

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2010 Vol.52 No.12

12

論 説

- キノコの保健機能性の解明並びに機能性食品の開発
- ムキタケ (*Panellus serotinus*) の抗メタボリックシンドローム作用
- 微生物に対するスパークリングワインの凍結殺菌能
- 米の特性を活かした新しい清酒の開発
～ 産学官連携の成果を商品化へ ～
- ビヨンド・コレステロールに対する大豆たん白製品の新たな展開
- 木酢液の環境因子による成分変化
- 集積する都市電子廃棄物による中国の環境問題とその対策
～ 人間の安全保障とサステナビリティ学の実践的展開を目指して ～

エッセイ

- 伝える心・伝えられたもの – 猿島茶 –

連 載

- 薬膳の知恵 (53)
- 築地市場魚貝辞典 (ヒラメ)



論 説

- キノコの保健機能性の解明並びに機能性食品の開発
..... 渡邊 治, 川上 誠, 柿本 雅史 1

- ムキタケ (*Panellus serotinus*) の抗メタボリックシンドローム作用
..... 柳田 晃良, 永尾 晃治 13

- 微生物に対するスパークリングワインの凍結殺菌能
..... 富樫 巖, 永井 一輝, 亀田 剛, 土田 義之 18

- 米の特性を活かした新しい清酒の開発
～ 産学官連携の成果を商品化へ ～
..... 古川 幸子 25

- ビヨンド・コレステロールに対する大豆たん白製品の新たな展開
..... 河野 光登 34

- 木酢液の環境因子による成分変化
..... 大平 辰朗 42

- 集積する都市電子廃棄物による中国の環境問題とその対策
～ 人間の安全保障とサステナビリティ学の実践的展開を目指して～
..... 三好 恵真子 53

Contents

2010 年 12 月号

エッセイ

□ 伝える心・伝えられたもの ―猿島茶―

..... 宮尾 茂雄 62

連 載

□ 薬膳の知恵 (53)

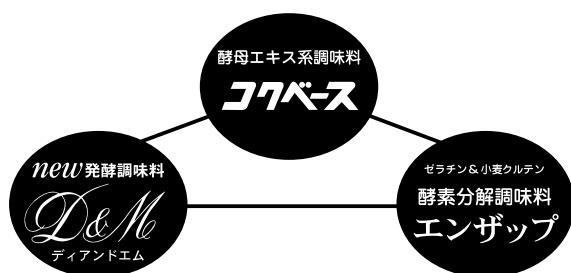
..... 荒 勝俊 68

□ 築地市場魚貝辞典 (ヒラメ)

..... 山田 和彦 75

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ



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。



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

キノコの保健機能性の解明並びに 機能性食品の開発

渡邊 治^{*1} 川上 誠^{*2} 柿本 雅史^{*3}

^{*1}WATANABE Osamu, ^{*2}KAWAKAMI Makoto, ^{*3}KAKIMOTO Masashi (北海道立総合研究機構 食品加工研究センター)

Key Words：キノコ，機能性，抗酸化，ACE 阻害

はじめに

高齢化社会の進行や食生活の欧米化にともない、生活習慣病等の予防に対する社会的ニーズが高まっている。その結果、健康食品等の市場は2005年では1兆2千億円の巨大な市場となっており、更なる拡大が予測されていた¹⁾が、その後2005年をピークに減少し、2008年には

1兆7百億円になった(図1)。これは世界的な不況による市場の冷え込みや薬事法などによる規制の強化、そして製品選択に対する消費者の情報分析が背景にあると考えられる。実際、エビデンスがしっかりしている特定保健用食品の需要は伸びている(図2)。このような中、古くから抗腫瘍効果が知られているキノコ類^{2,3)}に

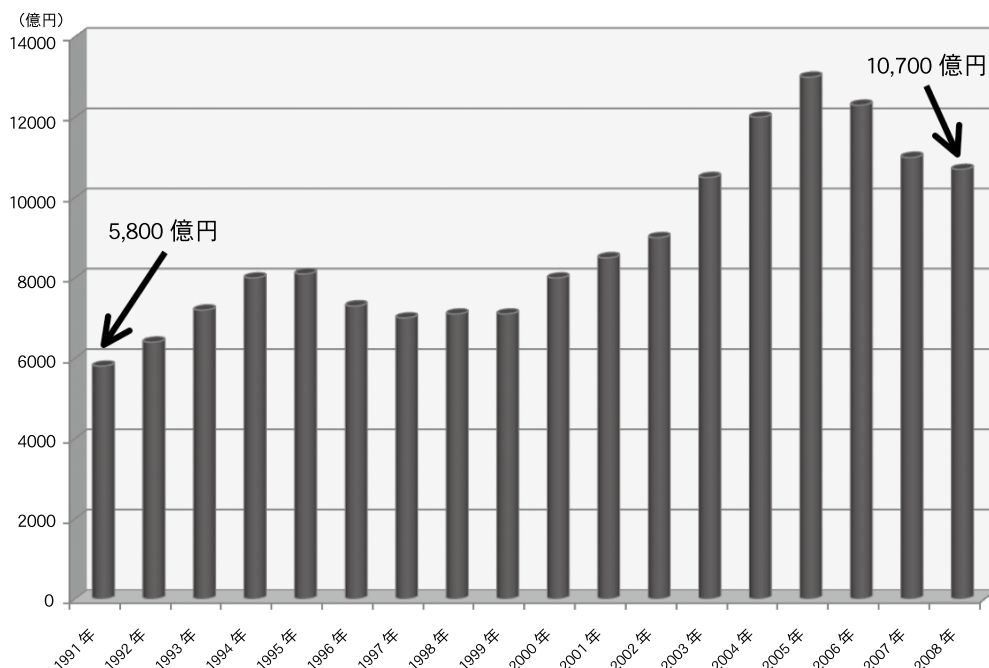


図1 健康食品等の市場規模推移

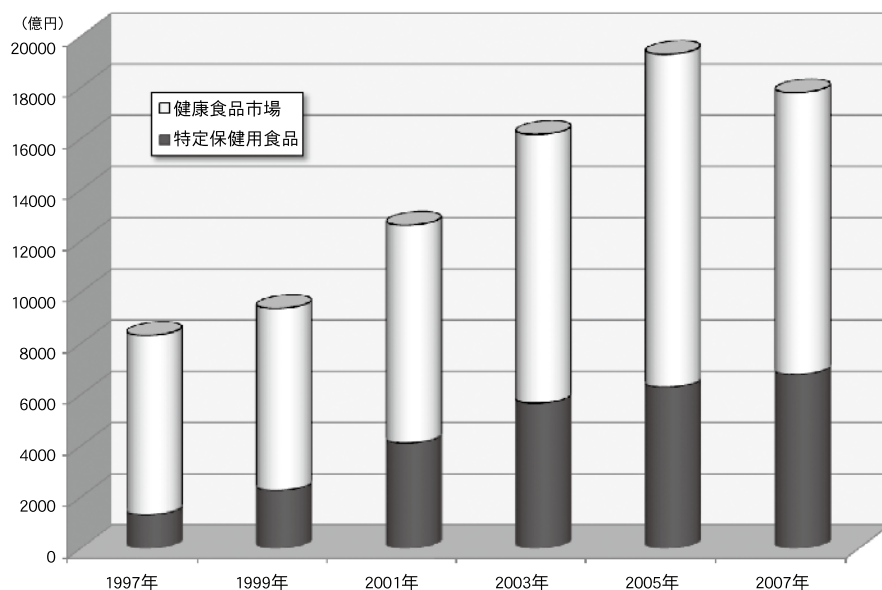


図2 市場推移の内訳

については近年様々な保健機能が注目されており、健康食品の素材としての期待度は非常に高い。

国内のキノコの年間生産量は42万8千トンとここ5年間で微増しているが、生産額は2,640億円とほぼ横ばい状態にあり⁴⁾、供給過剰や価格の低迷により小規模な生産施設が多いキノコ生産者は厳しい経営を強いられている。そのため、社会的ニーズに合致した健康食品等の開発とキノコの付加価値向上や消費拡大につながる技術開発が早急に求められている。

ここでは、当センターが近年行ってきたキノコの保健機能性に関する研究で得られた幾つかの知見と、キノコを用いた製品開発の例について紹介したい。

1. キノコについて

「キノコ」とは学術的な分類用語ではなく、「担子菌類や子囊菌類のうち比較的大きな子実体を形成するもの」の通俗的な名称であり、植物ではなくカビや酵母の仲間である。そのキノコを

論じるとき、担子菌類・子囊菌類で考えるより軟質菌・硬質菌で考えた方が理解しやすい場合がある。つまりシイタケやエノキタケの様な食べられる軟質菌とメシマコブやサルノコシカケの様な木材のような硬質菌である。

これら2種類のキノコの一般成分について、次のとおり報告がされている⁵⁾。軟質菌では水分が90%、残り10%が固形分で、たんぱく質が2.5%、脂肪が0.8%、可溶性無窒素物が5.2%、粗繊維が0.8%、灰分が0.7%である。一方、硬質菌は水分が15%、残りの固形分のうちたんぱく質が7%、脂肪が2.4%、可溶性無窒素物が55.2%、粗繊維が19%、灰分が1.4%である。また、おいしさの指標になるグルタミン酸、アラニン、アスパラギン酸、アルギニン、バリンなどの遊離アミノ酸は軟質菌で多く含まれている。

キノコに比較的多く含まれるビタミンはビタミンB₂、ナイアシン、エルゴステロールである。ビタミンB₂（リボフラビン）は動物の成長に不可欠なビタミンで、欠乏すると粘膜の炎症（口唇炎、舌炎、結膜炎など）を起こす可能性があ

る。ナイアシンはニコチン酸とニコチン酸アミドの総称でビタミン B₃ とも言われ、皮膚炎や口内炎の発症を予防する働きがある。エルゴステロールはビタミン D の前駆体でカルシウムの吸収を助ける働きがある。

このように、軟質系キノコには遊離アミノ酸やビタミンが多く含まれ、栄養価が高い。もちろん繊維も豊富なため、身体によい食品と考えられる。

また「旨味」として日本人になじみ深いのはカツオブシのイノシン酸、昆布のグルタミン酸、そしてシイタケ（キノコ）の 5'-グアニル酸（5'-GMP）である。特に面白いのは 5'-グアニル酸で、新鮮なキノコにはほとんど見られないが、温水抽出液に多量に見出される。これは加熱などの調理過程で生成してくると思われる⁶⁾。

2. キノコの各種保健機能性の測定

1) 実験供試試料

実験試料には北海道立総合研究機構林産試験場で栽培された 8 菌種 81 試料（表 1）の凍結乾燥物を用いた。そしてその凍結乾燥したキノコを粉碎し、粉碎物から蒸留水（抽出温度：95℃または 25℃）で 2 時間抽出し、得られた抽出液の凍結乾燥粉末を蒸留水に再溶解したものを試料とした。

なお、結果における統計法としては分散分析

を用い、群間の比較は Tukey 法により有意水準 5% で検定した。

2) 抗酸化活性

抗酸化活性は 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) を用いたラジカル消去活性を測定する須田らの方法⁷⁾ に準じて行った。試験管に 200μM DPPH 300μl, 0.1M 2-morpholineethanesulfonic acid (MES) buffer 300μl, 50% エタノールを加えたものに先のキノコ抽出試料を最終濃度 250μg/ml になるように加え、10 分間反応後に 520 nm での吸光度を測定した。また試料中のポリフェノール量を Folin-Denis 法⁸⁾ を用い、タンニン酸量に換算して測定した。試験管に試料 2ml (5 ~ 20mg/100ml) を入れ、それに Folin 試薬を 2ml 添加した。室温で 3 分間静置したのち 5% 炭酸ナトリウム溶液を 2ml 添加し、さらに室温で 1 時間静置した。その後 760nm での吸光度を測定し、タンニン酸量として検量線より算出した。

キノコ抽出物のラジカル消去活性を測定した結果を図 3 に示す。コムラサキシメジ、タモギタケ、エノキタケが抽出温度にかかわらず高い活性を示した。ナラタケについては 25℃抽出物の活性は高かったが、95℃抽出物については低かった。一方、ブナシメジ、ムキタケの活性は低く、菌種によって抽出物の抗酸化活性に大きな違いがあることが明らかとなった。さらにほとんどの菌種において 95℃で抽出したものより、25℃で抽出したものの抗酸化活性が高く、抽出温度によっても抽出物の活性が大きく異なることが明らかとなった。また抗酸化活性に関わる成分としてはポリフェノールの存在が推察されることから、供試試料中のポリフェノール含量について調べた（図 4）。抗酸化活性の傾向と大きな違いが見られないことから、キノコについてもその抗酸化活性にはポリフェノールが大きく関与していると考えられた。また活性成分の耐熱性を調べる目的で、ナラタケ、

表 1 実験に供したキノコ

和名	学名	供試株数
ブナシメジ	<i>Hypsizygus marmoreus</i>	14
ムキタケ	<i>Panellus serotinus</i>	12
ホンシメジ	<i>Lyophyllum shimeji</i>	3
マイタケ	<i>Grifola frondosa</i>	14
エノキタケ	<i>Flammulina velvipes</i>	23
コムラサキシメジ	<i>Lepista sordida</i>	3
タモギタケ	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	6
ナラタケ	<i>Armillaria mellea</i>	6

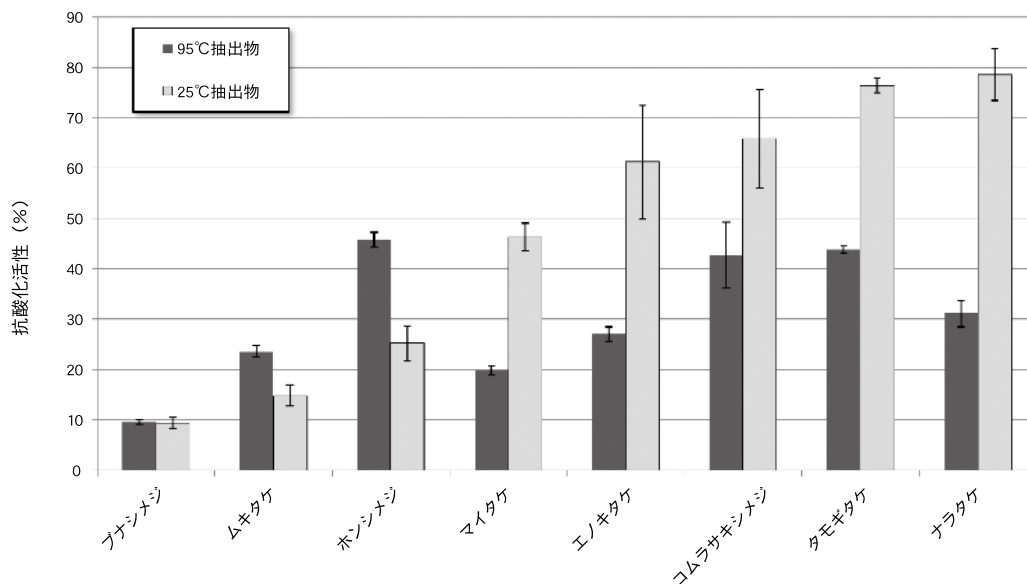


図3 濃度 250µg/ml におけるキノコ抽出物の抗酸化活性

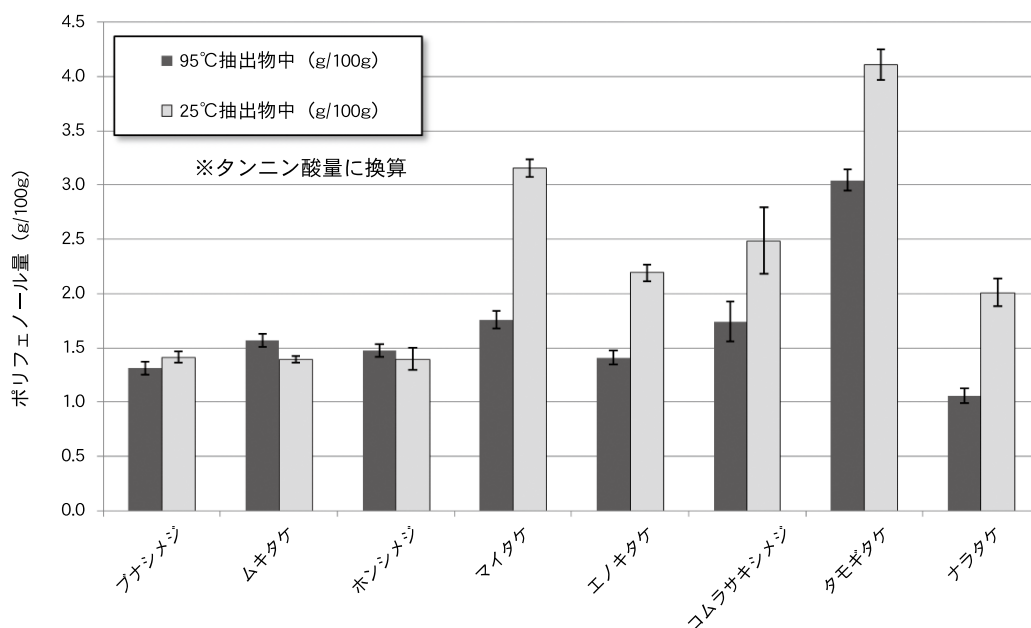


図4 キノコ抽出物中のポリフェノール量

エノキタケ、タモギタケ、コムラサキシメジの25℃抽出物をさらに95℃で2時間加熱したもの、抗酸化活性を測定した。その結果、25℃抽出物もその加熱処理物も測定結果に違いはほとんど認められず、加熱による影響はほぼなかった(図5)。このことから、これらの品種の95℃抽出による活性の低下は、抗酸化活性に関与しない成分の溶出が原因と考えられ、加工適性を考えた場合、殺菌工程における熱処理によってこれらのキノコ抽出液の抗酸化活性の低下はほとんど無く、十分な加工適性を有していると考えられた。

3) ACE 阻害活性

ACE 阻害活性は Cushman らの方法⁹⁾で測定した。試験管に 1.2M NaCl 50 μ l と先の試料または蒸留水 50 μ l, 50mM Borate buffer (pH8.3) に溶解した 40mU ACE を氷冷下で加え、37℃で3分間保温した後、反応基質として 350mM borate buffer (pH8.3) に溶解した 10mM Hippuryl-histidyl-leucine (HHL) を加えて 30 分間反応させた。1N HCl 200 μ l を加え反応を停止

させ、5分後に遊離した馬尿酸を 1ml の酢酸エチルで抽出し、蒸発乾固させ、蒸留水 1ml で溶解して 226nm での吸光度を測定し、酵素活性の指標とした。

キノコ抽出物の ACE 阻害活性を測定した結果を図6に示す。コムラサキシメジ、ホンシメジ、ブナシメジ、タモギタケが抽出温度に関わらず高い活性を示した。ACE 阻害活性も抗酸化活性と同様に菌種による活性の違いは見られたが、抗酸化活性ほど顕著な違いはなく、マイタケ、ナラタケ、ムキタケ以外では菌種ごとの抽出温度による ACE 阻害活性の違いも見られなかった。

4) 抗菌活性および増殖抑制効果

抗菌活性は、大腸菌 *Escherichia coli* NBRC3972 と黄色ブドウ球菌 *Staphylococcus aureus* NBRC12732 を用いたハロー試験を行った。すなわち溶解した標準寒天培地に前培養した供試菌を接種し、固化させ平板を作製した。1% 試料懸濁液 10 μ l もしくはマイクロスパーテル 1 杯の凍結乾燥粉末試料を作製した平板上に載せ、35℃で24時間培

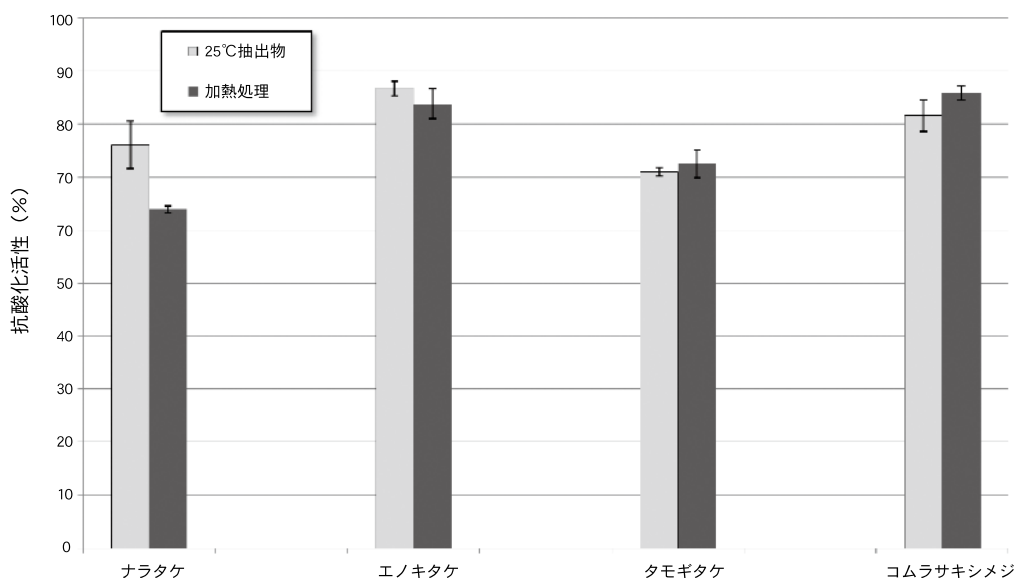


図5 抗酸化活性に対する抽出温度の影響

養後、ハローの形成を観察した。

増殖抑制効果は、黄色ブドウ球菌 *Staphylococcus aureus* NBRC12732 を用い、前培養した供試菌を約 1×10^3 cfu/ml になるように 0.1% の試料溶液に接種し供試菌液とし、接種後、バイオフォトレコーダー (TVS062CA, アドバンテック社製) にて 35℃ 培養し、660nm の濁度変化により判定した。

抽出液の 1% 懸濁液によるハロー形成は両菌種 (大腸菌, 黄色ブドウ球菌) とともに認められず、抽出凍結乾燥物では黄色ブドウ球菌に対してわずかにハロー形成が認められた (図 7, 表

2)。しかし黄色ブドウ球菌に対する増殖抑制効果は認められず (図 8), 食品の保存性向上などに活用することができないことが明らかになった。

5) 血栓溶解活性について

血栓溶解活性は須見らの方法¹⁰⁾で測定した。フィブリノーゲン 50mg を 10ml の 0.17M ホウ酸 - 生理食塩水緩衝液に溶解し、シャーレに蒔いた。これに 5U/ml トロンビン溶液を添加し、攪拌・静置して凝固させる。試料溶液 30μl を培地上に滴下し、37℃で 4 時間あるいは 18 時

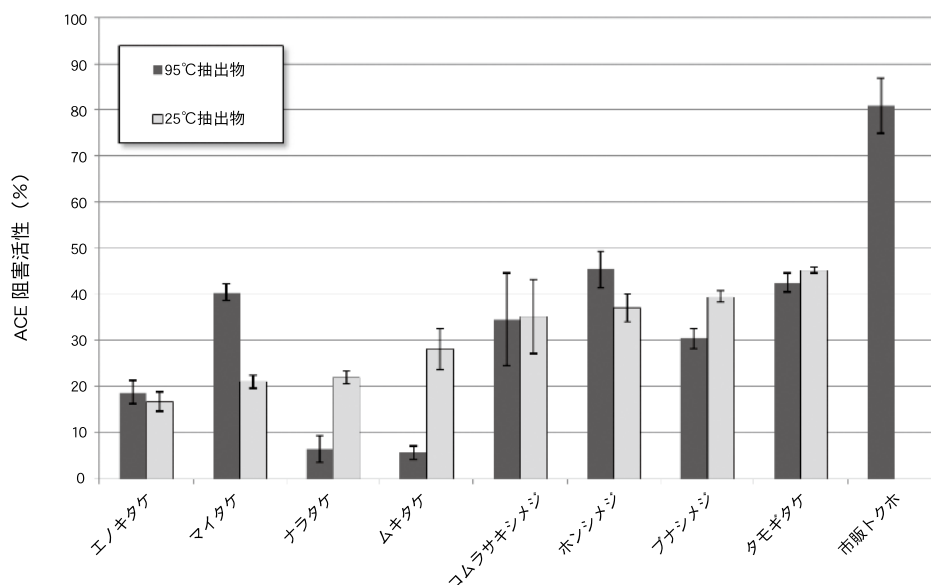


図 6 濃度 250μg/ml におけるキノコ抽出物の ACE 阻害活性

表 2 95℃抽出物の抗菌活性

	1% 懸濁液		抽出乾燥粉末	
	大腸菌	黄色ブドウ球菌	大腸菌	黄色ブドウ球菌
ブナシメジ	×	×	×	○
ムキタケ	×	×	×	×
ホンシメジ	×	×	×	×
マイタケ	×	×	×	○
エノキタケ	×	×	×	○
コムラサキシメジ	×	×	×	○
タモギタケ	×	×	×	○
ナラタケ	×	×	×	○

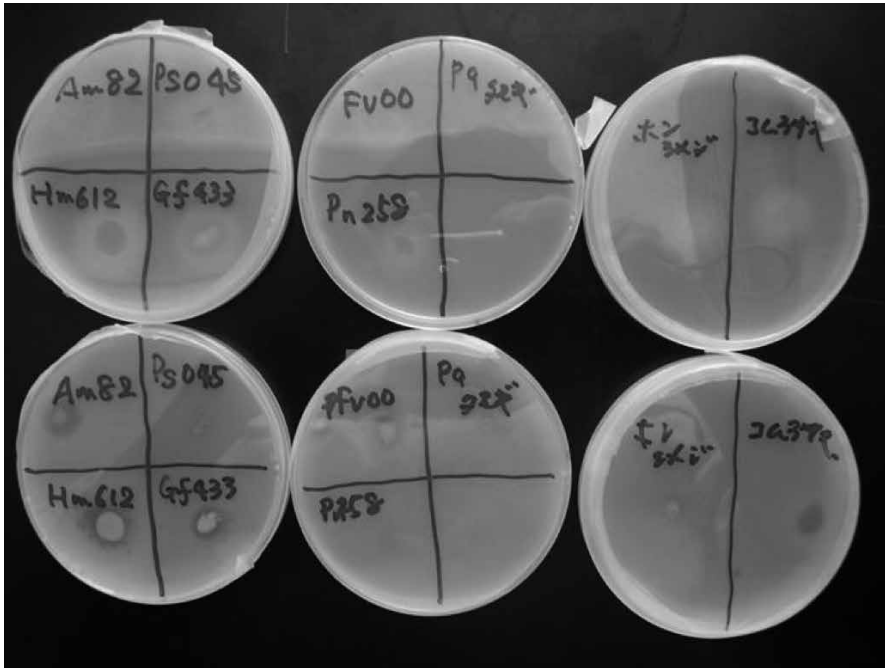


図7 95℃抽出乾燥粉末の抗菌活性
(上：大腸菌，下：黄色ブドウ球菌)

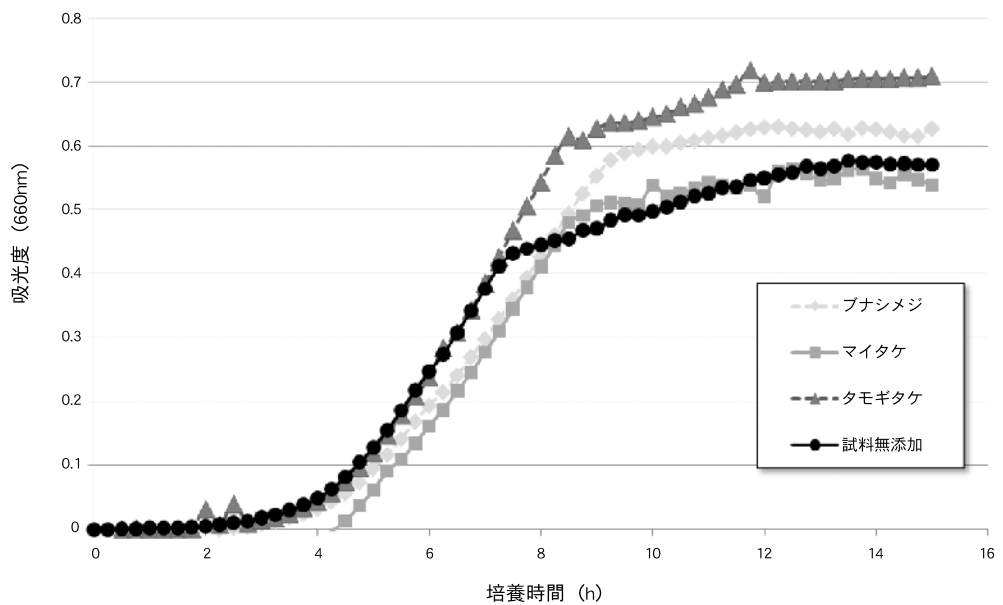


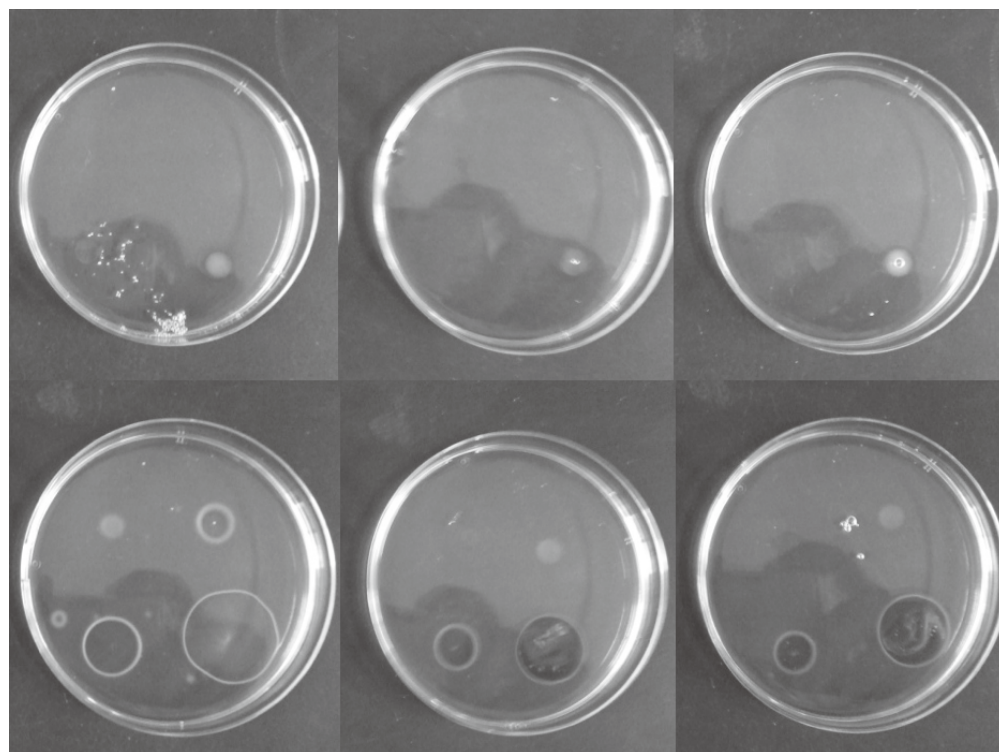
図8 95℃抽出乾燥粉末の増殖抑制効果

間インキュベートし、観察した。

予備的に行った幾つかの種類のキノコ抽出液において、マイタケやコムラサキシメジ、タモギタケの25℃抽出物に血栓溶解活性（フィブリン溶解性）が認められた（図9）。これにより、これらキノコを食することによる血栓の形成予防が期待でき、新たな健康食品の可能性が示唆された。

以上の結果を踏まえ、高活性の試料や株により大きく異なる結果を示した試料をDNAマイクロアレイ法などで遺伝子発現レベルでの差異を調べたり、LC-MS/MSなどの最新の分析機器を用いて保健機能性への関与成分の変化をマッピング解析したりすることが出来れば、キノコの持つ様々な保健機能性のメカニズムや効率的な高活性株の生産方法が検討可能と考えられる。

