

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2013 Vol.55 No.7

7

論 説

- 生理活性物質リポ酸の科学と応用
- シソ科植物の保健作用
- 北の地域における食資源の研究と産学官連携による食品開発
- 愛媛県産六条大麦「はだか麦」の利用拡大を目指した地域連携 (その 1)
- 食塩の食品科学的特性について -パン製造に食塩はどのような効果を示すのか-
- フィリピン・ルソン島における食用きのこ事情

連 載

- “地域密着でキラリと光る企業”
仙台味噌を製造販売する『仙台味噌醤油株式会社』
- 二枚貝用飼料-3
- 伝える心・伝えられたもの -玉川上水道選記-
- 築地市場魚貝辞典 (オニオコゼ)
- “薬膳”の知恵 (77)



論 説

☐ 生理活性物質リポ酸の科学と応用

..... 生田 直子, 松郷 誠一 1

☐ シソ科植物の保健作用

..... 芳野 恭士 18

☐ 北の地域における食資源の研究と産学官連携による食品開発

..... 岩井 邦久, 倉本 修助, 中館 洋一 25

☐ 愛媛県産六条大麦「はだか麦」の利用拡大を目指した地域連携(その1)

..... 渡部 保夫 36

☐ 食塩の食品科学的特性について

—パン製造に食塩はどのような効果を示すのか—

..... 豊崎 俊幸 44

☐ フィリピン・ルソン島における食用きのこ事情

..... 寺嶋 芳江 50

Contents

2013 年 7 月号

連 載

- ☐ “地域密着でキラリと光る企業”
仙台味噌を製造販売する『仙台味噌醤油株式会社』
..... 田形 聡作 57
- ☐ 二枚貝用飼料ー 3
..... 酒本 秀一, 大橋 勝彦, 仙石 義昭 67
- ☐ 伝える心・伝えられたもの —玉川上水逍遙記—
..... 宮尾 茂雄 80
- ☐ 築地市場魚貝辞典 (オニオコゼ)
..... 山田 和彦 89
- ☐ “薬膳”の知恵 (77)
..... 荒 勝俊 92

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料
コクベース

new発酵調味料
D&M
ディアンドエム

ゼラチン&小麦グルテン
酵素分解調味料
エンザップ

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

DM **大日本明治製糖株式会社**
食品事業部

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

生理活性物質リポ酸の科学と応用

生田 直子 (IKUTA Naoko) * 松郷 誠一 (MATSUGO Seichi) *

* (金沢大学理工研究域自然システム学系)

Key Words : α -リポ酸・R-リポ酸・抗酸化活性・糖代謝

1. 歴史的背景

α -リポ酸についての研究は1930年代から始まり、1951年にReedら¹⁾により酸化型 α -リポ酸が単離・同定された。単離に至るプロセスは非常に困難であったと思われる。Reedら²⁾は、約10トンのウシの肝臓から数多くの抽出プロセスを経た後に、約30mgの α -リポ酸を結晶として取り出している。この時、同時に α -リポ酸のジチオラン環の硫黄の一つが酸化された形の β -リポ酸も得られている。 α -リポ酸は6位に不斉炭素を有するキラル分子であり、天然に存在する α -リポ酸はR体(R-エナンチオマー, R(+)- α -LA, あるいはR-リポ酸)である。(以下、これをR-リポ酸と略す。)R-リポ酸の融点は47.5℃であり、比旋光度は $[\alpha]_D^{25} = +96.7^\circ$ (ベンゼン中)である³⁾。

リポ酸は別名チオクト酸とも呼ばれるが、これはR-リポ酸の基本骨格がオクタン酸であり、分子内に2個の硫黄(チオ)原子がついていることに由来する。アメリカ生化学会がLipoic acidという物質名を採用したため、今日では『リポ酸』という名称がより一般的になっている⁴⁾。R-リポ酸はエタノール、メタノールなどの有機溶媒には比較的よく溶けるが^{3,5)},

中性の水にはあまり溶けない。しかし、R-リポ酸はカルボン酸構造を有しているため、緩衝液や弱アルカリ性になると水にも比較的容易に溶解するようになる。リポ酸についてはこれまで数多くの研究報告がなされているが、本誌では基本的なリポ酸の生化学と遺伝子発現調整機能、さらに食品に応用する場合に重要となる安定化技術などについて最近のトピックスを含めて紹介する。

2. R-リポ酸の化学

R-リポ酸は歪みのかかった1,2-ジチオラン環を分子内に有しているオクタン酸の誘導体である。R-リポ酸のX線構造解析の結果によれば⁶⁾, S-S結合の長さは2.01オングストロームであり、C-S結合はそれぞれ、1.81, 1.85オングストロームである。また、-CSSC-の二面角は直鎖状化合物の場合、90°に近い値を示すのに対し、R-リポ酸においては35°となっており、非常に歪みのかかった構造になっていることがX線結晶構造解析の結果からも裏付けられている。このR-リポ酸の特徴的な構造は当然反応性にも影響を与える。Favaら⁷⁾はジチオラン環に対するn-ブチルチオール(1)の求核反応の二次反応速度定数を求め、歪みをもった1,2-ジ

チオラン環を有する反応速度定数は直鎖型ジスルフィドの約 5000 倍大きいことが明らかになった。

また、R- リポ酸の特徴は生体内で二電子還元を受けると、R- ジヒドロリポ酸に変換される点にある。このとき、酸化-還元のプロセスがスムーズに進行することがポイントであるが、変換過程の起こり易さをチオール-ジスルフィドの反応系で検討し、平衡定数 K_{eq} を求めたところ、六員環のものが五員環に比べて約 10 ~ 30 倍（環上の置換基により差がある）環化しやすいことが判明した^{8,9)}。S-S 結合を有する直鎖型化合物は UVA 領域に吸収を示さないのに対し、R- リポ酸は歪みを有しているため、330nm 付近に極大吸収を示す。

リポ酸は UV 照射 (UVA) により速やかに光分解を受け、R- ジヒドロリポ酸 (DHLA) を含む多くのチオール誘導体を与えることが報告されている¹⁰⁾。熱や酸により S-S 結合のラジカル的な環開裂反応が進行して、ポリマー性の化合物を与えることも古くから報告されている³⁻⁵⁾。こうしたことを考え合わせると、R- リポ酸の保存は遮光した状態で、なるべく冷暗所にて保存することが好ましい。

3. R- リポ酸の生化学

R- リポ酸は生体内では、ミトコンドリアでクエン酸回路に働くデヒドロゲナーゼ複合体 (ピルビン酸デヒドロゲナーゼ複合体) のジヒドロリポアミドアシルトランスフェラーゼ (略称 E2 酵素) 及びグリシン開裂酵素系の H タンパク質の補酵素として働いており、これらタンパク質の特定のリジン残基の ε- アミノ基にアミド結合した形で存在している。

糖の代謝において、解糖系ではグルコースからピルビン酸が生成してくるが、生成したピルビン酸からアセチル CoA が生成する過程はピ

ルビン酸デヒドロゲナーゼ複合体により触媒される反応であり、この時に必要な 5 つの補酵素が、4 種のビタミン [TPP (チアミンピロリン酸), FAD (フラビンアデニンジヌクレオチド), 補酵素 A (パントテン酸, CoA), NAD (ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)] とタンパク結合型 R- リポ酸である。このタンパク結合型 R- リポ酸が欠如すると、糖の代謝が進行しなくなる。ピルビン酸から生成したアセチル CoA はクエン酸回路 (TCA サイクル) に入る。このクエン酸回路を回転させるためにはいくつもの酵素が必要であり、その一つがケトグルタル酸デヒドロゲナーゼである。

この酵素は前述のピルビン酸デヒドロゲナーゼ同様、5 つの補酵素を必要とし、その一つがタンパク結合型 R- リポ酸である。このように結合型 R- リポ酸はクエン酸回路を回転させるためにも必須である¹¹⁾。食物から摂取した脂質は体内で分解され、脂肪酸に変換された後に種々の酸化的修飾を受けてエネルギー代謝のシステムに入ってくる。このプロセスには R- リポ酸は直接関与していないが、生成してくるアセチル CoA は糖の場合と同様に TCA サイクルに入るため、R- リポ酸は間接的に脂肪酸の代謝にも関わっているといえる。

アミノ酸の代謝経路は極めて複雑であり、いくつかのアミノ酸はピルビン酸を経由して代謝され、他のアミノ酸のいくつかは TCA サイクルに入り、電子伝達系へと進んでいく。こうしたことを考え合わせると、R- リポ酸は三大栄養素の代謝の全てに関与していると言っても過言ではないと思われる¹¹⁾。

このような生体内で重要な働きをしている R- リポ酸の生合成経路については、これまでに多くの化学者 (生化学者) により取り上げられてきたが未だ不明な点がある。但し、これまでに R- リポ酸の生合成において鍵となる事項が明らかになっている。脂肪酸として用いられ

るものはオクタン酸であることが1960年代から考えられていたが⁴⁾、オクタン酸からR-リポ酸に変換するためには、オクタン酸の6及び8位の位置にSH基が導入されることが必要である。C6位に付いているC-Hは、どちらのH原子がSHと置換されるかにより生成してくるリポ酸の立体化学が異なってくる。(こうしたC-Hを pro-chiral という。) R-リポ酸の生合成においては、SH基がR-DHLAとなる形で入ってくることになる。生合成経路を確かめるために、¹⁴C、³Hを用いたラベル化実験が行われてきた。カルボン酸部分を¹⁴Cでラベルしたオクタン酸を用い、大腸菌が生育する培地に加え、大腸菌が産生するR-リポ酸に¹⁴Cのラベルが導入されていることが1976年に報告された¹²⁾。さらに、C6位の水素を重水素化したオクタン酸を合成し、これを大腸菌の培地に加えることにより、硫黄原子の導入がH_Rの脱離により進行していることが明らかとなった¹³⁾。

R-リポ酸の硫黄原子の由来は、従来はステインのチオール基によるものと考えられてきた¹⁴⁾。今から20年くらい前にR-リポ酸の合成に関わる酵素が大腸菌から単離された¹⁵⁾。このR-リポ酸の合成酵素(LipA)はR-リポ酸の前駆体であるオクタン酸に二個の硫黄原子を立体特異的に導入するものである。LipAは36kDaのサイズのタンパク質であり、[Fe-S]クラスターを形成している。この酵素は他の酵素と協働することによりR-リポ酸を合成するが、R-リポ酸の合成の際に挿入される硫黄原子はLipAの有するFe-Sから提供される。分子レベルでの研究では、このプロセスにS-アデノシルメチオニンとFe-Sクラスターから生じるジオキシアデノシルラジカルが関与していると報告されている^{16,17)}。

R-リポ酸の生合成は主に、大腸菌などの腸内細菌により行われるが¹⁸⁾、腸内で生産されたR-リポ酸はグリシンやプロリン輸送系と同

様なシステムで血流に乗って細胞内に輸送されると考えられてきた^{19,20)}。この輸送システムは効果的に作動し、細胞内のリポ酸の濃度をかなり高めることができるが、オクタン酸はこの輸送を競争的に阻害すると報告されている¹⁹⁾。その後、ミトコンドリアにおいてもR-リポ酸の生成が行われているという報告^{21,22)}がなされているが、ミトコンドリア内で作られるリポ酸量が十分なものであるかどうかは現時点では不明である。

4. R-リポ酸の代謝

リポ酸のエナンチオ選択的薬物動態がヒトに対して研究されているにもかかわらず²³⁻²⁶⁾(Hermannら, 1996, 1998年:Hermann and Niebch, 1997年:Keithら, 2012年), リポ酸の代謝に関しては十分な検討が行われていない。ラットと*Pseudomonas putida* LPにおける代謝研究からは、リポ酸は基本的にβ酸化系により代謝され^{27,28)}(Harrison and McCormick, 1974年:Furrら, 1978年), 主要な代謝産物は bisnorlipoic acid, tetranorlipoic acid, β-hydroxy-bisnorlipoic acid であると報告されている。健康なボランティアでも経口投与したリポ酸から代謝産物としてジメチル化体, β酸化された4,6-bis-methylmercaptohexanoic acid と2,4-bismethylmercapto-butanoic acid が同定されている²⁹⁾(Locherら, 1995年)。

一方, R-リポ酸1gを健康なボランティアへ経口投与後, 血漿中にβ酸化により生成した3-keto-lipoic acid が検出されている³⁰⁾(Biewengaら, 1997年)。このような酸化生成物の産生は, チオールスルフォネートやチオールスルフィネートが生成した後, 一重項酸素³¹⁾または次亜塩素酸³²⁾が反応した可能性が示唆されるが, リポ酸の生体作用におけるこれら酸化生成物の重要性については未だよく分かっていない。また, 種による代謝反応の違いについても未だ十

分に解明されていない。

^{14}C 標識したリポ酸を使った体内動態研究も行われている³³⁾。マウスに対して 30mg/kg, ラットに対して 30mg/kg, イヌに対して 10mg/kg の [^{14}C] リポ酸を経口投与し, 尿中排泄物を調べた結果, 24 時間後に尿中に 80% 以上の放射能が排泄されることがわかった (未変化のリポ酸として検出されたのは, イヌに注射後 0.08 時間 (5 分後) のときのみであった。)。その尿中代謝産物を HPLC 分析した結果, 種に関わらず多くの代謝産物が生成しており, MS 分析により 12 種類の検出可能な代謝産物が同定され, ミトコンドリアにおける β 酸化がリポ酸の代謝において重要な役割を演じていることが明らかになった。代謝産物の分析から, 生体に取り込まれたリポ酸の代謝経路は, β 酸化による側鎖のメチレン鎖の酸化の後に 1,2- ジチオラン

環が開裂しながらメチル化される経路やリポ酸の側鎖の炭化水素鎖が短くなっていった後に, 1,2- ジチオラン環が開環するプロセスなどが進行しながら代謝されていくことがわかった。さらに, イヌでは最も極性の高い代謝産物として同定された 2,4-bismethylmercapto-butanoic acid のジスルホキシドが主要な代謝産物であったことから, 特にイヌにおいて生成したメチルスルフィドがさらに酸化されスルホキシドを生成するものと考えられた。さらにマウスではグリシン抱合反応が β 酸化と競合する代謝経路であることが示唆された。

また, ヒトに対しても 600mg の非ラベル化されたリポ酸が投与され, ヒトの血漿あるいは尿中の 5 種類のリポ酸の代謝産物が同定されたと報告されている³⁴⁾。

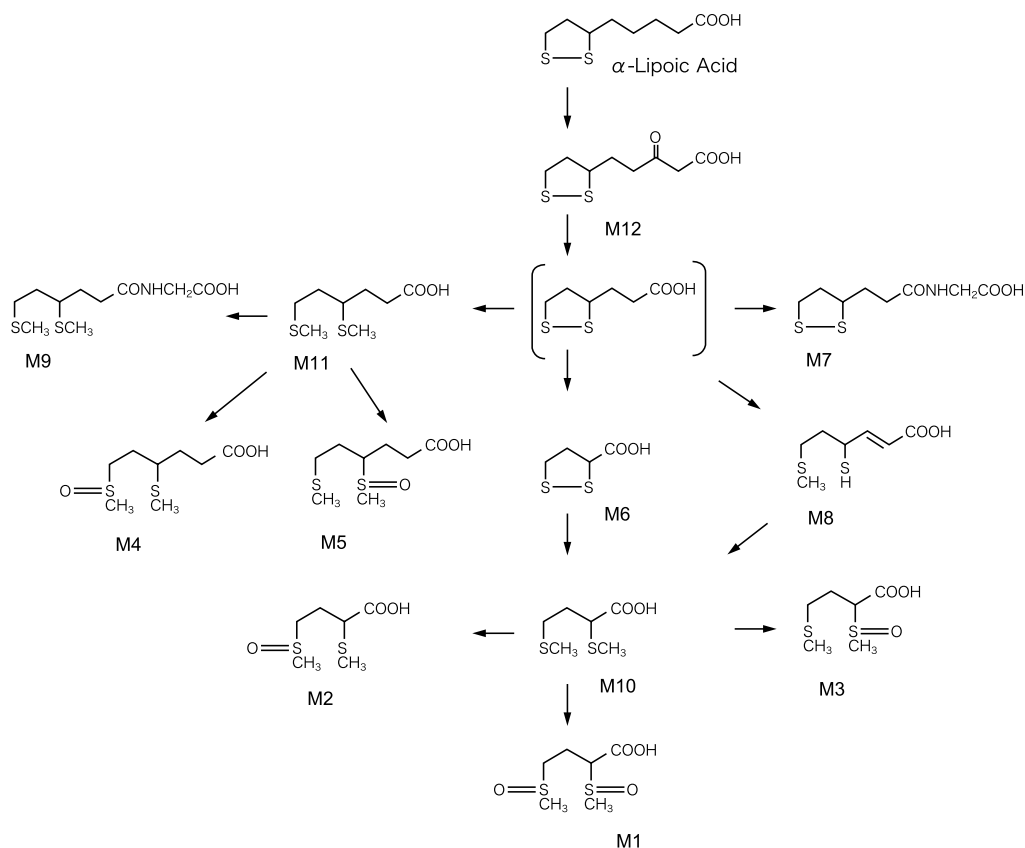


図 1 リポ酸の代謝経路³³⁾

5. R- リポ酸と R- ジヒドロリポ酸の抗酸化活性

1959 年に Rosenberg らは、ビタミン C 欠乏のモルモットの壊血病の症状がリポ酸を与えることにより改善されたことや、ビタミン E 欠乏食を与えたラットにリポ酸を与えることによりビタミン E 欠乏症を予防できることを報告している³⁵⁾。その後、糖尿病性神経障害(diabetic neuropathy)³⁶⁾ やいくつかの神経疾患の改善^{37,38)} にリポ酸の投与が効果的であるという報告が行われてきた。これらの疾病とフリーラジカルが関連深いことより、リポ酸の抗酸化活性が注目されるようになった。抗酸化物質の有用性についての判断基準や実用化に必要な要素については、本誌 2005 年 47 巻 5 号で紹介しているのでそちらを参照されたい。

R- リポ酸はその分配係数が約 4 (油/水)¹⁰⁾ であることにより油相、水相の両相において、一定以上の割合で分布できる。さらに、R- リポ酸の還元体である R- ジヒドロリポ酸はジチオール構造であるので、主として水相に存在する。それゆえに R- リポ酸/R- ジヒドロリポ酸の組み合わせると両相にバランスよく分布することが予想できる。R- リポ酸と R- ジヒドロリポ酸は生体内で共役することによって抗酸化活性を発揮し、生体の恒常性を維持している。R- リポ酸と R- ジヒドロリポ酸の個々の活性酸素種に対する消去能はいくつかの総説にまとめられているので、それを参照されたい。R- リポ酸/R- ジヒドロリポ酸の酸化還元電位が -0.32V であり³⁹⁾、酸化型グルタチオン(GSSG)を還元型(GSH)に戻すことができる(GSSG/GSH , -0.24V)。グルタチオンは生体において多くの機能に関わる重要な生理活性物質であり、特に酸化型グルタチオンと還元型グルタチオンの比率は細胞生理に極めて重要な意味を持つと考えられている。

R- リポ酸は官能基として、カルボン酸基と 1, 2 ジチオラン環を持っているのに対して、R- ジヒドロリポ酸は分子内に官能基としてカルボン酸と二つのチオール基を有している。これらの官能基は金属イオンと配位する能力がある。実際に、R- ジヒドロリポ酸は二価の鉄 (Fe^{2+})、三価の鉄 (Fe^{3+}) と配位し、 Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元する能力があると報告されている^{40,41)}。また、R- ジヒドロリポ酸は鉄-フェリチン錯体から鉄を配位して取り除く能力があると考えられている^{42,43)}。また、銅イオンに対するリポ酸の作用についての報告もある⁴⁴⁾。

一般に、生体中に還元型の鉄イオン (Fe^{2+}) 量が増えてくると、 Fe^{2+} は生体中に存在する過酸化水素(過酸化物)と反応しヒドロキシルラジカル等の活性酸素を与えることが予想される。その結果、ジヒドロリポ酸は抗酸化物質として働くよりむしろ酸化剤として働く可能性がある。ジヒドロリポ酸の存在下では、ラットの肝ミクロゾームの過酸化反応が促進したという報告がある⁴⁵⁾。また、ジヒドロリポ酸は他のチオール誘導体同様、銅イオンによる DNA 鎖切断反応を促進させることがわかっている⁴⁶⁾。また、 Fe^{2+} による脂質過酸化反応の系にジヒドロリポ酸を加えると、過酸化反応が促進される一方、この系にビタミン C や酸化型グルタチオンなどを加えると過酸化反応が抑制されることがわかり、ジヒドロリポ酸が存在しない時にはこうした抑制効果が認められなかった⁴⁵⁾。

ジヒドロリポ酸は分子内にチオール基を二個有している。このチオール基は還元力強い反面、一旦 SH の水素原子がラジカル的に引き抜かれると、チールラジカル(硫黄ラジカル)が生成し、これが酸化反応を促進していくのではないかと考えられる。還元剤である化合物が酸化剤に変化することは必ずしもリポ酸に限った話ではないと思われる。抗酸化剤と呼ばれる化

合物一般についても、こうしたことを配慮する必要があるものと思われる。

6. 他の抗酸化物質との反応

抗酸化物質としての能力には、活性酸素と直接的に反応し、それを消去する能力と共に、他の貴重な抗酸化物質に作用してそれを再生させる能力も重要である。例えば、生体膜の脂質過酸化反応を抑制する抗酸化物質としては膜中に存在するビタミンEがある⁴⁷⁾。ビタミンEは膜中にごく少量しか存在しないが、極めて効果的に細胞膜の過酸化反応を抑制する。この過酸化反応抑制の過程においてビタミンEのフェノール性水酸基は酸化され、トコフェロキシルラジカル（ビタミンEラジカル）が生成してくるが、このラジカルは他の抗酸化物質（例えばビタミンC）により還元され、ビタミンEが再生される。R-ジヒドロリボ酸もこうした再生に関与していると考えられている^{48,49)}。

例えば、R-ジヒドロリボ酸はミクロゾームの脂質過酸化反応を抑制するが、それは反応系内にビタミンEが存在するときだけである⁵⁰⁾。Bastら⁵¹⁾は、R-ジヒドロリボ酸のビタミンE再生メカニズムはR-ジヒドロリボ酸が酸化型グルタチオンを還元し（酸化-還元電位参照）、生成した還元型グルタチオンがトコフェロキシルラジカルと反応し還元することにより、ビタミンEを再生するものと考えた。事実、培養

細胞系にR-リボ酸を添加したところ、細胞内のグルタチオン量の著しい増大が認められている^{52,53)}。

一方、Kaganら⁵⁴⁾はR-ジヒドロリボ酸がビタミンCラジカルを還元し、これがビタミンEの再生に関与していると報告した。ビタミンC依存型のR-ジヒドロリボ酸によるビタミンEの再生はヒトLDL⁵⁵⁾や赤血球細胞⁵⁶⁾においても観察されている。こうした点を考慮すると、R-リボ酸はそれ自身が強い抗酸化物質として働く役割を担うと同時に種々の抗酸化物質を再生させることに生体における抗酸化活性を維持する役割を担っているものと考えられる（図2）。

生体というある程度定まった器の中で生物は貴重な資源を巧みに再生利用していると言える⁵⁷⁾。

7. 細胞内シグナリングとリボ酸

リボ酸の遺伝子発現調整作用

タンパク質に含まれるSH/S-Sの酸化還元反応がタンパク質のコンフォメーション変化に関係し、ひいては酵素などの活性を制御していることはよく知られており、生体のレドックス制御の一つである。一般に炎症やストレス反応に関わる遺伝子が多いが、プロテインキナーゼC、Ca²⁺-ATPase、コラーゲナーゼ、チロシンキナーゼ、膜受容タンパクなど多岐に渡るタンパク質の機能発現に関わる細胞内シグナリングがレドックス制御を受けていることがわかってきて

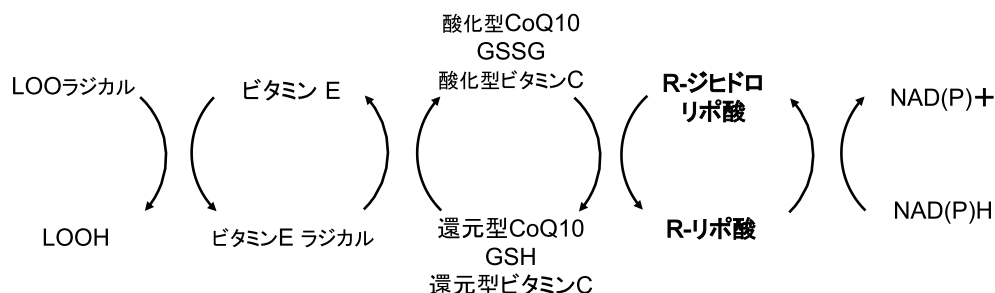


図2 生体内の抗酸化ネットワーク

おり、細胞の機能発現の基本である細胞内情報伝達系の機能や発癌の過程に重要な役割を果たしている^{58, 59)}。NFκB, AP-1, SP-1, NFκ2- 関連因子 (Nrf2) 等の転写調節因子はレドックス制御を受ける可能性が高い。R- リポ酸 /R- ジヒドロリポ酸はその強い酸化還元特性を通じて細胞のレドックス制御に関わっている。

癌のイニシエーション、プロモーション、浸潤、転移などの発癌の諸過程、炎症、アポトーシスなどに関連する諸遺伝子の発現に関わっている転写制御因子である NFκB は、p50, p52, p65, c-Rel, RelB 等の転写因子のファミリー (Rel/ NFκB タンパクファミリー) に属するタンパク質で、活性化されていない状態では 50kDa (p50) と 65kDa (p65) の分子量を持つサブユニットからなる四量体とその活性制御因子である IκB と結合した形で細胞質に存在している。TNF, IL-1, PMA, H₂O₂, endotoxin, γ 線照射などの炎症を引き起こす刺激があると、IκB キナーゼが活性化され、リン酸化された IκB はユビキチン化により分解される。これがシグナルとなって、NFκB は核内に移行、標的遺伝子のプロモーター部位にあるコンセンサスに結合し、遺伝子発現を起こす⁶⁰⁾。

このように細胞の増殖や炎症に関係する疾病の発症に緊密に関係している NFκB は、各種の発癌剤、腫瘍プロモーター、ガン組織のミクロ環境 (低酸素, 酸性 pH) や殆どの起炎症物質で活性化されることが知られているが、ビタミン E など種々の抗酸化物質がその抗酸化活性を発揮し NFκB の活性化を抑えることも知られており⁶¹⁾、R- リポ酸も色々な系で NFκB の発現を抑える⁶²⁻⁶⁴⁾。

NFκB と同じようにレドックス制御をうける転写因子に AP-1 がある。AP-1 は Jun, Fos 等の前ガン遺伝子ファミリーに属する二量体タンパク質の転写因子で、放射線照射やサイトカイン、ストレスなど様々な刺激により発現が促

進される。AP-1 の活性は翻訳後制御を受ける、例えば、DNA への結合は酸化剤存在下、あるいはシステイン残基の還元で増加する。即ち、分子内の SH 基酸化還元によるタンパクコンフォメーション変化が結合活性に反映されている。AP-1 の結合部位は、collagenase, cytokines (IL-3, IL-8, IL-9, TNF-α, TNH-γ etc), 接着因子、増殖因子などの遺伝子のプロモーター部位にある。Muller らはラット肝細胞の虚血再還流障害に対する R- リポ酸の保護作用を検討し、R- リポ酸が再還流に伴う NFκB と AP-1 の活性化を抑えると同時に Akt のリン酸化を有意に増加することを観察した。PI3 キナーゼ /Akt 経路の阻害剤である wortmannin の共存下では R- リポ酸のその作用が現れないので、再還流損傷の R- リポ酸による防御作用には PI3 キナーゼ /Akt 経路が重要な役割を果たしていることが予想される。R- リポ酸は Akt を活性化するがアポトーシスを誘導しない点が興味深い⁶⁵⁾。

近年、リポ酸のピュアなエナンチオマーを用いた細胞試験が多数行われており、リポ酸が細胞内のシグナル伝達のどの部分に作用するのかを検討した事例がいくつか報告されている。リポ酸は様々な経路において神経保護作用を示し、その中心的な役割をリポ酸の強い抗酸化活性が担っているが、そのメカニズムについて R 体と S 体の作用を区別して調べた事例は未だ十分ではない。Yamada ら⁶⁶⁾ は神経芽細胞種の SH-SY5Y 細胞を使い、BSO 刺激によるグルタチオンの枯渇に対するリポ酸 (R 体, S 体, ラセミ体) の効果を評価し、いずれのリポ酸も BSO 刺激によるグルタチオン枯渇による細胞死を抑制する効果がみられたと報告している。機序としては、BSO 刺激によるグルタチオンの枯渇や活性酸素種の生成にリポ酸が直接的に与える影響は比較的小さく、むしろ、HO-1 などの抗酸化に関わる遺伝子や NQO1 などの発現を促すことがわかったとしている。HO-1

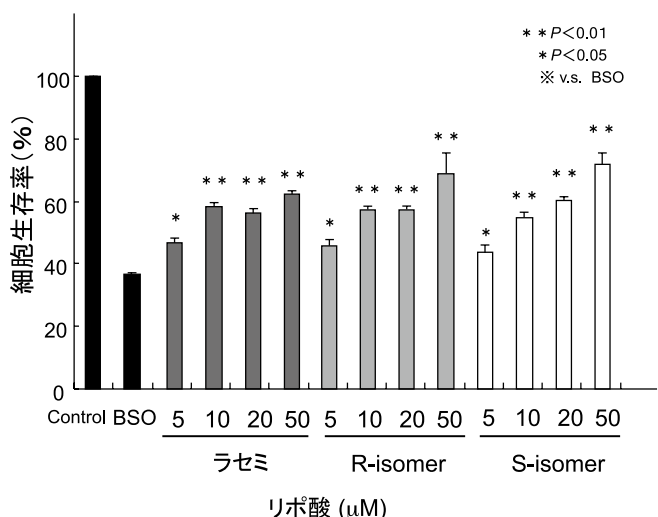


図3 リボ酸の細胞死に対する抑制効果 (Mean ± SD)

は阻害しないがNQO1を阻害する薬剤はリボ酸のBSO刺激に対する保護効果を弱め、また、いずれのタイプのリボ酸も細胞の生存に関わるAktキナーゼを活性化し、PI3Kの阻害剤(LY294002)はリボ酸によるNQO1の上流における調整作用とBSO刺激に対する細胞保護作用の両方を抑えたと報告している。

Koriyamaら⁶⁷⁾は網膜神経細胞のRGC-5細胞を用いて、R-リボ酸がNrf2の核移行を促進することによってHO-1の発現を引き起こすことを観察している。シグナル伝達の下流に着目し、メカニズムについてより詳細に検討した結果、R-リボ酸はAktを活性化し、また、R-リボ酸によって誘発されたHO-1はPI3Kの阻害剤によって抑制された。さらに、R-リボ酸はROSを産生した。ROSの消去剤やNADPH酸化酵素の阻害剤で処理すると、R-リボ酸によるNrf2の核移行やHO-1の活性化が抑制された。これらの結果から、R-リボ酸によるROS産生がKeap1に変化を起こし、PI3Kのシグナル伝達系を通してHO-1の発現を促しているのかもしれないと推察している。

さらに*in vivo*の試験において、R-リボ酸はHO-1活性依存のメカニズムを通して細胞死を

減らし、視神経損傷によって起こる網膜への4HNEの蓄積を軽減した。Keap1/Nrf2シグナリングを通じたHO-1の誘発により、*in vitro*, *in vivo*両方において、網膜神経での酸化ストレスに対するR-リボ酸の神経保護作用を示した初めての報告例である。Michikoshiら⁶⁸⁾は、2種類のヒト非小細胞肺癌細胞(PC-9, HCC827)を用いてリボ酸は標的抗がん剤に対する肺がんの感受性を増強するかどうかを調べている。その結果、リボ酸は濃度依存的にPC-9及びHCC827細胞に対して増殖抑制

効果を示した。また、細胞増殖阻害効果のIC₅₀を示す濃度は、0.25-0.5mMであった。

Michikoshiらが調べた範囲では、2.0mMで最大阻害作用を示し、そのときの細胞数はリボ酸添加時とほぼ同等であったことから、リボ酸は強力な肺がん細胞増殖抑制作用を有することが示された。また、リボ酸のエナンチオマーそれぞれの作用についても同時に調べており、R-リボ酸とS-リボ酸では肺がん細胞に対する増殖抑制活性において、ほとんど差はみられなかった、としている。さらに、肺がん治療薬とリボ酸を組み合わせた興味深い実験を行っており、上皮成長因子受容体(EGFR)のチロシンキナーゼを選択的に阻害し、腫瘍の増殖抑

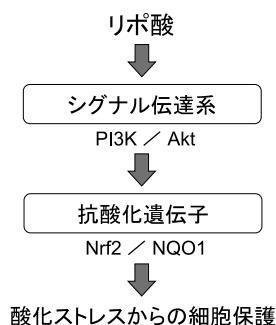


図4 酸化ストレスに対するリボ酸の保護作用

制, アポトーシスを誘導する分子標的治療薬の一種である Gefitinib とリボ酸を併用する可能性について示唆している。Gefitinib は EGFR のチロシンキナーゼの ATP 結合部位に競合的に結合することにより EGFR の自己リン酸化を阻害しシグナル伝達を遮断する。この Gefitinib と肺がん細胞で産生される増殖因子である肝細胞増殖因子 (HGF: hepatocyte growth factor) の両方が存在する場合でも, リボ酸の増殖抑制効果がみられた。この作用機序について, リボ酸は, ヒト非小細胞肺がん細胞の分裂に寄与する Met/HGF 受容体を活性化することによりヒト肺がん細胞の増殖を抑制している, と彼らは説明している。

それ以外にも細胞内シグナリングへの作用を介したリボ酸の生理作用の例として, 次に述べるリボ酸の糖尿病治療効果と関連が深いインスリンシグナリング系を通じた血糖値の調整作用や⁶⁹⁻⁷¹⁾, 転写因子 Nrf2 の発現促進や ARE への結合促進によるグルタチオン合成の鍵となる補酵素である γ -グルタミルシステインリガーゼ (GCL) の活性化を介した細胞内グルタチオン量の維持⁷²⁾ など, いろいろな作用が遺伝子の発現調整を介して行われている。

8. リボ酸の抗糖尿作用

リボ酸は古くから糖尿病の合併症の治療に使われてきた医薬品でもあるが, 糖尿病における血糖コントロールや糖代謝に対するリボ酸の作用をインスリンシグナリング系との関連で説明する研究も進展してきている^{73, 74)}。

糖尿病患者にリボ酸を短期, 長期に投与すると, 血糖値コントロール, 糖代謝の改善が見られるが, この作用はインスリンの作用と類似したものである。インスリンが膜表面の受容体の α サブユニットに結合すると受容体自身が局所的に産生する H_2O_2 による SH 基の可逆的な

酸化によりタンパク構造の変化が起こり, 情報が細胞膜内側にあるベータサブユニットのチロシンキナーゼドメインに伝えられる。その結果, 自己リン酸化が起こって受容体が活性化され, インスリンシグナルカスケードが活性化される。受容体のチロシンキナーゼによりインスリン受容体基質ファミリーのタンパクリン酸化が起こり, PI-3 キナーゼが活性化され, 下流にあるプロテインキナーゼ B/Akt が順次活性化され, 細胞膜へのグルコース輸送体タンパクである GLUT4 の移動が促進される。即ち, インスリン受容体の自己リン酸化が形質膜へのグルコースの取り込み促進につながるタンパクリン酸化カスケードの始まりになる。

活性化された受容体は結合しているホスファターゼにより脱リン酸化されることで活性を失うが, ホスファターゼの活性もその SH 残基の酸化還元で制御される。即ち, 鍵となる SH の可逆的な酸化によりインスリン受容体の活性化とホスファターゼによる阻害が制御される。リボ酸がこのインスリンシグナリング系に作用して細胞内へのグルコース取り込みを促進することが, 筋肉細胞, 脂肪細胞モデルである培養 L6 myotube や 3T3-L1 adipocyte を使ったグルコース取り込み実験で示されている。即ち, リボ酸はインスリン受容体とインスリン受容体基質タンパク (IRS-1) のリン酸化を促進し, PI3 キナーゼ, Akt の活性化を通じて細胞膜への GLUT4 の移行を促し, 2-デオキシグルコースの細胞内への取り込みを促進することが明らかにされた⁷¹⁾。リボ酸はこの例のようにインスリンシグナリングカスケードに作用していることが示唆されるが, リボ酸が直接インスリン受容体に作用する証拠は得られていない。

Moini らは 3T3-L1 adipocyte におけるグルコース取り込みに対する R- リボ酸の作用をさらに詳しく検討し, R- リボ酸の作用は酸化型 R- リボ酸がインスリン受容体の SH に弱いプロオキ

シダントとして働いて H_2O_2 の作用と同様に受容体を活性化する機構を提案している⁷⁵⁾。このような考えは adipocyte の還元活性が低いので、取り込まれた R- リポ酸が殆ど酸化型で存在していたこと、還元型の R- ジヒドロリポ酸ではグルコースの細胞内取り込みの促進が見られなかったことなどの観察を基にしたものであるが、脂肪組織で特にリポ酸の作用が期待できるだろう。

骨格筋細胞へのグルコース取り込みの促進は R- リポ酸の摂取と運動を組み合わせると相加的に強化されるという観察があるが、Sengsirisuwan らはさらにその作用を遺伝的肥満高血糖ラット (fa/fa Zucker ラット) の soleus 筋肉細胞を使ってインスリンシグナリングのレベルで解析し、R- リポ酸と運動を組み合わせると 2-デオキシグルコースの取り込みが相加的になること、この取り込みの増加はインスリン受容体基質タンパク (IRS-1) の発現、及びインスリンによる PI-3 キナーゼの p85 サブユニットへの IRS-2 の結合促進によって起きることを明らかにした⁶⁹⁾。

一方、リポ酸の MAPK 系への作用も報告されている。例えば、Maddux らは GLUT4 を過剰発現させた L6 培養ラット筋細胞系で 2-デオキシグルコースの取り込みに対する酸化ストレスの影響を調べ、酸化ストレスによりグルコースの取り込みが阻害され、同時に細胞内のグルタチオン量が約 50% 減少し、ストレス感受性の p38 MAPK の急激な活性化が起きるが、細胞をマイクロモルレベルのリポ酸で処理しておくことこれらの反応が抑えられることを示し⁷⁶⁾、Blair らは同じ L6 細胞を H_2O_2 に曝すと p38 MAPK の活性化が起こり、同時にインスリン作用が阻害されることを報告している⁷⁷⁾。

このことは、リポ酸がこの阻害キナーゼの活性化を抑えることで酸化ストレスによるインスリン耐性の出現を抑えたものと考えられ、筋細

胞におけるグルコース取り込みにはインスリンシグナル系と MAPK 系のクロストークがある可能性を示すものである。Konrad らはこれらの点をさらに詳細に 3T3-L1 adipocyte と L6 myotube を使って解析し、インスリンやリポ酸によし促進されるグルコースの細胞内への取り込みが p38 MAPK 阻害剤で一部阻害されるが、グルコース輸送体 (GLUT4) の細胞膜への移行はそれらの阻害剤では影響を受けないことなどの観察から、リポ酸の作用は MAPK 系の活性化を通した GLUT4 の活性化と PI3-K/Akt1 の活性化を通した GLUT4 の細胞膜への移行促進の二面的な作用によるものであることを示した⁷¹⁾。Wang ら⁷⁸⁾ は C57/BL6 マウスと C2C12 培養細胞を用いて老化に関わる実験を行っている。

リポ酸を高齢のマウスに投与すると、AMPK/PGC-1 α を介したミトコンドリアにおける生合成や機能を高めることによって、骨格筋でのエネルギー代謝が促進されると結論付けている。また、おそらく mTOR のシグナリングを制御することによって骨格筋でのタンパク合成を抑制し体重を減少させたことから、高齢者の糖尿病やインスリン抵抗性に対してもリポ酸の効果が期待できるのではないかと提案している。

9. R- リポ酸の安定化技術

前述の通り、リポ酸分子は C6 炭素原子にキラル中心を持っているので R 体と S 体の 2 種類の光学異性体が存在するが、生体内では R- リポ酸のみが腸内細菌などにより生合成されている。一方、日本において市販されているリポ酸含有サプリメントや栄養補助食品には R 体と S 体を等量ずつ含むラセミ体が主に使用されている。その理由の一つとして、R- リポ酸の安定性がラセミ体より低いことが挙げられる。R- リポ酸は、空気、熱、光などの物理刺激に

より容易に分解し、粘着性を有する不溶性ポリマーに変化する。また、このポリマーは摩擦熱、圧縮、低pH環境下においても生成する。従って、これらの刺激に耐えうる R- リポ酸の安定化方法の開発は食品分野等において大きな意義をもつものである。

これまでに、R- リポ酸の安定化に取り組んだ事例はいくつか報告されている。

例えば、

- (1) ナトリウムなどのアルカリ金属イオンやアミノ酸などの塩基性物質と塩を作る方法、
 - (2) セレンなどの無機物と誘導体を合成する方法、
 - (3) キトサンや環状オリゴ糖などの多糖類と複合化させる方法、
- などがある。

