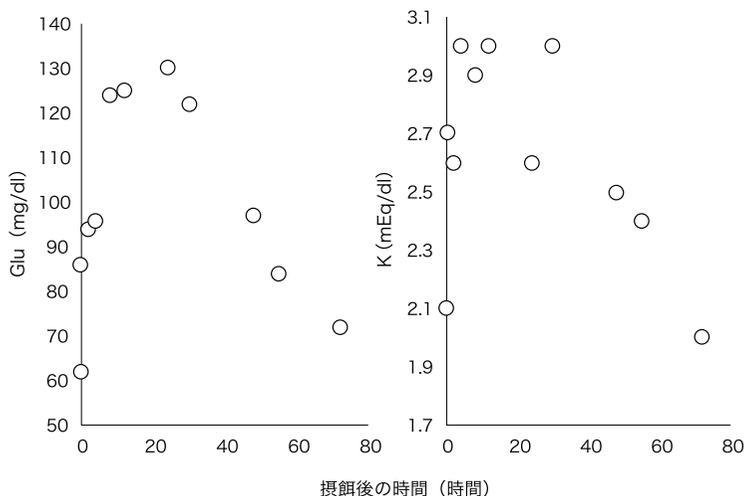


図5 摂餌後の血漿 Glu と K 含量 (HP)

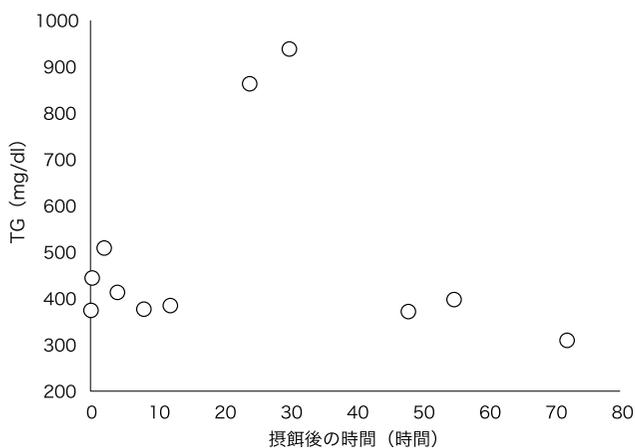


図6 摂餌後の血漿 TG 含量 (HP)

表5 エクストルーダーペレット (EP) の分析値

水分 (%)	5.0
タンパク質	51.7
脂質	17.6
炭水化物	8.8
灰分	12.2
エネルギー (Cal/100g)	382.8
pH	6.0
タンパク質 (% 乾物)	54.4
脂質	18.5
炭水化物	9.3
灰分	12.8
エネルギー (Cal/100g 乾物)	402.9

に達する時間が Glu や K より 10 時間程遅いのは、TG の一部はそのまま吸収されるものの、大部分は消化管内で遊離脂肪酸に分解されてから吸収され、細胞内で再び TG に合成されなければならないことや、脂質の消化管内通過速度、特に胃から幽門垂部への排出時間が遅いと云われていること等と関係しているのかも知れない。

以上の結果と表 2 に示す消化管内容物の状態を併せ考えると、血液中の Glu と K 濃度は表 2 の結果と略同調しているが、TG はやや動きが遅れることが分かる。

エクストルーダーペレット (EP)

1. 方法

供試魚には前項の HP 試験を実施した後の魚を 10 日間 EP で予備飼育して用いた。水温は 6℃で、試験手順は同じであった。表 5 に用いた EP の分析値を示す。この飼料は海面飼育のニジマス用なのでタンパク質と脂質を多くし、炭水化物を少なくする為に魚粉と油（魚油+大豆油）の配合割合を増やし、小麦粉等の炭水化物源を減らしてある。よって、前試験の HP に比べてタンパク質が 4.9%、脂質が 11.7% 高く、炭水化物は 16.3% 低くなっている。脂質含量を高くする為、原料配合時に油を添加し、更に成形、乾燥後も油をスプレー吸着させてある。炭水化物を少なくするのは EP の製造効率を良くする目的も有る。灰分含量は魚粉含量が高いので、HP より 1.6% 高かった。水分は HP より 5.4% 低いが、これは EP の製造工程で蒸気の吹き込

み量が HP より多いので乾燥処理を十分に行う為、やや過乾燥気味である。

2. 結果

2-1. 飼料の消化管内移動時間と内容物の状態

結果を表 6 に示す。摂餌前には腸後半部に粘液状物質が有るのみであった。摂餌 15 分後には胃は EP で充満し、胃の外観は凸凹していた。2 時間後には胃内の EP は吸水して表面がやや崩れかけていた。幽門垂部には未だ移動していない。4 時間後には幽門垂部に少量出て来た。腸には粘液状物質が多量認められた。8 時間後には胃内の飼料がやや減少しているのではないかと思えた。飼料の形は崩れているが、HP の様にペースト状にはなっておらず、パサパサの状態であった。腸前半部まで飼料は移動していた。12 時間後は 8 時間後と略同様であったが、飼料は腸後半部まで移動していた。24 時間後には胃内の飼料は明らかに減少していたが、パサパサの状態であるのは同じであった。腸は前半部も後半部も飼料で充満していた。30 時間後は 24 時間後と略同様であった。48 時間後は 5 尾中 3 尾が空胃、2 尾に少量の飼料が残って

いたが、状態は相変わらずパサパサで、明らかに HP の崩れ方とは異なっていた。幽門垂部、腸前半部、腸後半部共に充満していた。54 時間後には 5 尾中 1 尾の胃に極少量の飼料が残っているだけであった。腸は前半、後半共にまだ多量の飼料が存在していたが、幽門垂部は減少している様に思えた。72 時間後には胃と幽門垂部に飼料は存在せず、腸前半部には少なく、後半部に充満していた。

以上の結果を HP と比較すると、EP は胃内で吸水して崩れる時の崩れ方が HP とは全然違い、HP の様にペースト状となって膨潤し、胃が著しく膨張することは無いこと、飼料の胃から幽門垂部への移動は HP より遅いが、消化管からの減少は HP よりやや早いこと等が分かる。EP は胃内で吸水して崩れる時間が HP より遅く、吸水量も少ないことに大きな原因が有るのではないかと思える。胃から幽門垂部への移動が遅かったのは、胃内で崩れるのに時間が掛かる為であろう。また、高脂質飼料は胃からの排出時間が遅いと云われているので、本試験に用いた EP が高脂質飼料であったことも関係していたのかも知れない。消化管から飼料

表 6 摂餌後の消化管内内容物の状態変化

摂餌後の時間	消化管内内容物の状態
摂餌前 (0 時間後)	腸後半部に粘液状物質が有るのみ。
直後 (0.25 時間後)	胃は EP が充満し、原形を保っている。その他の部位は同上。
2 時間後	胃は充満しているが、他の部位は空。胃内の飼料は吸水して表面の形が崩れ始めている。
4 時間後	胃は充満。幽門垂部に少量出て来た。腸には粘液状物質が多量に有る。
8 時間後	胃内の飼料はやや減少。腸前半部まで出て来た。胃内の飼料は崩れているが、HP の様にペースト状ではなく、パサパサ。
12 時間後	8 時間目と同じ状態であるが、腸後半部まで出て来た。
24 時間後	胃内の飼料は明らかに減少。飼料はパサパサしている。幽門垂部、腸前半部、腸後半部共に充満。
30 時間後	24 時間後と略同様。
48 時間後	5 尾中 3 尾は空胃、2 尾に少量の飼料が残っている。飼料はパサパサで、明らかに HP とは違う。
54 時間後	5 尾中 4 尾は空胃。1 尾に少量の飼料が残っている。
72 時間後	胃と幽門垂部に飼料は無し。腸は前半部に少なく、後半部に充満。

が無くなる時間がHPより早いのは、胃内で吸水する量が少ない為に胃内の飼料の全重量が少なく、胃から早く無くなることによるのではないかと推測している。幽門垂部に移行してからの移動時間はHPと大きな違いが有ると思えない。

2-2. 内臓体重比

内臓体重比の経時変化を表7に示す。摂餌前後の内臓体重比の違いは1%なので、本試験に用いた大きさのニジマスの摂餌可能量は体重の約1%であることにHPとEPで違いは無い様である。また、摂餌後最大の内臓体重比は13.0%で、EPの吸水による消化管内容物の増加量は体重の1.1%に過ぎないことが分かる。ちなみにHPの場合は最大の内臓体重比が16.6%で、増加量は3.3%だったので、HPに比べてEPの吸水量が如何に少ないかが分かる。EPで最大の内臓体重比を示すのは摂餌後15時間で、45時間後には摂餌前の値に戻っていた。最大の内臓体重比を示すのはHPより5時間程早く、摂餌前の値に戻るのとは略同じであった。これはEPの吸水量が少ないので飽和量に達するのが早い、HPは吸水量が多いので、この時間にはまだ盛んに吸水していたことによるのではないと思われる。EPの最大の吸水量を満たすのに必要な胃液の分泌量はHPより5時間分ほど少なく済むのであろう。

2-3. 消化管内容物のpH

部位別消化管内容物pHの経時変化も表7に示してある。摂餌直後に胃内のpHは飼料のpHと同じになり、その後胃酸の分泌によって次第に低下することはHPと同じであったが、HPの様に4時間後から30時間後まで略同じ値を示すことは無く、24時間後まで急激に低下し、

表7 摂餌後の内臓体重比と消化管内容物のpH変化

	内臓体重比 (%)	消化管内容物のpH			
		胃	幽門垂部	腸前半部	腸後半部
0時間後	10.9	7.4	8.1	8.2	8.0
0.25時間後	11.9	6.0	8.1	8.1	7.5
2時間後	12.4	5.6	7.7	8.2	7.7
4時間後	13.0	5.0	7.4	7.7	7.6
8時間後	11.2	4.6	7.7	8.2	7.8
12時間後	12.0	4.7	7.5	7.8	7.7
24時間後	13.0	4.1	7.7	8.1	8.6
30時間後	12.4	4.2	7.5	8.1	8.1
48時間後	10.7	3.9	8.1	8.1	8.3
54時間後	11.7	4.1	7.8	8.2	8.3
72時間後	11.9	3.7	8.1	8.3	8.2

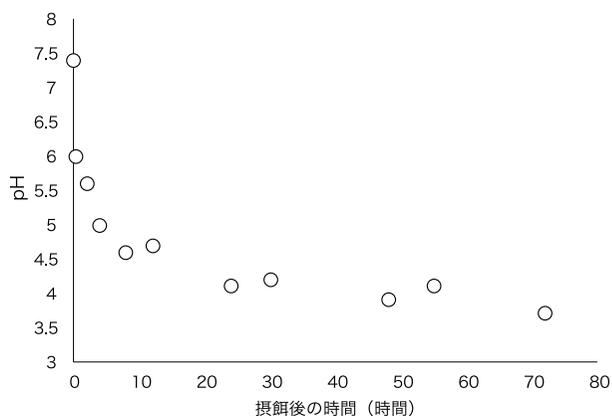


図7 摂餌後の胃内容物pH (EP)

それ以降安定した値を示した(図7)。これはEPがHPの様に胃内で大量の胃液を吸ってペースト状になり、膨潤することが無いことと関係しているものと思われる。幽門垂部内容物pHの経時変化はHPと類似していた。この部位のpHはHPでもEPでもバラツキが大きかったが、これは胃から幽門垂部への飼料の排出が常時行われているのではなく、間欠的に行われていることを示しているのではないかと推測する。排出された直後には低いpHを、排出されていない時には膵液や胆汁によって高いpHを示すのであろう。腸内容物pHの変動幅は前半部においても後半部においても胃や幽門垂部より小さいのはHPとEPで共通であった。また、前半部、後半部共に初期にpHは低下した後摂餌前の値