また抗酸化活性とACE阻害活性（IC₅₀）の相関関係をとってみると（図10）、今回実験に用いたキノコはその機能性から以下のように大きく3つのグループに分けられることがわかった。すなわち両活性ともに結果が良好なホンシメジ、コムラサキシメジ、タモギタケのグループA、ACE阻害活性が良好な結果を示したマイタケ、ブナシメジのグループB、そして抗酸化活性が良好な結果を示したエノキタケ、ナラタケ、ムキタケのグループCである。この活性相関を指標として、効率的な栽培法や機能性成分の探索、含有率の増加などの研究をさらに進め、この研究で得られた成果を道内キノコ産業の体質強化や食品加工における高付加価値化、異分野からの参入時の相談・支援などに広く活用していくことが重要であると考えられる。



マイタケ

コムラサキシメジ

タモギタケ

図9 キノコ抽出物の血栓（フィブリン）溶解活性
（上：抽出温度 95℃，下：抽出温度 25℃）

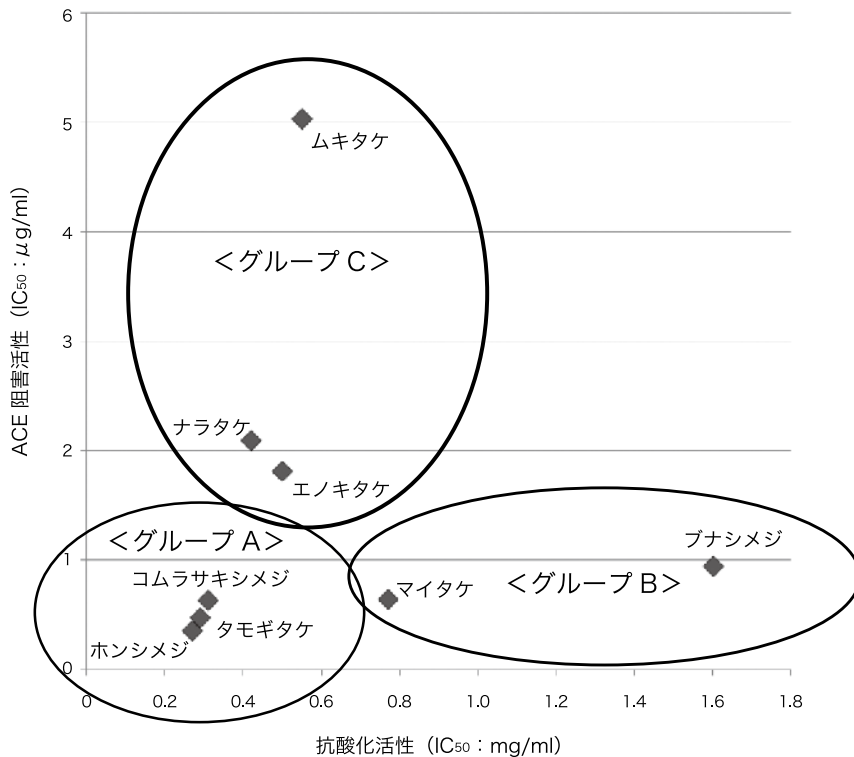


図 10 抗酸化活性と ACE 阻害活性の相関図

3. キノコを用いた製品開発の一例

～硬質系キノコを用いた機能性チーズの開発～

ここでは β -グルカンなどの多糖類成分による免疫賦活、抗腫瘍などの薬効型機能性が論じられている^{2,5,6,11)} 硬質系キノコのうち、北海道に多く自生しているカバノアナタケ (*Inonotus obliquus*, 図 11) の抽出液を配合することにより抗酸化活性などの保健機能性を有したチーズの開発を目的とした。

1) チーズの作成方法

生乳を原料に使用し、図 12 の方法に従いカバノアナタケ抽出液への漬け込みタイプ、または練り込みタイプを作成した。使用した乳酸菌はクリスチャン・ハンセン社製 (CHN-11, 5U) を用いた。なお抽出液の抽出条件は 100℃

2 時間とし、得られた抽出液の固形分濃度は約 4% であった。

当初は漬け込みタイプを試作したが、外観も悪く、抗酸化活性 (データ未提示) も低かったことから、主に練り込みタイプについて試験を行った (図 13)。同タイプのチーズは以下のように作成した。カードを一度手圧で軽く型作りをした後、カッターでダイス状に切断し、そこにチーズ重量に対して 5%, 10%, 20% の量のカバノアナタケ抽出液を添加した。手作業でチーズと抽出液を練り合わせ、再びモールドに詰めて加圧機にて 1kgf/cm² で 1 時間加圧した後、反転して一昼夜加圧した。その後 5℃にて約 2 ヶ月間熟成させた。

2) 試作チーズの分析

熟成期間を経過したチーズについて、乳酸菌数、酸度、pH、抗酸化活性の測定を行った。

酸度は乳酸表示法¹²⁾を、抗酸化活性はDPPH法を用い、チーズ片10gを100mlの蒸留水に懸濁・濾過して得られた濾液についてラジカル消去活性を測定した。

試作チーズの乳酸菌数、酸度(乳酸%)、pHについては表3に、抗酸化活性については図14に示した。乳酸菌数は抽出液添加量の増加に伴って減少しており、同時に酸度の低下、pHの上昇が見られる。カバノアナタケ抽出液の抗菌活性は、簡易なハロー試験では認められなかった(データ未提示)が、酸度とpHにおいては添加量との間に相関関係が見られること



図11 カバノアナタケ (*Inonotus obliquus*)

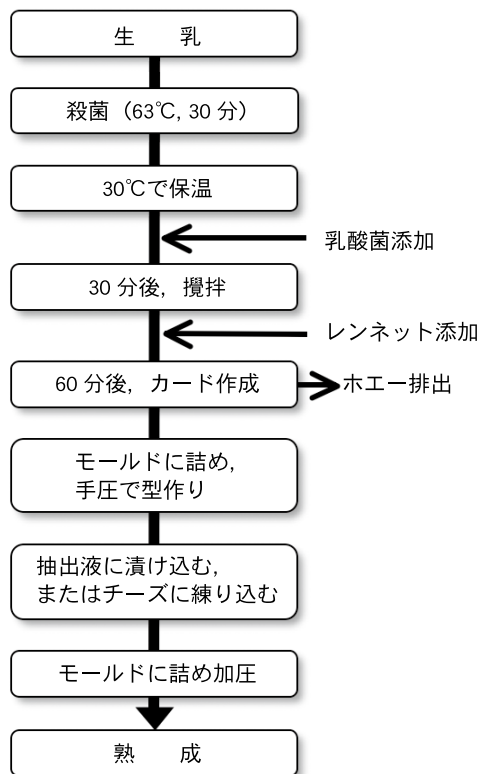
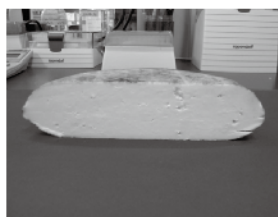


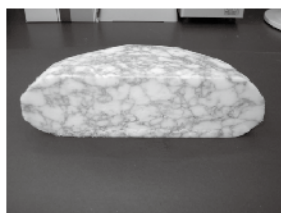
図12 チーズの作成手順



対照品



漬け込み品



5%添加



10%添加



20%添加

図13 試作カバノアナタケ・チーズ

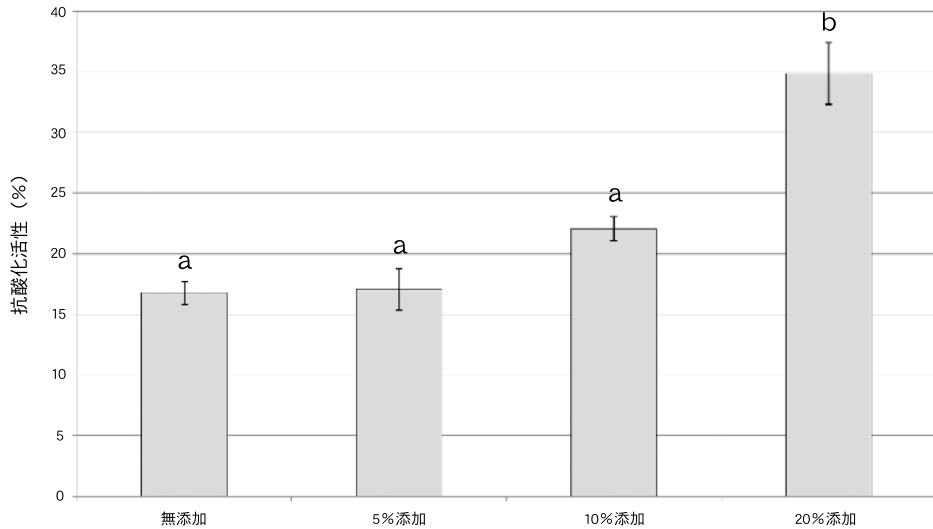


図 14 試作チーズの抗酸化活性

から、今後抽出液の細菌増殖に与える影響を詳細に検討する必要があると思われる。また抗酸化活性は抽出液の添加量に比例して高くなっているが、5%、10% 添加ではスタンダードと有意差はなく 20% 添加で有意差が見られた。これはチーズの高脂質・高タンパクが添加した素材の機能性をマスキングしている可能性が考えられる。

以上、加工食品に対する機能性の付与と新しい食品の開発を目的とし、カバノアナタケ抽出液のチーズへの添加方法について検討した。その結果、添加方法を工夫することで機能性の付与が可能であった。カバノアナタケ抽出液はほとんど無味無臭であることから機能性素材としての利用法が可能になり、市場の開拓に繋がるものと考えられた。

要 約

キノコ 8 菌種について、その抗酸化活性と ACE 阻害活性について検討した結果、それぞれについて保健機能性の違いが明らかになった。さらに加熱による抗酸化活性に対する影響

表 3 試作チーズの菌数、酸度、pH

	乳酸菌数 (個 / g)	酸度 (乳酸 %)	pH
無添加	4.8×10^6	0.26	5.2
5% 添加	5.0×10^6	0.25	5.2
10% 添加	4.4×10^6	0.24	5.3
20% 添加	4.1×10^6	0.21	5.4

を検討した結果、加熱前後での活性値に変化はほとんど見られなかった。このことから、キノコの加工食品への利用を考えた場合、加工工程における抽出や滅菌などの加熱処理では抗酸化活性は低下しないことがわかった。さらに今回明らかにした活性マッピングの手法を活用することにより、それぞれのグループについて特徴をつかんだ上での商品開発手法などの構築が可能と考えられる。また血栓溶解性については期待できる結果が得られたことから、今後も研究を進め、成人病などの予防を目的とした機能性食品の開発につなげていくことが求められる。一方抗菌活性については有意な結果を得ることが出来なかった。しかしコムラサキシメジなどは「フェアリーリング」を形成することが知ら

れており¹³⁾、コムラサキシメジが他の菌や植物に対する成長促進物質を産生している可能性が指摘されている。このことを明らかにすることにより、キノコ成分の化学肥料や農薬をかわらない農業への応用が期待できる。

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

- 1) CMP ジャパン、『食品と開発』, **41**, pp.15-16 (2006)
- 2) 水野卓, 川合正允:キノコの化学・生化学, 学会出版センター, 1992
- 3) 古川久彦:きのこ学, 共立出版, 1992
- 4) 林野庁:平成 20 年の主要な特用林産物の生産動向, 東京, 2009
- 5) 中村克也:キノコの事典, 朝倉書店, 1982
- 6) 川合正允:きのこの利用, 築地書館, 1988
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局,『食品の機能性評価マニュアル集』, pp.16-18, 1999
- 8) 科学技術庁資源調査会食品成分部会,『五訂日本食品標準成分表分析マニュアル』, pp.137-140, 1997
- 9) Cushman,D.W. and Cheung,H.S., Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem.Pharmacol.*, **20**, pp.1637-1648, 1971
- 10) 須見洋行, 岡本猛:テンペ水溶液中の血栓溶解活性, 家政誌, **54**, pp.337-342, 2003
- 11) 宮崎利夫:多糖の構造と生理活性, 朝倉書店, 1990
- 12) 日本薬学会編,『乳製品試験法・注解』, p29, 金原出版, 1984
- 13) 河岸洋和:平成 22 年度藪田セミナー要旨集, p5, 2010

ムキタケ (*Panellus serotinus*) の 抗メタボリックシンドローム作用

柳田 晃良^{*1} 永尾 晃治^{*2}

^{*1} YANAGITA Teruyoshi, ^{*2} NAGAO Koji (佐賀大学農学部生命機能科学科)

Key Words: ムキタケ (キノコ)・メタボリックシンドローム・肝機能・アディポネクチン・炎症・MCP-1

はじめに

近年、日本を含む先進国ではメタボリックシンドロームの罹患率増加が問題となっている。メタボリックシンドロームとは、内臓脂肪性肥満に加えて高脂血症、糖尿病、高血圧のうち2つ以上が重複した状態をいい、脳や心臓の血管障害といった重篤な疾患の基盤となりうる。過栄養や運動不足に特徴づけられる現代の生活習慣は、メタボリックシンドローム発症の危険性

を増大させることから、その発症予防として日常摂取する食事への機能性成分の導入が有効であると考えられている^{1,2)}。

数ある機能性食材候補の中でも、キノコ類は“メディカルマッシュルーム”という言葉が知られている通り、様々な生体調節機能を有するものとして注目を集めてきた³⁻⁶⁾。表1に代表的なキノコ類の生体調節機能についての報告を示すが、これまでに研究対象とされてきたもの

表1 キノコ類の生体調節機能⁶⁾

キノコ名	生理作用
ニンギョウタケ (<i>Albatellus confluens</i>)	コレステロール低下、抗腫瘍など
ヒラタケ (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	コレステロール低下、抗腫瘍など
シイタケ (<i>Lentinus edodes</i>)	コレステロール低下、抗腫瘍など
ハタケシメジ (<i>Lyophyllum decastes</i>)	コレステロール低下、血糖低下など
マンネンタケ (<i>Ganoderma Lucidum</i>)	血糖低下、肝機能改善など
マイタケ (<i>Grifola frondosa</i>)	血糖低下、高血圧抑制、抗腫瘍など
マツタケ (<i>Tricholoma matsutake</i>)	免疫賦活など
チョレイマイタケ (<i>Polyporus umbellatus</i>)	免疫賦活、肝炎改善、抗腫瘍など
カワリハラタケ (<i>Agaricus blazei</i> Murill)	抗腫瘍、抗アレルギーなど
ブクリョウ (<i>Wolfiporia cocos</i>)	抗腫瘍、抗炎症など
カバノアナタケ (<i>Inonotus obliquus</i>)	抗腫瘍、抗酸化など
メシマコブ (<i>Phellinus linteus</i>)	抗腫瘍、抗酸化など
ハナビラタケ (<i>Sparassis crispa</i>)	抗腫瘍など
ブナシメジ (<i>Hypsizigus marmoreus</i>)	抗腫瘍など
エノキタケ (<i>Flammulina velutipes</i>)	抗腫瘍など

は、キノコ類全体から観るとほんの数%に過ぎず、依然として未開拓な機能性食材の宝庫であるといえる。

1. ムキタケとは

ムキタケ (*Panellus serotinus*, 図1) は、シイタケ (*Lentinus edodes*) やハタケシメジ (*Lyophyllum decastes*) と同じキシメジ科に属し、その中のワサビタケ属に分類されるキノコである。ブナやミズナラなどの広葉樹の切り株や倒木などに群生し、野生のものは全国で採取が可能で、特に東北地方などできのこ鍋の具材などとして美味しく食されている。佐賀県林業試験場では、無加温・無加湿のビニールハウス（簡易ハウス）を用いた菌床栽培技術の確立と簡易ハウス栽培に適した優良菌株の選抜などにより、ムキタケの市場への安定的な供給を可能にした⁷⁾。

その栄養生理作用については、*in vitro* で活性酸素消去作用やグリケーション阻害作用などの生理活性が認められている。本稿では、食欲制御ホルモンのレセプター変異により過食を生じ肥満・糖尿病・脂肪肝を発症するメタボリックシンドロームのモ

デル動物である *db/db* マウスを用いて、*in vivo* でムキタケの栄養生理作用を評価した結果⁸⁾を紹介する。

2. ムキタケの栄養生理作用

2-1. ムキタケ粉末摂取による脂肪肝・肝臓障害改善作用

4週間の飼育終了後、肥満モデル *db/db* マウスでは、摂食量の増加に伴い肥満・肝肥大・脂肪肝の発症が認められた。しかしながら、ムキタケ粉末摂取により有意な肝臓重量の低下と肝臓脂質濃度の低下が認められた（図2）。

また肥満モデル *db/db* マウスでは、通常マウスと比べて血中肝機能マーカーレベルの著しい上昇が認められたが、ムキタケ粉末摂取により顕著な低下が認められ、肝臓障害抑制作用が示唆された（図3）。

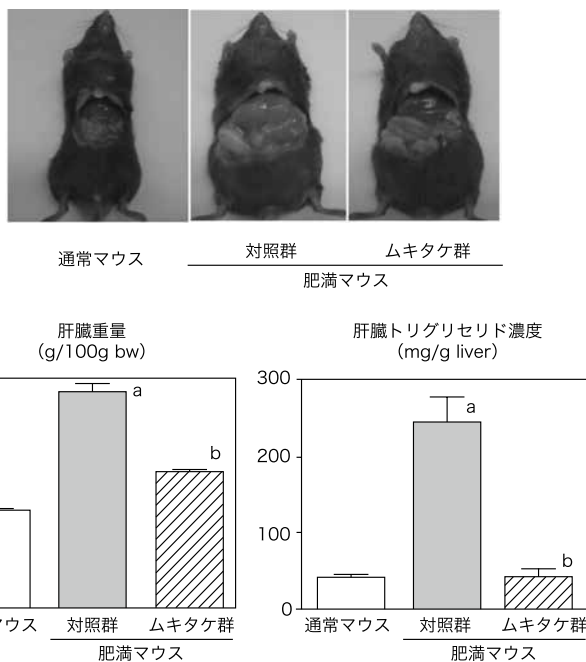
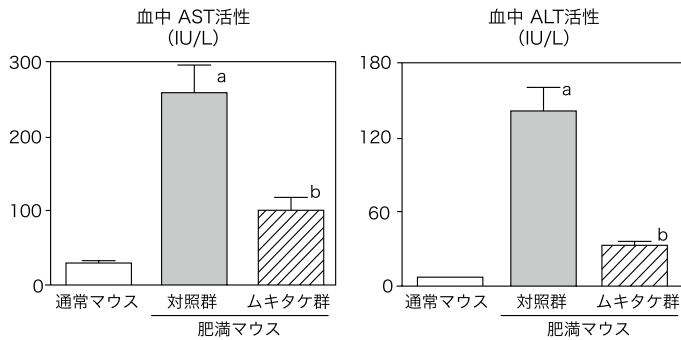


図2 ムキタケ粉末摂取は肥満モデルマウスにおける肝肥大および肝臓脂質蓄積を抑制した



図1 ムキタケ（乾燥物）



^a $p < 0.05$ vs 通常マウス, ^b $p < 0.05$ vs 対照群

図3 ムキタケ粉末摂取は肥満モデルマウスにおける血中肝機能マーカーレベル上昇を抑制した

2-2. ムキタケ粉末摂取が肝臓脂質代謝関連酵素活性に及ぼす影響

ムキタケ粉末摂取が肥満モデルマウスの脂質代謝に及ぼす影響を調べるために、肝臓に於ける脂質代謝関連酵素活性に及ぼす影響を検討した。その結果、脂肪酸合成系の抑制（脂肪酸合成酵素：FAS 活性の低下）と脂肪酸分解系の亢進（Carnitine palmitoyltransferase:CPT 活性の亢進）が示された（図4）。

2-3. ムキタケ粉末摂取が血中のインスリンおよびアディポサイトカイン濃度に及ぼす影響

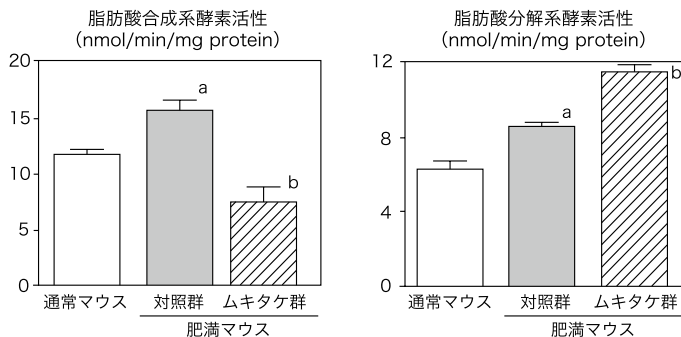
近年、脂肪組織はエネルギーを脂肪として貯蔵するという従来の働きに加え、様々な生理活性物質（アディポサイトカイン）を産生・分

泌し、糖代謝および脂質代謝、動脈壁の恒常性維持に重要な役割を果たしていることが明らかとなっている²⁾。アディポネクチンは血中に高濃度存在するアディポサイトカインの一つであり、脂肪組織特異的な分泌タンパク質にもかかわらず、血中濃度は内臓脂肪蓄積と逆相関することが報告されている。これまでに、アディポネクチンは肝臓や骨格筋に作用して、糖取り込み、糖利用および脂肪酸分解を亢進し、糖新生および脂肪酸合成を抑制する作用を持つことが報告されている。一方で monocyte chemoattractant protein 1 (MCP-1) は、炎症性マーカーとされるケモカイン・アディポサイトカインであり、メタボリックシンドロームにおけるインスリン感受性低下への関与も示唆されている。

4週間の飼育終了後、肥満モデル db/db マウスでは、2型糖尿病の主要病態である高インスリン血症が発症していたが、ムキタケ粉末摂取により改善傾向(34%低下)が認められた(図5)。その作用機序としては、ムキタケ粉末摂取による血清アディポネクチン濃度の有意な上昇と血清 MCP-1 濃度の有意な低下が寄与していることが示唆された(図5)。

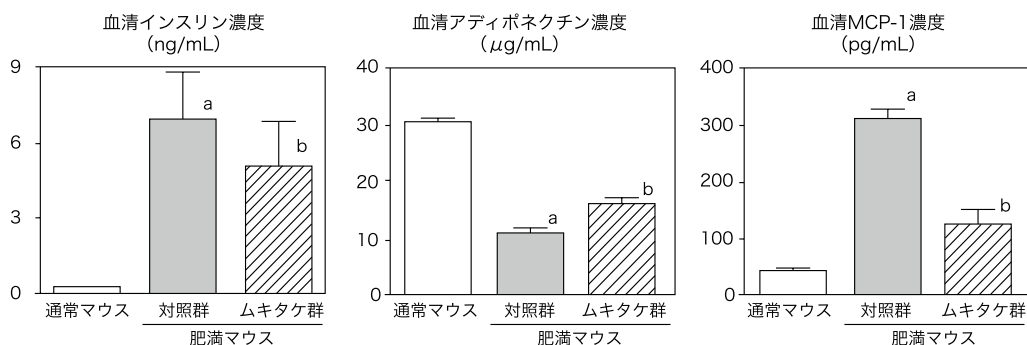
さらに、これらアディポサイトカインの脂肪組織における mRNA 発現量を測定したところ、血清レベルの増減は転写レベルでの制御を介していることが示唆された(図6)。

炎症性因子である MCP-1 mRNA 発現は、転写調節因子 nuclear factor kappa B (NF κ B) の活性化によって誘導されることが知られている²⁾。NF κ B は通常



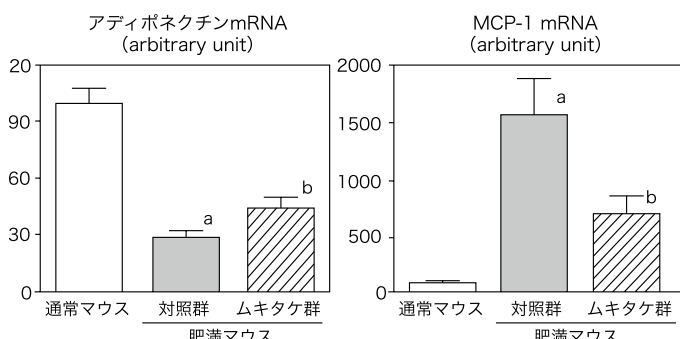
^a $p < 0.05$ vs 通常マウス, ^b $p < 0.05$ vs 対照群

図4 ムキタケ粉末摂取は肝臓における脂肪酸合成の抑制、脂肪酸分解の亢進を介して、脂肪肝を改善した



^a $p < 0.05$ vs 通常マウス, ^b $p < 0.05$ vs 対照群

図5 ムキタケ粉末摂取は血清アディポネクチン濃度の上昇, 血清 MCP-1 濃度の低下を介して, 肥満モデルマウスにおける病態を改善した



^a $p < 0.05$ vs 通常マウス, ^b $p < 0.05$ vs 対照群

図6 ムキタケ粉末摂取は脂肪組織におけるアディポネクチン mRNA 発現を亢進し, MCP-1 mRNA 発現を抑制した

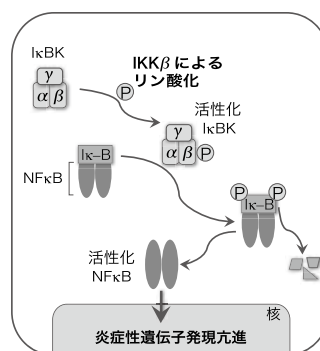


図7 炎症性遺伝子の発現制御と IKK β

inhibitor κ B (I κ -B) と結合して不活性な状態で存在しているが, I κ -B kinase (I κ BK) が活性化されて I κ -B をリン酸化すると, I κ -B がユビキチン化されて分解され, NF κ B が活性化される (図7)。IKK β は I κ BK をリン酸化して活性化するため, IKK β 活性阻害作用は, 炎症性遺伝子の発現抑制を目指した創薬ターゲットになっている²⁾。本研究において, ムキタケ熱水抽出物に *in vitro* で IKK β 阻害活性が認められたため, ムキタケ粉末摂取は IKK β -NF κ B シグナル経路の阻害を介して MCP-1 低下をもたらし,

このことが肥満モデルマウスの病態改善に寄与したものと考えられた⁸⁾。

おわりに

本研究より, ムキタケ中には抗メタボリックシンドローム作用を有する機能性成分が含まれることが示唆された。また, ムキタケ成分の解析ではシイタケで見いだされている機能性成分とは異なる化合物が見いだされている。ムキタケ成分の生理活性本体の検索と同定については現在検討中である。

. 参考文献

- 1) Yanagita, T., Nagao, K., Functional lipids and prevention of metabolic syndrome, *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, **17**: 189-191, 2008.
- 2) Nagao, K., Yanagita, T., Bioactive lipids in metabolic syndrome, *Prog. Lipid Res.*, **47**, 127-146, 2008.
- 3) Chang, R., Functional properties of edible mushrooms, *Nutr Rev.*, **54**: S91-93, 1996.
- 4) Wasser, SP., Medical mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **60**: 258-274, 2002.
- 5) Zaidman, B-Z., Yassin, M., Mahajna, J., Wasser, SP., Medical mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **67**: 453-468, 2005.
- 6) 河岸洋和 . 他 : きのこの生理活性と機能, シーエムシー出版, 2005.
- 7) 永守直樹 : ムキタケの簡易施設栽培について, 九州森林研究, **60**: 146-148, 2007.
- 8) Nagao, K., Inoue, N., Inafuku, M., Shirouchi, B., Morooka, T., Nomura, S., Nagamori, N., Yanagita, T., Mukitake mushroom (*Panellus serotinus*) alleviates nonalcoholic fatty liver disease through the suppression of monocyte chemoattractant protein-1 production in *db/db* mice, *J. Nutr. Biochem.*, **21**: 418-423, 2010.

微生物に対するスパークリングワインの凍結殺菌能

富樫 巖^{*1} 永井 一輝^{*2} 亀田 剛^{*3} 土田 義之^{*4}

^{*1}TOGASHI Iwao, ^{*2}NAGAI Kazuki, ^{*3}KAMEDA Tsuyoshi, ^{*4}TSUCHIDA Yoshiyuki (旭川工業高等専門学校)

Key Words：酵母・細菌・凍結・殺菌

はじめに

ビン内二次発酵による発泡性アルコール飲料（以下、発泡酒類）の商品開発を企画している企業から、二次発酵を終えた発泡酒類をビンごと温度-20℃程度で10日間程度凍結させると酵母の生菌数が激減したとの情報が寄せられ、その凍結殺菌能発現の条件確定を求められた。凍結によって溶液中の微生物がある程度の割合で死滅することは考えられるが、発泡酒類の凍結と酵母生菌数の激減との関係に著者らは強い興味を抱いた。

そこで、発泡酒類のモデル溶液として市販のスパークリングワイン、炭酸水、炭酸水・エタノール混合液等を供試し、アルコール発酵酵母、カンジダ酵母、その他の酵母、枯草菌、大腸菌に対する凍結殺菌能の発現の有無や発現条件、そして殺菌能のメカニズムの検討を試みることにした。加えて、本検討から寒冷地で活用できる

新たな微生物制御のヒントが生まれることを期待した。

1. 供試材料と微生物の保存条件

供試菌としては、以下に示す9菌株を使用した。

- 1) *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex Hansen NBRC 0308
- 2) *Candida albicans* (Robin) Berkhout NBRC 1594
- 3) *Bacillus subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872 NBRC 3134
- 4) *Escherichia coli* (Migula 1895) Castellani and Chalmers 1919 NBRC 3972
- 5) 旭川高専保存菌株の酵母5菌株 (表1 参照)¹⁾

これらの供試菌株はいずれも継代培養保存されていたものであり、各種試験に用いる場合に

表1 旭川高専保存菌株・酵母5菌株の分離原

菌株番号	分離源	分離年月日
ANCT-06051	旭川市内のナナカマド果実	2006.12.17
ANCT-07009	市販ドライイースト	2007.06.12
ANCT-07017	旭川市内のツツジ花卉	2007.07.04
ANCT-07018	青森県産のリンゴ皮部（ジョナゴールド）	2007.07.04
ANCT-07023	深川市納内産のサクランボ果実	2007.09.10

表2 発泡酒類のモデル溶液と微生物の保存条件

モデル溶液	保存条件	
	温度（℃）	日数
スパークリングワイン	7, -20, -80	5, 10, 15（一部）
純　　水	-20	
炭　酸　水		
エタノール水溶液（5, 10 v/v%）		
炭酸水・エタノール（5, 10 v/v%）混合溶液	-20	5
炭酸水・エタノール（5 v/v%）・		
乳酸（0.01, 0.05, 0.1 w/v%）混合溶液		

は温度 25℃で、酵母については PDA 平板培地、細菌についてはブイヨン寒天平板培地にてそれぞれ 2 日間前培養したものを種菌とした。

供試したモデル溶液については、保存温度と保存期間とを併せて表 2 に示した。N 社市販品のスパークリングワイン（アルコール分 5%，GV2.5）を含む 6 系列 10 種類を使用した。炭酸水は S 社市販品（GV3.6），乳酸は食品添加物用（濃度 90%）を用い、エタノールは濃度 99.5% の試薬を用いた。なお、GV はガス容量を意味し、炭酸飲料の容積に対して何倍量の二酸化炭素が含まれているかを示すものである。一般的に GV 値が 1.5 ～ 2.0 程度で微炭酸飲料に該当するとされる。

2. 殺菌能の評価方法

1.5 ml 容エッペンドルフマイクロチューブに生理食塩水（0.9%）を 1 ml 分注し、それに前培養した各平板培地の菌体を所定量接種して供試菌株の懸濁液を調製した。一方、15 ml 容サンプル管に表 2 に示す各供試溶液を 9 ml 分注し、それに各供試菌株の懸濁液を全量接種したものを出発試料とした。それらを 1.5 ml 容エッペンドルフマイクロチューブ 1 ml ずつ分注し、表 2 に示す条件下で保存した。出発試料の微生物濃度については、トーマの血球版で全菌数をカウントして約 10^6 個 /ml レベルとした。なお、

温度 7℃（冷蔵）は冷凍冷蔵庫（株式会社日立製作所製）、-20℃（凍結）はアルミブロック超低温槽（株式会社トミー精工製）、-80℃（凍結）は小型超低温槽（日本フリーザ株式会社製）をそれぞれ使用した。出発試料 1 ml、および所定期間保存後に室温で融解させた試料 1 ml を生理食塩水 9 ml に投入することで順次 10, 100, 1000, 10000 倍の希釈液を調製した。各希釈液 0.2 ml を直径 9 cm の PDA 平板培地またはブイヨン寒天平板培地に接種し、25℃で 2 日間培養することで供試微生物の生菌数 cfu/ml を測定した²⁾。なお、各平板培地の繰り返し数は 2 枚とした。

3. スパークリングワインの凍結殺菌能

発泡酒類の凍結殺菌能を確認するためにスパークリングワインに 4 菌株のカルチャーコレクション菌株をそれぞれ接種し、温度 7, -20, および -80℃に最長 10 日間保存した。それらの生菌数を経時的に測定し、表 3 ～ 5 に各保存温度の生菌数の結果を示した。

-20℃に 5 日間以上、凍結保持することで供試した酵母 2 菌株の生菌数が 3 桁以上減少した。一方、他の温度条件および細菌 2 菌株については生菌数が 1/2 ～ 1/5 程度の減少であった。この結果から、微生物と温度の組み合わせによりスパークリングワインの殺菌能の発現が支配される可能性が示唆されたことになる。

表3 スパークリングワイン中の生菌数の経時変化 (7℃・冷蔵)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	保存日数		
	0	5	10
<i>S.cerevisiae</i> NBRC 0308	2.3	0.15	0.62
<i>C.albicans</i> NBRC 1594	1.2	0.60	0.62
<i>B.subtilis</i> NBRC 3134	1.0	0.24	0.22
<i>E.coli</i> NBRC 3972	> 15	12.0	2.8

表4 スパークリングワイン中の生菌数の経時変化 (−20℃・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	保存日数		
	0	5	10
<i>S.cerevisiae</i> NBRC 0308	2.3	< 0.0015	< 0.0015
<i>C.albicans</i> NBRC 1594	1.2	< 0.0015	< 0.0015
<i>B.subtilis</i> NBRC 3134	1.0	0.27	0.22
<i>E.coli</i> NBRC 3972	> 15	1.2	0.11

表5 スパークリングワイン中の生菌数の経時変化 (−80℃・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	保存日数		
	0	5	10
<i>S.cerevisiae</i> NBRC 0308	2.3	0.60	0.67
<i>C.albicans</i> NBRC 1594	1.2	0.19	0.24
<i>B.subtilis</i> NBRC 3134	1.0	0.29	0.23
<i>E.coli</i> NBRC 3972	> 15	> 15	> 15

表6 旭川高専保存菌株・酵母の生菌数
(スパークリングワイン, −20℃・凍結)単位:10⁶ cfu/ml

酵母菌株	保存日数	
	0	5
ANCT 06051	10.6	< 0.0015
ANCT 07009	2.1	< 0.0015
ANCT 07017	18.7	0.0032
ANCT 07018	12.5	0.0018
ANCT 07023	4.4	< 0.0015

次に旭川高専保存菌株の酵母5菌株を供試し、−20℃の環境に5日間投入して生菌数の変化を測定した。その結果を表6に示したが、5菌株の酵母もカルチャーコレクションの酵母と同様に生菌数が3桁以上減少した。5日に満たない場合の凍結期間の効果が気になるが、ス

パークリングワインを−20℃で一定期間(5日間程度)凍結することで多種類の酵母に対する殺菌能が発現することが明らかになった。

そこで、−20℃の凍結により発現するスパークリングワインの凍結殺菌能の要因を把握するための第一歩として、同ワインを純水に替えて同様の試験を行った。その結果、酵母2菌株(*S.cerevisiae*, *C.albicans*)と細菌2菌株(*B.subtilis*, *E.coli*)共に、15日間経過後においても生菌数が最大で3割減少したに過ぎなかった。

4.