(1) リポ酸 - アルカリ或いはアルカリ土類金属塩として作られているものとしては、ナトリウム塩、カリウム塩、マグネシウム塩、などがあり、現在ナトリウム塩は米国で既に流通しており、サプリメント等の食品にも配合されている。塩基性物質との塩としてはトリス塩（トリスヒドロキシメチルアミノメタン（tris (hydroxymethyl) aminomethane)）がよく知られているが、Zhang ら⁷⁹⁾ はリポ酸といくつかのアミノ酸を組み合わせて結晶を作製し、それら複合化した結晶の熱力学的解析を行い、中で

も唯一フェニルアラニンがリポ酸と何らかの相互作用を示したと報告している。

(2) リポ酸誘導体としては、リポ酸の S 原子の代わりに同族の Se で二つの S 原子を置き換えたセレン誘導体（1,2-diselenolane-pentanoic acid (SeLA)⁸⁰⁾）や、R- リポ酸のカルボン酸部分をアミド結合で炭素鎖を伸ばし、末端をジメチルアンモニウム（プラス電荷）として導入した誘導体（LA-plus⁸¹⁾）、また、ヒスチジンジチオオクタナミド⁸²⁾などが実際に合成されている。セレン誘導体は O/W 分配係数が高く、油相に多く存在できる。また、LDL の脂質過酸化反応抑制効果がリポ酸そのものよりも高いことが知られている。一方、LA-plus は、T 細胞への取り込み量や T 細胞中での還元反応がリポ酸そのものよりも高いことが知られている。

ヒスチジンジチオオクタナミドとは、リポ酸に必須アミノ酸の L- ヒスチジンをカップリングさせ、N- リポイルヒスチジンを経て、亜鉛で還元・キレート化させて合成された安定な化合物で、本化合物は出発原料の α - リポ酸よりも抗酸化力が強く安定で、そのナトリウム塩は水溶性を示す。水溶液は低刺激性で還元作用を示すが、空気中の酸素に酸化されず、安定であると言われている。しかしながら、これらの誘導体は医薬品開発という観点からは重要であるが、今のところ食品としての利用は難しい。

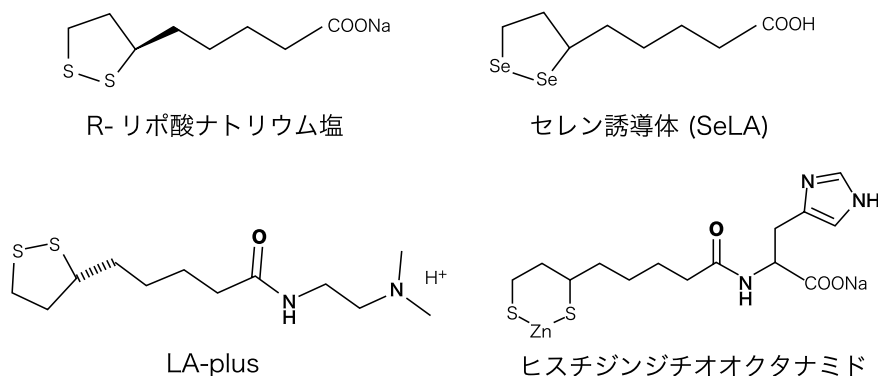


図5 リポ酸ナトリウム塩及び各誘導体の構造

(3) 多糖類を用いた物質の安定化に関して、近年、エビやカニの甲羅から抽出・製造されるキトサンを利用して DNA やヨウ素など様々な物質の安定化が報告されており、同様の技術をリポ酸の安定化にも応用しリポ酸-キトサン複合体が作製された事例がある。リポ酸-キトサン複合体の作製方法は比較的容易で、リポ酸水溶液にキトサンを加えて振とうして沈殿物を得る方法⁸³⁾や、リポ酸水溶液に有機溶媒を加えて溶解させ、噴霧乾燥させる方法⁸⁴⁾などがある。

水溶液中でキトサンと複合化させる方法では、キトサン複合体にすることによりリポ酸そのものよりも熱安定性が向上し、アルカリ水溶液中ではリポ酸-キトサン複合体からリポ酸がリリースされることから、経口摂取した場合、腸管内でリポ酸がリリースされることが予想される。しかしながら、リポ酸-キトサン複合体中のリポ酸含有量が4%とそれほど高くなく、実用面ではまだ改善の余地が残されている。

一方、有機溶媒で溶解させてから噴霧乾燥する方法を用いて作製したリポ酸-キトサン複合体では、リポ酸の抗酸化力が複合化前とほぼ同じレベルに維持されている。また、リポ酸-キトサン複合体からのリポ酸の抽出に時間がかかることから、経口摂取した場合、腸管内でのリリースが非常に緩やかであると予想される。

キトサンと同じく多糖類に分類される環状オリゴ糖の一種であるシクロデキストリンを用い

てリポ酸-シクロデキストリン包接複合体を作製し、同じく安定性を評価した事例が最近報告されている。シクロデキストリン (CD) とはデンプン類にシクロデキストリン生成酵素 (cyclodextrin glucanotransferase, CGTase) を作用させて得られる環状オリゴ糖であり、グルコース分子が α -1,4グリコシド結合で環状に連なった化合物で、天然にも存在している。グルコース単位が6, 7, 8個のものをそれぞれ α -CD, β -CD, γ -CDと呼んでいる。それぞれのCDは特徴を有しており、室温で100mlの水に対する溶解度はそれぞれ14.5g, 1.85g, 23.2gと α -CDや γ -CDは β -CDに比べて、各々約8倍、約13倍大きい。また、 α -CDは消化酵素で分解されないので食物繊維として用いることができ、 γ -CDは生体内で単糖にまで分解されるのでエネルギーとして利用することができる。これらの特性から、 α -CDや γ -CDの食品・化粧品用途での利用価値は高い。

CDは図6に示すようなバケツ構造を有しており、外部は親水性を、内部は疎水性を示す非常にユニークな物質である。CDはこの疎水性空洞内にいろいろな分子を包みこむように取りこむ。これを「包接」といい、内部に分子を取りこんだ状態のCDを「包接体」という。この包接体を形成する性質(包接作用)は多種多様な用途に利用できると考えられる。このCDを用いた安定化技術は、ラセミ体よりも安定性が

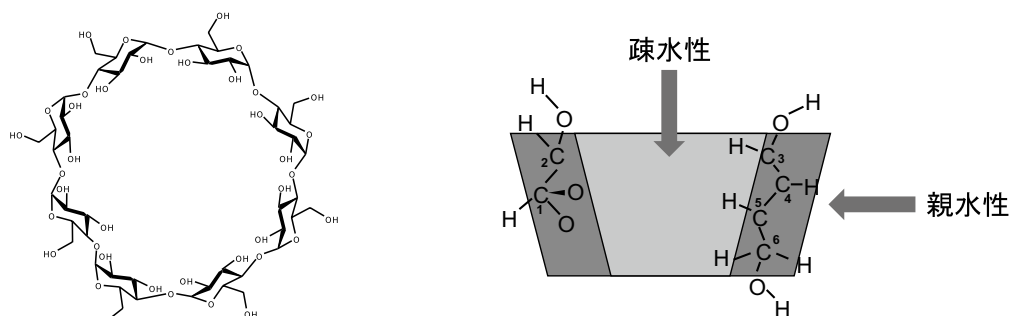


図6 γ -CDの環状構造(左)と横から見た模式図(右)

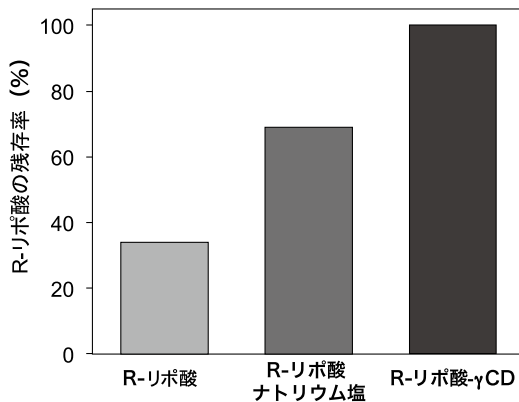


図7 R-リボ酸-γ-CD 包接複合体の熱安定性
(70℃・飽和水蒸気圧下、48時間保存)

低いR-リボ酸の安定化にも適していることが判明し、70℃・飽和水蒸気圧下という過酷な条件下で48時間保存後のR-リボ酸の残存率は35%程度、R-リボ酸ナトリウム塩では70%程度であったのに対し、R-リボ酸-α及びγ-CD包接複合体ではほぼ100%と、熱に対して非常に安定であることが示されている⁸⁵⁾。

同じ報告の中で、R-リボ酸の酸に対する安定性も評価されており、人工胃液とみたてたpH1.2の酸性水溶液中で1時間攪拌後のR-リボ酸の残存率は、R-リボ酸そのものでは40%程度であったが、R-リボ酸ナトリウム塩では60%程度、R-リボ酸-α及びγ-CD包接複合体ではほぼ100%であった。このことから、R-リボ酸-α及びγ-CD包接複合体を経口摂取した場合、胃酸で分解されことなく安定に腸管内にて吸収されることが期待できる。R-リボ酸をCDで包接複合化すると熱や酸に対する安定性が向上した⁸⁵⁾。

その他の安定化技術として興味深いものとしては、炭酸カルシウムを用いたカプセル化技術でリボ酸を安定化した報告例がある。Nishiuraら⁸⁶⁾は、この炭酸カルシウムで安定化したリボ酸の粒度分布を測定し、その粒径が10nm程度であると報告している。60℃における安定性

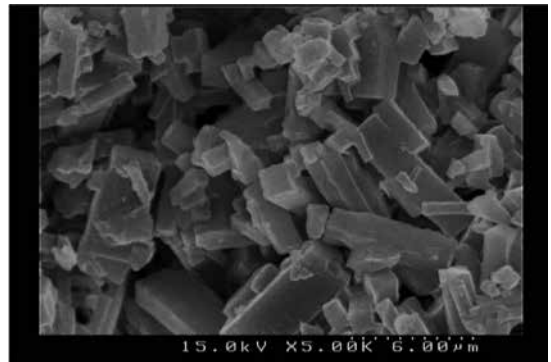


写真1 R-リボ酸-γ-CD 包接体のSEM写真
(ロッド状の粒子が集合している様子)

は極めて高くほぼ100%であることが示されており、リボ酸以外の物質にも応用できる技術として汎用性があるが、固体粉末中に配合できるリボ酸の量はシクロデキストリンやキトサンを用いる方法よりも今のところ低いようだ。

おわりに

本稿では、1930年代から始まったリボ酸研究の歴史を振り返り、最近の知見、特に、遺伝子発現調整作用や安定化技術に着目して概説した。リボ酸は当初、その非常に強い抗酸化活性が着目され、リボ酸がもつ生理活性についてこれまで多くの研究がなされてきた。その理由として、リボ酸はジチオラン環という特徴的な五員環を有する小さな分子であり、その小さな分子が生体内で様々な機能を発揮する点に多くの関心が寄せられてきたからであろうと筆者らは考えている。近年では、肥満・糖尿病・高血圧・脂質異常症などのいわゆる生活習慣病を有し、そこに酸化ストレスや炎症性サイトカイン、鉄などのヒットが加わると発症するとされる非アルコール性脂肪肝炎 (NASH) に対するリボ酸の効果についての報告例⁸⁷⁾もあり、リボ酸は酸化ストレスや炎症に関わる様々な疾病の予防あるいは改善に期待されていることがよくわか

る。そのリポ酸の安定化技術が進歩することには大きな意義があり、それによって食品に応用しやすくなることが期待される。尚、記述には

万全を期したつもりであるが、筆者らの力不足等の箇所があれば遠慮なくご指摘頂ければ幸いです。

..... References

- 1) Reed, L. J., DeBusk, B. G., Gunsalus, I. C., Hornberger, C. S.: Crystalline α -lipoic acid: a catalytic agent associated with pyruvate dehydrogenase. *Science.*, **114**, 93-94 (1951).
- 2) Reed, L. J.: The chemistry and function of lipoic acid. *Adv. Enzymol.*, **18**, 319-347 (1957).
- 3) 長倉三郎, 井口洋夫, 江沢洋, 他: リポ酸. 岩波理化学辞典(第五版). 久保亮五編集. 岩波書店, 1450 (1998)
- 4) リポ酸. ビタミン学Ⅱ 水溶性ビタミン. 日本ビタミン学会編. 東京化学同人, 601-614 (1980)
- 5) リポ酸. 化学大辞典. 化学大辞典編集委員会編. 共立出版, 634 (1987)
- 6) Karle, I. L., Estlin, J. A., Britts, K.: The structure of the twinned crystal of D-L-6-thioctic acid, $C_8H_{14}O_2S_2$. *Acta Cryst.*, **22**, 567-573 (1967).
- 7) Fava, A., Iliceto, A., Camera, E.: Kinetics of the Thiol-Disulfide Exchange. *J. Am. Chem. Soc.*, **79**, 833-838 (1957).
- 8) Houk, J., Whitesides, G. M.: Structure-reactivity relations for thiol-disulfide interchange. *J. Am. Chem. Soc.*, **109**, 6825-6836 (1987).
- 9) Singh, R., Whitesides, G. M.: Comparisons of rate constants for thiolate-disulfide interchange in water and in polar aprotic solvents using dynamic proton NMR line shape analysis. *J. Am. Chem. Soc.*, **112**, 1190-1197 (1990).
- 10) Matsugo, S., Han, D., Tritschler, H. J., *et al.*: Decomposition of alpha-lipoic acid derivatives by photoirradiation: formation of dihydrolipoic acid from alpha-lipoic acid. *Biochem. Mol. Biol. Int.*, **38**, 51-59 (1996).
- 11) 例えばレーニンジャーの新生化学 [下] 第 5 版. 監修/山科郁男・川壽敏祐, 編集/中山和久, 廣川書店, 895-930 (平成 22 年)
- 12) Parry, R. J., Kunitani, M. G.: Biotin biosynthesis. 1. The incorporation of specifically tritiated dethiobiotin into biotin. *J. Am. Chem. Soc.*, **98**, 4024-4026 (1976).
- 13) Parry, R. J., Trainor, D. A.: Biosynthesis of lipoic acid. 2. Stereochemistry of sulfur introduction at C-6 of octanoic acid. *J. Am. Chem. Soc.*, **100**, 5243-5244 (1978).
- 14) Dupre, S., Spoto, G., Matarese, R., *et al.*: Biosynthesis of lipoic acid in the rat: Incorporation of 35S- and ^{14}C -labeled precursors. *Arch. Biochem. Biophys.*, **202**, 361-365 (1980).
- 15) Reed, K. E., Cronan, J. E. Jr.: Lipoic acid metabolism in *Escherichia coli*: sequencing and functional characterization of the lipA and lipB genes. *J. Bacteriol.*, **175**, 1325-1336 (1993)
- 16) Henshaw, T. F., Cheek, J., Broderick, J. B.: The $[4Fe-4S]1+$ Cluster of Pyruvate Formate-Lyase Activating Enzyme Generates the Glycyl Radical on Pyruvate Formate-Lyase: EPR-Detected Single Turnover. *J. Am. Chem. Soc.*, **122**, 8331-8332 (2000).
- 17) Cicchillo, R. M., Iwig, D. F., Jones, A. D., *et al.*: Lipoyl synthase requires two equivalents of S-adenosyl-L-methionine to synthesize one equivalent of lipoic acid. *J. Biochemistry*, **43**, 6378-6386 (2004).
- 18) Jordan, S. W., Cronan, J. E. Jr.: Biosynthesis of lipoic acid and posttranslational modification with lipoic acid in *Escherichia coli*. *Methods Enzymol.*, **279**, 176-183 (1997)
- 19) Leach, F. R.: Lipoic acid transport. *Methods Enzymol.*, **18**, 276-281 (1970).
- 20) Patel, M. S., Smith, R. L.: The evolution of antioxidants in modern medicine. *Hippocrates Verlag Stuttgart*, 65-77 (1994)
- 21) Wada, H., Shintani, D., Ohlogge, J.: Why do mitochondria synthesize fatty acids? Evidence for involvement in lipoic acid production. *J. Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **94**, 1591-1596 (1997).
- 22) Morikawa, T., Yasuo, R., Wada, H.: Do mammalian cells synthesize lipoic acid?: Identification of a mouse cDNA encoding a lipoic acid synthase located in mitochondria. *FEBS Lett.*, **498**, 16-21 (2001)
- 23) Hermann, R., Niebch, G., Borbe, H. O., *et al.*: Enantioselective pharmacokinetics and bioavailability of different

- racemic α -lipoic acid formulations in healthy volunteers. *Eur. J. Pharm. Sci.*, **4**, 167-174 (1996).
- 24) Niebch, G., Buchele, B., Blome, J., *et al.*: Enantioselective high-performance liquid chromatography assay of (+) R- and (-)S - α -lipoic acid in human plasma. *Chirality.*, **9**, 32-36 (1997).
 - 25) Hermann, R., Wildgrube, H. J., Ruus, P., *et al.*: Gastric emptying in patients with insulin dependent diabetes mellitus and bioavailability of thioctic acid-enantiomers. *Eur. J. Pharm. Sci.*, **6**, 27-37 (1998).
 - 26) Keith, D. J., Butler, J. A., Bemer, B., *et al.*: Age and gender dependent bioavailability of R- and R,S- α -lipoic acid: A pilot study. *Pharmacol. Res.*, **66**, 199-206 (2012).
 - 27) Harrison, E. H., McCormick, D. B.: The metabolism of dl-(1,6-14C) lipoic acid in the rat. *Arch. Biochem. Biophys.*, **160**, 514-522 (1974).
 - 28) Furr, H. C., Chang, H. H., McCormick, D. B.: Lipoate metabolism in *Pseudomonas putida* LP: thiolsulfonates of lipoate and bisnorlipoate. *Arch. Biochem. Biophys.*, **185**, 576-583 (1978).
 - 29) Löffelhardt, S., Bonaventura, C., Locher, M., *et al.*: Interaction of alpha-lipoic acid enantiomers and homologues with the enzyme components of the mammalian pyruvate dehydrogenase complex. *Biochem. Pharmacol.*, **50**, 637-646 (1995).
 - 30) Biewenga, G. P., Haenen, G. R., Bast, A.: The pharmacology of the antioxidant lipoic acid. *Gen. Pharmacol.*, **29**, 315-331 (1997).
 - 31) Stary, F. E., Jindal, S. J., Murray, R. W.: Oxidation of alpha-lipoic acid. *J. Org. Chem.*, **40**, 58-62 (1975).
 - 32) Biewenga, G. P., Bast, A.: Lipoic acid favors thiolsulfinate formation after hypochlorous acid scavenging: a study with lipoic acid derivatives. *Arch. Biochem. Biophys.*, **312**, 114-120 (1994).
 - 33) Schupke, H., Peter, G., Hermann, R., *et al.*: New metabolic pathways of alpha-lipoic acid. *Drug Metabol. Dispos.*, **29**, 855-862 (2001).
 - 34) Teichert, J., Preiss, R. J.: High-performance liquid chromatographic assay for alpha-lipoic acid and five of its metabolites in human plasma and urine. *J. Chromatography B*, **769**, 269-281 (2002).
 - 35) Rosenberg, H. R., Culik, R.: Effect of α -lipoic acid on vitamin C and vitamin E deficiencies. *Arch. Biochem. Biophys.*, **80**, 86-93 (1959).
 - 36) Jorg, J., Metz, F., Scharafinsky, H.: Drug treatment of diabetic polyneuropathy with alpha-lipoic acid or vitamin B preparations. A clinical and neurophysiologic study. *Nervenarzt.*, **59**, 36-44 (1988).
 - 37) Altenkirch, H., Stoltenburg-Didinger, G., Wagner, H. M., *et al.*: Effects of lipoic acid in hexacarbon-induced neuropathy. *Neurotoxicol. Treat.*, **12**, 619-622 (1990).
 - 38) Prehn, J. H. M., Karkoutly, C., Nuglisch, J., *et al.*: Dihydrolipoate reduces neuronal injury after cerebral ischemia. *J. Cer. Blood Flow Metabol.*, **12**, 78-87 (1992).
 - 39) Scott, E. M., Duncan, I. W., Ekstrand, V.: Purification and properties of glutathione reductase of human erythrocytes. *J. Biol. Chem.*, **238**, 3928-3939 (1963).
 - 40) Bonomi, F., Werth, M. T., Kurtz, Jr. D. M.: Assembly of $[\text{FeSn}(\text{SR})_4]^{2-}$ ($n=2, 4$) in aqueous media from iron salts, thiols, and sulfur sulfide, or thiosulfate plus rhodanese. *Inorg. Chem.*, **24**, 4331-4335 (1985).
 - 41) Bonomi, F., Pagani, S., Cariatì, F., *et al.*: Synthesis and characterization of metal derivatives of dihydrolipoic acid and dihydrolipoamide. *Inorg. Chem. Acta.*, **195**, 109-115 (1992).
 - 42) Bonomi, F., Pagani, S.: Removal of ferritin-bound iron by DL-dihydrolipoate and DL-dihydrolipoamide. *Eur. J. Biochem.*, **155**, 295-300 (1986).
 - 43) Bonomi, F., Cerioli, A., Pagani, S.: Molecular aspects of the removal of ferritin-bound iron by DL-dihydrolipoate. *Biochem. Biophys. Acta.*, **994**, 180-186 (1989).
 - 44) Ou, P., Tritschler, H. J., Wolff, S. P.: Thioctic (lipoic) acid: a therapeutic metal-chelating antioxidant?. *Biochem. Pharmacol.*, **50**, 123-126 (1994).
 - 45) Bast, A., Haenen, G. R.: Interplay between lipoic acid and glutathione in the protection against microsomal lipid peroxidation. *Biochem. Biophys. Acta.*, **963**, 558-561 (1988).
 - 46) Reed, C. J., Douglas, K. T.: Single-strand cleavage of DNA by Cu(II) and thiols: a powerful chemical DNA-cleaving system. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **162**, 1111-1117 (1989).

- 47) Burton, G. W., Ingold, K. U.: Antioxidation of biological molecules 1. Antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. *J. Am. Chem. Soc.*, **103**, 6472-6477 (1981).
- 48) Sies, H., Eyr, J.: Strategies of antioxidant defense. *Eur. J. Biochem.*, **215**, 213-219 (1993).
- 49) Packer, L., Kraemer, K., Rimbach, G.: Molecular aspects of lipoic acid in the prevention of diabetes complications. *Nutrition*, **17**, 888-895 (2001).
- 50) Scholich, H., Murphy, M. E., Sies, H.: Antioxidant activity of dihydrolipoate against microsomal lipid peroxidation and its dependence on alpha-tocopherol. *Biochem. Biophys. Acta.*, **1001**, 256-261 (1989).
- 51) Bast, A., Haenen, G. R.: Regulation of lipid peroxidation of glutathione and lipoic acid: Involvement of liver microsomal vitamin E free radical reductase. In *Antioxidant in Therapy and preventive Medicine*, Emerit, I., Packer, L., Auclair, C., eds., *Plenum Press, NY*, 111-116 (1990).
- 52) Busse, E., Zimmer, G., Schopohl, B., Kornhuber, B.: Influence of alpha-lipoic acid on intracellular glutathione in vitro and in vivo. *Arzneimittel-Forschung.*, **42**, 829-831 (1992).
- 53) Han, D., Tritschler, H. J., Packer, L.: Alpha-lipoic acid increases intracellular glutathione in human T-lymphocyte Jurkat cell line. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **207**, 258-264 (1995).
- 54) Kagan, V. E., Shredova, A., Serbinova, E. A., *et al.*: Dihydrolipoic acid-a universal antioxidant both in the membrane and in the aqueous phase. Reduction of peroxy, ascorbyl and chromanoxyl radicals. *Biochem. Pharmacol.*, **44**, 1637-1649 (1992).
- 55) Kagan, V. E., Serbinova, E. A., Forte, T., *et al.*: Recycling of vitamin E in human low density lipoproteins. *J. Lipid Res.*, **33**, 385-397 (1992).
- 56) Constanninescu, A., Han, D., Packer, L.: Vitamin E recycling in human erythrocyte membranes. *J. Biol. Chem.*, **268**, 10906-10913 (1993).
- 57) Packer, L., Witt, E. H., Tritschler, H. J.: Alpha-lipoic acid as a biological antioxidant. *Free Rad. Biol. Med.*, **19**, 227-250 (1995).
- 58) 井上正康 編：活性酸素とシグナル伝達. 講談社 サイエンスフィック, 2001 改.
- 59) Bunik, V. I.: 2-Oxo acid dehydrogenase complexes in redox regulation. Role of the lipoate residues and thioredoxin. *Eur. J. Biochem.*, **270**, 1036-1042 (2003).
- 60) Aggarwal, B. B.: Nuclear factor-kappa B: the enemy within. *Cancer Cell.*, **6**, 203-208 (2004).
- 61) Collins, T., Read, M. A., Neish, A. S., *et al.*: Transcriptional regulation of endothelial cell adhesion molecules: NF-kappa B and cytokine-inducible enhancers. *FASEB J.*, **9**, 899-909 (1995).
- 62) Packer, L.: α -Lipoic acid: a metabolic antioxidant which regulates NF κ B signal transduction and protects against oxidative injury. *Drug Metab. Rev.*, **30**, 245-275 (1998).
- 63) Saliou, C., Kitazawa, M., McLaughlin, L., *et al.*: Antioxidants modulate acute solar ultraviolet radiation-induced NF-kappa-B activation in a human keratinocyte cell line. *Free Radic. Biol. Med.*, **26**, 174-183 (1999).
- 64) Zhang, W.J., Frei, B.: α -Lipoic acid inhibits TNF-induced NF- κ B activation and adhesion molecule expression in human aortic endothelial cells. *FASEB J.*, **15**, 2423-2432 (2001).
- 65) Muller, C., Dunshede, F., Koch, E., *et al.*: α -Lipoic acid preconditioning reduces ischemia-reperfusion injury of the rat liver via the PI3-kinase/Akt pathway. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.*, **285**, G769-778 (2003).
- 66) Yamada, T., Hashida, K., Takarada-Iemata, M., Matsugo, S., Hori, O.: α -Lipoic acid (LA) enantiomers protect SH-SY5Y cells against glutathione depletion. *Neurochem. Int.*, **59**, 1003-1009 (2011).
- 67) Koriyama, Y., Nakayama, Y., Matsugo, S., Kato, S.: Protective effect of lipoic acid against oxidative stress is mediated by Keap1/Nrf2 - dependent heme oxygenase-1 induction in the RGC-5 cell line. *Brain research*, **1499**, 145-157 (2013).
- 68) Michikoshi, H., Nakamura, T., Sakai, K., Suzuki, Y., Adachi, E., Matsugo, S., Matsumoto, K.: α -Lipoic acid-induced inhibition of proliferation and met phosphorylation in human non-small cell lung cancer cells. *Cancer Lett.*, **13**, S0304-3835 (2013).
- 69) Saengsirisuwan, V., Peres, FR., Sloniger, JA., *et al.*: Interactions of exercise training and α -Lipoic acid on insulin signaling in skeletal muscle of obese Zucker rats. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **287**, E529-536 (2004).

- 70) Yaworsky, K., Somwar, K., Sweeney G., *et al.*: Engagement of the insulin-sensitive pathway in the stimulation of glucose transport by alpha-lipoic acid in 3T3-L1 adipocytes. *Diabetologia*, **43**, 294-303 (2003).
- 71) Konrad, D., Somwat, K., Sweeney G., *et al.*: The antihyperglycemic drug α -Lipoic acid stimulates glucose uptake via both GLUT4 translocation and GLUT4 activation: Potential role of p38 mitogen-activated protein kinase in GLUT4 activation. *Diabetes*, **50**, 1464-1471 (2001).
- 72) Suh, JH., Shenvi, SV., Dixon, BM., *et al.*: Decline in transcriptional activity of Nrf2 causes age-related loss of glutathione synthesis, which is reversible with lipoic acid. *Proceed. Natl. Acad. Sci. USA*, **101**, 3381-3386 (2004).
- 73) Konard, D.: Utilization of the insulin-signaling network in the metabolic actions of alpha-lipoic acid-reduction or oxidation?. *Antioxid. Redox. Signal.*, **7**, 1032-1039 (2005).
- 74) Moini, H., Packer, L., Saris NE.: Antioxidant and prooxidant activities of alpha-lipoic acid and dihydrolipoic acid. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **182**, 84-90 (2002).
- 75) Moini, H., Tirosh, O., Park, YC., *et al.*: R-alpha-lipoic acid action on cell redox status, the insulin receptor, and glucose uptake in 3T3-L1 adipocytes. *Arch Biochem. Biophys.*, **397**, 384-391 (2002).
- 76) Maddux, BA., See, W., Lawrence, JC., *et al.*: Protection against oxidative stress-induced insulin resistance in rat L6 muscle cells by micromolar concentrations of α -Lipoic acid. *Diabetes*, **50**, 404-410 (2001).
- 77) Blair, AS., Hajdich, E., Litherland, GJ., *et al.*: Regulation of glucose transport and glycogen synthesis in L6 muscle cells during oxidative stress. Evidence for cross-talk between the insulin and SAPK2/p38 mitogen-activated protein kinase signaling pathways. *J. Biol. Chem.*, **274**, 36293-36299 (1999).
- 78) Wang, Y., Li, X.: α -Lipoic acid increases energy expenditure by enhancing adenosine monophosphate activated protein kinase peroxisome. *Metabolism Clinical and Experimental*, **59**, 967-976 (2010).
- 79) Zhang, J., Dang, L., Wei, H.: Thermodynamic analysis of lipoic acid crystallized with additives. *J. Therm. Anal. Calorim.*, **111**, 2063-2068 (2013).
- 80) Matsugo, S., Yana, L. J., Konishi, T., *et al.*: The Lipoic Acid Analogue 1,2-Diselenolane-3-pentanoic Acid Protects Human Low Density Lipoprotein against Oxidative Modification Mediated by Copper Ion. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **240**, 819-824 (1997).
- 81) Sen, C.K., Tirosh, O., Roy, S., *et al.*: A Positively Charged α -Lipoic Acid Analogue with Increased Cellular Uptake and More Potent Immunomodulatory Activity. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **247**, 223-228 (1998).
- 82) Kono, Y., Inomata, M., Hagiwara, S., *et al.*: Antiproliferative effects of a new α -lipoic acid derivative, DHL-HisZnNa, in HT29 human colon cancer cells in vitro. *S. Expert Opin Ther Targets*. **16(S1)**, S103-109 (2012).
- 83) Kofuji, K., Nakamura, M., Isobe, T., *et al.*: Stabilization of α -lipoic acid by complex formation with chitosan. *Food Chemistry*, **109**, 167-171 (2008).
- 84) Weerakody, R., Fagan, P., Kosaraju, S. L.: Chitosan microspheres for encapsulation of α -lipoic acid. *Int. J. Pharm.*, **357**, 213-218 (2008).
- 85) Ikuta, N., Sugiyama, H., Shimosegawa, H., *et al.*: Analysis of the Enhanced Stability of R(+)-Alpha Lipoic Acid by the Complex Formation with Cyclodextrins. *Int. J. Mol. Sci.*, **14**, 3639-3655 (2013).
- 86) Nishiura, H., Sugimoto, K., Akiyama, K., *et al.*: A Novel Nano-Capsule of α -Lipoic Acid as a Template of Core-Shell Structure Constructed by Self-Assembly. *J. Nanomed. Nanotechnol.*, **4(1)**, 1000155 (2013).
- 87) Min, AK., Kim, MK., Kim, HS., *et al.*: Alpha-lipoic acid attenuates methionine choline deficient diet-induced steatohepatitis in C57BL/6 mice. *Life Sciences*, **90**, 200-205 (2012).

シソ科植物の保健作用

芳野 恭士 (YOSHINO Kyoji) *

* 沼津工業高等専門学校 物質工学科

Key Words：オレガノ・ローズマリー・シソ科・抗炎症作用・血糖上昇抑制作用

はじめに

ハーブやスパイスに関する著述は多く、食品に適用する矯臭作用、賦香作用、辛味作用、着色作用といった本来の使用目的に加え、抗酸化作用や抗菌作用などの副次的な効果が知られている。ハーブやスパイスに使用される植物は、コショウ科のコショウ (*Piper nigrum*)、アブラナ科のカラシナ (*Brassica juncea*)、セリ科のコリアンダー (*Coriandrum sativum*) など多様な科に属するものがあるが、シソ科の植物もまた大変良く用いられている。シソ科の洋風のハーブとしては、オレガノ (*Origanum vulgare*)、オーデコロンミント (*Mentha piperita* var. *citrata*)、サルビア (*Salvia splendens*)、スペアミント (*Mentha spicata*)、セイボリー (*Satureja* spp.)、セージ (*Salvia officinalis*)、タイム (*Thymus vulgaris*)、バジル (*Ocimum basilicum*)、ヒソップ (*Hyssopus officinalis*)、ペパーミント (*Mentha piperita*)、ベルガモット (*Monarda didyma*)、マジョラム (*Origanum majorana*)、ラベンダー (*Lavandula* spp.)、レモンバーム (*Melissa officinalis*)、ローズマリー (*Rosemarinus officinalis*) などがあり、その利用部位としては葉や茎が多い。和風のハーブとしては、シソ (*Perilla frutescens* var. *crispa*)、ニホンハッカ (*Mentha arvensis* var.

piperascens) などがある。これらのシソ科の植物の一般的な用途として、オレガノ、セイボリー、セージ、タイム、ローズマリーの矯臭、脱臭作用や、オレガノ、セージ、タイム、バジル、マジョラム、ミント、ローズマリーの賦香作用などがあり、肉類、魚介類、乳製品等に広く適用されている^{1,2)}。特に、シソ科のハーブは酸味との相性が良いとされている。著者は、これまでにオレガノやローズマリーの副次的効果としての保健作用を報告してきたので、ここではそれらを含めたシソ科植物の保健作用について概説する。

1. 抗酸化作用とその有効成分

これまでに、ハーブやスパイスの数十種類を対象に、その抗酸化作用をラジカルの自動酸化反応、1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジルラジカルや2,2'-アゾビス(2-アミジノプロパン)二塩酸塩から生成するラジカルによる酸化反応、調理牛肉の酸化反応等を用いた *in vitro* の系で比較した研究が、多く報告されている。シソ科の植物の中には、特に強い抗酸化作用を示すものが多く、オレガノ^{1,3-8)}、セイボリー⁶⁾、

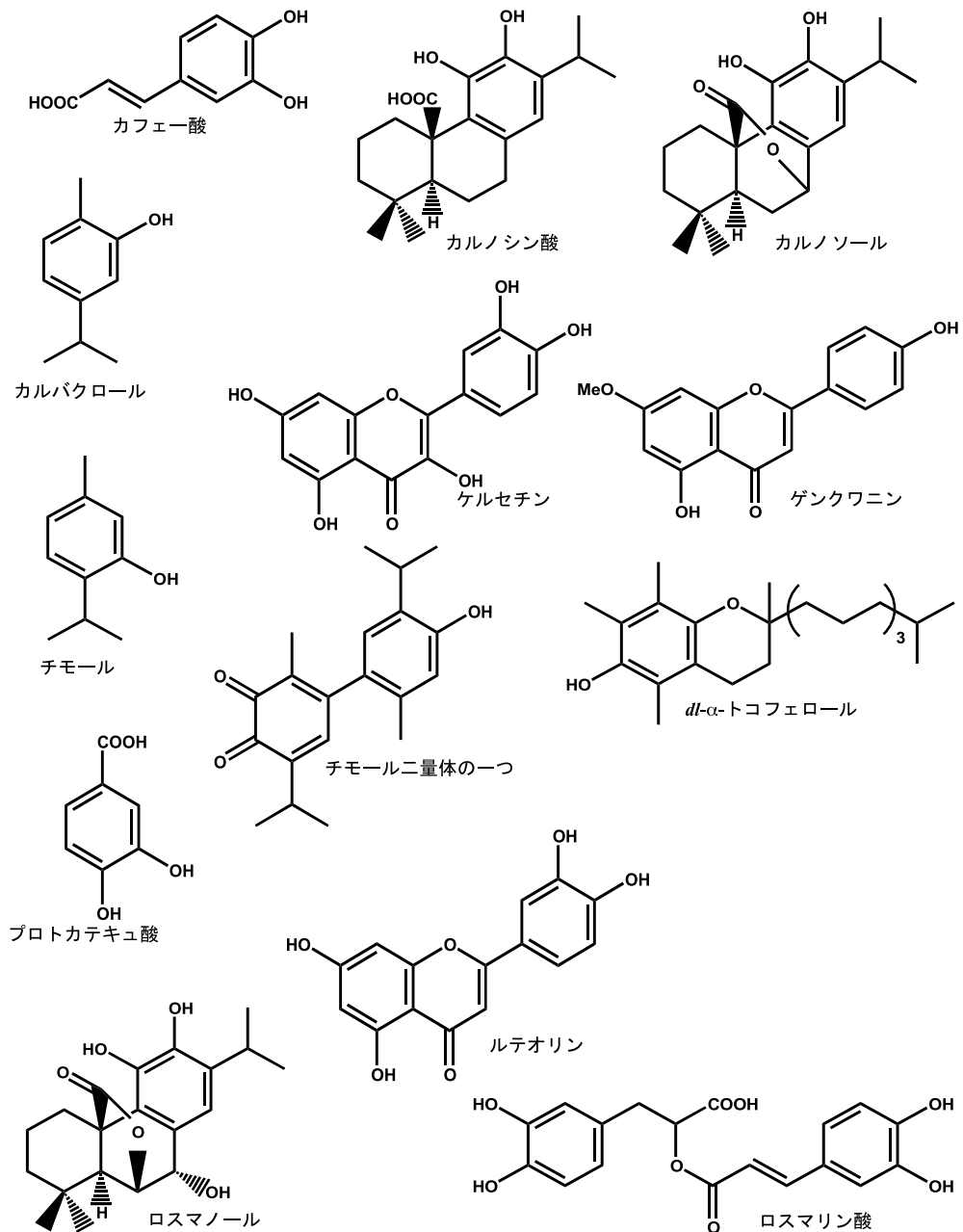


図1 シソ科植物に含まれる主な抗酸化成分の化学構造

セージ^{1,3,4,6-9)}, タイム^{1,3-8)}, バジル^{1,4-6)}, ペパーミント⁵⁾, マジョラム^{4,6,8)}, レモンバーム⁵⁾, ローズマリー^{1,3,4,6-9)}, シソ¹⁰⁾での同作用が知られている。

これらの植物中に含まれる抗酸化成分としては、植物に一般的に含まれるポリフェノール類

が挙げられる(図1)。総ポリフェノール量の多いものに、オレガノ、セージ、ローズマリーがあり、フラボノール量の多いものとしては、オレガノ、セージ、ペパーミント、ローズマリーがある⁸⁾。具体的な成分⁷⁾としては、ローズマリーでは炭素数20でアビエタン骨格を有する

フェノール系ジテルペノイドであるカルノシン酸、カルノソール、ロスマノールがある。ローズマリー中のフェノール化合物の示す低比重リボタンパク質酸化抑制作用には、ジオール構造物の寄与が高いものと考えられている¹¹⁾。セージでは、これらの成分の他に種々のフラボノイドが含まれる。タイムでは、その精油中にチモールやカルパクロールが多量に含まれ、非揮発成分としてはチモールの2量体であるビフェニル化合物が抗酸化成分として含まれる。オレガノには、フェノールカルボン酸であるプロトカテキュ酸、カフェー酸、ロスマリン酸およびそれらの類縁体が含まれる。マジョラムにも同様の成分が含まれている。シソに含まれるフラボノイドのルテオリンは、その食餌摂取によりラット結腸で抗酸化作用を示す¹²⁾。これらの植物にはトコフェロールが含まれており、その含量の高いものとしてバジル、セージ、ローズマリー、オレガノ、タイム、レモンバームがあるが、それらの抗酸化力とトコフェロール含量の間には明確な相関は認められていない^{5,13)}。

2. オレガノの炎症抑制作用

天然物の抗酸化作用は、様々な疾病の予防に寄与するものと考えられるが、期待される保健作用の一つに抗炎症作用がある。炎症が起こるメカニズムは複雑であるが、免疫系で働く各種ケミカルメディエーターにより活性化されたマクロファージ等の食細胞で過剰に産生されるスーパーオキシドアニオンラジカル等の活性酸素素により、周囲の正常組織が傷害を受けることが、直接の症状に繋がるものと考えられる。従って、活性酸素捕捉作用や活性酸素素による酸化的連鎖反応の抑制作用といった抗酸化作用を有する化合物には、炎症を抑制する効果が期待できる。著者はこれまでに、緑茶に含まれる抗酸化成分であるカテキン類の抗炎症作用について報

告してきた¹⁴⁾。

シソにも抗アレルギー作用があることが知られており^{15,16)}、そのメカニズムとしては成分の一つであるロスマリン酸による炎症抑制作用^{17,18)}や、ルテオリン配糖体のアラキドン酸代謝阻害作用(12-ヒドロキシ-5,8,10,14-エイコサテトラエン酸産生抑制作用)¹⁹⁾が考えられる。さらに、シソ以外でもオレガノ、スペアミント、セージ、タイム、ペパーミント、マジョラム、ローズマリーにラット腹腔細胞からのロイコトリエンB₄の放出抑制作用が、また、バジル、ペパーミント、ローズマリーにラット腹腔細胞からのヒスタミン放出抑制作用がそれぞれ認められており⁸⁾、このようなケミカルメディエーター放出抑制作用も、炎症抑制作用に寄与しているものと考えられる。