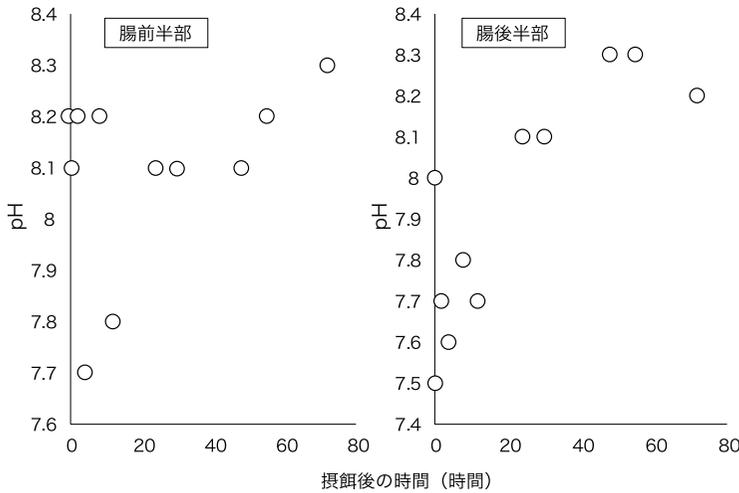


図8 摂餌後の腸前半部、後半部内容物の pH (EP)

表8 摂餌後の血漿成分の変化

摂餌後の時間	0	0.25	2	4	8	12
Glu (mg/dl)	121	79	88	88	118	141
TP (g/dl)	3.8	3.0	3.6	3.6	3.6	3.3
TG (mg/dl)	403	386	353	404	391	487
T・Cho (mg/dl)	392	287	303	313	396	336
K (mEq/l)	2.6	2.7	2.9	2.2	2.4	2.6
ALP (K-A.U)	11.8	16.0	18.4	12.0	11.9	13.8
摂餌後の時間	24	30	48	54	72	
Glu (mg/dl)	163	120	100	88	99	
TP (g/dl)	3.7	3.3	3.8	3.5	3.9	
TG (mg/dl)	594	610	672	538	728	
T・Cho (mg/dl)	356	363	364	311	422	
K (mEq/l)	2.3	2.4	2.4	2.9	2.4	
ALP (K-A.U)	20.0	12.2	10.0	6.9	17.4	

に戻るのだが、元に戻る時間はEPの方が遅かった。これは胃から幽門垂部へ排出される時間がEPの方が遅いことと関係しているのかも知れない (図8)。

2-4. 血漿成分の変化

血漿成分の分析結果を表8に示す。GluとTGは摂餌後一定の傾向を有する変化を示したが、Kはバラツキが大きかった。Glu含量が最高値に達するのは摂餌後約20時間で、時間的にはHPと略同じであったが、その含量はEPの方が30mg/dL程高く、よりシャープなピークを示した (図9)。

これはEPの炭水化物含量はHPより少なかったものの、EPの製造工程で炭水化物中の澱粉が完全にα化され、消化吸収され易くなっていたことと密接に関係しているものと思われる。ピークの高さが炭水化物の消化吸収量を反映していると仮定し、α澱粉の消化吸収率を100%とするとHPの炭水化物は約35%しか吸収されていなかったことになる。これまでにニジマスによる飼料の炭水化物の消化吸収率を調べた結果は、HPが約50%、EPが約95%程度であった。よって、本試験の結果は飼料の炭水化物量と澱粉のα化率の両方が関与していたものと推測出来る。摂餌後上昇したGlu含量が摂餌前の値に戻るのに要する時間はHP、EP共に約55時間で、違いは認められなかった (EP摂取前の

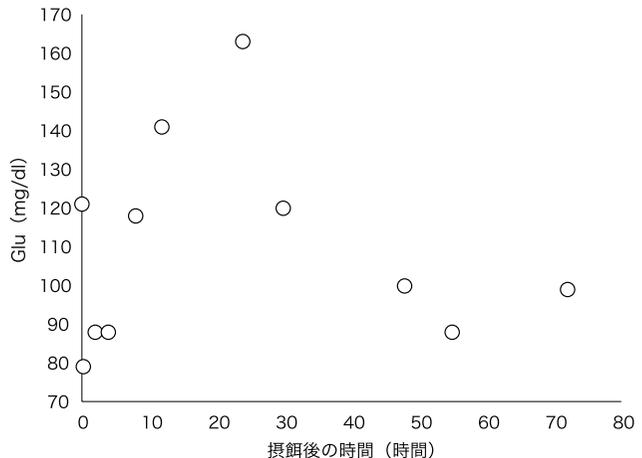


図9 摂餌後の血漿 Glu 含量 (EP)

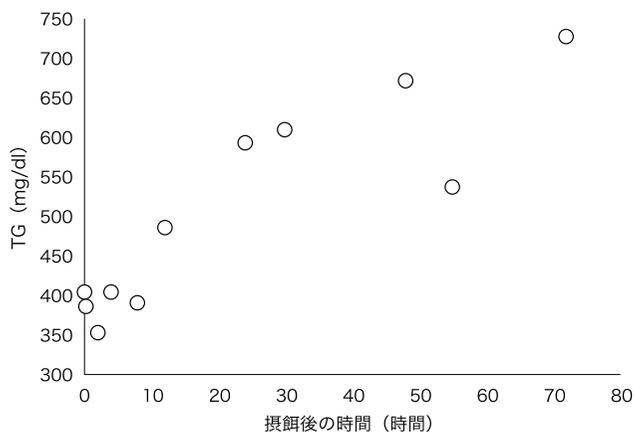


図 10 摂餌後の血漿 TG 含量 (EP)

121mg/dL は従来の試験結果から判断して高すぎるので、HP 試験の 86mg/dL を正常な値として比較)。

TG 含量は HP とは全く違う動きを示していた。HP の場合には摂餌後約 10 時間から 30 時間にかけて上昇し、それ以降急激に減少していた。一方、EP の場合には上昇し始める時間は HP と同じであったが、30 時間以降も上昇し続け、測定終了時の 72 時間目にもまだ上昇していた (図 10)。これは試験に用いた HP と EP の脂質含量の違いが大きく影響していたものと考えられる。脂質含量が高い飼料を食べた後は可也長時間血漿中の TG 含量が高く維持されるのであろう。毎日高脂質飼料を与えることが多い養殖場では、何時測定しても血漿中の TG 含量が非常に高く、乳濁した血漿になっているのは日常的に経験することである。

モイストペレット (MP)

1. 方法

240 ~ 380g のドナルドソン系ニジマス (D9) を試験に用いた。水温は 6℃であった。この魚は従来から MP で飼育していたので、試験用の MP で予備飼育は行わず、3 日間餌止めした後試験に供した。試験手順は同じであった。

表 9 モイストペレット (MP) の分析値

水分 (%)	42.3
タンパク質	20.9
脂質	7.2
炭水化物	18.4
灰分	6.1
エネルギー (Cal/100g)	185.2
pH	5.1
タンパク質 (%乾物)	36.2
脂質	12.5
炭水化物	31.9
灰分	10.6
エネルギー (Cal/100g 乾物)	321.0

表 9 に MP の分析値を示す。この MP は粉末飼料、凍結生魚および水産加工場のイカ残渣を蟻酸で処理したサイレージより成っていたので、HP や EP に比べて水分が高く、pH が低い (HP と EP の pH は 6.0, MP は 5.1) ことに大きな特徴が有る。その他の成分ではタンパク質が低く、炭水化物が高かった。

2. 結果

2-1. 飼料の消化管内移動時間と内容物の状態

本試験では HP や EP での試験の様な詳細な観察は行わなかったが、内臓体重比や消化管内容物 pH の経時変化等からある程度推測が可能である。

2-2. 内臓体重比

内臓体重比の経時変化を表 10 に示す。摂餌前後の内臓体重比の差は約 1% であったので、MP の場合も摂餌可能量は HP や EP と同じ魚体重の約 1% であった。ここで注意しなければならないのは摂餌量が同じであっても MP は水分含量が高いので、乾物の摂取量は HP や EP の 60 ~ 65% と著しく少ないことである。内臓体重比の最大値と摂餌直後の値には 3.3% の差が有ったので、MP は吸水によって体重の 3.3% 膨潤していたことになる。これは HP と同じ値であり、EP より多かった。内臓体重比は摂餌

後 5 時間で最大値に達し、その後減少した。12 時間後までは比較的高い値を示していたが、24 時間後には摂餌前の値に戻っていた (図 11)。

HP, EP と比較すると、摂餌後最大値に達する時間は HP (20 時間) > EP (15 時間) >> MP (5 時間)、摂餌前の値に戻る時間は HP (45 時間)

=EP (45 時間) >>MP (24 時間) となり、最大値に達する時間も元に戻る時間も MP は著しく早いことが分かる。これは MP の場合には乾物での摂取量が少ないこと、加熱処理されていない生餌を原料に含むこと等が影響しているものと考えられる。

2-3. 消化管内容物の pH

部位別に消化管内容物の pH を測定した結果も表 10 に示してある。

表 10 摂餌後の内臓体重比と消化管内容物の pH 変化

	内臓体重比 (%)	消化管内容物の pH			
		胃	幽門垂部	腸前半部	腸後半部
0 時間後	13.4	2.4	8.0	8.4	7.8
0.25 時間後	14.0	4.1	6.9	7.7	7.6
2 時間後	13.0	4.9	7.1	7.9	7.8
5 時間後	17.3	4.4	7.6	7.8	7.8
8 時間後	15.2	4.5	7.4	7.9	7.9
12 時間後	16.3	4.2	7.3	7.9	8.1
24 時間後	13.0	2.4	6.9	8.2	8.1
30 時間後	13.8	2.5	7.3	8.1	8.2
50 時間後	12.2	2.1	7.5	8.3	7.9

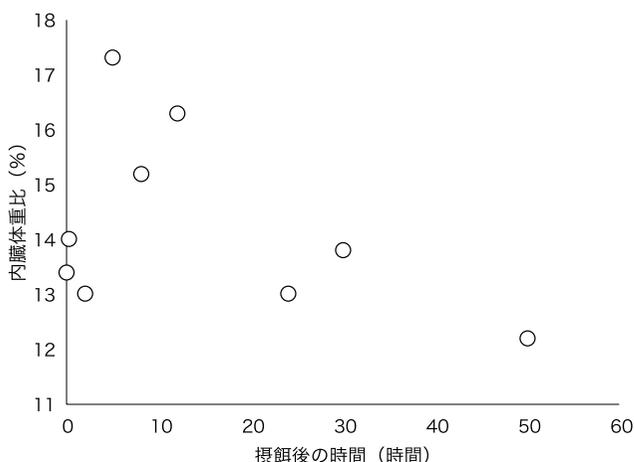


図 11 摂餌後の内臓体重比 (MP)

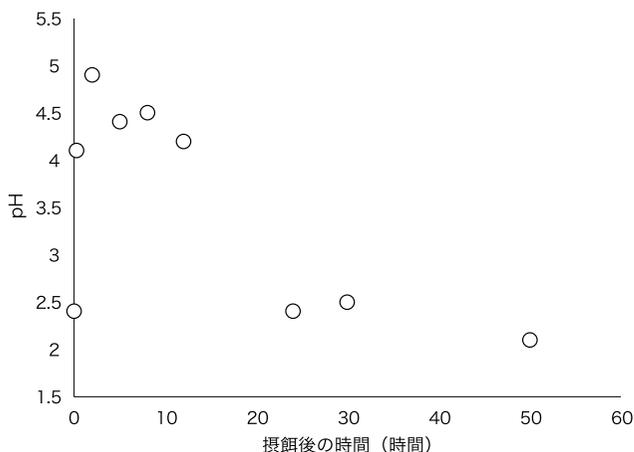


図 12 摂餌後の胃内容物 pH (MP)