−20℃における炭酸水、エタノール水溶液などの酵母に対する凍結殺菌能

酵母に対するスパークリングワインの凍結殺菌能に関与する物質を明らかにするために、同

表7 炭酸水・エタノール混合液中の生菌数の経時変化 (−20℃・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	エタノール濃度 (v/v%)	保存日数		
		0	5	10
<i>S.cerevisiae</i> NBRC 0308	5	0.37	0.047	0.060
	10	0.26	0.033	0.010
<i>C.albicans</i> NBRC 1594	5	2.3	0.63	0.60
	10	1.2	0.40	0.34

ワインに含まれる二酸化炭素とエタノールに注目して *S. cerevisiae* および *C. albicans* を供試し、炭酸水、エタノール水溶液、炭酸水・エタノール混合液を用いた温度−20℃の凍結試験を行った。まず炭酸水と−20℃の組み合わせで最長10日間酵母を保存し、生菌数の経時変化を測定した。その結果、*S. cerevisiae* で最大で6割の減少(10日間保存)が生じ、*C. albicans* で生菌数がやや増加する傾向が観察された。

次に、5または10%のエタノール水溶液と−20℃の組み合わせで *S. cerevisiae* を最長10日間保存し、生菌数の経時変化を測定した。その結果、5日間の保存ではほとんど変化がなく、10日間で生菌数が最大で1/5程度減少した程度となり、エタノール濃度の影響は観察されなかった。これより、炭酸水単独またはエタノール単独では殺菌能が発現しないものと判断した。

スパークリングワインには二酸化炭素とエタノールが含まれていることから、炭酸水とエタノールの組合せの効果を検討した。エタノール

濃度が5または10%となるように調製した混合液を用いて−20℃で最大10日間保存し、生菌数の変化を測定した結果を表7に示した。表のように、エタノール10%炭酸混合液の10日間保存において *S. cerevisiae* の生菌数が一桁前後減少したものの、表4に示された結果とは大きく異なっており、二酸化炭素とエタノールの組み合わせがスパークリングワインの凍結殺菌能に關与している可能性は低いことが示唆された。

5. 炭酸水・エタノール混合液への乳酸の添加効果

清涼飲料水や清酒やワインなどの醸造酒には乳酸などの有機酸が含まれている。そこで、炭酸水・エタノール・乳酸の組合せによる凍結殺菌効果を検討した。エタノール濃度5%の炭酸水に0.01、0.05、0.1%となるように乳酸を添加した溶液に供試菌株を接種し、温度−20℃で5日間の凍結処理を行って得られた結果を表8に

表8 カルチャーコレクション菌株の生菌数
(炭酸水+エタノール5%+乳酸, −20℃・凍結)単位:10⁶ cfu/ml

炭酸水+エタノール5 v/v%+乳酸		保存日数	
供試菌株	乳酸濃度 (w/v%)	0	5
<i>S.cerevisiae</i> NBRC 0308	0.01	2.0	1.2
	0.05	0.58	< 0.0015
	0.10	0.69	< 0.0015
<i>C.albicans</i> NBRC 1594	0.01	1.0	1.1
	0.05	1.2	< 0.0015
	0.10	0.79	< 0.0015

示した。乳酸の添加濃度は一般的な清涼飲料水の値 (0.05 ~ 0.2%)³⁾ を参考にしたが、清酒においても同程度以上の乳酸が含まれている⁴⁾ とされる。

乳酸濃度 0.01% では両菌株の生菌数はほとんど減少しなかったが、同 0.05 と 0.1% では生菌数が 2 桁以上減少し、スパークリングワインの場合とはほぼ同様の結果となった。*S. cerevisiae* と *C. albicans* の初発生菌数がやや少なかったことで 3 桁を超える生菌数減少には至らなかったが、乳酸の存在が -20℃ での凍結殺菌に大きな影響を及ぼしていることが示された。

本報告にデータは示していないが、著者らは 0.05% 以上の乳酸水溶液に両酵母を接種して -20℃ で 5 日間凍結することで同様の殺菌性能が発現することを確認している。

6. *S. cerevisiae* に対するスパークリングワインの凍結殺菌能の再検討

S. cerevisiae に対する温度 -20℃ の凍結日数 (1 ~ 5 日間) と生菌数経時変化を詳細に測定し、獲られた結果を図 1 に示した。5 日間の凍結で 3 桁を超える生菌数の減少には至らなかった原因は不明であるが、図に示されるように凍結日数と共に酵母の生菌数が減少した。凍結後 2 ~ 3 日経過における生菌数の減少幅が大きく、1

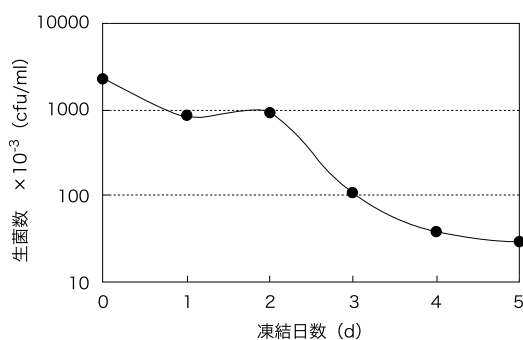


図 1 -20℃ の凍結殺菌処理における *S. cerevisiae* の生菌数の経時変化

~ 2 と 4 ~ 5 日経過においてグラフの傾きが緩やかである。

次に、-20℃ における最大 10 日間の凍結保存において期間途中に室温での融解操作を 1 回組み込み、融解直後に再凍結を行うことが *S. cerevisiae* の生菌数にいかなる影響を与えるかを検討した。具体的には、保存期間 2 日間の場合には 1 日経過後に融解して再凍結した試験区と 2 日間連続保存した試験区、保存期間 10 日間の場合には 5 日経過後に融解して再凍結した試験区と 10 日間連続保存した試験区を設けた。得られた生菌数の変化を図 2 に示したが、凍結・融解操作が生菌数に与える影響はないことが明らかである。これより、酵母が凍結時や融解時に死滅するのではなく、凍結状態が維持されることで生菌数の減少が進行することが分かる。また、図 1 と同様に凍結初期における生菌数の減少が緩やかな傾向がみられた。

前述のように、スパークリングワインの -20℃ での凍結殺菌能は乳酸が大きな役割を発揮している可能性が高い。そこで酵母、乳酸、凍結、殺菌の 4 つをキーワードにした文献検索を行なったところ、乳酸を含む有機酸の水溶液を凍結した際に生じる有機酸と水の共晶が *S. cerevisiae* を死滅させる主要因であることが報告されていた⁵⁻¹⁰⁾。本試験の結果を併せると、有機酸と水の共晶が凍結時間の経過に伴って増

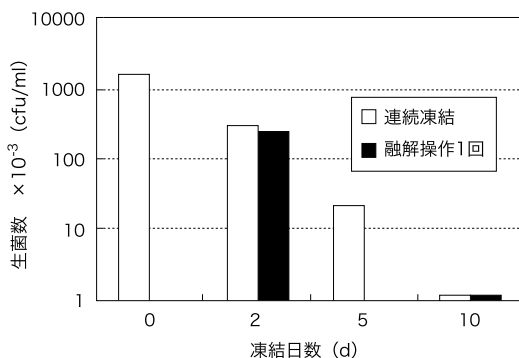


図 2 *S. cerevisiae* の生菌数に及ぼす -20℃ での凍結時間と融解操作の影響

加もしくは成長することが *S.cerevisiae* を始めとする供試酵母の生菌数に大きな影響を与えたものと推察される。

7. 凍結保存後に生き残った *S.cerevisiae* の増殖能とガス発生能

凍結殺菌処理を経て生き残った酵母について、その増殖能とガス発生能にどのようなダメージを受けているかを検討した。増殖能の観察は、スパークリングワインに *S.cerevisiae* を接種して温度 -20°C で5日間凍結保存後にその生菌数を測定すると共に、融解直後から 25°C で5日間培養したエッペンドルフマイクロチューブ中の酵母の生菌数を測定することで行なった。その結果を表9に示したが、初発生菌数濃度が 10^8 cfu/ml レベルと高かったためか凍結保存後の生菌数は5桁低下した。しかし、生菌数は 25°C で5日間の培養を施すことで 10^{11} cfu/ml レベルまで増加した。従って凍結殺菌処理が、生き残った酵母の増殖能に与えたダメージはほとんど無いものと推察された。

ガス発生能の観察¹¹⁾は、凍結殺菌処理を施していない酵母と表9で -20°C で5日凍結保存後に生菌数を測定したコロニーの酵母を供試して行なった。両者を生理食塩水と遠心分離機 (7500 rpm, 1 分間) を用いて3回洗浄して 100 ml の YM 培地に接種し、全菌数が $10^5/\text{ml}$ オーダーの酵母懸濁液を調製した。この懸濁液 16 ml をアインホルン発酵管に分注し、 25°C で培養を行って経時的にガス発生量を測定することで発酵能を把握した。同発酵管の繰り返し回数は5本とし、最大と最小値を除いた3本の値を

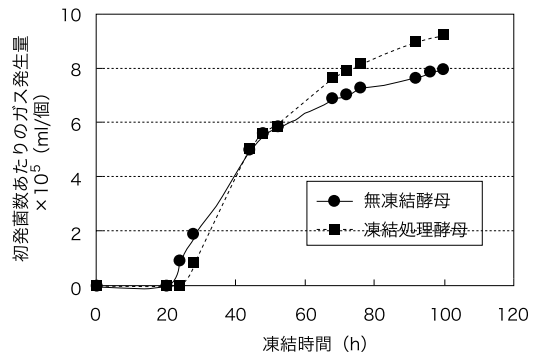


図3 凍結殺菌処理が *S.cerevisiae* のガス発生能に及ぼす影響 (25°C)

用いて平均ガス発生量を算出した。

酵母の初発菌数あたりのガス発生量を図3に示すが、両者に顕著な違いがないことから、凍結殺菌処理が生き残った酵母のガス発生能に与えたダメージはほとんど無いものと思料される。

まとめ

市販のスパークリングワインにアルコール発酵酵母、カンジダ酵母、野生酵母等、枯草菌、および大腸菌を接種して温度 -20°C で5日間程度凍結すると酵母の生菌数のみが3桁以上減少することを確認した。この凍結殺菌能の発現には発泡酒類に含まれる二酸化炭素とエタノールの関与は皆無に近く、乳酸が0.05%以上含まれる場合のみにスパークリングワインと同様の殺菌効果が生じた。

凍結温度 -80°C や非凍結状態では殺菌能はみられないことから、凍結殺菌能の発現には温度域が限定されることが示唆された。すなわち、上述のように一定以上の乳酸濃度と凍結温度の両条件が揃う必要がある。また、今回の検討で

表9 解凍後の *S.cerevisiae* の増殖能

単位: 10^6 cfu/ml

	初発時	-20°C で5日間凍結後	解凍後に 25°C で5日間培養後
生菌数	170	0.0016	110000

確認された殺菌能は酵母に対してのみであることから、その他の真核微生物に対する影響が気になるところである。同時に、酵母に対する凍結殺菌の主要因は溶液中に生じる有機酸（乳酸含む）と水の共晶であることが報告されているが、細菌に影響を受けなかったことに興味を持たれる¹²⁾。

本検討での凍結殺菌条件では酵母の生菌数を皆無にすることができず、加えて凍結後に生き

残ったアルコール発酵酵母は増殖能とガス発生能を維持していた。凍結処理により同酵母の大多数は死滅するが、生き残った細胞に不可逆的なダメージは残っていないことが推察される。研究の発端になったビン内二次発酵による発泡酒類に対して得られた結果を当てはめると、凍結殺菌処理以降においても製品の温度管理の配慮が求められることになる。

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

- 1) 永井一輝：寒冷地に分布する野生酵母の特性の試み．旭川高専物質化学工学科・平成 19 年度卒業研究論文，1-14，2008
- 2) 保田仁資：6・2 生菌数の測定．食品衛生実験．東京，東京化学同人，125-128，2005
- 3) 松浦寿喜：2-6 酸味料．よくわかる最新食品添加物の基本と仕組み．東京，秀和システム，64-66，2008
- 4) 村尾澤夫，藤井ミチ子，荒井基夫：2・1 酒類．くらしと微生物改訂版．東京，培風館，26-28，2007
- 5) 早川潔，佐藤光弘：食塩水の共晶生成と酵母の凍結障害．醗酵工学会誌 **58**(6)：415 - 421，1980
- 6) 早川潔，佐藤光弘：酵母における共晶生成による致死作用に及ぼす温度の影響．醗酵工学会誌 **59**(4)：289 - 295，1981
- 7) 早川潔，佐藤光弘：有機酸水溶液中における *Saccharomyces cerevisiae* の凍結障害．醗酵工学会誌 **60**(4)：191 - 196，1982
- 8) 早川潔：糖類溶液中における酵母の凍結障害．醗酵工学会誌 **63**(1)：9-15，1985
- 9) 早川潔：水懸濁液中における酵母の凍結障害．醗酵工学会誌 **63**(1)：17-21，1985
- 10) 早川潔：共晶中での酵母の保存と凍結保護物質の効果．醗酵工学会誌 **63**(1)：23-30，1985
- 11) 化学実験テキスト研究会：4.8 アルコール発酵能の測定．バイオテクノロジー．東京，産業図書，120-123，2003
- 12) Parish M.E., Sadler G.D., Wicker L.: Viability of *Lactobacillus plantarum* in Orange Juice under Low pH and Temperature Conditions. *J. Food Science* **55**(4): 1023-1025, 1990

米の特性を活かした新しい清酒の開発

～ 産学官連携の成果を商品化へ ～

古川 幸子*

*FURUKAWA Sachiko (黄桜株式会社 研究所)

Key Words: 清酒・酒造原料米・米タンパク質・低グルテリン米・良食味米

はじめに

日本の伝統産業である清酒醸造において、米はその原料としての役割のみならず酒質を決定する重要な因子である。市場における消費者の多様なニーズに応えるために、新しい清酒の開発が望まれるが、その手段のひとつとして、今までにない特性を有する米を広く求め、活用することも重要であると考えられる。

一方、企業の商品開発には新規技術や高度な専門的知識が不可欠であるが、「産学官連携」では、大学や公設試験研究機関等で生み出された技術やノウハウを、民間企業において産業化へ結びつけることができる。

弊社では、以前より、この産学官連携によるいくつかのプロジェクトを推進してきたが、今回はその中から、米の特性を活かした新しい清酒の開発事例をご紹介します。

れていない。そこで、麴の酵素の働きで蒸米のデンプンを溶解し糖を生成する「糖化」と、酵母の働きで糖からアルコールを生成する「発酵」が同時に進行する。これが、清酒醸造の最大の特徴であり、並行複発酵という。これに対して、ビールは原料である大麦を発芽させて（麦芽に変えて）デンプンを糖化する方法で、単行複発酵といい、ワインは原料であるブドウの糖分をそのまま発酵させるので、単発酵という。

清酒醸造工程の詳細を図1に示した。まず、玄米を精米して白米にし、洗米、浸漬した後、これを蒸して蒸米を得る。麴は、蒸米に黄麴菌 *Aspergillus oryzae* を繁殖させたものであるが、蒸米の溶解と糖化を行うアミラーゼやプロテアーゼなどの酵素類を生成し、酵母の増殖や発酵に必要な栄養源を提供する。清酒醸造は、水と米麴と蒸米のなかで清酒酵母 *Saccharomyces cerevisiae* を増殖させた酒母に、水と米麴と蒸米を3段階に分けて、さらに加える。この3段階の仕込み方法は清酒醸造にしか見られない伝統的な仕込み方法であり、それぞれ、添仕込み、仲仕込み、留仕込みと呼ぶ。留仕込みの後、10～15℃の低温で約20～40日間発酵させるが、この状態を醪という。十分に発酵した醪は、圧搾して上清である清酒と残渣であ

1. 清酒醸造

(1) 清酒の醸造工程

清酒醸造の原料は、白米（蒸米として使用する）、麴（蒸米に麴菌を繁殖させたもの）、水である。

清酒醸造の原料には、あらかじめ糖分が含ま

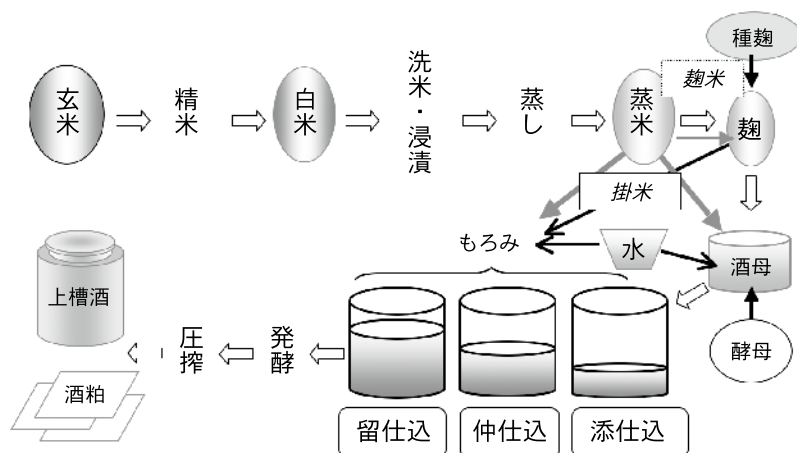


図1 清酒醸造工程

る酒粕に分離する。

清酒醸造では、原料米の約80%は掛米として蒸米の状態で作られ、残りの20%は麹に用いられる。従って、原料米の中でも、掛米としての適性を評価することは非常に重要である。

(2) 清酒の原料: 米

清酒の主原料である米は、水稻うるち米を使用する。主食用として用いられる一般米には、「コシヒカリ」・「あきたこまち」・「日本晴」など500品種以上がある。また、醸造用に用いられる酒造好適米には、「山田錦」・「五百万石」・「美山錦」・「雄町」・「祝」など90品種以上がある。酒造好適米は、大粒（千粒重26g以上）で心白構造があり、タンパク質含量が低く、吸水性が良く、麹菌の生育とハゼ込みが良好であり、酒母やもろみ中で溶解が良好であることが特徴である。通常、主食として食べる米は、玄米の表面から10%磨いた精米歩合90%程度であるが、清酒醸造用の白米は、さらに高度精白を行う。

清酒の場合は、一般的に全国平均で精米歩合68%、吟醸酒で60%、大吟醸酒では50%まで米を磨く。このような高度精白をする理由は、玄米の外層部には、タンパク質・脂肪・ミネラル・ビタミンが多いためである。これらの成分は、

ヒトにとって栄養分となるが、清酒醸造の場合、タンパク質や脂肪は、清酒の香味・色沢を劣化させる。また、ミネラルやビタミンは、麹菌や酵母の増殖、発酵を急進させるので、これらの量を適切に制御する必要がある。

また、原料米のタンパク質は、清酒醪中で麹の酵素による溶解を受けて清酒の香味を形成するアミノ酸やペプチドを供給するが、その量が過剰に存在すると清酒の雑味の原因となる¹⁾。それゆえ、良好な酒質の清酒を安定して醸造するためには、原料米の選抜と、清酒醪中での原料米タンパク質の溶解の適切な制御が重要である。

2. タンパク質変異米（低グルテリン米）清酒「みずほのか」の誕生

(1) 背景

従来、清酒醸造用原料米の研究は広く行われており、数多くの知見が得られている。その中で、タンパク質含量の少ない米は酒造適性が高く、製成酒の酒質も良好であること、タンパク質含量の多い米は吸水性が劣り、酒質に悪影響を及ぼすことは周知されている。原料米の選択には、タンパク質が重要な項目となるが、それ

にはアミノ酸の多すぎない清酒が求められている、という背景がある。

(2) 低グルテリン米とは

タンパク質変異米の一種である「低グルテリン米」は、グルテリン含量が少なく、プロラミン含量が多いという通常の品種とは異なるタンパク質組成をもつ米である。最初の低グルテリン米「NM67」は原品種「ニホンマサリ」をエチレンイミンで変異処理する手法を用いて、平成5年に農水省放射線育種場において、飯田修一博士（現所属：独立行政法人近畿中国四国農業研究センター）のグループにより育成された。また、その後代である「エルジーシー 1」は人体内で消化されやすいグルテリン含量が低減されていることから、タンパク質摂取制限の必要な慢性腎臓病患者の療養食としての利用が検討され、その成果により平成13年に低グルテリン米品種として初めて品種登録された。

一方、低グルテリン米は、米タンパク質のうち易消化性のグルテリンが少なく難消化性のプロラミンが多いことから、アミノ酸含量の少ない清酒を目的とした酒造用原料米としての利用

も期待される^{2,3)}。

弊社では、平成12年から独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター 飯田修一サブチーム長のグループとの共同研究を行い、低グルテリン米のエルジーシー 1 と酒造好適米の兵庫北錦、灘錦などとの交配により育成された酒造用低グルテリン米の酒造適性を検討し、優れた系統を選抜してきた⁴⁻¹⁰⁾。

酒造用低グルテリン米のタンパク質組成を図2に示した。本研究では、プロラミンの3つのポリペプチド（10kDa、13kDa、16kDa）の合計をプロテインボディ - I（以下、PB- I と略）、グルテリンの2つのポリペプチド（22-23kDa、37-39kDa）と 26kDa グロブリンポリペプチドの合計をプロテインボディ - II（以下、PB- II と略）とした。酒造用低グルテリン米の SDS-PAGE バンドパターンを親株である「兵庫北錦」と「エルジーシー 1」とで比較すると、低グルテリン米の「エルジーシー 1」と同様に、グルテリン含量が減少しプロラミン含量が増加していることが明らかであった。このことから、酒

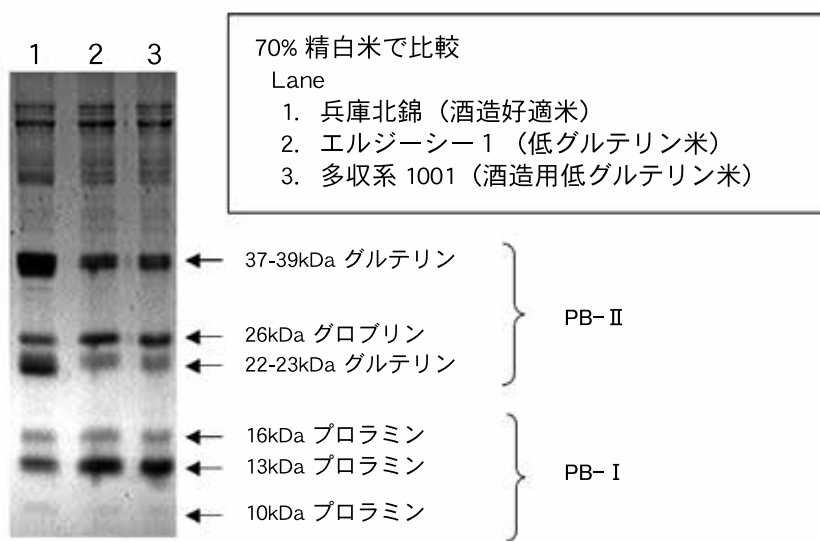


図2 酒造用低グルテリン米の貯蔵タンパク質組成

造用低グルテリン米は、母系である酒造好適米の兵庫北錦ではなく、父系である低グルテリン米のエルジーシー 1 の貯蔵タンパク質組成を遺伝的に継承していることがわかった⁴⁾。

また、従来の品種とは異なる低グルテリン米のタンパク質について、さらに詳しい知見を得るため、蛍光免疫抗体法による低グルテリン米タンパク質の米粒内分布⁶⁾や細胞内分布¹⁰⁾などの詳細な形態学的研究を行い、低グルテリン米は、一般品種と比較して清酒醪中で溶解されにくい米粒構造を有することを明らかにした。

(3) 清酒用低グルテリン米による清酒醸造

この酒造用低グルテリン米を清酒醸造の掛米として利用すると、原料米のグルテリン含量が少ないために、アミノ酸度が低く雑味の少ないすっきりとした清酒を得ることができると期待された。実際に清酒醸造試験に使用したところ、アミノ酸度は対照の通常品種と比較して半分以

下となり、特徴のある酒質の清酒となったが、特異香を有し、原料利用率も低いという問題が認められた⁴⁾。

そこで、この原因を調べるために、蒸米の消化性試験を行い、消化後の蒸米の状態を走査型電子顕微鏡で観察した⁵⁾。消化性試験は、ペプチダーゼ R (天野エンザイム(株)) で、15℃で 24 時間消化という条件で行った。図 3 に結果を示したが、兵庫北錦では、消化後の蒸米が溶けて崩壊しているのに対し (図 3a)，低グルテリン米の場合には消化後も米粒が溶け残っていた (図 3b)。低グルテリン米の消化後の蒸米をより詳しく観察すると、その内部には白いマトリックス状の構造がみられた (図 3c)。さらに高倍率で観察すると、白く丸い粒が数珠状に連なっている様子がみられたが、これはプロテインポディの集まったものと思われた (図 3d)。この画像で黒くみえるところ (図中 SG) はデ

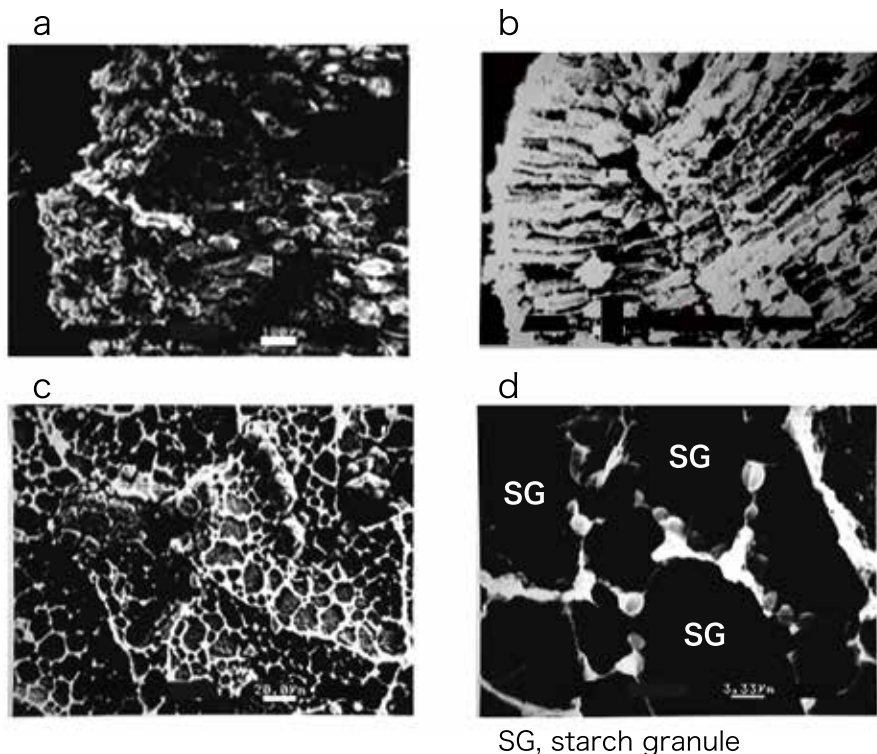


図 3 消化酵素による消化後の蒸米

ンブン粒であり、低グルテリン米では、プロテインボディがデンプン粒を取り囲んで、溶解されないように保護する役割が大きいのではないかと考えられた。このマトリックス構造はおそらく疎水性のPB-Iであり、低グルテリン米ではPB-Iが米粒内部への水や麴由来酵素の通過を妨げるために清酒醪中で米粒が溶解されにくくなると推測された⁵⁾。

このことから、低グルテリン米仕込では、易消化性タンパク質のグルテリンが少なく難消化性タンパク質のプロラミンが多いために、醪中で米粒が溶解されにくく原料利用率が劣ることが予想され^{5-7, 10)}、あわせて醪初期に酵母の正常な代謝に必要なアミノ酸が不足し特異香が生成することを推測した⁷⁾。そこで、酵素剤の添加により醪中での米粒の溶解を促進すること、あるいは醪初期に酵母の正常な代謝に必要なアミノ酸を供給することで、低グルテリン米仕込における問題は解決できると考えた。