そこで以前、著者らはオレガノの60%エタノール抽出物の抗酸化活性と、そのストレス誘発胃炎および接触皮膚炎のモデルマウスにおける炎症抑制作用について検討した²⁰⁾。まず、オレガノ抽出物の抗酸化作用として、塩化第二鉄の還元力を α, α' -ジピリジル法で測定した。オレガノ抽出物は、 $1.0 \times 10^{-3} - 6.6 \times 10^{-2}$ mg/mLの濃度の範囲で、濃度依存的に3価鉄を還元した。 3.9×10^{-2} mg/mLでのオレガノ抽出物の効果は、 7.6×10^{-3} mg/mLでのアスコルビン酸の効果とほぼ等しかった。抗酸化作用としては、このような還元作用やラジカル捕捉作用、ラジカル消光作用、酸化反応を促進する重金属に対するキレート作用などの測定がよく行われている。しかし、一方で脂質ペルオキシドや過酸化水素を処理する酵素、ペルオキシダーゼに対して電子を供与することにより抗酸化力を発揮する化合物もある。動物体内のペルオキシダーゼとしてはグルタチオンペルオキシダーゼが、消化管内の同酵素としては唾液ペルオキシダーゼやミクロペルオキシダーゼが、それぞれ知られている。通常、これらの酵素の基質とし

ではグルタチオンペルオキシダーゼの場合はグルタチオンが、唾液ペルオキシダーゼやミクロペルオキシダーゼの場合には、口腔ではSCN-が、胃内ではCl-が働いているが、植物中のポリフェノール類も同様の機能があることがわかっている。そこで、オレガノ抽出物のセイヨウワサビ (*Armoracia rusticana*) 由来ペルオキシダーゼに対する基質としての効果を、フェノールと比較した。オレガノ抽出物のペルオキシダーゼに対する基質としての活性は、同量のフェノールの約60%であり、マジョラムやローレルの抽出物の約26%と28%に比較して強かった。従って、オレガノ抽出物は消化管内で唾液ペルオキシダーゼやミクロペルオキシダーゼの良い基質となり、脂質ペルオキシドや過酸化水素を処理することができるものと考えられる。

このようなオレガノ抽出物を50～200 mg/kg 体重の投与量でマウスに経口投与したところ、寒冷拘束ストレスで誘発される胃壁の出血点数を約30%抑制することが確認された。既知の抗炎症剤であるヒドロコルチゾンの同量の投与での抑制率は、約50～80%であった。浸水拘束ストレスによるマウスの胃炎で、体内の過酸化脂質レベルが高まるという報告があり²¹⁾、炎症と酸化ストレスとの密接な関係が示唆されるとともに、今回の実験でもオレガノの抗酸化作用がその炎症抑制作用に寄与していることが推察された。次に、オレガノ抽出物を0.10または0.20 mg/耳介の投与量で経皮投与したところ、オキサゾロンで誘発されるマウス接触過敏症における耳介の肥厚が、約18%と55%抑制された。ヒドロコルチゾンの同量の投与での抑制率は、約60%と75%であった。さらに、その後の検討により、オレガノ抽出物の200または300 mg/kg 体重の投与量での経口投与は、オキサゾロン誘発のマウス耳介の肥厚をどちらも約35%抑制し、経口投与でも接触皮膚炎への予防効果が認められた(図2)。

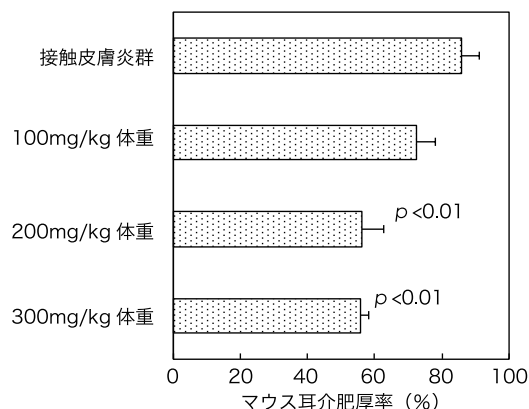


図2 オレガノ抽出物の経口投与によるマウス接触皮膚炎抑制作用

n=5. 平均 ± 標準誤差。図中に接触皮膚炎群との統計学的有意差を表示。

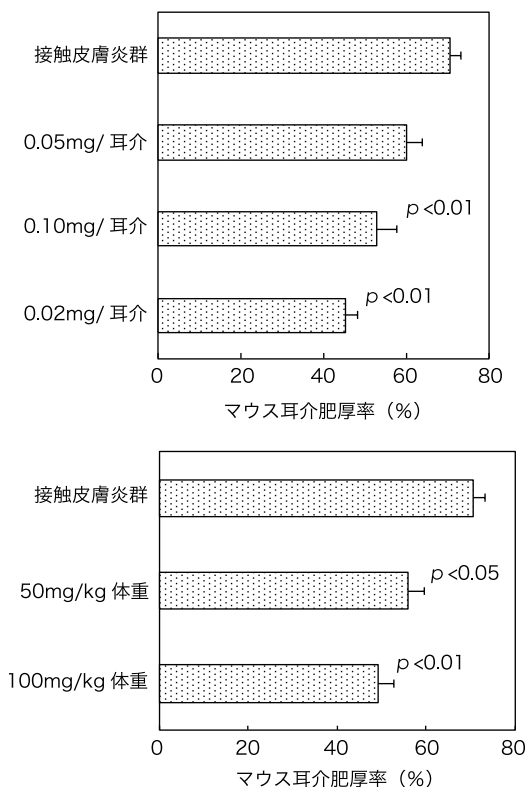


図3 ロスマリン酸のマウス接触皮膚炎抑制作用

上段;経皮投与, 下段;経口投与。n=4. 平均 ± 標準誤差。図中に接触皮膚炎群との統計学的有意差を表示。

オレガノ抽出物の抗炎症成分としては、まず、既知の成分であるカフェー酸が 0.1 mg/ 耳介の経皮投与でマウス接触皮膚炎抑制作用を示すことがわかっている²²⁾。また、ロスマリン酸も 0.05, 0.10 および 0.20 mg/ 耳介で経皮投与、あるいは 50 および 100 mg/kg 体重で経口投与することで、マウス接触皮膚炎抑制作用を示すことを確認した (図 3)。

3. ローズマリーの血糖上昇抑制作用

シソ科植物の中で、マジョラムやシソには動物の消化管内の糖分解酵素である α -グルコシダーゼ活性に対する阻害作用や、食後血糖値の上昇を穏やかにする効果があることが知られている²³⁻²⁵⁾。その有効成分としては、ルテオリンとその配糖体、6-ヒドロキシフラボノイド類などが報告されている。

そこで、著者らは 31 種のハーブあるいはスパイスの水または 50% エタノール抽出液について、 α -グルコシダーゼの一種であるラット小腸スクラーゼ活性に対する阻害作用の強さを *in vitro* の反応系で比較してみた。その結果、ローズマリーの 50% エタノール抽出液に特に強い活性があることがわかった²⁶⁾。ローズマリーの 50% エタノール抽出物は、ラット小腸スクラーゼだけでなく、マルターゼの活性も阻害した。このローズマリー抽出液を 20 mg/ マウスの投与量で、スクロースまたはマルトースと同時にマウスに経口投与したところ、30 分後における血糖値の上昇が有意に抑制された。さらに、ストレプトゾトシン (STZ) 誘発 1 型糖尿病モデルマウスに、飲用水としてローズマリー抽出液の 0.01% 水溶液を摂取させたところ、STZ 投与 4 日後の血糖値の上昇が有意に抑制された。ローズマリー抽出液の飲用は、STZ 誘発糖尿病マウスの小腸におけるスクラーゼとマルターゼの活性の上昇も抑制した。これら α -グ

表 1 ローズマリー 50% エタノール抽出液中の成分含量

成分名	含量 (mg/mL)
カルノソール	0.461
ゲンクワニン	0.0519
ルテオリン	0.178
ロスマリン酸	1.69

ルコシダーゼ活性の阻害に関わる有効成分を単離したところ、5,7,3',4'-テトラヒドロキシフラボンの構造を持つルテオリンであった。これらの結果は、ローズマリーの抽出液が糖尿病や肥満の予防のために有効な食品素材であることを示唆している。なお、その後の検討により、このローズマリー抽出液には表 1 に示すようにルテオリンのほかにロスマリン酸、ゲンクワニン、カルノソールが含まれていることを確認した。カルノシン酸については、存在は推測できたが定量には至らなかった。前項で示したように、ロスマリン酸には接触皮膚炎抑制作用があるので、ローズマリー抽出液にも同様の効果が期待される。

4. その他の保健作用

シソ科植物には、抗酸化作用、炎症抑制作用、糖吸収抑制作用のほかにもいくつかの保健作用が知られている。まず、オレガノ、シソ、タイム、バジル、ハッカ、ローズマリーにがん予防効果が期待されている²⁷⁾。その有効成分としては、オレガノ中の抗変異原成分であるケルセチンとガランジン²⁸⁾、シソ中のロスマリン酸¹⁸⁾、ローズマリー中の発がんプロモーション抑制成分であるカルノソール²⁹⁾などが報告されている。このうち、ケルセチンには経皮投与でマウス接触皮膚炎抑制作用も確認されている²²⁾。

次に、他の多くの香辛料と同様に、オーデコロンミント、オレガノ、シソ、セイボリー、セー

ジ、タイム、バジル、ペパーミント、マジョラム、ラベンダー、ローズマリーは、大腸菌やブドウ球菌、枯草菌、カビ類に対して抗菌作用を示すことが知られている^{1, 2, 29-33)}。その有効成分としては、オレガノ中のポリフェノール化合物であるチモール、セージ中の揮発性ジテルペンである *dl*-リモネン、ローズマリー中のロスマノールなどがある。

ローズマリーに含まれるロスマノールや、タイムに含まれるチモールの二量体であるビフェニル化合物の中には、強い消臭効果が見られるものもある²⁹⁾。

シソやローズマリーなどに含まれるルテオリンは、内皮細胞でのエンドセリン-1の分泌

を抑制することで、血圧を制御する可能性もある³⁴⁾。

おわりに

今から 5000 年前の古代アッシリア時代の壁画等から、すでにシソ科のオレガノやタイムなどがハーブとして使われていたことが伺え¹⁾、人類とシソ科植物との関わりは長い。しかし、ハーブを矯臭作用、脱臭作用、賦香作用を期待して使用する場合、少量しか食品に添加されないことが多い。これに対し、シソはそれ自体を葉菜としてある程度の量まとめて摂取することが可能であり、その保健作用が有効に発揮される機会が多い魅力的な食材であると考えられる。

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

- 1) 河智義弘：香辛料の有用性．生活衛生 **38**: 49-64. 1994.
- 2) 大川 統，池田誠司：香辛料抽出物．*Foods & Food Ingredients J. Jpn.* **217**: 205-210. 2012.
- 3) J. R. Chipault, G. R. Mizuno, J. M. Hawkins, *et al.*: Antioxidant properties of natural spices. *Food Res.* **17**: 46. 1952.
- 4) 斉藤 浩，木村雄吉，坂本知紀：POV よりみた各種香辛料粉末の抗酸化性．栄養と食糧 **29**: 404-408. 1976.
- 5) 春日敦子，青柳康夫，菅原龍幸：食用植物の抗酸化性について．日食工誌 **35**: 828-834. 1988.
- 6) 森光康次郎：香辛料中の抗酸化物質について．食衛誌 **42**: 63-70. 2001.
- 7) 中谷延二：香辛料に含まれる機能成分の食品化学的研究．日本栄養・食糧学会誌 **56**: 389-395. 2003.
- 8) 高杉美佳子，加藤雅子，前田典子，他：乾燥ハーブ熱水抽出物によるケミカルメディエーター放出抑制作用．日食工誌 **57**: 121-127. 2010.
- 9) J. W. Wong, K. Hashimoto, T. Shibamoto: Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. *J. Agric. Food Chem.* **43**: 2707-2712. 1995.
- 10) 伊藤 茂，吉村幸江，井上正勝：アオジソ抽出物のラジカル消去能及び抗酸化力の安定性．愛知農総試研報 **34**: 111-114. 2002.
- 11) D. A. Pearson, E. N. Frankel, R. Aeschbach, *et al.*: Inhibition of endothelial cell-mediated oxidation of low-density lipoprotein by rosemary and plant phenolics. *J. Agric. Food Chem.* **45**: 578-582. 1997.
- 12) V. Manju, V. Balasubramaniyan, N. Nalini: Rat colonic lipid peroxidation and antioxidant status: The effects of dietary luteolin on 1,2-dimethylhydrazine challenge. *Cell. Mol. Biol. Lett.* **10**: 535-551. 2005.
- 13) 斉藤 浩，浅利喬泰：香辛料のトコフェロール含有量について．栄養と食糧 **29**: 289-292. 1976.
- 14) K. Yoshino, T. Kawaguchi, K. Yamazaki, *et al.*: Preventive effects of (-)-epigallocatechin-3-O-gallate on mouse type IV allergy induced by oxazolone and its antiinflammatory activities. *J. Technol. Educ.* **17**: 57-65. 2010.
- 15) 小砂憲一，若命浩二：シソエキスの抗アレルギー作用と食品への応用．食品と開発 **32**: 16-18. 1997.
- 16) H. Ueda, M. Yamazaki: Anti-inflammatory and anti-allergic actions of oral administration of a perilla leaf extract in mice. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **65**: 1673-1675. 2001.
- 17) N. Osakabe, A. Yasuda, M. Natsume, *et al.*: Rosmarinic acid, a major polyphenolic component of *Perilla frutescens*, reduces lipopolysaccharide (LPS)-induced liver injury in D-galactosamine (D-GalN)-sensitized mice.

Free Rad. Biol. Med. **33**: 798-806. 2002.

- 18) N. Osakabe, A. Yasuda, M. Natsume, *et al.*: Rosmarinic acid inhibits epidermal inflammatory responses: anticarcinogenic effect of *Perilla frutescens* extract in the murine two-stage skin model. *Carcinogenesis* **25**: 549-557. 2004.
- 19) Y.-N. Zheng, J. Zhang, L.-K. Han, *et al.*: Effects of compounds in leaves of *Salix matsudana* on arachidonic acid metabolism. *Yakugaku Zasshi* **125**: 1005-1008. 2005.
- 20) K. Yoshino, N. Higashi, K. Koga: Antioxidant and antiinflammatory activities of oregano extract. *J. Health Sci.* **52**: 169-173. 2006.
- 21) N. Alptekin, S. Seckin, S. Dogru-Abbasoglu, *et al.*: Effect of vitamin C on glutathione and lipid peroxide levels in rats exposed to water-immersion restraint stress. *Med. Sci. Res.* **26**: 595-597. 1998.
- 22) 芳野恭士: カンキツ類の保健作用. *New Food Industry* **54**: 20-30. 2012.
- 23) A. Zarzuelo, I. Jimenez, M. J. Gamez, *et al.*: Effects of luteolin 5-O- β -rutinoside in streptozotocin-induced diabetic rats. *Life Sci.* **58**: 2311-2316. 1996.
- 24) T. Matsui, M. Kobayashi, S. Hayashida, *et al.*: Luteolin, a flavone, does not suppress postprandial glucose absorption through an inhibition of α -glucosidase action. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **66**: 689-692. 2002.
- 25) J. Kawabata, K. Mizuhata, E. Sato, *et al.*: 6-Hydroxyflavonoids as α -glucosidase inhibitors from marjoram (*Origanum majorana*) leaves. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **67**: 445-447. 2003.
- 26) K. Koga, H. Shibata, K. Yoshino, *et al.*: Effects of 50% ethanol extract from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) on α -glucosidase inhibitory activity and the elevation of plasma glucose level in rats, and its active compound. *J. Food Sci.* **71**: S507-S512. 2006.
- 27) 大澤俊彦: 「機能性成分」の現状. *化学と生物* **44**: 406-412. 2006.
- 28) K. Kanazawa, H. Kawasaki, K. Samejima, *et al.*: Specific desmutagens (antimutagens) in oregano against a dietary carcinogen, Trp-P-2, are galangin and quercetin. *J. Agric. Food Chem.* **43**: 404-409. 1995.
- 29) 中谷延二: 香辛料に含まれる機能成分の食品化学的研究. *日本栄養・食糧学会誌* **56**: 389-395. 2003.
- 30) 小川哲郎, 一色賢司: 食用植物, 特にハーブの揮発性成分による微生物の増殖抑制. *食科工誌* **43**: 535-540. 1996.
- 31) 寺沢なお子, 北野吏英子, 村田容常: ハーブの *Bacillus subtilis* および *Escherichia coli* に対する抗細菌作用. *日本家政学会誌* **52**: 7-15. 2001.
- 32) K. Rhayour, T. Bouchikhi, A. Tantaoui-Elaraki, *et al.*: The mechanism of bactericidal action of oregano and clove essential oils and of their phenolic major components on *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *J. Essent. Oil Res.* **15**: 286-292. 2003.
- 33) K. Rhayour, T. Bouchikhi, A. Tantaoui-Elaraki, *et al.*: The mechanism of bactericidal action of oregano and clove essential oils and of their phenolic major components on *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *J. Essent. Oil Res.* **15**: 356-362. 2003.
- 34) T. Kozakai, A. Yamanaka, T. Ichiba, *et al.*: Luteolin inhibits endothelin-1 secretion in cultured endothelial cells. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **69**: 1613-1615. 2005.

北の地域における食資源の研究と 産学官連携による食品開発

岩井 邦久 (IWAI Kunihiisa)*¹ 倉本 修助 (KURAMOTO Shusuke)*² 中館 洋一 (NAKADATE Yoichi)*³

*¹ 青森県立保健大学・健康科学部・栄養学科, *² 青森市農林水産部, *³ 青森県商工労働部

Key Words：地域食資源・生理作用・機能性成分・産学官連携・ガマズミ・アピオス

はじめに

食品の研究は量から質へ、そして質から機能性へと、その注目点は社会情勢とともに移り変わってきたといえる。即ち、現在の機能性研究が盛んな背景には、日本が医療技術の進歩などによって有数の長寿国となる一方で、生活習慣病が増加していることがあげられる。人々の願いは寝たきりではなく、健康な状態で長生きすることである。そのため、慢性疾患を予防できるような機能性が食品にも求められ、病気を薬で治すのではなく、病気にならないような食事や食生活が人々の関心事となっている。このようなことから、食品の機能性に関する研究は身近で重要な位置を占めるようになった。

優れた三次機能を利用するためには、少量の機能性成分は増量、濃縮、付与などによって顕在化させる、あるいは機能性素材へ変換される。このような加工によって保健機能を発現しやすく

したものが機能性食品であり（図1）、生活習慣病の予防に関心が高い現在では、新たな食品素材・資源から生理機能の探索、関与成分の解明、新たな素材開発といった研究が多数行われている¹⁻³⁾。

本稿では、地方の食素材を対象とした三次機能の研究が、その地域に潜在する食資源を発掘し、さらには素材化や製品開発を促した取組みや産学官連携活動などを紹介する。

1. 食品の三次機能としての抗酸化作用 ……活性酸素と生活習慣病

癌、脳血管疾患、心血管疾患などに代表される生活習慣病の増加は医療費の増大をもたらし、我が国において深刻な問題となっている。特に、糖尿病や心臓病などは、食事を中心としたライフスタイルの欧米化などが発症に大きく

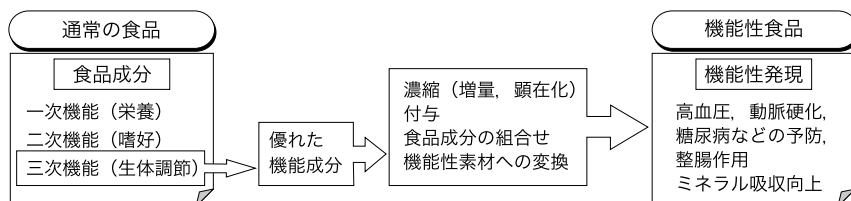


図1 機能性食品の概念

関与していると考えられている。また、以前は高血圧、高コレステロール血症、肥満、糖尿病が虚血性疾患の四大因子として「死の四重奏」と呼ばれていたが、現在では内臓脂肪蓄積がこれらの上流に位置することが明らかとなり、メタボリックシンドローム（内臓脂肪症候群）の概念となっている。

一方、癌や生活習慣病の要因が様々な角度から研究されてきた結果、活性酸素やフリーラジカルが生体構成成分の酸化傷害を引き起こし、これが発癌や生活習慣病、さらには老化の遠因にもなっていることが明らかとなってきた⁴⁾。体内で発生する活性酸素は体を病原菌から守り、余剰の活性酸素はビタミンEや抗酸化酵素などによって消去されている。即ち、健康体では活性酸素を生成する機構と消去する機構がバランス良く働いているが、活性酸素は過度の運動、喫煙、ストレスなど種々の要因によっても発生するため、これを消去しきれないと正常な細胞や組織に酸化傷害が及び、発癌や生活習慣病の引き金となる⁵⁾。そのため、最近では酸化傷害を防御したり、活性酸素の発生を防ぐことに主眼をおいた健康志向が増えており、抗酸化性を備えた食品を摂取することによって体内の抗酸化性を高め、過剰な活性酸素を消去し、発癌や疾患を予防することが期待されている。

2. 青森県の農水産資源と生理機能の研究

青森県は本州最北の地であるが、三方を海に囲まれ、農水産資源に恵まれている。どの位恵まれているかといえば、カロリーベースによる食料自給率が110～120%の高水準で、果実類、大豆、野菜、肉類、鶏卵、魚介類などの自給率は全国平均を上回っており、日本の食料供給地域となっている。

この1次産業および農水産物を利用した2次産業の振興、さらには6次産業化の活性化には、

この豊富な食資源やそれらを活用した加工食品に関する健康面や嗜好面での有用性を科学的に証明し、それに基づいたブランドを構築することが必要である。そのため、県としても「健康」と「食」をキーワードに青森県の食産業における高付加価値化や農水産物のイメージアップを目指している。

青森県の農水産物としてはリンゴ、ニンニク、ホタテが代表的であり、出荷量ではゴボウが全国1位、ナガイモ、ダイコン、カブ、ニンジンなどは5位以内である。しかし、それら以外にも青森でなければ得ることのできない地域特有の食素材も存在する。我々はそのようなあまり知られていない作物に着目し、研究を続けてきた。それは、このような作物や食資源には地域の優位性があり、そこに機能性が見出され消費者ニーズとマッチすれば一挙に増大する可能性があるからである。

このようなことから、我々は抗酸化活性を切り口として地域の食資源が持つ生理機能や機能性成分を探索し、健康に有益な効果の詳細を明らかにすべく機能性の研究を重ねている。また、高付加価値化と有効利用のために地域の生産者、企業、行政との共同研究や連携も行ってきた。その具体例としてガマズミ果実^{6,7)}とアピオス⁸⁾を取り上げ、その研究を食品開発に結びつけるために取組んで来た活動を述べる。

3. ガマズミ果実の研究と開発

1) 研究の経緯

ガマズミ (*Viburnum dilatatum* Thunb) は丘陵地帯に広く自生しているスイカズラ科の小樹木で、10月下旬に小果実が紅熟する(図2)。これは、山で狩りをするマタギが晩秋から冬にかけての山中でガマズミ果実を見つけるとよく食べたという言い伝えがあるが、一般の人には食べられることさえ知られていない樹木である。



図2 ガmazumi樹木

冷涼な青森県三戸地域ではガmazumiが多数自生しており、同地域ではこの小果実を地域の新たな作物にできないかと考えるようになった。そこで、町の有志が野生のガmazumiを山から畑に移植し栽培を試行錯誤した結果、食用に適したガmazumi品種を選別し、リンゴなどより簡便な方法で栽培や収穫ができることを見出し、新たな町の産物に育てる取組みが始まった。一方、ガmazumiを食べた地域住民の中には体調の良さを実感している人もいた。しかし、何がどのように良いのかはほとんど分らない状態であった。

そのような状況下で、我々はガmazumi果実の抗酸化活性が強いことを見出した。ガmazumiに関しては、テルペノイドやフラボノイド類に関する分析・同定的な研究報告はあったものの⁹⁾、生理作用に関する研究は皆無であり、我々は生理活性への期待とガmazumiの持つストーリー性や地域色の豊かさに興味を深め、研究を開始した。

2) ガmazumi果実の生理作用

ガmazumiは、果実が数十個の単位で鞠状の房を形成し、果実1個は5～6mm程度の大きさで、非常に酸味が強い(図3)。10月頃から熟度が増すが、果実が小さい割に種子が大きいいため、マタギが山で食べたという伝承は、食べたというよりも果汁をすすったと考えられる。

従って、ブドウやブルーベリーの様に果肉を食べる用途には向かないことから、果実を搾汁し飲料として活用する方針を立てた。

そこで、実験では果実の水溶性抽出物をラットに与えて水浸拘束ストレスを負荷した。ストレスによって生成した過剰な活性酸素が酸化傷害を引き起こし、消化管粘膜障害に至ることが明らかになっていたからであり⁵⁾、我々はガmazumiの抗酸化作用は酸化傷害の抑制に効果があるのではないかと考えた。その結果、ストレス負荷により発生する胃潰瘍が抽出物の摂取により抑制され、生体内の過酸化脂質濃度も低下した¹⁰⁾。この時、抗酸化酵素は誘導されず、酸化傷害の抑制はガmazumiの抗酸化成分が作用したためであることが明らかになった¹¹⁾。この結果は、抗酸化活性の強い食品を食べることで生体内の酸化傷害を抑制し得ることも示唆した。

また、ガmazumi抽出物をストレプトゾトシン誘発糖尿病ラットに与えた結果、次第に増加する血漿や赤血球の過酸化脂質濃度が抑制された¹²⁾。糖尿病の酸化亢進は合併症の要因となることから¹³⁾、ガmazumiの抗酸化作用は糖尿病の合併症予防にも有用である可能性が示唆された。さらに正常値よりは高いものの、ガmazumiを摂取した糖尿病ラットの血糖値は摂取しないラットより低いレベルで推移し¹²⁾、経口糖



図3 ガmazumi果実

負荷試験でも血糖上昇が抑制された。この作用はガマズミのポリフェノールが有する α -グルコシダーゼ阻害活性によるものであり、ガマズミは血糖の上昇を抑制し得ることが示唆された¹⁴⁾。

ガマズミ果実にはビタミンCが豊富に含まれ、その量はレモンの4倍になる。また、ポリフェノールも多く、我々は5種類のポリフェノールを同定した^{15, 16)}。その中で、シアニジン3-サンプビオシドおよび4-メトキシクロロゲン酸はガマズミ果実に特徴的な物質であり、抗酸化作用を持つクロロゲン酸やケルセチンも見出された。これらが果実中ポリフェノールの半分以上を占めており、主要な作用成分であることが示唆された¹⁷⁾。

3) 研究成果の利用と製品開発

ガマズミは酸味が非常に強いいため果汁を開発した当初は加糖していたが、生理機能の可能性を見出した時点でそれを止め、一切の添加物を加えない天然の果汁飲料とした。従って、果汁の味を一定に保つためには原材料である果実の品質が重要になることから、収穫時期と果実の規格を定め、その指標にブリックスを使用した。我々は、9月から11月にかけて果実のブリックスと熟度が次第に増すこと、ならびにそれに連動したポリフェノール濃度の変化を見出し、その結果を元に10月下旬以降に定めたブリックスに達した時点で収穫することにした。

一方、収穫されたガマズミ果実は殆どが果汁飲料に加工されており、果実の増加とともに搾汁残渣も増大したことから、我々は残渣の処分が環境やコストの問題となる前に解決手段を構築しておくことが産業的發展に重要であると考え、残渣の有効利用を検討した。その結果、抗酸化成分が局在している果肉皮のみを分離収集することに成功し、果肉皮のポリフェノール濃度や抗酸化活性は残渣より上昇した。この技術により、従前は液状製品のみであったが、固形

のガマズミ製品の開発も可能となり、現在は装置も実用化され、果肉皮の新規素材化を進めるとともに、生理機能の解明にも取り組んでいる。この新たな素材と生理機能については、次の機会に紹介したい。

4) 「ガマズミ活用研究会」による産学官連携活動

これらの研究成果はガマズミ果汁の健康イメージを高める付加価値となり、知名度と生産農家が増加し、地域の自治体のバックアップもあり、開発当初は100～200 kgの収穫量が5～6年で10トンを超える生産規模に成長した。このように、研究は順調に進進し果実は安定的に収穫できるようになったが、地域の産業となるにはまだ規模が小さく、近年の収穫量は10～13トンに留まっている。その停滞には、製品、知名度、販路などが複合的に絡んでいるようであった。前述したように、収穫されたガマズミ果実はほぼ全てが果汁飲料に加工されているが、地方の中小企業単独による新たな製品開発や販売展開には限界があり、また果汁飲料のみという製品アイテムの少なさが展開におけるブレーキになっていた。そこで、競争力が強くはない地域産業を後押しするためには研究面(学)のみならず行政の応援が必要であると考え、県に協力を要請し、健康産業創出という観点でガマズミ事業のさらなる展開方法を検討した。

我々は、地域資源としてのガマズミの価値を評価し、その販路を広げ知名度を向上させるためには、まず多様な製品ラインアップが必要と考え、複数の企業がガマズミの製品開発を行いながら企業間交流も図る産学官連携プロジェクトを立ち上げた。それがガマズミ活用研究会であり、表1にその要点を示した。この研究会の骨格は、青森県立保健大学と共同研究企業である株式会社小野寺醸造元が中核となり、側面支援をする青森県と財団法人21あおもり産業総合支援センター(セン

表1 ガマズミ活用研究会の構想要点

目的・役割	ガマズミを真の地域産業として成り立たせ、他にも同様の産学官連携の取組みを誘発し、地域産業を活性化するための起爆剤とする
体制	・大学（中核機関）・企業（研究会会員）・県、センター（アドバイザー）
運営方針	・会員企業が地域素材を使った製品開発に意欲をもっていること ・多様な製品開発を促すため、各会員企業の製造ジャンルを調整する ・企業間交流を促す
活動内容	・会員企業に対し、大学と行政の資源を活かした支援を行う ・会員企業の技術やノウハウを活かした製品開発の支援を行う ・各種事業を通じた試食会・展示商談会等の出展、試作品の市場調査の支援を行う

ター）で構成した。骨格を固めたところでセミナーを開催して研究会の構想を説明し、参加企業を募ったところ、県内企業10社が参加して2007年に発足した。

研究会のシステムは、会員企業に対して大学が果実の機能性や特性を踏まえた助言・指導を行い、原材料となるガマズミ果実は小野寺醸造元が一次加工して安定供給する。開発した製品の情報発信などには大学や県が支援し、各種制度の紹介や販路開拓の支援をセンターが行う。これによって、会員企業独自の技術を使った新しいガマズミ製品の開発と販売を促進し、地域の活性化を図ることを目指した（図4）。

各社は、それぞれ多様なガマズミ製品の開発を目指していたため、研究会は企業の実情に合わせて個別に一貫した支援を行った。具体的には、「何を使用し」、「何をいつまでに開発するのか」等を定めて開発の方向性を決め、課題解決のために相談や技術指導などを随時行い、他の事業ともタイアップして開発を進めた。この様な手法は一般的なものであるが、地方の小規模企業がそれを全て自社で行うのは負担が大きすぎるうえ、客観的判断が難しくなる。その点で、この研究会体制では研究、開発、販売の各分野で助言できる人材が揃っていたため、種々の課題を企業内で抱え込まずに済んだ。特に、

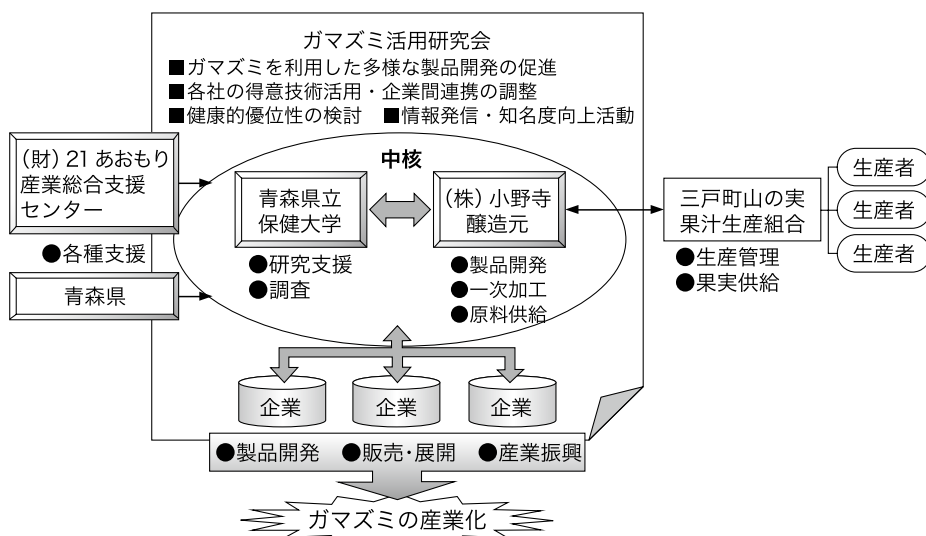


図4 ガマズミ活用研究会の体制と役割



図5 研究会で開発されたガンズミ製品

技術的課題には大学の知見をすぐ利用できたため解決は早く、開発に停滞感はなかった。その結果、3年間で行った試作は12品目、発売に至ったガンズミ製品は、ゼリー、リキュール、ジャム、ぼん酢、ドレッシング、飲料酢など8品目となった(図5)。また、ガンズミの知名度向上のためにリーフレットを作成するとともに、これらの製品には研究会で開発されたものとして研究会マークを貼付し、「神ッ実」という名称も共有するようにしている。

5) 研究会からクラスター計画へ

発足から5年が過ぎた現在、会員企業および開発製品も増え、ガンズミ活用研究会の活動によって様々な効果が現れた。それは、(1)個別対応のため各社の情報や技術などが守られ、制約も少ないことから短期間に多様なガンズミ製品が開発された、(2)ガンズミの利用が活発化したことによりメディアによる紹介が増え、それに伴ってガンズミに興味を持つ県内外企業から商談や問合せが増加した、(3)これまでチャンネルがなかったルートにもガンズミ素材が進出した、(4)ガンズミ利用以外でも会員企業間の新たな連携が生まれた、などである。一方、課題として、(1)ガンズミ果汁の利用が大きく促進されたのに比べて新規素材(粉末)の利用が少ない、(2)大手企業などの大規模な要望に生産量が追いつかない、(3)注目が

高まっているものの地元における消費は鈍い、などが出てきた。

そこで、新たな課題を克服するため、研究会活動を発展させる形として「ガンズミ・クラスター計画」を立案した。この計画では、研究会が主体となって次の3点を強化する取組となっている。

- (1) ガンズミ関連素材、特に新規素材を活用した製品開発の強化
- (2) ガンズミ製品のPR活動および販路拡大の強化
- (3) 地域での普及と生産者および企業との連携の強化

即ち、この計画はガンズミ素材を活用した新製品の開発をさらに促進し、地域におけるガンズミ生産規模の拡大を目指している。具体的には、事業開始から5年間で4品目の新商品開発と、20トンの果実生産量が目標で、クラスター計画の取組みが今後ガンズミ生産者を始めとして関連する地域産業を活性化することを期待している。

4. アピオスの研究と開発

1) 研究の経緯

アピオス (*Apios americana* Medikus) はマメ科のつる性多年草で、地中に5～10cm間隔のできる節が肥大したイモを食べる作物であり(図6)、



図6 アピオス

ホドイモと呼ばれている¹⁸⁾。つるは2 mにも伸びるのでナガイモネットを張って栽培し、11月には1 m²あたり約4.2 kg、約240個のイモが収穫される。北米原産のアピオスは、リングが青森県に導入された際にその苗木の土中に混じっていたと考えられている。この由来は伝承であるものの、実際に青森県の試験場が試験栽培を行って栽培法を確立しており、種芋も青森県から頒布されている。

アピオスは栄養価が高いことで注目を集め、健康食品的な扱いで便秘解消、産後の障害緩和、高血圧解消など様々な体験談も伝えられた¹⁹⁾。その一方で、イソフラボンやサポニンなどの機能性成分がアピオスから見出されていたが²⁰⁾、生理作用の報告はほとんどなかった。そこで、我々は青森県が国内発祥の地といわれているアピオスに興味を持ち、健康に有益な作用や成分の解明がアピオスの産業的發展につながると考え、研究を開始した。

2) アピオスの栄養成分と生理作用

生アピオスの栄養成分は、水分9.2%、タンパク質14.7%、脂肪1.3%、灰分3.8%、食物繊維21.8%、炭水化物49.2%であり、この組成比はジャガイモなどのイモ類より豆類に類似している。しかし、カルシウムやカリウムは大豆より多く、豆類には含まれないビタミンCも含有している。即ち、ジャガイモより高タンパク質で大豆より低脂肪、ミネラルも豊富な健康的食資源である²¹⁾。

我々は、高血圧に対する作用に焦点を当て、アピオス粉末を添加した飼料を調製し、自然発症高血圧ラット (SHR) に3週間与えた。その結果、SHRの血圧は上昇したが、アピオスを摂取した群では2～3週目に血圧の上昇が抑制された。3週間後のアピオス摂取群の血圧は非摂取群に比べて約10%低く、収縮期血圧は有意な低値を示した。この結果から、アピオスには血圧上昇抑制効果のあることが示され、また、

血漿中総コレステロールおよび中性脂肪濃度を抑制する作用も見出された^{21, 22)}。

この降圧作用と成分を解明する一環として、アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害活性を探索した結果、アピオスの抽出物に阻害活性が見られ²³⁾、その成分として多糖類を見出した。しかし、この多糖は高メトキシ型の新規なペクチン様酸性多糖であったが、精製すると活性は減弱し、降圧成分ではないと結論づけられた。その後、アピオスの消化物に抽出物より強いACE阻害活性を見出し、SHRでも血圧低下を認めた。これらの結果より、降圧作用はアピオスの消化物によるACE阻害作用が要因であることが示され、この消化物から数種類のACE阻害ペプチドを得た²⁴⁾。これらのペプチドのACE阻害活性は食品由来のペプチドとしては強く、機会があれば紹介したい。

3) 研究成果の波及と連携による取組み

この研究からアピオスの保健機能の一つとして血圧上昇抑制作用が科学的に解明され、有益な生理機能を持つ食資源であることが明らかになった。我々はこの成果を利用するため、青森県内の主要産地の一つである五戸町の株式会社倉石地域振興公社と連携した。アピオスはいんにく収穫用の機械をつけたトラクターで畑を掘り起こし、手作業で収穫される。アピオスは数珠状に連なっているため (図7-A)、ツルを剪断し洗浄、ボイル後、大きさによってS、M、L、2Lサイズに規格選別される (図7-B)。その割合はSが10%、M、Lおよび2Lは各20%で、これらは一般市販、病院食、学校給食などに用いられているが、それ以外の規格外品 (図7-C) も約30%存在する。今までは粉末化して一部を使用してきたが、その利用と販売には限界があり、この規格外品の活用を図ることが倉石公社の大きな課題であった。

そこで我々は、規格外アピオスを使った各種の試作を繰返し、こんにゃく化によって不思議

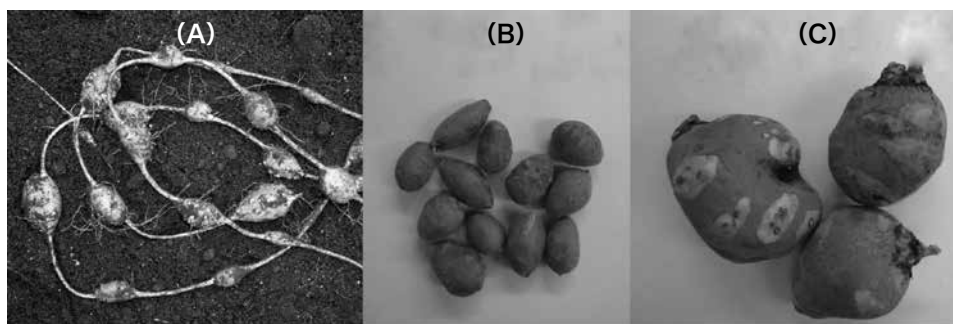


図7 収穫時のアピオス (A)、規格品 (B) および規格外品 (C)

な食感を得られることを発見し、その技術を利用した加工食品を開発した(図8)。この加工食品は、動物性食材を一切使わないながら焼くことによって肉の食感を持つことが特徴であり、これをきっかけに倉石公社のもの作りが加速し、菓子類、豆腐などの加工食品を開発し、アピオス関連食品のラインアップが増加した。

さらに、我々はアピオスの生理機能を解明して付加価値を高めること、および規格外アピオスの利用を進めることを目標に検討を重ね、前述のACE阻害ペプチドを調製する技術を活用して酢によるアピオスのエキスを調製し、飲料化を図った。その結果、アピオスのエキスをリンゴジュースとブレンドすることによって飲みやすくした「アピオ酢 in 青森りんご」が完成した(図9)。これは日本で初めてのアピオス入

り飲料であり、あらかじめ消化処理することによって高齢者など胃腸機能の低下した人でも摂取しやすくした優しい食品である。

この様な取組みにより、これまで販売できずにいた規格外アピオスの処理が可能となり、企業や生産者の収入増などの波及効果が得られた。現在、五戸町でのアピオス生産量は連携前の3トンから約12トンに増大し、県内第2位の生産地となっている。また、産地も当初は五戸町と七戸町だけであったものが、近年は青森市、深浦町、むつ市などでも栽培が広がっている。