る。胃内容物の pH は全体的に HP や EP より低い。これは MP に含まれる蟻酸によるものと思われる。胃の pH は摂餌後直ちに上昇し、2 時間後には MP の pH に近い値となっていた。その後やや低下して 5 時間後から 12 時間後は略同じ値を示し、それ以降摂餌前の値に戻っていた (図 12)。これは 12 時間後にはまだ胃内に飼料が残っていたが、24 時間後には空になっていたことを示す。幽門垂部の pH の動きは HP や EP とは違っていった。摂餌後直ちに低下した後上昇し、再び低下して 7.3 ~ 7.4 程度の安定した値を示した。また、最低値、最高値共に HP や EP より低かった。これもやはり蟻酸の影響ではないかと思われる。幽門垂部に飼料が移行してきた最初には胃内容物の pH の影響を受け、一時的に pH は低下するが、分泌される膵液や胆汁によって pH は上昇する。ところが蟻酸の緩衝作用によって再び pH は低下し、略一定の値を示すようになる (図 13) のではないかと考える。

腸前半部と後半部の pH 変化を 図 14

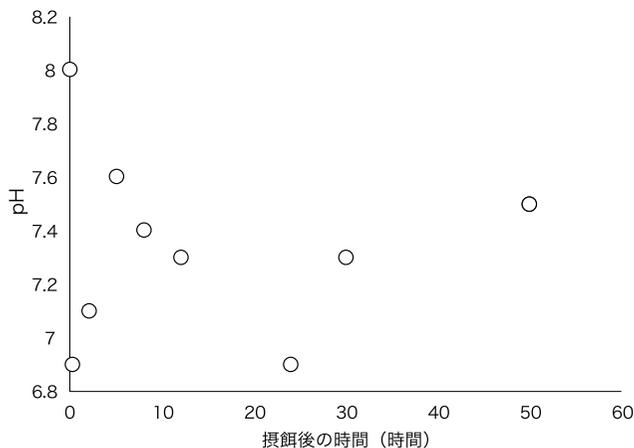


図 13 摂餌後の幽門垂部内容物 pH (MP)

に示す。腸前半部の変動幅は HP, EP と大きな違いはなかったが、変化のパターンは HP とは明らかに違い、EP に近かった。即ち摂餌後直ちに pH は低下し、5 時間以降 (HP の場合は 30 時間以降) 上昇して摂餌前の値に戻る形の変化であった。摂餌前の値 (8.4 は高過ぎるので、8.2 として) に戻る時間は EP ≥ HP >> MP の順であった。

これらの結果から、腸前半部では蟻酸の影響はそれ程強くないこと、MP は HP や EP より早く内容物が腸後半部に移動してしまうこと等が分かる。内容物の移動時間については、MP の乾物摂取量が HP や EP より著しく少なかったことから、当然の結果であるのかも知れない。

何れの飼料を摂取しても腸後半部の pH は最初やや低下した後元に戻るなのであるが、略安定した値に戻る時間は HP と MP が 12 時間後、EP が 48 時間後であった。その時の pH は HP

が 8.4, EP が 8.3, MP が 8.1 と MP がやや低かった。蟻酸の影響が有るのかも知れない。EP の場合安定した値に戻る時間が遅いのは、飼料が胃から幽門垂部へ送り出される時間が遅いことによるのであろう。

2-4. 血漿成分の変化

血漿成分の分析結果を表 11 に示す。HP, EP での結果と併せて見ると、何れの飼料の場合にも摂餌 15 分後に Glu と TP 含量は減少し、K 含量と ALP 活性は増加していた。また、TG と T.Cho 含量は 3 飼料中 2 飼料で減少していた。摂

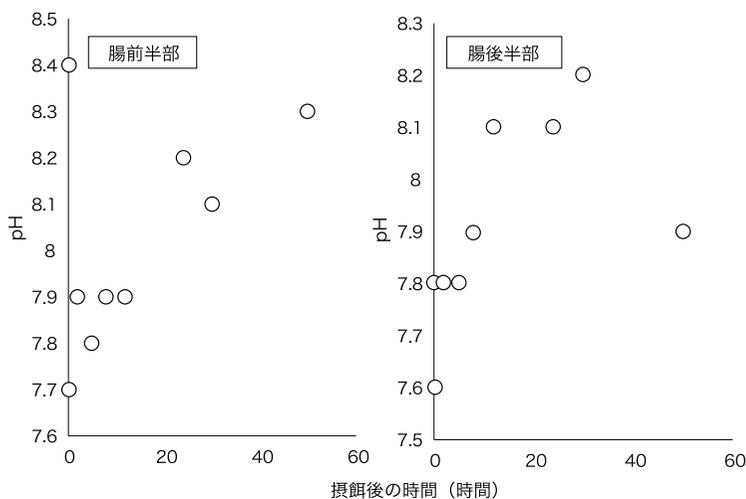


図 14 摂餌後の腸前半部、後半部内容物の pH (MP)

表 11 摂餌後の血漿成分の変化

摂餌後の時間	0	0.25	2	5	8
Glu (mg/dl)	80	65	87	87	90
TP (g/dl)	3.5	3.1	3.5	3.2	3.4
TG (mg/dl)	447	402	430	393	396
T・Cho (mg/dl)	283	285	343	300	323
K (mEq/l)	<2.0	2.4	2.4	2.8	2.7
ALP (K-A.U)	12.8	17.5	16.0	17.8	17.7
摂餌後の時間	12	24	30	50	
Glu (mg/dl)	106	72	81	42	
TP (g/dl)	3.1	3.2	3.2	1.2	
TG (mg/dl)	485	564	676	464	
T・Cho (mg/dl)	306	334	302	176	
K (mEq/l)	3.1	2.5	2.5	<2.0	
ALP (K-A.U)	18.4	14.5	17.2	8.8	

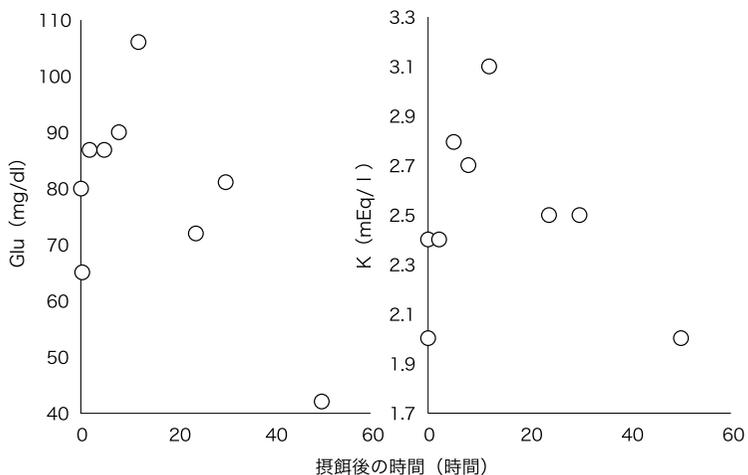


図 15 摂餌後の血漿 Glu と K 含量 (MP)

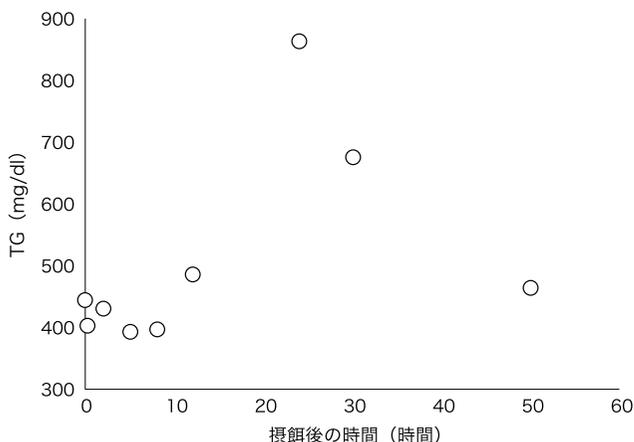


図 16 摂餌後の血漿 TG 含量 (MP)

餌 15 分後には何れの飼料も未だ消化されておらず、胃内に原形を保ったまま存在していた。それにも拘らず血漿成分が大きく変化するのには、消化吸収とは関係なく、摂餌の刺激が引き金となって、何らかの機構で血漿成分を変化させている可能性が高い。今後解明すべき課題である。

Glu と K の変化を図 15 に示す。Glu が最高値に達するのは摂餌後 12 時間で、その時の値は 106mg/dL であった。この値は HP (130mg/dL) と EP (163mg/dL) より低かった。また、摂餌前の値に戻るのは約 25 時間後で、これも HP と EP の約 55 時間後より著しく早かった。

これは MP 中の炭水化物が α 化されていなかったことによるものと考ええる。K は飼料の種類によってバラツキが大きいため断言は出来ないが、何れの飼料でも略同じパターンの変化を示し、消化管内に内容物が充満している時間の違いが反映されているのではないかと推測している。TG の変化を図 16 に示す。摂餌後 12 時間くらいから増え始め、24 時間後に最大値に達してから減少し、50 時間後には略元の値に戻っていた。この変化はピークに達する時間がやや早い以外は HP と同じで、最高値も似通っていた。これは MP の方が HP より消化吸収される時間がやや早いこと、脂質の摂取量が両飼料で略同じだったこと等によるのであろう。

追加資料

HP, EP, MP の何れの飼料でも摂餌後内臓体重比の経時変化にバラツキが大きかったが、その原因を内臓に肝臓や腹腔内蓄積脂肪組織等を加えた為ではないかと推測した。また、消化液の分泌量が内臓体重比や消化管内容物の pH に大きな影響を及ぼしているらしいことも分かった。よって本試験では、これらの推測の妥当性を確認する為、摂餌後の消化管(内臓-肝臓-腹腔内蓄積脂肪組織-脾臓-生殖腺)体重比と胆嚢中に溜まっている胆汁量の経時変化を調べた。

1. 方法

体重 200 ~ 300g のニジマス 60 尾を 1KL 容円形コンクリート水槽に移し、市販のニジマス育成用飼料 (HP) を日に 2 回飽食量与えて 1

週間予備飼育した。水温は 14.5℃であった。その後 1 日は無給餌とし、翌日の 8 時 45 分に HP を飽食量与えた。給餌後 0.25, 2, 4, 8, 24, 53 および 72 時間後に 4 尾ずつサンプリングし、FA100 麻酔下で尾叉長と体重を測定した後解剖

し、消化管体重比と胆嚢中の胆汁量を調べた。胆嚢中の胆汁量は 0.5ml のプラスチック製注射筒を用いて採取し、体重の影響を無くす為、体重 100g 当りの ml 数で表した。

表 12 摂餌後の消化管体重比と胆汁量の変化

摂餌後の時間	消化管体重比 (%)	胆汁量 (ml/100g 体重)
0.25 時間後	4.22	0.13
2 時間後	6.04	0.08
4 時間後	5.47	0.06
8 時間後	6.62	0.04
24 時間後	4.63	0.12
30 時間後	5.48	0.10
53 時間後	4.31	0.27
72 時間後	3.93	0.27