まず、酵素剤の添加による影響を調べた。麴歩合20%区を基準に麴歩合を10～30%まで4通り設定した試験区と、酵素剤添加試験区（麴歩合20%区を基準に仕込あたりの酵素力価を α -アミラーゼ力価で2倍となるように、醪用酵素剤JW201（洛東化成工業(株)製）を添加）を設定し、総米170gの三段仕込で清酒醸造試験を行った。その結果を表1にまとめた⁸⁾。原料利用率の指標となる粕液比は値が小さいほ

ど、原料利用率が良いことを意味する。麴歩合の増加や酵素剤の添加により粕液比は小さくなり、原料利用率が向上した。また、酵素剤の添加によって官能評価も良くなり、問題となっていた特異香を抑制することができた^{7,8)}。

これらの研究成果により、弊社は独立行政法人

農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センターと共同で低グルテリン米を用いた優良な清酒の製造方法に関する特許を取得¹¹⁾、同時に新酒米品種「みずほのか」が平成19年に品種登録された。「みずほのか」は、低グルテリン米品種「エルジーシー1」と酒造好適米品種「兵庫北錦」の優れた酒造適性を併せ持つ品種である。この「みずほのか」と特許を利用し、平成20年

3月に、「みずほのか」の名を冠した純米酒を新発売した（図4）。この商品は低グルテリン米である「みずほのか」の特徴を最大に活かした、ほのかな香りのあるすっきりした味わいが特徴であり、従来の日本酒愛飲家以外の方々にもおすすめしたい新しいタイプの酒質と考えている。



図4 清酒「みずほのか」

表1 酒質改善効果

麴歩合 (%)	酵素剤	仕込白米あたり GA 活性 (U/g)	粕液比 (粕 / 液)	官能評価 (総合)	特異香
吟おうみ (対照)		36	0.41	2.3	
みずほのか (酒造用低グルテリン米)					
10	無添加	18	0.73	3.8	+
20	無添加	36	0.44	3.0	+
25	無添加	45	0.34	3.1	+
30	無添加	54	0.29	2.9	±
20	添加	72	0.13	2.7	-

評価 優良1～不良5

3. おいしいお米からおいしい日本酒を！

弊社では現在、差別化した清酒の開発を目的として、良食味米をはじめ各種新形質米など多岐にわたる品種の食味官能評価試験と清酒醸造試験・酒造適性試験を実施している。その一環として、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 鈴木啓太郎研究員と京都府立大学大学院生命環境科学研究科増村威宏講師のグループとの共同研究により、食味も酒造適性も優れた品種からの新製品開発、すなわち「おいしいお米からおいしい日本酒を！」造ることを目指している。

では、おいしいお米、良食味米とは何だろうか？

お米のおいしさを評価する方法として、財団法人 日本穀物検定協会が行っている食味官能試験があるが、これは専門パネルにより、供試品と協会が定めた基準米について、外観、香り、味、粘り、硬さ、総合の6項目に関して比較評価する相対法により行われる。

また、日本穀物検定協会から出されている米の食味ランキングは、食味官能試験に基づき、1971年産米から毎年全国規模の産地品種について実施されている。その評価方法は、基準米（複数産地コシヒカリのブレンド米）と試験品種を比較し、特に良好なものを「特A」、良好なものを「A」、概ね同等なものを「A'」、やや劣るものを「B」、劣るものを「B'」としている。平成21年産米については、125産地品種について食味試験を実施された。表2にはその食味ランキングで特Aになったものをまとめたが¹²⁾、いずれも、軟らかく、粘りと弾力があり、色つやが良いことが特徴であり、その成分はアミロース含量とタンパク質含量が低いことが知られている。

このように良食味品種は良く知られているものの、これまでに清酒醸造用原料米としては、

あまり利用経験がない品種もある。そこで、食味と酒造適性の双方に優れた米品種を検索することを目的に、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構のブランドニッポンプロジェクト2004年産米¹³⁾、加工業務用プロジェクト2006年産米¹⁴⁾を試料として、食味官能評価試験と清酒醸造試験および貯蔵タンパク質組成との相関分析を行った。

分析方法の概略は、以下のとおりである。玄米を家庭用精米機で精米歩合90%に精白したものを食味評価用、酒造用テスト精米機で精米歩合70%に精白したものを酒造適性評価用とした。食味官能評価方法は、精米歩合90%の精白米450gを炊飯し、官能評価は、財団法人 穀物検定協会の方法に準じ、外観・香り・味・粘り・硬さ・総合の6項目について、基準米に対する相対比較評価とした。食味評価は主観的な評価であるため、客観的な評価方法としてテクスチュロメーターによる物性評価も行った。物性評価試験と食味官能評価試験との相関を確認したところ、粘りと硬さにおいて有意な相関が認められたことから、食味官能評価結果は適

表2 平成21年産米の特A地区と品種

品 種	府 県	地 区
コシヒカリ	山形	全県
コシヒカリ	新潟	中越、魚沼、岩船、佐渡
コシヒカリ	福島	会津
コシヒカリ	群馬	北毛
コシヒカリ	長野	東信
コシヒカリ	山梨	峡北
コシヒカリ	京都	丹波
ひとめぼれ	山形	全県
ひとめぼれ	岩手	県南
ひとめぼれ	宮城	県北、県中
ひとめぼれ	福島	中通、会津
あきたこまち	秋田	県北
は え ぬ き	山形	全県
に こ ま る	長崎	県南
ヒノヒカリ	熊本	城北

(財)日本穀物検定協会発表、125産地品種を5段階（特A、A、A'、B、B'）で評価、特A20産地品種

正なものであったと考えられた¹⁴⁾。また、吸水性、蒸米消化性等の酒造適性評価は、国税庁所定分析法¹³⁾に準じた。清酒醸造試験は、精米歩合70%の試料米20点を掛米とし、麴は同一の福井県産五百万石（精米歩合65%）を使用し、総米170gのスケールで行った。

その結果、1) コシヒカリなど食味評価の高い品種で醸造した清酒のきき酒評価が高く、吟醸香の主成分であるカブロン酸エチル含量も高いこと¹⁴⁾、2) 10kDa プロラミン、26 kDa α -グロブリンおよびPB- I の組成比が高いと食味評価が劣ること（表3）¹⁵⁾などが明らかとなった。

従来、良食味米も酒造好適米もタンパク質含量が低いという共通した特徴を有するが、それぞれに適する品種は異なるとされていた。しかし、今回の結果から、コシヒカリは低タンパク質で食味が良く、しかも酒造適性も良好な品種であると考えられる。そこで、コシヒカリをはじめ良食味米として知られる品種の食味と酒造適性の関係についてより詳細な知見を得るために、現在、食味官能評価試験と清酒醸造試験および各種理化学的解析を進めており、その成果の一部を2009年度日本生物工学会大会において発表した¹⁶⁾。

昨今、「コシヒカリ」を原料に用いた清酒製品が市場に見られるが、こうした動きは、酒造原料米として従来の常識にとらわれない新しい品種選択の可能性を広げるとともに、消費者へ

幅広い商品を提供できるものと考えている。

実際に「コシヒカリ」を原料に用いた清酒製品は、消費者にどのように受け入れられているのだろうか?2008年10月23日付楽天リサーチ「日本酒の原料米に関する調査」¹⁷⁾には、興味深いデータが掲載されている（図5）。「Q1. 日本酒の原料米として、あなたが知っているお米をお選び下さい。/(いくつでも)」という設問に対する回答第1位には、酒米として名高い「山田錦」ではなく、「コシヒカリ」がランキングされている。それだけではなく、第2位「ササニシキ」、第3位「あきたこまち」、第4位「ひとめぼれ」と、上位4銘柄はいずれも良食味米の代表的銘柄であり、「山田錦」は第5位である。また、「Q2. 日本酒の原料米として、あなたが美味しそうだと思うお米を一つお選び下さい。/(ひとつだけ)」という設問に対する回答では、「コシヒカリ」が実に34.4%を占めており、もっとも支持が高かった。ちなみに、この設問で2番目に支持が高かったのは28.0%の「山田錦」であるが、「ササニシキ」、「あきたこまち」の支持も高い。これらのデータは、われわれ清酒醸造に携わるものにとって驚くべき事実であったが、同時に今取り組んでいることが間違っていないという確信にもなった。

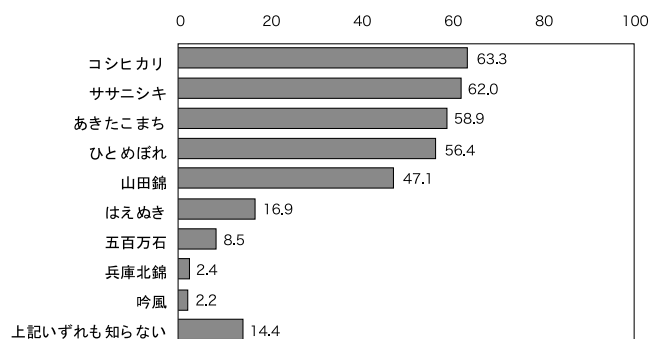
このように認知度が高い「コシヒカリ」であるが、その人気を裏付けるデータもある。2006年10月12日付東京電力TEPORE アンケート

表3 食味と酒造適性の相関

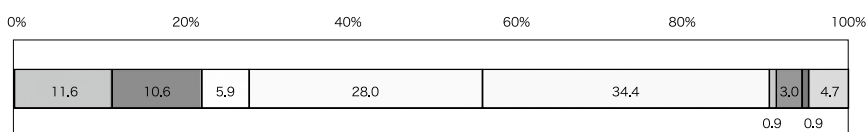
食味評価	貯蔵タンパク質組成			清酒醸造試験			
	10kDa プロラミン	26kDa α -グロブリン	PB- I	蒸米吸水率	液量	粕重量	官能評価味
外観				**	— *		
香り	— *	— *	— *				*
味	— *	— *					*
粘り					*	— *	
硬さ					— *	*	
総合							

**: 危険率1%以下で有意, *: 危険率5%以下で有意

Q1. 日本酒の原料米として、あなたが知っているお米をお選び下さい／（いくつでも）



Q2. 日本酒の原料米として、あなたが美味しそうだと思うお米を一つお選び下さい／（ひとつだけ）



左から、ササニシキ、あきたこまち、ひとめぼれ、山田錦、コシヒカリ、五百万石、はえぬき、兵庫北錦、吟風

楽天リサーチより抜粋

図5 日本酒の原料米に関する調査

表4 好きなお米の銘柄は？

順位	銘柄	割合 (%)
1	その他コシヒカリ	43.5
2	あきたこまち	40.1
3	魚沼産コシヒカリ	38.7
4	ひとめぼれ	22.3
5	ササニシキ	18.1

東京電力 TEPORE より抜粋

テーマ「日本酒の食～ごはん～」¹⁸⁾では、「Q. 好きなお米の銘柄はどれですか。（複数回答可）」に対する回答のうち、第1位と第3位が「コシヒカリ」である（表4）。消費者における「コシヒカリ」の認知度の高さやイメージの良さは、他の銘柄米と比較してもやはり飛びぬけており、文字通り「安心ブランド」であるといえる。弊社においても、100%「コシヒカリ」を用いた純米酒「純米辛口一献」を発売している（図6）。この商品は、原料米として福井県産コシヒカリを100%使用し、コクとキレ、そして華やかな



左から、純米 辛口一献
1.8L パック、900ml パック、180ml カップ

図6 清酒「純米辛口一献」

香りが味わえる純米酒に仕上げている。名水「伏水」での仕込み、吟醸酵母を用いての低温発酵、活性炭量を抑えた濾過など、すべてにおいてこだわった、まさに「納得の純米酒」であり、自信を持ってお勧めできる商品である。

おわりに

以上、弊社における産学官連携プロジェクト事例のうち、原料米を素材とする2例を紹介さ

せていただいた。

弊社は清酒メーカーの中では、大手と呼ばれる企業ではあるが、その規模は決して大きくはない。こうした中で、弊社が生き残りを図るために、商品開発や技術向上に大きく役立たせていただいている手段のひとつが「産学官連携」である。産学官連携によって誕生した製品「みずほのか」と「純米辛口一献」が末永く消費者の皆様へ愛される商品となることを願っている。

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

- 1) 田島修, 富金原孝: 清酒中のペプチドの意義について. 醸協 **64**:739-743,1969
- 2) 飯田修一, 西尾剛: 低グルテリン米の育成. 農水省放射線育種場テクニカルニュース **39**,1991
- 3) 農業生物資源研究所放射線育種場放射線育種法第1研究室, 農業研究センター作物開発部稲育種研究室: 新品種決定に関する参考成績書 水稻「エルジーシー 1(LGC1)」:2001
- 4) 水間智哉, 古川幸子, 清川良文, 他: 酒造用低グルテリン米の酒造適性. 生物工学 **80**:503-511,2002
- 5) 古川幸子, 水間智哉, 清川良文, 他: 走査型電子顕微鏡による酒造用低グルテリン米の観察. 生物工学 **80**:512-520,2002
- 6) Furukawa S., Mizuma T., Kiyokawa Y., et al.,: Distribution of storage proteins in low-glutelin rice seed determined using a fluorescent antibody. *J. Biosci. Bioeng.*, **96**:467-473,2003
- 7) 水間智哉, 古川幸子: 低グルテリン米の酒造適性. 醸協 **99**:487-494,2004
- 8) 古川幸子, 水間智哉, 清川良文, 他: 酒造用低グルテリン米を用いた清酒の酒質改善方法. 生物工学 **82**:83-92,2004.
- 9) 古川幸子, 水間智哉, 清川良文, 他: 低グルテリン米清酒仕込における特異香のアミノ酸による抑制. 生物工学 **83**:108-116,2005
- 10) Furukawa S., Itou M., Masumura T., et al.,: Ultrastructure of low-glutelin rice endosperm. *Plant Biotechnol.*, **24**:227-229,2007
- 11) 若井芳則, 清川良文, 古川幸子, 他: 特許 第 3721422 号 :2005
- 12) 財団法人 日本穀物検定協会 米の食味ランキング,
http://www.kokken.or.jp/ranking_area.html
- 13) 第4回改正 国税庁所定分析法注解. 注解編集委員会. 財団法人日本醸造協会, 139-168, 1993
- 14) 古川幸子, 中塚信明, 佐藤茂, 他: 良食味米は清酒醸造用掛米としても優れている. 2007 年度日本農芸化学会大会講演要旨集 :p275,2007
- 15) 古川幸子, 重光隆成, 中塚信明, 他: 原料米タンパク質が米の食味や清酒の香味に及ぼす影響. 2008 年度日本農芸化学会大会講演要旨集 :p263,2008
- 16) 古川幸子, 鈴木啓太郎, 奥西智哉, 他: 理化学的解析による酒造好適米と良食味米の比較. 2009 年度日本生物工学会大会講演要旨集 :p87,2009
- 17) 楽天リサーチ 日本酒の原料米に関する調査・公開データ,
<http://research.rakuten.co.jp/appear/20081023>.
- 18) 東京電力 TEPORE アンケートテーマ「日本酒の食～ごはん～」,
<http://www.tepore.com/research/co/061012/index.htm>

ビヨンド・コレステロールに対する 大豆たん白製品の新たな展開

河野 光登*

*KOHNO Mitsutaka (不二製油株式会社 フードサイエンス研究所 栄養健康室)

Key Words：ビヨンド・コレステロール・大豆たん白・メタボリックシンドローム・慢性腎臓病

はじめに

日本人は病んでいる。厚生労働省は、中高年世代において内臓脂肪症候群いわゆるメタボリックシンドロームとされる者、さらにその予備軍と称される者を含めると約 1,910 万人いるとの調査結果を公表した（平成 20 年度国民健康・栄養調査より）。同じ調査によると、糖尿病の罹患者、および糖尿病の疑いのある者の合計は、約 2,210 万人いるとされている。また 30 歳以上の日本人男性の 47.5%、女性の 43.8% が、収縮期血圧 140mmHg 以上、または拡張期血圧 90mmHg 以上、あるいは降圧薬服用中といった高血圧症の症状を呈しており、その総数は男女計で約 4,000 万人とされている（第 5 次循環器疾患基礎調査@日本高血圧学会高血圧治療 GL 作成委員会）。さらにこれはあまり知られてはいないが、初期慢性腎臓病とされる者も約 1,926 万人いるとされており（日本腎臓学会 CKD 対策委員会疫学 WG 報告）、その予備軍も含めると 2,000 万人を超えるとも言われている。

単純に上記の人数を合計すると約 1 億人になってしまうが、これらの疾患は密接な関係があり、重複している者が多数いることはあるが、多くの日本人がこれらの疾患に関係していることは明らかである。

1. 大豆は身体に良い

日本人は世界的に見ると、大豆をそのまま調理加工して食するどちらかと言えば特異的な人種と言える。さらに大豆は単なるタンパク源としてではなく、身体に良いという考え方が古くから認められている。この考え方は、日本人同様大豆をそのまま調理加工して食する民族である中国にもあり、中国では大豆は食品というだけではなく生薬の成分のひとつとして、いわゆる医食同源の考え方の主要な成分のひとつとして考えられてきた。

欧米では、大豆はあくまで油糧作物としての位置づけであり、搾油後の大豆の大部分は「大豆滓」と称して、牛や豚などの餌や肥料にしか使用していなかった。しかし、近年「大豆が身体に良い」との日本・中国の考え方が、欧米でも取り上げられてきて、「健康のためには大豆を食べなければ」と言う考え方が、浸透しつつある。日本では単に「身体に良い」と言う考え方から一歩踏み込み、具体的に「大豆タンパク質は、血中の総コレステロール値を正常化する」と言うことが多くの研究で解明され¹⁾、この効果をクレームとした大豆タンパク質を関与成分

とする特定保健用食品が、数多く表示許可されている。

この動きは世界的にも広がりつつあり、米国FDAは「大豆タンパク質と虚血性心疾患」に関するヘルスクレームの表示を認めている。この大豆タンパク質のコレステロール低下の作用機序に関する研究も多くなされている。それによると、大豆タンパク質の消化物のうちでも比較的高分子の成分が、コレステロールの異化生成物である胆汁酸の腸肝循環における小腸から肝臓への再吸収を阻害し、胆汁酸を排泄してしまうことで、身体の中のコレステロール濃度を低下させることとされている²⁾。さらに、大豆タンパク質の摂取により、肝臓の脂質代謝に関与する遺伝子の発現レベルにまで影響を及ぼしていることが、DNAマイクロアレイ技術を用いた研究により解明されている³⁾。

2. ビヨンド・コレステロール

大豆タンパク質は血中の総コレステロール値の正常化、さらに悪玉コレステロールであるLDLコレステロール値の正常化に効果がある。ところが、現在医学界においてはコレステロールについての考え方が変わってきている。それが「ビヨンド・コレステロール」である。現在、日本動脈硬化学会が定める脂質異常症の診断基準に、「総コレステロール値」はない。脂質異常症の診断基準値は、LDLコレステロール（悪玉コレステロール）140mg/dL以上、HDLコレステロール（善玉コレステロール）40mg/dL未満、トリグリセライド（中性脂肪）150mg/dL以上の3項目である。さらに、メタボリックシンドロームの脂質異常に関する診断基準値はHDLコレステロール（善玉コレステロール）40mg/dL未満、トリグリセライド（中性脂肪）150mg/dL以上の2項目だけである（図1）。

ではなぜ血中の総コレステロール値が脂質

<前提条件>

BMI 25以上かつ
ウェスト周囲径が、85cm以上（男性）、90cm以上（女性）
／腹部CT法による内臓脂肪面積100cm²以上に相当

<診断項目>

耐糖能異常

<基準値>

空腹時血糖値 110mg/dL以上

脂質異常

中性脂肪 150mg/dL以上
HDLコレステロール 40mg/dL未満

血圧異常

収縮時血圧値 130mmHg以上
拡張期血圧値 85mmHg以上

以上の3項目のうち、2項目が該当
(1項目のみ該当者は予備軍)

図1 メタボリックシンドローム診断基準

異常の診断基準値から除外されたかであるが、それはスタチン系医薬品のLDLコレステロールに対する効果の臨床データが多数報告され、LDLコレステロールは薬ですぐに治せると言う意見からである。つまりこれまで大豆タンパク質が、単に身体に良いだけではなく、何に良いのかという最大の拠り所であった「血中の総コレステロール値の正常化、さらに悪玉コレステロールであるLDLコレステロール値の正常化」は、もはやその役割が終わりつつあるということである。従って大豆タンパク質は、「身体に良い」ということ自体には変わらないのであるが、「何に良いのか」という部分について、さらなる検証が必要であるということになってきた。

3. 大豆タンパク質とメタボとの関係

大豆タンパク質のコレステロール低下効果以外の生理機能として明らかになっているもののひとつに、内臓脂肪低下効果がある。内臓脂肪は脂肪細胞である。脂肪細胞は脂肪を蓄積する組織であり、蓄積された脂肪は必要に応じてエネルギーとして消費される。ところが最近の研究で脂肪組織は単なる脂肪の蓄積組織だけではなく、いろいろなホルモンを分泌する分泌組織

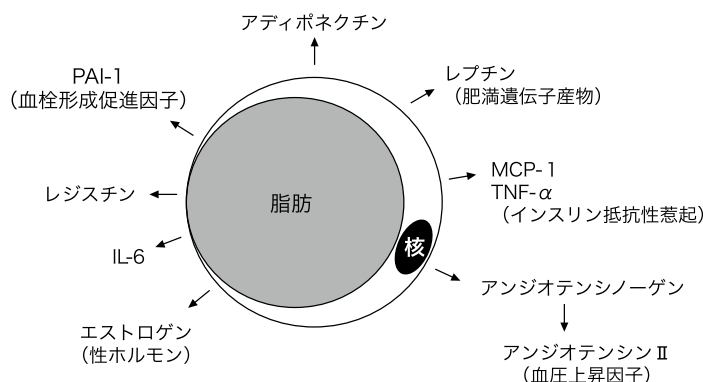


図2 内分泌細胞としての脂肪細胞～アディポサイトカイン～

としての働きも担っていることが明らかとなってきた。脂肪細胞から分泌されるホルモンは総称して「アディポサイトカイン」と呼ばれており、脂肪組織の中でも内臓脂肪にアディポサイトカインが多く存在している（図2）。このアディポサイトカインのうち、多くのホルモンが身体にとって良くないものであり、これらが分泌されることでメタボの諸症状を発症する引き金となっている。つまり、『内臓脂肪が増える、あるいは大きくなる→身体に良くないアディポサイトカインの分泌が盛んになる→メタボになる』という流れでヒトはメタボになるのである。

多くのアディポサイトカインのうちでも血中のアディポネクチン濃度が、内臓脂肪蓄積の指標とされている。このアディポネクチンは糖代謝に関係するホルモンで、内臓脂肪が小さくなると沢山分泌されるようになり、血中の余分な糖を筋肉組織等に取り込ませ、エネルギーとして燃烧させる働きを持つ「善玉アディポサイトカイン」と言われている。さらにその分泌量が、他のアディポサイトカインよりけた違いに多いため検出定量が容易である。従って、アディポネクチンは、その血中濃度を測定することで、その値が高いと糖の代謝が健全で、かつ内臓脂肪が小さくなっていると評価され、内臓脂肪の大きさを示す指標として用いられるようになった。大豆タンパク質の摂取により、血中

アディポネクチン量が多くなり、さらに遺伝子レベルでの発現量も増加する結果が得られ、大豆タンパク質は内臓脂肪の低下、さらにアディポネクチンの本来の機能である血糖値の適正化効果があることが明らかとなった⁴⁾。

4. 大豆タンパク質と腎機能の関係

メタボの陰でありあまり知られていない国民病に「慢性腎臓病」がある。腎機能の低下は、その進行が進むと透析にまで至り、QOLが大きく低下する病態である。さらに腎機能の低下の要因に密接に関係するのが糖尿病であり、腎臓病の発症要因が糖尿病である糖尿病性腎症の発症者が急増している（図3）。糖尿病はメタボの要因のひとつであり、そこから進行する腎臓病もメタボが発症要因の重きを成していると言える。

腎機能低下を示す指標のひとつが「尿たん白」である。腎臓は血中にある老廃物をこし取り（ろ過）、尿として排泄させる器官である。タンパク質は老廃物ではなく、身体にとって必要な物質であるが、腎臓のろ過機能が低下すると、身体に必要なタンパク質までこし取ってしまい尿中に排泄してしまう。それが尿たん白値の上昇である。ところが、この尿たん白というのは、検出感度が低く尿たん白として検出されるこ

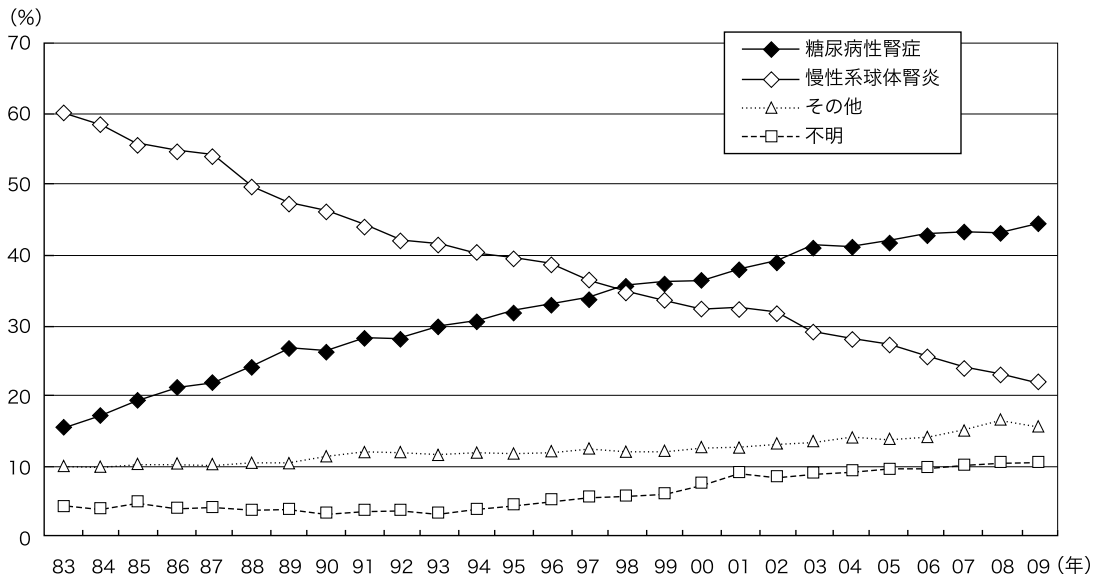


図3 透析導入患者の主要原疾患の推移（日本透析医学会「我が国の慢性透析療法の現況」より）

には腎機能の低下は進んでおり、慢性腎臓病の早期発見につながらない。現在早期慢性腎臓病の発見の指標が、尿中の微量アルブミン量の測定である。アルブミンもタンパク質のひとつであるが、このアルブミンを高感度で検出定量することで、早期の腎臓病の発見につながるとされている。実際、糖尿病として病院に検査に訪れた患者について採尿を行い、尿中の微量アルブミン量を測定したところ、4割以上の患者が慢性腎臓病の兆候を示したとの報告がある⁵⁾。この患者は糖尿病の自覚はあるが、腎臓病の自覚はないということである。腎機能低下の早期発見のため尿中微量アルブミン量の測定を健康診断の測定項目に入れるべきであろう。

さて、大豆タンパク質であるが、腎機能低下の抑制効果があるとの報告がある⁶⁾。海外でのヒト試験の結果であるが、大豆タンパク質の摂取により、尿たん白の低下、血糖値の低下、さらには脂質代謝の改善効果が報告されている。日本国内での結果は未だほとんど見られず、日本での臨床データが待たれるところである。

5. ところで大豆タンパク質とは？

ここまで大豆タンパク質の生理機能の最近の知見をまとめてきたが、次に大豆タンパク質の構造について述べてみたい。大豆に存在するタンパク質はひとつではないことは言うまでもない。たくさんのタンパク質から構成されている。これまでの生理機能の研究は、分離大豆たん白（Soy Protein Isolate/SPI）によって研究された成果が中心を成している。SPI も一つのタンパク質ではなく、多くのタンパク質から構成されている。一般に SPI は、大豆から溶剤（主にヘキサン）を使って油分を抽出した残渣である脱脂大豆から、大豆蛋白質の等電点沈殿を利用した方法により製造されたもので、蛋白質純度は90%前後にまで向上している。これまでは、SPIの大部分は貯蔵タンパク質から構成されているとされてきた。貯蔵タンパク質とは、大豆種子が発芽する際に窒素源として使用されるタンパク質で、大豆組織においては液胞中に蓄積されて「プロテインボディ」を形成してい

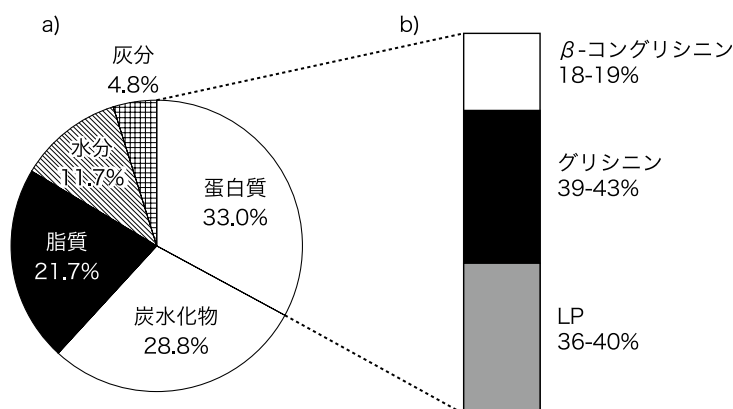


図4 大豆タンパク質の分画

a) 大豆（米国産）の成分（五訂食品成分表 女子栄養大 学出版部より）

b) 分離大豆タンパク質の成分⁸⁾

る。このタンパク質の特徴は、塩溶性の球状タンパク質「グロブリン」で、超遠心分析法により、7S（7S グロブリン）と11S（11S グロブリン）に分類されるものを主な構成成分としている。大豆の7S グロブリンは「 β -コングリシニン」、11S グロブリンは「グリシニン」とそれぞれ命名されている。最近の研究で、SPI は β -コングリシニンとグリシニンの他に第3の成分として、「脂質親和性タンパク質（Lipophilic Proteins/LP）」がSPI の約4割も占める主要構成成分のひとつであることが報告された⁷⁾。プロテインボディ、大豆油の貯蔵組織であるオイルボディ、また糖質、デンプンの貯蔵組織であるデンプン粒、これらはいずれもリン脂質を主体とする膜構造の袋の中に貯蔵されている。LPはこの膜構造をつなぎとめる膜タンパク質を主要成分とする、極性脂質に親和性の高いタンパク質を主要成分としている。

このように、これまで生理機能が解明されてきている分離大豆タンパク質（SPI）は、大きく分類すると、貯蔵タンパク質である「 β -コングリシニン」と「グリシニン」、そして極性脂質に親和性の高い「脂質親和性タンパク質」の3成分から構成されていることが明らかとなった（図4）。

6. ビヨンド SPI

様々な生理機能が報告されている分離大豆タンパク質（SPI）は、主に3つの成分から構成されている。現在SPIの研究は、SPIを分画し、分画物の「どの成分が」、「どのような生理効果を保持しているのか」を明らかにするステージに来ている。

その研究の前提条件が、SPIの主な3成分の食品工業レベルでの分画方法の構築である。ラボレベルでの β -コングリシニンとグリシニンの分画については、優れた方法が報告されている^{8,9)}。さらにこの方法によって分画されたタンパク質の生化学的な研究はかなりの報告がある。ただ分画物の栄養生理研究については、あまり行われていなかった。その理由は生理機能を研究するための分画物の量の確保である。動物試験やヒト試験では、数100g～数kg程度の生成物が必要である。ラボレベルでは数g程度は確保できるだろうが、それ以上の量となると装置的な問題から確保が困難である。大量の分画物確保を困難にしているのは、冷却下でかつ高遠心力での遠心分離が分画に不可欠なところにある。分画に冷却かつ高遠心力が必要な理由

