

# New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2016 Vol.58 No.2

2

## 論 説

- 希少糖含有シロップの特性と利用 — 砂糖併用による生理機能と食品への応用 —
- 白癬菌 (水虫菌) に対する粉末化バイオイオナーズの抗真菌効果について
- 各種テンペが有する効能成分 — ビタミンK2, ポリアミンおよびフィブリン溶解活性について —

- 食事・おやつとの与え方と食習慣から幼児の食育を考える
- 知っておきたい日本の食文化 その六 和食の未来を考える
- 酒造原料米のタンパク質と酒造適性との関係
- バクテリアセルロースゲル (ナタデココ) の医療・化粧品分野への展開に関する研究

## 歴史の潮流と科学的評価

- (第4節 健康的なベジタリアン食への提言) 16章 ベジタリアン・フードガイドの進展

## 組織の活性化と人材の育成

- 細胞モデルを通して見る企業の価値の創出

## イカリ消毒 presents 食品衛生の今 最近の動向から衛生管理を考える

- 有害生物管理のあるべき姿

## 連 載 これだけは知っておきたい 豆知識

- 「LC/MSによる農薬等の一斉試験法Ⅱ (畜水産物)」について

## 酒たちの来た道

- 酒造りの文明史⑤

## 連載コラム

- 健康食品のエビデンス 第10回 ハトムギ
- 野山の花 - 身近な山野草の食効・薬効 -  
セツブンソウ *Shibateranthis pinnatifida* (Maxim.) Satake & Okuyama (キンポウゲ科 Ranunculaceae)
- 中国の食材 女性のコスメティクス 棗 (なつめ)

## 伝える心・伝えたいもの

- - 月 桃 -

製品解説記事 ポテトプロテインを原料とした新しい調味料



### 論説

- 希少糖含有シロップの特性と利用  
— 砂糖併用による生理機能と食品への応用 —  
..... 木村 友紀 1
- 白癬菌（水虫菌）に対する粉末化バイオイオナースの抗真菌効果について  
..... 窪田 倭, 高塚 正, 和田 雅年, 松澤 皓三郎, 森 勲, 山地 信行 9
- 各種テンペが有する効能成分  
— ビタミン K<sub>2</sub>, ポリアミンおよびフィブリン溶解活性について —  
..... 須見 洋行 14
- 食事・おやつとの与え方と食習慣から幼児の食育を考える  
..... 山田 さつき, 山川 正信 17
- 知っておきたい日本の食文化 その六 和食の未来を考える  
..... 橋本 直樹 23
- 酒造原料米のタンパク質と酒造適性との関係  
..... 増村 威宏, 大橋 善之, 藤原 久志, 若井 芳則 29
- バクテリアセルロースゲル（ナタデココ）の医療・化粧品分野への展開に関する研究  
..... 沼田 ゆかり 36

### 連載 ベジタリアン栄養学

- 歴史の潮流と科学的評価（第4節 健康的なベジタリアン食への提言）  
16章 ベジタリアン・フードガイドの進展  
..... ジョアン・サバテ, 訳：山路 明俊 45

### 組織の活性化と人材育成～

- 細胞モデルを通して見る企業の価値の創出  
..... 大泉 高明 49

### イカリ消毒 presents - 食品衛生の今 - 最近の動向から衛生管理を考える

- 有害生物管理のあるべき姿  
..... 尾野 一雄 55

### 連載 これだけは知っておきたい 豆知識

- 「LC/MSによる農薬等の一斉試験法II（畜水産物）」について  
..... 一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC 64

### 酒たちの来た道

- 酒造りの文明史⑤  
..... 古賀 邦正 67

### 連載コラム

- 健康食品のエビデンス 第10回 ハトムギ  
..... 濱舘 直史 82
- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —  
セツブンソウ *Shibateranthis pinnatifida* (Maxim.) Satake & Okuyama  
(キンポウゲ科 Ranunculaceae)  
..... 白瀧 義明 84
- 中国の食材 食効・薬効 No.6 女性のコスメティクス 棗 (なつめ)  
..... 生 宏 86

### 伝える心・伝えたいもの

- 一月 桃 —  
..... 宮尾 茂雄 87

- ◆ 製品解説記事 ポテトプロテインを原料とした新しい調味料「ポテト HVP」について  
..... コスモ食品株式会社 前付け 6

**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

酵母エキス系調味料

**コクベス**

セラチン&小麦グルテン

酵素分解調味料

**エンザップ**

**new** 発酵調味料 **D&M** ディアンドエム

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

**DM** **大日本明治製糖株式会社**  
食品事業部

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

# 希少糖含有シロップの特性と利用

## — 砂糖併用による生理機能と食品への応用 —

木村 友紀 (KIMURA Tomonori)

松谷化学工業株式会社 研究所

Key Words : 希少糖 砂糖 甘味料 スクラーゼ 味質改善  
Rare Sugar, sugar, sweetener, sucrase, improving taste

### はじめに

糖質は、砂糖やでん粉、これらを原料にして作られるぶどう糖などのように、エネルギーとして主に利用され、脳や身体に必須の栄養素である。近年の健康需要の拡大により、これら糖本来の機能に加えて生体機能を調節する機能性糖質が注目されている。

希少糖は、和三盆などの糖で有名な香川県で産官学連携によって新たに開発され、生活習慣病を克服する様々な生理機能が認められている。特に、希少糖の中でもブシコースによる糖代謝および脂質代謝の改善効果が多く報告されている。

本稿では、甘味料の現状を踏まえて、生活習慣病に対して様々な生理機能が報告されている希少糖について解説し、続いてメタボリックシンドローム対策にも注目される“希少糖含有シロップ”（商品名：「レアシュガースウィート」(Rare Sugar Sweet ; RSS)）の特性と利用について紹介する。

### 1. 甘味料の現状

食品に利用されている甘味料は多種多様であり、糖質系甘味料の砂糖、異性化糖、水あめ、オリゴ糖、糖アルコールや、非糖質系甘味料の高甘味度甘味料などがある。

甘味料市場の約6割を占める砂糖は、良好な甘味を有し、嗜好性や食生活の潤いをもたらすため、長く使用されてきた甘味料である。体内では小腸粘膜で二糖類分解酵素（スクラーゼ）によってぶどう糖と果糖に分解され吸収後、血糖値上昇およびインスリン分泌が生じる。砂糖そのものを摂取することは問題ではないが、過剰摂取によって高血糖・高インスリン分泌状態が続くと糖尿病や肥満に繋がるという報告がある<sup>1)</sup>。しかし、砂糖は優れた味質と共に、親水性（保水性・脱水性）を有しており、防腐効果や泡立ちの保持、タンパク質の凝固抑制、デンプンの老化防止、発酵促進作用などの食品加工上の特徴がある。そこで、スクラーゼの活性阻害による砂糖の吸収を抑制するなど砂糖に対する生理効果を持ち、砂糖と併用できる新規甘味料の開発が健康増進に寄与する可能性が考えられる。

これまでに砂糖の代替甘味料として、異性化糖や高甘味度甘味料などが普及してきた。砂糖よりも甘味がすっきりとしている異性化糖は、低温で甘みが強くなるため、飲料や冷菓などに広く利用されている。しかし、米国では異性化糖の消費量に比例して肥満や糖尿病の増加が報告されている<sup>2)</sup>。一方、低カロリーの甘味料である高甘味度甘味料にも、これを含む食品の摂



ぶどう糖や果糖を出発原料として全六炭糖を生産できる方法を示しており、全ての希少糖の大量生産、工業化への道を開くこととなった。このような経緯で、香川県域隣接企業、国や香川県、大学の産官学連携として希少糖の研究開発が行われ、数多くの有用な生理機能が発見されている。

### 3. 代表的な希少糖の特徴: プシコース, アロース, ソルボース

#### 3-1. プシコース

プシコースは、果糖の C-3 位のエピマーであり、希少糖の中で最も開発が進んでいる。果糖を加熱処理することなどにより生じるため、果糖を含む一般的な食品に含まれている<sup>5)</sup>。自然界では食用植物ズイナの葉に含まれることから、天然の糖でもある。物性は果糖様で、砂糖の7割程度の甘味があり、キレと清涼感のある良質な味質を特徴とする。ゼロカロリー<sup>6)</sup>の糖であり、非虫菌・抗虫菌効果だけでなく、食後血糖値上昇抑制作用<sup>7)</sup>・抗糖尿病作用(膵β細胞変性抑制作用)<sup>8)</sup>・内臓脂肪蓄積抑制効果<sup>9)</sup>を示すことが報告されている。最新の論文では、プシコースがインスリン分泌を抑制し、脂肪燃焼とエネルギー消費量を増加させることが報告されている<sup>10)</sup>。また、プシコースがリポ蛋白リパーゼ(LPL)活性を上げるとの報告もあり<sup>11)</sup>、プシコースがインスリン分泌を節約し、脂肪利用を高める可能性も考えられている。このように、プシコースは生体に対して多くの作用点を持つことから、新規甘味料としてメタボリックシンドロームの予防・改善、さらにはスポーツ用食品への利用などにも期待される。現在、日本では多くのエビデンスを基にプシコースを特定保健用食品に申請中である。