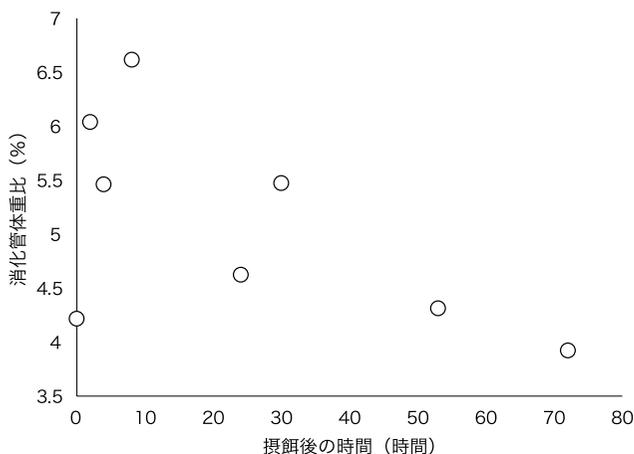


図 17 摂餌後の消化管体重比 (HP)

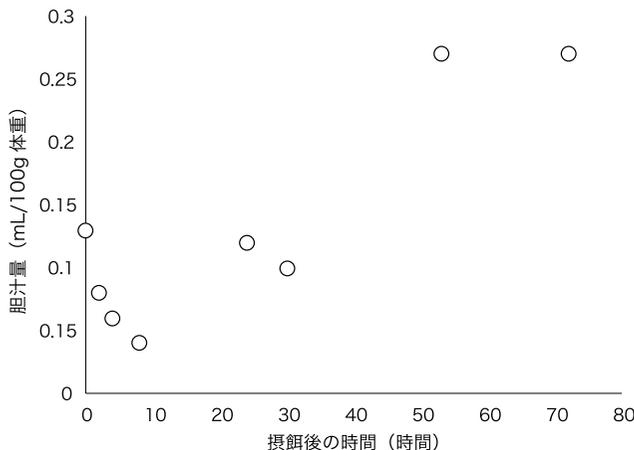


図 18 摂餌後の胆嚢中胆汁量 (HP)

2. 結果

結果を表 12 と図 17, 18 に示す。

図 2, 図 10 と図 17 を比較すると、内臓体重比で示すよりも消化管体重比で表した方が明らかにバラツキが少ないことが分かる。よって、何れの飼料においても摂餌後の内臓体重比の経時変化にバラツキが大きかった原因は、内臓に腹腔内蓄積脂肪組織等を含めた値で計算したことによると判断出来る。消化管体重比は摂餌後 8 時間で最大値に達し、その後減少して約 55 時間後には元の値に戻っていた。この結果はピークを維持している時間が短かった以外は HP 試験の結果と良く一致していた。水温が高いと飼料の消化吸収が早く進む為であろう。

摂餌後飼料の増重量は HP 試験では体重の 3.3% であったが、本試験では同じ HP であったにも拘らず 2.42% とやや少なかった。今回は給餌前の値を調べていないので断定は出来ないが、絶食期間が 3 日と 1 日の違いが原因ではないかと思われる。絶食期間が短かったので、摂餌量が少なかったのであろう。

胆嚢中の胆汁量は消化管体重比とは全く逆の動きを示していた (図 18)。摂餌後 8 時間まで次第に減少し、それ以降増え始め、53 時間後には一定値に達していた。これは飼料が胃から幽門垂部に送り出されて来ると胆嚢中に溜まっていた胆汁が消化管に放出されること、幽門垂部に飼料が盛んに送り

出されている間は胆汁が胆嚢に溜められることなく消化管に放出されること、幽門垂部に送られてくる飼料の量が少なくなると胆汁は再び胆嚢に溜められる様になること等を示している。胆汁の消化管への放出量は幽門垂部に出て来る飼料の量によって調節されている、云い換えると消化液の分泌量は吸水した後の飼料量によって決められている可能性がある。また、胆嚢中の胆汁の色は摂餌 15 分後の暗い緑色から次第に薄い色になり、8 時間後には薄い黄緑色になっていた。その後再び緑色が強くなり、53 時間以降は黒緑色を呈していた。

摂餌後 53 時間で胆嚢中の胆汁量が一定値に達したことは、胃と幽門垂部に飼料が存在していなかったことを表している。また、摂餌 15 分後の値が 53 時間後の値より著しく少ないことは、試験前の絶食期間が 1 日であったことと関係しているのであろう。試験開始時には幽門垂部に未だ多少飼料が残っていた可能性が高い。これは 15 分後の値と 24 時間後の値が略同じ値であったことから云える。

まとめ

今回行った 4 回の試験結果から以下のことが分かった。

・ 240 ~ 420g 程度の大きさのニジマスでは、1 回の摂餌可能量は HP, EP, MP の何れにおいても体重の約 1% であった。重量よりも容積で規定されているのであろう。

・ 胃内での飼料の崩れ方は HP と EP で全く異なっていた。HP は著しく吸水して膨潤し、ペースト状~粥状になってから幽門垂部に送り出されていた。一方、EP は吸水量が少なく、最後までパサパサの状態であった。パサパサの飼料の表面が少しずつ崩れ、その部分から幽門垂部に送り出されていた。MP の崩れ方は HP と類似していた。

・ HP は吸水量が多い為に摂餌後消化管が著しく膨満しており、一般に云われている様に魚に何らかの障害を及ぼす可能性が示唆された。HP は適切な給餌量を守ることが大事の様である。一方、MP は摂餌量が同じでも水分が多い為に乾物の摂取量が少ないこと、EP は吸水量が少ないことから、摂餌後の消化管の膨満が問題になることは無い様である。

・ 摂餌後飼料の消化管からの減少は MP, EP, HP の順に早かった。これは MP には生餌を含むことと乾物の摂取量が少ないこと、EP は吸水量が少なく、吸水後の飼料量が HP より少ないこと等によるのであろう。

・ MP は HP や EP より早く胃から無くなり、次の餌を食べることが出来るようになる。これが MP は魚の摂餌活性が落ちる低水温期や大型魚に用いられる理由であろう。1 回の乾物摂取量が少なくても食べる回数を多くすることによって十分にカバー出来るのであろう。また、生餌を含むので魚の嗜好性が良いことに加えて消化吸収率が高いことも関係しているのかも知れない。

・ 胃液、膵液、胆汁等の分泌量は胃内で吸水、膨潤した後の飼料の量によって決められているのではないかと推測出来る。

・ 腸内の pH は未だ飼料が腸に到達していない摂餌直後に低下し、次第に元に戻る変化を示していた。摂餌の刺激によって腸液の分泌も含めて pH の変化をもたらす何らかの反応が起こっているのであろう。

・ 血漿中の Glu, K および TG 含量は摂餌の影響を強く受ける。Glu は飼料中の α 化された炭水化物の量、K は飼料が消化管内に存在している時間、TG は飼料中の脂質の量によってピークの高さと、高値が続く時間が決められているのであろう。

・ 摂餌後血漿中の濃度がピークに達する時間は $K \geq \text{Glu} > \text{TG}$ の順に早かった。これは夫々の

成分の消化吸収機構の違いによるものと思われる。

・今回調べた血漿中の5成分の含量や活性は何れも摂餌直後に一時的な変化を示した。未だ飼料は全く消化吸収されていないにも拘らず血漿成分が変化するのは、消化吸収とは関係無く、

摂餌の刺激が引き金となって何らかの反応が起こっている可能性が有る。

・蟻酸を添加して飼料のpHを低くすると消化管内容物もその影響を受け、pHが低くなる傾向が認められた。

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

- 1) 北村佐三郎: 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, 247 - 306(1980)
- 2) 酒本秀一: ニジマス用飼料, アユ用飼料の適切な α 化澱粉添加量. *New Food Industry*, 投稿中

白石カルシウムの炭酸カルシウム	<p>分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈澱を抑制したタイプ等、品揃えしております。</p> <p>一般の栄養強化には、「ホホワイトン」</p> <p>機能を求めるならば、「コロカルソ」</p> <p>飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」</p> <p style="text-align: center;">詳細につきましては、弊社営業担当にお気軽にお尋ね下さい。</p>
<p style="text-align: center;">炭酸カルシウムとは？</p>	<p>古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。</p>
白石カルシウム株式会社	<p>食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8 TEL. 03-3863-8913 本社：大阪市北区同心 2-10-5 TEL. 06-6358-1181</p>

伝える心・伝えられたもの

— 田子節考 —

宮尾 茂雄

(東京家政大学)

「私は鰹節をかくのが好き。ことに花かつおをこしらえるのは楽しい。」これは浅草生まれの女優沢村貞子さん(1908～1996年)のエッセー「私の台所」(講談社)の一節である。明治生まれの私の祖母もちょっとした空き時間があると鰹節をかいていた。もうこれ以上は削れないほど鰹節が小さくなると沢村さんと同じように鍋で煮出していた。祖母がなくなり、いつの間にか削り節器の出番もなくなった。

ある時、知人から鰹節を頂いた。久々に削り節器の登場となったが、刃が錆びついて使えない。研ぎに出してからは、食卓に鰹節が戻ってきた。削りたての香りが食欲をそそり、だしの匂いは一瞬贅沢な気分させてくれる。

堅魚

カツオと日本人の関わりは古く、青森県八戸周辺にある縄文時代早期の貝塚からカツオの骨が出土していることから、1万年位前からカツオ漁が行われていたようだ¹⁾。

カツオ(サバ科カツオ属)の旬というと、春(上りカツオ、黒潮にのって北上する群)と秋(下りカツオ、南下群)である²⁾。今では刺身、たたきなど生で食べることも多い。カツオ(堅魚)は「堅く乾燥させるので堅魚と名づけられた³⁾」とあるように干す、煮る、煮て干すなど加工されたものが流通し、長い間生のままでは食べなかった⁴⁾。もちろんカツオ漁の盛んな海辺ではとりたてのカツオを生食していただろう。江戸時代になると「鰹の刺身を賞す。四月初日以降、初鰹を特に賞し、一尾価金二、三分なり⁵⁾」とある。

しかし赤身魚であるカツオは鮮度落ちが早く、生食の危険性が知られていた^{4,6)}。カツオによる食中毒はヒスタミンによるアレルギー様中毒に分類され、一過性の発疹、吐き気などの症状がみられる⁴⁾。

煮堅魚から鰹節へ

和漢三才図会(1713年刊)には「鰹節とは鰹の肉を乾したものである。(略)鰹の肉を割(さ)き、二、三条にし、これを煮熟して取り出し、曝乾(さらしほ)す。すると堅硬になって色は松の節のように赤くなる〔それで鰹節という〕」とある⁷⁾。

鰹節の表皮を小刀で取り除き、中身を細かく削って袋に入れて煮出し、料理に使い始めたのは室町時代後期とされている^{8～10)}。

守貞謾稿⁵⁾には、麦飯の上にとろろ、紫海苔、大根卸し等を加え「鰹節の煮出しをかけて食す。(略)これを食すは驕なり。」とあり、鰹節の煮出し汁を口にできたのは上級武士や金持ちの商人など富裕層に限られていた⁹⁾。

江戸時代中期の鰹節産地は薩摩、土佐、紀州など西国にあり、長い船旅を経て江戸に届く「下りもの」は高価で庶民の手には届かなかった^{8~10}。その頃、そばが江戸庶民の食べ物として定着していた。そばつゆというかつおだし、廉価で美味しい「だし」がとれる鰹節が江戸でも手に入らないだろうか。そんな要望に応えたのが房総や伊豆半島などカツオ漁の盛んな浦々（湊）の鰹節（地廻りもの）であった^{8~10}。

明治時代になると鰹節の需要は全国的に拡大し、鰹節の風味を良くするため三番カビ付けを完成品とする「本枯節」が伊豆で誕生した^{8~10}。「伊豆節」は「さらりとしていて、それでいて香味のきいたダシ¹¹」が出ると、その人気は現在まで続いている。その代表が西伊豆田子産の田子節である。