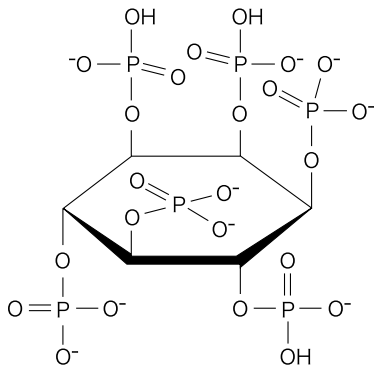


図5 フィチン酸 (*myo*-イノシトール-1,2,3,4,5,6-リン酸) の構造

は、大豆タンパク質に会合しているフィチン酸によるものである。フィチン酸は、*myo*-イノシトール-1,2,3,4,5,6-六リン酸の通称名であり、構造はイノシトールの全ての水酸基にリン酸がエステル結合したものである (図5)。この多価イオンのおかげで、大豆タンパク質の分画の第1段階であるグリシニンの分画において、グリシニンの等電点にしてもグリシニンは容易に沈殿せず、その分離のために冷却操作と高遠心力での遠心分離操作が不可欠となっていた。大豆タンパク質の食品工業レベルの分画では、グリシニンの等電点での沈殿性を向上させるための、分離前のフィチン酸分解操作がキーポイントである。この操作を加えることにより、冷却が不要で比較的低い遠心力な食品工業レベルの分離操作で分画が可能となった¹⁰⁾。その結果、大豆タンパク質の中でもβ-コングリシニンを高純度まで生産できるようになり、高純度β-コングリシニン粉末が上市されるようになった。

6. β-コングリシニンの生理機能

食品工業レベルで生産されたβ-コングリシニンについては、ラットを用いた動物試験の結果、血中中性脂肪の低下に効果があることが



図6 β-コングリシニンを関与成分とする特定保健用食品

明らかとなった¹¹⁾。その結果を受けて、ヒトでの中性脂肪低下効果、また体脂肪 (内臓脂肪面積) の低下効果が明らかとなった¹²⁾。このうち中性脂肪低下効果については、特定保健用食品の表示許可を受けている (図6)。さらに脂質異常のうち大豆タンパク質では、その効果が明確に示されていなかった善玉コレステロールである HDL コレステロールの上昇効果が、β-コングリシニンの摂取により明らかとなった¹³⁾。

β-コングリシニン摂取による、このような脂質異常改善効果や内臓脂肪低下効果は、まさにメタボの改善効果を意味している。メタボは内臓脂肪組織肥大に伴う、脂質異常、糖代謝異常、血圧高値であるが、キーとなる因子として「インスリン」、そしてそのインスリンに対する抵抗性が知られている (=「インスリン抵抗性の惹起」)。インスリンは血糖値の恒常性維持に重要なホルモンであり、血糖値を低下させるため糖尿病の治療にも用いられている。インスリンは血糖値の調整だけに止まらず、脂肪の合成促進・分解抑制などにも関与している。内臓脂肪組織肥大にともない分泌されるアディポサイトカインのひとつにインスリンの作用を弱めてしまうホルモンがある。つまり、内臓脂肪組織が肥大化するとインスリンが効かなくなるので

ある。メタボの進行は、『内臓脂肪が増える、あるいは大きくなる→身体に良くないアディポサイトカインの分泌が盛んになる→インスリンが効かなくなる（＝インスリン抵抗性の惹起）→メタボ（糖代謝異常、脂質異常、血圧高値）になる』という流れなのである。

最近の研究により、 β -コングリシニンはこのインスリンの作用に効果があることが明らかとなってきた。ラットでの研究ではあるが、一定期間 β -コングリシニンを摂食させた群では、コントロール（乳タンパク）を摂食させた群に比べて、インスリンの効きが良いとの結果である¹⁴⁾。ヒト試験でも血糖値の低下効果が確認されつつあり、糖代謝異常にも β -コングリシニンが効果あることが示されてきている。つまり β -コングリシニンは、メタボのキー因子であるインスリンの作用に対する改善効果があるために、脂質異常や糖代謝異常に対して効果があるのである。

おわりに

今回大豆タンパク質のビヨンド・コレステロールの生理機能として、メタボ全般・糖尿病・腎機能について紹介してきた。その機能をつかさどる成分として、ビヨンド・SPIの考え方から β -コングリシニンがメタボ全般、さらに糖尿病に効果があることを示してきた。いまだ研究途上であるが、腎機能低下抑制効果を担う成分についての研究も進行しつつある。動物試験のレベルでの結果ではあるが、脂質親和性タンパク質（LP）が、その役割を担っている可能性を示唆する結果が得られている。

SPIの分画物のうち「どの成分が」、「どのような生理効果を保持しているのか」を明らかに

する研究が緒に着いたばかりであるが、その分画物も単純な構造をしているものではない。 β -コングリシニンについては、3つのサブユニット（ α 、 α' 、 β ）を成分とする巨大な三量体構造をしている。この巨大分子が、生体内でそのまま生理作用を発揮していることは考えられない。消化管で消化され、ペプチドの状態になって作用していることは明らかである。 β -コングリシニンの生理機能報告後、脂質代謝に関与する β -コングリシニン由来ペプチドの研究が培養細胞技術を用いて盛んに行われている¹⁵⁻¹⁷⁾。

β -コングリシニンに次いで、特異的な生理機能が明らかとなりつつある脂質親和性タンパク質（LP）は、極性脂質成分と親和性の高い膜タンパク質を主成分とするタンパク質の集合体であることは予想されるが、それ以上の知見は全く得られていない。こちらについても、LPの中のどこかの成分（タンパク質）由来の特異的ペプチドがキーである可能性が考えられる。作用本体の研究は、まだまだこれからの感があり、期待が膨らむところである。

これからはオーダーメイド治療の時代と言われている。また食品による疾患の予防の考え方も定着してきている。これらに対して、正しい情報をよりきめ細やかに提供する必要がある。単に「大豆タンパク質は体に良い」ではなく、「大豆タンパク質の成分である〇〇が、△△という疾患の予防に効果がある」。さらには、「その効果は□□という作用機序によってもたらせるものである」まで、しっかりした情報を提供することが大切である。そのためには、今後も大豆タンパク質の本質を見極める研究成果が次々と明らかになることを期待する。

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

- 1) Anderson JW, Johnstone BM, Cook-Newell ME.: Meta-analysis of the effects of soy protein intake of serum lipids. *N Engl J Med.* **333**:276-282, 1995. ほか多数
- 2) Sugano M, Goto S, Yamada Y, *et al.*: Cholesterol-lowering activity of various undigested fractions of soybean protein in rats. *J Nutr.* **120**:977-985, 1980.
- 3) Tachibana N, Matsumoto I, Fukui K, *et al.*: Intake of soy protein isolate alters hepatic gene expression in rats. *J Agric Food Chem.* **53**(10):4253-4257, 2005.
- 4) Nagasawa A, Fukui K, Funahashi T, *et al.*: Effects of soy protein diet on the expression of adipose genes and plasma adiponectin. *Horm Metab Res.* **34**:635-639, 2002.
- 5) Yokoyama H, Kawai K, Kobayashi M.: Microalbuminuria is common in Japanese type II diabetic patients. *Diabetes Care.* **30**(4):989-992, 2007.
- 6) Azadbakht L, Atabak S, Esmailzadeh A.: Soy protein intake, cardiorenal indices, and C-reactive protein in type II diabetes with nephropathy. *Diabetes Care.* **31**(4):648-654, 2008.
- 7) Samoto M, Maebuchi M, Miyazaki C, *et al.*: Abundant proteins associated with lecithin in soy protein isolate. *Food Chemistry.* **102**:317-322, 2007.
- 8) Thanh VH, Shibasaki K, Major proteins of soybean seeds. A straightforward fractionation and their characterization. *J Agric Food Chem.* **24**(6):1117-1121, 1976.
- 9) Iwabuchi S, Yamauchi F.: Determination of Glycinin and β -conglycinin in soybean proteins by immunological methods. *J Agric Food Chem.* **35**:200-205, 1987.
- 10) Saito T, Kohno M, Tsumura K, *et al.*: Novel method using phytase for separating soybean β -conglycinin and Glycinin. *Biosci Biotechnol Biochem.* **65**(4):884-887, 2001.
- 11) Aoyama T, Kohno M, Saito T, *et al.*: Reduction by phytate-reduced soybean β -conglycinin of plasma triglyceride level of young and adult rats. *Biosci Biotechnol Biochem.* **65**(5):1071-1075, 2001.
- 12) Kohno M, Kito M, Matsuzawa Y.: Decreases in serum triacylglycerol and visceral fat mediated by dietary soybean β -conglycinin. *J Atheroscler Thromb.* **13**(5):247-255, 2006.
- 13) 堀祐輔, 河野光登, 白鳥宏行 他, 大豆 β -コングリシニン含有食品の中性脂肪低減効果, 応用薬理, **77**(3/4):107-113, 2009.
- 14) Tachibana N, Iwaoka Y, Horio F, *et al.*: β -conglycinin lowers very-low-density lipoprotein-triglyceride levels by increasing adiponectin and insulin sensitivity in rats. *Biosci Biotechnol Biochem.* **74**(6):1250-1255, 2010.
- 15) Martinez-Villaluenga C, Rupasinghe SG, Schuler MA, *et al.*: Peptides from purified soybean beta-conglycinin inhibit fatty acid synthase by interaction with the thioesterase catalytic domain. *FEBS J.* **277**(6):1481-1493, 2010.
- 16) Martinez-Villaluenga C, Dia VP, Bethow M, *et al.*: Protein hydrolysates from beta-conglycinin enriched soybean genotypes inhibit lipid accumulation and inflammation *in vitro*. *Mol Nutr Food Res.* **53**(8):1007-1018, 2009.
- 17) Mochizuki Y, Maebuchi M, Kohno M, *et al.*: Changes in lipid metabolism by soy beta-conglycinin-derived peptides in HepG2 cells. *J Agric Food Chem.* **57**(4):1473-1480, 2009.

木酢液の環境因子による成分変化

大平 辰朗*

*OHIRA Tatsuro (森林総合研究所・バイオマス化学研究領域・樹木抽出成分研究室)

Key Words: 木酢液・フェノール性化合物・ホルムアルデヒド・環境因子

はじめに

私たちの生活している地球上には様々な物質が存在する。それらは環境中に存在する様々な因子により影響を受けている。例えば建材として使用されている木材は光により、徐々に変色する。また新聞紙も同様な変化を示し、紙の色が徐々に黄色みをおびるようになる。これは光、特に紫外線の影響が大きく、紫外線によりラジカルが生成し、酸化を引き起こすためである。これらの変化は、紫外線だけでなく、周辺の気温や空気中に含まれる汚染物質や空気中の酸素なども要因の一つになっているのであろう。空気中の酸素の存在が大きいことを伺わせる事例もある。例えばリンゴを剥皮し、しばらく放置しておくとしだいに褐色になっていることがある。これは空気中の酸素がリンゴの成分と酸化反応を起こし、色を変化させている。釘も長年使用しているとしだいに表面がさびてくるが、これも酸素による酸化が影響している。この他新鮮な食品、ゴム製品、塗料など多くのものが酸化の影響を受け、品質の劣化を招いている。このように我々の周辺にある様々な物質は紫外線や酸素などにより、酸化という影響を受けている。そのため、酸化を防ぐ様々な知恵が見出されてきた。中世の大航海時代、欧州の

諸国が競って東方へ船先を向けた大きな理由の一つには、自国では入手困難な香辛料を探し求めることにあったという。食物の保存技術が限られていた時代では、肉や魚及びその加工食品に香辛料を用いることによって、その風味が増しただけでなく、鮮度を保つことも可能であったことから、東方のアジア諸国からもたらされるスパイスなどの香辛料は貴重品として取引されたのであろう。いうまでもなくこれらの香辛料には腐敗の原因となる菌類の繁殖を抑える働きに加えて、食品に含まれる脂質の酸化を抑制する働きがあり、長期保存を可能にしているのである。また、食品、特に濃い色の食品などには酸化を抑える抗酸化性物質が含まれている場合が多い。例えば、トマトやスイカの赤い色素であるリコピン、ニンジンやカボチャの黄橙色の原料となる β -カロチン、お茶のカテキン類、ブドウ果皮のアントシアニンなどがある。近年の健康志向のブームの中、これらの物質はサプリメントの一部としてとしても注目されている¹²⁾。

木酢液は、木材の炭化過程で発生する煙を冷却して得られる液体である。昔から様々な機能、例えば抗菌性、植物生長制御活性、消臭活性などが見出されており、用途としては農業用をはじめ、幅広いものがある³⁾。一般的な炭化過

程では 500℃前後の温度で処理されることが多く、煙に含まれる成分、即ち冷却され、液体として回収される成分には木材のセルロース、ヘミセルロース、リグニンの熱分解物である酢酸やフラン類、シクロペンテン類、フェノール類などが含まれている⁴⁾。これら以外にもホルムアルデヒドなどのように安全性が危惧されるような物質も微量ながら含まれている⁵⁾。従来より魚肉や畜肉等の保存法の一つとして「燻煙法」がある。この処理法で得られる製品はいわゆる燻製品である。独特な風味とともに保存性も処理の対象となる食品に付与している。類似した方法として煙煙を冷却し得られる木酢液に直接浸漬する「くん液処理法」がある⁶⁾。この方法には、燻煙法の効果と類似したものが期待されたわけであるが、このような処理法の根底には木酢液の成分中に保存性を向上させる活性物質、即ち抗酸化性を示す物質の存在を見出していたものと考えられる。木酢液の成分は製造後、環境要因である光、酸素、気温などにより経時的に変化を受け、時間の経過とともにやがては保存容器の器壁にタール状の物質が生成し、付着してくる。この反応はいうまでもなく酸化であるが、酸化反応を受けてタール状物質になった物質は逆に考えると抗酸化能の高い物質と考えることもできる。

以上のように木酢液中には環境要因により影響を受け、経時的な変化をおこすものがある。それらの挙動を明らかにすることは木酢液の保存法や品質を考慮するため、ひいては木酢液の需要の拡大を求める上でも重要な課題となる。

本稿では木酢液の様々な環境因子による成分変化に関する研究例を中心に取り上げる。「酸化作用により木酢液の成分がどのような形になるのか」など木酢液の環境因子により影響を受ける成分変化について紙面が許す限り紹介することとする。

1. 環境因子と酸化

酸化反応に影響する因子は環境中に多く存在する。酸素、紫外可視線、温度が主なものである。特に空気中に必ず存在する酸素は紫外可視光、二酸化窒素、二酸化硫黄などの環境汚染物質、体内ではストレスや激しい運動などで不安定な状態の酸素、即ち活性酸素となる。その活性酸素にはスーパーオキシド、過酸化水素、ヒドロキシラジカル、一重項酸素、脂質過酸化物、次亜ハロゲン酸など様々な種類があり、それらは人体や植物体などの生体の脂質を攻撃し、過酸化脂質となし、遺伝子、酵素、脂質に傷害を与えると同時に様々な加工品の品質の劣化を促進したりもする⁷⁾。

2. 木酢液成分と酸化

表 1 に、木酢液の主な成分組成の一例を示した⁷⁾。木酢液の主要成分は酸であり、その中でも酢酸含有率が最も高く、木酢液の名前の由縁となっている。アルコール類の中で最も含有率の高い物質はメタノールである。フェノール類は、炭材の構成成分の特徴が現れやすい。大別すると、炭材が広葉樹、針葉樹、竹で区別でき、一般に針葉樹ではグアイヤシル型の化合物の比率が高く、広葉樹及び竹ではこれに加えて、シリリング型の化合物の比率が高い。グアイアコール、クレゾール類は、木クレオソートの重要な成分でもある。

木酢液成分のうち、酢酸、プロピオン酸などの有機酸、メタノール、アセトイン、シクロテンなどのアルコール類、アセトン、フルフラールなどの中性物質は、主としてヘミセルロースとセルロースから生成し、フェノール、クレゾールなどのフェノール成分は、主としてリグニン

表 1 木酢液の主な成分⁷⁾

種 類	化 合 物
酸 類	酢酸, プロピオン酸, ブチル酸, シス-クロトン酸, トランス-クロトン酸, 2-ペンテノン酸, 吉草酸, イソ-吉草酸, 2-ブチル酸, 蟻酸, 酪酸, イソ-酪酸 他
アルコール類	メタノール, シクロテン, アセトイン, 2-メチル-4-オキソ-ペンタン-2-オール, アセトインプロピレングリコール, 2-アセトキシエタノール, フルフリルアルコール, マルトール, 1-ブタノール, 2-メチル-2-ヘブタノール, テチラヒドロ-2-メチル-2-フラノール 他
フェノール類	グアイアコール, シリンゴール, 2-メトキシ-4-クレゾール, 4-エチルグアイアコール, エチルフェノール, o-クレゾール, m-クレゾール, p-クレゾール, 4-メチル-シリンゴール, 4-エチル-シリンゴール, バニリン, アセトバニロン, 4-アリル-シリンゴール, フェノール, 4-プロピルフェノール, 2,4-キシレノール, 3,5-キシレノール, 3,4-キシレノール他
中性物質類 (カルボニル類を含む)	アセトン, メチルアセテート, 2-シクロペンテノン, 3-オクチルプロピオネート, フルフラール, ヘキサ-2,5-ジオン, 3-メチル-2-シクロペンテノン, 5-メチルフルフラール, ペンタン-4-オライド, ブタン-4-オライド, 2-ブテン-4-オライド, 3,5-ジメチルシクロペンタン-1,2-ジオン, ペンタン-5-オライド, 2,6,10-トリメチル-5,9-ウンデカジエナール, ノナン-4-オライド, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, プロピオンアルデヒド, バレルアルデヒド, ブチルアルデヒド, メチルブチルケトン, メチルイソブチルケトン, メチルエチルケトン, アクロレイン 他
塩基性類	アンモニア, メチルアミン, ジメチルアミン, ピリジン, トリメチルアミン 他

が分解して生成する。木酢液の主成分である酢酸は、木材中のヘミセルロースのアセチル基とウロン酸部分のカルボキシル基の分解により生成され、メタノールは構成成分のメトキシル基から主として生成することが明らかにされている。

生産直後の木酢液を空气中に放置しておくと、しだいに着色していく。これは有機物の中で割合の多いフェノール性化合物が酸素の影響を受けて生じるフェノキシラジカルが共鳴形をもち、これに酸素分子やラジカルが攻撃し、各種の結合が生じ、複雑な酸化生成物を生成するためであると考えられる⁹⁾。

構造的に安定している活性酸素種の一つである過酸化水素を用い、モデル的な酸化反応を木酢液に対して行った研究例がある。その中で時間経過に伴う木酢液中に含まれる各種成分の減少挙動は化合物ごとに異なっていること、比較的速やかに減少を認める化合物として furfural 類, 4-propyl syringol, 4-ethyl syringol, 4-methyl syringol 及び 2-cyclopenten-1-one が、酸化の進行した木酢液中では guaiacol 及び γ -butyrolactone など速やかな減少を示さなかつ

た化合物の割合が増加することが認められている¹⁰⁾。酸化反応を受け、減少しやすかった物質はやがてはタール状物質になり、木酢液の容器の器壁に付着する。それらは逆に考えると抗酸化能の高い物質¹¹⁾と考えることもできる。酸素以外の主な要因としては、光、即ち紫外線の影響が考えられる。渋谷らは木酢液に紫外線を直接照射し、含有成分の変化を検討している。それによると 170mW/cm² の紫外線を木酢液に 6 時間照射したところ、一部成分 (tetrahydro-3-methyl-furan) が顕著に変化していることを報告している¹²⁾。

これらの研究例は液の色や機能性に関わりの大きいフェノール類に関するものである。しかし、木竹酢液の特定防除資材としての判定において一部の有害性が危惧される物質、例えばホルムアルデヒドが取り出たされている⁴⁾。それらの経時的な変化に関する情報は、木竹酢液の品質管理の観点から重要なこととなる。そこで以下には木酢液中のホルムアルデヒドについて紹介する。

3. 木竹酢液中に含まれるホルムアルデヒドとその環境因子による変化

市販されている木竹酢液中にはホルムアルデヒドがそもそもどの程度含まれているのだろうか。またそれらの濃度は経時的にどのように変化するのだろうか。液中の効率的な分析法、試料溶液中及び溶液から分散しているアルデヒド類の種類、存在量の実態、経時変化について検討した例を紹介する。

3-1 木竹酢液中のホルムアルデヒド¹³⁾

木酢液には生産者団体が中心になって策定した自主規格がある。その規格には原料、炭化炉、冷却法、保存法に関する内容に加えて、成分に関する製品規格も含まれている。最新の規格としては木竹酢液認証協議会が作成した規格があるので参照されたい¹⁴⁾。本稿で紹介するデータのほとんどがその規格に準じたものである。即ち、原材料として薬剤処理等の施された材料、建築解体材を除く木材や竹から炭化炉、乾留炉を用い、排煙口の温度 80℃ 以上

150℃ 未満で得られた排煙を冷却し、3 ヶ月以上経過したものである。

3-1-1 アルデヒド類の分析法

試料中のアルデヒド類の分析法は、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (2,4-DNPH) 溶液と試料溶液を反応させてヒドラゾン誘導体を生成し、HPLC にて分析する EPA 法¹⁵⁾を改良して用いた。反応式を図 1 に、

HPLC 分析条件を表 2 に示した。なお検出されたピークの同定は標準物質との保持時間、UV 吸収スペクトルの比較等で行った。

木竹酢液への本反応の最適化を図るために、反応時に添加する酸の種類 (リン酸 (H₃PO₄), 過塩素酸 (HClO₄)), 反応温度等を検討したところ、酸の添加効果が明確に現れること、特に 20% リン酸を添加した場合、最も検出濃度が高い結果となった。リン酸を添加して反応させる時の温度を検討したところ、室温下での反応よりも温度を上昇させた時の方が検出濃度が高く、特に 80℃ の時が最も高い結果となった。しかし 100℃ 加熱時の結果をみると室温下での検出濃度よりも低い結果となっていた。内山らは DNPH が 100℃ 加熱時に著しく分解するが、80℃ 以下の加熱時では安定していることを報告していることから¹⁶⁾、本結果は 100℃ 加熱時に DNPH の分解が生じたため結果的に検出濃度が低くなったと考えることができ、以上のことより最適な反応温度は 80℃ であると考えられた。

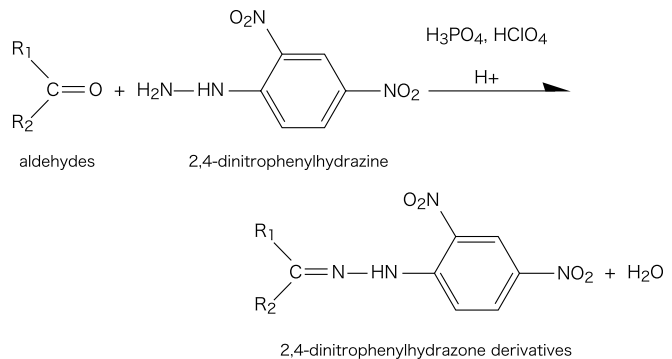


図 1 アルデヒド類の DNPH 誘導体化反応条件

表 2 アルデヒド類の DNPH 誘導体の HPLC 分析条件

カラム	Discovery Amide C16(25cm × 4.6mm, SUPELCO)
移動相	A:CH ₃ CN/H ₂ O=60/40(v/v)、B:CH ₃ CN/H ₂ O=40/60(v/v) 100% A for 5min, then linear gradient from 100% A to 100% B in 20 min, hold for 15min
カラム温度	40℃
流速	1.2mL/min
検出	UV at 360nm

3-1-2 木竹酢液中に含まれるアルデヒド類

図2に代表的な測定例として木酢液の結果を示した。検出された物質は、ホルムアルデヒド (formaldehyde) , アセトアルデヒド (acetaldehyde) , アセトン (acetone) , アクロレイン (acrolein) , プロピオンアルデヒド (propionaldehyde) , フルフラール (furfural) , ブチルアルデヒド (butyraldehyde) , イソバレールアルデヒド (isovaleraldehyde) , ヘキサナル (hexanal) , オルト, メタ, パラ-トルアルデヒド (o,m,p-tolualdehyde) 等が主な物質であり, 特にホルムアルデヒドの割合が高かった。

表3に最適化された DNPH 反応 (20% リン酸添加, 80℃, 2分処理) により測定した市販の木竹酢液 61 種のホルムアルデヒド検出濃度の概要を示した。木酢液と竹酢液間での割合の差は明確ではなかった。また蒸留品は未蒸留品に比べてホルムアルデヒドの割合が低い傾向にあるといえるが, 蒸留品と同一試料の未蒸留品だけを比較したところ, 蒸留品の方がホルムアルデヒドの割合が高い試料が複数認められた。この原因は不明であるが, ホルムアルデヒドの濃度が問題になった場合, 何らかの対策が必要であり, その方法の一つとして蒸留法を考慮す

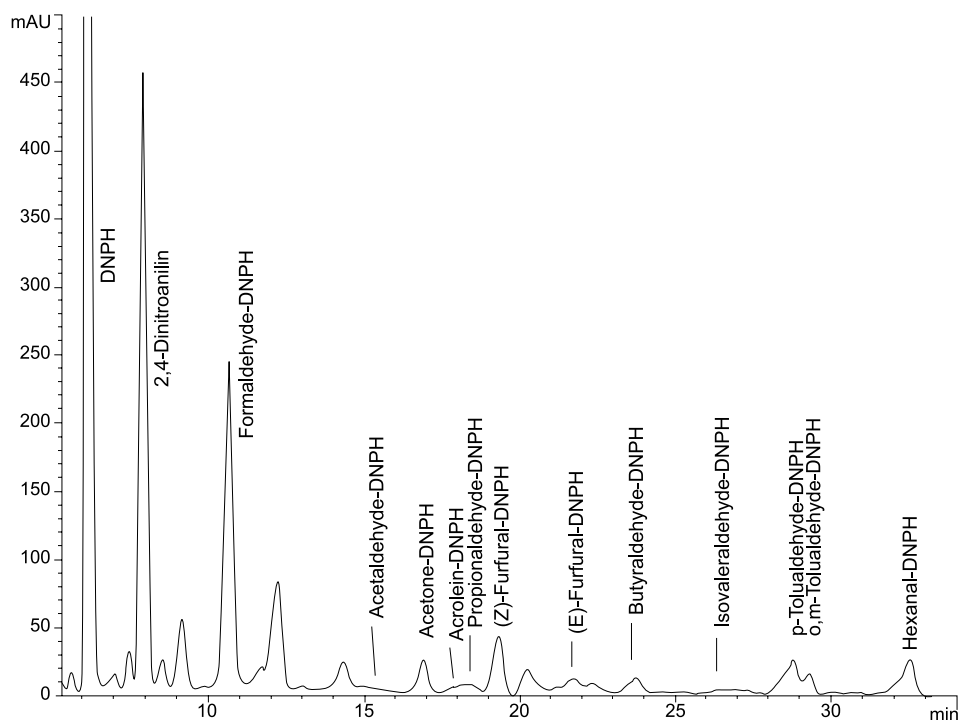


図2 木酢液の DNPH 反応溶液の HPLC クロマトグラム
(20% リン酸添加, 80℃, 2分処理)

表3 市販木・竹酢液中から検出されたホルムアルデヒド濃度 (ppm) ¹³⁾

	木酢液 (n=30)	蒸留木酢液 (n=6)	竹酢液 (n=15)	蒸留竹酢液 (n=10)
MAX	602.4	278.0	501.5	476.0
MIN	107.4	116.8	79.6	89.1
MEDIAN	262.0	221.3	245.2	203.4
AVERAGE	274.5	213.3	260.4	219.1

る時、蒸留条件等も検討する必要があると考えられた。

3-1-3 木竹酢液から気中に放散するアルデヒド類

試料溶液から放散するアルデヒド類を測定するために、動的なヘッドスペース捕集装置を用い、揮発している物質を捕集した。捕集条件は以下の通りである。捕集温度:40℃, パージガス:高純度ヘリウム, 流速:100mL/min, 捕集時間:30分, 捕集カートリッジ:DNPH カートリッジ (SUPELCO,LpDNPH)。

図3に木酢液Aから放散するアルデヒド類の測定結果を示した。同定された物質は、ホルムアルデヒド (formaldehyde), アセトアルデヒド (acetaldehyde), アセトン (acetone), プロピオンアルデヒド (propionaldehyde), フルフラール (furfural), ブチルアルデヒド (butylaldehyde), イソバレールアルデヒド (isovaleraldehyde), オルト, メタ, パラ-トル

アルデヒド (o,m,p-tolualdehyde) 等が主な物質であり、特にアセトアルデヒドの割合が高かった。興味深いことに試料中で検出された各物質の検出割合のパターン (図2) と異なっていた。即ち試料液中ではホルムアルデヒドが割合の多い物質であったが、液から放散している物質ではホルムアルデヒドが必ずしも最大ではなく、液中の存在量が少なかったアセトアルデヒドが最大であった。これはアルデヒド類の水溶液中での存在形態や揮発性の違い等が要因であろう。このことからホルムアルデヒドは液からは揮発しにくいのではと考えられた。

3-2 木酢液に含まれるホルムアルデヒドの環境因子による経時変化¹⁷⁾

2006年12月下旬に製造した粗木酢液100mL (カシ, ナラを原料とした木酢液) を密栓のできるガラス容器 (125mL) に入れ、室温下 (15℃~28℃), 低温下 (5℃前後) に

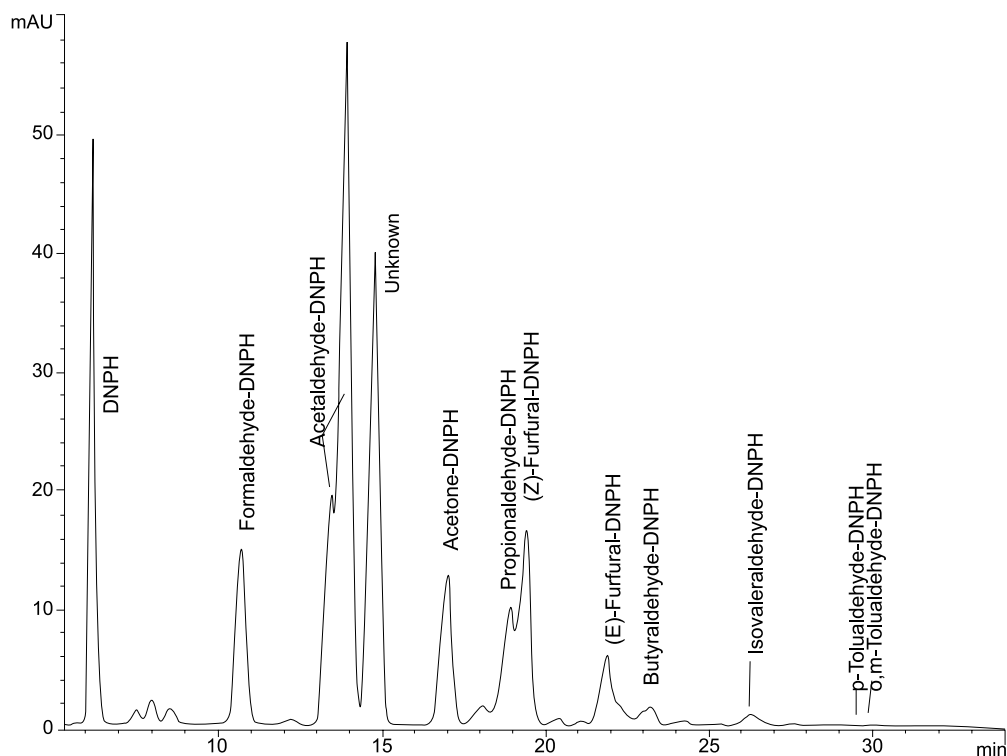


図3 木酢液から放散するアルデヒド類の HPLC クロマトグラム

それぞれ保管した。室温下における保存では光の有無の違いを検討するために、アルミホイルで遮光したもの、しないものを、低温下では遮光したもののみを準備した。経時的にホルムアルデヒド量を測定した。