一方、米国では、2014年にFDAよりGRASを取得し、「ASTRAEA(アストレア)」のブランド名で展開を進めており、2015 IFT Food expo(米国最大規模の食品素材展示会)に出展するなど、世界に向けての取り組みも始まっている。

#### 3-2. アロース

プシコースに次いで研究が進むアロースは、ぶどう糖の C-3 位のエピマーである。胎児の臍帯血中<sup>12)</sup>やインドの薬用の海藻<sup>13)</sup>に含まれており、プシコース同様に天然の糖である。エネルギーゼロ<sup>14)</sup>で、味質が砂糖に近く、甘味度も砂糖の8割程度である。酸化ストレス軽減機能を持つが、カテキンやビタミンCなど還元力を機序とする抗酸化剤とは異なった作用を示す。種々のストレス時に血管内皮など多種多様な細胞から発生する活性酸素を抑制し<sup>15)</sup>、活性酸素による細胞障害を防御する。この防御機構によって、血圧上昇抑制<sup>16)</sup>、虚血再灌流障害の予防<sup>17)</sup>、寿命延長効果<sup>18)</sup>などが確認されている。また、癌細胞や破骨細胞の分化増殖抑制効果<sup>19)</sup>も認められている。そのため、甘味料だけでなく、生活習慣病の予防・改善作用のある医薬品や医療用食品への応用展開も期待されている。

#### 3-3. ソルボース

ソルボースは、プシコースの C-4 位のエピマーであり、甘味度は砂糖の7割程度である。小腸でのスクラーゼ阻害によって砂糖の分解を抑える効果が強いいため、食後血糖値上昇抑制作用を有している<sup>20)</sup>。糖尿病の予防・改善に向けて、α-グルコシダーゼ阻害作用を持つ素材としての研究が期待されている甘味料である。

### 4. 希少糖含有シロップ

これまでの食品開発には、「美味しさ」や「カロリーバランス」を追及するため、目的やコストに応じて砂糖や異性化糖、高甘味度甘味料などの甘味料が利用されてきた。しかし、肥満や生活習慣病などが懸念されている昨今、希少糖を用いた“糖質の質”(機能性)に着目した商品設計も可能であると考えられる。

生活習慣病の予防・改善のために、①エネルギー代謝の是正にぶどう糖、②低GIで良質な甘みの果糖、③生理機能を有する希少糖(プシコース、アロース、ソルボースなど)、の3つ

を満たすバランス甘味料として“希少糖含有シロップ”（商品名：「レアシュガースウィート」(Rare Sugar Sweet；RSS)）が開発された。希少糖含有シロップは、経済産業省の「地域イノベーション創出研究開発事業」を通して開発され、全国販売されている。文部科学省の「知的クラスター創成事業」による希少糖の生産法の開発は、主に酵素を使用して、その後にクロマト分離を行って希少糖単品を得るものであった。それに対して、希少糖含有シロップは、酵素を用いずに糖をアルカリ処理することで、希少糖をその中に生じさせており、もともと異性化糖などの混合糖を利用するために開発された製法である。

希少糖含有シロップは、天然のでん粉由来の異性化糖を原料としてアルカリ条件にすることで、原料中に希少糖を生じさせて生産されている（図2）。ぶどう糖および果糖を主成分とし、固形分100g当たりにおよそブシコース5.4g、ソルボース5.3g、アロース1.4g、タガトース2.0g、マンノース4.3gの機能性単糖が含まれると報告されている<sup>21)</sup>。砂糖の7割（固形分で9割）程度の甘味度で、味質も砂糖に似た良質な甘さを持つが、後味が甘過ぎず、コクのあるスッキリとした甘味である。エネルギー値は栄養成分表示上3kcal/g（固形分で4kcal/g）であ

るが、実験からの推定値では2.5kcal/g（固形分で3.3kcal/g）程度である。また、異性化糖様の物性を示す。

## 5. ヒトにおける希少糖含有シロップの生理機能

### 5-1. 抗肥満効果

希少糖含有シロップは、ヒトの12週間連続摂取試験において内臓脂肪蓄積抑制効果があることが確認されている<sup>22)</sup>。軽度肥満を含む健康成人34名（平均BMI 25 kg/m<sup>2</sup>以上30 kg/m<sup>2</sup>未満）を対象に、2群間並行比較のダブルブラインド法で、試験食には希少糖含有シロップを30g（固形分）、対照食には同カロリーに調製した果糖ぶどう糖液糖（異性化糖）を配合したゼリー飲料200gのいずれかを、1日1回、朝食前に摂取させた。その結果、希少糖含有シロップ摂取群では、体重、BMI、体脂肪率に有意な減少が認められた。さらに、希少糖含有シロップを12週間連続摂取による肝機能、腎機能、血液性状などで異常な所見は認められず、ヒトにおいて体脂肪低減作用を有するだけでなく、30gを12週間継続摂取しても安全であることも確認された。



図2 希少糖含有シロップ（レアシュガースウィート）の製造工程とその特徴

## 5-2. 砂糖併用による食後血糖値上昇抑制 およびインスリン分泌の節約

希少糖含有シロップは、ヒトにおいて砂糖と併用することで食後血糖値上昇やインスリン分泌を抑制する効果も認められている。健常成人男女6名(平均年齢34.5歳、平均空腹時血糖値93.0 mg/dL)を対象に、シングルブラインド・クロスオーバー法にて試験を行った。摂取の前日21時以降12時間以上絶食後、砂糖75gを対照食として、希少糖含有シロップを約3割あるいは約5割(固形分)置き換えた溶液(甘味度およびぶどう糖量同等)200 mLのいずれかを単回摂取させた。溶液摂取後2時間の血糖値およびインスリン値を経時的に測定し、AUC(area under curve)を算出した。その結果、希少糖含有シロップを併用することで血糖値やインスリン値の有意な低下が認められた(図3)。また、希少糖含有シロップの置き換え量が増加するにつれて、その効果が顕著になった。インスリンの急激な上昇や長時間高値で維持されることは肥満の原因になるため、希少糖含有シロップの砂糖との併用効果は、砂糖の過剰摂取が起因する肥満の予防に役立つ可能性を示唆している。

また、このメカニズムとして、希少糖含有シロップに含まれるプシコースやソルボースによるスクラーゼ阻害効果<sup>20,23)</sup>が考えられる。実際、*in vitro*の試験では、希少糖含有シロップを添加することにより砂糖の分解が減少し、有意なスクラーゼ阻害効果が認められている。

## 6. 希少糖含有シロップの食品への利用

希少糖含有シロップは、砂糖などの糖質系甘味料や高甘味度甘味料との相性が良いため、併用によりそれぞれの甘味特性や機能性を補完し、相乗的な効果を期待することができる。先述したように砂糖との併用による生理的な効果に加えて、味質の相性も非常に良好である。また、カロリーの低減を目的に高甘味度甘味料と併用することで、特有の苦味などをマスキングして良質な甘みとなる。それ以外にも、希少糖含有シロップは、惣菜、菓子、デザート、ベーカリー、酒類や飲料など、多種多様な食品に様々な特徴を持たせることができる(図4)。

例えば、希少糖含有シロップは、砂糖と比較して果実との相性が非常に良く、フレーバビリティーや甘さのキレを向上させるなど、従来にない味質改善効果が期待できる。これらの特性

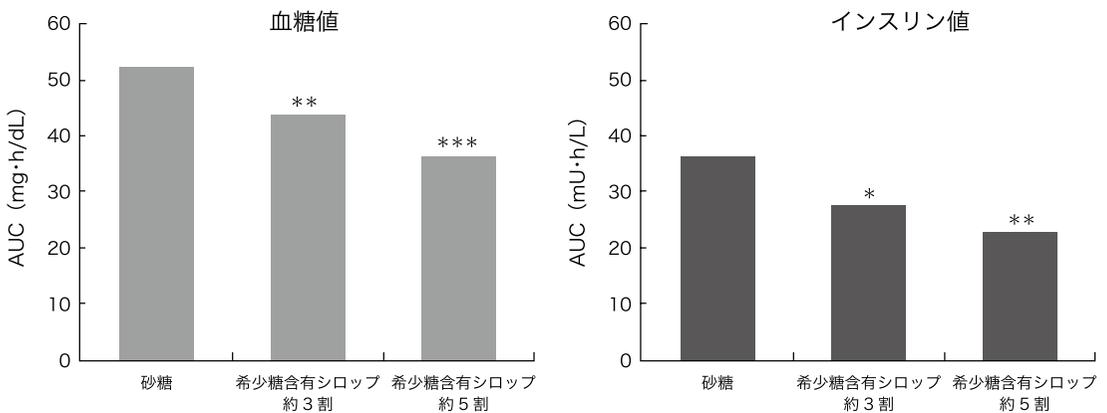


図3 砂糖と希少糖含有シロップの併用による血糖値およびインスリン値への効果

被験者：健常人男女(n=6)(平均年齢34.5歳、平均空腹時血糖値93.0 mg/dL)