鰹節職人—甚太郎、佐之助、与市—

鰹節の歴史には初代甚太郎、2代目甚太郎、佐之助、与市という鰹節職人が登場する^{6~10}。寛文の頃（17世紀半ば）、紀州印南出身の漁師、甚太郎（初代、?～宝永4（1707）年）は、時化（しげ）にあい遭難して土佐宇佐浜に流れ着いた。そこでカツオの素干しの製法を伝授した。その子二代目甚太郎は土佐に残り乾燥法を工夫し、延宝2（1674）年頃燻煙と火熱で乾燥させる焙乾法（燻乾法）の基礎を生み出した^{8,9,12}。その後土佐清水の佐之助が長距離輸送中に発生する悪カビ防止を目的にカビ付け法を工夫した（当時は「節一乾」といわれた一番カビのみ）。

江戸後期になると紀州印南の漁師与市（俗に「土佐の与市」（1758～1815年）¹²）が土佐節の製法を安房、伊豆（安良里（あたり）、田子など）に伝えた^{8~10,12}。与市は鰹節作りの技ひとつで諸国を巡っていた。たまたま立ち寄った江戸浅草の鰹節問屋に並んでいた鰹節を見て、「こんなものは鰹節ではない」と嘲笑ったのを耳にした店主の山田屋辰五郎の斡旋で、安良里で鰹節を製造していた実兄高木五郎右衛門方に寄寓することになった^{12,13}。与市は大酒飲みの名人肌の職人で、安良里に滞在した3年間、節の期間中は一日金一分、酒三升の日当で働き、その技術を広めたという^{8,9,12,13}。

江戸時代、鰹節は土佐藩や紀州藩などの重要な収入源であり、その製法は秘伝とされていた^{9,12,13}。与市は土佐節の秘法を他国に教えた咎により故郷印南への帰郷を許されず、晩年は与市を大切に遇した鰹節の産地安房千倉で暮らし、その地で亡くなった。なかなかの男前で「チリメンだすきで颯爽と生切り（カツオの身卸し）する様子の良さは、村の娘たちに騒がれた」という逸話が千倉に残っている¹³。庶民が旅に出ることが難しかった江戸時代、何故与市は30歳（頃）にして故郷を離れ、東国までやってきたのか。その旅を可能にしたのが鰹節職人としての技であったことを思うと興味深い。

極天清水改・晴天清水改・晴天田子改

与市のおかげで高木五郎右衛門の鰹節は江戸で名声を博し、周囲の浦々にも広がっていった。伊豆節全体の品質が向上し、「極天清水改」という赤票（商票）をつけて出荷していた¹⁴。鰹節の出荷量が増えるにつれ、人も増え産業も発達し、安良里村は豊かになった^{14,15}。

江戸時代、土佐藩では海産物や積み荷の管理、課税等を行う役所（御分一役場）を港に設けていた。藩の財源である鰹節輸送の際には品質、数量、目方などを検査し、出帆切手—証票—が発行され



写真1 カネサ芹沢商店の作業場

た⁸⁾。清水役場の検査はとくに厳重で「晴天清水改」(出帆切手)は鰹節の優良品を示す尺度として後々まで商習慣として残っていたそう⁸⁾。

静岡県賀茂郡西伊豆町田子にある明治15年創業のカネサ鰹節商店(写真1)の芹沢里喜夫さんも昭和30年代頃まで「晴天田子改(せいてんたごあらため)」の商票を付けた杉の送り樽を使っていたそう³⁾。「極天清水改」や「晴天田子改」は「晴天清水改」と肩を並べる天下逸品の鰹節であるという誇りでもあったのだろう。



写真2 杉の送り樽(カネサ芹沢商店)

田子節を生み出す手火山式焙乾法

芹沢さんをお尋ねした3月下旬、伊豆半島は満開の桜とヒジキやフノリなど海藻の摘み取りの季節だった。集落や田畑を囲む低い山々は、淡桃色から紅色まで鮮やかなグラデーションの山桜で彩られていた。道路沿いには天日干しのヒジキが並べられ、その上を桜の花びらが舞っていた。

伊豆半島近海はもともとカツオ漁が盛んで、春先5月上旬から11月上旬までが鰹節の製造時期であった⁹⁾。カツオを水揚げすると、直ちに身卸し(生切り)を始めた(写真4)。頭を落とし、内臓と背びれを取り、中骨に沿って3枚に卸す。夜が更けてもその日のうちに卸して加熱した。

節の原料は鮮度の良いもの、脂肪分が少ないものが適し、多いものは「油節」といわれ香りも味も悪く、だし汁に濁りがやすい¹²⁾。芹沢さんのお話では生で食べておいしい脂のりのよいものは、価格も高く、良い節にはならないそう³⁾。伺った時は、10名程の方が「修繕作業」をしていた。作業の



写真3 「晴天田子改」



写真4 生切り(身卸し)に使用する包丁類



写真5 煮籠（丸型金属製）



写真6 煮釜（丸釜）



写真7 修繕作業（モミ付け）

様子を見せていただきながら、鰹節が出来るまでのお話を聞かせていただいた。作業場の壁には、製造工程が写真入りで掲示され、見学者も多いそうだ。

芹沢さんのお話を中心に田子節の製造工程の概略をまとめた。

① 2Kg程度の小さなカツオは3枚に卸し、背側と腹側の二ツ割の鰹節とする。

② 大きいものは、四ツ割の本節とする。

③ カツオの身割面を下に煮籠に並べる（籠立て）（写真5）。

④ 煮籠を煮釜につけてゆでる（煮熟）。85～95℃位の熱湯（沸騰させない）で1～2時間程加熱を行う（写真6）。この段階の節を生利という。

⑤ 煮籠を引き揚げて、粗熱を取り水洗いをして、皮の堅い部分や骨を取り除く（籠離し）。小骨が残っていると、身割れする原因になる。

⑥ 骨を除いたくぼみや形の悪いところに、カツオの生肉とゆで肉を混ぜ合わせ糊状にしたすり身を竹製のへらや手を使って塗り込む「修繕」（モミ付け）を行う（写真7）。

⑦ 修繕後に身割面を下にしてせいろ（蒸し籠、木製で底部は竹の棧）に並べて、蒸気で約90分間蒸す。

⑧ 粗熱を取る（写真8、9）。

⑨ コンクリート製の長方形の炉（前広）の上に、せいろ4枚を重ねる（写真10）。クヌギ、ナラ、サクラなど樹脂の少ない薪を焚いて75℃程で1～2時間、せいろの上下をかえながら均一に焙乾する。火力の調整はカツオを手でさわった時の勘がたよりだ。温度が高過ぎると、表面が



写真8 粗熱をとる



写真9 木製せいろに並ぶ節



写真10 手火山式の炉（前広）と木製せいろ



写真11 急造庫式焙乾室，通路に薪が積まれている



写真12 焙乾室2階，金属製せいろに節が並ぶ

膨れてきて傷になる。せいろのまま放置して水分の拡散をまつ¹²⁾。二番火，三番火と節の大きさにより合計10～12回，焙乾には延べ1カ月位かかる。「手火山式焙乾によって田子節に魂が入る¹⁶⁾」といわれる味と香りを決める重要な作業だ。

- ⑩急造庫式焙乾室を使用する場合もある（写真11）。2階建の焙乾室は1階部分で薪を焚き，2階に節を並べた金属籠を積み重ねる（写真12）。
⑪焙乾が終わった黒褐色の節を鬼節（荒節）という（写真13）。



写真13 焙乾中の節（荒節）

- ⑫筥の上に並べて2～3日日乾すると，浮いてきた水分で表面がやわらかくなる。表面のタール分などを「削り庖丁」（写真14）で落とし，形を整える。これを裸節という。鰹節は縁起物としても使われるので節削りには熟練を要した。専門の削り職人は田子一番の高級とりで，カツオの北上とともに女川や気仙沼など各地を渡り歩いたという¹⁴⁾。今はグラインダー（削り機械）で行っている。



写真14 削り包丁と道具箱



写真15 樽に詰められカビ付け中の節

⑬節を杉樽に詰め、カビ付け室（温度25～30℃，湿度75～85%¹²⁾）に置き，約2週間位カビ付けを行う（写真15）。以前は自然に生えるカビを使っていたが，現在は培養されたカビを噴霧することもある（特に冬期，日本鰹節協会の鰹節優良黴菌 *Eurotium herbariorum* など）。最初は青緑色のアオカビ（ペニシリウム属）が発生する。日乾後，再び樽に詰めて二番カビ付けを行う。鰹節カビと呼ばれる黄～茶褐色のカビ（アスペルギルス属）^{8, 12)}が生えるまでカビ付けと日乾を5～7回程度繰り返すと（写真16, 17），「本枯節」が完成する。



写真16 芹沢里喜夫さん（左）と日乾中の節

本枯節の完成までに半年余り，5kgのカツオからおおよそ0.8kg（雄節，雌節各2本）の本枯節ができるので，歩留まりは約16%¹²⁾，水分は10%まで低下する⁴⁾。本枯節は保存性に優れている。江戸東京博物館（「明治のこころ，モースの見た江戸庶民のくらし展」（2013年））でエドワード・モース（1838～1925年）が100年前に岡倉天心から贈られた鰹節（長さ約17cmの亀節）と削り器が展示されていた。鰹節を削れば，再び削りたての香りがしてくるようなしっかりとした姿を保っていた。

田子・安良里を歩く

6月上旬再び田子を訪れた。西伊豆は4月から9月までが天草漁のシーズンで，日当たりのよい



写真17 褐色のカビが生え始めた日乾中の節



写真 18 漁船が停泊する安良里港

道端ではテングサを干していた。山野にはやや小粒の黄色に輝くビワが実っていた。

国道 136 号線を南下し、土肥を過ぎてまもなく海側へと降りると、穏やかな海辺、巾着港といわれる深く入り組んだ入り江、松と赤い鳥居のある小さな弁天島、造船所のある安良里港に着いた(写真 18)。安良里の造船所は 300t クラスの漁船に対応できる本格的なもので、東日本大震災で被災した漁船が一時ドック入りしていたそうだ。与市や高木五郎右衛門に関連する資料を探したいと思い、西伊豆町役場安良里支所 2 階にある西伊豆町

中央公民館図書室を訪れた。

1801 年に与市を招いた高木五郎右衛門(安永 4 (1775) ~文化 14 (1817) 年)¹⁴⁾ は高木家 8 代目の当主にあたる。先祖は宇喜多田秀家の家臣で、関ヶ原の戦いに敗れ、安良里にのがれてきた高木五郎右衛門義清といわれている¹⁵⁾。代々安良里で五十集業(いさばや、漁港で水産物を買集める魚商)や釜屋(鰹節生産者は大きな釜で煮焚きをしていたことから釜屋と呼ばれた)を営む裕福な家であった^{14,15)}。五郎右衛門の子孫はその後安良里を去ったが、分家は残っているようだ。「安良里風土記¹⁵⁾」が編纂された昭和 46 年には釜屋は 2 軒あったが現在はない。

「勇ましいぞよ いさばやは 五月六月七月は 鰹の目玉に手をいれて 包丁片手に肉じばん ねじり鉢巻 勇ましや」(鰹切りの唄, 「安良里風土記」¹⁵⁾ による)

安良里は昭和 30 年代までイルカ漁が盛んであった。大量に揚がったイルカの霊を慰める供養塔が建てられていた。8 月 16 日夕方、海難で亡くなった方や魚介類など海にまつわる霊を祀り、供養する「浜施餓鬼」が行われている。