ホルムアルデヒド含有量の 28 ヶ月間にわたる変化の様子を図 4 に示した。3 種の保存条件それぞれにおいてホルムアルデヒド含有量は緩やかな減少傾向を示した。明所室温と暗所室温の 2 条件では変化の様子がよく似ており、28 ヶ月経過後のホルムアルデヒド残存率は 45.3% (暗所室温) と 43.7% (明所室温) であった。明所室温と暗所室温条件との間には有意な差は認められなかった。これに対して暗所冷蔵条件では上記 2 条件よりも減少の幅が小さく、同残存率は 76.0% となっており有意差が認められた。減少の様子は、いずれの条件に置いた木酢液の場合でも実験開始後 12 ヶ月間の減少率が大きく、その後の減少率は比較的小さいことが明らかとなった。これらのことから光が

関与する反応はホルムアルデヒド減少の主な要因とはなっていないと考えられる。一方で暗所の条件では、室温と低温保存の条件ではホルムアルデヒド残存率が大きく異なっていた。このことからホルムアルデヒド含有量の減少には保存温度が要因になっているのではないかと考えられた。

一般にフェノール類と呼ぶ化合物群には、多種類のフェノール性化合物が含まれている。木竹酢液中のフェノール類も種類が豊富である。それらは抗菌性や植物制御活性など機能性に関与すると考えられており、それらの存在量は木酢液の品質評価において重要な項目となる。個々のフェノール性化合物についての変化を検討することも必要であろうが、紙面の関係もあり、ここでは構造的にフェノール骨格を有する物質を総じて表現する「総フェノール量」として評価した結果について紹介する。

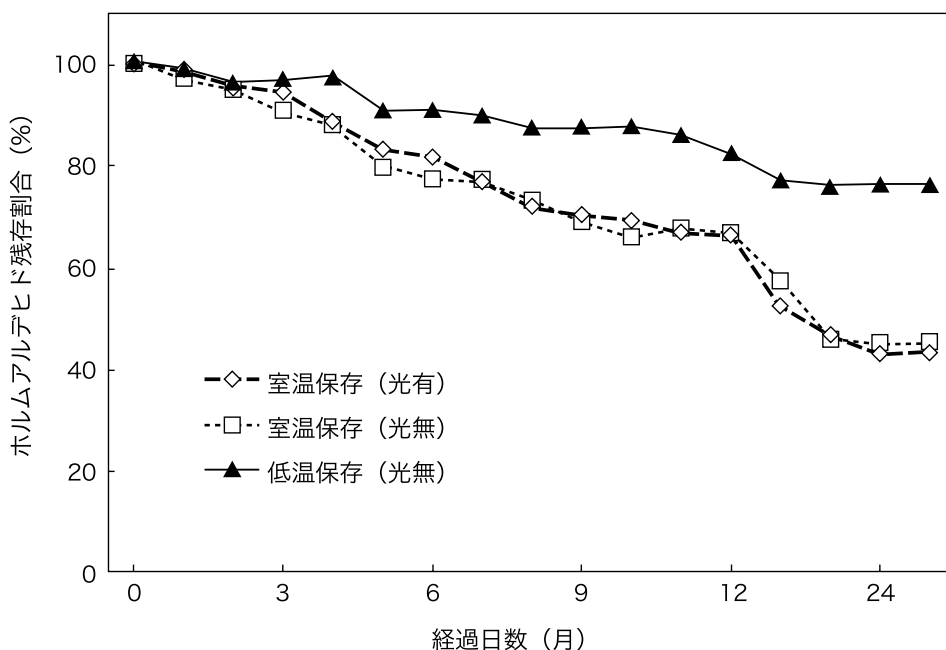


図 4 木酢液中のホルムアルデヒド濃度の経時的な変化

4. 木酢液中に含まれるフェノール類とその環境因子による変化¹⁷⁾

2006年12月下旬に製造した粗木酢液100mL（カシ、ナラを原料とした木酢液）を密栓のできるガラス容器（125mL）に入れ、室温下（15℃～28℃）、低温下（5℃前後）にそれぞれ保管した。室温下における保存では光の有無の違いを検討するために、アルミホイルで遮光したもの、しないものを、低温下では遮光したもののみを準備し、経時的に総フェノール量を測定した。

総フェノール量はFolin-Ciocalteu法に従って測定した¹⁸⁾。試料木酢液8μlを蒸留水で500μlに希釈し、同じく蒸留水で10倍に希釈したフェノール試薬2.5mlを加えて5分間経過後、7.5%炭酸ナトリウム水溶液2mlを加えて十分に混合し、暗所で2時間放置した。この溶液の750nmの吸光度を分光光度計を用いて測定した。没食子酸（gallic acid）を用いて

検量線を作成し、木酢液中のフェノール含量をmlあたりの没食子酸相当量mgとして評価した。

フェノール含量の28ヶ月間にわたる変化の様子を図5に示す。3つの条件いずれにおいてもフェノール含量は緩やかな減少を示した。このうち明所室温と暗所室温の2条件では変化の様子がよく似ており、28ヶ月経過後のフェノール残存率は67.8%（明所室温）と71.7%（暗所室温）であった。これに対して暗所低温条件では上記2条件よりも減少の幅が小さく、同残存率は80.4%となっていた。いずれの条件に置いた木酢液の場合も実験開始後、12ヶ月間で値の大きな減少が生じており、その後の減少の速度は比較的小さいことが明らかとなった。室温下では明暗の各条件において総フェノール量の減少の差はごく少なかった。このことから、少なくとも室内の蛍光灯下程度の条件であれば、光によって励起される反応はフェノール類減少の主要な要因とはなっていないと考えられる。

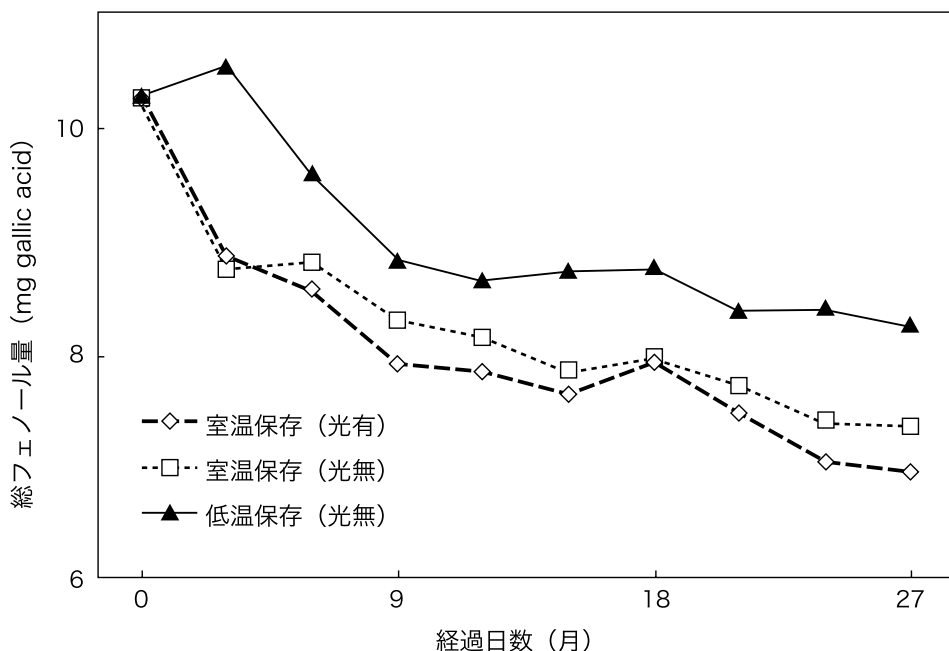


図5 木酢液中の総フェノール量の経時的な変化

一方で同じ暗所の条件でも、室温と低温の温度条件の違いによって減少幅に明確な差を生じていたことから、木酢液中のフェノール含量の変化には温度による反応速度の違いが最も大きく影響しているのではないかと予想される。

5. 経時的に変化する木酢液中のホルムアルデヒド量と総フェノール量

木酢液中のホルムアルデヒド量は経時的に減少していた。では減少したホルムアルデヒドはどのようなものになるのだろうか。揮発してしまったのかあるいは液中で何らかの物質と反応してしまったのだろうか。ホルムアルデヒドは水溶液

中では水和単量体であるメチレングリコールと水和重合体（ポリオキシメチレングリコール）の状態で存在していることが知られている¹⁹⁾。3-1-3で示したように木酢液中に含まれるホルムアルデヒドは揮発しにくい状態にあることも判明している。さらに揮散しにくい低温保存時においてもホルムアルデヒド含有量が減少し続けていたことを考慮すると、ホルムアルデヒドは木酢液中から揮散するだけでなく、液中において何らかの反応により消費されたのではないかと考えられた。

木酢液中の総フェノール量も経時的に減少していた。その挙動は木酢液中のホルムアルデヒド量の挙動とほぼ一致していた。このことは

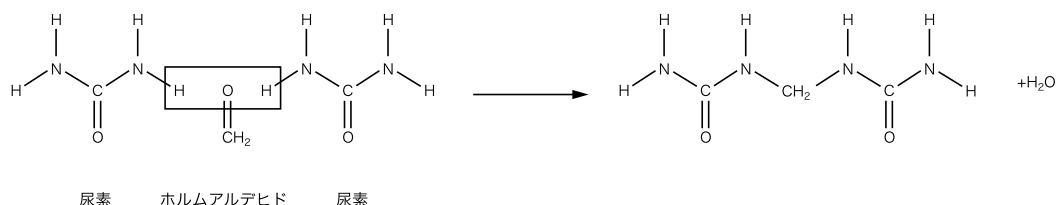


図6 ホルムアルデヒドと尿素の脱水縮合による尿素樹脂の生成¹⁸⁾

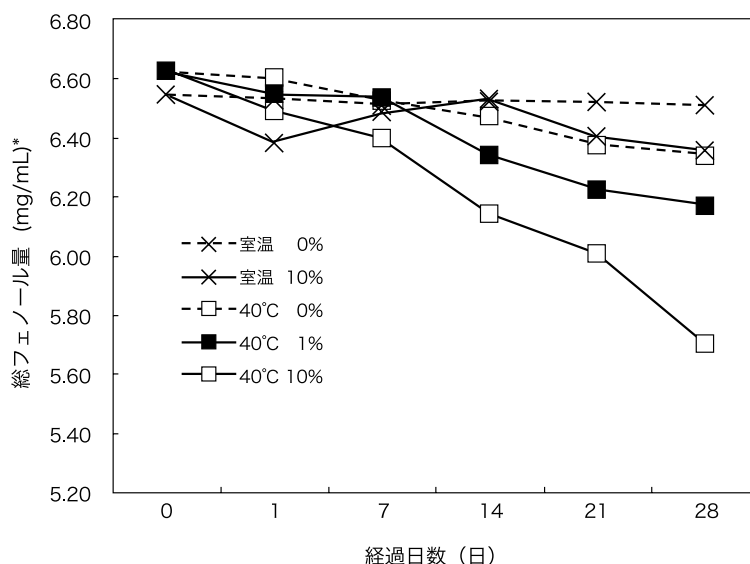


図7 ホルムアルデヒドを添加した木酢液中の総フェノール量の変化
*:gallic acid 相当量 (mg/mL)
凡例中の数値はホルムアルデヒドの濃度 (%) を示す。

フェノール類とホルムアルデヒドの間で何らかの反応が起きている可能性を示唆していた。木酢液中のフェノール類の一種は、フェノール性物質同士の重合による高分子化、さらにはタール状物質の生成などにつながることを西本らの研究により明らかにされている²⁰⁾。一方でホルムアルデヒドは合成樹脂などの重要な原料として用いられ、樹脂等の架橋形成において重要な働きを示すことが知られている¹⁹⁾ (図6)。

これらのことから木酢液中のホルムアルデヒドがフェノール類との何らかの反応において消費されていた可能性も考えられた。モデル的にホルムアルデヒドを一定量づつ木酢液に加える実験を行ったところ、興味深い結果が得られている。図7はホルムアルデヒドを添加した木酢液中の総フェノール量の経時的な変化の様子を調べた結果であるが、ホルムアルデヒドの添加濃度が高いほど、総フェノール量の液中の残存率が低く、即ち、タール化した物質の割合が高いことがわかっている。このことはホルムアルデヒドが木酢液中のフェノール類と何らかの反応を起こしていることを示唆しているのではないだろうか。

また、総フェノール量は実験開始後最初の12ヶ月で大きな減少が見られたことから、木

酢液の生成後約1年程度の静置期間をおくことでその後のタール状物質の生成を大幅に抑えることが可能であると考えられる。

おわりに

木酢液は木炭や竹炭を製造する過程で排出される副産物である。これらの製造技術は炭化という太古の昔から知られていたものであり、簡単にコストが掛からないことから有望なバイオマス資源の有効利用技術の一つであると考えられる。また、木酢液は原料が木材や竹から製造されるもので、環境に優しい素材でもある。これらのことから木酢液の需要は今後ますます増加することが期待される。

しかし木酢液の化学組成は本稿でも若干ふれたように気温や光、酸素などにより有機物の一部が経時的に変化を受ける。自然素材ゆえのことでもあるが、製造後の木酢液の保存法が重要なこととなるだろう。

木酢液に含まれる物質は多種類ある。そのため液としての機能も様々なものがあるだろう。これまでにも抗菌性や植物生長制御活性、抗酸化性、消臭性などが明らかになってきているが、さらに新しい機能も見いだせることだろう。今後の研究の進展が楽しみである。

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

- 1) キャロリン・リスター：抗酸化物質，二木鋭雄監修，フレグランスジャーナル社，東京，103pp（2006）
- 2) 二木鋭雄，島崎弘幸，美濃真：抗酸化物質，学会出版センター，東京，360pp，1994
- 3) 木質炭化学会：炭・木竹酢液の用語事典，谷田貝光克編著，創森社，東京，271-276，2007
- 4) 大平辰朗：炭化副産物の特性と利用，改訂4版木材工業ハンドブック，森林総合研究所，丸善，東京，1023-1032，2004
- 5) 農業資材審議会農薬分科会資料ホームページ，
<http://www.maff.go.jp/j/council/sizai/index.html>
- 6) 栗山旭：木材の乾留生産物，木材工業，**17**（3）：99-103，1962
- 7) 中野稔，浅田浩二，大柳善彦：活性酸素 生物での生成・消去・作用の分子機構，蛋白質核酸酵素，**33**（16）：2654-2874，1988
- 8) 大平辰朗：炭化副産物の特性と利用，改訂4版木材工業ハンドブック，丸善，東京，1023-1032，2004
- 9) 森本孝：フェノール類とアミン類の自動酸化，講座有機反応機構 **10** 酸化反応と還元反応（上），小方芳郎編著，東京化学同人，東京，1-10，1965
- 10) 渋谷栄，鹿野厚子，谷田貝光克：木酢液の酸化による組成変化，木質炭化学会誌，**6**（21）：21-26，2009
- 11) 松井直之，大平辰朗，谷田貝光克：木酢液の抗酸化成分，木質炭化学会誌，**1**（1）：39-44，2004
- 12) 渋谷栄，関根伸浩，鹿野厚子，谷田貝光克：木酢液に紫外線照射したときの成分変化に関して，木質炭化学会研究発表会講演要旨集，**7**，62-63，2009
- 13) 大平辰朗，松井直之，谷田貝光克，吉川正吉：木・竹酢液に含まれるアルデヒド類，第4回木質炭化学会研究発表会講演要旨集，29-32，2006
- 14) 木質炭化学会編：炭・木竹酢液の用語事典，谷田貝光克編著，創森社，東京，338-339，2007
- 15) EPA METHODS 8315A: Determination of carbonyl compounds by high performance liquid chromatography (HPLC)，1996
- 16) Uchiyama, S., Matsushima E., Aoyagi S., and Ando M.: Simultaneous Determination of C1-C4 Carboxylic Acids and Aldehydes Using 2, 4-Dinitrophenylhydrazine-Impregnated Silica Gel and High-Performance Liquid Chromatography, *Anal. Chem.*, **76**: 5849-5854, 2004
- 17) 大平辰朗，松井直之，谷田貝光克，吉川正吉：粗木酢液中のホルムアルデヒド，総フェノールの経時変化，第7回木質炭化学会研究発表会講演要旨集，56-59，2009
- 18) Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent., *Methods in Enzymology*, **299**: 152-178, 1999
- 19) 井本稔，垣内弘，黄慶雲：ホルムアルデヒド，朝倉書店，東京，734pp，1965
- 20) 西本円佳，堀啓映子，谷田貝光克，榎本雄司，小西淳一：木酢液の経時変化，第52回日本木材学会大会研究発表要旨集，613，2002

集積する都市電子廃棄物による中国の環境問題とその対策

—人間の安全保障とサステナビリティ学の実践的展開を目指して—

三好 恵真子*

*MIYOSHI Emako (大阪大学大学院人間科学研究科グローバル人間学専攻)

Key Words：中国・環境問題・都市電子廃棄物・人間の安全保障・サステナビリティ学

はじめに

冷戦体制崩壊後、世界の諸地域は急速に単一の市場経済の中に組み込まれつつあり、国際関係と秩序が劇的に再編される中で、中国の役割が益々増大している。一方でグローバリゼーション以降の初の世界の工場として君臨した中国であるが、改革・開放政策以来の経済のメカニズムの中に新たなグローバル経済システムの欠陥が内在化しており、世界各国から中国への環境問題の集約化が引き起こされている。この現象は英国や日本等のこれまでの世界の工場とは極めて異質な構造であり、その問題を一層複雑化させている。

爆発的な経済成長を続けている中国は、既にエネルギー・食糧の純輸入国へと転じており、それに付随して地域格差はもとより、大規模で多岐な環境問題が顕在化しており、年々その深刻さを増している。こうした対策への緊急性に鑑み、2004年に持続可能な発展や人間の安全保障等の理念を導入した和諧社会の創成という新たな環境政策目標が打ち出され、中国の環境政策における新たな局面を迎えたとも読み取れる。しかしながら、急速な社会変化に対する人々の意識と体制が連動しておらず、政策の下流化（人々の生活レベルでの実践）が求められるも

の¹⁾、むしろ問題は益々拡張しており、その課題解決には、もはや地球規模での英知が求められるといえよう。

そこで本研究は、中国の環境問題の中でもグローバル経済システムがもたらす負の影響が強く反映されている「都市電子廃棄物（E-waste）」に着目し、それらの現状における問題の所在を明らかにするとともに、環境改善・リスク低減のための実践的還元を試みるという、持続可能な社会に向けた包括的システムの構築を目指すものであり、ここでは論理展開とその実践の方向性を論じることとする。したがって本研究は、持続可能な発展から系譜され、より多面的な概念として再定義される、21世紀を先進する「サステナビリティ学（Sustainability Science）」の一つとして位置づけられるが、その具体的な実践的展開を重視することから、社会的合理性を踏まえた包括的環境改善・修復研究への昇華が期待される。

1. グローバル経済システムがもたらす環境問題及び求められる「人間の安全保障」

19世紀後半以降、英国、ドイツ、米国、日本と「世界の工場」としての冠を得た国が交代

でいくつか登場しているが、中国は、90年代前半の冷戦構造崩壊後に急進した「グローバリゼーション」以降の初の「世界の工場」として、世界市場に特異的な次元の影響力を及ぼすことになった。つまり、日本等の場合、日本製品輸出の大半が日本資本の製造業によって支えられていたのに対し、中国輸出は60%前後を外資製造業が占め、その比率は毎年上昇し続けている。よって、必然的に「世界の工場」としての中国は、先進国企業から生産を請け負うだけでなく、各国が分担すべき環境負荷も集約されることとなり、その結果、中国の環境悪化の著しい先鋭化を招いているのである。本研究では、その典型的な事例としての都市電子廃棄物に着目しているが、ここではまずグローバルなシステム上の欠陥を分析した結果を整理し、人間の安全保障の重要性を導き出してゆく。

1. 1. 越境移動する循環資源の弊害；集積する都市電子廃棄物による重金属汚染

我が国では、2000年に循環型社会関連六法^{*1}が成立し、循環型社会形成を目指して、廃棄物管理政策の法体系を整えられてきた。しかし、これらが想定していたのは、あくまでも「国内」における循環であり、経済のグローバル化の進展にともなって、循環資源（再生資源・中古品）の貿易による越境移動が拡大してきており、同時に環境汚染やリスクの移転問題も浮上している²⁾。途上国では、様々な廃棄物等の発生量の増加に加えて、人口の急激な増加や貧富の格差の増大等が進み、財政、組織の両面で適

正処理のための体制が十分に追いつかない場合が多い。よって、インフォーマル・セクターと呼ばれる公的な位置づけを持たない事業者がリサイクルの相当部分を担っており、不適切な処理による環境・人体汚染が懸念される。一方で、廃棄物を含めた循環資源等の国際間移動は、リユース・リサイクルがより安価かつ効率的に実施できる可能性があるとの見解^{*2}も見受けられる^{3, 4)}。したがって、もはや循環は国内だけを注視するものではなく、近未来的に国際的な循環型社会^{*3}の構築を目指してグローバルな視野から検討すべき時代を迎えている⁵⁾。

しかし、法整備が醸成されたとしても、人々の生活レベルでの実践においては矛盾が生じる場面も少なくなく、また上述のような経済的効果等をシュミレーションした理論分析が、必ずしも実体と一致するとは限らない。したがって、先行されるべきことは、「健康保護」といったある種の非経済的な配慮を十分に尊重して、ボトムアップ的指向により緊急対策を講じ、それら改善と連動して持続可能なシステム作りを整備してゆく必要がある。そこで、循環資源の国際的移動がもたらす負の影響が極めて強い都市電子廃棄物について、特にその対策が急がれる中国の深刻な事例に焦点を当てながら論じてみることにする。

国連環境計画（UNEP）の統計によると⁶⁾、世界で毎年約五千万トンの電子廃棄物が生じており、その内の7.2割が中国で処理されているという。すなわち、世界の工場として各国から

^{*1}「循環型社会形成推進基本法」、「建設リサイクル法」、「グリーン購入法」、「食品リサイクル法」さらに「廃棄物処理法」の改正、「新リサイクル法」

^{*2} テレビのブラウン管ガラスカセットのように生産拠点を海外への移転が進み、日本国内では廃棄物として処理せざるを得ないものが海外の製造工程では循環資源として有効利用が可能な場合もある〔環境省、2006〕。また、循環資源等の域内処理が収益性を満たさず、困難でも他地域に移動することで適正に処理／リサイクルの方が効率的である可能性を示す理論分析もある〔松波、2002〕。

^{*3} 国際的循環型社会は、環境省が提唱している概念である〔環境省中央環境審議会 廃棄物・リサイクル部会 国際循環型社会形成と環境保全に関する専門委員会 /2005年11月設置〕

電子部品が集まる中国は、電子ゴミの集積地でもあり、その処理に伴って引き起こされる重金属汚染への対策の遅れが問題視されている。

中国広東省スワトウ市近郊の貴嶼（Guiyu）村は、大量の都市ゴミ・電子ゴミが持ち込まれる電子ゴミ重金属中毒の村として知られている。中国政府は、2000年4月から使用済み電子電気製品の輸入を禁止しているものの、中古品を再製造して再輸出するための輸入は免除された。2002年には、部品を含めた廃電子電気製品の輸入が完全に禁止されたが、香港経由で実質輸入が継続しており、毎年100万トンを超えるコンピューター、キーボード、テレビ部品や携帯電話の廃品が、最終的に貴嶼にたどり着いている。全人口約12万人の貴嶼は、その約10万人が、電子廃棄物処理に関連した仕事に従事しているといわれる。よって、住民や出稼ぎ労働者の有害物質による健康被害は極めて深刻な状況にあり、また地元の河川・地下水や土壌の環境汚染被害も甚大であることが多方面から報告されており、以下具体的に挙げてみる。

貴嶼村は、それまで農業中心だったのに対し、1995年頃から電子廃棄物の受け入れをはじめており、それらの処理を始めてからは、農業よりももたらされる収入が多くなるに従い、最大規模の電子廃棄物処理地域に変貌していった。この問題に対して、最初に警告したのが米国の環境保護団体「バーゼル・アクション・ネットワーク（Basel Action Network：BAN）」による報告書であり⁷⁾、世界を震撼させ、国連やNGO団体の関心を吸引する契機となった。解体に従事する労働者たちは、換気設備の不十分な場所で、手袋やマスクなどの防護装備もなく、作業を行っている。若い女性たちも、電子基板からリサイクルできそうな金属を取るために、練炭の火鉢で電子基板をあぶっており、真っ黒な煙を毎日吸い続けている。このBANの予備調査によれば⁷⁾、電子廃棄物焼却地の近くの川

の水から1.9mg/Lの鉛が検出されており、この値は、WHOの基準の190倍に相当する。さらにグリーンピース・チャイナは、2003年より中国の電子廃棄物削減運動を始めており、当時、海外のマスコミや環境団体との連携を通じて、貴嶼の実情を世界中に伝え、中国の劣悪な電子廃棄物処理の現状を広く知らしめた。

こうした環境汚染への懸念の高まりに連動して、住民の健康被害やリスクに関する疫学的・医学的調査も進んできている。スワトウ大学病院は、貴嶼地域の住民に関して、皮膚の炎症、頭痛、目眩、吐き気、慢性胃炎の高度の発症を報告している⁸⁾。また、貴嶼村の4つの幼稚園の1歳から6歳までの165人の子どもたちを対象とした調査では、82%の子どもの血液から100μg/Lを超える鉛が検出され、これは子どものIQ・中枢神経の発達や将来の生殖機能などに悪影響を及ぼすレベルに達していた⁹⁾。さらに、貴嶼周辺と隣接する澄江（Chendian）に住む8歳以下の278人の子どもの鉛とカドミウムの血中濃度を調査した結果によれば、貴嶼の子どもの澄江と比較して著しく値が高く、平均身長も有意に低いことが示され、また年齢が増加するにつれて、重金属の濃度が高くなることが明らかになった¹⁰⁾。しかしながら、医療体制が不十分で、出稼ぎ労働者も多く、住民の健康被害の全容は明らかにされていない。その他、芳香族炭化水素(PAHs)¹¹⁾やPCBやプラスチック類の燃焼により非意図的に発生するダイオキシン類(PCDD, PCDF)¹²⁾の土壌汚染に関する学術的調査も行われており、二次的被害の深刻さも明らかにされている。

こうした状況に鑑み、国家環境保護総局は、2005年4月に改正された「固体廃棄物環境汚染防治法」を受けて、2007年10月に「電子廃棄物環境汚染防止管理弁法」を公布し、2008年2月に施行した。この法律では、中国国内で不法分解・処理等が原因で地下水汚染等をもた

らすとして深刻な問題になっている電子廃棄物の分解処理の対処が目的となっている。すなわち、電子廃棄物分解処理業務に従事する業者を地域ごとに名簿登録をして管理し、この名簿を公表するとともに、分解処理を個人または未許可業者が行うことを禁止している。よって中国では法律上、未許可で電子廃棄物の分解を行うことが禁止されているものの、現実の実態は矛盾が生じている。すなわち、人々は生活のために仕事を失うことを恐れ、法規制が無視され、未許可での解体処理労働が続けられているのである。

1. 2. 人間の安全保障:政策の下流化（生活）による評価と主体としての人間への注視

以上のように、都市電子廃棄物の問題の根底にも「政策決定（上流）とその成果（下流）との剥離」が明白であり、人々が様々な脅威にさらされている「日常生活」への注目¹³⁾が欠如していることが示唆される。よって、政策決定とその成果との距離を克服するための「人間の安全保障」を目指す挑戦が求められることは間違いない。

人間の安全保障の概念は、1994年の国連開発プログラムにおいて、「脅威からの自由、欠乏からの自由」を政策の二大課題として取り上げられたことから、広く精通するようになった。しかし、その発信から10数年の時を経て、包括的すぎるゆえに乱用されがちなマニフェストの性質の限界を超えて、課題認識のツールとして、あるいは実践の場やそのあり方を示唆する媒体としての人間の安全保障の概念の成熟化と変容を遂げている¹⁴⁾。すなわち、諸処の政策が実践された結果としての生活の変化（下流での変化）から評価するという視座を盛り込み、「個別性へ、文脈へ、具体性へ」¹⁾という姿勢を、単に認識状の課題とするのではなく、政策策定に先行する状況の評価から政策効果に至るまでの一連の行動に反映させてゆくことが肝要

になるであろう¹⁴⁾。これは、個別政策の効果の有無の評価で終わらせるのではなく、それらが人間生活の文脈においてどのような意味を持ち得るかを検討することにその意義が存在するといえる。さらには、下流への注目の最大の利点は、特定の政策の「受益者」という位置づけから人間を解放し、生活への脅威を認識する主体、自らの判断に基づいて行動する人間の「エンパワーメント」に着目している点である。すなわち、個人や地域がその自活能力を高めて、状況を十分に理解した上で、自らの望ましい生活が決定されてゆく過程における最も積極的な「主体（参加者）」になることを意味しているのである¹⁴⁾。

こうした人間の安全保障の視座は、従来の政策関連諸科学への挑戦とも捉えることができ、実践学としての政策学への昇華が求められている。本研究では、さらなる前進を目指して、緊急課題解決を含む持続可能な社会に向けた包括的研究により、都市電子廃棄物に対する具体的な論理・実践的展開の方向付けを以下に論じることとする。

2.