方 法：甘味度を一致させた200 mlの溶液(75g 砂糖摂取群、砂糖+希少糖含有シロップ摂取群)を空腹時に摂取させた。摂取後120分までの血糖値、インスリンを測定し、曲線下面積(AUC:area under curve)を算出した。

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001: 砂糖群との比較(Dunnett検定)

を生かして、果実ジャムや果汁ジュース、リキュール類などとの相性も良い。図5、図6は、希少糖含有シロップを使用したイチゴジャムと梅酒の処方例とその試作品の官能評価結果（5段階評価）である。希少糖含有シロップを使用したイチゴジャムは、砂糖および異性化糖（ぶ

どう糖果糖液糖）と比較して、「酸味」、「甘さのキレ」および「味のコントラスト」の評価がいずれも高かった。酸味の際立ちによりイチゴの果実感が増し、さらに甘味のキレ向上によりスッキリとさわやかで良質の甘さに仕上がった。一方、梅酒は、砂糖の半量あるいは全量を

特徴	食品
卵臭の軽減	煮卵、茹で卵、おでん、卵丼、出汁巻き卵、茶碗蒸し、卵豆腐、中華スープ、プリン など
フレーバーリリースの向上	フルーツジャム、果汁飲料、たれ、ソース など
コク味付与、風味向上	キャラメル、カスタードクリーム、餡製品、コーヒー飲料 など
塩味増強、減塩効果	たれ、ソース、ドレッシング、スープ、チーズ など
マスキング	高甘味度甘味料、コラーゲン、ウコン、雑穀 など
発酵食品でのプシコース残存	アルコール飲料、発酵飲料、味噌、しょうゆ、酢 など
水分活性の調整	餡、ジャム、カスタードクリーム、フラワーペースト など

図4 希少糖含有シロップの食品への使用時の特徴

原料名	配合1 (砂糖)	配合2 (異性化糖)	配合3 (希少糖含有シロップ)
イチゴピューレ	30 g	30 g	30 g
砂糖	40 g	12 g	12 g
ぶどう糖果糖液糖*	—	37.3 g	—
希少糖含有シロップ*	—	—	37.3 g
ペクチン	0.8 g	0.8 g	0.8 g
クエン酸三 Na	0.1 g	0.1 g	0.1 g
5% 乳酸 Ca 溶液	0.62 g	0.62 g	0.62 g
10% クエン酸溶液	1 g	1 g	1 g
水	100 g に調整	100 g に調整	100 g に調整

\* 異性化糖，希少糖含有シロップ配合量は固形分あたりの量（砂糖の70%置換え）

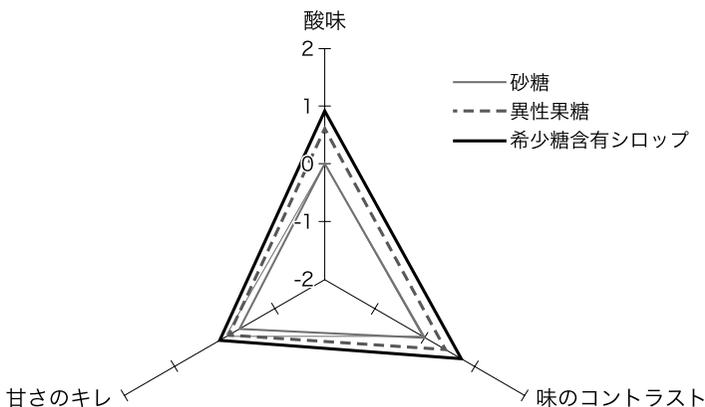


図5 イチゴジャムの処方例および官能評価

原料名	配合 1 (砂糖)	配合 2 (希少糖含有シロップ 半量置換え)	配合 3 (希少糖含有シロップ 全量置換え)
梅果実	2 kg	2 kg	2 kg
氷砂糖	1 kg	0.5 kg	—
希少糖含有シロップ*	—	0.5 kg	1 kg
ホワイトリカー	3.6 L	3.6 L	3.6 L

\* 希少糖含有シロップの配合量は固形分あたりの量

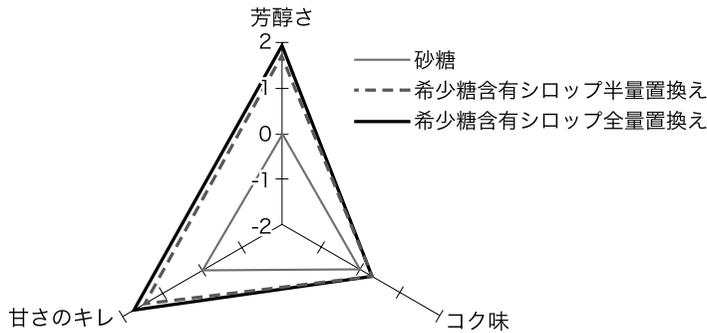


図 6 梅酒の処方例および官能評価

置き換えることで、「芳醇さ」、「甘さのキレ」および「ココ味」が高くなった。特に「甘さのキレ」および「芳醇さ」の向上は大きく、漬け込みによる甘味質や香り・フレーバーといった梅の果実感の増強効果は著しく向上した。この効果は、希少糖含有量の増加に伴って増強する傾向であった。

### おわりに

希少糖は、“糖”であるにも関わらず、糖代謝や脂質代謝の改善、アンチエイジング効果など、様々な生理機能を有する糖である。また、

希少糖含有シロップは、ヒトにおいて、抗肥満効果があるだけでなく砂糖と併用することで耐糖能の改善も認められている。さらに、良好な甘味や優れた特徴から多種多様な食品に使用することができ、砂糖との置き換えによる味質改善も期待できる。そのため、砂糖や異性化糖によって生じる肥満や生活習慣病を予防・改善する、新たな機能性甘味料の可能性を有している。今後は、希少糖含有シロップが、美味しさや機能性など“糖の質”にこだわった食品開発に役立つことを期待したい。

### 参考文献

1. Qi Q, Chu AY, Kang JH, *et al.*: Sugar-sweetened beverages and genetic risk of obesity. *N Engl J Med.* **367**(15): 1387-1396, 2012.
2. Gross LS, Li L, Ford ES, *et al.*: Increased consumption of refined carbohydrates and the epidemic of type 2 diabetes in the United States: an ecologic assessment. *Am J Clin Nutr.* **79**(5): 774-779, 2004.
3. Swithers SE, Martin AA, Davidson TL.: High-intensity sweeteners and energy balance. *Physiol Behav.* **100**(1): 55-62, 2010.
4. Izumori K.: Izumoring: a strategy for bioproduction of all hexoses. *J Biotechnol.* **124**(4): 717-722, 2006.
5. Oshima H, Kimura I, Izumori K.: Psicose Contents in Various Food Products and its Origin. *Food Sci. Technol. Res.* **12**(2): 137-143, 2006.