田子から安良里へは、海沿いに今山を越える全長 7.1km 3 時間の道がある。今では、国道沿いのバスで 10 分足らずの距離だ。

田子がかつてカツオやマグロ船の母港であった。造船所の脇を抜ける(写真 19)と田子湾を見渡す岬があり、恵比寿様(えべすさん)を囲むように「堅魚万供養塔」が祀られていた(写真 20)。供養塔の表面は風化し、残念ながら何時頃建立されたものか判らなかった。

港の防波堤近くに鰹節工場が 1 軒、少し歩くと 1 軒(今は廃業)あり、裏には鰹節を保管していた石造りの倉庫が残っていた(写真 21)。カツオの処理がすぐに出来るように港近くに釜屋がかたまっていたそうだ。芹沢さんの工場も港近くにあったが敷地が狭かったこともあり、効率化を図



写真 19 対岸から田子港を臨む



写真 20 堅魚万供養塔とえびすさん (田子)

るため昭和 30 年代に山寄りの現在地に移転された。しかしほとんど同時に、カツオの水揚げが減り、その後のオイルショックで田子のカツオ漁は消滅したと残念そうに話されていた。

かつての田子製氷株式会社 (大正 8 (1919) 年創業, 伊豆半島で最初の製氷所, 昭和 30 年代までカツオやマグロ船に氷を供給^{16, 17)} (写真 22)) の敷地には, 同社を吸収合併した東洋水産株の工場があり, 花かつお即席麺などの粉末だしを作っている。近くを散歩中の男の方にお話をうかがった。現在 80 歳, お兄さんと一緒にずっとイカ釣り漁 (アオリイカやマイカ) をしていた。「本当の兄弟船だね」と笑いながら話された。漁船が 35 艘あった頃は釜屋も 35 軒あり, 漁船が一つ減ると釜屋も 1 軒減るといのように, とうとう田子にはカツオ船が無くなった。漁船のために製氷所があり, 造船所があり, 鉄工所があったが, みんななくなった (造船所は 1 か所)。「週末はダイビング



写真 21 鯉節の保管倉庫 (田子)



月の浦の田子製氷棧橋で かつお船が出港前に角氷の仕込み作業中

写真 22 田子製氷棧橋での漁船への氷の積み込み (資料 17 より引用)

を楽しむ若い人で賑わっていますね。」と言うと、「漁港だから船がなくなって寂しくなった。」と、漁船で賑わっていた頃を思い出しているご様子だった。

昼食に入った食堂の50代位の女性の方にもお話を伺った。母親が鰹節をかく音で目が覚めたという。鰹節の干し場がなかったので、道路わきを流れる幅3m程の川に板を渡し、鰹節を並べていた。寄り合いで、ご馳走を作る時には、鰹節をかくのが女の子やお嫁にいった若い女性の役割だった。交代でどっさり削り節を作り、昆布などは加えず鰹節たっぷりの濃い目のだし汁をとり、茶碗蒸し、吸い物、煮物など何にでも使った。かたちの悪いのや欠けたものなど商品にならない鰹節がたくさんあった。「骨や頭などは干して肥料にしていたけれど、これは魚臭かった。やっぱり漁師町だったね。」と幼い頃の思い出を話して下さった。

田子には鰹を丸ごと塩に漬け込み、乾燥させて作られる塩鰹（しおかつお）や鰹のなま酢（塩で味付けして酢に鰹の切り身を入れたもの、初鰹のなま酢を親戚知人に配る風習があった）、ハラモの焼き物（鰹の腹の脂が乗った部分を塩焼きにする）、鰹のコ（卵）、ホシ（心臓）の煮付けなど鰹節の副産物を使った郷土料理があった¹⁸⁾。芹沢さんはその伝統を受け継ぎ、「ハラモの燻製」や「かつお小（卵の燻製）」などを工夫され、販売している。

かつては伊豆半島から伊豆七島にかけて、黒潮ののったカツオやイルカなどの大群が回遊してきた。雑木林からは大量の薪が手に入り、天城山系の良質の水が豊富に得られた。リアス式海岸で天然の良港が多いが、反面山から急峻な崖となり海に落ち込むため土地が狭く、耕地に乏しかった。天日干しのスペースが十分なく、焙乾や丁寧なカビ付けにより水分を低下させ、良質の鰹節に仕上げている。江戸時代、大坂から江戸への航路にあたる西伊豆の浦々は風待ち湊として船宿も多く、諸国廻船で賑わっていた^{14, 16)}。江戸の鰹節問屋との結びつきが強く、鰹節は船で江戸へと運ばれ、販路や技術的な指導も確保されていた^{9, 10)}。

安良里節、田子節など伊豆節は、海の幸や山の恵みを巧みに利用し、新しい製造法に積極的な浦々の人々が作り出した換金用加工食品⁹⁾として、暮らしを支える収入源であった^{14, 15)}。

明治20年代までは田子節が静岡県 の 代表格であったが¹⁸⁾、明治30年代になると漁業の発展と製造技術の進歩、交通の便などにより、その中心は焼津地区に移行した。さらに田子港へのカツオの水揚げがなくなると40軒（昭和25年）あった鰹節生産者¹⁶⁾は現在3軒になった。

江戸時代誕生した田子節が今日まで伝統的な製法を継承してきた原動力は何だろう。芹沢さんは鰹節作りの傍ら、その歴史や製造方法を論文にまとめられ、普及活動にも熱心に取り組んでおられる。その論文の最後は次のような力強い言葉で締めくくられている。

「先人たちの優れた製造技術を私はいつまでもまもって生きたいと思います。田子は鰹の町です。此のローガンを生かし活気ある町にしたいものです。」¹⁹⁾

伊豆の風土から生まれた田子節は、濃口醤油などしっかりした味との相性も良い。これからも庶民に愛される銘品であり続けて欲しいと思う。

田子節の歴史、手火山式焙乾法などについて丁寧に教えて下さったカネサ鰹節商店芹沢里喜夫様、カツオ1本釣りのお話を聞かせていただき、「田子製氷棧橋（写真22）」の掲載を許可して下さい。当時の祐祥丸漁業生産組合長理事山本佐一郎様、貴重な資料を紹介していただいた西伊豆町役場中央公民館の皆様へ感謝申し上げます。

参考資料

- 1) 松井 章：考古学からみたカツオ漁，カツオフォーラム開催記録「日本人はなぜカツオを食べてきたのか」より，財団法人味の素食の文化センター発行（2005）
- 2) 坂本一男：旬の魚図鑑，主婦の友社（2007） 坂本一男：旬の魚図鑑，主婦の友社（2007）
- 3) 廣野卓：食の万葉集，中央公論社（1998）
- 4) 外山健三：鰹節，藤井建夫監修「伝統食品の知恵」柴田書店（1993）
- 5) 喜田川守貞著，宇佐美英樹校訂：近世風俗志（五）（守貞謄稿），天保8（1837）年～嘉永6（1853）年，岩波書店（2002）
- 6) 青木直己：幕末単身赴任下級武士の食日記，日本放送出版協会（2005）
- 7) 寺島良安著，島田勇雄，竹島淳夫，樋口元巳訳注：和漢三才図会7，平凡社（1987）
- 8) 宮下 章：鰹節（上）社団法人日本鰹節協会発行（平成元年）
- 9) 宮下 章：鰹節（下）社団法人日本鰹節協会発行（平成元年）
- 10) 宮下 章：ものと人間の文化史97・鰹節，法政大学出版局（2000）
- 11) 近藤弘：「日本人の求めたうま味」中公新書（昭和58年）
- 12) 和田 俊：かつお節—その伝統からEPA・DHAまで—，幸書房（1999）
- 13) 山本高一：鰹節考，筑摩叢書307，筑摩書房（1987）
- 14) 安良里村誌編さん委員会：安良里村史（平成8年）
- 15) 清水真澄調査，編集，文：安良里風土記，賀茂郡安良里小学校，同校PTA発行（昭和46年）
- 16) 西伊豆町教育委員会 西伊豆町誌編さん委員会編集：西伊豆町誌 資料第三集，発行西伊豆町（平成9年）
- 17) 山本佐一郎編集・執筆：田子の漁業史 資料集（平成15年）
- 18) 西伊豆文化財保護審議会調査・編集：ふるさとの食，西伊豆町教育委員会発行（平成2年）
- 19) 芹沢里喜夫：田子節を中心にした鰹節に関する論文集

* カネサ鰹節商店 代表者 芹沢里喜夫 静岡県賀茂郡西伊豆町田子 600-1
電話 0558-53-0016

* 鰹節製造工程と道具類は，国立大学法人東京海洋大学水産資料館（東京都港区港南4-5-7，電話 03-5463-0430）にも展示されている。

築地市場魚貝辞典（スケトウダラ）

冬になると寒さもさることながら、日が短くなり、朝夕の出勤、退社時間は暗くなっている。寒いだけでも布団から出たくないのに、暗いうちから起き出さなければならないのは、暖かい布団と決別する勇気をさらに遠ざける。市場の朝は早い。冬ではなくても、暗いうちからその日の準備のために働く人がいるのには、頭の下がる思いがする。魚を知り、良い魚を良い状態で食べる人に届けるための人たちがたくさんいる場所、築地市場である。

今回も冬の魚、スケトウダラを紹介する。スケソウダラと呼ばれることもあるが、最近の凶鑑などでも使われることの多いスケトウダラを使うことにする。



スケトウダラ

一分類一

スケトウダラは、タラ目タラ科スケトウダラ属の魚である。タラの仲間というと、スケトウダラやマダラ、コマイの含まれるタラ科のほかに、東北などで捕れ「どんこ」と呼ばれるチゴダラ(チゴダラ科)、加工品や惣菜用とされるメルルーサの仲間(メルルーサ科)、ファーストフードのフィッシュフライなどに使われるホキ(マクルロヌス科)などがあり、世界でも食用の魚として重要である。築地で「ひげだら」と呼ばれ高級魚であるヨ



マダラ



コマイ

ロイイタチウオは、タラに近縁なアシロ科の魚である。

体がやや細長く、すべての鱗を支えるスジ（鱗条；きじょう）に硬い刺がなく、下顎の先端にヒゲがある魚のなかで、背鱗が3つある仲間（タラ科）のうち、下顎が上顎より突き出る魚（スケトウダラ属）である。

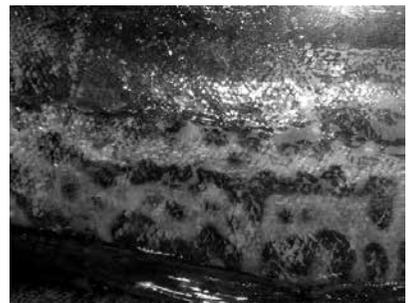
タラ科の魚は世界におよそ25種、日本近海に4種知られている。スケトウダラの含まれるスケトウダラ属のほかに、マダラ属とコマイ属、ヤマトヒゲダラ属がある。ヤマトヒゲダラを除き食用として重要な魚である。スケトウダラ属の魚は、スケトウダラの他にヨーロッパ北部に1種知られている。

—形態—

マダラはお腹が出ていて（メタボではないが）全体的にポテっとした感じがするが、スケトウダラは頭が尖り体も細長く、スマートな印象を受ける。体の断面を見ると丸い。口は頭部の先端にあって、下顎が上顎より少し前に突き出す。小ぶりのマダラはスケトウダラと似ていて間違いやすいが、マダラやコマイは下顎より上顎の方が前に突き出すので見分けるポイントの1つである。タラというと下顎にあるヒゲが印象的であるが、スケトウダラの下顎の先端のヒゲはマダラのように立派ではなく、ない場合もある。そして眼がかなり