現在は別の着眼点からアピオスの研究に取り組んでおり、行政側も町の特産品づくりという観点からその必要性を認識している。今後、健康志向食品としてのアピオスの機能性を多くの



図8 アピオス(右上)と開発したアピオス・こんにゃく製品



図9 アピオ酢 in 青森りんご

人に知ってもらい、販売、作付面積の拡大と生産量の増加を図りたいと考えている。

5. 地域における今後の課題

以上に紹介した研究と開発は、学術的観点だけでなく、「活用したい」「付加価値を高めたい」という企業・生産者側のニーズも踏まえた研究開発事例である。しかも、一つの課題を解決しながら次の課題にも目を向けて取り組んできた展開型の共同研究であり、それ故に研究だけに留まらず産学官連携による研究会活動や製品開発に発展してきたと考えている。

現在、青森県の一人当たり県民所得は以前より増加しているものの全国順位は35～40位で、就業時間は長いため、たくさん働く割りに所得は低い状況である。また、食料供給地域でありながら、食料品製造業の生産性では原材料費比率（原材料使用額等÷製造品出荷額等）が70.5%と高く（全国平均59.9%）、付加価値率（付加価値額÷製品出荷額等）が28.1%で低く（全国平均38.3%）、労働生産性（付加価値額÷従業者数）は526万円/人と低い（全国平均822万円/人）²⁵⁾。即ち、青森県には原材料となる農水産資源が豊富にあるものの、加工の度合いが少ない、あるいは付加価値が低いことがうかがえ、経済力の弱さの一因となっている。これ

を改善するためには、素材の特徴を活かすこと、栄養性や嗜好性を高めること、生理機能性を見出すことなどによって付加価値を高めることが必要で、それによって豊富な農水産資源をより有効に利用できれば、総生産並びに一人当たり県民所得は増加する余地があるといえる。

そのような中で、ガマズミやアピオスは、これまで示した生理機能だけでなく、地域性やストーリー性などでも優位性のある素材であり、青森県にはこれら以外にも保健機能をアピールできる優れた食資源がまだ多数潜在していると我々は考えている。即ち、この豊かな天然資源をうまく活用することが我々の研究戦略であり、それは地域の農水産資源から優れた生理機能を探索し、これを「食べる」ことによって短命である県民の健康維持・増進や疾病予防に役立て、他方これを「用いる」ことによって付加価値を高めた産業振興につなげることである（図10）。そのためにも、産学官の連携による研究開発を今後も推進していくことが必要だと考えている。

現在、大学の社会貢献として、知的財産基本法（2002年）や改正教育基本法（2006年）をひもとくまでもなく、新たな知見や知的財産の創造に取組み、それらの成果を広く社会に還元することが求められている。従って、上述のような地域産業の振興に関しても大学は積極的に携

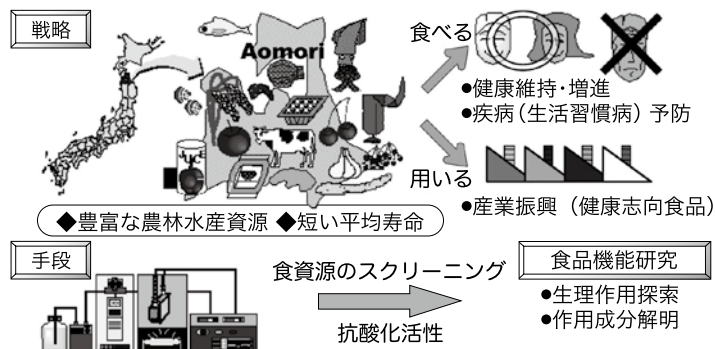


図10 青森県の食産業の振興に向けた豊富な農水産資源を活用する研究戦略

わるべきであり、そのためには研究成果の利用や社会還元に係るビジョンを持つことが必要である。

おわりに

近年、食による疾患の一次予防の重要性が広く認識され、様々な食の機能性に注目が集まり、次々と新しい健康食品が開発されている。その中で、消費者が身体に良い食品を摂りたいと思うのは当然だが、まず求められているのは「安全・安心」であり、次いで「健康」に良く、「味」が良く、そして「便利」な食品が好まれている。健康食品市場は今後も伸張すると予測されており、業界は多様な消費者ニーズを踏まえて様々な機能性の研究に注目している。このようなことから、食品の機能性研究は新たな生理作用や成分を発見し学術

的な知見を得ることはもちろんであるが、その有益性や活用法を示すことが食資源の高付加価値化や有効利用につながり、地域住民の健康維持・増進、食産業の発展や地域産業の振興にも寄与し得るものとなる。従って、身近に存在する食資源に有用な生理作用を見出し、役立つように研究を進めていくことは今後益々重要になり、研究成果をどのように地域へ還元するかというビジョンは基礎研究であろうとも必要であろう。幸い、青森県には健康イメージをアピールできる優れた食資源がまだ多数潜在していると考えており、我々は地域に埋もれた食素材の発掘を行っている。

今後も、地域の食資源の機能性研究と開発を充実・発展させ、食品の三次機能を人々の健康維持・疾病予防と地域産業の振興に役立てる可能性を追究したいと考えている。

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

- 1) 山田耕路：多機能性食品の開発に関する研究．日本栄養・食糧学会誌，**65** (2), 59-64, 2012
- 2) 食品機能素材 IV，太田明一監修，シーエムシー出版，2010.
- 3) 機能性食品の事典，荒井綜一，阿部啓子，金沢和樹，吉川敏一，渡邊昌編，朝倉書店，2007.
- 4) 吉川敏一，市川寛：フリーラジカルと抗加齢医学．日本老年医学会雑誌，**45**, 149-151, 2008.
- 5) フリーラジカル，近藤元治編，メジカルビュー，1992.
- 6) 岩井邦久：一地域の食資源から抗酸化作用と生理機能の探索－ガマズミ果実の抗酸化作用と糖尿病予防効果．*New Food Industry*, **52** (7), 8-14, 2010.
- 7) 岩井邦久：一地域の食資源から抗酸化作用と生理機能の探索－ガマズミ果実の抗酸化成分およびヒトにおける抗酸化作用．*New Food Industry*, **52** (11), 33-41, 2010.
- 8) 岩井邦久：一地域の食資源から抗酸化作用と生理機能の探索－アピオスの血圧降下作用．*New Food Industry*, **53** (8), 19-27, 2011.
- 9) 栗原藤三郎，菊地正雄：ガマズミ *Viburnum dilatatum* THUUNB. の果実の成分について -1-. 東北薬科大学研究年報，No.24, 123-127, 1977.
- 10) K.Iwai, A.Onodera, H.Matsue: Antioxidant activity and inhibitory effect of Gamazumi (*Viburnum dilatatum* THUNB.) on oxidative damage induced by water immersion restraint stress in rats. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, **52**, 443-451, 2001.
- 11) K.Iwai, A.Onodera, H.Matsue: Mechanism of preventive action of *Viburnum dilatatum* Thunb (gamazumi) crude extract on oxidative damage in rats subjected to stress. *J. Food Sci. Agric.*, **83** (15), 1593-1599, 2003.
- 12) K.Iwai, A.Onodera, H.Matsue: Inhibitory effects of *Viburnum dilatatum* Thunb. (gamazumi) on oxidation and hyperglycemia in rats with streptozotocin-induced diabetes *J. Agric. Food Chem.*, **52** (4), 1002-1007, 2004.
- 13) 吉川隆一，前田士郎：糖尿病合併症の発症機序とその阻害薬．*Pharma Medica*, **15**, 81-86, 1997.

- 14) K.Iwai, M.Y.Kim, A.Onodera, H.Matsue: α -Glucosidase inhibitory and antihyperglycemic effects of polyphenols in the fruit of *Viburnum dilatatum* Thunb. *J. Agric. Food Chem.*, **54** (13), 4588-4592, 2006.
- 15) M.Y.Kim, K.Iwai, A.Onodera, H.Matsue: Identification and antiradical properties of anthocyanins in fruits of *Viburnum dilatatum* Thunb. *J. Agric. Food Chem.*, **51** (22), 6173-6177, 2003.
- 16) M.Y.Kim, K.Iwai, H.Matsue: Phenolic compositions of *Viburnum dilatatum* Thunb. fruits and their antiradical properties. *J. Food Comp. Anal.*, **18** (8), 789-802, 2005.
- 17) K.Iwai: Healthy benefits and bioactive phenolic compounds in the fruit of *Viburnum dilatatum* Thunb. Recent Progress in Medicinal Plants, Vol. 23, Phytopharmacology & Therapeutic Values V, V.K.Singh, J.N.Govil ed., pp.121-140, Studium Press LLC, USA, 2008.
- 18) K.Hoshikawa, Juliarni: The growth of *Apios* (*Apios americana* Medikus), a new crop, under field conditions. *Jpn. J. Crop Sci.*, **64**, 323-327, 1995.
- 19) 奇跡のアピオス健康法. 星川清親監修, 廣済堂出版, 1994.
- 20) H.B Krishnan: Identification of genistein, an anticarcinogenic compound, in the edible tubers of the American groundnut (*Apios americana* Medikus). *Crop Sci.*, **38**, 1052-1056, 1998.
- 21) K.Iwai, H.Matsue: Ingestion of *Apios americana* Medikus tuber suppresses blood pressure and improves plasma lipids in spontaneously hypertensive rats. *Nutr. Res.*, **27**, 218-224, 2007.
- 22) K.Iwai, S.Kuramoto, H.Matsue: Antihypertensive and hypolipidemic effects of tuber of *Apios americana* Medikus in SHR. Comprehensive Bioactive Natural Products, Vol.3 Efficacy, Safety & Clinical Evaluation II, V.K.Gupta, ed., pp.167-181, Studium Press LLC, USA, 2010.
- 23) K.Iwai, S.Kuramoto, H.Matsue: Suppressing effect of *Apios americana* on blood pressure in SHR and its active peptide. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **43**, 315-318, 2008.
- 24) S.Kuramoto, G.Kaneyoshi, Y.Morinaga, H.Matsue, K.Iwai: Angiotensin-converting enzyme-inhibitory peptides isolated from pepsin hydrolyzate of *Apios americana* tuber and their hypotensive effects in spontaneously hypertensive rats. *Food Sci. Technol. Res.*, (in press).
- 25) 青森県農林水産部: 図説農林水産業の動向, 統計資料, 2012.

岩井 邦久 *1, 倉本 修助 *2, 中館 洋一 *3

*1 青森県立保健大学・健康科学部・栄養学科

〒030-8505 青森市浜館字間瀬 58-1 (TEL & FAX: 017-765-4194)

*2 青森市農林水産部, *3 青森県商工労働部

Kunihisa Iwai *1, Shusuke Kuramoto *2, Yoichi Nakadate *3

*1 Department of Nutrition, Faculty of Health Sciences, Aomori University of Health and Welfare

*2 Department of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Aomori City

*3 Department of Commerce, Industry, and Labor, Aomori Prefecture

愛媛県産六条大麦「はだか麦」の 利用拡大を目指した地域連携（その1）

渡部 保夫（WATANABE Yasuo）＊

＊ 愛媛大学 農学部

Key Words：もち麦・γアミノ酪酸（GABA）・はだか麦・ギャバ強化食品

Key Words：mochi barley, gamma-amino butyric acid (GABA), hullless barley, GABA-rich foods

はじめに

愛媛県は昨年度で25年連続日本一の「はだか麦」生産量を誇る産地である。愛媛県、香川県、大分県で全体の約70%を生産している（図1）。はだか麦は、水稻の裏作物として栽培されており、麦味噌や麦焼酎の原料として、また、押し麦に加工されて麦飯消費されている。はだか麦の収穫量の経年変化（農水省作物統計）を全国的に見ると（図2）、昭和30年代は100万トン

生産されていたが、その後急減し、昭和40年代半ばで30万トン、昭和50年代で4万トンから5万トン、最近は1万トンから2万トンを維持している。愛媛県内の生産量については、最盛期の10万トンから減少しているが、5千ト

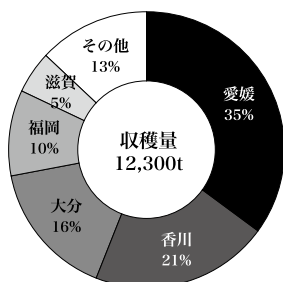


図1 はだか麦の都道府県別収穫量割合
（平成24年度、農水省作物統計）

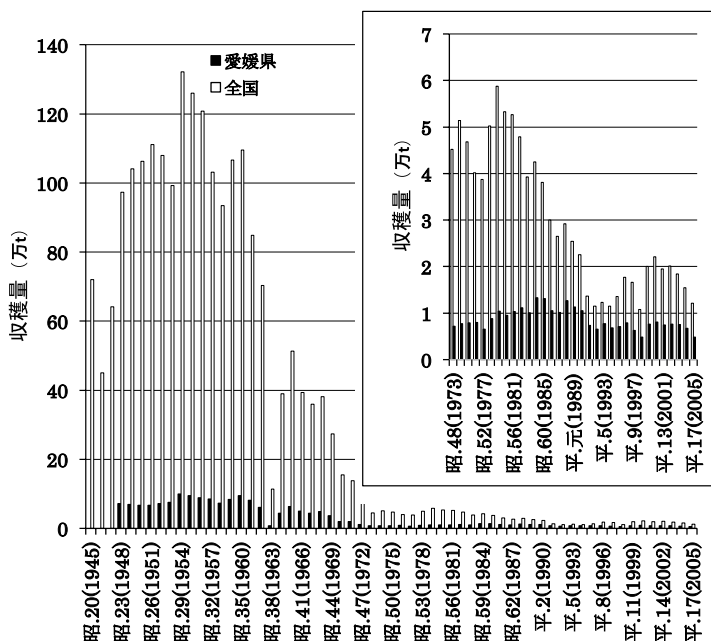


図2 はだか麦の経年変化（農水省作物統計）

Corresponding author: 渡部保夫（Yasuo Watanabe） E-mail：watanabe@agr.ehime-u.ac.jp

連絡先：〒790-8566 愛媛県松山市樽味3丁目5番7号

愛媛大学農学部生物資源学科応用生命化学教育専門コース

Tel/Fax：089-946-9849

ン前後を維持し続けている。愛媛県内の産地は、西条市、松前町、東温市などである。冬期の水田の休耕状況を見ると、はだか麦の生産は、産官学と農商工連携による刺激があれば拡大できると推察しているところである。

本稿では、まず、麦の分類、次いではだか麦の変種でありモチ性の食感を示すもち麦を用いた機能性化学物質「 γ アミノ酪酸」(GABA, ギャバ)の生産などについて、最後に、「ギャバもち麦粉」や「ギャバエキス」を用いて試作した商品についてご紹介する。次号では、はだか麦に含まれる水溶性食物繊維 β グルカンについてご紹介し、はだか麦粉を用いた食パンやお好み焼きなどを試作したことを報告する。また、これらの商品を活用した地域連携の活動を開始したので、最後に、愛媛県発の「愛媛県地産品はだか麦およびもち麦を用いた食品加工技術による農商工地域連携の推進」の一端を述させていただきます。

1. 麦の分類

麦類は、小麦、大麦、ライ麦、燕麦(カラス麦)に大別され、大麦は、穂の形状から、二条大麦(二列に大きな粒が稔る大麦)と六条大麦(六列に小粒の実が稔る大麦)にさらに分けられる¹⁾。収穫時に外皮が剥がれやすいモノをはだか麦と呼び、二条と六条のはだか麦があり、剥がれにくい大麦を皮麦とも呼ぶ。

愛媛県では、主に、六条大麦の「はだか麦」である「マンネンボシ」が生産されている²⁾。別にはだか麦の変種「もち麦」である「ダイシモチ」も、一部で生産されており、はだか麦と比べてアミロース含量が低くモチ性を示す。大麦類に多く含まれる水溶性食物繊維 β グルカンについては次号で述べるが、その含量も多い。もち麦の品種「ダイシモチ」の成熟期の穂は紫色、粒も紫で、収穫期には、はだか麦畑が黄金

色に染まるのに比べて、もち麦畑は濃い紫色の絨毯が広がる。これは、紫色素アントシアンが多く含まれているためであり、この化合物は抗酸化作用があり、アンチエイジング効果が期待できるなど、もち麦やはだか麦は多くの機能性成分を含有しており、特に有望な健康食品素材である。

2. ギャバ

ギャバとは γ アミノ酪酸(gamma amino butyric acid)のことで、経口摂取した場合、多数の機能が期待できるアミノ酸である。注目されている機能を列举すると、血圧降下作用(上昇抑制作用)^{3,4)}、成長ホルモン分泌促進作用⁵⁾、腎機能障害改善作用⁶⁾、精神安定化・リラックス作用⁷⁾であろう。特に、血圧降下作用については、既に特定保健用食品として市販されている商品もある。また、ギャバは脳内に存在し興奮抑制作用を示す脳内物質であり、その基質であるグルタミン酸は興奮性脳内物質である。食品として、ギャバを経口摂取した場合、脳に移行することはないので、作用部位は消化器官や抹消神経系である。古くから脳の血流改善薬として多量に服用されてきた経験から、安全性は極めて高いことが分かっている⁸⁾。従って、安心して積極的に摂取すべき物質であると考ええる。

3. もち麦粒を用いたギャバの生産技術

もち麦粒を用いたギャバの生産技術については、本誌において既にご紹介したが^{9,10)}、最適の生産条件を概説する。ギャバはグルタミン酸を基質としてグルタミン酸脱炭酸酵素により作られるが、その酵素源としてもち麦「ダイシモチ」を用いた。まず、表皮を剥ぐ精白処理(5%から15%)が必須であり、精白もち麦粒をグルタミン酸溶液に浸漬して室温で6時間程度保温

し、その後水切りしてさらに一晚保温した。グルタミン酸溶液は0.5%から1%濃度、pH 4から5に調節し、混合比は精白もち麦粒100g当たりグルタミン酸溶液200mLが目安である。なお、グルタミン酸脱炭酸酵素の補因子である活性型ビタミンB₆（ピリドキサルリン酸、未承認食品添加物）を添加する必要はない。従って、現在の食品衛生法に準拠したギャバの製造が可能である。現在ではギャバもち麦粒を粉碎したギャバもち麦粉を産業レベルで製造しているので、100g当たり200mgから400mgのギャバを含む製品を供給できる（株マエダ）。

4. もち麦（はだか麦）ヌカを用いたギャバ生産

もち麦玄麦粒を精白するとヌカが残渣をして生じる。このヌカには、グルタミン酸からギャバへの変換を触媒するグルタミン酸脱炭酸酵素が多く含まれることが予想されたので、もち麦ヌカをグルタミン酸溶液に加えて反応したところ、高濃度のギャバを含むエキスを製造できた^{11, 12)}。このように作製したギャバエキス製品は販売できる状態にある（株マエダ、ギャバ200mgから300mg/100mL）。加えて、同じ六条大麦類に属するはだか麦のヌカを用いてグルタミン酸と混合することでも同じようにギャバエキスを製造できている¹²⁾。

5. ギャバもち麦の特徴

六条大麦に多く含まれる食物繊維の機能については、次号で詳述することにするが、これら「ギャバもち麦粉」や「ギャバエキス」は、食物繊維に加え、抗酸化機能をもつ紫色色素のアントシアン、多機能性アミノ酸ギャバと、三つの機能性物質を大変多く含む「健康食材」と言える（図3）。前で述べた通り、これら食材については相当量の供給が可能である。そこで、ギャバもち麦粉を用いていろいろな食品商品に試作したので、ご紹介する。これらの食品は、酵母や乳酸菌を用いて発酵して製造したり、製麺後茹でたり、成形後加熱処理を行うことになるが、そのような製造工程で、ギャバが減少すると予想されたので、ギャバ含量の変化も検討した。なお、記載した食味は、筆者の感想であるが、多くの方にご賛意をいただけるものと考えている。

6. ギャバもち麦粉とギャバエキスをを用いた食品の開発

(1) ギャバパン

ギャバもち麦粉やギャバエキスをを用いて、ホームベーカリーを使用した食パンの製造につ

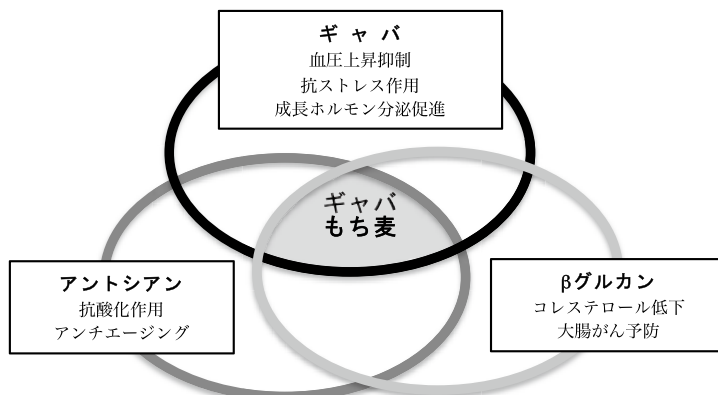


図3 ギャバもち麦の保健機能効果

いて既に本誌でご紹介した^{10, 12)}。簡単にまとめると、小麦粉の一部をギャバもち麦粉に換えて製造した場合、膨張性の悪さから形状が非常に悪かった。しかし、別法として、小麦粉にギャバエキス（液体）を添加して製造したところ、膨張性は問題なく、形状に違いはなかった。そこで、製造前後のギャバの消長を検討したところ、食パンの表面（焼形部）で50%、それ以外では30%程度の減少が見られた。これは酵母による発酵過程でギャバが資化されたため（一部ベーキングによる）であり、資化減少分を考慮して最初に多めに添加すれば、目的の含量のギャバパンが製造できることを提案した。

共同研究企業では、「ギャバごはんの素」として、ギャバもち麦粒と各種雑穀をブレンドした商品を販売している¹⁰⁾。ギャバの含量は150g 当たり 200mg を保証しているが、ギャバパンを簡便に製造するためにこの商品を利用した。材料は、ギャバごはんの素：1 袋（30g）から 2 袋（60g）、パンミックス：250g、バター：10g、牛乳：160mL、ドライイースト 3g である。ギャバごはんの素と水（50mL / 袋）をシリコン鍋にいれ、電子レンジで2から3分間加熱した。ホームベーカリーを用いて、これらの材料を所定の位置に充填し、あら熱をとったギャバごはんの素をいれ、早焼き（発酵時間の短い工程）で食パンを製造した（図4）。ギャバ含量を測定したところ、コントロールでは 1.9mg / 100g（約 1/3 斤）であったが、一袋入ると 15mg / 100g、2 袋で 28mg / 100g のギャバを含む食パンができた。もち麦粒のツブツブ感、アントシアニンによる色の変化はあったが、簡単にギャバパンが家庭でも自作できることが分かった。生ク

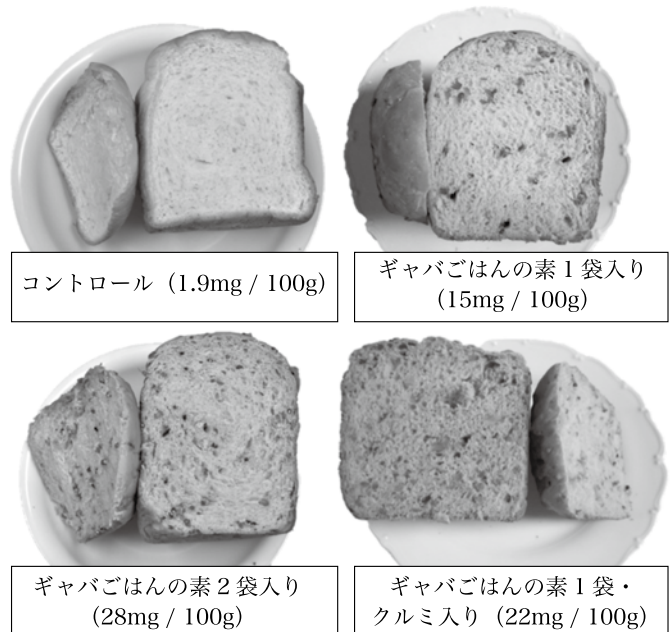


図4 ギャバパンの製造（ギャバごはんの素（株マエダ）使用）

ルミをいれるなどの工夫も好評であった。

(2) ギャバラーメン

小麦粉 200g（薄力粉：強力粉 = 1: 1）の一部（1 割と 2 割）をギャバもち麦粉に換えて麺を製造した。材料は、ギャバもち麦粉：20g（40g）、薄力粉：90g（80g）、強力粉：90g（80g）、水：90g、塩：2g、重曹：2g であった。製麺後、茹でて試食したところ、コシが少なく軟らかな食感であったが、味は小麦粉のみの麺と同じで美味しかった。茹でると水溶性のギャバは減少すると予想されたが、40%程度の減少で止まった。麺のコシを良くするためにはグルテンの添加が必要かもしれないこと、茹でることによって減少するギャバを最初に多めに加えることなどでギャバラーメンも製造可能であることが分かった。

(3) ギャバクッキー

材料は、バター：100g、砂糖：50g、卵黄：1 個、薄力粉（コントロール：160g、ギャバもち麦粉添加量によって減じた）、ギャバもち麦粉：16g（あるいは 32g）、バニラエッセンス：少々であった。バターを泡立て器でクリーム状にし、

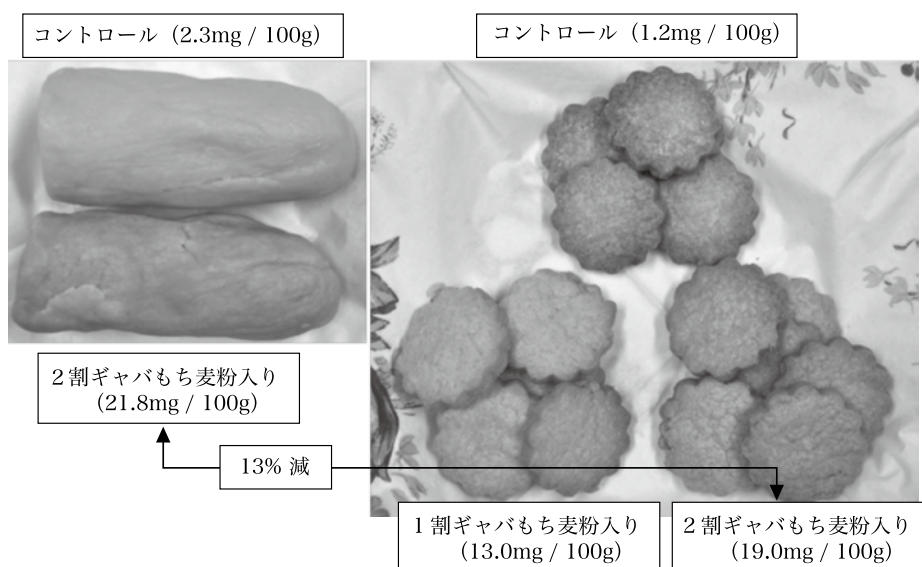


図5 ギャバクッキーの製造

砂糖を2から3回にわけて加え、バニラエッセンスを加えた。ふるった小麦粉とギャバもち麦粉を混ぜ合わせた。ビニール袋に入れて冷蔵庫で1時間寝かした。めん棒で3mm厚さに延ばし、型抜きした。なお、ギャバもち麦粉を加えた場合は、切れやすいので、ラップの間に入れたと延ばしやすい。クッキングシートの上に置き、オーブン（170℃くらい、10分）で焼いた（図5）。2割ギャバもち麦粉入りクッキーは、パラパラサクサク感が強いが、1割入りクッキーは、コントロールと変わらず大変美味しかった。

焼成前、2割ギャバもち麦粉入り食材のギャバ含量は、22mg / 100g（コントロール：2.3mg / 100g）であったが、焼成後では、1割入り：13mg / 100g、2割入り：19mg / 100g（コントロール：1.2mg / 100g）であり、オーブンでのクッキー焼成によってギャバはほとんど減少しないことも分かった。

（4）ギャバヨーグルト

製パンや後述するビール製造に関係する酵母は、ギャバを資化することはよく知られている¹³。¹⁴。ヨーグルトの製造に利用される微生物であ

る乳酸菌は、ギャバ製造に利用できることも知られている¹⁵。牛乳（250mL）を材料とし、ギャバエキスを数%（5～10mL）と粉末の市販乳酸菌（0.5g）を加えて、45℃で7時間保温して「ギャバヨーグルト」を製造した。乳酸菌発酵前後でギャバ量に変化はなかった（図6）。牛乳250mLにギャバエキス5mLを添加し

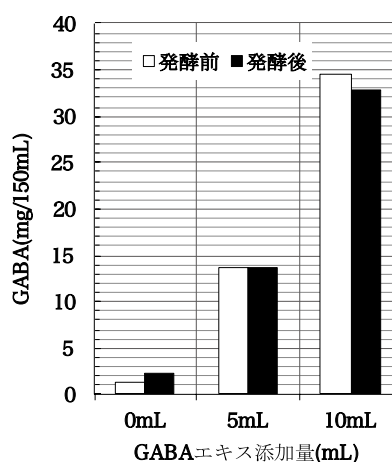


図6 ギャバヨーグルトの製造

牛乳250mLに示した量のギャバエキス（mL）を添加してヨーグルトを発酵製造した。発酵前後のGABA量（mg / 150mL）を示した。

て製造した場合のギャバ含量は 14mg / 150mL (コップ 1 杯)、ギャバエキス 10mL では 33mg / 150mL であった。製造後、冷蔵庫で保存したが、乳酸菌によって含まれるグルタミン酸からさらにギャバが作られるようで、冷蔵保存中に幾分増加もした (データ示さない)。試食した場合、個人的な好みの違いもあるが、麦の匂いが気になるのでプレーンヨーグルトとしては難しいと感じるが、フルーツ「ギャバ」ヨーグルトとす

れば商品化できると考えている。

(5) ギャバビール

ギャバを含むビールをここでは「ギャバビール」と称するが、上述したようにアルコール飲料の製造に関係する微生物「酵母」はギャバを資化する¹³⁾。そこで、市販ビール製造キットを購入して、ビールモルトにギャバエキスを加えてビールを試作した。材料は、水: 10.1L, モルトエキス: 2L, ギャバエキス: 0.9L, 凍結乾

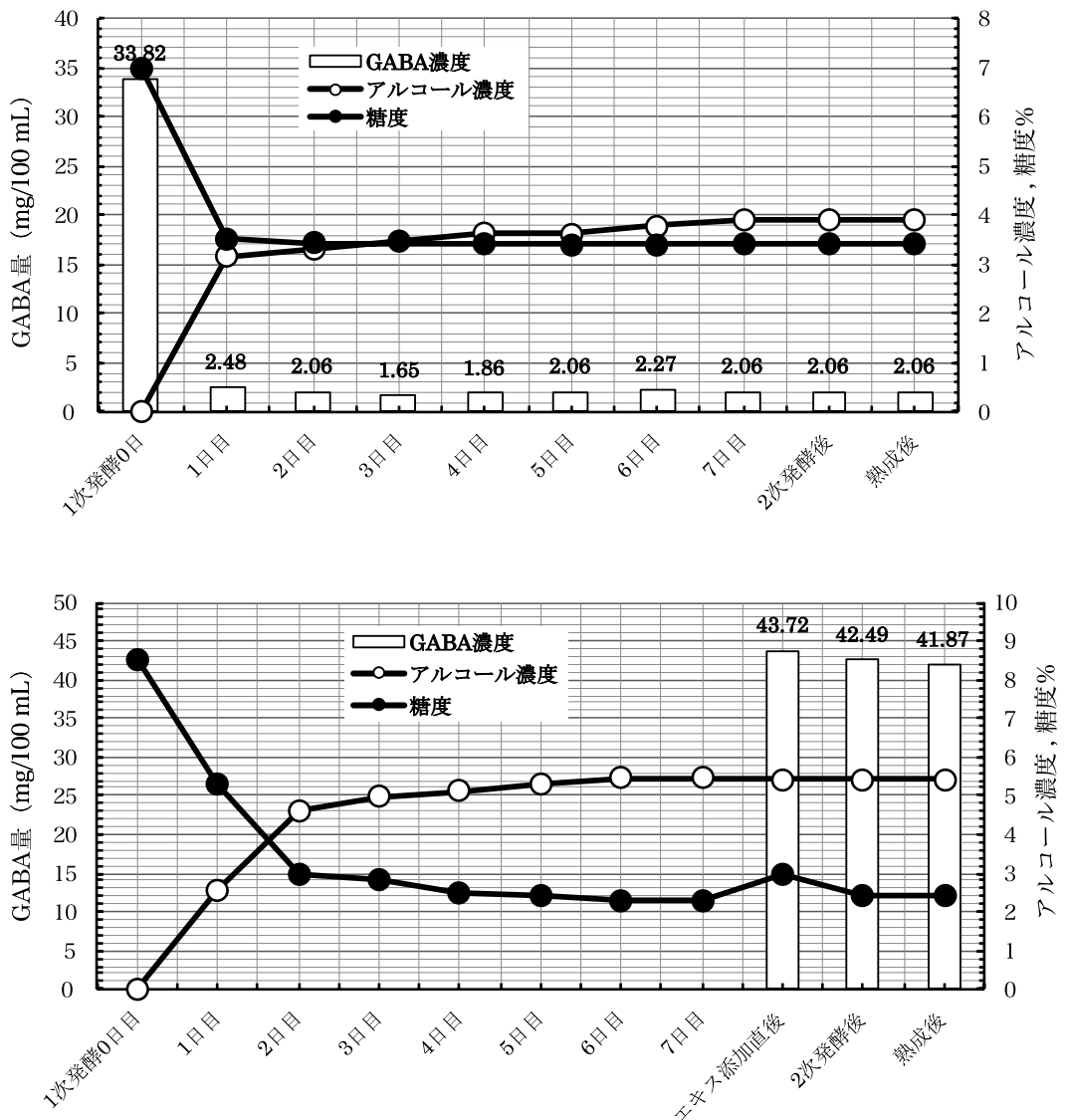


図7 ギャバビールの試み

A: 最初にギャバエキスを加えたエールビール, B: 二次発酵前にギャバエキスを添加したエールビール

乾燥酵母（キット附属）であり、水、モルトエキス、ギャバエキスの混合液に凍結乾燥酵母を振りかけ、25℃で1週間一次発酵した。ビール瓶に充填後、中瓶当たり3gのプライミングシュガーを加え、王冠で密閉した。25℃で3日二次発酵した。その後、15℃以下で3週間程度熟成した。なお、ギャバ量はアミノ酸分析法、アルコール濃度は比重計、糖濃度はBrix計を用いて測定した。使用酵母種（上面発酵酵母：エールビールあるいは下面発酵酵母：ラガービール）によりギャバ資化速度に違いはあるが、発酵直後からギャバ含量は急速に低下した（図7A）。このギャバの消失は予想した通りであった。ここで、二次発酵では砂糖を添加して発泡させるわけであるが、この工程でギャバエキスを添加することを思い付いた。得られた結果を図7Bに示した。

この実験の二次発酵で、発泡自体に影響はなかったが、ギャバはほとんど減少しないことを発見した。二次発酵の時点でギャバエキスを添加したことから、糖度が若干高まったが、二次発酵、熟成中に低下した。試飲した場合、ギャバエキスの添加のためか甘みがつよく感じられた。他のグループではギャバビールを製造するために、使用する酵母を変異原処理してギャバ非資化性に変異させた株を使用することで添加したギャバの減少を抑制して発酵することも試みられているようであるが^{13, 14)}、本実験のように製造工程を工夫することで容易にギャバビールが作製できることが分かった。

まとめ

愛媛県では水稻の裏作として昔から「はだか麦」が栽培されてきた。戦後すぐと比べてその生産量は著しく少なくなっているが、愛媛県でははだか麦栽培は堅調に維持されている。はだか麦は六条大麦に分類されるが、同じ分類に属しその変種でありモチモチ感が強い「もち麦」も一部で栽培されている。麦類の中でも精白した「もち麦」粒を用いて、ギャバを高生産する技術を開発できたことから、試みとして、血圧降下作用や抗ストレス作用などを示す多機能性アミノ酸「ギャバ」を強化した食品をいくつか作製した。ギャバを高濃度含むもち麦粉やエキスをを用いれば、「食パン」「ラーメン」「クッキー」「ヨーグルト」「ビール」などでギャバを強化できたので製造販売されることをご提案する。これらのギャバもち麦を用いた食品は、「ギャバ」「アントシアン」「βグルカン」と三つの保健効果が期待できる機能性物質を高含有している商品であり（図3）、付加価値の高い加工食品として販売できる。

別に、はだか麦粉を利用した食品についても検討したので、次号でご紹介したい。はだか麦粉で強調できる機能性物質は「水溶性食物繊維βグルカン」である。血中コレステロールの低減や血糖値上昇抑制、満腹感の促進など保健効果が期待できるので、その点を強調した食品開発へと進展できると考えている。

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

- 1) 諸橋敬子, 秋本隆司, 山田進: 県産モチ種大麦の性状及び麦飯・大麦麺への利用. 新潟食研, **29**, 21-25 (1994).
- 2) 農林水産省, 水陸稲・麦類・大豆奨励品種特性表平成 23 年度版.
- 3) Inoue, K., Shirai, T., Ochiai, H., Kasao, M., Hayakawa, K., Kimura, M., and Sansawa, H.: Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. *Eur. J. Clin. Nutr.* **57**, 490-495 (2003).
- 4) Hayakawa, K., Kimura, M., Kasaha, K., Matsumoto, K., Sansawa, H. and Yamori, Y.: Effect of a γ -aminobutyric acid-enriched dairy product on the blood pressure of spontaneously hypertensive and normotensive Wistar-Kyoto rats. *Br. J. Nutr.* **92**, 411-417 (2004).
- 5) Kimura, M., Hayakawa, K. and SAnsawa, H.: Involvement of γ -aminobutyric acid (GABA) B receptors in the hypotensive effect of systemically administered GABA in spontaneously hypertensive rats. *Jpn. J. Pharmacol.*, **89**, 388-394 (2002).
- 6) Kim, H.Y., Yokozawa, T., Nakagawa, T. and Sasaki, S.: Protective effect of γ -aminobutyric acid against glycerol-induced acute renal failure in rats. *Food Chem. Toxicol.*, **42**, 2009-2014 (2004).
- 7) 岡田忠司, 杉下朋子, 村上太郎, 村井弘通, 三枝貴代, 堀野俊郎, 小野田明彦, 梶本修身, 高橋励, 高橋丈夫: γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期精神障害に対する効果. 日本食品科学工学会誌, **47**, 596-603 (2000).
- 8) くすりのしおり, ガンマロン錠 250mg, 第一三共株式会社 医療関係者向け情報. <https://www.daiichisankyo.co.jp/med/di/index>
- 9) 渡部保夫, 鳥居枝里子, 大野一仁, 前田耕作: モチ麦粒を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術. 日本食品科学工学会誌, **58**, 182-185 (2011).
- 10) 渡部保夫: もち麦を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術 (その 1). *New Food Industry*, **54** (6), 27-34 (2012).
- 11) 渡部保夫, 鳥居枝里子, 渡辺誠也, 前田耕作: 六条大麦ヌカを用いた γ -アミノ酪酸の高生産の要因. 日本食品科学工学会誌, **59**, 291-294 (2012).
- 12) 渡部保夫: もち麦を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術 (その 2). *New Food Industry*, **54**(7), 38-44 (2012).
- 13) Takahashi, T., Furukawa, A., Hara, S. and Mizoguchi, H.: Isolation and characterization of sake yeast mutants deficient in gamma-aminobutyric acid utilization in sake brewing. *J Biosci Bioeng.*, **97**, 412-418 (2004).
- 14) 安藤聡, 森勝美, 島純: γ -アミノ酪酸非資化性パン酵母変異株の取得とその有用性. 日本食品科学工学会誌, **55**, 32-36 (2008).