6. Iida T, Hayashi N, Yamada T, *et al.*: Failure of d-psicose absorbed in the small intestine to metabolize into energy and its low large intestinal fermentability in humans. *Metabolism*. **59**(2): 206-214, 2010.
7. Hayashi N, Iida T, Yamada T, *et al.*: Study on the postprandial blood glucose suppression effect of D-psicose in borderline diabetes and the safety of long-term ingestion by normal human subjects. *Biosci Biotechnol Biochem*. **74**(3): 510-519, 2010.
8. Hossain MA, Kitagaki S, Nakano D, *et al.*: Rare sugar D-psicose improves insulin sensitivity and glucose tolerance in type 2 diabetes Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) rats. *Biochem Biophys Res Commun*. **405**(1): 7-12, 2011.
9. 山田 貴子, 飯田 哲郎, 林 範子, 他: 異性化糖食で飼育したラットの体脂肪蓄積に対する D-プシコースの作用. 日本食品科学工学会誌, **57**(6): 263-267, 2010.
10. Nagata Y, Kanasaki A, Tamaru S, *et al.*: D-psicose, an epimer of D-fructose, favorably alters lipid metabolism in Sprague-Dawley rats. *J Agric Food Chem*. **63**(12): 3168-3176, 2015.
11. Matsuo T, Baba Y, Hashiguchi M, *et al.*: Less body fat accumulation with D-psicose diet versus D-fructose diet. *J Clin Biochem Nutr*. **30**: 55-65, 2001.
12. Hashimoto F, Nishiumi S, Miyake O, *et al.*: Metabolomics analysis of umbilical cord blood clarifies changes in saccharides associated with delivery method. *Early Hum Dev*. **89**(5): 315-320, 2013.
13. Ragupathi Raja Kannan R, Arumugam R, Anantharaman P. Chemical composition and antibacterial activity of Indian seagrasses against urinary tract pathogens. *Food Chem*. **135**(4): 2470-2473, 2012.
14. Iga Y, Nakamichi K, Shirai Y, *et al.*: Acute and sub-chronic toxicity of D-allose in rats. *Biosci Biotechnol Biochem*. **74**(7): 1476-1478, 2010.
15. Ishihara Y, Katayama K, Sakabe M, *et al.*: Antioxidant properties of rare sugar D-allose: Effects on mitochondrial reactive oxygen species production in Neuro2A cells. *J Biosci Bioeng*. **112**(6): 638-42, 2011.
16. Kimura S, Zhang GX, Nishiyama A, *et al.*: D-allose, an all-cis aldo-hexose, suppresses development of salt-induced hypertension in Dahl rats. *J Hypertens*. **23**(10): 1887-94, 2005.
17. Gao D, Kawai N, Tamiya T.: The anti-inflammatory effects of D-allose contribute to attenuation of cerebral ischemia-reperfusion injury. *Med Hypotheses*. **76**(6): 911-913, 2011.
18. 佐藤 正資, 砂古口 博文, 新谷 知也, 他: 抗老化効果をもつカロリー制限模倣物質の探索—希少糖 D-アロースの線虫寿命延長効果とその作用メカニズム. 日本農芸化学会 2013 年度大会, 2013.
19. Yamada K, Noguchi C, Kamitori K, *et al.*: Rare sugar D-allose strongly induces thioredoxin-interacting protein and inhibits osteoclast differentiation in Raw264 cells. *Nutr Res*. **32**(2): 116-123, 2012.
20. Matsuo T, Izumori K.: D-psicose inhibits intestinal  $\alpha$ -glucosidase and suppresses glycemic response after carbohydrate ingestion in rats. *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ*. **58**: 27-32, 2006.
21. 高峰 啓, 中村 雅子, 飯田 哲郎, 他: アルカリ異性化を用いた希少糖含有シロップの製造方法および  $\alpha$ -グルコシダーゼの阻害作用. 応用糖質科学 日本応用糖質科学会誌, **5**(1): 44-49, 2015.
22. Hayashi N, Yamada T, Takamine T, *et al.*: Weight reducing effect and safety evaluation of rare sugar syrup by a randomized double-blind, parallel-group study in human. *J Functional Foods*. **11**: 152-159, 2014.
23. 特開 2007-99636 (P2007-99636A). 血糖値上昇抑制等組成物, 血糖値上昇抑制等食品, および二糖類水解酵素活性阻害組成物.

# 白癬菌（水虫菌）に対する 粉末化バイオイオナースの抗真菌効果について

窪田 倭 (KUBOTA Sunao)<sup>1</sup> 高塚 正 (TAKATUKA Tadashi)<sup>2</sup> 和田 雅年 (WADA Masatoshi)<sup>1</sup>  
松澤 皓三郎 (MATUZAWA Kozaburo)<sup>1</sup> 森 勲 (MORI Isao)<sup>3</sup> 山地 信行 (YAMAJI Nobuyuki)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>セパレーターシステム工業株式会社 開発部

<sup>2</sup>一般財団法人ケケン試験認証センター 関西事業所

<sup>3</sup>美吉野製薬株式会社

Key Words：白癬菌 バイオイオナース 抗真菌剤 *Trichophyton mentagrophytes* 水虫 殺菌効果

## はじめに

白癬菌による感染者（白癬）は表在真菌症患者全体の約80%を占め<sup>1)</sup>、我が国の人口の20%以上が感染していると推定されている<sup>2)</sup>。白癬菌は高温多湿の環境、例えば厨房やプール、スポーツセンター、公衆浴場などの施設の更衣室やシャワー室などを好み、皮膚の落屑を介して人から人へと感染する。白癬菌は皮膚に付着後12時間以上経つと表皮の角質層、毛髪や爪に侵入・発育して感染を引き起こす<sup>2)</sup>。一旦感染すると早期には皮膚の角質層に限局するために症状は乾燥した落屑、紅斑（発赤）、鱗屑など比較的軽度にとどまり、自然治癒する可能性はほとんどない。また、生命にかかわるほどの病気ではないので放置しているのが現状である。

国内で医療用に使われている白癬菌に対する外用薬は抗生物質を除けば5系統17剤があり、その局所療法が第一選択とされている<sup>3)</sup>。しかしながら、白癬菌は角質層に存在しているため、これらの外用薬が到達しにくいこと、さらに感染予防をも考慮すると一から三か月間の長期間使用しなければならない<sup>4)</sup>。それ故に症状が一時的に軽くなった時点で治療薬の使用をやめてしまう例が多く、そのため見かけ上の

治癒と再発を何年も繰り返しているのが現状である。さらに最も難治性である爪白癬や角質増殖型足白癬に対しては経口薬が使用されているが、肝機能障害などの副作用のため、長期間内服使用ができない例が多い。したがって白癬患者数が減少しない原因とされている。

著者らは幅広い抗菌スペクトルを持ち、かつ人体に無害で環境に易しいクエン酸を基体とした消毒剤を開発し<sup>5)</sup>、一般病原細菌のみならずノロウイルスや高病原性鳥インフルエンザウイルスに対しても不活化作用があり、さらに全身に影響する菌周病菌に対しても殺菌作用があることを報告してきた<sup>6-8)</sup>。今回、粉末化バイオイオナースの白癬菌（水虫菌）に対する殺菌および発育抑制効果を検討した結果、良好な結果を得たので報告する。

## 1. 実験材料および方法

### 1-1. 実験材料

#### 1) 粉末化バイオイオナース

無水クエン酸、クエン酸三ナトリウム、塩化セチルピリジニウム、乳糖をすでに報告した配合比で配合し、大きさ400 $\mu$ の粉末を用いた<sup>5)</sup>。

これを精製水に溶解して濃度2.0% (w/v) のものを試験液とした。

## 2) 使用菌株

試験菌として代表的な白癬菌の一つである *Trichophyton mentagrophytes* NBRC32409 を用いた。

### 1-2. 実験方法

#### 試験方法 1：白癬菌殺菌効果試験

試験液 1 mL を 1.5 mL 容エッペンドルフチューブに採取し、その中へ試験菌液 0.02 mL を採取、試験管ミキサーでよく攪拌させ 30 および 300 秒間接触させた。接触時間終了後、直ちに 0.15 mL を標準寒天平板培地に塗布し、25℃で 4 日間培養後、コロニー生育の有無を観察するとともに写真撮影を行った。

なお、試験菌液は *Trichophyton mentagrophytes* NBRC32409 を標準寒天平板培地にて前培養、50 ppm スルホコはく酸ジオクチルナトリウム滅菌水をコロニー中央部に滴下、吸い上げを繰り返し、採取液を試験管ミキサー、超音波処理により懸濁液として調整した。

対象として水道水および滅菌純水を用いて同様の試験を行った。

#### 試験方法 2：白癬菌発育抑制効果試験

試験液 1 mL および 0.5 mL を直径 90 mm 滅菌シャーレに採取し、その中へそれぞれ溶解した標準寒天平板培地 9 mL および 9.5 mL を注ぎ、攪拌・固化させた。そして作成した平板をターンテーブルに載せ、試験菌液 0.15 mL を塗布接種し、25℃で 4 日間培養後、コロニー生育の有無を観察するとともに写真撮影を行った。

試験菌液は試験方法 1 と同様の方法により調整した。

対象として水道水および滅菌純水を用いて同様の試験を行った。

## 2. 結果

#### 試験方法 1：白癬菌殺菌効果試験

図 1 に示すようにバイオイオナースの 30 秒接種後および 300 秒接種後いずれも白癬菌は検出されなかった。対象とした水道水および滅菌純水には多量の白癬菌が検出された。

#### 試験方法 2：白癬菌発育抑制効果試験

図 2 に示すようにバイオイオナース含有培地（10% および 5%）による 4 日間培養では白癬菌が検出されなかった。また対象とした水道水および滅菌純水には多量の白癬菌が検出された。したがってバイオイオナースによる発育抑制効果が認められた。

## 3. 考察

白癬菌は表皮の角質層に感染、寄生し、角質層を構成しているケラチンを唯一の栄養源としている。ケラチンは硬タンパク質の一種で網目状構造を呈し表皮の最外層を形成し、水分をはじめとして諸物質が体内に進入もしくは体外に漏出することを阻止する。白癬菌がこのケラチン層に常在する限りは自然免疫や炎症細胞によって排除されることはない。しかし白癬菌やその代謝産物が最下層の生細胞のケラチノサイトに接触すると、サイトカインやケモカインを分泌し炎症細胞を引き寄せて紅斑（発赤）、小水疱、小丘疹、腫脹（腫れ）、痛みや痒みなどの臨床症状を呈する。