サステナビリティ学的重要性と本研究における実践的展開

環境問題のみならず、中国は、人口・食糧、エネルギー等のあらゆる側面において、全世界に決定的に影響力を及ぼす最も脅威の存在として君臨しており、その課題解決のためには、地球規模での英知が求められるといえよう。しかし、こうした諸問題は、一面的に分析・評価することが不可能であるため、共通の課題に対する学際的協力体制の構築とそれを基盤とした将来ビジョンを掲げる総合的システム研究が肝要になる。つまり自然科学的な理解や技術・方法論だけでなく、社会や経済・政治の仕組みをどのように変えてゆくか

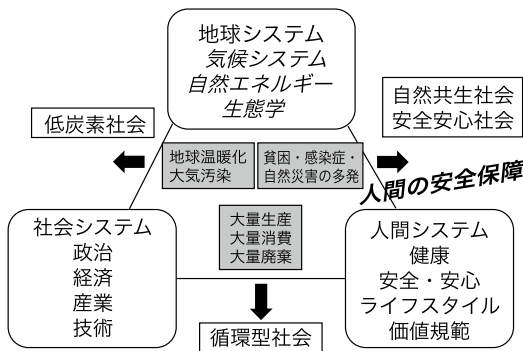


図1 サステナビリティ学の3つのシステム¹⁵⁾

を含めて、長期的な視野で時間的・空間的な変化の相に沿って体系的に分析する必要があるが、さらにその課題解決のためには、国内での自助努力と他国からの国際協力とが連動して、システムの欠陥を補完することが急務になる。したがって、中国社会の内部および外部からの学術的・実践的力価の相乗作用なくしては、現行の中国の環境問題を解決する糸口は見つからないと言っても過言ではない。

特に強調すべき点は、多分野融合の基盤により持続可能な社会の実現をめざす方向性へ導いてゆく試みが必要になり、こうした新しい学問体系として注目されるのが21世紀を先進する「サステナビリティ学」である^{15) 16)}。これは地球・社会・人間という3つのシステムおよびそれらの相互関係の破綻がもたらしつつあるメカニズムを解明し、持続可能性という観点からシステムの再構築と相互関係を修復する方策と

ビジョンの提示^{*4)}を目指すものである（図1）。サステナビリティ学連携研究機構（2006年創設、東大、京大、阪大、北大、筑波大の連携）の尽力により、その理念的枠組みは整いつつあるが、現在ではその具体的な「実践的成果」への期待が高まっている。

したがって、中国の環境問題を対象とする本研究では、「持続可能な発展」から系譜され、より多面的な概念として再定義される「サステナビリティ学」を基礎とするが、「人間の安全保障」に目を向けるという特徴から、健康、安全・安心、ライフスタイル、価値規範を扱う「人間システム」に主軸を置いて検討してゆくが、「地球システム（気候変動、生態系など地球規模の人間の生存基盤を扱う）」や「社会システム（経済成長、技術革新、産業などを扱う）」の側面から分析する専門家と「対話の構造」を醸成し、各システムの相補的連携により、総合的な課題解決策につながることを目指してゆきたい。ここでは、研究対象に対するサステナビリティ学の実践的アプローチを具体的に検討してみる。

2. 1. 国際循環型社会への展望と貴金属回収と土壌改質の技術開発

循環資源の国際的な移動に関する主要な枠組みとしては、多角貿易体制とバーゼル条約^{*5)}により規制を受けている。バーゼル条約では、廃棄物に排出経路や有害特性等を踏まえて、規制対象を示しており、その対象物品について、

^{*4)} システム間の破綻がもたらす諸問題に対して目指されてきた「低炭素社会」、「循環型社会」、「自然共生社会、安全・安心社会」等の諸処の社会的ビジョンは、これまで個別に論じられてきたが、これらを包括しながら、持続可能な社会の実現をめざす総合的なダイナミックな社会像を提示することが求められている。

^{*5)} 1980年代に国際間の有害廃棄物不正輸出入取引が相次いだため、国連環境計画（UNEP）を中心にルール作りを検討し、有害廃棄物の輸出について許可制、事前審査制を導入、不適正な輸出入が行われた場合は政府に引き取りの義務づけなどを設けたバーゼル条約（「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」）が1989年3月22日にスイスで採択され、92年5月5日に発効した。

輸出入の承認が必要などの枠組みが定められている。しかしながら、その締約国の3分の2が途上国であるということもあり、多くの締約国の中で製造者責任の導入、使用済み機器のテイク・バック・スキームの構築への取り組みがあまり進んでいない。さらに、経済格差、技術格差、その他の問題から、大半の国が、政策、経済、技術的に、有害廃棄物をはじめとする廃棄物の環境上適正な管理に達成することが困難な状況にある。

我が国における循環資源の輸出入に際しては、廃棄物処理法およびバーゼル法^{*6}による規制を受ける可能性がある。前法は、占有者にとって価値の有無に着目しているのに対し、後法は有害性に着目して規制対象物を規定しているという違いがあるために、両方の規制対象範囲は異なり、両方が適用される品目、一方のみ適用される品目、両方の適用を受けない品目が存在する(図2)。循環資源の国際的な移動については、これに含まれる有害性等の環境負荷や資源としての有用性といった性質に即して、その是非を考える必要があり、さらに循環資源の内容や検討範囲等を明確にした上で、環境汚染の防止が資源有効利用の前提であるという確固たる方針が求められるであろう。

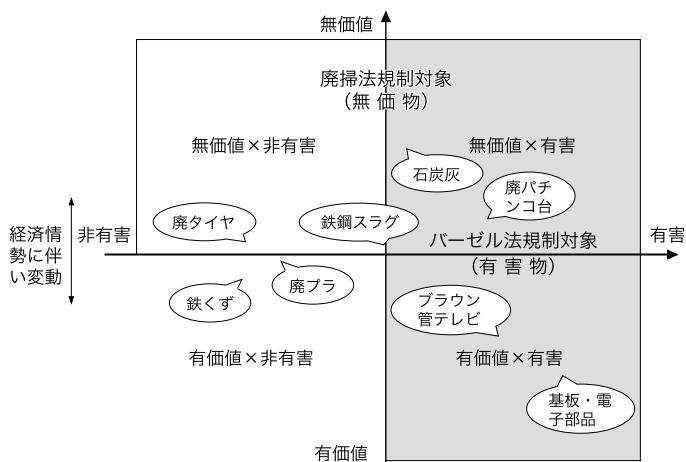


図2 我が国の廃棄物処理法とバーゼル法の適用範囲と対象品目例³⁾

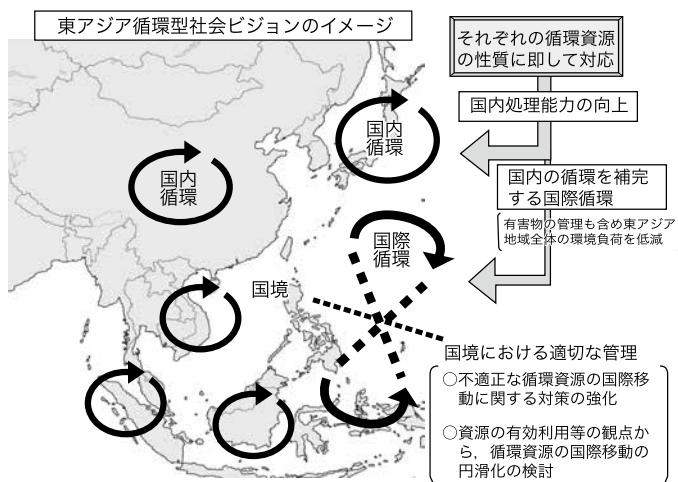


図3 東アジア循環型社会ビジョンのイメージ¹⁷⁾

上述した国際循環型社会を構築するための基本的な視点として、以下三点が日本の環境省により提唱されている^{5, 17)} (図3)。

1) 各国の国内での循環型社会の確立

国際的循環型社会を形成するためには、まず各国の国内における廃棄物の適正処分や3R^{*7}

^{*6} バゼル条約を国内において実施するため、1992年に「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律（バーゼル法）」を制定し、1993年9月には国内法の所管省庁である環境庁、厚生省、通産省（当時）において関係政省令等の整備を完了した。

^{*7} Reduce（廃棄物を出さない）、Reuse（再使用する）、Recycle（再資源化する）の略称。廃棄物をできるだけ出さない社会をつくるための基本的な考え方。

の推進能力の向上が最優先の課題であり、適正処理体制を確立して、国内の循環型社会を形成することが最も基盤となる。

2) 廃棄物の不法輸出入を防止

1) を前提として、ある国で実施不可能な廃棄物・循環資源の有効な利用・処分を他の国で行うことにより、有害物質の管理も含め、地域全体の環境負荷低減に資することになり、こうした適正な廃棄物・循環資源の越境移動を実現させなくてはならない。

3) 循環資源の輸出入の円滑化

1) および 2) が確実に行為れ、環境汚染の防止が十分に確保されるとともに地域全体の環境保全に資する場合にはじめて、補完的に循環資源の越境移動による「資源」としての有効利用が可能となる。具体的には、優れた技術を有する国が他国で困難なりサイクルを引き受ける場合や、低コストでリサイクル、生産拠点の立地に対応したリサイクルが実施できる場合の2つが挙げられる。

中国を含むアジアの経済発展における社会的能力を、これまでの伝統的な工業化から環境保全指向型にシフトすることが求められるのだが、システムを一挙に整備することは当然ながら困難である。さらに、こうした電子廃棄物に越境移動は、地球規模での問題であるため、地球規模での対応が求められるとともに、地域規模での協力も不可欠になる。したがって、東ア

ジアを中心とした取り組みを包括し、循環型社会実現に向けてのアジア独自の考え方（アジア・スタンダード）などを整備しながら、「東アジア循環型社会ビジョンの構築」を目指すことが急務であろう。その上で、アジア太平洋地域、さらには全世界へと取り組みを広げつつ、真の循環型社会の理念を世界で共有してゆくことが求められる。

しかしながら、上述したように主として東アジアを包括する法的整備と関連システムを構築するとともに、それら政策の下流化による生活レベルでの実践的評価も具体化してゆくことが重要になる。すなわち、論理実証主義的な姿勢に傾倒することなく、生活の中に存在する未解決なままの状態の痕跡に注視して、改めて政策の有効性が問われるべきことを忘れてはならない。人間の安全保障は、事の発端が開発途上国地域固有の課題として捉えられてきたものの、現在は先進地域・開発途上地域の境界を越えたグローバル・イシューとして拡大しており、本研究も東南アジア地域における人間の安全保障の構築に直結する取り組みの展開が望まれる。

さらに先行されるべき事柄として、当面直面している重篤な環境汚染を改善して、人々の生活を脅かす脅威から脱却を図ることが急務であることは既に述べた通りである。そこで本研究では、グローバルな責務からも、こうした中国における重金属汚染土壌の修復・改善に対する

^{*8} 同時にペルーのポトシ銀山とそこへ水銀を供給したワンカベリカ水銀鉱山における水銀汚染・健康被害の実態について追跡するとともに、これらを含む植民地時代の主要銀鉱山を対象に水銀ストック量の推算を数学的に試みた結果、当時の急性的健康被害はもとより、数世紀もの時を超えて莫大な水銀がストックされ、今日までに及ぶ人々の健康被害や環境汚染をもたらしている懸念が浮上してきた。しかし一方で、本地域の地理的条件に鑑み、放出された水銀は、廃鉱中の貴金属と反応して安定なアマルガム（水銀との合金）を形成している可能性が推察された。この理由として、佐渡金山周辺の海域での底泥中水銀の成分構成は、アマルガム化している可能性が指摘されており、ここでの場合も、河川・湖沼での堆積底泥中での反応になるため、海洋の条件の場合よりもアマルガム化の可能性は極めて高いと考えられた。

^{*9} 特許申請予定

包括的・持続的システム構築の緊急性を重視し、応用技術開発の実践的展開を目指して着々と準備を進めている。

そもそもの本技術開発の発端は、旧スペイン領アメリカにおいて、16世紀中庸から19世紀中庸までの数百年にもわたり広く汎用された水銀を用いた金属製錬（水銀アマルガム法）に着目し、歴史的史料を読み解きながら、当時の製錬技術の工程について、現代科学（主として製錬工学理論とその応用技術）の視点から再評価を試み^{*8}、模式図としてまとめ上げることに成功したことによる^{18~20)}。本研究では、環境修復技術として、この水銀アマルガムの古典的基礎的反応理論を分析することにより、水銀汚染土壌の改質と貴金属回収・再生資源化を連動させた新規手法を既に構想しており、現在、基礎データを集積しながら、体系化のプロセスを踏んでいる^{*9}。

さらに具体的な応用実践に向けて、製錬工学・技術開発の研究支援者の協力の元に、種々の開発プロセス（ベンチテスト、パイロットテスト）を経て、近未来的に中国の都市重金属廃棄物の環境改善・再資源化の実践的還元の実現を目指してゆきたい。さらには、国内外の研究協力者との協働体制を強化しながら、現地における環境汚染の実態調査も並行して取り組み、複層的要因を明らかにしつつ、グローバル・ローカルの両面からシステム上の欠陥を討究して、諸処の改善策を総合的に検討してゆくことが求められるであろう。

おわりに

2004年、日中間の年間貿易額は、これまで主軸であった日米間のそれを超えたことが発表され、最大の貿易パートナーとしての中国の存在と、今後の日中関係の重要性を示す象徴的な出来事となった。また、対中投資のための中国現地法人を設立した日系企業が3万5000社に

及び、企業駐在員を中心に在留邦人数も10万人を超え、中国に対して920万人規模の直接・間接雇用効果を生み出す等、物・資金・人による経済要素の交流拡大が、かつてない相互依存関係の重層の実態を浮き彫りにしつつある。一方で、対日輸出野菜残留農薬事件など、食の安全性を巡る問題に見られるように、日中両国の経済関係の進展にくらべ、政治・外交、文化、草の根交流といった分野では数多くの課題が残されている。

したがって本研究では、東アジアにおける人間の安全保障の構築を目論み、環境技術における国際貢献に資するとともに、環境問題を巡る日中双方の摩擦を解消するような社会的コンテクストを導き出すことに挑戦している。これらの研究は、学際的中国地域研究のプラットフォームの構築を目指しながらダイナミックに共進化している「大阪大学中国文化フォーラム」²¹⁾に軸足を置いて検討していることを強調しておきたい。すなわち、国家の相対化は分野を超えたグローバルな潮流となっており、学際的アプローチによる知の集積を実践的地平に生かすことは極めて重要になるものの、具体的な人間の生存のあり方や複雑な社会動向を把握するためには、現地語を介した緻密なフィールド調査・分析が重要な鍵を握ると考えられ、中国地域研究の体系化とその成就に注目が集まるゆえんであろう。

以上のように、本研究の実践的展開は今まさに歩みはじめたばかりであるが、学際的中国地域研究の協働体制を糧に、環境問題などグローバル・イシューの観点から、中国及びそれを巡る近現代東アジア国際関係と歴史構造の検討を多次元的に行い、「交錯・対抗」の関係から「共存・共生・共創」関係への展望に立って、中国台頭に伴う21世紀の東アジアの国際環境変動のダイナミズムに対処すべき有効な諸策の具体的な提案を目指してゆきたい。

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

- 1) West, C.(1999), New Culture Politics of Difference., In Lemert, C. (ed.) "Social Theory: the Multicultural and Classic Readings", Boulder, Colorado, Westview Press, p.p.521-531.
- 2) 小島道一(編)(2005)『アジアにおける循環資源貿易』日本貿易振興機構(ジェトロ)アジア経済研究所, 183p.
- 3) 環境省(2006)『循環型社会白書(平成18年版)』ぎょうせい.
- 4) 松波淳也(2002),「廃棄物リサイクルと地域間連関－費用価格関係と技術選択－」, 地域学研究, Vol32.
- 5) 松波淳也(2007),「国際的循環型社会システム形成の可能性」大原社会問題研究所雑誌, No.580, p.p. 1-10.
- 6) UNEP(United Nations Environment Programme): Available at <http://www.unep.org/>, Accessed June 25, 2010.
- 7) The Basel Action Network (BAN), Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), (2002), Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia. Available at <http://www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf>, Accessed June 25, 2010.
- 8) Qui, B., Peng, L., Xu, X., Lin, X., Hong, J. and Huo, X.(2004), Medical investigation of E-waste demanufacturing industry in Guiyu town., In International Conference on Electronic Waste and Extended Producer Responsibility in China. Beijing, April 21-22.
- 9) Peng, L., Huo, X., Xu, X. J., Zheng, Y. and Qui, B. (2005), e ffects of electronic waste recycling disposing contamination on children' s blood lead level., J. Shantou Univ. Med. Coll. (In Chinese), 18, p.p. 48-50.
- 10) Zheng, L., Wu, K., Li, Y., Qi, Z., Han, D., Zhang, B., Gu, C., Chen, G., Liu, J., Chen, S., Xu, X., Huo, X., (2008), Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an e-waste recycling town in China., Environmental Research, 108, p.p.15-20.
- 11) Yu, X.Z., Gao, Y., Wu, S.C., Zhang, H.B., Cheung, K.C. and Wong, M.H., (2006), Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils at Guiyu area of China, affected by recycling of electronic waste using primitive technologies., *Chemosphere*, **65**, p.p. 1500-1509.
- 12) Recycling Heavily Contaminates a Chinese City with Chlorinated, Brominated and Mixed Halogenated Dioxins., *Organohalogen Compounds*, **70**, p.p. 813-815.
- 13) Obuchi, K.(1998) "Opening remarks at an Intellectual Dialogue of Building Asia's Tomorrow", Tokyo, December 2, 1998.
- 14) 梅垣理郎(2005)「ヒューマンセキュリティと総合政策学」, 総合政策学ワーキングペーパー, No.81, p.p. 1-30.
- 15) 三村信男・伊藤哲司・田村誠・佐藤嘉編(2008)『サステイナビリティ学をつくる－持続可能な地球・社会・人間システムを目指して』新曜社, 297p.
- 16) Komiyama, H., Takeuchi, K., Shiroyama, H., and Mino Takashi,(2010), Sustainability Science: A Multidisciplinary Approach, United Nation Univ.
- 17) 環境省中央環境審議会 廃棄物・リサイクル部会 国際循環型社会形成と環境保全に関する専門委員会 第二回中間報告概要版(2006年1月30日).
- 18) 姉崎正治, 三好恵真子, 染田秀藤(2009)「イスパノアメリカの植民地時代における銀鉱山での水銀汚染に関する地域動態の研究」, グローバル人間学, No.1, p.p.55-68.
- 19) 姉崎正治, 三好恵真子, 染田秀藤(2010)「ボトシ鉱山カリカリ貯水池決壊事故に関する技術的論考－植民地時代ペルーにおける鉱山業の技術的側面－」, グローバル人間学, No.2, p.p.19-35.
- 20) 姉崎正治, 三好恵真子(2011)「金属鉱山開発における鉱害事件からの教訓－植民地時代のボトシ銀鉱山ダム決壊事故と足尾銅鉱山鉱毒事件からの考察－」大阪大学人間科学紀要, 第37号.
- 21) 大阪大学中国文化フォーラム HP: <http://www.law.osaka-u.ac.jp/~c-forum/>

伝える心・伝えられたもの

—猿島茶—

宮尾 茂雄

(東京家政大学)

1. 猿島茶との出会い

今から数年前の1月、筑波に行った帰り、国道354号に沿って車を運転していた。夕暮れ時で、あたりはだんだん薄暗くなり、少し疲れも感じられた。水海道を過ぎてしばらくいったあたり、国道沿いに何軒もの茶店が軒を連ねていた。このあたりに茶の産地があるという知識もなかったので珍しく思われ、1軒の店の前で車を止めた。お話を伺うと茶農家の方が茶畑の管理から、煎茶の製造までを一貫して行う直販店が今もこのあたりには残っており、店のご主人、齋藤さんもお茶作りをてがけておられるという。その時淹れていただいた猿島茶（荒茶）は、しっかりと濃い味で、疲れた体に染み込むようで美味しく感じられた。その時以来、時々お茶を送っていただいている。

今年もわが家の茶の新芽が伸び、明るい日差しに耀く時節になった。静岡では晩霜の影響でせっかくの若葉が深刻な被害を受けたと報じられていた。東京では幸いそのようなこともなく、順調に生育した。五月初旬、八十八夜を過ぎた頃、思い切って茶摘みをした。太い幹から何本もの細い枝が分かれ、その先に新芽がついているので、直径30cm位のボール一杯、茶葉を摘むことができた。手元にあった「つくっておそぼう、茶の絵本」¹⁾を見ながら、ホットプレートを使って手揉みを繰り返し、やっと一握りほどのくぎ煮のようなゴワゴワとした煎茶？ができた（締りが悪く、粉末が多くふぞろいのものは不良品とのこと²⁾）。しかし、淡泊な味の中に新芽の力が凝縮しているようで、すっきりした香りが好ましかった。かつて春先にお茶をつくっていた祖母のことが懐かしく思い出された。

2. 猿島茶の歴史

国道354号が利根川にかかる少し手前、猿島台地は、関東ローム層と呼ばれる火山灰で覆われ、作物の育ちが悪く痩せた土地であった。雨が降るとぬかるみ、乾燥すると「空っ風」が吹き、土が舞い上がる。そこでは、昔から防風用の生け垣としてお茶の栽培が行われていた。猿島茶の栽培は1635年頃、この地方を治めていた関宿藩がお茶を奨励したことから始まった。生産量は増えていったが、品質が悪くあまり売れなかったようだ³⁾。そのころの作り方は、蒸した茶の葉をむしろの上でもみ、日光で乾燥させるだけの「日乾法」であり、江戸ではまったく売り物にならなかった。値段が安かったため、茶の木を引き抜くものもあり、茶園は荒廃していった⁴⁾。その後、天保の大飢饉（1832～1836年）に苦しむ農民を救済しようと、天保5年（1834年）豪農・名主であった中山元成（なかやまもとより、1818～1892年）と野村佐平治（1822～1902年）が宇治茶を手本に猿島茶の改良に取りかかった。

中山元成は宇治から製茶師を招き「焙炉法」という製法を学び、その知識と技術の普及に努めた³⁾。野村佐平治は日本橋の茶商、山本嘉兵衛から宇治茶の栽培法と製茶法を学び「江戸の花」という商

品名で売り出したところ、江戸で大評判になった⁴⁾。1853年、浦賀沖に黒船が来航し、アメリカ大統領の国書を携えたペリーは幕府に開国を迫った。この外交交渉の現場に関宿藩の若党として立ち会った中山元成は、猿島茶を輸出することを思いつく。1854年（安政元年）日米和親条約が締結されると、翌年中山元成は下田の玉泉寺に総領事ハリスを訪れ、猿島茶を紹介した。1858年（安政5年）日米修好通商条約が締結されると、翌年猿島茶はアメリカのポール商会を通して日本茶として初めて、アメリカに輸出された^{3, 4)}。現在の坂東市には「茶祖中山元成翁製茶紀功碑」が残されている（茨城県坂東市辺田 558-4）。

3. アメリカに輸出された猿島茶

日本茶の輸出は1600年代の初めにオランダ東インド会社が平戸から積み出したのが最初とされている⁶⁾。その後1859年（安政6年）横浜開港と同時に本格化し、幕末から明治にかけて、日本茶は生糸と並んで外貨獲得に大きな役割を果たし、飛躍的に発展していった^{3, 4)}。1890年（明治23年）には日本茶の生産量2万6000トンの85%に当たる2万2000トンが輸出され、日本の総輸出額の1割程度を占めていた⁶⁾。最大の輸出先はアメリカであった。明治から第一次世界大戦まで、猿島茶、狭山茶（写真1）、静岡茶、宇治茶など日本各地で生産されるお茶の60～90%がアメリカ市場で消費されていた⁷⁾。



アメリカへ輸出された
狭山茶の茶箱ラベル（蘭字）
当摩弥一氏蔵

写真1 輸出用ラベル（狭山茶、入間市博物館）

いったいアメリカ人は日本茶をどのようにして飲んでいたのであろうか。コーヒー好きのアメリカ

人が、渋い日本茶を好んだとは思えなかった。茶大百科⁷⁾の引用になるが、日本茶の人気の高かったのは、カリフォルニア州や、ノースダコタ州などであり、都市部よりも農村部で好まれ、珈琲や紅茶と同様に、ミルクと砂糖を混ぜて日本茶を飲んでいたという。16世紀から19世紀半ばまでイギリス人ははるばる東洋から海を越えて運ばれた（そのため大変に高価な）中国産の釜入り緑茶（グリーン）やウーロン茶（ブラック）に風味をよくする目的でミルクと砂糖を混ぜて飲んでいたという。その後イングリッシュティ（アッサム地方などに生育している紅茶に適した茶樹をインドやセイロン等のティプランテーションで栽培し、独自の製法（紅茶は酸化発酵茶）で生産された大英帝国紅茶を植民地から輸入できるようになり、今日の「紅茶文化」が確立した⁸⁾。当時のアメリカ人にとっては同じ東洋から運ばれてくる日本茶は中国緑茶やウーロン茶の代替品であったが、品質が精良で香味がアメリカ人の嗜好に合致したため貿易量は急増した⁷⁾。ミルクと砂糖を加えてお茶を飲む習慣は、そのままアメリカ大陸にも受け継がれたのだらう。

しかしミルクや砂糖を入れて飲用するとしても、太平洋を渡る長旅での品質劣化は避けられず、開港場のお茶場では再製火入れがほどこされていた。これは焦熱地獄の中で釜を使い手で攪拌するという非効率な重労働であった。1891年（明治24年）に再製機械が発明され、輸出茶の産地で

再製工程を行うことが可能になっていった⁷⁾。

アメリカへの輸出急増に伴い、粗悪茶（焙炉（はいろ）に代り、天日干の茶葉）、偽茶（柳葉、桑、クコ、オオバコなどの葉を混入して製造したもの）、不正茶（増量するために砂などを混ぜたものや炭墨で着色したものなど）がつくられ、アメリカでの日本茶の信頼を失墜させることになった。そこで1883年（明治16年）には各地の製茶業者が団結して、農商務省に偽茶・粗悪茶の取り締まりなどの建白書を提出した。この時、東京、静岡、京都などの代表とともに、中山元成も大いに尽力したという。

4. 製茶工場見学

私が以前勤務していた東京都農業試験場には製茶の研究室があった。その後秋葉原の食品技術センターに異動になり、製茶作業からは長く遠ざかっていた。齋藤さんに猿島茶の製造工程の見学をお願いしていたところ、5月下旬になって、茶葉の摘みとりと製茶を同時に行うという連絡をいただき、工場にお邪魔した。

茶畑にはサヤマカオリ、フクミドリ、ヤブキタ、在来種などが栽培されていた。品種により早生から晩成まで生育の早さに差があるため、茶葉の摘みとり時期を少しずつ、ずらせることができるそう（写真2）。今年は5月10日過ぎから茶葉の摘みとりが始まり、今月中には一番茶の摘みとり

りを終了する予定で、今が一年で一番忙しい時期とのことであった。二番茶は約90日後の7月頃に摘みとりを予定しているそう。

齋藤さんの工場では、生葉で約60kgを1回の生産量として、製造工程の管理をしている。茶摘み機（写真3）を使用して摘んできた生葉は、鮮度を保つために一時的に生茶管理装置に貯めておき、順次蒸気で蒸して（蒸熱）（写真4）、茶葉の酵素を不活性化する。蒸し終わった茶葉は（写真5）、冷却機で葉の表面の水分を取り除きながら冷やす。粗揉機を使い、回転させな



写真2 防霜ファンの立つ茶畑



写真3 機械による茶摘み



写真4 蒸熱



写真 5 蒸熱後の茶葉



写真 6 粗揉機内のフォークとヘラ



写真 7 揉捻機



写真 8 揉捻機 (擦る)



写真 9 精揉機 (茶葉の状態を見ながら行う)



写真 10 精揉機

がら力を加え、熱風で水分をとばす。粗揉機の内には竹材が張られ、フォーク状の棒で茶葉を散らし、ヘラ状の揉み手で葉を揉んでいく (写真 6)。次に揉捻機の揉茶と呼ばれる筒状の部分に茶葉を入れ (写真 7)、回転させながら上から圧力を加え、揉んでいくことで (写真 8)、茶葉は軟らかくなり、内部の水分が均一になる。その後中揉機を使い、さらに茶葉を揉みながら熱風で乾かす (再乾)。精揉機で茶葉に熱と力を加え、形を整え、最終的に針のような真っ直ぐな形に仕上げていく (写真 9、10)。揉み上げた茶葉を十分に乾燥し、均一に混ぜ合せると荒茶が出来上がる。その後

葉と茎の部分に分け、また異物なども取り除き、火入れなどの仕上げ茶工程があり、煎茶が出来上がる。

機械が導入される以前は、早朝に茶葉の摘みとりを行い、仕上げは夕刻になり、多くの人手が必要であった。手揉みでは、一人1日4kg程度の生産量であった。齋藤さんのお祖父さんにあたる方が、製茶工場を立ち上げられた。大変に熱心な方で、お茶づくりに没頭されていたそうだ。その方が亡くなられ、人手不足もあり、本格的な機械化を決められたそうだ。機械の導入には製茶機メーカーの方が何日も泊まり込みで調整に当たられ、そのおかげで今では茶葉を蒸し始めてから荒茶工程までが早ければ約4時間で終了するようになった。人手も齋藤さんご両親、茶畑で作業される数名の方で賄うことができるようになった。

製茶の機械化は明治中期から大正期に、ヒトの技を機械に置き換える形で進んでいった。製造工程は機械化されているが、機械の動作は人の動きを模写しているところがある。粗揉機内部のヘラの動きなどは、ちょうど人の手で茶葉をひっくり返したり、繰り返して揉みつけたりする動きに相当していた。荒茶の仕上げ段階では手の圧しを強くしていくように（手加減）、精揉機による押し加減（負荷）も微妙な調製ができるようになっていた。手揉み法の作業工程を手本に、多くの試行錯誤や工夫の積み重ねの中から、美味しい煎茶を作る今日の機械類が生み出されたことを興味深く思った。機械の方が人より上手にできるのではなく、人の手作業に習って機械の開発が行われてきた。手揉み茶の頃は、木炭の上に稲藁を燃やして出来た灰（藁灰、衣わら）を敷いて火力を調製し、その上に助炭を載せて、手揉みをしていたが、今ではガスと重油に置き換わっている。

齋藤さんのお話では栽培している茶葉にはそれぞれ個性があり、茶の製造工程にも独自のこだわりが出てくるといふ。茶農家、荒茶工場、仕上げ間屋（火入れ、煎茶）に大きく分けられるが、このあたりは自家茶畑の葉で煎茶まで仕上げる方が多く、それぞれ独自のこだわり、工夫があるという。工程ごとに温度、時間、圧力等の機器類のチェック、茶葉を取り出して、色、光沢、湿り気、粘り気、弾力性、手で握った時のかたまり具合などを確認する作業などで気が抜けない（写真11）⁴⁾。品質にバラツキのある生の原材料を使う食品製造現場ではこのようなご苦労が付きものなのだろう。「機械製茶とは、手揉みの手さばきを機械に置き換えることである。」という⁷⁾。今回製造工程を見せていただき、その事を実感した。

齋藤さんは大学を卒業された後、2年間東京の間屋さんでお茶の勉強をされた。その後、ご両親から現在の仕事を習い、今は中心になって製茶を行っている。齋藤さんが三代目、四代目はお子様達の時代になるのだろう。茶の木は生長が遅いので、なかなか背丈が伸びない。移植して5年目くらいから茶摘みをはじめ、約30年で植え替えていかないと、木の勢が悪くなり、茶葉の収量が減り、病気も出やすくなる。製造機器は何年かで更新する必要がある、今あるものをそっくり次の代の方に引き継ぐわけにはいかず、そのための設備投資も大変だとのことだった。



写真 11 茶葉の確認作業

猿島茶のコクは、茶畑の丁寧な土作りと冬の寒さにより葉が厚くなるなど茶葉の特質を熟知した茶農家の方の技から生み出されている。しっかりとした渋味が好ましく感じられる。

5. むかし茶畑があった

武蔵野台地にも防風垣として畑の境界に茶の木が植えられていた⁵⁾。知人の話では、子供の頃には国分寺あたりでも畦畔茶が作られ、その一部が生垣として今も残っているという。私も休みの日に自転車で杉並区内を周ってみたが、早稲田通り沿い、善福寺周辺などに茶の垣根が残っていた(写真 12)。生垣の持ち主の方のお話では、子供の頃(昭和 10～20 年代頃)、父親がお茶を作っていた事を覚えているという。国分寺や杉並のお茶作りは、猿島茶が産業として発展した歴史とは異なり、宅地化の波に姿を消していった。猿島茶との出会いは私が暮らすこの辺りにもかつて茶畑があり、お茶づくりが行われていたことを教えてくれた。



写真 12 杉並区内の茶生垣

神奈川で生まれ育った祖母の家には牛小屋があり、畑もあったという。そのすぐ近く、現在の相模原市の農事暦(文政 9 年(1826 年))には 4 月 3 日茶摘みと記されている⁹⁾。江戸後期、お茶作りはこの地方では農作業の一つであり、喫茶の習慣が農村にも定着していたことがわかる。私の子供の頃、昭和 20 年代前半は、東京でもまだ食物の乏しい時代であった。祖母は自宅の狭い敷地で鶏を飼い、野菜を作り、お茶の新芽が伸びる時期には摘みとり、煎茶を作っていた。特別な道具はなく、長火鉢の上に紙を敷いて、夕方までこの上で茶葉を揉んでいた。これは祖母にとっては幼い頃から慣れ親しんだ作業だったのだろう。今、家庭菜園の本を片手にキュウリやナスの栽培に挑戦している私を見て、「まあまあ、精がでること」と笑っているような気がする。