食塩の食品科学的特性について

—パン製造に食塩はどのような効果を示すのか—

豊崎 俊幸 (TOYOSAKI Toshiyuki) *

* (香蘭女子短期大学 食物栄養学科)

Key Words：製パン・食塩・ヒドロペルオキシド・パン酵母・官能検査・膨張率

はじめに

食品科学分野では、一般に食塩は食品の嗜好性を左右する風味はもちろんのこと、食物の形態や物性などを左右する重要なミネラルであり、すでに食塩のもつ様々な特性については古くから多くの優れた報告がある¹⁻¹⁴⁾。

著者はパン生地発酵時に食塩を添加すると、パン生地発酵が促進される興味ある若干の知見を得た。この現象は食塩のもつ新しい食品科学的特性の知見が得られることを示唆するものである。

一般に食塩は製パン製造に必要不可欠な副材料として、ごく当たり前の事のように利用されてきた。しかし、製パン製造における食塩がもつ食品科学的特性についてはほとんど解明されていないのが現状である。著者は、製パン時に添加される食塩が持つ実際の意味について明らかにすることを主目的として検討してきた結果、パン発酵時に食塩の存在がきわめて重要であることをつきとめた。しかし、この現象がどのような機構で進行しているものなのかは不明であり、さらに焼成後におけるパンのもつ風味やテクスチャーと食塩との関係についても不明であることから、これらの点について様々な角度から詳細に検討を加えた結果、若干の興味ある知見が得られた。そこで、食塩のパン製造過

程における食品科学的特性について、最近明らかにした内容について紹介する。

1. 生地の膨張率に及ぼす食塩添加割合の影響

食塩濃度が、生地の発酵とどのような関係があるのかを検討するために、異なる食塩添加割合の生地を調整した後、一定湿度、温度下で発酵させ、その時の膨張率を測定した結

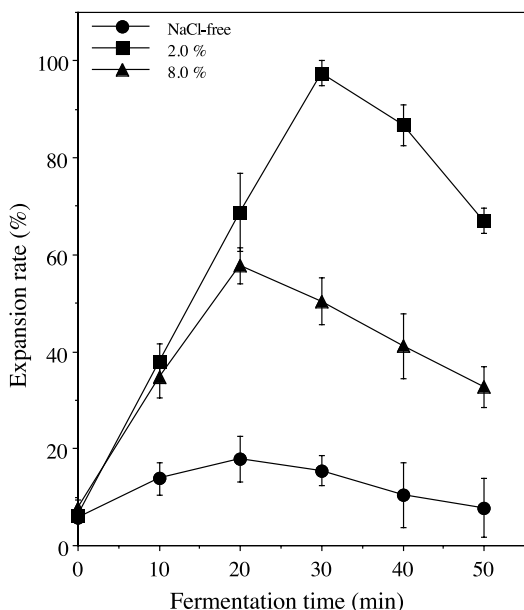


図1 パン生地の発酵にともなう膨張率に及ぼす食塩の影響

果を図1に示した。発酵時間50分までの生地膨張率は食塩無添加の生地の場合、最大18%に止まった。

一方、食塩2.0%添加生地の場合、30分で96%の膨張率を示した。また、食塩8.0%添加した場合20分で最大58%の膨張率を示した。この結果から、本実験系では、製パンにおける食塩添加割合の最適条件は2.0%であることが明らかとなった。

2. 発酵に伴う脂質過酸化反応の誘導とヒドロペルオキシドの生成

食塩添加による生地の発酵に伴う現象として、パン酵母による脂質過酸化反応が誘発されていることを確認していることから、実験条件を図1と同様に構築し、その時のヒドロペルオキシドを測定した結果を図2に示した。食塩無添加の場合、50分の発酵時間内で、脂質過酸化反応にともなうヒドロペルオキシドは最大で

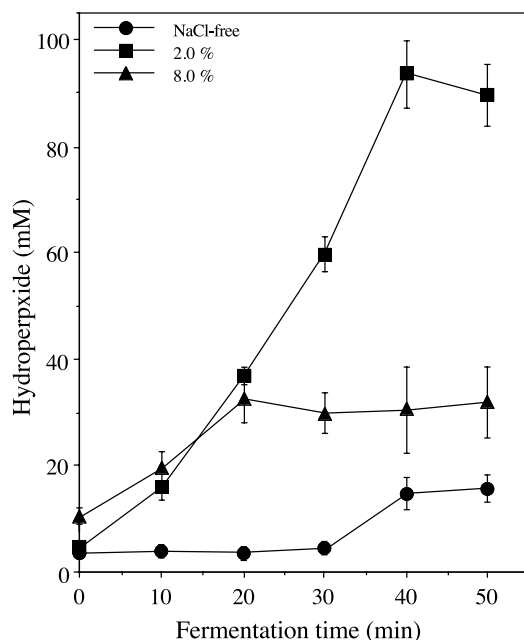


図2 パン生地の発酵にともなう生成されるヒドロペルオキシドに及ぼす食塩の影響

11%であるが、食塩2.0%添加生地の場合、40分の発酵時間で94mMの最大値を示した。いっぽう、食塩8.0%添加生地の場合、最大32mMの生成量を示した。

この結果から、生地の膨張現象は、添加した酵母による脂質過酸化反応により生成されたヒドロペルオキシドが、生地の膨張現象に何らかの関与をしていることが明らかとなった。脂質過酸化反応によるヒドロペルオキシドが、生地発酵現象に何らかのかたちで関与していることから、この点について詳細に検討した。

予めリノール酸で作成したヒドロペルオキシドを利用して、ヒドロペルオキシドと膨張率との関係を検討した結果、添加ヒドロペルオキシドが増加するとともに、生地の膨張率は増加する傾向を示した。特に食塩2.0%添加生地の場合、100mMのヒドロペルオキシド添加で生地膨張率は90%を示した(図3)。

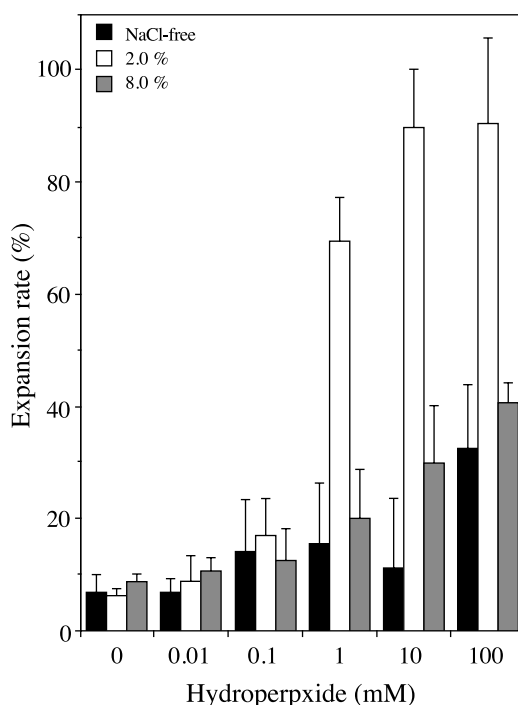


図3 パン生地の発酵にともなう生成されるヒドロペルオキシドと生地の膨張率との関係

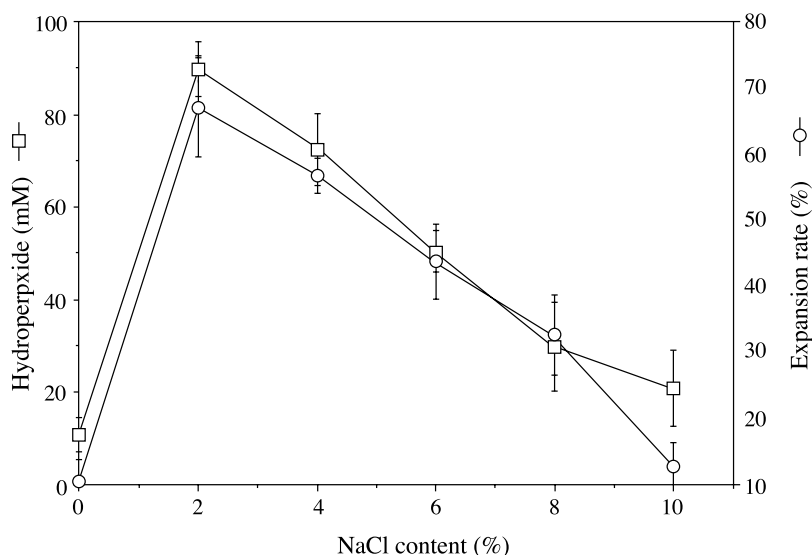


図4 食塩濃度に対するヒドロペルオキシド生成量と生地膨張率との関係

3. 食塩濃度に対するヒドロペルオキシド生成量と生地膨張率との関係

食塩が生地発酵にどのような関わりを持っているのかを検討した結果を図4に示した。食塩2.0%で、生成されたヒドロペルオキシドは最大値を示し、その時の生地膨張率も最大値を示した。すなわち、生地の発酵にともなって生成されたヒドロペルオキシドが、生地の膨張を誘発することで引き起こされたことが推察された。また、その現象は、食塩添加濃度により左右されていることが明らかとなった。パン酵母により誘発されたことにより生成されたヒドロペルオキシドが、生地の膨張率を増加させているならば、パン酵母の添加量の差により、生地の膨張率に影響を及ぼしているものと推察されることから、この点について詳細に検討した。

4. パン酵母量に対する生地の膨張率の変化

食塩添加割合の異なる生地を用いて、パン酵母の添加割合を0-8.0%の範囲内で変化させた時のそれぞれの生地の膨張率について測定した

結果を図5に示した。パン酵母添加量の増加とともに、生地の膨張率は増加した。とくに食塩2.0%添加生地の場合、添加したパン酵母6.0-8.0%で90%の膨張率を示した。その時のヒド

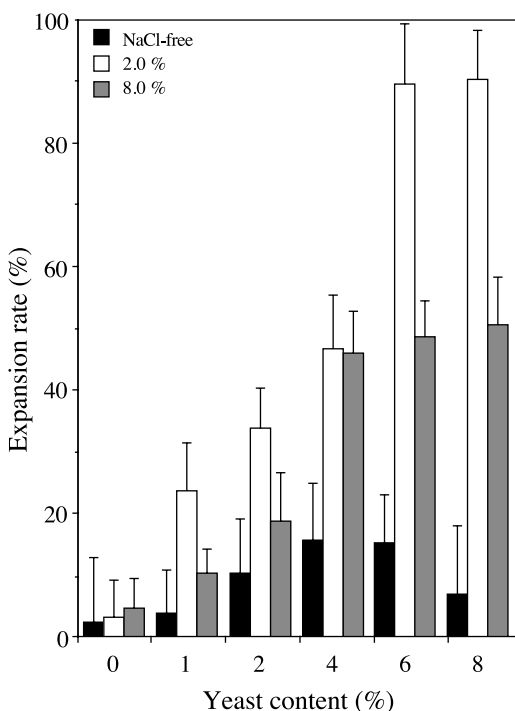


図5 パン酵母添加量に対する生地の膨張率の変化

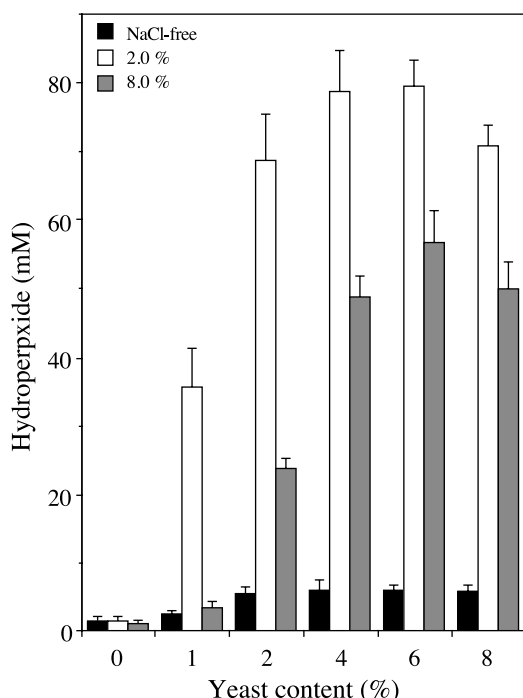


図6 パン酵母添加量に対するヒドロペルオキシド生成量の変化

ロペルオキシド生成量について測定した結果を図6に示した。生地膨張とともにヒドロペルオキシドの生成量は増加する傾向が確認された。特に食塩2.0%添加生地の場合、パン酵母

添加量4.0-8.0%の範囲でヒドロペルオキシドは70mM以上生成された。そこで、パン酵母に対するヒドロペルオキシドと生地の膨張率との関係について検討した結果、パン酵母添加割合が6.0-10.0%の範囲でヒドロペルオキシドが増加し、それによっても生地の膨張率も増加することが明らかとなった(図7)。

5. 食塩によるパン生地の膨張促進作用機序

食塩が生地の膨張現象とどのような関わり合いがあるのかを考察した(図8)。食塩の存在により次の現象が進行する。

- 1) 食塩によりグリアジンとグルテリンとの架橋構造を増幅させることによりグルテン含有量が増加する。
- 2) パン酵母により脂質過酸化反応が誘発されることによりヒドロペルオキシドが生成される。

著者は食塩による脂質の抗酸化効果を確認¹¹⁾していることから、おそらく食塩含有量の多少の差により、抗酸化的に作用する場合と、逆に酸化促進的に作用していることも考えられる。

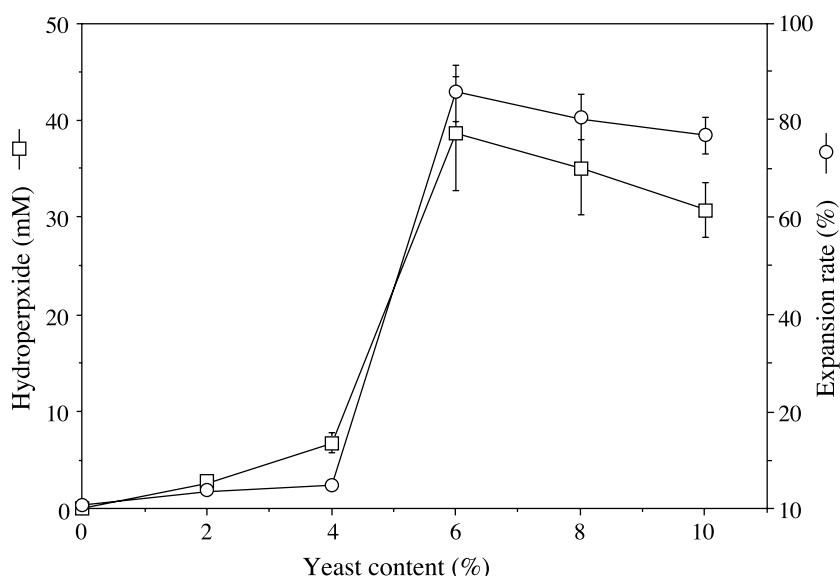


図7 パン酵母添加量に対するヒドロペルオキシド生成量と生地の膨張率との関係

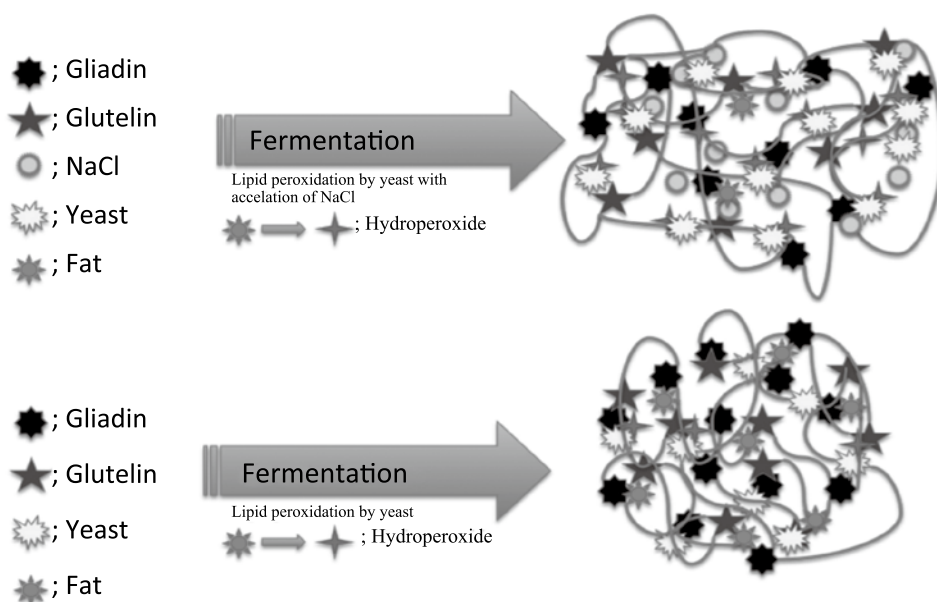


図8 食塩によるパン生地発酵促進機構

本研究では食塩添加量の2.0%では脂質過酸化反応を誘発したが、食塩添加量8.0%では抗酸化作用により、ヒドロペルオキシドの生成が抑制された可能性が考えられる。いずれにしても、食塩添加量2.0%では、発酵により生成されたヒドロペルオキシドが生地の膨張を促進させることで、結果として滑らかな生地が作成されたことが推察できた。

6. 異なる食塩添加割合で調整・焼成したパンの官能検査

焼成したパンについての官能検査を実施した結果（表1）、食塩2.0%添加生地により製造

したパンが、最も高い4.17の総合評価を得た。一方、食塩無添加で作成したパンは、総合評価が最も低い0.58の結果が得られた。食塩8.0%添加生地で作成したパンに関しては、総合評価は2.89であった。塩味が強く感じられたことによるものと推察された。

これらの結果から、製パンにおける食塩の持つ食品科学的機能性について、若干の新しい知見が得られた。この成果は製パン業界のみならず食品業界全般に新たな知見を提起できるものと考えられる。

まとめ

食塩は平素の調理・加工には必要不可欠な調

表1 焼成したパンの官能検査結果

NaCl content(%)	Item					
	Conformation	Flavor	Taste	Saltiness	Texture	Overall judgement
NaCl-free	1.28	2.33	2.57	0.00	3.81	0.58
0.10	1.26	2.46	2.49	0.00	3.59	1.93
2.00	1.29	2.08	20.19	0.20	3.74	4.17
8.00	1.23	3.61	2.04	0.40	2.73	2.89

味料として利用していることから、我々の生活ではごく当たり前の感覚として捕らえられているが、食塩の持つ食品科学的特性についての基礎的な情報はほとんど見当たらないのが現状である。いっぽう、食品科学分野あるは医学分野における食塩の持つ優れた特性については古くから多くの優れた研究が報告されている。著者は、食塩のもつ食品科学的な特性についての興味ある知見を明らかにし、その内容について本

誌で紹介することができた。本研究結果から、食塩はパン生地発酵段階で発酵促進的な作用を有していることが明らかとなったが、この現象については今後様々な角度から追跡しなければならないが、少なくとも、ここで紹介した内容については、食品科学分野をはじめ、食品関連企業に多大な貢献ができるものと自負できるであろう。

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

- 1) Cardoso SM, Mafra I, Reis A, Georget DMR, Smith AC, Waidron KW and Coimbra MA, Effect of dry-salt processing on the textural properties and cell wall polysaccharides of cv. Thasos black olives. *J Sci Food Agric* **88**: 2079-2086 (2008).
- 2) Gou PJ, Comaposada J and Arnau J, NaCl content and temperature effects on moisture diffusivity in the Gluteus medus muscle of pork ham. *Meat Science* **63**: 29-34 (2003).
- 3) Ishikawa K, Sigimoto M, Kumagai M and Matsunaga R, Evaluation of taste properties of commercially available salts. *Int J Soc Mater Eng Resour* **13**: 29-34 (2006).
- 4) Kuda T, Mihara T and Yano T, Detection of histamine and histamine-related bacteria in fish-nukazuke, a salted and fermented fish with rice-bran, by simple colorimetric microplate assay. *Food Control* **18**: 677-681 (2007).
- 5) Murphy A, Buckley J and Gray I, The antioxidative properties of rosemary oleoresin and inhibition of off-flavors in precooked roast beef slices. *J Sci Food Agric* **77**: 235-243 (1998).
- 6) Rowe CW, Pohlan FW, Brown Jr AH, Johnson ZB, Whiting SH and Galloway DL, Effects of conjugated linoleic acid, salt, and sodium tripolyphosphate on physical, sensory, and instrumental color characteristics of beef striploins. *J Food Sci* **74**: 36-43 (2009).
- 7) Shigematsu T, Ueno S, Tsuchida Y, Hayashi M, Okonogi H, Masaki H and Fujii T, Comparative analyses of viable bacterial counts in foods and seawater under microplate based liquid- and conventional agar plate cultivation: increased culturability of marine bacteria under liquid cultivation. *Biosci Biotechnol Biochem* **71**: 3093-3097 (2007).
- 8) Sofos JN, Effects of reduced salt (NaCl) levels on the stability of frankfurters. *J Food Sci* **48**:1684-1691(1983).
- 9) Thammarat K, Soottawat B and Wonnop V, Effects of salting processes and time on the chemical composition, textural properties, and microstructure of cooked duck egg. *J Food Sci* **76**:139-147 (2011).
- 10) Toyosaki T, Sakane Y and Koketsu M, Effects of addition of salt to bread on IgE antibody response. *Food Agric Immunol* **17**: 149-156 (2006).
- 11) Toyosaki T and Sakane Y, Antioxidant Effect of NaCl on the aqueous solution, emulsified, and enzymic lipid oxidation. *Bull Soc Sea Water Sci Jpn* **56**: 10-16 (2002).
- 12) Ukai T, Matsumura Y and Urade R, Disaggregation and reaggregation of gluten proteins by sodium chloride. *J Agric Food Chem* **56**: 1122-1130 (2008).
- 13) Vardhanabhuti B and Foegeding EA, Effects of dextran sulfate, NaCl, and initial protein concentration on thermal stability of β -lactoglobulin and α -lactalbumin at neutral pH. *Food Hydrocolloids* **22**: 752-762 (2008).
- 14) Wang Z, Xu Y, Zhang J, Li X and Ma C, Proteolysis protein oxidation and protease activity in dry-cured Xuanwei ham during the salting stages. *Int J Food Sci Technol* **46**: 1370-1377 (2011).

フィリピン・ルソン島における食用きのこ事情

寺嶋 芳江 (TERASHIMA Yoshie) *

* 琉球大学熱帯生物圏研究センター

Key Words：食用きのこ・フィリピン・プリン体・きのこ栽培・肥満度

はじめに

2012 年フィリピン共和国（以下フィリピン）の 3 大学、および周辺の農家を訪問する機会を得た。大学におけるきのこ栽培研究と農家でのきのこ栽培実態を視察した。

フィリピンは日本列島の南西、フィリピン海、セレベス海、南シナ海に囲まれた大小 7,000 以上の島嶼からなる東南アジアの国である。気候帯としては熱帯雨林気候区に属す¹⁾。フィリピンの国内総生産 GDP（名目、2011 年）は 1,996 億ドルであり、日本（58,686 億ドル）と比べると極めて小さいが、東南アジアの他の国、たとえばタイ（3,456 億ドル）、ベトナム（1,236 億ドル）の中間に位置する²⁾。主な産業は農業で、穀物自給率は 85%（2009 年）³⁾ と高い。米が主要な作目であるが、自国での生産は消費に追いつかず、輸入に頼っている。タイ、ベトナム、日本の穀物自給率は、それぞれ 144%、116%、26% である。

1. きんこ栽培

1) 生産状況

次ページ表 1 に世界のきのこ生産量統計を 1990 年に対する 2009 年の生産量比順に示す⁴⁾。生産量比が高いのはハンガリー、インド、イス

ラエルであるが、現在最も生産量が多い国は中国であり、約 20 年間で 7 倍に伸びている。韓国では 3 倍、日本とフィリピンは 1 倍でほとんど生産量は変わらない。日本のきのこは、一部を除いて工場的に生産され、韓国、中国もこれに追従し、きのこの工場生産が始められている（図 1）。東南アジアのタイ、ベトナム、フィリピンにおいてきのこ生産がそれぞれの国の GDP とどのように関係するかを 1885 年から 2009 年（または 2010 年）のデータについて比較した（図 2）^{2,4)}。いずれの国も GDP は年を追うごとに増加した。しかし、タイではきのこ生産の伸びはみられず、逆にベトナムではきのこ生産は飛躍的に増加した。フィリピンのきのこ生産は低水準にあり、わずかな増加が認めら



図 1 韓国きのこ工場における出荷作業

表1 世界のきのこ生産量 (100 t)

Country						Ratio 2009/ 1990
	1970	1980	1990	2000	2009	
Hungary	500	500	496	16,926	21,950	44
India	1,000	1,300	2,000	24,000	38,930	19
Israel	--	--	990	7,500	9,500	10
Indonesia	--	300	7,500	28,000	63,000	8
China	409,021	426,159	662,645	2,408,234	4,680,726	7
New Zealand	866	2,463	2,000	8,500	8,635	4
Brunei Darussalam	--	--	2	8	8	4
Greece	--	200	886	500	3,528	4
Finland	100	100	540	1,536	1,812	3
Turkey	--	--	300	1,200	984	3
Madagascar	--	--	600	1,000	1,888	3
Jordan	--	--	300	500	900	3
Republic of Korea	6,600	25,575	10,281	20,659	28,000	3
Iran (Islamic Republic of)	--	--	10,000	16,000	26,708	3
Viet Nam	1,000	4,000	8,500	20,500	20,091	2
Australia	--	8,340	21,534	36,000	43,416	2
South Africa	--	--	5,719	7,278	11,446	2
Morocco	500	600	1,000	1,800	1,992	2
Spain	6,073	33,314	74,479	63,254	136,000	2
Tunisia	--	--	62	72	107	2
Poland	5,709	26,000	104,000	113,479	176,569	2
Netherlands	30,000	60,000	147,000	265,000	235,000	2
Ireland	5,000	6,000	37,000	59,800	57,747	2
Zimbabwe	--	--	375	230	554	1
Canada	11,761	29,264	52,240	80,241	77,017	1
Philippines	--	--	385	569	541	1
Romania	--	--	5,220	5,000	7,317	1
Switzerland	2,800	4,300	6,180	7,350	8,450	1
Italy	4,636	41,500	79,381	72,492	105,000	1
Democratic People's Republic of Korea	--	--	5,000	5,867	6,337	1
United States of America	93,802	213,200	324,315	383,830	369,257	1
Réunion	--	--	50	61	56	1
Germany	30,866	47,373	50,200	62,000	52,000	1
Portugal	--	--	1,127	1,251	1,100	1
Denmark	6,086	7,922	8,100	8,686	7,890	1
Cyprus	210	310	1,200	1,730	1,080	1
Japan	48,000	79,900	79,100	67,224	64,143	1
Thailand	190	360	8,900	9,500	6,420	1
France	69,574	152,224	195,700	203,811	117,934	1
United Kingdom	44,910	61,300	123,137	89,900	45,000	0
Austria	4,000	4,100	2,600	100	900	0
Bulgaria	1,000	4,000	6,500	11,500	1,725	0
World	789,604	1,258,804	2,071,093	4,203,214	6,535,542	3

The data were arranged from those of the reference ⁴⁾.

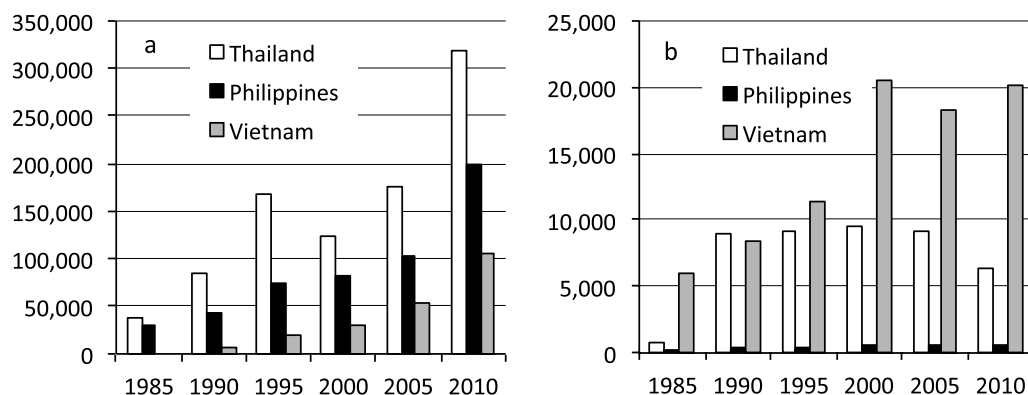


図2 タイ・フィリピン・ベトナムにおける GDP ときのこ生産量の関係 (1985-2009/2010) ^{2,4)}

れたのみである。

2) きのこ栽培を主導する3大学

フィリピンの首都マニラが位置し、最大の島であるルソン島の3大学、セントラルルソン州立大学 (CLSU, Central Luzon State University), スエヴァ・ヴィスカヤ州立大学 (NVSU, Nueva Vizcaya State University), イフガオ州立大学 (IFSU, Ifugao State University) を訪問した(図3)。

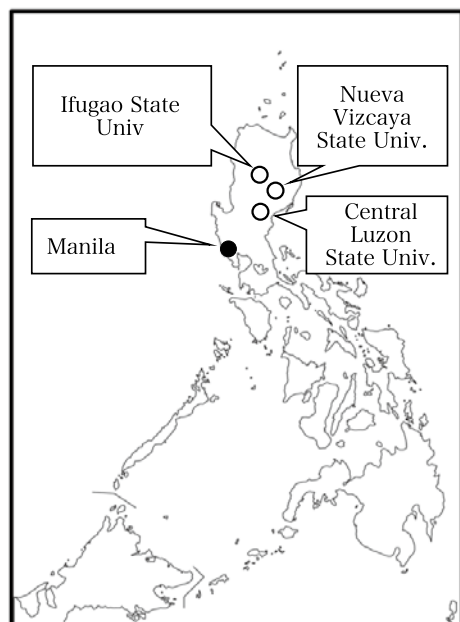


図3 フィリピン・ルソン島における訪問した3大学の位置図

CLSU はマニラ近郊のサイエンスシティに位置し、農林漁業、教育、経済、観光を専門とする。フィリピン唯一のきのこ研究所を設置している。IFSU は中部山岳地帯に位置し、1920年に創立された農林大学を母体とする。イフガオ州には、「天国への階段」といわれ、ユネスコの世界遺産に登録された棚田群(図4)がある。ルソン島には船と陸路以外の交通手段はなく、CLSU まではマニラから車で5時間、IFSU までは9時間かかり、NVSU は両者の中間に位置する。

3) きのこ栽培の歴史

1970年代、食用きのことしては唯一フクロタケ *Volvarella volvacea* が農家の余剰労働時間



図4 フィリピン・バナウェの棚田

表2 フィリピン農家におけるきのこ栽培

Farmer	Close university	Mushroom species cultivated	Production (kg/year)	Price (Php/kg)	Medium ingredient	Problem	Others
A	CLSU	<i>V. volvacea</i>	1,700 in total	—	Rice straw	Direct trade not through market	Mushroom land and hotels facilitated
		<i>Pleurotus florida</i>		2,000	Banana leaves		
		<i>P. cistidiatus</i>		4,000	Waste substrates of <i>V. volvacea</i>		
B	CLSU	<i>P. florida</i>	4,000	350	Rice straw		Selling substrates
C	IFSU	<i>P. ostreatus</i>	1,000 in total	200	Wood sawdust, rice straw, rice bran	Disease and pest insects	Feeding substrate waste to a pig
		<i>P. sajacaju</i>		200			

CLSU: : Central Luzon State University, IFSU : Ifugao State University. Php: Philippine peso (1Php = 2 yen)

を使用して栽培されていた^{5,6)}。1980年代に、農家の換金作物としてヒラタケ属 *Pleurotus* を中心としたきのこ栽培が、大学主導の下に始められた。現在では、*P. florida*, *P. cistidiatus*, *P. ostreatus*, *P. saja-caju* などのヒラタケ属きのこが栽培されている。

4) 簡易施設と地域副産物を用いた栽培

いずれの大学においても実用的なきのこ研究が進められており、成果を近郊の農家に即伝達する仕組みが構築されている。大学から栽培情報を得た農家は、さらに自らの工夫を重ね、近郊の農家へと技術を伝授する中核農家となっている。表2に農家におけるフクロタケ栽培とヒラタケ属栽培の培地材料などを示す。培地基材としては、稲わら、バナナの葉、フクロタケの廃培地、家具工場からの廃おが粉などの地元資材が使用され、栄養剤を使う場合には米ぬかが選ばれている。ルソン島はフィリピンの穀倉地域であり、稲作が二期作、場合によっては三期作行われている。副産物としての稲わらは収穫時期に集中して発生するが、野外に山積みし、必要に応じて適宜使用している。きのこの値段はまちまちであり、1フィリピンペソ (Php) を2円で換算すると、100 g 当たり日本円で40

円から800円の値段がつけられている。市場を通すと高値で売れないため、消費者に直接販売するという農家、病害虫が問題という農家がある。また、きのこ発生用の培地を近隣の農家に販売している場合もある。

栽培には、簡易施設が工夫して用いられている。フクロタケはマッシュルームと同様にベッド栽培であるが、ヒラタケ属を中心する他のきのこには袋を用いた栽培が行われている。工程として、培地の攪拌、袋詰め、滅菌、接種は日本では機械で行われるが、フィリピンでは人力での攪拌、袋詰め (図5)、接種が



図5 フィリピン農家における人力による培地の栽培袋詰め作業



図6 フィリピン農家におけるドラム缶を利用した
培地殺菌



図7 フィリピン農家においてプラスチック袋入り
培地を紐と竹棒を使って吊るしながらきのこ
を展開している様子



図8 フィリピン農家のきのこ栽培施設に隣接した
部屋で飼育されているブタ、廃培地をブタに
給餌

行われている。殺菌にはドラム缶を利用した蒸気殺菌（図6）が普通である。耐熱性のポリプロピレンの袋に培地を詰め、フタとしては縫製工場からの副産物である綿屑を詰める。培養は室内で行い、その後発生小屋へ移す。ここでは、紐と竹によるみごとなまでの簡易な吊り下げ方式で袋を天上から吊り下げ、きのこが発生し始めると袋の両端を開けて、きのこを展開させる（図7）。発生中には水を散布する。

ある農家では発生小屋の隣でブタが飼われており（図8）、廃培地は豚の餌に混ぜられる。糞の臭いを消す効果があるという。また、セントラルルソン州立大学の栽培施設では、発



図9 フィリピン CLSU のきのこ研究センターに
おける吊り下げられたプラスチック袋の下
の水槽内で飼育されているティラピア

生中の培地の下は水槽となっており、ティラピアが廃培地と落下した子実体のかけらを餌としている（図9）。

2. 食生活の現状

国民の食事内容は次のような要求から生まれる。第一に胃袋を満たすために、第二にいろいろなものを、第三においしいものを、第四に安全で安心なものを、最後に健康を志向した機能

性のあるものを食べることでと変化する⁷⁾。日本のカロリーベースの栄養摂取量 (2,723 Kcal/capita/day, 2009 年)⁸⁾ に比較してもフィリピンの摂取量 (2,580 Kcal) はほぼ満足のいく段階に達していると考えられる。しかし、フィリピン科学技術省が管轄する食糧栄養研究所が発表した 2008 年の国家統計結果⁹⁾ によると、脂肪の多い肉類とスナック菓子の大量摂取、および野菜不足で、大人は肥満の傾向、子供たちは栄養不良状態にあるという。

肥満度を示す BMI (weight (kg) /height² (m)、標準 18.5 –25.0) が 25 を超える人の割合は、フィリピンでは 25.0% (2009 年)、日本では 23.2% (2004 年) である¹⁰⁾。フィリピンでは一部の識者の間では食事内容の見直し、すなわち野菜やきのこ類によるビタミンとミネラルの摂取が提言されつつあるが、一般にこれら栄養素の重要性は認識されていない。

3. きのをめぐる問題点

1) きのご情報の不足

以上のように、きのこを食する習慣は広く定着しつつあるが、きのこが体にプラスの効果を与えるという科学的栄養学の知識が普及、定着していない。訪れたひとつの大学の学長に、痛風の原因となるプリン体がきのこに非常に多く含まれているので、体によくないのではないかと質問を受けた。痛風は、血中尿酸値が著しく上昇することにより、結晶化して関節などに付着することによって起こる。プリン体の代謝産物が尿酸である。

外国のサイトをインターネットで mushroom と purine をキーワードとして検索すると、きのこはプリン体含有量の高い食品¹¹⁾、あるいは中程度の食品¹²⁾ として分類されている。しかし、日本の研究報告¹³⁾ によると、プリン体含有量は、大豆由来食品 22 –173 mg/ (100 g or

100 ml)、国産野菜 2 –172 mg/100 g、国産きのこ 10 –142 mg/100 g であり、200 mg/100 g を超えておらず、これらを摂取することはよい食習慣であると推奨している。さらに、シイタケ 2 種、ウスヒラタケ、ハタケシメジを調べたところ、平均 15.7 –37.9 mg/100g であり、プリン体の少ない食品に分類された¹⁴⁾。栄養学的に食品中のプリン体含有は、極めて多い 300 mg/100 g 以上、多い 200 –300 mg/100 g、中程度 100 –200 mg/100 g、少ない 50 –100 mg/100 g、極めて少ない 50 mg/100 g 以下に分類され、供試されたきのこ 4 種は極めて少ないグループに属し、痛風や高尿酸血症患者への食事指導にも勧められるとしている。

この報告では、生重量当たりの含有量を計算したが、乾燥重慮あたりでは 165 –328 mg/100 g という値を示す。外国のサイトできのこが高プリン体含有の食品として紹介されている理由は、乾燥重量を基準にしていると考えられ、注意を要する。きのこに関する正しい情報の発信が必要と考えられる。

2) 遅れるインフラ整備

ルソン島農村地域で栽培されたきのこは、地元市場あるいは相対取引で販売されている。近年、フィリピンにおける農業が停滞している原因の一つとして、非効率な商品作物流通が挙げられる¹⁵⁾。効率的な商品作物流通の阻害要因として、インフラ (輸送・流通・通信) の未整備、政策・法律・規制や制度・慣習などに関する問題点が明らかにされた。フィリピンでは貧困層の大半が農村地帯に居住しているため、商品作物流通の効率化が国全体の貧困削減につながり、効率的な商品作物流通は、増加しつつある国内需要を満たすためにも不可欠であるという。

3) 大学間での情報共有の必要性

大学が地域における栽培技術牽引役であることを前述した。しかし、ルソン島にある大学間

の連携が希薄であるように思われた。大学間で情報を共有し、ルソン島内において栽培技術のさらなる向上、技術伝播の漏れをなくすことが必要であると考えられる。

おわりに

フィリピンは沖縄県の石垣島、西表島、与那国島と同様に Köppen-Geiger の気候区分¹⁾では熱帯海洋性気候区に属する。気候とそれに起因する植生に非常に共通点が多いという印象を受けた。日本では、蚊によって媒介されるマラリアは撲滅されたが、マラリアやデング熱という

熱帯性の伝染病に関し、現在でも日本と東南アジア諸国とで共同で医学研究が進行している。きのこ栽培においても、日本で培った高い栽培技術を基礎とし、日本の熱帯地域において、東南アジアに応用できる栽培技術の開発が可能ではないかと考えられる。

謝辞

今回の「フィリピンにおける食用きのこ事情の視察」に対し、平成 24 年度人物交流派遣・招聘事業として助成いただいた(財)国際文化交流事業財団に厚く御礼申し上げる。

・・・・・・・・・・・・・・・・引用文献・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel, World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.*, **15**, 259-263, 2006 doi:10.1127/0941-2948/2006/0130.
- 2) The National Accounts Main Aggregates Database-United Nations (<http://unstats.un.org/unsd/snaama/dnList.asp>) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 3) 農林水産省, 世界の食料自給率. 農林水産省で試算した諸外国・地域の食料自給率等 (http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/013.html) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 4) UADA. Economics statistics, and market information system. Economic research service U.S. Department of Agriculture. Mushroom industry report (94003) (<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1395>) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 5) Renato G. Reyes, Evaristo A. Abelia, Fimio Eguchi and Miyato Higaki, State of the art of mushroom production activities in the province of Nueva Ecija, Central Luzon region, *Philippines. Mushroom Sci. Biotech.* **4**(1): 3-8, 1997
- 6) Renato, G. Reyes, Sofronio P. Kalaw, Arce D. Bellere, Hiroaki Yoshioto, Tadahiro Kikukawa and Fumio Eguchi, Status and prospects of medicinal mushroom cultivation in central Luzon region of the Philippines. *Mushroom Sci. Biotech.* **17**(2): 87-89, 2009
- 7) 藤家 梓, 定年後の海外農業ボランティア. 農文協. 東京, 167pp. 2009
- 8) FAOSTAT Food balance sheet. (<http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE>) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 9) Food and Nutrition Research Institute, Department of Science and Technology, Research and Development Institute Dietary changes and health implications: An emerging double burden of under and over nutrition. (<http://www.fnri.dost.gov.ph/files/fnri%20files/abstracts32nd/posters/doubleburden.pdf>) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 10) WHO Global database on body mass index 2012.6.24 (<http://apps.who.int/bmi/index.jsp>) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 11) Precautions for uric acid Which Vegetables causes uric acid. (http://wiki.answers.com/Q/Precautions_for_uric_acid_Which_Vegetables_causes_uric_acid) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 12) Various food types and their purine content (<http://www.acumedico.com/purine.htm>) (2013 年 3 月 4 日現在)
- 13) K. Kaneko, Y. Kudo, T. Yamanobe, K. Mawatari, M. Yasuda, K. Nakagomi and S. Fujimori, Purine contents of soybean-derived foods and selected Japanese vegetables and mushrooms, *Nucleosides, Nucleotides and Nucleic Acids* **27**(6-7): 628-630, 2008
- 14) 稲澤克紀, 山岡法子, 稲川覚子, 安田 真, 馬渡健一, 中込和哉, 久留一郎, 金子希代子, HPLC 及び LC-MS を用いたきのこ 4 種中のプリン体プロファイリング. *Gout and Nucleic Acid Metabolism* **35**(2): 175-181, 2011
- 15) 秋山孝允, フィリピン: 効率的な商品作物流通のあり方―課題と対策―. 開発金融研究所報 **139**(9): 124-139, 2002

“地域密着でキラリと光る企業”

仙台味噌を製造販売する『仙台味噌醤油株式会社』

田形 暁作*

*TAGATA Yoshinari (TAGATA 食品企画・開発 代表)

Key Words: 仙台味噌・ジョウセン・伝統食品・自然食品・伊達政宗公・宮城県味噌醤油工業協同組合

はじめに

仙台味噌醤油株式会社は大正8年(1919年)11月、第一次世界大戦の好況に仙台市内同業者が一丸となって、より良い味噌醤油を安価に供給する目的で、近代設備を施した仙台味噌醤油株式会社を資本金50万円にて、伊達政宗公緑の若林城御城下の地に創立した。初代社長は六代目佐々木重兵衛氏が就任。翌9年5月に宮城県味噌醤油醸造組合に加盟。翌10年8月に商標「ジョウセン」を初出荷し、県下に特約店を設けた。このようにして仙台味噌醤油株式会社は仙台市で事業をスタートし、今年で94年目を迎える。