真菌は特徴的な細胞膜を有している。細胞膜脂質の大半を占めるのはリン脂質とグリセリドであるが、真菌特有なエルゴステロールからなるステロールが約 6% 含まれている<sup>9)</sup>。抗真菌薬は白癬菌をはじめとした多くの真菌に対する作用機序から、その特徴的なエルゴステロールに直接作用するものと、その生合成を阻害するものがある。前者はポリエン系抗生物質であるが、発熱、悪心・嘔吐、腎障害などの副作用がある。一方、後者はエルゴステロール合成経路上の標的部位であるスクアレンエポキシダーゼを阻害するアリルアミン系、ベンジルアミン系およびチオカルバミン系が、下流のラノステロール 14 $\alpha$ -デメチラーゼを標的とするアゾール系、さらに下流のステロールレダクターゼとステロールイソメラーゼを標的とするモルホリン系があり、それぞれ抗真菌作用効果に差がみられる<sup>10)</sup>。乾燥した落屑あるいはわずかな鱗屑が生じるごく早期のタイプの白癬には、これらの抗真菌薬を一か月程度使用することにより

症状は消え去る。感染予防を考慮して三か月間使用することが薦められている<sup>4)</sup>。一方細菌感染の合併のある例や皮膚が浸軟して、びらんや痛み・痒みなどの症状を自覚している場合、すなわち白癬菌抗原に対するアレルギー反応と考えられる例では、これらの抗真菌薬の使用によりかえって悪化することが知られている<sup>4)</sup>。

バイオイオナースの白癬菌に対する殺菌および発育抑制効果が認められたこと、および人体

の皮膚に対する安全性の検証として皮膚パッチテストを施行したところ安全性が確認されたことより<sup>11)</sup>、倫理委員会の承認のもと足白癬（水虫）を自覚している43名にバイオイオナース液を1日2-3回患部への摺り込み、2週間使用した治験を施行した。その結果、かなり良くなった7名(16.2%)、少し良くなった24名(55.8%)、よって効果ありは72%であった。趾間（湿軟性）タイプの13名中効果ありは7名(53.8%)

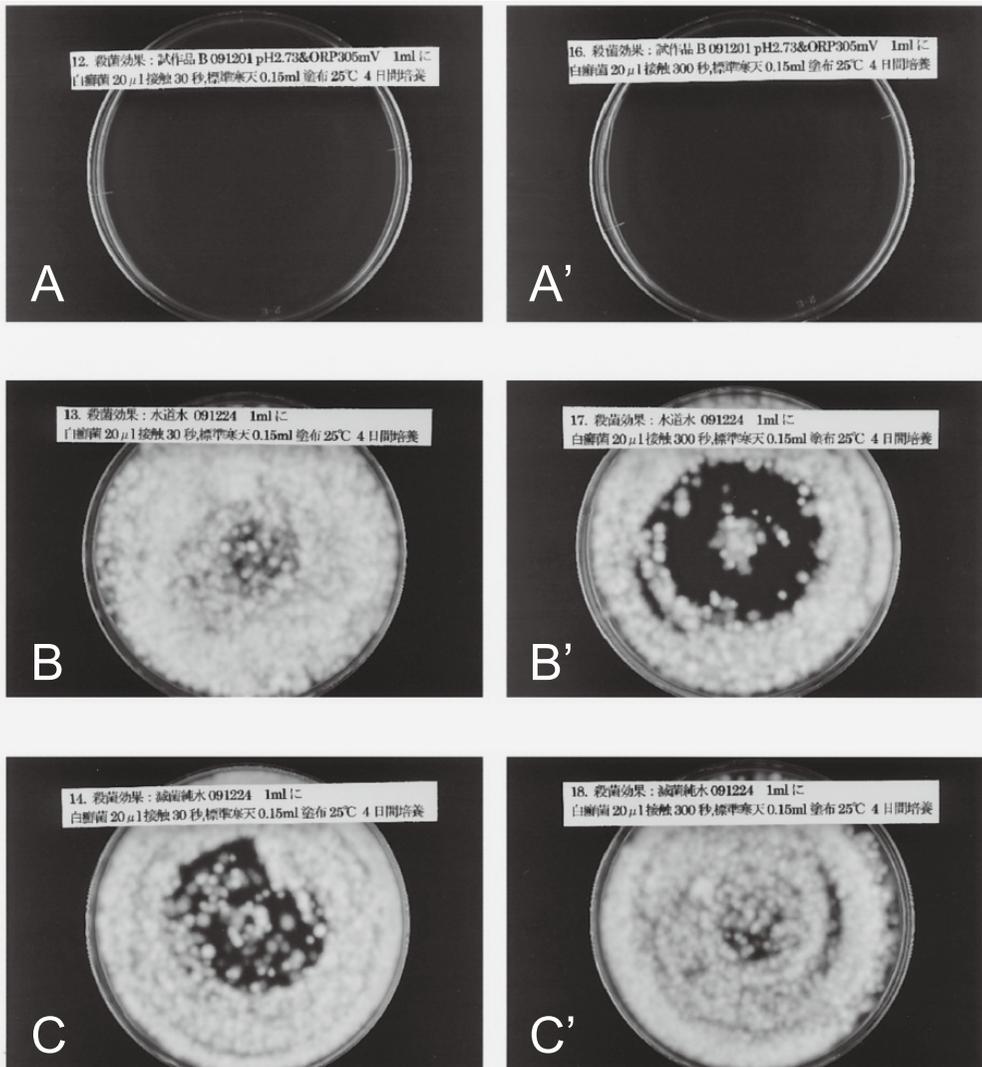


図1 バイオイオナース 30 秒接種後 (A) および 300 秒接種後 (A') では白癬菌は検出されず殺菌効果が認められた。水道水 30 秒後 (B) および 300 秒接種後 (B') さらに滅菌純水 30 秒後 (C') および 300 秒接種後 (C') ではいずれも多量の白癬菌が検出された。

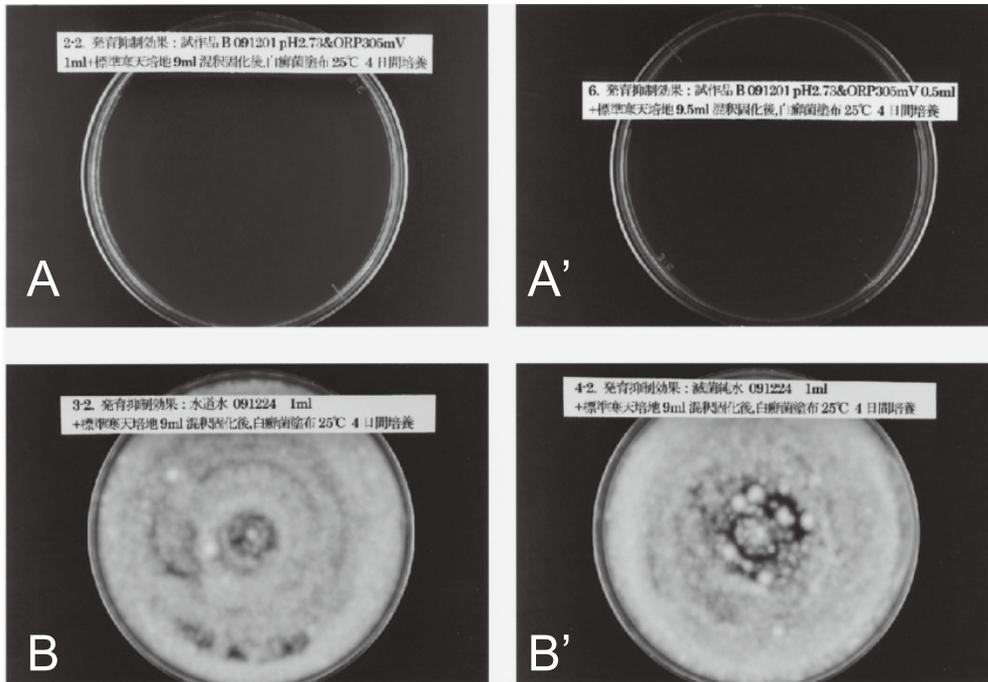


図2 バイオイオナース 10% (A) および 5% (A') 含有培地にて 4 日間培養では白癬菌は検出されず抑制効果が認められた。水道水 (B) さらに滅菌純水 (B') では多量の白癬菌が検出された。

であり、2 週間の投薬期間では効果は認められなかった。一方、炎症反応である水疱や発赤の消失はいずれも 15 名中 14 名 (93.3%)、痒みの消失は 16 名中 12 名 (75%)、腫れの消失は 8 名中 7 名 (87.5%) と良好な結果を得た<sup>12)</sup>。

バイオイオナースの真菌への殺菌、発育抑制効果のメカニズムとして、すでに報告したように細菌やウイルスと同様に、pH3.0 以下の酸性側では分子状クエン酸が真菌細胞内に侵入し H<sup>+</sup> イオンを放出して細胞内の代謝機能の障害作用と塩化セチルピリジニウムの細胞膜破壊の相乗作用によるものと推定される。今回の臨床