頭部



鱗と模様

大きく、顔つきを特徴づける一因でもある。鱗は小さくてやや取れやすい。背鱗は三角形のものが3つ、少し間隔をあけて並んでいる。背鱗が3つある魚は少ない。臀鱗もやや離れて2つある。なんでこんなに鱗がたくさんあるのか、水族館で泳いでいる姿を見てもよくわからない。体は背中が暗い褐色で、側面から腹側は白っぽい。体の側面にはやや大柄なまだら模様がある。鱗は暗い褐色。マダラもスケトウダラと似たような模様であるが、マダラはスケトウダラより色合いが淡い。体長60cmを越える。

—生態—

タラの仲間は、冷たい海に住むものがほとんどである。スケトウダラも例外でなく、朝鮮半島東岸から日本海、オホーツク海、ベーリング海からカリフォルニア南部までに分布する。オホーツク海やベーリング海といえば北の寒さが厳しい海という感じがするが、カリフォルニアという温暖な印象がある。しかし海は北から寒流が流れ、冷たい水を好む生き物が住んでいる。日本海もその深部は一年を通して数度しかなく、世界でも有数の冷たい海なのである。日本近海では日本海側では山口県、太平洋側では千葉県から北海道に分布する。それより南の海域で漁獲されることもあるが（自分も神奈川県で見たことがあるが、漁師さんも見慣れないのでスケトウダラとはわからなかった）、希である。近年、日本海へ流入する暖流（黒潮の分流で、対馬暖流）の影響が強く、山陰ではスケトウダラが減っているようである。海面付近から水深 2000m の海中を泳いでいて、小魚やオキアミなどを食べている。産卵期は、北海道近海では 11 月から翌年の 4 月で、1 ヶ月の間に数回に分けて産卵する。直径約 1.2mm の浮遊性の卵を 20 万から 30 万粒産む。孵化後は海面付近で過ごす。成長に伴って沖合の深場へ移動する。体長は 1 年でおおよそ 12cm、2 年で 20cm、3 年で 30cm、5 年で 40cm に成長する。寿命は 28 年以上。

—漁業—

スケトウダラは海底付近にすむので、海底に下ろした網を船で曳く底曳網（トロール）や、海底に這わせた網に魚を絡める刺網、長いロープのたくさんの釣り針を付けて海中に下ろす延縄などで漁獲されている。以前、岩手県の三陸で刺網にかかったスケトウダラを見たことがあるが、雪の舞う中で魚を網から外す作業は、見ているだけでたいへんそうであった。底曳網は一度にたくさんの魚を捕ることができるが、網の中で魚が擦れる、魚自体の重さが加わるなどして傷みやすい。そのため底曳網で漁獲されたものはすり身など加工品にされるものが多い。

朝鮮半島からベーリング海、カナダにも分布しているので、現地で漁獲され加工された冷凍のすり身や卵巣が輸入されている。養殖はされていない。

築地市場には、鮮魚で入荷する。仲卸店舗では、白いトロ箱にきれいに並べ店先に置かれているのを見ることがある。新鮮なスケトウダラにお目にかかる。大きく輝く眼と白い地色にこげ茶色のまだ



鮮魚

ら模様が浮かび上がって、たいへん綺麗な魚である。いつでもどこの店にでもある魚ではないので、それほど入荷量は多くないのかもしれない。統計資料がないので正確には分からないが、秋から冬にかけて入荷量が増加するようである。おもな産地は北海道や青森県、岩手県宮城県などの北日本である。丸のままの魚のほか、白子と卵巣も入荷する。

一利用一

世界的にみても非常に漁獲量の多い魚なのであるが、あまり食卓で馴染みがないように思う。漁獲量の大部分は練り製品の原料として冷凍のすり身に加工されるので、知らぬ間に口にしていることがあるかもしれない。身が柔らかく鮮度低下が早いので、以前は流通の問題もあって北日本以外では馴染みのない魚であった。近年では延縄などで漁獲された新鮮なものが出回るようになり、クセがなく上品な白身は、いろいろな料理に向く。スーパーの鮮魚売り場などでも鍋物用の切り身を見かける。



生のタラコ



白子

身とともに重要なのが卵巣，つまりタラコである。卵巣を塩漬けにしたものであるが、さらに辛い味付けをした明太子も人気がある。タラコというとマダラの卵と思われる方もいるかもしれないが、マダラの卵巣は非常に大きく、卵自体の性質のちがいが(スケトウダラの卵は浮遊性、マダラは粘着沈降性)によってふつうのタラコには向かない。

ほかに白子も食べられる。マダラの白子とともに入荷するが、マダラの白子より小ぶりである。主に鍋物などにされる。

スケトウダラの産卵期は、北海道では11月から4月で、産卵直前の冬が旬とされている。

一エピソード一

市場に行くと、魚は箱に入れて売られていることがほとんどである。現在では、大部分が白い発泡スチロールの箱であるが、かつては木の箱であった。木箱に比べて発泡スチロールの箱は、保温性、気密性に

すぐれ、しかも軽くて大量生産ができるなどの理由から、いつの間にか木箱を駆逐してしまった。というわけで築地市場でも木箱を見る機会は減多になくなってしまった。この魚を入れる箱のことを、ふつうトロ箱と呼んでいる。これはスケトウダラも捕る底曳網つまりトロール漁で大量に漁獲された魚を入れるために箱が使われ、そのためトロ箱と言われるようになった。現在では、トロール漁に限らず、魚を入れる箱をトロ箱と呼んでいる。築地市場でも大漁のトロ箱が毎日出たり入ったりしている。以前は、産地やブランド名は箱に直接印刷されていたが、省力化の動きからシールのようなラベルを箱の外側に貼るケースも出てきている。そうすれば、ラベルを剥がしてしまえば、再利用しやすいというわけである。それでも壊れ、あるいは不要になるトロ箱も多く、そのようなトロ箱は、場内の決められた場所で集められ、溶かしてプラスチックの板に加工され、雑貨やおもちゃなどの原料として運ばれていく。これからも省エネルギー、省資源に心がけたいと思う。

文 献

- 3) 中坊徹次 (編・著)：日本産魚類検索 全種の同定 第3版，東海大学出版会 (2013)
- 4) 水島敏博・鳥澤 雅 (監)：新 北のさかなたち，北海道新聞社 (2005)



“薬膳”の知恵 (82)

Key Words : 薬膳 ■ 中医学 ■ 痴呆症 ■ アロマセラピー ■ ハーブ

荒 勝俊*

“痴呆症”は後天的な脳の器質的障害によって知力の減退を主な特徴とする病証で、高齢化が進んでいる日本において非常に深刻な社会問題となっている。ただし、単に老化に伴い物覚えが悪くなるといった症状は含めず、病的に知力が低下した病証だけを指す。また統合失調症などによる知力低下も認知症には含めない。主な症状は記憶・判断・認識などの能力が減退すると共に、性格の変化などもあげられる。

“痴呆症”は、その発症原因によって治療方法が異なるが、西洋的治療によって改善させる事は非常に難しく、東洋医学的見地からの治療や予防、アロマセラピーやハーブによる改善や予防に関心が高まっている。

“痴呆症”は症状が重度になるに従って治療が困難となる為、できるかぎり早い段階での予防を含めた対策が必要となる。鳥取大学医学部の研究グループは、痴呆症患者に対しアロマオイルを用いて嗅神経を刺激する事で海馬の機能が回復する事を報告している。65才以上の高齢者の10人に1人が認知症と言われる現代において、アロマセラピーによる認知症予防は大

きな福音となる可能性が有る。

中医学では人体を一つの有機的統一体と考え、人体の構成要素である気・血・津液のバランスを改善させる事でその人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内部を整え、新陳代謝を改善し、生活環境を正常化する事で改善できると考えており、“痴呆症”予防にもつながる考え方である。



1. 痴呆症とアロマセラピー



中医学の基礎概念である陰陽五行学説に基づき、健康管理や病気治療のために生薬や天然ハーブの持つ様々な機能を組み合わせて作った“薬膳”などの食材により、人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内部を整える事で“痴呆症”に対する予防の可能性が報告され、話題となっている。

西洋医学的見地から、“痴呆証”は脳の神経細胞が広範囲に死滅する事で記憶・判断・認識などの知力が減退する事を主な症状とする病証である。

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

一方中医学において、“痴呆証”は肝・心・脾・腎の機能と密接な関係を有していると考えられており、その改善には養心、補脾、益腎、活血の作用を有する薬膳茶などを用いる事で症状を軽減する事が報告されている。

現在、日本における“痴呆症”の患者数は462万人と報告されており、認知症対策は今後非常に重要な課題である。認知症は多くの誤解や偏見が有り、認知症を老化現象の一つと理解し、年のせいとあきらめている人の割合が高い。しかし、痴呆症は重度になると治療が困難になる為、出来るかぎり早い段階での予防を含めた対策が必要となる。これまでの医学では、認知症は予防できないというのが大方の考え方であった。例えば、アルツハイマー型認知症の場合、アミロイドβ蛋白質が脳内に蓄積し、老人斑が形成される。アミロイドβ蛋白質はさらに燐酸化され、神経細胞を壊死させる事で、発症する。これまでの研究報告から、一度アミロイドβ蛋白質が脳内に蓄積すると分解されないため、治療は難しいとされた。ところが最近の研究から、こうしたアミロイドβ蛋白質がγ-セグレターゼやβ-セグレターゼの阻害剤などを用いる事で分解が促進される事が判ってきた。また、アルツハイマー型認知症のモデルマウスを使った実験において、飼育環境を改善する事でアミロイドβ蛋白質の分解が促進される事や、嗅神経を効果的に刺激する事で海馬の機能が回復する事も判ってきている。

こうした実験結果から、認知症が予防できる可能性が見えてきている。特に、嗅神経を直接刺激するアロマオイルによる認知症の改善は有効な手段となりうると思われる。

古来より、人類は植物の芳香成分を祭祀・儀礼・防腐剤・治療・美容などに用いてきた。エジプトにおいて、ミイラを作る際に腐敗や防腐効果のある乳香や没薬などの芳香植物由来の香気成分（生薬成分）が用いられていたのは有名

である。芳香植物の利用は、その後伝統医学や民間療法として受け継がれ、イブン・スィナーンによって精油の蒸留による製法が確立されると、医学への芳香植物の利用が定着した。更に、アラビア医学の発達に伴いアロマセラピーの原型が作られた。フランスのジャン・バルネは精油を使った医療を実践し、1964年には《芳香療法》を出版し、アロマセラピーの認知度を上げた。一方、マルグリット・モーリーは美容方面に芳香植物を活用する技術として研究を進め、その成果をイギリスに伝えた。こうした経緯から、現在のアロマセラピーはフランス系とイギリス系の二つの流派に分かれる。フランス系は医療分野で活用（医師の指導のもとで精油を内服）されているのに対し、イギリス系は医療行為とは区別され、心身のリラックスやスキンケアを目的としてアロマセラピストと呼ばれる専門家により施術されている。

香気成分（精油）が心身に働きかける経路として、嗅覚刺激と皮膚や粘膜を通して血流に乗り体内に入る経路、の二つが報告されている。蒸散した精油の芳香成分は鼻で感知され、嗅覚刺激として大脳辺縁系（旧皮質）に到達する。脳は嗅覚刺激を受け取ると無意識のうちに情動（安心感・快感・覚醒感・瞑想感）を引き起こし、身体機能の調整を行う視床下部に影響を与える。従って、芳香成分は心身のバランスを促し、病気を予防する事が期待される。