1. 味噌の起源

味噌は、古代中国の「醬」が起源だと言われている。醬は、獣や魚の肉をつぶし、塩と酒を混ぜて壺に漬けこみ、100日以上熟成させたもの。醬がいつ頃、どのように日本に伝来したのかは、よく解かっていないが、醬の文字が初めて登場する「大宝令」(701年)には、中国にない「未醬」という言葉がみられる。これは醬に日本人が工夫を加えた新しい調味料で、みその前進ではないかと考えられている。「未醬」

が「みしょう」から「みしょ」そして「みそ」という風に変化したのではないかという説もある。ちなみに、「噌」という漢字は「味噌」以外には使われない。「みそ」のためだけにつくられた字である。味噌という文字は、「味」は【口】と【未】でできている。「未」には「美」の意味もあり、【口に美味しいもの】となる。「噌」は【口】に【曾】である。「曾」は「重ねる・にぎやか」という意味合いがあり、「味噌」は【うまい味がにぎやかに、たっぷり詰まった「大豆発酵食品」】ということになる。「味噌」という字はみその性格をよく物語っている。

2. 仙台味噌の歴史

1) 仙台味噌史

味噌の歴史は極めて古く、いろいろな地域独自の製法があり、今なお特色を備えた味噌の生産が各地方で続けられている。その特徴なり名称なりが全国に流布され普遍化されているのは『仙台味噌』の他は2,3に過ぎない。赤味噌をすべて『仙台味噌』と通称するほど、品質名声ともに普及をみたことは驚くべき事実で、このように発展した由縁は一体どこにあったのであろうか。

第一に、伊達政宗公以来、藩が領内産業の改

革と発展に意を用い、特に御塩増蔵（おえんそぐら）を設けて、品質の向上を図るとともに味噌仲間の指導を厳にしたためである。味噌仲間一同も「本質の吟味」を仲間掟の第一に掲げ、品質保持のため価格の安定を図り、300年間、一貫した方針のもとに不断の努力を続けた。また、北辺の風土悪条件のため連年の如く凶歳が続き、生命を救う常備食として味噌が平常から備蓄された。かつ種々の調理法が研究されたので、味噌に対する愛着が著しく強まり消費の基盤が盤石となったものと考えられる。

かくして藩の指導、需要の必需、それに応える仲間の努力と三拍子そろって他に類例のない発展を見せた。さらに、江戸仙台屋敷から分与された『仙台味噌』の品質が評判を高め、名声が広まる結果となった。現在の宮城県味噌醤油工業協同組合の母体となった藩政時代の「味噌醤油仲間」が年々伝統を積み、いかにその事態に善処してきたか、文政11年（1828年）以降の仲間留帳を見ると歴然たるものがある。

2) 政宗公と『仙台味噌』

天正年間（1573年～1591年）の角逐時代に伊達家はその本城を米沢に置き、西は越後、北は出羽長井から陸前黒川、桃生、東は相馬三春、南は上野、下野に境を接して覇を唱え、この間に携帯行糧として発達したのが『仙台糲』と『仙台味噌』である。豊臣秀吉の朝鮮出兵に際して伊達政宗が文禄2年（1592年）3月、浅野長政等と共に朝鮮に渡り、蔚山で戦った時、糲と味噌は軍糧として優れた特色を発揮し、特に夏期に入り他藩の味噌が異国の風土に適さず腐敗して殆ど食用にならなかったにも拘わらず、仙台藩の味噌は少しも変質することなく味も優れておいしかったので、請われて他藩に分ち与え、一躍『仙台味噌』の名声を揚げたと伝えられている。政宗が武将としては勿論、政治家として卓抜した手腕を有していたことは、荒蕪の一寒村に仙台城を開府し、二、三十年にしてそ

の繁昌は伊達模様を全国に風靡する程、富裕な藩財政を築いた一事をみても窺い知ることができる。慶長6年（1601年）政宗は青葉山の築城と共に城下の屋敷割を実施し、城下の中心と街道筋に町屋敷を置き、米沢、岩出山以来隨身して来た諸商人や職人達を居住まわせ、慶長から寛永にかけて町屋敷二十四町の完成を見た。

これら町屋敷の繁栄と仙台領内商工業の改良と発展をもたらしたのは、諸国から政宗に召されて藩の御用を勤めた御用商人と城下の殷賑につれて蛸集してきた近江商人などであった。慶長13年大和かやの森から柳生但馬守の推挙によって諸白屋又五郎を召して御用酒屋の看板を掲げさせ、同じく慶長年中に葦名家の臣、夏井藤兵衛を召抱えて仙台糲の改良につとめさせ、あるいは、馬種改良のため慶長18年、臣をペルシャ国に派して壮馬の輸入に当たらせ、寛永3年には長州の人、伊藤信茂の言により入浜製塩法をひろめ、同5年には牡鹿郡渡波浜、亶理郡島屋崎浜、宮城郡高城浜等にも塩田が設けられ大いに製塩が行われた。仙台はもともと国分氏の領有した土地で、国分町草分けの豪商19軒は大町4丁目から東西両側に軒を並べて繁昌し、昭和20年戦災時まで、往時の面影を残していた。

上州真壁郡から来往した真壁屋市兵衛は国分町に住み、「古人筆頭」の格を与えられ「古木」の姓を賜り、玄米百石の扶持を受けて藩の味噌御用を勤めていたが、寛永3年（1626年）3月、国分町に『仙台味噌』の招牌を掲げ、『仙台味噌』の元祖となった。その規模は八尺桶18本と、7尺桶2、3本をもって醸造を行ったと伝えられている。古木氏は相州小田原の北条氏縁故の者で、伊達家もまた輝宗以来北条氏と親交があったので、日本最古の鼓、味噌生産の記録を残す伊豆、相模地方の味噌づくりの技術が北条氏を通じて伝承されたことが考えられる。それが更に真壁屋の手によって改良発展した事が

窺われる。仙台城の郊外に御塩噌蔵が設けられ、真壁屋が醸造に当たり、軍糧あるいは備荒用として備蓄するとともに、城中毎日の御用をつとめ、また、江戸には勤番の士卒 3,000 余名が市中 7 か所の藩邸に常駐していたので、御塩噌蔵の制度を江戸にも設け、大井の下屋敷で醸造を行い士卒に給し、原料の米、大豆はもちろん麴にいたるまで総じて海路を仙台から品川鮫島に運んだ。仙台藩の味噌は風味が良いことを聞き、分与を乞うものが多く、二代目忠宗の時代から一般に払い下げたため、江戸市中にその名が宣伝され、『仙台味噌』と称されるようになった。明治 5 年、大井下屋敷の味噌醸造所は佐藤素拙によって積極的に製造販売を行い、東京市場を風靡したと伝えられている。

3) 御塩噌蔵

江戸時代、武器、軍用金および米と共に塩、味噌を城中に備蓄することが諸藩の習わしとされていた。政宗公は単に非常時に備えたばかりではなく城中の糧とする目的で大規模な味噌醸造の設備を設け、これを御塩噌蔵と称し、真壁屋古木市兵衛はその御用を勤め、「御用味噌屋」の役割を果たした。

4) 味噌醤油仲間

政宗公は封建体制の維持を図るとともに城下町の育成のため、先ず農村の商業を禁止し、大町、肴町など御譜代町六町に対しては、定期的に「市」「御日市」開設の特権を与え、立町・殻町には穀物、荒町には糶など町ごとに特定商品の独占的販売あるいは商業を許した。この結果、町々には、早く常設店舗の発達が見られ、安永年間（1772～80 年）には城下総人口 6 万人に達する繁栄を見るに至った。このような藩の特別の保護と奨励に預かった商人達、特に藩の御用商人や上方より絹布、小間物、薬種など重要商品の直仕入権を独占した豪商達は、その発展に伴い各々仲間を統合して共同の利益を図り、その独占権の擁護につとめた。これを「株

仲間」とよび、藩においてもこの仲間を通じて行政と保護を行った。「味噌醤油仲間」結成は文政 11 年（1828 年）とあり、比較的早い時期に結成されたようである。古人筆頭、真壁屋古木市兵衛他 14 名の連盟があり、株仲間として結成された当初の仲間数を示すものと思われ、繁栄を誇っていたとみられる。

5) 『仙台味噌』の特色

300 年改良を積んだ技術の丹精で育て上げた『仙台味噌』の特色はどこにあるのか。「冴えた赤色」と称ばれる優れた光沢の美しさと、塩なれして旨味と塩味が渾然と調和した芳香の強い東北情緒の漂う風味がその特色である。塩分は多いが、味噌のままなめても鹹味を感じない旨味があり、「なめ味噌」として大いに食欲をそそり、少糧多塩型といわれ、長期の熟成なので貯蔵されても蔵風味がいささかも変わらないのが伝統の特色である。『仙台味噌』は製造されるというより、醸すというべきで、原料大豆は一粒ずつ精選されて用いられる。3 年に渡る長い期間杜氏は全責任を負って醗酵を守り、完全な熟成を待つ。

6) 現代

藩政中期には人口 6 万人を越え繁栄を誇った仙台御城下も、幕末の動乱と連年の凶作、それに藩籍の奉還などで著しく衰微し、明治 5 年には 5 万 2,000 人と激減するに至った。味噌仲間にも大きな影響を及ぼし、文政以来約 160 年の間、50 名前後で安定した経営を続けてきた仲間の内にも休廃業した者もあって、明治 5 年の奉仕仕込みを行った者は僅か 24 名に過ぎない有様となった。明治初期の混乱も過ぎ、人口も明治 12 年 5 万 5,000 人、明治 20 年 6 万 7,000 人、明治 30 年 8 万 3,300 人と増加し、消費都市としての様相を整えるに従い、仲間は職業自由の機運に乗り、新しく創業する者もあって、明治 20 年には 43 名、明治 38 年には 52 名と再び往時の繁栄に還った。

明治18年に同業組合準則が公布されるや各種の同業組合は法令に基づく新しい組合に改組されることになり、御城下味噌醤油仲間および石巻造醤油仲間なども前後して新組合設立を企図したが、当時の情勢は県下各地に散在する業者を一体とした集まりの必要が痛感され、県組合の設立を目指して、明治31年10月仙台市北四番町に『宮城県味噌醤油醸造同業組合』の創立を見るに至り、初代組合長に故佐々木重兵衛(五代)が就任した。加入者は280名であった。

3.

仙台味噌醤油株式会社「ジョウセン」のあゆみ

仙台味噌醤油(株)は安土・桃山時代から400年の歴史と伝統を持つ「仙台みそ」の本物の味を現代に受け継いでいる。明治時代の混乱期の後、大正時代に入り、「仙台みそ」の製造・販売を再び始めるために創立された会社である。以下に、大正8年から現代にいたる90年強のあゆみを記す。

【大正】

8年 (1919年)	11月	■第一次世界大戦の好況に仙台市内同業者が一丸となって、より良い味噌醤油を安価に供給する目的で、近代設備を施した仙台味噌醤油株式会社を資本金50万円にて創立初代社長に六代目佐々木重兵衛氏が就任伊達政宗公所縁の若林城御城下に地鎮祭を行う
9年 (1920年)	5月	■宮城県味噌醤油醸造同業組合に加盟
10年 (1921年)	8月	■商標ジョウセン初出荷、県下に特約店を設ける
11年 (1922年)	2月	■二代社長 七代目佐々木重兵衛氏就任
12年 (1923年)	8月	■金10万円を増資し、資本金60万円となる北海道小樽市に特約店を設ける
13年 (1924年)		■野田醤油(株)より技術者を招き、指導を受ける
15年 (1926年)	8月	■醤油造石税廃止となる

【昭和】

3年 (1928年)	5月	■東北産業博覧会にて醤油、名誉賞牌を受ける
5年 (1930年)	3月	■ソース・酢の醸造販売を始める
7年 (1932年)	7月	■昭和不況乗り切りのため減資し資本金32万円となる市況悪化販売競争激化する
9年 (1934年)		■醤油景品付き販売中止となる
12年 (1937年)	2月	■斉田式新醸造法特許の分権を受け、東北唯一の実施工場となる
	7月	■仙台味噌醤油工業組合創立となり加盟
16年 (1941年)	10月	■宮城県味噌醤油統制(株)が設立される
17年 (1942年)	1月	■味噌醤油統制、配給制度となる
〈戦後〉		
21年 (1946年)	3月	■大豆搾油工場を新設する
22年 (1947年)	6月	■金8万円を増資し資本金40万円となる
24年 (1949年)	1月	■金80万円を増資し資本金120万円となる
	11月	■創立30周年記念式典を行う
25年 (1950年)	3月	■食品配給公団廃止される
	7月	■統制解除になり自由販売に戻る
	8月	■東京上野松坂屋デパートに本場仙台みそ進出し、都内デパートに広まる
	10月	■皇后陛下、仙台行啓に際し、本場仙台みそお買い上げの光栄に浴す。全国味噌工業会により、味噌試験工場に指定される。
26年 (1951年)	3月	■金700万円を増資し資本金1,000万円となる。幼稚園階潤園を開設する
29年 (1954年)	11月	■創立35周年記念式典。斎藤栄三郎先生講演会開催する
30年 (1955年)	4月	■二代社長佐々木重兵衛氏、藍綬褒章の叙勲を受ける
	10月	■大豆一粒選り始める
31年 (1956年)	10月	■金1,500万円を増資し資本金2,500万円となる
	11月	■第一次南極地域観測隊に本場仙台みそを贈る。以来、毎年継続する

32 年 (1957 年)	7 月	■大型宣伝キッチンカー県内各地で料理講習会を始める
34 年 (1959 年)	3 月	■宮城県食品衛生モデル施設、仙台市衛生モデル店に指定される
35 年 (1960 年)	1 月	■味噌 1kg ポリ袋詰発売、メーカーブランドが消費者まで浸透する
	7 月	■東京都内卸問屋を通じ本場仙台みそ都内小売店に進出
36 年 (1961 年)	8 月	■東北放送テレビにて、「テレビ料理教室」の番組提供
37 年 (1962 年)	7 月	■仙台市内小売店で仙台上仙会を結成する
	10 月	■市内ルートセールスを始める
38 年 (1963 年)	7 月	■味噌醤油構造改善事業に協力し県内同業 9 社と業務提携を行う
39 年 (1964 年)	10 月	■首都圏特約店で東京上仙会を結成
43 年 (1968 年)	11 月	■二代目社長佐々木重兵衛氏、勲五等双光旭日章の受勲を受ける
	12 月	■金 1,250 万円を増資し資本金 5,000 万円となる
45 年 (1970 年)	7 月	■本場仙台みそハワイに直輸出
46 年 (1971 年)	5 月	■二代目社長佐々木重兵衛氏、会長に就任 三代目社長佐々木顕一郎氏就任
	7 月	■「ジョウセンは純正無添加です」のキャンペーン展開
47 年 (1972 年)	4 月	■みそ 4kg 詰化粧箱を販売、贈答品としての地位を築く
49 年 (1974 年)	10 月	■みそ 1kg ポリ袋新デザイン発売「純正です白です」のキャンペーン展開
51 年 (1976 年)	12 月	■金 3,000 万円増資し資本金 8,000 万円となる
52 年 (1977 年)	10 月	■二代社長七代目佐々木重兵衛氏死去
54 年 (1979 年)	10 月	■三代社長佐々木顕一郎氏、八代目佐々木重兵衛を襲名する
55 年 (1980 年)	11 月	■低塩運動起こり、うす塩醤油発売
61 年 (1986 年)	4 月	■ジョウセン「つゆ」発売し、新分野に進出
	11 月	■宮城県食品衛生協会より食品衛生功労者並びに食品優良施設として県知事表彰を受ける

62 年 (1987 年)	1 月	■NHK 大河ドラマ「独眼竜政宗」が放送され政宗ブームが起こるジョウセン政宗キャンペーンを展開、政宗みそを発売して人気となる
62 年 (1987 年)	7 月	■未来の東北博覧会が開催（7 月 18 日～9 月 28 日）され総合食品館に出展。外国人コンパニオンが世界 25 か国に輸出されているジョウセンの味噌・醤油を紹介し話題になる

【平成】

元年 (1989 年)	11 月	■会社創立 70 周年記念日を迎える
2 年 (1990 年)	4 月	■消費税創設、3% 外税方式となる
3 年 (1991 年)	4 月	■三代社長佐々木重兵衛氏、藍綬褒章の受勲を受ける
	5 月	■無添加仙台みそ 750g カップを新発売する
5 年 (1993 年)	11 月	■三代社長佐々木重兵衛氏、発明協会宮城県支部より功績表彰を受ける ■製造部長遠藤勝之氏「宮城の名工」、宮城県卓越技術者として県知事より表彰を受ける
7 年 (1995 年)	4 月	■水に恵まれた工業用地として志田郡松山町が造成した工業団地を購入
7 年 (1995 年)	5 月	■時代のニーズにあわせ本場仙台みそ 1kg ピローを 750g に容量変更し、カップ詰め商品として新発売
9 年 (1997 年)	4 月	■消費税率 3% ⇒ 5% にアップとなる
	6 月	■志田郡松山町葵沢東において工場建設の地鎮祭を執り行い着工する
10 年 (1998 年)	5 月	■常務取締役佐々木淳一郎氏、宮城県味噌醤油工業組合副理事長に就任
	9 月	■志田郡松山町葵沢東に工場移転
	11 月	■取締役工場長遠藤勝之氏、卓越技術者「現代の名工」として労働大臣表彰を受ける
11 年 (1999 年)	12 月	■仙台市若林区古城の地に本社事務所を建設
	11 月	■有機 JAS 法が制定され、「無農薬みそ」を JAS 認定商品として「有機仙台みそ」新発売する

13 年 (2001 年)	6 月	■三代社長七代目佐々木重兵衛氏会長に就任
13 年 (2001 年)	7 月	■即席仙台みそ「ほうれん草」3 食入りを新発売する
18 年 (2006 年)	10 月	■世界初、食べるみそタブレット「仙台みそふらぼん」3 種類を新発売し話題となる
20 年 (2008 年)	4 月	■四代社長佐々木淳一郎氏会長に就任、五代社長遠藤勝之氏就任
20 年 (2008 年)	9 月	■明成高等学校調理科とコラボレーションしたみそが熟成し、商品名「お味噌の気持ち」仙台みそを限定発売 ■クッキングエキス「みその露」360ml と 150ml ビンを新発売
20 年 (2008 年)	10 月	■仙台みその新タイプの商品として長期熟成みそ「黒味噌」を新発売する
21 年 (2009 年)	11 月	■会社創立 90 周年記念日を迎える
22 年 (2010 年)	5 月	■モンドセレクション 2010 より「本場仙台みそ」が 4 年連続大金賞を受ける
	8 月	■明成高等学校調理科リエゾンキッチンと宮城県加美農業高校とをコラボレーションさせた第 3 弾「お味噌の気持ち」仙台みそを発売、ジョウセンの地産地消の食育活動が好評を得る
	11 月	■全国味噌鑑評会より全国味噌工業協同組合連合会会長賞を受ける
23 年 (2011 年)	11 月	■取締役社長遠藤勝之氏、黄綬褒章を受章
24 年 (2012 年)	7 月	■五代社長遠藤勝之氏、会長に就任、六代社長佐々木淳一郎氏就任

4. 仙台味噌醤油株式会社の経営指針

一粒の大豆、一粒の米、そして塩を融合させ、豊かな食生活を創造するために、「明朗」「愛和」「喜働」の社是のもと、先人たちが築き上げた伝統を継承し、常に最高の品質を求め、「本場仙台みそ・ジョウセン醤油」を醸造生産していく。

明朗
愛和
喜働

明るく世の中のためになる仕事を、環境に配慮して実施する。

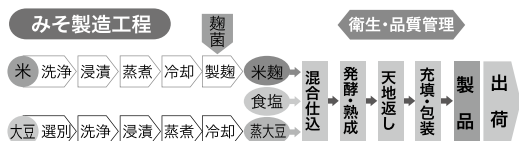
お客様のために、仙台味噌・醤油を主とした健康に良い食品を提供する。

社員がその仕事を喜んでイキイキと働く。

自然に恵まれた「わさび沢工場」の環境を大切にするとともに、「美味しさ」に更なる「安心・安全」を添えて提供する。

ジョウセンの味噌・醤油は世界の人々に喜ばれており、このことは「純正・無添加」の精神をご理解いただいているものと考えている。創業 90 年にあたり「伝統の味」の原点に立ちかえり「ほんもの一筋」の信念を貫き、これからも「美味しい本場仙台みそ・美味しいジョウセン醤油」を醸造生産していく。

5. 仙台みそができるまで



大豆選別

1) 大豆選別
異物やゴミを取り除いた後、自動色彩選別機で一粒ずつ大豆を厳選します。



大豆蒸煮

2) 大豆蒸煮
仙台みそのおいしさの秘訣、大豆の旨味を逃さないよう、圧力鍋でじっくり蒸し上げます。



製麹（せいぎく）

3) 製麹
蒸し米に麹菌を接種し、温度や湿度を調整・保持して米麹をつくります。



混合仕込

4) 混合仕込
大豆・米麹・塩を混ぜ合わせ、仙台みそのもとをつくります。



発酵熟成

- 5) 発酵熟成
発酵に適した温度に保たれた立体発酵蔵の中でじっくり熟成していきます。



天地返し

- 6) 天地返し
タンクをひっくり返して中身を攪拌し、全体の品質を均一に、発酵熟成を促進させます。



充填・包装

- 7) 充填・包装
仙台みそができあがりました。容器に詰められ、ラベルが貼られて、皆様のご家庭に。



品質管理

- 8) 品質管理
大豆の煮し上がり、麴の状態、できあがった味噌の品質など、各工程を厳しくチェックします。

【仙台味噌の情報】

★五合あわせ

政宗公の時代から「仙台みそ」は「五合あわせ」を定法として醸造されていた。みそは、原料の容積で計算する慣わしで、大豆 35 貫、米 40 貫、塩 32 貫として実重量に換算すると、現在の重量歩合では、大豆 100kg、米 57kg、塩 46kg となる。ジョウセンは政宗公の時代から伝承された本場仙台みその製法を生かし、伝統ある本物の美味しいみそ造りをめざしている。

★赤みその代表

「みそ」は、大豆と麴と塩を混ぜ合わせ、発酵熟成させた食品。微生物の働きが、製品の仕上がりには様々な影響を与える。微生物の働きは、気候風土や、蔵によって微妙に変わるため、原料が同じでもその処理の方法や水質などの条件が絡み合うことによって、全国各地で実に様々な特色をもった、千差万別のみそが生まれる。大きく分類すると、米みそ、麦みそ、豆みそという『麴の原料による分類』、製造加工方法の違い、できあがりの色によって赤みそ、白みそという『色による分類』、そして麴の割合や塩分の割合でみる『味による分類』、

さらに、『熟成方法・期間』などの分類がある。「仙台みそ」は、米みそで、長期熟成の赤みそ、味は中辛口にあたる。

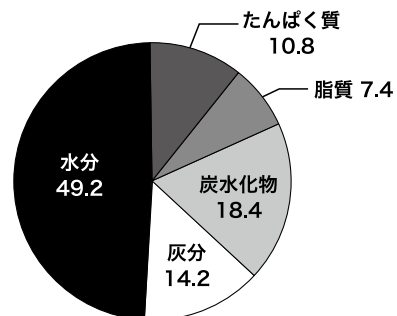
★伝統の技術を継承

ジョウセンのわさび沢工場は、大豆・米麴・塩の力が融合して、まったく別の個性を創造した「仙台みそ」をつくっている工場である。歴史と伝統を継承し、松山の気候・風土・水・資源など、自然の恵みを活かし、人の心と技を大切に、衛生面や周囲すべての環境を守る技術を駆使。「みそづくり」を様々な方面からしっかりと考えている。この工場で作られる「仙台みそ」は、原料の大豆を一粒ずつ厳選して選別を行い、おいしさを逃がさない方法で蒸し上げている。麴は米からつくり、大豆と米麴と塩を混ぜ、発酵蔵でじっくり熟成。そうして仕上がりを静かに待つ。できあがった「仙台みそ」は冴えた赤みと艶、芳醇な香りを醸し出し、今なお政宗公伝来の風格を守り続けている。

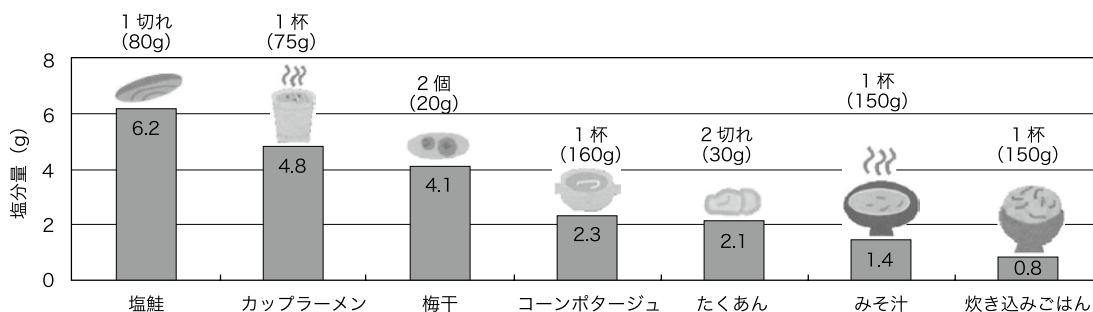
6. 機能性食品「仙台みそ」

1) 栄養素がたっぷり

「畑の肉」とも言われるみその主原料「大豆」は、良質な植物性たんぱく質を豊富に含む食品である。大豆は発酵することによって分解され、約 30% がアミノ酸になる。その中には、生命の維持に大切な必須アミノ酸を 8 種



仙台みそのおもな栄養素
※米みそ（中辛口・赤みその例）



他の食品と比較した塩分グラフ

類も含有。ビタミンも生み出し、栄養的にも優れた食品へと生まれ変わる。みそには他に、炭水化物、脂質、灰分、ビタミン、カリウム、マグネシウム、繊維質など、たくさんの栄養分も含まれている。これほど多くの栄養を含む食品は、ほかに例がないと言われるほど、「仙台みそ」は、素晴らしい食品である。おいしいだけではなく、栄養補給という点においても理想的な食品なのである。

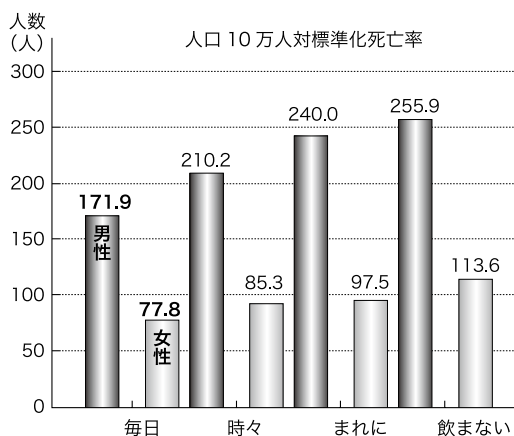
2) 塩分が気になるあなたに

「みその栄養や効果は分かるが、毎日食べると塩分が多いのに、本当に大丈夫なの？」と思う方もいるかもしれない。みそは調味料として使われるので、一度に大量に食べることはほとんどない。実際に計って比べてみると、みそ汁はお碗一杯で塩分量 1.4g。一方、塩鮭は一切れ (80g) で塩分量 6.5g、コーンポタージュは一杯 (160g) で 2.3g であるから、その効果を考えればみその塩分含有量は決して多いとは言えない。みそには大事な栄養素がたくさん含まれて

おり、一日一杯は具だくさんみそ汁を食べたいもの。また「味噌の三礎」という諺もあり、みそには味の素、命の素、美の素が含まれているという意味で、こんなにすごい効果のある食品は他に見当たらない。

★毎日のみそ汁が、胃がん予防に

みそ汁をよく飲む人ほど、死亡率は低くなる。みそ汁を飲む頻度の高い人ほど、胃がん



※日本人の DNA

日本人はみそを、みそ汁という素晴らしい方法で食べ続けてきた。日本でつくられ始めたのは鎌倉時代のこと。禅宗の寺に中国からやってきた僧が、みそをすりつぶして湯に溶くようになったことから、みそ汁が誕生したのである。このことは、鎌倉武士の食習慣に革命を起こした。現代では粗食の代名詞とも言われる「一汁一菜」。意外にもみそは当時まで、武家や僧侶などの特権階級だけの食べ物だったのであるから、「一汁一菜」は、すべての栄養価を含むごちそうだったということ。そうして江戸時代になると、みそは庶民にも普及し、もちろんこの食習慣も伝え継がれ、毎日の食卓にのぼるようになる。以来、みそ汁という簡便な方法もあったことで、みそが食べ続けられたのは、ただおいしいだけではなく、様々な効果をもたらしてくれることを、人々は体験的に知っていたからなのである。いわばみそは、日本人の DNA である。「壹汁満菜」具だくさんのみそ汁で、栄養的に、機能的にも素晴らしい食生活を築いていこう。

よる死亡率が低い。これは 1981 年に、国立がんセンター研究所の平山雄博士によって発表された。『みそ汁を飲む頻度と胃がんの死亡率との関係』の調査結果である。みそ汁を飲む人と飲まない人を比べると、とくに男性では、全く飲まない人の死亡率は、毎日飲む人に比べて約 50% も高いというもの。これは胃がんだけではなく、心筋梗塞、肝硬変などの場合にも同じような傾向がみられる。

7. 地産地消

食の安全性・安心への関心が高まる中で、地域で生産された原料や製法など、素性が明らか



米山の大豆畑



松山の大豆畑



松山の田園

な食品が注目されている。こうしたニーズに応えるためジョウセンは、みその原料である大豆や米を私たちが住んでいる県内からも調達している。目の届く地元松山や隣接する米山など、生産者と契約栽培を行い「ミヤギシロメ大豆・ひとめぼれ米」の品種を指定し、宮城県の特別表示認証食品「e マーク」の認証を受けた地産地消のみそを醸造している。

※「e マーク」認証の食品とは・・・

宮城県承認食品とは、県内で生産された農林水産物などの良さを生かし、地域の文化や技術にこだわりをもって県内でつくられた特産品を宮城県が認証した食品である。認証食品には、e マークがついている。

《認証 e マーク》特別表示食品が有している

性格

- ①優れた品質…Excellent Quality
- ②正確な表示…Exact Expression
- ③地域の循環と調和…Harmony with Ecology



を 3 つの E で表現し、この E を食品の「品」の形に配し、宮城県の「M」を重ねて図形化したものである。

8. 「仙台みそ」の商品紹介

仙台味噌醤油(株)は市販品、贈答品として、多くの商品を企画・開発し販売されている。下記には代表的な商品を紹介した。

7-1. 市販品



- 1) 本場仙台みそ 750g
カップ
(一般流通商品)



- 2) 本場仙台みそ 1kg
ピロー
(一般流通商品)



- 3) 国産原料無添加仙台
みそ 650g カップ
(一般流通商品)



- 4) 名工 500g カップ
(一般流通商品)

7-2. 贈答品



5) みやぎ育ち「香」
セット
(ギフト商品)



6) 蔵の響「彩」
セット
(ギフト商品)



5) 蔵出し本場仙台みそ
「木樽入」
(ギフト商品)

おわりに

日本の味噌は西暦 700 年代には、中国にはない「未醤」という言葉がみられる。これは醤に日本人が工夫を加えた新しい調味料で、みその

前進ではないかと考えられている。また「未醤」が「みそ」に呼び名が変わったのではないかとされている。いずれにしても、味噌は日本人が考え出した新しい調味料のようである。それ以後、各地でその地域にあった味噌が作られてきたようである。

伊達政宗公が仙台に城を作り、新たに町づくりをした時に、味噌を大量生産する仕組みを作り、豊臣秀吉の朝鮮出兵の際には、腐敗せず、風味が良い味噌として全国の武将から請われ分け与えたとある。この時には出兵した藩は味噌を持参してきていたと推察する。当時の味噌は日々の食生活と戦には必需品であったようである。仙台味噌醤油の「仙台みそ」は明治時代の混乱が終わり、第一次世界大戦の好景気の大正 8 年に伊達政宗公が作られたと同じ作り方でつくり、「仙台みそ」を再現させた。

現在では仙台市内はもちろんであるが、各地のスーパーでも購入できる。「仙台みそ」は風味が良く、味噌汁を作るときには味噌以外の調味料は加えなくても、おいしいみそ汁ができる。今後も、「仙台みそ」の伝統の味を守り、多くの消費者にその良さを伝えて戴きたい。

[参考資料]

- 1) 仙台味噌の歴史，発行者：宮城県味噌醤油工業協同組合理事長 佐々木重兵衛，印刷・発行：昭和 34 年 1 月 22 日仙台市本荒町 30 番地
- 2) 宮城県味噌醤油工業協同組合，50 年史平成 8 年 12 月 20 日発行，編集：宮城県味噌醤油工業協同組合，50 年史編集委員会，発行者 鈴木彦太
- 3) 伝説の味 五十三紀行，2002 年 3 月 10 日 第 1 刷発行，著者：中島信吾，発行者：良い食品づくりの会，編集・制作：朝日新聞出版サービス
- 4) 醸界風土記，昭和 41 年 4 月 25 日発行 著者・発行者：矢野正次，印刷所：有限会社明文印刷者 発行所：日本醸造公論社
- 5) 白い国の詩，平成 7 年度版 発行，平成 8 年 1 月 30 日，発行所：株式会社創童舎

二枚貝用飼料— 3

酒本 秀一^{*1} 大橋 勝彦^{*2} 仙石 義昭^{*3}

^{*1}SAKAMOTO Shuichi,

^{*2}OHASHI Katsuhiko (日本ドナルドソントラウト研究所), ^{*3}SENGOKU Yoshiaki (別海漁業協同組合)

Key Words: 二枚貝用飼料・タンパク質源・脱脂大豆粕・小麦グルテン・正常海苔・低品質海苔・スフェロプラスト・微粉碎・味付海苔屑・アサリ成貝・飼育成績

荒木の方法¹⁾で調製したスサビノリのスフェロプラストは海産二枚貝用飼料の原料として優れていること、スフェロプラストに魚油を添加するとホタテ稚貝とアサリ成貝の飼育成績が著しく改善されること等を第1報²⁾で説明した。次いで第2報³⁾で炭素数20以上のn3系高度不飽和脂肪酸(n3HUFA)が海産二枚貝類の必須脂肪酸である可能性が高く、二枚貝用飼料の油脂源にはn3HUFAを豊富に含む魚油等を使用すべきことや炭水化物源としては白糠が優れていること、飼料への白糠の適切な添加率は肉の成長を主目的とする場合には40-60%であること等を明らかにした。更にスサビノリのスフェロプラストに代わる動物性タンパク質源を探索したところ、オキアミミールが最も優れ、次いでエグレートパウダーがスフェロプラストと略同じ効果を持つことも分かった。

本報告では試験-1で脱脂大豆粕と小麦グルテンのタンパク質源としての効果を調べ、試験-2で原料の海苔が正常な海苔であるか低品質海苔であるかの違い、海苔をスフェロプラストに調製してあるか否かの違い、海苔の粒径の違い等がアサリ成貝の飼育成績に及ぼす影響を調べた。更に試験-3では味付海苔屑が二枚貝用飼料の原料として利用出来るか否かについても

明らかにした。

試験 -1

二枚貝用飼料の主原料としてスサビノリのスフェロプラストを利用していたのでは原料コストが高くなり過ぎ⁴⁾、実用化を考えた場合に現実的でない。スフェロプラストの使用量は必要最小限にするか、或いは全く用いない飼料を開発しなければならない。それにはスサビノリのスフェロプラストに代わる原料を探さなくてはならない。前報³⁾で魚粉、オキアミミール、エグレートパウダー等の動物性タンパク質源を検討したが、動物性タンパク質源は如何しても植物性タンパク質源より高くつく。よって本試験では植物性タンパク質源を探索することにした。

1. 材料と方法

1-1. 試験飼料

スサビノリのスフェロプラストに代わるタンパク質源として脱脂大豆粕と小麦グルテンを用いた。A-Eの5試験区を設け、各区の試験飼料の組成を表1に示す。A区は主原料がスサビノリのスフェロプラスト(表ではSPと表記)、

表1 試験飼料の組成

試験区	A	B	C	D	E
スサビノリ SP (%)	36.5	16.5		26.5	16.5
北洋工船魚粉	10	10	10	10	10
白糠	40	40	40	40	40
脱脂大豆粕		20	36.5		
小麦グルテン				10	20
ビタミン混合	5	5	5	5	5
ミネラル混合	4	4	4	4	4
魚油	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
水分 (%)	9.12	9.43	9.60	8.85	8.30

北洋工船魚粉、白糠より成る対照区、B、C 区はスフェロプラストを脱脂大豆粕で代替した区で、脱脂大豆粕の添加率は 20% と 36.5% とした。D、E 区はスフェロプラストを小麦グルテンで代替した区で、グルテンの添加率は 10% と 20% にした。グルテン量を 10%、20% と脱脂大豆粕より少なくしたのは、飼料のタンパク質含量を高くし過ぎない為と、飼料を貝に与える時にミキサーを用いて海水に懸濁処理を行うが、この時に飼料の物性が不適切にならないようにする為である。

白糠の添加率は前報³⁾の結果から 40% にし、ビタミン混合、ミネラル混合は前報と同じ組成の物を同じ量添加した。また、魚油も前報と同じロットの物を同量用いた。

試験飼料の成分分析は水分以外行わなかった。水分のみ分析したのは、水分含量の違いが各試験区の給餌量の違いに及ぼす影響を見る為であったが、殆ど違いは無かった。

試験飼料の調製は以下の手順に従った。北洋工船魚粉は予め篩を用いて大型の骨片を除去した物、脱脂大豆粕は目開き 1mm のスクリーンを付した自由粉碎機で予備粉碎しておいた物を用いた。まず魚油以外の原料を混合し、ステンレス製の篩を通して荒砕きする。次いで目開き 1mm のスクリーンを付したハンマーミル粉碎機に 2 回通して微粉碎する。微粉碎した飼料をフードプロセッサーに入れ、必要量の魚

油を加えて攪拌し、飼料に油を均一に吸着させる。魚油を添加した飼料は酸素不透過性のアルミ袋に脱酸素剤と共に密封し、使用時まで冷蔵庫で保存した。

1-2. 飼育試験

飼育試験開始前日の夕方に前浜で採取した平均体重約 22g の天然アサリ成貝を各区 20 個体ずつ 20L 容角型水槽に入れたプラスチック製網籠に

収容して飼育した。水槽の一端から砂濾過した海水を流し、エアーストン 1 個を用いて通気した。飼育期間は 10 月 28 日から 12 月 3 日までで、水温調整は行わなかったため、その間水温は 12.9℃ から 6.7℃ まで低下し、平均水温は 10.6℃ であった。給餌量は日に 3g で、午前中に 1.5g、午後に 1.5g と 2 回に分けて与えた。給餌法は以下の通りであった。精秤した飼料を市販のミキサーに入れ、適当量の海水を加えて 30 秒間攪拌し、均一に懸濁してから与えた。給餌後 2 時間は止水にして飼料の流出を防ぎ、摂餌させた。

1-3. 調査項目

飼育試験終了時の貝の生残率、活力、増重量（終了時貝総重量 - 開始時貝総重量）、増重率（増重量 × 100 / 開始時貝総重量）、増肉量（終了時肉総重量 - 開始時肉総重量）、増肉率（増肉量 × 100 / 開始時肉総重量）、肉体重比（肉総重量 × 100 / 貝総重量）、肉体重比の増加率〔（終了時肉体重比 - 開始時肉体重比） × 100 / 開始時肉体重比〕及び飼料効率（増重量 × 100 / 給餌量）等を調べた。なお、増重量、増重率、増肉量、増肉率、肉体重比、肉体重比の増加率等は湿物と乾物の両方を求めた。

生残率：飼育試験開始時と終了時に貝の数を調べて生残率を求めた。死貝は貝殻を開いているので容易に判別出来る。

活力：水管の状態（元気よく水管を伸ばし

ているか、力なくグンニャリしているかなど)、水中で貝殻を開いた状態の貝をつついて刺激した時に貝殻を閉じるスピード、取上げ時に水管から吹き出す水の勢い等で貝の活力を判断した。

増重量, 増重率: 飼育試験開始時と終了時に全ての貝を取上げてペーパータオルで貝殻表面の水を拭き取り, 個体別に重さを測定した。その値を区毎に合計して総重量を出し, 終了時の値から開始時の値を差し引いて増重量を求めた。更に増重量に100を乗じた値を開始時の総重量で除して増重率を求めた。

肉質, 増肉量, 肉体重比: 飼育試験開始時に20個体, 終了時に全ての生残貝を用いて調べた。個体別に重さを測定した後のアサリの蝶番部分をマイナスのドライバーで掘って貝殻をズラす。貝殻の隙間から貝剥きの刃を入れ, 貝柱を切って貝殻を開く。肉を完全に取り出してペーパータオル上に置いた金属網に入れて水を切り, 指で触って肉の状態を調べた。更に肉の重さを測定し, 個体別に肉体重比を調べると共に区毎の総肉量を求めた。飼育試験開始時の総肉量は総貝重量に肉体重比を乗じて求めた推定値である。肉の乾物含量は区毎にプールした肉を用いて常圧加熱乾燥法で調べた。これらの値を用いて区毎に湿物と乾物の増肉量, 増肉率, 肉体重比, 肉体重比増加率等を求めた。なお, 供試貝は試験開始前日の夕方に採取して一晩流水下に置いていただけなので, 未だ十分に砂を吐いていないのではないと思われる, 開始時の肉重量と肉体重比はやや高く出ている可能性が有る。