治験において炎症所見を呈する感染者の 90% に症状の消失がみられた。これまで臨床的な問題として炎症症状を呈する患者あるいは細菌感染を合併している患者には外用薬はむやみに使用しないことが推奨されている<sup>4)</sup>。バイオイオナースは殺菌作用に抗炎症作用をも併せ持っていることより白癬に対して理想的な治療薬であることが示唆された。今回の臨床治験では白癬菌の除去の有無は検討されていなかったため、今後は白癬菌の除去の有無をも含めたより詳細な効果検証試験を施行する予定である。

## 参考文献

1. 山口 英世: II 真菌 7) 真菌の疫学・微生物学. 畑中 正一, 嶋田 甚五郎 編集, 文光堂, 367-369, 2004.
2. 丸山 隆児: 真菌はどのように皮膚に感染する? 水虫最前線. 渡邊 晋一, 宮路良樹 編集, メディカルレビュー社, 36-39, 2007.
3. 南条 育子, 古賀 裕康, 坪井 良治: 各種外用抗真菌薬の *in vitro* 抗真菌活性の測定. 日皮会誌, 117(2): 149-152, 2007.
4. 丸山 隆児: 1 白癬 (趾間型, 小水疱型, 角化型, 爪) 水虫最前線. 渡邊 晋一, 宮路 良樹 編集, メデ

- イカルレビュー社, 160-164, 2007.
5. 窪田 倭, 松澤 皓三郎, 和田 雅年, 森 勲, 山地 信幸: クエン酸を基体とした消毒剤バイオイオナースの錠剤化および粉末製剤の殺菌効果. *New Food Industry* **53** (4): 1-4, 2011.
  6. 窪田 倭, 松澤 皓三郎, 和田 雅年, 森 勲, 松下 行利, 山地 信幸: ノロウイルスの代替としてのネコカリシウイルスに対する粉末化バイオイオナースの不活化効果. *New Food Industry* **55** (2): 1-4, 2013.
  7. 窪田 倭, 松澤 皓三郎, 和田 雅年, 森 勲, 松下 行利, 山地 信幸: 高病原性鳥インフルエンザウイルスに対する粉末化バイオイオナースの効果について. *New Food Industry* **55** (6): 1-4, 2013.
  8. 窪田 倭, 高塚 正, 松澤 皓三郎, 和田 雅年, 森 勲, 松下 行利, 山地 信幸: 全身に影響する歯周病菌 *Porphyromonas gingivaris* に対するバイオイオナースの抗菌作用について. *New Food Industry* **57**(1): 3-6, 2015.
  9. 山口 英世: II 真菌 2) 真菌細胞の構造と機能・微生物学. 畑中 正一, 嶋田 甚五郎 編集, 文光堂, 352-353, 2004.
  10. 山口 英世: 病原真菌と真菌症. 東京, 南山堂, 13-140, 2005.
  11. セバレーターシステム工業株式会社 社内資料 (バイオイオナース公的検証資料集)
  12. 高良 毅, 窪田 倭, 鈴木 直子, 山本 和雄: バイオイオナースの足白癬への影響. 第 10 回日本予防医学会学術総会, 2012.

# 各種テンペが有する効能成分 — ビタミン K<sub>2</sub>, ポリアミンおよび フィブリン溶解活性について —

須見 洋行 (SUMI Hiroyuki)

倉敷芸術科学大学 生命科学部生命科学科

Key Words : テンペ ビタミン K<sub>2</sub> ポリアミン インドネシア

## 要旨

各種テンペの効能成分を測定したところ、国内の5社の製品についてはビタミン K<sub>2</sub> はほとんど検出されなかった。一方、インドネシア産のテンペXには多量のビタミン K<sub>2</sub> が検出された(約 511 μg/100g)。また、ポリアミンは 4.64 ~ 11.60 mg/100g 含まれており、含有量が多いとされる納豆の値 (5.43 ± 2.70 mg/100g) を超えるものがあった。さらに、テンペX 発酵物には納豆と同等のフィブリン溶解(テンペキナーゼ)活性が確認された。

## はじめに

500年以上の歴史があるテンペに含まれる効能成分が注目されているが<sup>1-3)</sup>、それは主に *Rhizopus* 属についての話であって、他のテンペについては数少ない。また、*Rhizopus* sp. の純粋培養では得られないテンペのビタミン B<sub>12</sub> が *Citrobacter freundii* や *Klebsiella pneumoniae* 等を添加することによって産生されることが認められており、混合培養による結果と推察される。

今回、国内外のテンペおよび我々の分離してきたテンペXによる各製品のビタミン K<sub>2</sub>、ポリアミンおよびフィブリン溶解活性について測定したので報告する。

## 1. 実験材料および方法

テンペは各企業より購入したものを、またテンペXについては常法通り培養したものを使用した<sup>4)</sup>。

### 1-2. ビタミン K<sub>2</sub>

K<sub>2</sub> は既報に従い操作した<sup>5)</sup>。サンプル 0.1 ml にイオン交換水 0.9 ml、イソプロピルアルコール 1.5 ml を混和し、ヘキサン 5 ml を加え攪拌後、遠心分離 (3,000 rpm, 10 分) 後の上清 4.0 ml をエバポレーターで濃縮、乾固し 0.2 ml のエタノールで溶解したものを HPLC 試料とした。

HPLC は ODS カラム (4.6 × 250 mm) を用い白金-アルミナ触媒カラムによる還元蛍光発色法にて励起波長 320 nm、蛍光波長 430 nm で操作した。

なお、ビタミン K<sub>2</sub> の値は検量線より算出した(図 1)。

### 1-3. ポリアミン

ポリアミンの分析は斎藤らの方法に準じて行った<sup>6)</sup>。HPLC によるポリアミンの分析は、カラムは Shodex Asahipak ODP-50 4D (4.6 mm × 150 mm) を用い、50 mM ホウ酸ナトリウム緩衝

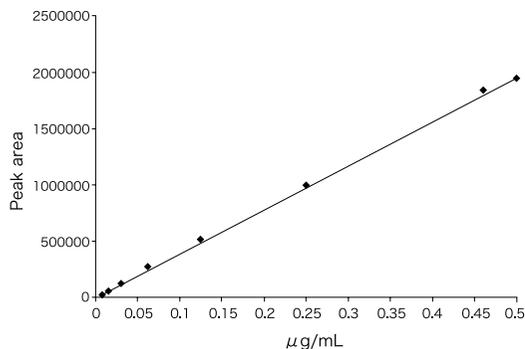


図1 ビタミン K<sub>2</sub> 検量線

液 (pH9.9) : アセトニトリル (2 mM OPA 及び 2 mM NAC を含む) (77 : 23) を移動相とした。還元蛍光発色法にて励起波長 330 nm, 蛍光波長 430 nm, カラム温度 40°C, 流速 0.5 ml/min で測定を行った。なお, 内部標準として Det を用い, 標準品のピーク面積からサンプルを定量した。

### 1-3. フィブリン溶解活性

フィブリン溶解活性はフィブリン平板法で測定した<sup>7)</sup>。0.5% フィブリノーゲン溶液 (0.17 M ホウ酸 - 生食緩衝液 : pH7.8) 10 ml と 50 U/ml のトロンビン 500 μl を用いて平板を作成し, 常法通り試料 30 μl をのせ, 37°C でインキュー

ションし, 24 時間後に生じる溶解面積 (mm<sup>2</sup>) を測定した。

## 2. 結果

国内の代表的な 5 社のテンペではビタミン K<sub>2</sub> は検出位置に peak は認められなかった (図 2)。一方, テンペ X はビタミン K<sub>2</sub> を約 511 μg/100g 含んでいることが検量線より算出された。

次に, 各種テンペ (国内外の市販品) のポリアミン含量を測定した (表 1)。ポリアミンとしては Put, Spd, Spm が検出された。また, テンペ X 発酵物のフィブリン溶解活性を調べてみたところ, 他には全く検出されないような強い活性が認められた (667.7 mm<sup>2</sup>) (図 3)。

表 1 各種テンペのポリアミン含量 (mg/100g)

	Put	Spd	Spm	合計
a 社	1.87	3.91	0.57	6.35
b 社	4.93	0.27	0.33	5.53
c 社	2.53	0.56	1.56	4.64
d 社	2.42	2.22	0.75	5.39
e 社	5.51	0.18	0.13	5.82
f 社	2.43	6.12	0.33	8.88
テンペ X	7.71	0.06	3.83	11.60