鳥取大学医学部の研究結果において、痴呆症患者に対しアロマオイルを用いて嗅神経を刺激する事で海馬の機能が回復する事が報告されている。嗅神経は再生能が高く、アロマオイルの香りによりダメージを受けた神経細胞が再生する事が大きな原因とされている。特に、昼間は集中力を高め、記憶力を強化する刺激的作用が有るローズマリーやレモン、夜間は心や身体への鎮静作用が有るラベンダーやオレンジが有効だとの報告も有る。



2. 痴呆症とハーブ



ハーブは、一般的にヨーロッパで薬草やスパイス等として有用な植物を指す。従って、野菜や穀物のように大量に生産される植物は除外される。ハーブを利用する事で、薬効が期待されるが、特に薬用ハーブの中には毒性が強く、用法や量を誤ると深刻な中毒症状を引き起こす素材も有るので、利用には注意が必要である。ハーブはまた食材として味付けや香り付け、飲料(ハーブティ)としても使われる。

2-1. ツボクサ (ゴツコウラ)

ツボクサはセリ科の多年草薬用植物で、日本、中国、東南アジアなど熱帯地方と一部の亜熱帯地方に分布する。

インドのアーユルヴェーダ医学^{*1}で過去3000年にわたり薬用として使用されており、インド名は“Brahnai”(創造の神ブラフマンの知恵を助けるもの、崇高な実態についての認識をもたらすもの、の意味)と呼ばれ、瞑想を助ける材料として使用されている。また、中医学においては抑鬱の治療や長寿薬(老化防止)として使用されてきた歴史があり、最近では世界保健機関(WHO)において“保存する必要がある重要な薬用植物の一種”として認定された。

ツボクサの効能としては、老化防止、認知症改善、うつ病改善、神経痛、リウマチ、ダイエット効果、皮膚病治療、血行改善、てんかん改善、毛髪の成長促進、血液浄化、記憶促進、白内障改善、便秘改善、胃弱改善、疲労回復、精神神経疾患改善、など多数の効果が期待されている。

2006年、インドにおいて生後5週目のモルモットに毎日ツボクサを摂取させたところ、コントロール群(未摂取群)に比べて脳の神経細胞突起が7倍も多くなったと報告も有る。また、インド医学(アーユルヴェーダ)^{*1}において、牛乳を用いてツボクサの煎出液を調整し、神経強壮剤として利用するといった報告が有る。神経の若返り剤としては、インド医学では“ギー”と呼ばれる乳製品を用いて調合するのが効果的とされている。

2-2. ローズマリー

ローズマリーは、地中海沿岸地方原産のシソ科に属する常緑性低木で、古くから薬用植物として用いられている。効能は、中枢神経系の機能亢進や血液循環促進、血管壁強化、などが報告されている。

ローズマリーには、消臭効果や抗菌作用、抗酸化作用があり、カレーやポトフのスパイスとして利用されたり、肉の鮮度を長持ちさせる為に古くから肉料理に使われている。

岩手大の佐藤拓己准教授(神経工学)らの日米合同研究チームは、ローズマリーに多く含まれるカルノシン酸が脳の神経細胞が細胞死するのを防ぐ効果がある事を発見した。マウスを使った動物実験において、カルノシン酸を事前に注射する事で脳の神経細胞が壊死する部分が減少する事を報告している。また、軽度のアルツハイマー型痴呆症患者に対し、ローズマリーを用いたアロマセラピーにより症状が改善する可能性のある事が報告がされている。

2-3. クラリセージ

クラリセージはシソ科アキギリ属の一種で、

^{*1}アーユルヴェーダ:インド大陸の伝統的医学で、その名は生氣・生命を意味するサンスクリット語の「アーユス」と知識・学を意味する「ヴェーダ」の複合語で、“生命の科学”とも言われている。心と身体の繋がりを理解し、自ら心と身体を癒していく技術を教えてくれる「知識」そのものである。またインドにおける“医食同源”とも言われており、身体の状態に応じた適切な食材に関しても詳細に語られている。約5000年の歴史があり、チベット医学や古代ギリシア、ペルシアの医学等にも影響を与えたとされている。

2年草の薬用植物である。主要成分としては、酢酸リナリル、リナロール、スクラレオールを多く含む。クラリセージオイルには気持ちを高揚させる働きがあり、陶酔に近い状態に導かれる。憂鬱や、神経疲労を和らげ、内面的な落ち着きを確保し、多幸福感を感じたり、意気揚々とした気分させる働きが有る。また、女性ホルモン様作用から、女性の月経前緊張症や更年期障害など、ホルモンバランスの調節に有効である。

【中国・上海事情④】

石榴（ザクロ）

最近、上海を散歩していると“石榴”を目にする季節となった。外見はあまり美味しそうには見えないが、中身は美しいルビー色の果実がびっしりと詰まっている。

石榴はザクロ科ザクロ属の落葉樹になる果実で、世界各地で栽培されている。中国では、特に西安が石榴の産地として有名で、石榴花は“西安市の花”とも言われている。

5000年以上も昔から栽培が行われてきた果物で、健康や美容に良いとされ旧約聖書や古代医学書にも記述が残る。

日本では、釈迦が子供を食う鬼神“可梨帝母”に柘榴の実を与え、人肉を食べないように約束させたといった言い伝えや、石榴は種子が多いことから豊穡や子宝に恵まれる吉木とされたといった話が残る。虫がつかない唯一の果物としてユダヤ教の神殿の至聖所に持ち込むことが許

された果物としても有名である。

ザクロの大きな特徴は、女性ホルモン様機能を有するエストロゲンを多く含む事である。エストロゲンは、子宮や卵巣などの生殖器の発育、排卵促進、子宮内膜の増加、しわ予防、髪を美しく保つ作用、更年期障害の症状緩和、骨粗しょう症の予防などに効果を有し、女性には嬉しい果物のようである。

また、石榴の前立腺癌に対する効果についても報告が有る。カリフォルニア大学は、男性ホルモンであるテストステロンを抑制させる方法で効果のない前立腺癌の治療に石榴の汁を用いたところ効果が有ったという研究結果を発表している。

更に、石榴の皮は中医薬として、下痢止めや殺虫作用を有する生薬として用いられている。

今回は“脛かじり”を紹介する。

原話は、安永3(1774)年刊の“茶のこもち”中に収められた“子息”だと言われている。

【脛かじり】

大柵の主人は、毎日遊びほうける若旦那に愛想をつかし、勘当する。

ところが勘当された若旦那、いっこうに改心する様子も無い。

預かり先の亭主も、このままでは若旦那のためにならないと、目黒の鬼子母神の宮司・近藤作右衛門方の婿養子に世話をする。

ところが、若旦那はとっくに先を読んで近藤作右衛門の偵察に出かける。

近藤作右衛門には婚期を逸してもう25～26才になるが、大変美人な娘が居る事を知る。おまけに資産も相当なものだ。近藤作右衛門が言うには、縁がつかないにはわけがあり、原因は不明だが、今まで何度か婿を取ったものの、三日と居ついた事が無い、という。

若旦那はその様な話にはまったく耳を貸さず、

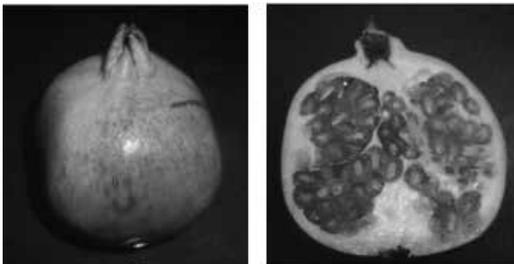


図1 ザクロ（石榴）



図2 脛かじり

色と欲にまかせて早速飛びついた。

あれよあれよと順調に婚姻話がまとまり、そして婚礼の晩。

仲人や客が帰り、いよいよ床入りという時になって、娘は「これからちょっと用事がありますから、少しの間お暇を」と、妙なことを言うと、部屋から出て行ってしまふ。

若旦那は、こんな夜中にどこへ行くのかと気になるので跡をつけると、なんと新妻は鬼子母神の墓場へと歩いていく。

墓標の影から見ていると、新仏の石塔をどかし、土饅頭の中に手を入れて死人の手をむしゃむしゃ食らいだす。

これが婿の居つかなかつた原因だと判り、部屋に逃げ戻ってガタガタと震えていると、新妻が

部屋に戻ってきた。

若旦那：「あたしはもう寝ないでこのまま神田に帰らせて貰います。命ばかりはお助け下さい。」

新妻：「さては、私が墓場でやっていたことを見ていたのね。」

若旦那：「へえ、何か美味しそうにお召し上がりでした。」

新妻：「全てを見られてしまったのならしかたがない。私は子供の頃から、どういうわけか人肉が好きだったが、母親から代わりにザクロを食べさせられていた。しかし、私は両親が鬼子母神に願掛けをして授かった子なので、その因果か人肉の味を忘れる事ができない。それさえ我慢してくれれば、どんなことをしてでもあなたに尽くす。」

と誓ったので、若だんなも承知し、めでたく夫婦となった。

若旦那：「私も“ずいぶん人を食っている”と言われるが、いったい体のどこが一番美味しいのでしょうか？」

新妻：「そうですね、まず腕が一番ですね。」

若旦那：「それは無理もない。あたしも親父の脛(すね)をかじった。」

*****◀◀

鬼子母神：インドの仏教説話中に出てくる鬼女で、梵語ではハーリーティ(歓喜母、愛子母)と呼ばれている。王舎城の夜叉(=鬼神)の娘で、絶世の美女であったが、鬼神の王・般闍迦(ハンジャカ)の妻になり、千人の子を産んだ。しかし、人の子を殺して食べるのを常としていたので、仏陀は、鬼子母神が可愛がっていた末子・嬪迦羅(ビャンガラ)を隠す。鬼母は狂乱し、仏陀を訪ねて助けを乞う。仏陀は「千の子が居てさえ、たった一人の子を失う事でそなたは悲しんでいるが、五、六人しかいない子の一人を殺された母親の悲しみを考えねばならない」と、諭した。鬼母は、今後決して子供を食うことはしないと誓い、全ての子供の守護神となることを誓った。仏陀が、また人を食べたくならない様にと、色が人肉に似たザクロの実を与えた事から、鬼子母神像は常に右手に吉祥果(ザクロ)を持ち、左手に子供(嬪迦羅)を抱いている。

引用文献

- 1) 中医学の基礎 平馬直樹・兵頭明・路京華・劉公望監訳 東洋学術出版社
- 2) やさしい中医学入門 関口善太著 東洋学術出版社
- 3) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社
- 4) 東洋医学の基本 後藤修司監訳 日本実業出版社
- 5) 薬膳と中医学 徳井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 6) 全訳中医診断学 王憶勤主編 たにぐち書店
- 7) 漢方アドバイザー養成講座テキスト 漢方に関する基礎知識編 第二巻 JACDS
- 8) 中国茶譜 宛暁春主編 中国林業出版社
- 9) 中国茶図鑑 工藤佳治, 兪向紅著 文藝春秋
- 10) 皇帝内経 養生図典 海豚出版社
- 11) 一天一道養生茶 上海科学普及出版社
- 12) 中医治療学マニュアル 高明, 木下和之, 林曉萍 共著 メディカルユーコン
- 13) 脳を守る漢方薬 大山博行著 カッパ・ブックス

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

ニューフードインダストリー 第56巻 第2号

印刷 平成 26 年 1 月 25 日

発行 平成 26 年 2 月 1 日

発行人
編集人 平井 朋美

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 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:newfood@newfoodindustry.com