2. 結果

飼育試験の結果を表2に示

表2 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E
個体数 (個)					
開始時	20	20	20	20	20
終了時	20	20	20	20	20
生残率 (%)	100	100	100	100	100
貝総重量 (g)					
開始時	448.0	449.3	448.9	450.1	447.6
終了時	461.3	454.0	455.5	454.2	456.6
増重量 (g)	13.3	4.7	6.6	4.1	9.0
増重率 (%)	2.97	1.05	1.47	0.91	2.01
給餌量 (g)	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5
飼料効率 (%)	19.7	6.96	9.78	6.07	13.3

す。生残率, 活力および肉質に区間差は認められなかった。増重量, 増重率, 飼料効率はA>E>C>B>D区の順に高かった。脱脂大豆粕あるいは小麦グルテンの添加率と飼育成績の関係を見たのが図1である。何れも添加率の大小に拘らず脱脂大豆粕あるいは小麦グルテン添加区の飼育成績が劣っていた。二枚貝用飼料のタンパク質源として脱脂大豆粕, 小麦グルテンは共にスサビノリのスフェロプラストより劣るのではないかと思える結果であった。スサビノリのスフェロプラストは貝殻の成長を促進させる効果を有することを前報³⁾で説明した。貝殻が成長すれば貝の容積も増えるので体重も重くなり, 肉量が増えるより影響が大

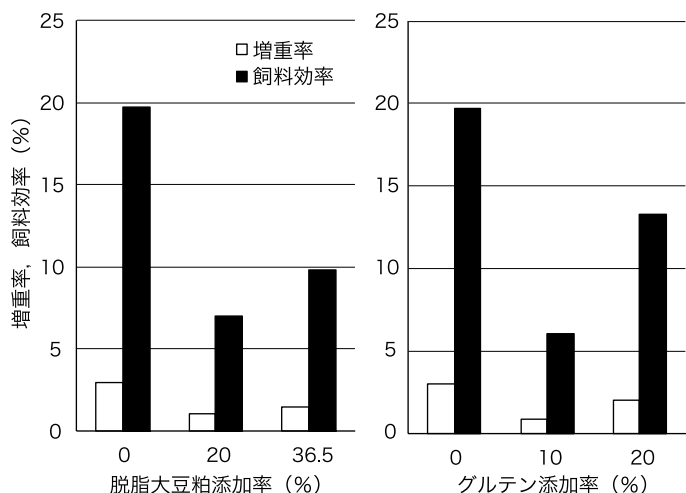


図1 飼料への脱脂大豆粕, グルテンの添加率と飼育成績

表3 飼育期間中の肉量変化を示す指標

試験区	A	B	C	D	E
総肉重量増加率 (%)	4.04	-1.21	-0.60	-2.21	-1.21
肉体重比増加率	0.90	-2.26	-2.26	-3.17	-0.90
肉乾物比増加率	-7.79	-5.84	0.00	-6.49	-3.25
肉乾物量増加率	-4.58	-6.54	-1.31	-8.50	-3.27
肉乾物体重比増加率	-7.33	-7.92	-2.64	-9.68	-4.40

きい。よって増重量、増重率、飼料効率の値とスフェロプラス添加率との関係を調べてみたが、何れもスフェロプラスの添加率が $36.5>16.5>0>16.5>26.5\%$ の順に高く、飼育成績は単純にスフェロプラスの添加率に依存している訳ではなかった。なお、飼料効率は何れの区でも20%以下で、魚に比べて著しく低い値であった。飼料の栄養成分含量の問題も有ろうが、摂取されずに水槽底に沈下したり水槽外に流出した部分が多かったことを示す結果ではないかと推測する。二枚貝は魚とは違って水中に懸濁した餌を濾過して食べる特殊な摂餌生態なので、水中に懸濁した餌を効率良く貝に食べさせる給餌法の開発や、沈下し難い飼料の開発が必須である。

飼育試験開始時と終了時の肉量と水分含量から求めた湿物と乾物の肉量変化を表す指標を表3に示す。数値では見難いので順位で表すと、湿物の総肉重量増加率は $A>C>E=B>D$ 区、湿物の肉体重比増加率は $A>E>C=B>D$ 区の順に大きかった。この様に湿物での肉の増加はスフェロプラス単独添加のA区が最も大きかったが、A区の肉は他区より水分が多く、乾物換算すると肉量増加率、肉体重比増加率共に $C>E>A>B>D$ 区の順になった。真の肉量の増加は脱脂大豆粕36.5%添加区と小麦グルテン20%添加区の方がスフェロプラス

単独添加区より大きかった。湿物あるいは乾物における肉量増加率と脱脂大豆粕あるいは小麦グルテンの添加率との関係を見たのが図2である。スフェロプラスの添加率が少なくなって脱脂大豆粕あるいは小麦グルテンの添加率が大きくなるにつれて真の肉量が多

くなっているのが分かる。脱脂大豆粕と小麦グルテンの違いは明確ではないが、小麦グルテンの増肉効果が高いのではないかと推察出来る。

この様に二枚貝の飼育成績は貝殻の成長と肉部の成長が組み合わさった形で表れており、貝殻の成長を促進する要因と肉部の成長を促進する要因が違う様なので複雑な関係になり、解析が非常に難しい。

これまでの試験結果から、スサビノリのスフェロプラスは主に貝殻の成長を促進し、白糖等の炭水化物源やオキアミミール、エグレートパウダー、脱脂大豆粕、小麦グルテン等のタンパク質源は肉部の成長を促進することは確かである様に思われる。増重量、増重率、飼料効率等は貝殻の成長の影響が大きいので、スフェロプラスの影響をより強く受けるものと考え

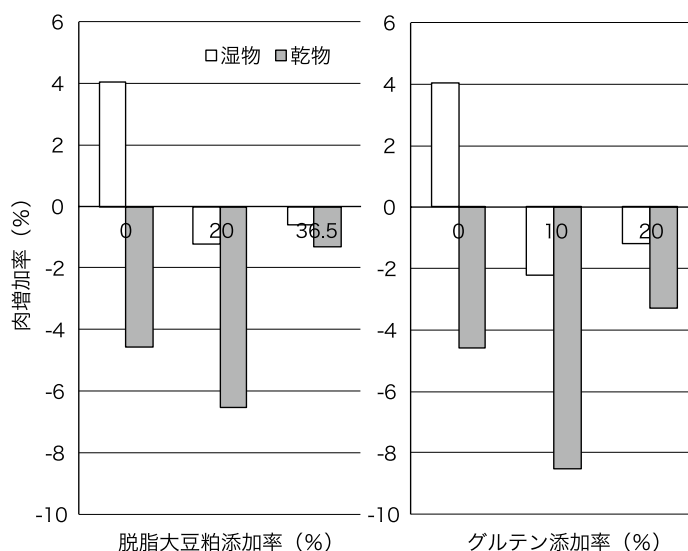


図2 飼料への脱脂大豆粕、グルテンの添加率と肉増加率

表4 飼育試験終了時の天然貝の状態

時期	終了時
貝総重量 (g)	488.7
個体数 (個)	20
平均貝重量 (g)	24.4
肉総重量 (g)	112.9
肉体重比 (%)	23.1
肉乾物比 (%)	15.1
乾物肉量 (g)	17.0
乾物肉体重比 (%)	3.48

られる。

飼育試験終了前日の夕方に供試貝と同じ場所
で採取して一晚流水下に置いた天然貝の状態を
表4に示す。肉体重比は湿物で23.1%，乾物で
3.48%と湿物でも乾物でも飼育試験終了時の何
れの区の値よりも高かった（図3）。これは前
報とは全く逆の結果で，9月，10月には海域に
二枚貝の餌となる植物プランクトンが少なかつ
たが，11月，12月になるとプランクトンが増え，
十分量の餌を食べることが出来るようになった
ので陸上飼育の貝よりも肉が肥ったことを示唆
している。この様に現在の試験飼料と飼育方法
では海域で餌となるプランクトンが少ない時期
には陸上飼育した方が二枚貝の成長が良いが，
プランクトンが多い時期には逆の結果になる。
飼料，飼育法共に更なる改良が必要である。

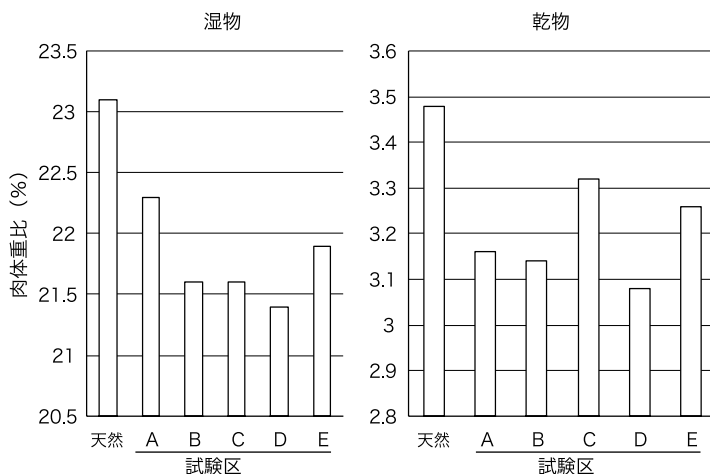


図3 飼育試験終了時の天然貝と飼育貝の肉体重比

3. 要約

・スサビノリスフェロプラストの代替タンバ
ク質源として脱脂大豆粕と小麦グルテンの効果
をアサリ成貝を用いて調べた。

・貝の成長を促進する効果は脱脂大豆粕や小
麦グルテンよりもスフェロプラストの方が大き
かったが，これはスフェロプラストが貝殻の成
長を促進する効果が強いことによるものと考え
られる。

・肉部の成長を促進する効果は脱脂大豆粕と
小麦グルテンの方がスフェロプラストより大き
かった。

・二枚貝の飼育成績は貝殻の成長と肉部の成
長が組み合わさった形で現れるので，解析が非
常に難しい。

・二枚貝の餌となる植物プランクトンが海域
に少ない時期には配合飼料を用いて陸上飼育し
た方が成長が良いが，プランクトンが多い時期
には天然貝の方が成長が良かった。飼料，飼育
法共に更なる改善が必要である。

試験-2

前報³⁾で説明した様にスサビノリのスフェ
ロプラストを用いた二枚貝用飼料の価格が高
くなる要因は原料の海藻代，ス
フェロプラスト調製経費，乾燥
経費，微粉碎費等であるが，中
でも海藻代とスフェロプラスト
調製に必要な酵素代の占める割
合が高い。よって既報^{2, 3)}と本
報告の試験-1ではスフェロプ
ラストの代替原料を探索してき
た。その結果，二枚貝の肉を肥
らせるにはオキアミミール，エ
グレートパウダー，脱脂大豆粕，
小麦グルテン等の代替原料が利
用出来るが，貝殻の成長を促進

させるにはスサビノリのスフェロプラストが最も良いことが分かった。長期間に渡って二枚貝の成長を維持する為には貝殻と肉部がバランス良く成長することが必要であることは言うまでもない。経費が許せば原料海藻としてスサビノリを使用したいところである。

近年日本各地の海苔養殖場で様々な原因による低品質海苔（海苔の色が赤褐色から黄褐色になる所謂色落ち海苔）の発生が問題になっており、製品として出荷出来ない為に焼却処分されている。その量が年によっては吃驚する程の量に上る事もある。この様に製品としての収入が無くなるばかりでなく焼却費が必要になり、業者には大きな負担になっている。この低品質海苔が正常な海苔と同様にスフェロプラストの原料として利用出来れば二枚貝用飼料の原料費が可也削減出来るばかりでなく、海苔の生産者にとってもプラスになるものと思われる。

よって本試験では正常な海苔から調製したスフェロプラストと低品質海苔から調製したスフェロプラストで二枚貝用飼料の原料としての有効性に違いが有るか否かを調べることにした。また、自然界に棲息している二枚貝がスフェロプラストを食べている訳がないので、海苔を二枚貝が食べられる大きさに出来ればスフェロプラストにする必要は無いのではないかと考え、スフェロプラスト調製処理の必要性と供試海苔の粒径が二枚貝の飼育成績に及ぼす影響についても調べることにした。

1. 材料と方法

1-1. 試験飼料

供試海苔には4種類を用いた。Ⅰは正常な海苔から調製したスフェロプラストで、従来から試験に用いてきた物である。乾燥してブロック状になっているスフェロプラストをステンレス製の篩を通して荒砕きし、更に目開き1mmのスクリーンを付したハンマーミル粉碎機に2回通

してある。Ⅱは同じ正常海苔から調製したスフェロプラストであるが、荒砕きした後バイテックス粗粉碎機を通し、更にBM-15微粉碎機を通してⅠよりも粒径を小さくした。Ⅲは低品質海苔を正常海苔と同じ方法¹⁾でスフェロプラストにし、更にⅡと同じ方法で粉碎処理した。Ⅳは低品質海苔をスフェロプラストにすることなく、そのまま粉碎処理した物で、以下の手順に従って調製した。まず低品質の板海苔を適当な大きさに裁断し、フラッシュミルの様な回転刃を有する破砕機を用いてバイテックス粗粉碎機に掛けられる程度の大きさになるまで小さくする。その後Ⅱ、Ⅲと同じ方法で微粉碎した。バイテックス粗粉碎機とBM-15微粉碎機による処理は日清エンジニアリング（株）に依頼したので、詳細は同社のパンフレット等を参照して欲しい。

低品質海苔を直接微粉碎する工程で最も手数と時間を要したのがバイテックス粗粉碎機に掛けられる大きさにまで乾燥板海苔を破砕する工程であった。特殊な破砕機が無いと、この工程が大量生産時のネックになるものと思われる。

処理後の夫々の海苔の粒径はマスターサイザー 2000 を用いてレーザー法（乾式）で測定した。結果を表5に示す。表中の数字は夫々の大きさの粒子が体積比で占める割合を表している。当然のことながらⅠの粒径が最も大きかった。乾燥板海苔そのままではスフェロプラストと同じ粉碎処理を行っても微粉になり難いの

表5 供試海苔の粒度分布（体積比）

供試海苔	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
5μm 以下	1.21	0.00	0.00	1.59
10	4.18	6.45	7.15	3.79
25	17.0	62.2	57.4	35.3
50	42.9	88.8	85.5	80.3
100	77.4	96.1	96.0	100.0

単位：%

表6 試験飼料の組成

試験区	A	B	C	D
I : 正常海苔 SP (%)	37			
II : 正常海苔 SP 微粉碎品		37		
III : 低品質海苔 SP 微粉碎品			37	
IV : 低品質海苔微粉碎品				37
白糠	50	50	50	50
ビタミン混合	5	5	5	5
ミネラル混合	4	4	4	4
魚油	4	4	4	4
水分 (%)	9.43	9.64	9.96	9.67

か、IVはIIとIIIよりやや粒径が大きかった。繊維質の量の影響が有るのかも知れない。スフェロプラストの微粉碎物は正常海苔であれ低品質海苔であれ略同等の粒度分布を示したが、やや低品質海苔の方が大きかった。この様に供試海苔の粒径は $I > IV > III \geq II$ の順に大きかった。

試験区にはA-Dの4区を設けた。各試験飼料の組成を表6に示す。海苔の添加率は37%と一定にし、その他の原料は白糠50%、ビタミン混合5%、ミネラル混合4%、魚油4%の単純な組成にした。

A区とB区の比較で粒径の違いの影響、B区とC区で正常海苔と低品質海苔の違い、C区とD区でスフェロプラスト処理の必要性が分かる様に設定してある。

試験飼料の調製法は北洋工船魚粉、脱脂大豆粕、小麦グルテンを用いなかった以外は試験-1と同じであった。

試験飼料の分析は水分以外行わなかったが、低品質海苔は正常海苔よりタンパク質含量が低く、炭水化物含量が高いことが知られている⁵⁾。また、スフェロプラストにすると未処理の海苔よりも炭水化物含量が減少し、それに伴ってタンパク質や脂質の量が増加することも分かっている。よってタンパク質は $A=B>C>D$ 区、脂質は $C>A=B>D$ 区、炭水化物は $D>C>A=B$ 区の順に多かったものと推測出来る。

1-2. 飼育試験

飼育試験開始前日の夕方に前浜で採取した平均体重約28gのアサリ成貝を各区20個体ずつ用いて1月14日から2月11日まで飼育した。その間水温は1.5℃から0.0℃まで低下し、平均水温は0.7℃であった。その他の飼育条件は試験-1と同じであった。

1-3. 調査項目

試験-1と同じ。

2. 結果

飼育試験の結果を表7に示す。生残率、活力および肉質に区間差は認められなかった。増重量、増重率、飼料効率は何れも $D \geq A > C \geq$

表7 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D
個体数 (個)				
開始時	20	20	20	20
終了時	20	20	20	20
生残率 (%)	100	100	100	100
貝総重量 (g)				
開始時	552.1	550.7	553.3	553.1
終了時	557.4	554.9	557.6	558.6
増重量 (g)	5.3	4.2	4.3	5.5
増重率 (%)	0.96	0.76	0.78	0.99
給餌量 (g)	51.0	51.0	51.0	51.0
飼料効率 (%)	10.4	8.24	8.43	10.8

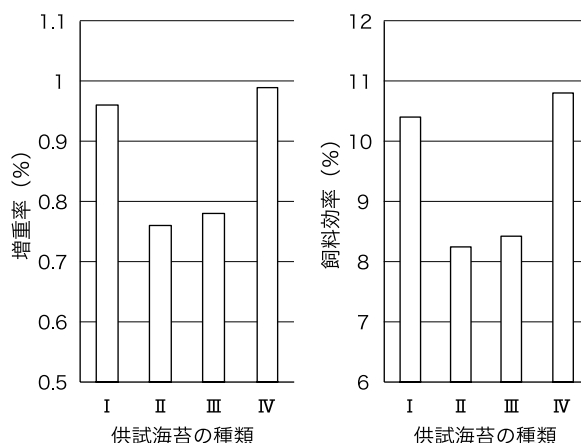


図4 供試海苔の種類と貝の増重率、飼料効率

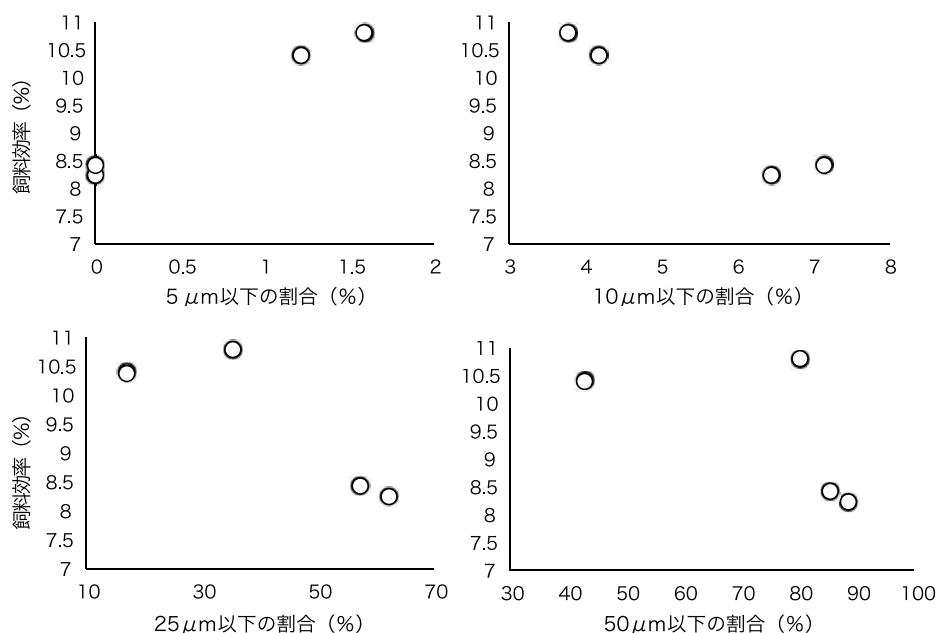


図5 海苔の粒径と飼料効率

B区の順に良く、図4に示す様に正常海苔であるか低品質海苔であるかやスフェロプラスト処理の有無等に拘らず、海苔の粒径が大きい区の方が飼育成績が良い傾向が認められた。海苔の粒径と飼料効率の関係を見たのが図5である。粒径が5μm以下の物が占める割合が高い程飼料効率も高かったが、10μm以下になると結果は逆になり、10μm以下の占める割合が高い程飼料効率は低くなっていた。更に25μm以下、50μm以下ではそれがより顕著になっていた。増重量、増重率でも全く同じ結果であった。これらの結果からアサリ成貝は5μm以上の大きさの餌を食べることが出来ないのではないかと考えられるが、それでは本試験並びに従来の試験結果と一致しない。貝の成長を促進する(=貝殻の成長を促進する)にはあまり粒径が小さすぎても大きすぎても良くないのであろう。今回の試験結果からⅣ程度の粒度分布の飼料が良いのではないかと推測する。

飼育期間中の肉量変化を示す指標を表8に示す。本試験では水温が著しく低く、アサリ成貝

表8 飼育期間中の肉量変化を示す指標

試験区	A	B	C	D
総肉重量増加率(%)	-1.30	0.15	-0.46	-3.45
肉体重比増加率	-2.12	-0.42	-1.27	-4.24
肉乾物比増加率	-4.67	-2.00	-1.33	-2.00
肉乾物量増加率	-6.12	-2.55	-2.04	-5.10
肉乾物体重比増加率	-6.76	-2.82	-3.10	-6.20

の飼育に適していなかった為か、各区共飼育期間中に肉量が減少していた。その中で湿物、乾物共に総肉量と肉体重比の減少率が低かったのはB区とC区であった。A区とD区は減少率が大きかった。

海苔の粒径と肉増加率の関係を湿物で見たのが図6で、乾物で見たのが図7である。両者共同じ傾向を示し、粒径が5μm以下の物が占める割合が高い程肉の減少率が高かったが、10μm以下になると結果は逆になり、25μm以下、50μm以下ではそれがより顕著になっていた。

以上の結果から、肉量の増加や減少は正常海苔であるか低品質海苔であるかやスフェロプラスト処理の有無等に拘らず、海苔の粒径の方が

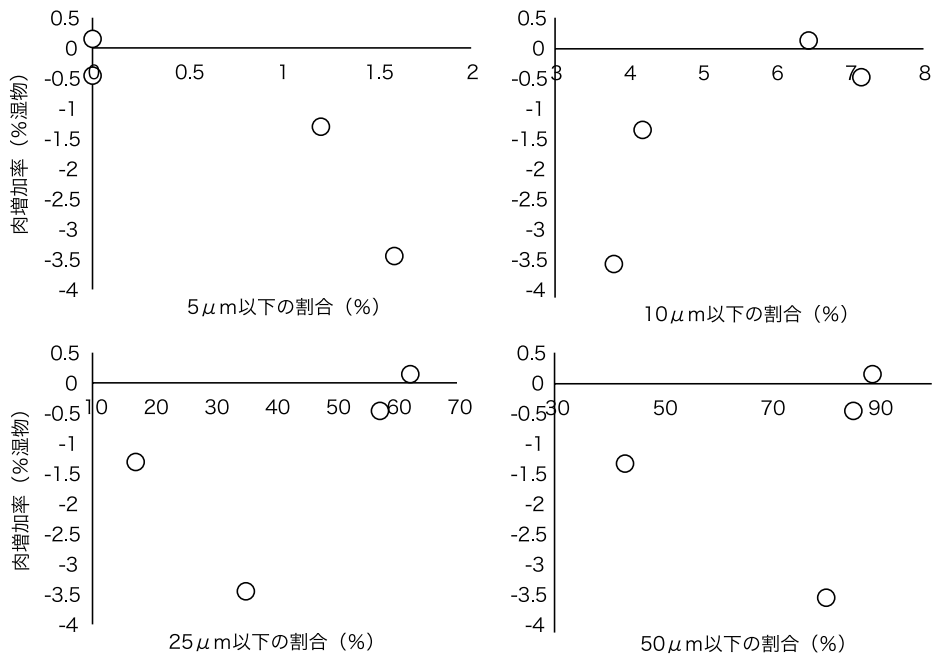


図6 海苔の粒径と肉増加率(湿物)

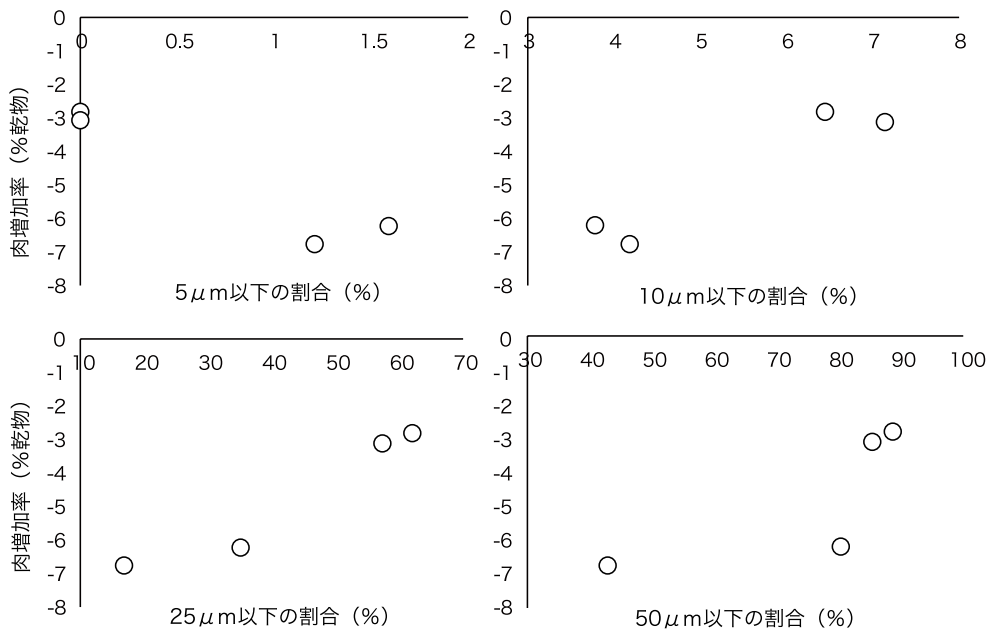


図7 海苔の粒径と肉増加率(乾物)

より大きな影響を及ぼしていることが分かった。今後アサリが摂取出来る餌の粒径を明らかに出来れば、より明確な答えを得ることが出来るであろう。

3. 要約

・海苔の品質，スフェロプラスト処理の有無，海苔の粒径等がアサリ成貝の飼育成績に及ぼす影響を調べた。

・海苔の品質やスフェロプラスト処理の有無よりも海苔の粒径の方が飼育成績により大きな影響を与えることが分かった。

・海苔のみでなく、飼料全体の粒径が飼育成績に及ぼす影響を明らかにしておく必要が有る。その結果によって利用可能な原料も有る程度絞り込めるのではないと思われる。

試験 -3

試験 -2 で低品質海苔も二枚貝用飼料の原料として正常海苔と同様に利用出来ることが分かった。しかしながら低品質海苔は年度によって発生量と品質にバラツキが有り、原料としての安定性に問題が有る。また、同じ試験で海苔の品質やスフェロプラスト処理の有無よりも粒径の方が二枚貝の飼育成績により大きな影響を及ぼすことも明らかになった。よって本試験では入手が容易で、板海苔と違って破碎の必要が無い味付海苔屑が原料として利用出来るか否かを調べた。この屑海苔は焼成、味付された後裁断して整形される工程で生じる屑海苔なので、既に加熱されており、調味料も付着している。

1. 材料と方法

1-1. 試験飼料

供試海苔としてⅠ、Ⅱの2種類を用い、Ⅰが正常な海苔から調製したスフェロプラストで、Ⅱが味付海苔屑である。Ⅰ、Ⅱ共に試験 -2 と同じ方法でⅠは粗粉碎、Ⅱは微粉碎した。両者

表9 供試海苔の粒度分布（体積比）

供試海苔	Ⅰ	Ⅱ
5μm 以下	1.21	20.3
10	4.18	47.7
25	17.0	76.3
50	42.9	97.6
100	77.4	100.0

単位：%

表10 試験飼料の組成

試験区	A	B	C	D
Ⅰ：正常海苔 SP (%)	77	27		
Ⅱ：味付海苔屑微粉碎品			77	27
オキアミミール	10	10	10	10
白糖		50		50
ビタミン混合	5	5	5	5
ミネラル混合	4	4	4	4
魚油	4	4	4	4
水分 (%)	7.47	9.48	7.53	9.22

の粒径を表9に示す。Ⅱは焼成してある為か同じ方法で粉碎してもスフェロプラストや板海苔より遥かに粒径が小さくなっていた。

飼育試験には4区を設け、各区の試験飼料の組成を表10に示す。A区とC区、B区とD区の比較でⅠ、Ⅱの海苔の違い、A区とB区、C区とD区の比較で海苔と白糖の効果が比較できるように設定した。なお、白糖は肉を肥らせるのには40-60%の添加率が適していることが分かっている³⁾ので50%の添加率とし、その分海苔の添加量を減らした。試験飼料の調製法は試験 -1 と同じであった。

1-2. 飼育試験

諸事情によって飼育試験開始当日の朝に前浜で採取した平均体重約28gのアサリ成貝を砂出ししないうまま用いざるを得なかったため、開始時の肉量と肉体重比は正しい値より高く出ているものとする。飼育期間は3月8日から3月24日で、この間水温は0.5℃から1.1℃まで上昇し、平均水温は0.8℃であった。その他の飼育条件は試験 -1 と同じであった。

1-3. 調査項目

試験 -1 と同じ。

2. 結果

飼育試験の結果を表11に示す。生残率、活力および肉質に区間差は認められなかった。図8（図中の数字は海苔添加率/白糖添加率を示す）から分かる様に正常海苔スフェロプラスト

表 11 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D
個体数 (個)				
開始時	20	20	20	20
終了時	20	20	20	20
生残率 (%)	100	100	100	100
貝総重量 (g)				
開始時	563.5	559.4	557.0	562.3
終了時	563.4	565.3	564.4	564.0
増重量 (g)	-0.1	5.9	7.4	1.7
増重率 (%)	-0.02	1.05	1.33	0.30
給餌量 (g)	43.5	43.5	43.5	43.5
飼料効率 (%)	-	13.6	17.0	3.91

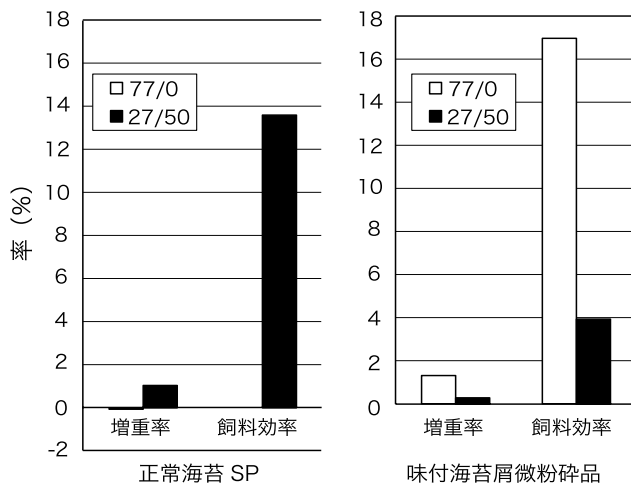


図 8 海苔の種類と添加率が飼育成績に及ぼす影響

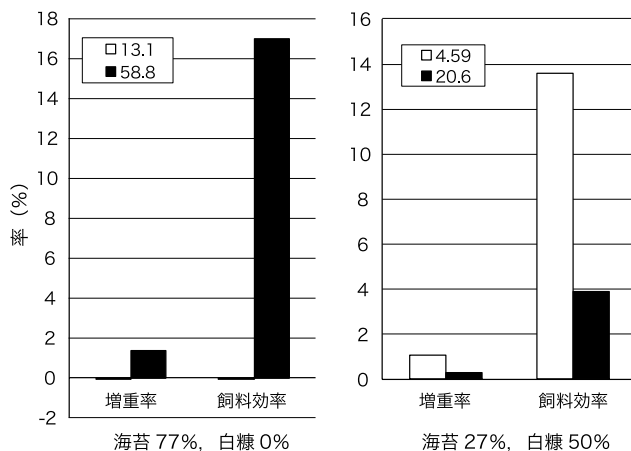


図 9 海苔の種類と 25μm 以下の粒径が飼育成績に及ぼす影響

の場合には白糠の添加によって増重量, 増重率, 飼料効率が著しく改善されており, 二枚貝用飼料の原料として海苔よりも白糠の方が優れているのではないかと思える結果であった。ところが味付海苔屑微粉砕品の場合には増重量, 増重率, 飼料効率の何れもが海苔の添加量が多い区の方が優れた結果を示していた。この結果は焼成, 味付処理された海苔も正常な海苔から調製されたスフェロプラストに劣らず二枚貝用飼料の原料として利用出来ること, わざわざ海苔をスフェロプラストにする必要は無いこと, 海苔

の品質よりも粒径の方が二枚貝の飼育成績に大きな影響を及ぼすこと等を示唆している。この結果は試験-2の結果と良く一致していた。

本試験でも前報³⁾でも正常海苔から調製したスフェロプラストに白糠を添加すると二枚貝の飼育成績を著しく改善したが, これは白糠中の澱粉の粒径が小さいことと関係しているのかも知れない。粒径の違う澱粉を用いて確認試験が必要である。もしかすると米澱粉を用いた方が白糠よりも優れた結果が得られるのかも知れない。また, 二枚貝が海苔を食べている筈もないので, 二枚貝用飼料の原料として海苔が必要であると言う事には疑問が残る。多分, 適切な粒径で, 適切な栄養成分組成を有する原料を組み合わせれば海苔は必要無いのではないかと推測している。

図 9 に海苔の種類と 25μm 以下の粒径の物が占める割合が飼育成績に及ぼす影響を示す。白抜きが正常海苔のスフェロプラスト, 黒塗りが味付海苔屑微粉砕品を表している。なお, 図中の数字は粒径 25μm 以下の物が占める割合を示している。海苔 77%, 白糠無添

表 12 飼育期間中の肉量変化を示す指標

試験区	A	B	C	D
総肉重量増加率 (%)	-9.81	-1.42	-0.71	-4.56
肉体重比増加率	-9.73	-2.65	-1.77	-4.87
肉乾物比増加率	-1.29	0.65	0.00	0.65
肉乾物量増加率	-11.2	-1.02	-0.51	-4.06
肉乾物体重比増加率	-11.1	-2.00	-1.71	-4.29

加の区では 25 μ m 以下の粒径の物が占める割合が高い味付海苔屑微粉碎品の方が増重量、増重率、飼料効率共に高かった。ところが、海苔 27%, 白糠 50% の区では 25 μ m 以下の粒径の物が占める割合が少ない正常海苔のスフェロプラスト区の方が何れの指標も高かった。この矛盾は何に原因しているのであろう。海苔 27%, 白糠 50% 添加飼料の場合は試験 -2 で海苔の粒径と飼料効率の関係を見た図 5 と同じ傾向を示していたが、海苔 77%, 白糠無添加の場合は全く逆の結果を示している。単純に粒径だけの問題ではなく、海苔の単独使用の場合と白糠を併用した場合では未だ説明出来ない別の要因も作用しているのかも知れない。

飼育期間中の肉量変化を示す指標を表 12 に示す。本試験では飼育試験開始時に砂出しをしなかったことと、水温がアサリの飼育には低すぎたと思われること等から、試験 -2 と同様に飼

育期間中に肉量は減少していた。この様な状況下で肉量の減少率の大小を比較してみると、図 10 の様に飼育成績と同じ傾向を示していた。粒径が大きい正常海苔のスフェロプラストの場合には白糠添加区の方が肉量の減少率が小さかったが、粒径が小さい味付海苔屑微粉碎品の場合には逆であった。この結果は「①海苔は貝殻の成長を促進し、白糠は肉の成長を促進する。②粒径が飼育成績に大きな影響を及ぼす。」と云うこれまでの結果と一致していた。

3. 要約

- ・入手が容易で比較的安い味付海苔屑が二枚貝用飼料の原料として利用出来るか否かをアサリ成貝で調べた。
- ・微粉碎して粒径を調整することによって味付海苔屑も二枚貝用飼料の原料として十分利用出来ることが分かった。
- ・海苔の品質やスフェロプラスト調製の有無に拘らず粒径が二枚貝の飼育成績に大きな影響を及ぼすことが再確認出来た。

まとめ

正常海苔のスフェロプラストを用いた二枚貝用飼料は価格が高くなり過ぎ、実用化を考えた場合に現実的でない。価格が高くなる大きな要因は原料の海藻代とスフェロプラストの調製に必要な酵素代である。そこでスフェロプラストの代替原料を探索したところ、炭水化物源として白糠、タンパク質源としてオキアミミール、エグレートパウダー、脱脂大豆粕、小麦グルテン等が十分に利用出来ることが分かった。また、海苔の品質やスフェロプラスト処理の有無に拘らず、原料の粒径が二枚貝の飼育成績により大きな影響を及ぼすことも分かり、安価な低品質海苔や味付海苔屑等も正常海苔の

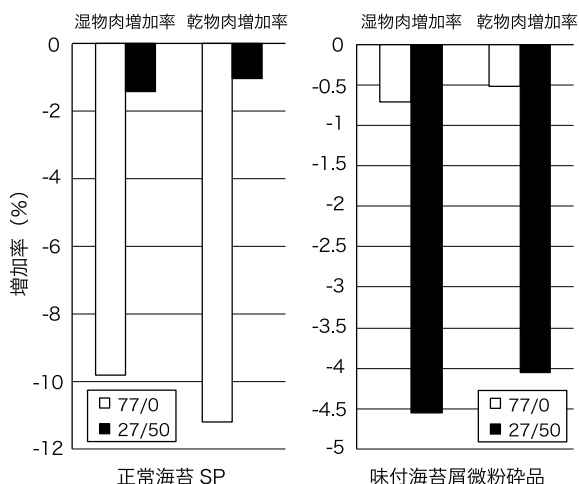


図 10 海苔の種類と添加率が肉増加率に及ぼす影響

代替原料として利用出来ることも証明出来た。

この様に粒径を調整することによって海苔をスフェロプラストにする必要が無くなるので、価格が高くなる要因の一つである酵素代は削除出来る。また、原料となるスサビノリも簡単に入手出来て安価な物が利用出来るので、可也原料海藻代も削減出来ることになる。

スフェロプラストの原料になるスサビノリは二枚貝の貝殻の成長を促進し、その他のタンパク質源や炭水化物源は肉部の成長を促進することも確認出来た。今後スサビノリ以外の原料で貝殻の成長を促進する物が見出されれば、二枚

貝用飼料の原料としてスサビノリを使用する必要が無くなる。そうなれば原料海藻であるスサビノリその物が必要無くなり、更に経費が削減出来るので実用化に近づくものと考ええる。

海域に二枚貝の餌になる植物プランクトンが少ない時期にはこれまでに開発した飼料を用いて二枚貝を陸上飼育すると成長が良いが、プランクトンが多い時期には天然貝の方が成長が良いことも分かった。また、二枚貝の陸上飼育法にもまだまだ問題が多いことも分かった。飼料、飼育法共に今後更なる改善が必要である。

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

- 1) 荒木利芳：プロトプラスト単離技術。有用海藻のバイオテクノロジー（水産学シリーズ No.113 能登谷正浩編），恒星社厚生閣，東京，62-72（1997）
- 2) 酒本秀一，大橋勝彦：二枚貝用飼料－1．*New Food Industry*, **55** (5), 53-62（2013）
- 3) 酒本秀一，大橋勝彦，仙石義昭：二枚貝用飼料－2．*New Food Industry*, **55** (6), 79-90（2013）
- 4) 酒本秀一：ミニシンポジウム記録「海藻類の単離細胞とその産業利用」産業化に向けての問題点と課題および展望．日本水産学会誌，**73** (5)，952-953（2007）
- 5) 酒本秀一：アマノリプロトプラストの大量生産，飼料化，製品化に関する研究．農林水産省農林水産技術会議 平成16－18年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業 酵素処理によるアマノリ無利用資源の有効活用に関する研究 研究成果報告書（独）水産総合研究センター，84-97（2007）

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

伝える心・伝えられたもの

— 玉川上水道遙記 —

宮尾 茂雄

(東京家政大学)

2012年の夏、東京は雨が少なく、日中は猛暑が続いていた。水不足は深刻で、首都圏最大の水がめ「利根川水系」の貯水量は9月には平年の約40%まで減少し、11日からは取水制限が始まった。東京の水不足は今に始まったことではない。天正18(1590)年、徳川家康(1543～1616年)は関東への領地替えにより江戸に入府した。江戸の町づくりの課題の一つが飲み水の確保であった。

玉川上水の開削

天正18年に小石川付近の小川から取水した小石川上水(江戸時代は上水道のことを上水という)が敷設された(石井一郎「日本の土木遺産—日本文化の象徴・近代化遺産を訪ねて—」より)。その後慶長8(1603)年、家康が征夷大將軍になると参勤交代制度の礎となる諸大名の藩邸を江戸に置くことが定められ、本格的な町づくりが始まった。当時江戸の人口は15万人程であったが¹⁾、17世紀末にはおよそ80万人、18世紀初頭には100万人と膨張し続けた。寛永6(1629)年には井の頭池(七井の池)などを水源とする神田上水が完成するが、依然水不足は深刻だった(写真1)。