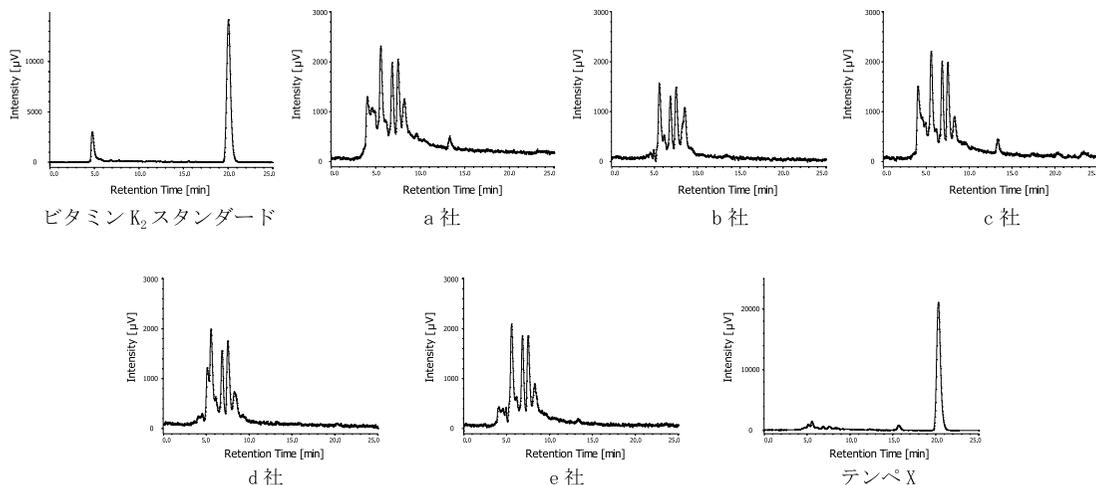


図 2 各種テンペの HPLC パターン  
Rt 20 分がビタミン K<sub>2</sub> のピークである。

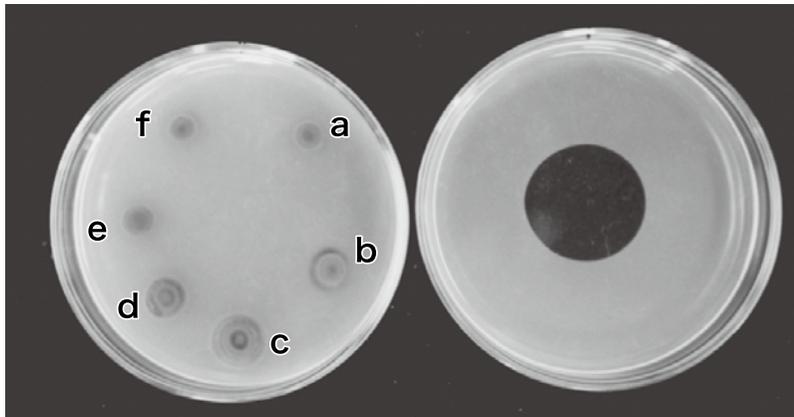


図3 フィブリン溶解活性

フィブリン平板上に、各テンペ抽出液（左：a～f、右：テンペX）を各30 $\mu$ lのせ、37 $^{\circ}$ C、24時間インキュベーションした後の写真である。

### 3. 考察

今回分析した種々のスターターとしては純粋テンペである秋田今野社のものが多いようだが、これら *Rhizopus* 属の発酵物にはビタミン K<sub>2</sub> はほとんどないと結論づけられた。

一方、テンペのポリアミン量はいずれも4.64～11.60 mg/100gと比較的多く、ものによっては納豆の値(5.43 $\pm$ 2.70 mg/100g)を超えるものがあった<sup>8)</sup>。インドネシア産のテンペXにビタミン K<sub>2</sub> お

よびフィブリン溶解（テンペキナーゼ）活性が認められたのは、それが *Rhizopus* のみではないことを示すものかもしれない<sup>4)</sup>。この性質には、テンペの蒸留分画に血小板凝集抑制物質が存在することを考えると興味深いものであり、今後の課題であろう<sup>2,3)</sup>。

テンペX発酵物については減圧フライを試みたが、いずれの成分もかなり熱安定性で活性が残存することが分かった。

### 参考文献

1. 須見 洋行, 岡本 猛: テンペ水抽出液の血栓溶解活性. 日本家政学会誌, **54**: 337-342, 2003.
2. 須見 洋行: 大豆のすべて 第5章 テンペ (Tempeh) の機能性. サイエンスフォーラム, 東京, p.300-302, 2010.
3. 須見 洋行, 今井 雅敏, 丸山 真杉: テンペが持つ新規生理活性物質「繊維素溶解, ビタミン K<sub>2</sub>, チロシナーゼ阻害, ポリアミン, 血小板凝集阻害など」の応用開発. *New Food Industry*, **52**: 9-16, 2010.
4. H. Sumi, T. Okamoto and C. Yatagai: A very strong fibrinolysis enzyme in Tempeh, A traditional fermented soybean food in Indonesia. *Thrombos. Haemostas.*, TH-2-10-0140, 2002
5. H. Sumi: Accumulation of vitamin K (menaquinone-7) in plasma after ingestion of natto and natto bacilli (*B. subtilis* natto). *Food Sci. Technol. Res.*, **5**: 48-50, 1999.
6. K. Saito, M. Horie, N. Nose, K. Nakagomi and H. Nakazawa: Determination of polyamines in foods by liquid chromatography with on-column fluorescence derivatization. *Anal. Sci.*, **8**: 675-680, 1992.
7. H. Sumi, H. Hamada, H. Tsushima, H. Mihara, H. Muraki: A novel fibrinolytic enzyme (nattokinase) in the vegetable cheese Natto; a typical and popular soybean in food of the Japanese diet, *Experientia*, **43**: 1110-1111, 1987.
8. M. Serata, T. Ohsugi, K. Yoshida, M. Imai, M. Maruyama and H. Sumi, Functional components of Non-Salted Fermentation Soybean: Nattokinase, vitamin K<sub>2</sub>, and polyamine. *J. Tempe Soc. Jpn.*, **10**: 1-11, 2014.

# 食事・おやつとの与え方と食習慣から 幼児の食育を考える

山田 さつき (YAMADA Satsuki)<sup>1</sup> 山川 正信 (YAMAKAWA Masanobu)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 大阪教育福祉専門学校

<sup>2</sup> 大阪教育大学大学院健康科学専攻

Key Words：幼児 母親 食習慣 食育 食事 おやつ 偏食

## はじめに

我が国の食生活は、近年の食の欧米化、核家族化、女性の社会進出の増加、食品工業及び流通の発達、外食産業の隆盛などにより大きく変化した<sup>1)</sup>。そのような中、調理の手間のかからない中食の利用が増え、手軽に食べることができるファストフードやスナック菓子などが広く利用されている。これに関連して、野菜の摂取不足、塩分や脂肪の過剰摂取に起因する生活習慣病など多くの健康問題が懸念されている<sup>2,3)</sup>。一方、次世代の子どもを出産し育てる20-30歳代の親世代に朝食の欠食ややせの者が多く<sup>4)</sup>、子どもの食の問題としては朝食の欠食、孤食がみられる。朝食の欠食者は幼児期、学童期、思春期へと成長するにつれて増加する傾向がある<sup>5,6)</sup>。孤食は、子どもが一人で食べることを初めは寂しく感じていたはずであるが、成長するにつれて煩わしいことを言われないう一人で好きに食べる食事を好むようになり、家族とのコミュニケーションをとる機会、食の大切さや礼儀作法を知る機会が減少し、食に対する関心も低くなる要因になっていると思われる。

幼児期は、食習慣が形成される重要な時期であり、学童期においては食行動の基礎が形成される時期である<sup>7)</sup>。これらの時期に形成された食習慣は、成人期の食行動に影響を及ぼすため、適正な食習慣を早期に獲得することは後年の疾

病予防や健康増進につながる。一般に子どもの食事は主に母親が担っている場合が多く、母親の食意識や食行動などが幼児期、学童期の子どもの食習慣に反映される。これに関して、母親と子どもの食意識や食行動に関する報告<sup>8-16)</sup>は多くみられる。この中には、母親が幼児の食事で最も悩んでいる問題である子どもの食嗜好、すなわち食素材や献立に対する「好き嫌い」と母親の食行動との関連についての報告が含まれている。また、食物繊維の摂取量が多い幼児ほど咬合力が強く、幼児の食事作りで「手作りを心がけていた」、「薄味を心がけていた」、「市販食品に必ず手を加えていた」と回答した母親の幼児は、食物繊維の摂取量が有意に多いという報告<sup>17)</sup>もある。幼児期より噛みごたえのある食品を摂取することは、顎や歯の発達そして唾液の分泌を促す。さらに、食べ物のさまざまな味を体験することにより味覚や嗅覚を発達させることが、好き嫌いをなくすためには重要な役割を果たすと考えられる。その他に母親が悩んでいる問題としては、「食べムラ」「小食」「食べるのが遅い」などの食習慣があるが、それらとの関連性を研究した報告はあまりみられない。胃の小さい幼児期では、おやつや食事の時刻が不規則であると、当然のことながら食欲がない時に食事が提供されても食べないことになる。また、食事と食事の間に食べる補食として