謝辞

煎茶の製造工程を見学させていただき、貴重なお話を聞かせて下さった齋藤様、ご家族の皆様に心より感謝申し上げます。

参考資料

- 1) 増澤武雄編：つくってあそぼう 25 茶の絵本，(社)農山漁村文化協会(2007)
- 2) 山口八郎：食品加工図説，農業図書株式会社(昭和 45 年，改訂 5 版)
- 3) いばらぎもの知り博士：日本で初めて海を渡った茨城の猿島茶，茨城県 HP
- 4) 茨城新聞：猿島茶の礎を築いた野村佐平治(茨城新聞，2008 年 3 月 29 日別刷り特集)
- 5) 入間市博物館特別展示図録：北限への旅路—茶の自然と歴史を訪ねて—(1995)
- 6) 高野 實，谷本陽蔵他：改訂 3 版緑茶の事典，(社)日本茶業中央会監修，株式会社柴田書店(2001)
- 7) (社)農山漁村文化協会編：茶大事典 I 歴史・文化 / 品質・機能性 / 品種 / 製葉 (社)農山漁村文化協会(2008)
- 8) 小池 滋，荒木安正他：紅茶の楽しみ方，新潮社(1993)
- 9) 秋山高志，北見俊夫他：図録農民生活史事典，柏書房(1991)



“薬膳”の知恵 (53)

Key Words : 薬膳 ■ 食養生 ■ 春

荒 勝俊*

人は誕生とともに「生きる」ことが課せられ、全ての知恵を集めて病気を予防し元気で長く生きる方法を模索しつづけてきた。長い歴史の中で人の生死と自然の摂理に対しての科学的思考が芽生え、それが中医学の思想を形作り養生法の開発へと自然に流れて行った。

中医学は、《すべての物質は陰陽二つの気が相互作用し、表裏一体で構成されている》と考える（陰陽学説）と、《宇宙に存在する全ての事象は“木・火・土・金・水”と呼ばれる五つの基本物質から成り、その相互関係により新しい現象が起こる》と考える（五行学説）に基づいた独自の整体観から構成されている。中医学の中には生活習慣に関する“中医養生”があり、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られた食養生（薬膳）や、生命のエネルギー源である“気”を養う事で内臓を丈夫にして慢性病などの予防を目的にした運動による養生（太極拳）などの養生法がある。

特に食事に関する“薬膳”は紀元前から重要視されてきた。西周時代（紀元前 1000 年ごろ）から皇帝の食事を管理する“食医”という官職が設置され、皇帝が病気になる前に病気を予防する医者とされ、“薬食同源”という観点から病気を予防するために食事が重要視された。薬膳は中医学の理論に基づき、適した食材や中医学を用いて、飲食・養生・健康の維持・疾病の予防・病気の治療のために作られる食事のことで、個人の体質に合せて作られたオーダーメイドの体に良い食事と言える。

今回は、食養生法としての旬の食材の紹介と、身体養生法に関して紹介する。



1. 食の養生（春の旬の食材）



中医学では、春は冬の寒さ（陰）が少しずつ減少し、暖かい陽気が次第に強まる季節（陰消陽長）と述べられている。春の陽気が盛んになると、私たちの体内における陽気も自然の気

* 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））

野菜	果物	魚類
 キャベツ  タマネギ  人参	 イチゴ  アボガド  びわ	 甘鯛  キス
 ラディッシュ  じゃが芋  トマト	 メロン  夏みかん	 鰹  シラウオ
 そら豆  さやえんどう  インゲン		 さより  ヤリイカ
 アスパラガス  パセリ  ニラ		 鮑  アサリ
 菜の花  竹の子  ゴボウ		 ヒジキ  ワカメ  昆布
 山菜  ふきのとう		

図1 春の旬の食材

に依じて活発に外に向かって発散する傾向にあり、エネルギー消費量も増す。そこで、春の養生の原則は体内の陽気の保持、即ち「養陽防風」にあるとされている。

貝原益軒の『養生訓』には、食養生として多食や満腹の害を説いている。いわゆる、腹八分である。また、同じ味の食物を食べすぎることはよくないこととされている。季節外れの食品を摂取する事は避け、旬のものを摂取するのが良い。以下に食の養生の基本を記しておく。

- ①もう一口食べたいところでやめる(腹八分)
- ②冷たい物や脂っこい物、辛い物、酒などを過剰に摂取しない
- ③季節の旬のものを摂取するのがよい
- ④胡麻、わかめ、海苔、ひじき、昆布を食べるとよい
- ⑥加工食品やインスタント食品を大量に食べない

春の食養生としては、春季は陽気が高まりだ

す時期であることを考え、辛、甘といった発散するものを食べ、酸、収斂の味のはあまり食べるべきではないと言われている。また、陽気を補う食物を多く摂るようにして、抵抗力を高め風邪の侵入を防ぐようにする。

気温が暖くなる春先になると新陳代謝が活発になり、肝臓の働きも活性化され、体内に溜め込んだ脂肪や老廃物が排出されて春の体へと変化する。こうした時期に欠かせない食材に山菜がある。昔から「春には苦みを盛れ」と言われており、冬眠から覚めた熊が最初に口にするのが「ふきのとう」だとも言われており、ふきのとうの苦みを体内に取り入れることで眠っていた体を目覚めさせると言われている。春の山菜には抗酸化力の高いポリフェノール群が豊富に含まれている。

春の旬の野菜としては、キャベツ、新玉ねぎ、人参、グリーンアスパラガス、新じゃが芋、さやえんどう、インゲン、そら豆、菜の花、ふき

のとう、蒨、竹の子、パセリ、ニラ、新ゴボウ、トマト、グリーンピース、ラディッシュ、山菜、あさつき、ウド、など、果物としてはイチゴ、アボカド、夏みかん、びわ、メロンなど、魚介類としてはさき、白魚、さより、真鯛、かつお、あおりイカ、剣先イカ、ホタルイカ、ヤリイカ、アサリ、あわび、ひじき、ワカメなどがある。



2. 身体の養生



病気は臓器の“気”が虚実の時に生じるので、不老長生術・神仙思想では“気”の調和を保つことが重要と考え、“気”を自由自在に動かす修練から《恬淡寂寞・虚無無為》の境地に達すれば超越者になり得ると考えた。“気”の調和は養神（精神修養）と養形（身体鍛錬）の修練によって高める事ができると考えられている。養神は、瞑想して精神集中を図る事で自分と宇宙を“気”を介して一つにする“内観存思”と、体内に金丹（意識を集中して病気を治療する術）を錬成する“内丹”から構成されている。また、養形は、導引（気功につながる健康体操）、行気（内気を意識的に巡らせる“意守丹田法”と外気を取り込み体内に循環させる“吐故納新法”が有名）、調息（細い呼吸で取り入れた“気”を体内に巡らす法）、房中（性交の際に精気をもらさず上丹田に環上させる法）、辟穀（腸内の汚れを予防する為に米・麦・トウモロコシ・粟・豆を食べない）、服薬（薬草だけでなく、石薬を飲む）、按摩（マッサージ）、などの修練で得られるとされている。このような修練法により“気”をコントロールする技術が精錬され、養生法として定着した。

後漢書に中国で初めて全身麻酔の外科手術を実施したと記載されている名医・華陀は、人体生理と医学的理論から構成された医療体操「五禽の戯」（虎、鹿、熊、猿、鳥）を作りあげた。《体

が不調な時に一禽の戯を行えば、汗が出て身体が軽くなり、食欲が出る》と言われ、健身と医療作用を兼ねた養生法として発展した。

達磨大師は527年に嵩山少林寺で修行をし中国禅宗の祖となったが、修業僧の体力と気力の向上を目的に、易筋経（筋肉の練成）、易骨経（骨の練成）、洗髓経（心の修練）、羅漢十八手（少林寺拳法）を作り上げた。気功法の原点となる導引術は陳搏によって発展した。内容としては、曆の二十四節氣に合わせて、座って膝を按摩し、身体を廻し、首を廻したりするものである。北宋時代（960～1126）になると、医療体操は大きく発展し“八段錦”が生まれた。曹庭棟が養生法に関して執筆した『老老恒言（1773年）』には、八段錦、華陀の五禽戯、婆羅門十二法、按摩法を含む導引法十二勢が収められている。こうした身体の養生法は気や血を巡らせる効果があり、気持ちを発散するのに大変有効であり、その後気功法や太極拳として発展し、現代に至っても脈々と受け継がれてきている。

2-1 気功

中国大陸において4000年以上前に発掘された新石器時代の壺に描かれている“亀の呼吸をしている人の絵”が気功に関する最古の資料と言われ、前漢初期の馬王堆漢墓で出土した“導引図”が気功の原典と言われている。また、“導引術”は中国中央部で発達し、“気”が病気と深いかわりを持つ事が中国最古の医学書「黄帝内経」において説かれている。1957年に劉貴珍が「気功療法実践」という著書の中で“気功”という名称が初め使われ、その後普及した。気功の種類は、“硬気功（武術気功）”と“軟気功（医療気功）”に分けられ、軟気功は更に、気功師から気を受けることにより治病を行う“外気功”と大自然の中から自ら気を取り込む“内気功”に分けられる。“内気功”は、動作を伴わない“静功（站椿功：たんとうこう）”、動作を伴う“動功（八段錦や五禽戯など）”、

マッサージや按摩などからなる“自我内功按摩”に大別される。1950年代に入ると、中国政府は医療事業統一の一貫として「中西医合作」の方針のもとで、気功など様々な中国伝統医学が見直され、気功法も体系化された。現在、中国では①八段錦(宋代の文献に記述)、②易筋経(達磨大師が伝承)、③五禽戯(医聖・華佗が創始者)、④六字訣(6つの文字を発声する気功法)、の四つの手法を政府推奨として制定した。

気功の基本は、腕、胸、背、脊柱、腰、膝などを比較的簡単な開合動作で動かすことにより体の内部を柔らかくマッサージし、内臓諸器官の働きのバランスを回復する養生法である。心身をリラックスさせ(放鬆)、心の安定した状態(入静)に導く事が気功の基本となっている。心身が安定してゆるんでいる状態で、動作、呼吸、イメージを用いて総合的に心身の自己コントロールを行なうのが気功の特徴である。

2-2 太極拳

太極拳は東洋哲学の重要概念である太極思想を取り入れた拳法で、形意拳、八卦掌と並んで内家拳の代表的な武術の一つであるが、気功と同じ様に先人が動物の動く様子を真似し、腹式呼吸と合わせて自らの健康を守る為に作り上げた養生法の一つでもある。紀元前4世紀ごろの老子の著書の中に体を屈伸させたり、うつむいたり、あおむいたり、腹式呼吸に合わせて腕や

手を動かす養生法が記されている。

太極拳発祥の歴史は諸説が有り、元代の張三豊が少林寺で武術を修めた後に武当山に入って修行し、道教の陰陽五行思想や吐納法と呼ばれる呼吸法を取り入れて編み出されたという説や、明代に河南省温県常陽村に強制移住させられた陳一族に家伝として伝えられていた武術を基に陳王廷が様々な武術の要素を組み合わせて創始されたという説がある。現在行われている太極拳は、清朝初期(17世紀中頃)に武術としての“拳法”の要素と、不老長寿の仙人が若さを保つため行ったと伝えられる“養生法”が統合されて作られた修業法(心身統一の為の意識と呼吸と動作の結合)から派生していると言われている。

武術として継承されてきた伝統的な太極拳は“伝統拳”と呼ばれ、“伝統五派(陳氏太極拳、楊氏太極拳、呉氏太極拳、武氏太極拳、孫氏太極拳)”の流派に分類される。陳式太極拳は全ての太極拳の源流であり、河南省陳家溝の陳一族を中心に伝承されてきた。動作は剛柔相濟、快慢兼備を特徴とし、太極拳に特徴的な柔軟さや緩やかに加え、震脚(全身を沈め、強く脚を踏みしめる動作)や豪快な発勁を伴いう事で全身の勁を統一的に運用する。楊式太極拳は、楊露禪が陳長興に師事し、その後北京の王府で太極拳を伝授した。その過程で難度の高い動作をなくし、伸び伸びとゆったりとした習得しやすいものに変えた。楊式太極拳の理論書として、楊班侯伝の「太極拳九訣」や楊澄甫伝の「太極拳老譜三十二解」がある。呉式太極拳は、楊班侯(楊露禪の子)に師事した呉全佑により確立され、楊式太極拳を基本に確立された。武式太極拳は、武禹襄が楊露禪に師事し、その後河南趙堡鎮の陳清萍に学び、両派に工夫を加えて成立させた。孫式太極拳は、孫禄堂が武式太極拳の名家・郝為真に太極拳を学び、形意拳、八卦拳、太極拳の3つを融合させて確立した。共通



図2 太極拳

の基本功として“十三勢”があり、基本功が習得された後、“套路”、“推手”、“散手”と進むのが一般的である。

太極拳の型がゆっくりと演じられる様になったのは、楊式太極拳の祖・楊露禪に太極拳を学び始めた皇族や政府高官の中には年配者も少なくなく、老若何女に教える為に一見緩慢に見える動作に変えていったと言われている。しかし、柔にして正確なる動作が求められ、心身的には動く禪を求めねばならない事から、かなり高度な技術的課題が要求される。中華人民共和国成立以後、は、太極拳を多くの国民に普及させる為に国家体育運動委員会（現：国家体育総局）が各種の太極拳を編集し、1956年に制定拳として簡化24式・48式・88式太極拳が発表された。特に日本で普及している簡化24式太極拳は楊式太極拳の主要な24の動作から構成されており、動作の覚えやすさに重点が置かれ構成されている。更に競技志向を高めるために「太極拳競技套路」を創り、42式総合太極拳が発表された。近年、中国武術協会は更に簡単な8・16式・32式太極拳を加え、中国武術段位制の導入により一段（8式）・二段（16式）・三段（24式）・四段（32式）・五段（42式）太極拳に分類された。

太極拳が病気の予防や健康維持に効果を持つかといった研究も進められている。太極拳運動の特点として緩慢（ゆるやか）、柔軟（穏やか）、連貫（連なる）、バランス（均等）円和（まろやか）、自然、剛柔相済、といった特徴を持つ。特に、心静体松（心を静かにして身体をゆるめ）とリズムのある呼吸運動の組み合わせにより胸腔と横隔膜の運動を促すようにして血液とリンパの循環が強化され、体内の鬱血を減少する効果が予想される。さらに、太極拳は精神の集中が要求され、中枢神経系統を介して平息（鎮める）および調養（養生する）の効能が発生すると予想される。

今回は《春～初夏》が題材の古典落語を紹介する。『青菜』は上方の演目の一つで、江戸には3代目柳家小さんが移植して以降、小さん一門の得意ネタとなった。初夏のころの季節感あふれる作品で、6代目春風亭柳橋は爽やかな季節を見事に表現した。

ここで知っておきたいのは、「青菜」、「柳影」、「イワシの塩焼き」、「弁慶」。

「青菜」とは、蕪（かぶ）の葉と思われる。蕪は根だけではなく葉も食用として重要であったため「かぶな」と呼ばれ、種子は薬として用いられた。「柳影」はもち米と麴と焼酎で仕込んだ酒で、江戸では「直し」、京では「南蛮酒」とも呼ばれていた。「イワシ」は江戸市民の食の王様で、とにかく値の安いものの代名詞であった。最後のオチの「弁慶」は、「途方にくれる」・「困る」という意味の「立ち往生」の意味で用いられる。

【青菜】

初夏のさわやかなある日、隠居が出入りの植木屋と話をしている。

隠居：「ああ、御苦労さんです。植木屋さん、こっち来て一杯やらんかいな。」

植木屋：「へえ。旦那さん。ありがとうございます。」

隠居：「一人で飲んでいても面白くないので、植木屋さん相手に一杯飲もうと“柳蔭”を用意しておりました。」

植木屋：「旦那さん、柳蔭ちゅうたら上等の酒ですな。いただいてよろしいのですか。」

隠居：「遠慮せんと飲んでおくれ。」

植木屋：「それではいただきます。」と、柳蔭を御馳走になりすっきりいい気分。

隠居：「家の者が庭に水を撒くと水たまりができてたりするが、そこへいくと植木屋さんは満遍



図3 青菜（江戸）

なく撒いてくれるので、青いものを通してくる風が、ひときわ気持ちがいい。」

植木屋：「さようですか。こちらのお屋敷はどこを見ても青いものばかりだが、私共はこんな商売をしておりますも、家に帰ったら青いものなど見る影も無いですから……。なにしろ、私の家は長屋のいちばん奥だから、風が入ってくるといって、あっちの羽目にぶつかり、こっちのトタンにぶつかって、すっかり生温くなくなってから家に入ってくるんでね、化け猫でも出そうな風なんですよ。」

隠居：「化け猫の出そうな風とは面白い事を言いますな。鯉の洗いも食べて下さい。」と鯉の刺身を勧める。

植木屋：「鯉ちゅうたら、大名魚言うて、私ら滅多に食べられません。」とこれまた鯉も御馳走になる。

隠居：「青菜も食べて下さい。」

植木屋：「青菜といったら大名菜言うて、…」

隠居：「そんなアホなこと言わないでおくれ。そんなら少し待っておくれ。」と隠居手を叩き、「奥や！奥や！」と声をかける。

次の間から来た奥方に青菜を出すように伝える。ほどなく出てきた奥方が「鞍馬から牛若丸が出でまして名も九郎判官」と隠居に伝えると、隠居：「ああ、義経。」と答える。

隠居：いぶかる植木屋に対して「どういう事が

というと、もう食べてしまって青菜が無いのだが、貴方の前で言うのはみっともないから、奥方は《名（菜）も九郎（食ろう）判官》と言った訳だ。そこで私もよしとけ（義経）と、隠し言葉で言った訳だ。」

植木屋はご隠居の風流にすっかり感心して

植木屋：「そんなら、うちの嫁にも言わせませすわ。」と、飛んで家に帰る。

女房：「おまえさん、何をぶつぶつ言いながら歩いているんだよ。お前さんが帰ってくる頃だと思うからイワシを焼いて待ってたんだよ、イワシがさめちゃうよ。」

植木：「あれっ、こん畜生、おれの面見りゃ、イワシだ、イワシだって。」

女房：「何を言っているんだよ。鰯じゃないものを鰯だって言ってる訳じゃないんだ。早く家に入って、食べちゃいな。」

植木：「なんでイワシを頭ごと焼くんだ。食べねえじゃねえか。」

女房：「何言ってるんだいお前さん、知らないのかい？頭は栄養になるんだよ、まるごと食べた方が。犬をござらんよ、風邪ひかないだろ。」

植木：「あれっ、おれと犬と一緒にしやがって。いや、そんな事より、今日は感心しちまったと、嫁に隠居とのいきさつを語る。

植木屋：「さすがはお屋敷の奥様だ。同じ女ながら、こんな行儀のいい会話はお前にはできないだろう。」

嫁：「言ってるから、鯉の洗いを買ってみな。」

植木屋：「言うたな。もうすぐ大工の熊が来るから。用意しとけ。」と急ぎ酒肴を用意させ、嫁を押し入れに入れてしまう。

植木屋：「ああ。植木屋さん、たいそうご精がでるねえ。」

大工：「何を言ってやがる。植木屋はおまえじゃないか。俺は大工だ。」

植木屋：「植木屋さん、柳蔭飲んでいかんかね。」

大工：「ご馳走になるわ。…これ、濁酒やない

ですか。]

植木屋：「ああ。そうですか。」と、ご隠居との会話をそっくりリピートしようとするがなかなかうまくいかない。

植木屋：「あんた、青菜はお好きかな。」

大工：「大嫌いだよ。」

植木屋：「タダ酒を飲んで、イワシまで食って、今さら青菜が嫌いとはひどい。ここが肝心だから、頼むから食べると言ってくれ。」と泣きつかれ

大工：「しょうがねえ。食うよ！」

植木屋：「それは良かった。奥や！奥や！」

待ってましたとばかりに、植木屋はうれしそう

に手を叩く。

嫁：「はい旦那さん。」と押し入れから女房が転げ出す。

大工：「あれ！嫁さんが押し入れから出てきた。不思議な家だ。」

嫁：ところが「鞍馬から牛若丸が出でまして、名も九郎判官義経。」と、植木屋の台詞までみんな言ってしまう。

植木屋：「ええっ！！…弁慶にしておけ。」

植木屋が立ち往生してしまったというオチで終わるわけですね。

*****◀

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

- 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) 健身気功八段錦 編著：国家体育総局健身気功管理中心 人民体育出版社
- 5) 健身気功・易筋経(健身気功新功法シリーズ) 帶津良一監修 中国国家体育総局
健身気功管理センター編集 ベースボールマガジン社
- 6) 健身気功六字訣 編著：国家体育総局健身気功管理中心 人民体育出版社
- 7) 幸せを呼ぶ楊名時八段錦・太極拳 楊名時著 海竜社
- 8) 健康太極拳 楊慧著 成美堂出版
- 9) 中医食療方 瀬尾港二, 宗形明子, 稲田恵子著 東洋学術出版社
- 10) 薬膳と中医学 徳井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 11) 全訳中医診断学 王憶勤主編 たにぐち書店

築地市場魚貝辞典（ヒラメ）

朝の築地市場。場内に足を踏み入れると、めまぐるしく動き回るターレット（小型の運搬車）と足早に行きかう人々に圧倒される。さらに“困惑”するのが、迷路のような仲卸の通路であろう。600を超える仲卸店舗がひしめき合う場内は狭い通路が多く、行き来が



場内のカーブした通路

困難なこともある。さらに、建物全体が扇状になっていて、通路もそれに合わせてカーブしているのですが、はなはだ見通しが悪い。これは、かつて鉄道貨車輸送のための線路が敷かれていたので、建物もそれに合わせて扇状になっているのだが、慣れていてもときどき自分の位置がわからなくなることがある。場内には番地のようなものがあって、3045番とかロー56とか通路上に書かれている。しかし、数字を覚えるのが苦手な私は、番地よりもなじみの店が一つの目安となる。大通路から何軒目あたりにフグ専門店があって、その先に珍しい魚の多い鮮魚店があって…という具合。ところが、店を回る順序を決めていたので、たまに反対から通ると分からなくなるのには困った。

今回は冬の魚。ヒラメを紹介する。

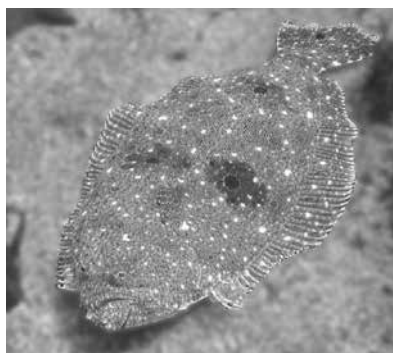
一分類一

ヒラメを分類学的に表すと、カレイ目ヒラメ科ヒラメ属ヒラメとなる。言い換えると、両眼が体の片側にある魚のうち、腹鰭にトゲがなく、胸鰭があり、眼が体の左側にあり、腹鰭の大きさが左右で変わらない仲間、口先がややとがり、体の丸みも少ない魚ということになる。眼が体の左右どちらかに寄ってしまうというのは、カレイやヒラメの仲間（カレイ目）に特異で、魚だけでなく、ほかの動物でも見られない

大きな特徴である。ちなみに、ヒラメという種類の魚はいるが、カレイという種類の魚はいない。

カレイ目にはヒラメ科のほかボウズガレイ科、ダルマガレイ科、カレイ科、ウシノシタ科などが含まれる。ヒラメ科にはヒラメ属のほか、ガンゾウビラメ属、アラマガレイ属があるが、市場ではなじみがない。ヒラメ科の魚は世界に

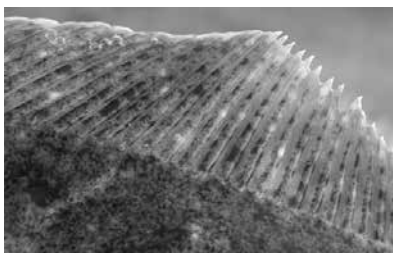
19 種あるが、日本周辺の海域にはヒラメ 1 種類だけである。残りの 18 種は、南北アメリカの東西両岸の沿岸に分布している。



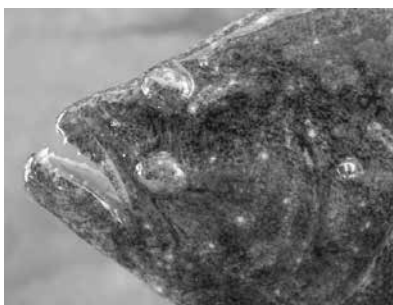
ヒラメ

一形態一

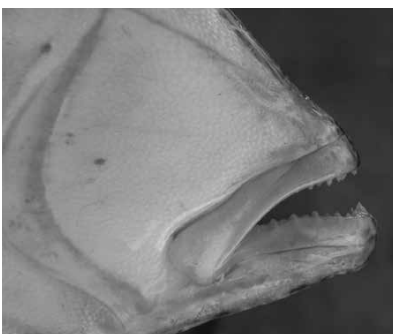
本来体の右側にある眼は、稚魚期に移動して、左側の頭部近くにある。背鰭は眼の上から、尾鰭の付け根付近まで連続する。腹鰭は小さく、鰓蓋（さいがい; えらぶた）の下にある。臀鰭（しりびれ）は腹鰭のすぐ後ろから尾鰭の付け根付近まで連続する。尾鰭は扇状で、中央付近が突き出る。口は大きく、眼の後ろにまで達する。歯はやや大きめの円錐状。側線は胸鰭付近で山形に大きく湾曲する。鱗は、有眼側は櫛鱗（しつりん）というトゲのある鱗で、触るとザラザラしている。無眼側は円鱗（えんりん）で、触るとルツルツしている。体色は、有眼側は茶色から黄土色がかった地色に、黒や白の細かな斑点が散在する。眼と同じぐらいの大きさの斑点が3つある。鰭も体と同じ色をしている。無眼側は、べったりと絵の具を塗ったように白い。体長は、70cm を超える。



背鰭



有眼側の頭部



無眼側の頭部

一生態一

北海道から九州、黄海、中国沿岸の岸近くから水深 200m までに分布する。海底に横たわり、体に砂を被り、眼だけを出して周囲をうかがっている。底にすむ魚としては活発で、小魚やイカを見つけると、すばやく泳ぎ出て餌を捕らえる。また、標識をつけて放流した調査では、かなりの距離を移動していることがわかった。産卵期は桜前線のように北上し、九州南部では1月から3月。北海道では6月から8月になる。浮遊性の卵を産む。産卵場所は、沿岸の岩礁や砂れき底、水深 100m 付近の海底谷など。ふ化直後（約 2.6mm）は眼が体の左右にあり、ふつうの魚と同じように泳いでいる。その後、成長と共に右側の眼が頭頂部を通して左側に移る。14mm ほどに成長し、眼の移動が完了間際になると、海底で生活するようになる。1年で 20cm、2年で 30cm、3年で 40cm、4年で 50cm ぐらいに成長する。2年から3年で成熟する。

一漁業一

海底で生活するので、海底に這わせた網に絡めて捕る刺網や、海底に下ろした網を船で引っ張る底曳網のほか、活発に泳ぐので魚の通り道に仕掛けられた定置網でも漁獲される。そのほか、丁寧に釣られたものもある。

ヒラメは、高級魚なので養殖技術の研究も盛んであった。1965年には親魚から採卵して育てる完全養殖ができるようになった。現在では親魚にまで育てる養殖のほか、採卵しふ化させた稚魚の放流も各地で行われている。

築地市場には、活魚や鮮魚で入荷する。生きたまま買われていくことも多く、酸素を多めに詰めたビニール袋に入れられたヒラメが、荷車に引かれていくのを見ることがある。ほぼ通年、北海道から九州までの各地から入荷する。

以前は、輸入のヒラメ類も頻繁に入荷した。多かったのは、韓国と中国からの活または鮮魚のヒラメである。韓国と中国沿岸には日本と同じ種類のヒラメが分布し、養殖もさかんである。一時期は、国産のヒラメを抜く勢いであった。韓国からの活魚は、下



箱で売られている活ヒラメ



活メで入荷したヒラメ

関とプサンを結ぶフェリーを利用した活魚トラックで搬入されていた。アメリカからもナツビラメやカリフォルニアビラメなど、複数のヒラメ類が鮮魚で空輸されていた。“North Carolina”と書かれていた生鮮のヒラメ類の入った発泡スチロールの箱を見つけたときには、さすがは世界の築地と思った。アメリカのヒラメ類も日本のヒラメとよく似ていて、評判も悪くなかった。最近は、輸入のヒラメ類の入荷は少ない。



鮮魚で入荷されたヒラメ

一利用一

ヒラメは白身の魚である。やや透き通った身は、こりこりと歯ごたえもよく、刺身に向く。卸したても良いが、柵に卸した身を昆布で巻いて昆布の旨みを移した昆布メもおいしい。寿司の握りでは、醤油を付けずに塩とスタチやカボスなどの柑橘類を一絞りするのも捨てがたい。また新鮮な野菜と一緒にさっぱりとしたソースを絡めたカルパッチョもある。と、ここまで書くと生食ばかりである。ムニエルやフライ、グラタンなどもあるが、あまり塩焼きや煮つけにはしない。

生食といえば、縁側もある。縁側は、ヒラメの体の上下に沿ってある鰭を動かすための筋肉である。ヒラメ以外の魚でも鰭を動かす筋肉はあるが、ヒラメの場合、鰭が頭のすぐ後ろから尾鰭の近くまでであるので、筋肉の連続が長いことと、海底生活でこの鰭を活発に使うので筋肉が発達しているため、肉量があって旨みも多いのである。

ヒラメは産卵期が春から夏なので、産卵後のヒラメは身が痩せておいしくないとされる。そのため、ヒラメの旬は産卵前の冬とされ、俗に「寒ひらめ」などと呼ばれることもある。しかし、養殖ものの多い現在では、夏でも出回る。洋食であれば、料理の工夫で夏でもおいしく食べられる。

一エピソード一

よくヒラメとカレイ（類）の区別の仕方が話題に上る。俗に「左ヒラメに右カレイ」といわれるとおりであるが、では、何が左なのだろうか。答えは分類のところでも書いたように、眼が体の左側にあるということである。ところが、とっさにはどちら側が体の左になるのかわかりづらい。そこで、魚をまな板の上に乗せたとき、腹が自分の方になるように置く。そのとき顔が左を向いていればヒラメ、右を向

けばカレイ類であると説明している。中には突然変異で右向きのヒラメや、カレイなのに左向きのヌマガレイなどもあるが、それは例外である。



無眼側に着色したヒラメ

ヒラメの正常な体色は、形態のところにも書いたが、眼のある側（表側）は茶色がかった地色に斑紋があり、眼のない側（裏側）は真っ白である。ところが、ときどき白いはずの裏側に表側と同じような色が着いていたり、反対に、色の付いているはずの表側が白かったりすることがある。部分的な場合もあるし、全体に広がっていることもある。これは人工飼育の過程では餌や飼育密度などによって、色彩変異の出る可能性が高まるためである。市場では、このような色彩変異のヒラメは、見た目の悪さもあって、安く買い叩かれてしまう。しかし、生まれは屋内であっても、その後放流されて、海で自然に育っているのだから、天然のヒラメと変わるところはないのである。もし、そのようなヒラメが安く売られていたら、お買い得かもしれない。

文 献

- 1) 坂本一男：旬の魚図鑑，主婦の友社（2007）
- 2) 仲坊徹次（編）：日本産魚類検索 全種の同定 第2版，東海大学出版会（2001）
- 3) 水島敏博・鳥澤 雅（監）：漁業生物図鑑 新 北のさかなたち，北海道新聞社（2003）
- 4) 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次：東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会（2007）

月刊 ニューフードインダストリー

NEW FOOD INDUSTRY

定期購読の
ご案内

月刊「ニューフードインダストリー」は今年創刊 50 周年を迎える食品業界誌です。多くの食品メーカー、技術開発部門、研究機関、全国の大学・大学院などの教育機関、図書館などでご愛読いただいております。食の安全・健康・美に関する情報発信、新しい食品のご案内など広く情報を発信しております。

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

年間購読料：**23,760 円**（送料・税込）

お申し込み・お問い合わせは下記 FAX かお電話で

電話：**03-3254-9191** 担当：村松

FAX：03-3256-9559

ニューフードインダストリー年間購読申込用紙

住所 〒

氏名

会社名・所属

電話

FAX

E-mail

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

ニューフードインダストリー 第52巻 第12号

印刷 平成 22 年 11 月 25 日

発行 平成 22 年 12 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