玉川上水は承応2(1653)年、老中松平伊豆守信綱(1596～1662年)が総奉行となり庄右衛門、清右衛門兄弟が6千両で工事を請負、4月から約8カ月の短期間に開削された。多摩川の羽村に堰を設け(海拔約126m)、そこから四谷大木戸(海拔約34m、現在の新宿区四谷4丁目交差点付近)まで平均堀幅3.6m、全長約43km、高低差約92mの緩やかな勾配を利用した自然流下による白掘(崩落の補強を行わずに掘削、素掘ともいう)の導水施設であった。四谷大木戸までは開渠、その先は石樋や木樋(写真2)による暗渠水路によって翌年には江戸市中へ配水された。各所に「上水井戸」(写真3)が設けられ水を汲む方式だった¹⁾。玉川上水は飲用水確保の施設であったが、



写真1 神田上水で使われていた石樋の移築・復元(東京都水道歴史館)



写真2 江戸市内の木樋(羽村市郷土博物館)

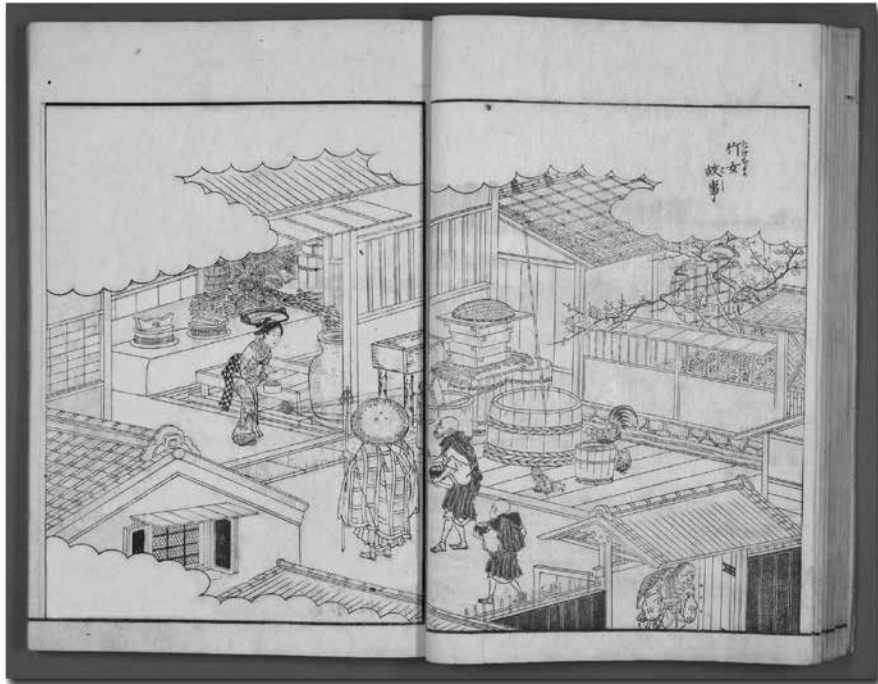


写真3 上水井戸（江戸名所図会「竹女故事」：名主の台所、中央は上水井戸の井筒か？）⁹⁾

防火用水、江戸城の堀の水、庭園の泉水など多目的に利用されていた²⁾。

庄右衛門（?～1695年）、清右衛門（?～1696年）兄弟は多摩川沿いの農家の出身とも江戸の町人ともいわれているが、出自は明らかでない。しかしその功績が評価され、玉川の姓を賜った。さらに200石の扶持米を与えられ、玉川上水を維持管理する玉川上水役に任命された¹⁾。

江戸の水道料金と水事情

玉川上水は造られてから17年後の寛文10（1670）年、給水量増加と良質の水確保を目的に幕府により大規模な拡張工事が行われた。堀の幅は3間半（約6.4m）に拡張され、両岸幅3間半の土地を接収し、松や杉を植え水路の環境整備が行われた²⁾。水質保全と流路の維持管理には莫大な費用と労力を要した。羽村、代田村（杉並区）、四谷大木戸の水番所では芥溜めを設けゴミを除去していた。四谷大木戸には余水吐きなどの簡易な水量調整装置もあった¹⁾。魚採りや水浴びはいけない、ちり芥を捨ててはいけない、物を洗ってはいけない、両岸に伸びた枝の伐採や下草刈りを禁じた高札が立てられていた（四谷大木戸水番所跡「水道石碑」説明文より）。

流域では助郷制度により使役を申し付けられ^{1,4)}、町方にも労力や道具の提供などの「夫役負担」があった^{1,2)}。さらに江戸の武家は禄高に応じて（上水付屋敷）、町方は家の表間口一間につき11文の割合で上水使用料、水銀（みずぎん）を負担していた¹⁾。分水の利用者も毎年冥加金（水料（使用料））を上納していた^{1,4)}。

江戸っ子の好きな銭湯（湯屋ゆうや）も上水を使用していたが、桶管等の修繕のために水が不足することもあるので、井戸（掘り抜き井戸）を備えているところもあった。湯銭は天保頃で大人10文、小児8文であった（1文はおおよそ25～32円）⁵⁾。

江戸後期になっても江戸の水事情は好転せず、夏には水船で運んできた水を細長い箱に入れ、天秤棒の両端につけて、一荷（どれくらいの量か）100～200文で売り歩く「水屋」から水を買うこともあった⁵⁾。さらに「冷水売り」という商売もあり、清冷な泉から汲んだ冷水に白糖と寒晒粉の団子を加えたスイーツを1碗4文で売り歩いていた⁵⁾。江戸のあちらこちらに名水、清水があった¹⁾。日本橋にあった呉服の本店、白木屋（後の白木屋百貨店、東急百貨店）には二代目木村彦太郎が掘った井戸があった（正徳2（1712）年）。塩分を含んだ井戸水の多い下町界限では真水は珍しく「白木名水」として評判になった。江戸の町では飲み水は大変貴重なものだった。

玉川上水を歩く

自宅から近いこともあり、子供が幼い頃には井の頭公園（武蔵野市）や小金井公園（小金井市）によく遊びに行った。その頃（昭和50～60年代）、公園沿いの玉川上水は深い木立に囲まれ、繁みの間からのぞくと流れというより水溜りのような印象であった。現在、玉川上水はどうなっているのだろうか。羽村の堰（羽村取水口）から現在、開渠部分である久我山（杉並区）浅間橋までの約30kmを数回に分けて散策した。

羽村の堰

羽村の堰を初めて訪れたのは夏の夕刻だった。近くにある「根掘み前水田」には青々とした稲が育ち、ピンク色の蓮の花が一面に咲いていた。堰より少し上流側の河川敷には護岸のためのコンクリートブロックが敷き詰められ、水際には太い丸太を三角に組み、大きな玉石を容れた金属性の編み蛇籠で固定された木枠が何基か並んでいた（写真4）。これは牛枠（川倉水制）という治水装置の一つで、流れの勢いを弱め、堤が壊れるのを防ぐために、昔から各地で使われていたそうだ⁶⁾。

これと似たものが中国四川省成都市郊外、都江堰にもあった。都江堰は岷江の氾濫を防ぎ、成都平野に生活や灌漑用の水を送る古代から続く水利施設である。紀元前256年、蜀の李冰が治水工事に着工し5年余りで現在の堰の原型が築かれた。2000年にはユネスコの世界遺産に登録されている。人工的に築かれた中州には上流に向けて魚の口に似た紡錘形の魚嘴（ぎょし）が突出し（写真5）、岷江の流れを外江と内江（灌漑）に分け、灌漑に必要な水量を確保し（四六分水、春の水の乏しい時期は4割を岷江へ6割を灌漑用に流し、増水期はその逆）、内江から灌漑用水が流れて



写真4 川岸に並ぶ牛枠（川倉水制）（羽村取水堰）



写真5 魚嘴（都江堰、左が外江、右が内江）



写真6 木組みと蛇籠（都江堰）



写真7 投渡堰（奥）、手前は小吐口から多摩川に戻る水の流れ

出て行く。堤や堰には牛杢に似た木組みや竹蛇籠（玉石や砂礫や玉砂利を入れた竹の籠）などの治水技術が使われていた（写真6）（現地「魚嘴」説明文より）。

羽村の堰にも渇水期には水量を確保し、雨季や台風などの増水時には多量の水の流入を防ぐ制水機能が備わっている。固定堰と太い松や杉などの丸太などを組んだ投渡堰（写真7）により堰き止められた多摩川の水は一の水門（第一水門）（写真8）から取り込まれ、二の水門（第二水門）を通過して玉川上水へと導かれる。余分な水や土砂は第二水門の手前にある小吐口（吐水門）（写真7）から多摩川へと戻される。緊急時には投渡堰を壊し、水門にある差蓋を降ろして玉川上水への流入を防ぐ。その仕組みは基本的には今も昔も同じで、堰や水門の位置も建設当時とほとんど変わっていないようだ（羽村市郷土博物館展示より）。



写真8 第一水門（多摩川側）と差蓋（江戸時代は木製、明治になって金属製）

羽村の堰が出来たことで厄介な問題も起きた。その一つが「筏流し」であった。江戸時代、奥多摩の良質の木材は多摩川を下り、大森六郷まで4日かけて運ばれていた。多摩川には延長600mの堰（大堰通り）が設けられ、筏の通過できる「筏通し場」は幅4間（1間約1.8m）、水深8寸（24cm）と狭く¹⁾、筏流し最大の難所と云われていた。しかも堰を守るために筏が流せるのは1カ月に6日、1日1時間に制限され、通行料金も必要だった。羽村の堰にある水神社には筏師が安全祈願に奉納した石灯籠が残っている。

素掘の岸壁は壁面緑化の見本

多摩川の河口堰（第一水門）から流れ込んだ澄んだ水は、幅6m以上の水路を勢よく流れて行く（写真9）。ここから東京都水道局小平監視所までは今も現役の上水道である。川幅は広く、玉石やコンクリートで護岸され、両岸の木々や下草もきれいに整えられている（写真10）。江戸時代の素掘の面影は、小平監視所（写真11）から下流域に残っている。しかし水路を流れるのは多摩川上



写真 9 第二水門からの流れ



写真 10 玉川上水（羽村市）



写真 11 現代の芥溜（東京都水道局小平監視所）



写真 12 現在の「玉川上水」水源、清流復活放流口



写真 13 玉川上水の素掘り壁面(西武線鷹の台駅付近)



写真 14 壁面を覆う植物（小平市）

流水再生センター（昭島市）で処理された再生水である（写真 12）。兩岸に生えた木々によって日の光が遮られ、緑の濃い季節にはやや薄暗い。粘度質に富んだ赤肌の地表にはシダやコケ類、ツタなどが絡みつき、草丈の低い灌木が生え、さながら壁面緑化の見本のようで瑞々しい（写真 13, 14）。



写真 15 雑木林を流れる野火止用水
(小平市)



写真 16 現在の福生分水口



写真 17 福生分水に残る洗い場



写真 18 胎内掘開口部 (新堀用水)

多くの分水を育む玉川上水

武蔵野台地の稜線（尾根筋）を巡る玉川上水には、地形と勾配を利用した多くの分水が幕府の許可を得て造られていた。江戸時代には野火止用水（明暦元（1655）年）、小川用水（明暦2（1656）年）、砂川分水（明暦3（1657）年）、千川上水（元禄9（1696）年～昭和46（1971）年）など多い時には33の分水があった^{1, 4)}。

最初に造られた分水、野火止用水（写真15）は全長4里（約16km）、水底の堀幅3尺（約91cm）、分水口から野火止台地まで高低差54mの緩い勾配で流れていた。分水の割合は玉川上水7、野火止用水3と決められていたが、実際にはその3分の1程度だった⁷⁾。次いで小川用水が造られ、小川村、小川新田（現在の小平市）開墾の原動力となった³⁾。

羽村の堰に最も近い分水は慶応年間に造られた福生分水（田村分水）である（写真16）。分水は丘陵地を流れる玉川上水から崖（はけ）下にある造り酒屋の敷地内に引き込まれ、かつては水車をまわし、米を搗くのに使われていた。屋敷から流れ出た水は農業や生活用水として利用されていた（写真17）（福生市郷土資料室HP「福生の歴史」）。

新堀用水は明治3年に造られた比較的新しい用水である。西武線の鷹の台駅の近くを玉川上水と並行して流れている。東小川橋近くの分水口から900mが地下水路（胎内掘）で、その地表への出口を水辺まで降りて見ることができる（写真18）。水のせせらぎとともにひんやりした風が吹き抜けてきた。江戸時代中期になり、地域開発が進むと玉川上水をめぐり、江戸への送水量を優先するか、分水量を確保するかでたびたび議論になった。結局は地域の村々への分

水量の方が多くなっていった¹⁾。

新田開発の足跡を訪ねて

玉川上水から少し足を延ばして、小川村、小川新田のあとを訪ねた。青梅の北の山間部（上成木村、北小木曽村）から石灰を運ぶために青梅（青梅村）と新宿（新宿追分）を結ぶ青梅街道（御江戸街道）が、江戸時代初期に整備されていた。しかし田無村と箱根が崎村の間、約5里は人家もなく、水の乏しい原野であった。「往来の人馬は湯水に渴き至極難儀し、行倒れて死ぬ者も多かった」³⁾。このような状況を改善したいと考えた箱根が崎村に近い岸村の名主小川九郎兵衛（1622～1669年）は石灰伝馬継場の開設と周辺の新田開発を代官所に願い出て、明暦2（1656）年、現在の小平市小川町周辺の開発許可を受けた。ところが地下水位が低く30m近くまで井戸を掘っても水が得られず、開墾は難航した。玉川上水（江戸御水道）からの分水許可をえて、明暦2年10月、一尺四方（一尺は約30.3cm）の水門を現在の東小川橋辺りに設け、小川用水が完成した（写真19）。水の確保により開発は進み、寛文9（1669）年の小川村は土地183町余り村高421石と記録されている³⁾。



写真19 小川用水（小平市）

当時の地割図によると小川村、小川新田は、西は玉川上水と野火止用水の内側、東は「武蔵野乃一本榎（現在の小平市仲町熊野神社辺り）」までの地域で、短冊形に整然と地割されていた³⁾。農家の半数が間口10間（約18m）、奥行き275間（495m）の敷地を所有していた。当時の地割がアパートや駐車場、宅地などに分断されながらも玉川上水の北側、青梅街道に沿いに比較的良く残っている。青梅街道に面した表側は春の赤風（土埃）、秋の台風を防ぐための屋敷林（写真20）に守られた家屋、その奥には強風からの風除けと農地の境界を示す茶の垣根（畦畔茶）と良く耕された畑地が広がっていた（写真21）。かつてはその先に堆肥や燃料等に利用された雑木林があった³⁾。近くの方のお話では、大きく生長した欅や杉を建材として売っていた時期もあったそうだ。



写真20 農家の屋敷林



写真21 茶の垣根（畦畔茶）と畑地（春、小平市）

5月の連休中、散策の折に茶の生垣が残る農家の方にお話を伺った。休みを利用して農作業をされている。これから夏野菜やイモ類の作付けを始める。以前は摘みとった茶葉を製茶工場に売ったり、自家製に茶を作っていた。時期になると剪定だけは続けているという。隣では東京農工大の学生が農地を借りて麦を栽培していた。青い麦が空に向かってピンと伸びていた。小川用水が敷地内を流れていた。かつては農業用水というより貴重な生活用水だったという。近郊野菜の産地として知られた小平市内では、宅地化などの影響で畑地は減ったものの³⁾、今も各処で「畑からまっしぐら」と描かれたオレンジ色の幟旗を立て採りたて野菜の即売をしていた。

麦畑での恩師との再会

小川村ではどのようなものが作られていたのだろうか。水が乏しく乾燥した武蔵野台地は水田には適さず麦やアワ、ヒエなどの雑穀類、サツマイモの栽培が中心だった⁸⁾。小麦や大麦は11月初旬に種を播き、6月頃に収穫する。小麦粉で打った「糧うどん」はこの辺りの農家には特別なごちそうだった(写真22)。「糧」は、大根、ナス、インゲンなどその季節の野菜をゆでたものの総称で、うどんの栄養を野菜で補うためのものと言われている。糧うどんに使われていた小麦は、この地域で栽培されていた「柳久保小麦」で、1850(嘉永3)年に柳窪に住んでいた奥住氏が栽培し広めたとされている。長く栽培が途絶えていたが、関係者の努力により、近年、東久留米市で栽培が復活し収穫量も増えている⁸⁾。



写真22 地粉を使った糧うどん(小平市)

7月初旬に再び麦畑を尋ねた。ちょうど東京農工大の学生が小麦(農林61号)の刈り取り作業をしていた(写真23)。指導をされていた農学部 刈野雄二郎先生にお話を伺った。かつて玉川上水には多くの水車があり、米や小麦を挽いていた。今もこのあたりのお米屋さんには製麦機があり、小麦を持ち込むと製粉してくれる。自分たちで育てた小麦の粉で手打ちうどんを作る(「武蔵野手打ちうどん保存普及会」が協力)。このような体験を通して、武蔵野の食文化を学生



写真23 麦の収穫準備をする東京農工大生



写真24 柳下先生(中央)と刈野先生(左)

達に学ばせる活動を続けておられた。

そこで偶然にも 40 年ぶりに大学の生物学の恩師、柳下登先生にお会いした。84 歳の現在もトウガラシと赤ピーマンを掛け合わせた「ピートン」の育種研究をなさっている。「ピートン 1 世からピートン 2 世が生まれるまでには約 50 年かかったが、トウガラシとピーマンの特徴を持つので辛味は控えめ、甘味が強く栄養価も高い」とおっしゃっていた。定年退官された後も畑を借りて研究を続けておられるそう。日焼けしたお元気なご様子を拝見し、元気の素をいただいたような気がした（写真 24）。

玉川上水は明治になっても「上水」としての役割を果たしていた。しかしコレラなどの流行により樋管に汚水が流入するようになり、原水を沈殿ろ過し、鉄管で給水する近代水道の設置が必要になった。明治 31（1898）年、玉川上水の代田橋付近から取水し、淀橋浄水場につなぐ水路が建設され、玉川上水は東京の新水道システムへと発展した。しかし昭和 40（1965）年に利根川水系を東京の飲料水として利用できるようになると、淀橋浄水場は廃止され、小平監視所から下流域の玉川上水は「上水」としての使命を終えた。現在は水路を囲む緑豊かな散歩道として親しまれている。

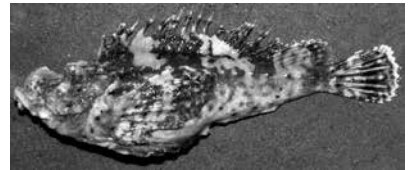
世界気象機関によると 2012 年は観測史上 9 番目に暑い年だった。世界各地で干ばつが起き、集中豪雨などによる水害が発生した。玉川上水が出来てから 350 年余り、治水や利水の技術は格段に進歩してきたが、地球規模の気候変動に起因する災害への対応は難しい。1 月末の夕刻、西武立川駅近くの玉川上水に懸る松中橋（柴崎、砂川分水口がある）を渡りながら見下ろした上水は、月明かりに水面が輝き、力強い流れであった。江戸の上水施設である玉川上水は人々の営みを支え、新田開発や産業育成の原動力となってきた。その恩恵を現在の私たちも受けていると思った。

参考資料

- 1) 伊藤好一：江戸上水道の歴史，吉川弘文館（2010）
 - 2) 鈴木理生：図説江戸・東京の川と水辺の事典，柏書房（2003）
 - 3) 小平町誌編集委員会編集：小平町誌，小平町役場発行，昭和 34 年 3 月 31 日発行
 - 4) 杉並の川と橋：杉並区郷土博物館編集・発行，杉並区郷土博物館研究紀要別冊（平成 21 年 3 月）
 - 5) 喜田川守貞著，宇佐美英樹校訂：近世風俗志（守貞謄稿），岩波書店（2001）
 - 6) 寺島良安著，島田勇雄他訳注：和漢三才図絵，東洋文庫 476，平凡社（1994）
 - 7) 『みて学ぶ埼玉の歴史』編集委員会編：「みて学ぶ埼玉の歴史」近世 / 平野の開発と村・町の成立，山川出版（2002）
 - 8) 江戸東京たてももの園開園 20 周年記念特別展，小麦と武蔵野のくらしー人が集まればうどんー，江戸東京たてももの園展示資料，平成 24 年 4 月 21 日～7 月 8 日
 - 9) 斎藤長秋編輯，長谷川雪旦画図：「江戸名所図会 巻之一」，早稲田大学図書館，1834～1836（天保 5～7）年刊行
- ・羽村市郷土博物館：東京都羽村市羽村 741
・東京都水道歴史館：東京都文京区本郷 2-7-1

築地市場魚貝辞典（オニオコゼ）

このところ新緑の季節が早くなっているような気がする。今年は桜も例年より早かったようであるが、その分、新芽が芽吹くのも早くなって、築地市場正門前に植えられているカラマツも早々と葉が出ている。早いとはいえ、新緑の季節は晴天でも暑くもなく、湿気も少なくすがすがしい。水物を扱う場内にとって、一年のうち数少ない快適なシーズンと言える。今回は夏の魚、オニオコゼを紹介する。



オニオコゼ

—分類—

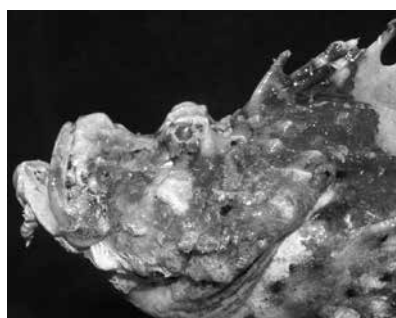
名前に「～オコゼ」と付く魚はおよそ 30 種類ほどいるが、市場で「おこぜ」と言えば、ふつうはオニオコゼのことである。オニオコゼを含むオコゼ類やメバル、カサゴなどは、最近までカサゴ目という大きなくりに含まれていた。コチやホウボウ、アイナメ、カジカといった変化にとんだ魚が含まれ、スズキ目に次いで大きなグループである。眼の下に並ぶ骨が棚状に並ぶというのが共通の特徴であった。ところが、それ以外にはまとまりがなく、カサゴ目というくりは、以前から疑問が持たれていた。近年、分類学的な見直しが進められた結果、カサゴ目は消滅し、それぞれ妥当と考えられる仲間に振り分けられた。分類学的に表すと、スズキ目オニオコゼ科オニオコゼ属となる。カサゴやメバルが近い仲間と考えられている。日本産のオニオコゼ科の魚には 9 種類が含まれるが、ふつう食用として流通するのはオニオコゼ 1 種である。那覇の市場を見ると巨大なオコゼを見ることがある。これもオニオコゼの仲間、オニダルマオコゼという熱帯性の種類である。

—形態—

「オコゼのような…」とは、あまりいい意味では使われないが、実際オニオコゼを見てみると、確かにしかめ面でお世辞にもかわいいと言いがたい。眼は小さく頭の上に飛び出し、口はやや大きくしゃくれ

て上向きとなっている。

胸体表や鰭には皮膚の突起が多数あり、まるでボロを着ているようである。しかし、これらはオニオコゼが生きていくために獲得した、必要不可欠の形なので、オニオコゼを責めるわけには行かない。鰭の下側には2本の鰭すじ（鰭条）が独立している。背鰭の前よりの2/3ほどは硬い棘となっている。腹の下にある腹鰭にも1本の棘があり、これらの棘は有毒となっている。体表は皮膚の突起がある以外、鱗もなく滑らかである。体色は、こげ茶色のものが多いが、薄いベージュ色や黄色、オレンジ色などの鮮やかなものも見られる。体や鰭は、淡い色がまだら模様を作ることが多い。体長22cmを越える。



顔



背鰭の棘

一生態一

青森県から九州，黄海，台湾まで分布する。水深200mまでの砂泥底に住む。胸鰭を支えるスジ（鰭条）の内，下の2本が離れていて，これを足のように使って海底を這うように歩くが，泳ぎは活発ではない。体の色や体表の突起が周囲に溶け込んで見分けにくいこともあり，待ち伏せ型の捕食をしている。主にエビや小魚を食べる。雌雄異体で，雄より雌の方が大きくなる。産卵期は5月から7月。産卵は夕方に行われ，雌雄が海底から一緒に水面へ向かって泳ぎだし，産卵する。孵化した稚魚は遊泳生活をするが，1～2ヶ月で2cmほどに成長し，海底へ降りる。成長は遅く，体長17cmになるのに2年かかる。

一漁業一

海底で単独生活をしているので，一度にまとまって捕れることは少ない。海底に下ろした網を船で曳いて魚を捕る底曳網や，海底に網を這わせて魚を絡めて捕る刺網，釣りなどで漁獲されている。成長が遅く，飼育も難しいことから養殖は困難とされていたが，近年，種苗生産（親魚から採卵し，その卵から稚魚を育てる）と養殖が行われるようになった。朝鮮半島や中国沿岸にも分布するので，活魚や鮮魚，冷凍品が輸入されている。

築地市場では，鮮魚または活魚で入荷する。仲卸店舗では，発泡スチロールのトロ箱に並べられた鮮魚を目にすることが多い。ふつう茶

色く地味であるが、鮮やかな色のものも入荷して、熱帯魚かと思ってしまう。また活魚も多く、店先の水槽に入っていることが少なくない。通年入荷するが、5月から6月の入荷が多い。山口県や長崎県、福岡県など西日本から多く入荷する。冷凍品は中国からの輸入品で



オニダルマオコゼ

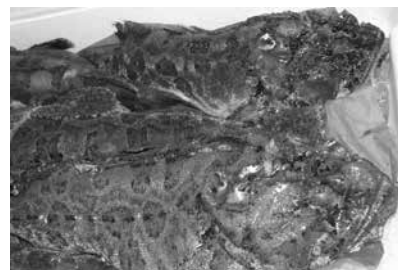
あることが多い。築地市場に入荷するオコゼ類は、ほぼオニオコゼに限られるが、まれに沖縄など暖かな産地からオニダルマオコゼが入荷する。それ以外のオコゼ類は、小さいか数が少ないため入荷しない。

一利用一

見た目は悪いがおいしい魚の代表の1つである。白身で、淡白な中にも旨みがあり、人気がある。さっぱりとした刺身や、サクサクの食感が楽しめる唐揚げは、夏の定番であろう。ほかにも吸い物や煮つけなどにされる。背鰭と腹鰭の棘には毒線があり、刺されると非常に痛む。刺毒なので食べるには問題ないが、調理する前に棘を切り落しておく方が安全である。オニオコゼの産卵期は5月から7月なので、産卵前の初夏が旬といえるだろう。

一エピソード一

築地市場の中を歩いていると、北海道から入荷したという「おこぜ」を見かけることがある。オニオコゼは、生態のところでも触れたように、やや暖かい海が好きな魚なので、北海道にはいないはずである。これはケムシカジカとい



ケムシカジカ

うカジカの仲間である。顔つきや体の凹凸感、ヒレの形など、オニオコゼによく似ている。オニオコゼと違うのは、顔つきがやや丸い感じがするほか、体の表面が細かなイボ状の突起で覆われている。また背鰭には硬い棘がなく、毒もない。北海道にはオニオコゼはいないので、北海道ではケムシカジカが「おこぜ」と呼ばれるのである。

文 献

- 1) 京都府立海洋センター（編）：京のお魚大集合，京都新聞出版センター（2005）
- 2) 清水孝昭ほか：瀬戸内海のさかな，瀬戸内海水産開発協議会（1997）
- 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）



“薬膳”の知恵 (77)

Key Words : 薬膳 ■ 中医学 ■ 痺症

荒 勝俊*

日本では、国民の8割以上が生涯において“腰痛”を経験しているといった“腰痛大国”である。しかし腰痛といっても様々な症状が有り、本稿では骨の変形（椎間板ヘルニア、脊柱管狭窄症）などを伴わない単純な腰部周辺の筋肉の緊張により起こる腰痛について中医学的に述べる。中医学的には、腰部周囲の筋緊張による腰痛は“痺症”に分類される。“痺症”は、様々な原因によって気血の流れが滞ることで起こる症状の総称である。

また、中医学では痛みに対する考え方として「不通則痛（気血の流れが悪くなって痛む）」と「不栄則痛（気血が足りなくなって痛む）」がある。即ち、腰痛は腰の経絡が滞る事で腰に関係している臓腑（特に腎）の力が低下（腎虚）し、その結果気血が不足した症状として表れてくると考える。

最近、医療先進国では西洋医学では根本治療が難しい症状に対し、中医学への期待が高まっており、特に中医学が持つ「未病先防」の概念が大きな魅力と考えられる様になってきた。即ち、中医学の基礎概念である陰陽五行学説に基

づき、健康管理や病気治療のために食材の持つ様々な機能を組み合わせて作った“薬膳”や“薬膳茶”を日常的に飲食する事で、人が本来もっている臓器の機能を回復させながら身体の内部を整える事で、腰痛の様な症状に対して改善できると考えている。



1. 腰痛と中医学



中医学的な見地から、腰部周囲の筋緊張による腰部の痛みは肩こりと同様“痺症”に分類される。即ち、“痺症”は様々な原因によって気血の流れが滞ることで起こる症状の一つと考えている。

腰部は“腎の府”と呼ばれており、“足少陰腎経”の流れが腰部（脊）を貫いているので、腰痛は腎と密接な関係にあると考えられている。更に、症状によって腰痛は実証と虚証に大別され、外邪や外傷が原因となって引き起こされた急性腰痛は実証が多く、腎虚による慢性腰痛は虚証の場合が多く、大きく四つの証に分類

* 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)

されている。

1-1. 腎虚による腰痛

老化や房事過多等により腎気を消耗し気血不足になると腰痛が起こる（腎陰虚）。また、腰部の過労で腎気を損傷し腎陽虚になると腰痛が起こる。

1) 腎陰虚による腰痛

症状として、疲れると腰椎の痛みが強くなる。喉が渇きやすく、頬が赤く手足がほてる。舌質は赤色が強く、舌苔が少ない。

2) 腎陽虚による腰痛

症状として、腰椎の痛みに加えて、手足の冷え、倦怠感、尿の量が多く透明、顔色に赤みが無い、などを呈する。舌質は赤みが薄い。

1-2. 寒湿による腰痛

寒冷や湿気の多い環境で生活すると、寒湿の邪気が身体に侵入する事で腰部経絡の気血の運行が阻害され腰痛が引き起こされる。

腰部の冷感を有する鈍痛、雨天や寒冷時に腰痛が悪化するが患部を温めると軽減するといった症状を呈する。舌苔は白で、脈は沈遅緊を示す。

1-3. 湿熱による腰痛

甘味や辛味の強い料理や油脂の多い料理を過食する事で湿熱が生じ（内湿）、腰部の経絡が停滞する事で気血運行が滞り、腰痛を生じる。症状としては、腰部が重く、熱感を伴って痛む。また、腰だけでなく臀部・股関節・膝まで痛み、局部加温や雨天時に増悪し、四肢が重い。尿は黄色、舌質は紅苔黄、脈は濡数を示す。

1-4. 瘀血による腰痛

腰部の使いすぎや打撲などの外傷によって腰部の経絡が損傷し、血が形成されると腰痛が起こる。

症状としては、腰部の刺痛、疼痛部位の固定（著明な圧痛点）が特徴で、腰部を揉み温めると軽減する。また、日中よりも夜間に痛みを呈し、寝返りも辛い状態となる。膝裏のくぼんだ所に静脈が浮いて青くなるといった症状を呈す

場合も有る。舌質は暗紫、脈は沈洪を示す。



2. 腰痛予防と食材



2-1. 腎虚による腰痛の改善

腎気の不足が原因となる腰痛なので、腎の気を補う食材が有効である（補益腎精）。

1) 腎陰虚による腰痛

手足が火照る、いらいらして夜眠れない、といった症状を併せ持つ腰痛の場合、黒胡麻、黒豆、山芋、牡蠣、など身体を潤しながら腎の働きを助ける食材が効果を有する。

2) 腎陽虚による腰痛

手足が冷たい、疲れやすい、といった症状を併せ持つ腰痛の場合、胡桃、海老、など身体を温めて腎の働きを助ける食材が効果を有する。

2-2. 寒湿による腰痛

寒湿タイプの腰痛に対しては、寒邪および湿邪を排除する食材が有効である。また、体を温めることも重要となる（去湿散寒）。

食材としては、葱、玉葱、韭、生姜、南瓜、セロリ、春菊、菊花、柑橘類、鶏肉、羊肉、シナモン、鱒、鯖、鰻、鰯、ムール貝、など身体を温め気の巡りを良くするものが有効である。

2-3. 湿熱による腰痛の改善

湿熱タイプの腰痛に対しては、熱邪および湿邪を排除する食材が有効である。また、体の熱を冷や津液の流れを良くすることも重要となる（去湿散熱）。

食材としては、白菜、セロリ、胡瓜、昆布、豆腐、緑茶、など身体の熱を冷まして津液の流れを改善するものが有効である。

2-4. 瘀血による腰痛の改善

瘀血による腰痛に対しては、気血の流れを改善する食材が有効である（活血化瘀）。

食材としては、唐辛子、生姜、大蒜、韭、チンゲンサイ、玉葱、葱、南瓜、プルーン、鶏肉、

羊肉、鱒、鯖、鰻、鰺、ムール貝、木耳、納豆、黒砂糖、山葵、酢、など血の巡りを良くする食品が有効である。

【中国・上海事情⑱】

最近、中国語講座の先生から聞いた旬の食材を自分の目で市場に確かめに行くのが楽しみになってきた。やはり地元の旬の食材は、青空市場に並んでいる野菜や果物を見る事で判る。中国のスーパーなどでも、最近は海外から多くの食材が輸入されて入ってきているので、どれが本来の旬の食材か判らなくなる事が有る。一方、市場に並べられた食材は殆どが地産なので、その季節の旬の食材が並んでいる。

先日、中国語講座の先生に教えて貰い、上海でも昔から有名な南外滩（南市）の市場を散歩がてら見て回った。

立ち寄った市場の軒下にはパイナップル（菠萝）が山積みされて並んでいる。上海にも着実に春が近づいているようだ。日本では大半が輸入だが、中国では海南産の国産が多く、値段も丸ごと一個で8元ほどだ。海南省で生産しているパイナップルは濃厚な甘酸っぱさが特徴のようだ。ちなみに、海南省は南シナ海の西沙群島、南沙群島、中沙群島からなり、ベトナムとフィリピンの間にある亜熱帯の地域で、ハワイ諸島とほぼ同緯度にあることから“東洋のハワイ”と称されている。

街角で売られている屋台のパイナップルは必

ず“螺旋”が描かれていて、見た目にも芸術的だ。しかし、なぜこの様な切り方をするのか不思議であった。お店の主人に聞いてみると、パイナップルには硬い核が規則正しく点在していて、単純に皮をむくだけでは硬い核を残してしまうのだそうだ。店員が皮剥きしている作業の途中を見てみると、なるほど確かに核は螺旋を描くように並んでいる（気づかなかった・・・）。そこで彫刻刀のようなナイフで斜めに核のある部分を螺旋状に切っていく。手際よく切っていく様子は、まさに職人技。

パイナップルにはブロメラインという蛋白質分解酵素が含まれており、料理などに用いて肉を柔らかくする効果が知られている。また、胃液の分泌を活発にし、腸内腐敗物の分解を促進する作用も有しており、胃腸の消化機能改善効果を有している。また、ビタミンB₁、ビタミンB₆、ビタミンC、カリウム、パントテン酸なども多く含む。特に、ビタミンB₆はコラーゲンの合成を助ける効果が有り、美容効果も有る様だ。さらに、果実の中でパントテン酸が多く含まれており、脂肪や炭水化物の代謝促進効果が期待できる事から肥満防止にも効果的と思われる。

このように、パイナップルは美容効果、腸内改善（便秘予防）、肥満防止といった効果を持つ女性に嬉しい健康食材のようだ。上海の街角で、屋台で売られている螺旋状パイナップルをお試しあれ。



図1 菠萝

今回は“按摩の炬燵（あんまのこたつ）”を紹介する。原話は、寛文12年刊の笑話本「つれづれ御伽草」の中に掲載された「船中の火焼」である。その後、元禄十一年刊の「露新軽口ばなし」の中では「上戸の火焼」、明和5年刊の「軽口春の山」の中では「旅の火焼」、安永8年刊の「鯛味噌津」の中では「乞食」と改作されてきた。上方落語を三代目柳家小さんが東京に移植したもので、上方では初代桂春団治や八代目桂文楽の十八番の一つでもある。

【按摩の炬燵】

ヒューヒューと空っ風が吹く冬の寒い晩、番頭は寒くてたまらないが、火の元にやかましい大店で炬燵を入れることが出来ない。

そこに、療治に按摩師の米市が来たので、番頭が米市に腰を揉ませながら愚痴をこぼす。

番頭：年を取ると寒さが身にこたえる。

米市：近ごろは電気炬燵という、けっこうな物が出てきたのに、おたくではお使いではないんですかい。

番頭：若い者はとかく火の用心が悪いから、店を預かる者として、万一を考えて使わないんだよ。

番頭の話では下戸なので、酒で体を暖めることもできないという。



図2 按摩の炬燵

米市は同情して、

米市：昔から生炬燵といって、金持ちのご隠居が十代の女子を二人寝かしておいて、その間に入って寝たという話があるようだが……。あたくしは、酒ときたひにやもう目がございません。底なしの方で、酔って良い心持ちになると体が火のように火照って、十分その生炬燵になると思います。いつもごひいきにしてくれる番頭さん、一つ私の体で温まってください。

と、申し出た。

番頭：いくらなんでもそれは……。

と遠慮するが、「ぜひに」と言うので、番頭も好意に甘える事にする。

米市にしこたま酒を飲ませて布団を被せ、米市の背中に足を乗せて“行火”代わり。ポカポカと気持ち良くて、番頭は気持ちよさそうに寝入ってしまう。

ところが、この様子を見ていた店の若い奉公人

炬燵(こたつ)：“火桶子”の宋音で、室町時代に禅院で使用した言葉。毎年旧暦の10月の初の亥の日を“玄猪”と呼び、この日から火の用心を始めたが、民間ではこの日を“炬燵開き”と呼んで炬燵や火鉢を蔵から出したそう。ちなみに、檣式の電気炬燵が発売されたのは戦後の事である。

按摩（あんま）：押す、揉む、叩くなどの手技を用いて生体の持つ恒常性維持機能を改善するマッサージ療法の一つ。先史時代、厳しい自然環境の中で生きていく中で人々は疼痛や腫痛に苦しむ事も少なかった。この様な時に先人は、自分あるいは仲間の患部を手で撫でたり擦ったりする事で外傷による瘀痛を散らし、腫れをひかせ、痛みを和らげる効果があることを発見した。これが後に按摩施術の元になったと言われている。黄帝内経に幾つかの按摩に関する文字が書かれているが、具体的な手法の記載は無い。隋の時代、当時の医師達は按摩を「外邪の滞留を体内から除き、負傷によって体内に侵入する事を防ぐ」方法とし、医術に用いた。日本において按摩が本格的に興隆するのは江戸時代に入ってからである。按摩の流派として、徳川綱吉の病を治したと伝えられている杉山和一を祖とする杉山流按摩術と吉田久庵を祖とする吉田流按摩術が知られている。中国では、明代以後按摩は推拿（すいな）と呼称されるようになる。現在、日本国内の按摩と中国大陸の推拿は、技法は近似でも用法が全く違う。

が我も我もと押し寄せたから、さあ大変。大勢の奉公人があちこちから冷たい手足を布団に突っ込んで米市の背中にむしゃぶりつくものだから、ぎゅうぎゅう詰め。しまいには、気持ちが悪くて、歯ぎしりする奴やら寝言を言う奴やらで、うるさい事。

さすがの“生炬燵”もすっかり閉口する始末。そのうち、丁稚の定吉が大声で何やら寝言を言う。

定吉：合羽屋の小僧、おぼえてやがれ。よくもいじめやがったな。

米市：定吉どんだね。かわいいもんだ。喧嘩してやがら。

定吉：もう我慢できないから、この橋の上から小便しちゃうぞ・・・。

と叫ぶが早いか、本当に寝小便をしてしまった。おかげで「炬燵」の周りは大洪水。

布団を替えたり寝巻きを着替えたりの大騒ぎ。番頭：米市さん、勘弁しておくれ。せっかく体が温まったところを、定吉のためにまた冷えてしまった。今ねえ、布団をすっかり取り替えたから、気の毒だがもういっぺん炬燵になっとくれないか・・・。

米市：もういけません。今の小僧さんの小便で火が消えました。

*****◀

・・・・・・・・・・・・・・・・・・引用文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 中医学の基礎 平馬直樹・兵頭明・路京華・劉公望監訳 東洋学術出版社
- 2) やさしい中医学入門 関口善太著 東洋学術出版社
- 3) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社
- 4) 東洋医学の基本 後藤修司監修 日本実業出版社
- 5) 薬膳と中医学 徳井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 6) 全訳中医診断学 王憶勤主編 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 宛曉春主編 中国林業出版社
- 9) 中国茶図鑑 工藤佳治、俞向紅著 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

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

ニューフードインダストリー 第55巻 第7号

印刷 平成 25 年 6 月 25 日
発行 平成 25 年 7 月 1 日
発行人 宇田 守孝
編集人 村松 右一
発行所 株式会社食品資材研究会
〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)
TEL:03-3254-9191(代表)
FAX:03-3256-9559
振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318
三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432
郵便振替口座 00110-6-62663
印刷所 株式会社アイエムアート
定価 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:info@newfoodindustry.com