のおやつ<sup>1)</sup>の量も定まっていな<sup>2)</sup>いと昼食、夕食の摂取量に影響を及ぼすと推察される。そこで本研究では、食事やおやつを規則的に与えることが、幼児の食習慣に与える影響について述べる。

## 1. 調査対象と方法について

人を対象とした調査研究を実施するにあたっての倫理的配慮として、各幼稚園、市の教育委員会担当者<sup>3)</sup>と面談を行い、研究の目的、方法、調査票と保護者に配布する調査協力依頼文の内容を説明した上で調査の承諾を得た。保護者への調査協力依頼文には、回答は自由意志であり、個人情報<sup>4)</sup>は厳守すること、および調査結果を研究目的以外に使用しないことを明記し、調査票への回答をもって調査協力の同意を得たものとした。

平成21年7月に沖縄県N市立幼稚園8園の幼児350名、平成22年6月に大阪府T市立幼稚園12園の幼児578名、合計928名の幼児とその保護者を対象に調査を実施した。調査票は無記名式質問紙で行い、回答は自由意志であること、研究の目的以外には使用しないことを記載した調査票を各幼稚園で配布・回収した。沖縄251名(回収率71.7%)、大阪485名(回収率83.9%)、合計736名(回収率79.3%)の回答が得られたが、未記入の多い6名を除く730名のうち、母親が回答した693名(沖縄229名、大阪464名)を今回の分析対象とした。

今回の検討には、朝・夕の食事時刻、おやつを与える量と時刻、および幼児の食習慣4項目(好き嫌い、食ベムラ、小食、食べるのが遅い)の情報をを用いた。

### ・分析方法

幼児の食嗜好性については、好き嫌いがあっても嫌いな物を残さず食べている場合は、「好き嫌いなし」とした。前報<sup>18)</sup>で大阪と沖縄の地域差について検討した結果、朝食時刻と幼児の食習慣の小食などに地域差がみられた。そのため、本報では要因間の関連をみる際、地域で層別化をしたMantel-Haenszelの $\chi^2$  ( $\chi_{M-H}^2$ )検

定を行った。分析には、SPSS 18.0J for Windowsを使用し、有意水準はいずれも5%とした。

## 2. 調査結果のまとめ

### 2-1. 食事時刻と幼児の食習慣

朝食時刻の規則性と幼児の食習慣の関係を表1に示した。朝食の時刻が決まっている場合、好き嫌いがある幼児の割合(51.6%)、食ベムラがある幼児の割合(49.0%)、小食の幼児の割合(26.8%)は、決まってい<sup>5)</sup>ない場合に比べて有意に低かった( $p<0.05$ , 食ベムラのみ $p<0.01$ )。

次に、夕食時刻の規則性と幼児の食習慣の関係を表2に示した。夕食の時刻が決まっている場合、好き嫌いがある幼児の割合(50.7%)、食ベムラがある幼児の割合(48.3%)は、決まってい<sup>6)</sup>ない場合に比べて有意に低かった( $p<0.01$ )。

### 2-2. おやつとの与え方と幼児の食習慣

おやつ時刻の規則性と幼児の食習慣の関係を表3に示した。おやつを与える時刻が決まっている場合、好き嫌いがある幼児の割合(48.0%)、食ベムラがある幼児の割合(45.6%)は、決まってい<sup>7)</sup>ない場合に比べて有意に低かった( $p<0.01$ )。

おやつ<sup>8)</sup>の量と幼児の食習慣の関係を表4に示した。おやつ<sup>9)</sup>の量が決まっている場合、好き嫌いがある幼児の割合(44.3%)、食ベムラがある幼児の割合(41.3%)は、決まってい<sup>10)</sup>ない場合に比べて有意に低かった( $p<0.01$ )。

おやつ時刻で層別化した時のおやつ<sup>11)</sup>の量と幼児の食習慣の関係を表5に示した。おやつ時刻が決ま<sup>12)</sup>っていて、おやつ<sup>13)</sup>の量が決まっている場合(42.9%)は、おやつ<sup>14)</sup>の量が決ま<sup>15)</sup>っていない場合(58.9%)に比べて好き嫌いがある幼児の割合が有意に低かった( $p<0.01$ )。おやつ時刻が決ま<sup>16)</sup>っていないが、おやつ<sup>17)</sup>量が決ま<sup>18)</sup>っている場合(36.5%)は、おやつ<sup>19)</sup>量が決ま<sup>20)</sup>っていない場合(63.9%)に比べて食ベムラがある幼児の割合が有意に低かった( $p<0.01$ )。

表1 朝食時刻の規則性と幼児の食習慣の関係

	朝食時刻				$\chi_{M-H}^2$ 検定 <sup>1)</sup>
	決まっている (n=663)		決まっていない (n=26)		
	n	%	n	%	
好き嫌いがある	342	51.6	20	76.9	*
食ベムラがある	325	49.0	22	84.6	**
小食	178	26.8	13	50.0	*
食べるのが遅い	269	40.6	16	61.5	n.s.

<sup>1)</sup> Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定, \*\* $p<0.01$ , \* $p<0.05$ , n.s.: 有意差なし

表2 夕食時刻の規則性と幼児の食習慣の関係

	夕食時刻				$\chi_{M-H}^2$ 検定 <sup>1)</sup>
	決まっている (n=631)		決まっていない (n=59)		
	n	%	n	%	
好き嫌いがある	320	50.7	42	71.2	**
食ベムラがある	305	48.3	42	71.2	**
小食	176	27.9	15	25.4	n.s.
食べるのが遅い	259	41.0	26	44.1	n.s.

<sup>1)</sup> Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定, \*\* $p<0.01$

表3 おやつ時刻の規則性と幼児の食習慣の関係

	おやつ時刻				$\chi_{M-H}^2$ 検定 <sup>1)</sup>
	決まっている (n=421)		決まっていない (n=260)		
	n	%	n	%	
好き嫌いがある	202	48.0	158	60.8	**
食ベムラがある	192	45.6	151	58.1	**
小食	112	26.6	79	30.4	n.s.
食べるのが遅い	178	42.3	104	40.0	n.s.

<sup>1)</sup> Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定, \*\* $p<0.01$

表4 おやつ量と幼児の食習慣の関係

	おやつ量				$\chi_{M-H}^2$ 検定 <sup>1)</sup>
	決まっている (n=305)		決まっていない (n=357)		
	n	%	n	%	
好き嫌いがある	135	44.3	216	60.5	**
食ベムラがある	126	41.3	209	58.5	**
小食	74	24.3	112	31.4	n.s.
食べるのが遅い	116	38.0	156	43.7	n.s.

<sup>1)</sup> Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定, \*\* $p<0.01$

おやつ量で層別化した時のおやつ時刻の規則性と幼児の食習慣の関係を表6に示した。おやつ量で層別化するとおやつ時刻と「好き嫌い」, 「食ベムラ」に有意な関係は見られなかった。

表5 おやつ時刻で層別化した時のおやつとの量と幼児の食習慣の関係

おやつ時刻	おやつ量	好き嫌いがある		$\chi^2$ 検定	$\chi_{MH}^2$ 検定 <sup>1)</sup>	食べムラがある		$\chi^2$ 検定	$\chi_{MH}^2$ 検定 <sup>1)</sup>
		n	%			n	%		
決まっている n=403	決まっている n=252	108	42.9	**		107	42.5	n.s.	
	決まっていない n=151	89	58.9			78	51.7		
決まっていない n=254	決まっている n=52	27	51.9	n.s.		19	36.5	**	**
	決まっていない n=202	127	62.9			129	63.9		

<sup>1)</sup> Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定, \*\* $p<0.01$

表6 おやつとの量で層別化した時のおやつ時刻の規則性と幼児の食習慣の関係

おやつ量	おやつ時刻	好き嫌いがある		$\chi^2$ 検定	$\chi_{MH}^2$ 検定 <sup>1)</sup>	食べムラがある		$\chi^2$ 検定	$\chi_{MH}^2$ 検定 <sup>1)</sup>
		n	%			n	%		
決まっている n=304	決まっている n=252	108	42.9	n.s.		107	42.5	n.s.	
	決まっていない n=52	27	51.9			19	36.5		
決まっていない n=353	決まっている n=151	89	58.9	n.s.	n.s.	78	51.7	*	n.s.
	決まっていない n=202	127	62.9			129	63.9		

<sup>1)</sup> Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定, \* $p<0.05$

### 3. 調査結果から考察されること

幼児の食事で悩みを持つ母親が多く、特に好き嫌い、食べムラ、小食などはその代表的な問題点と言える。幼児の食習慣についての先行研究では、外食に行く頻度が高い幼児や主菜の欠食が多い幼児のう蝕罹患率が高いこと<sup>19)</sup>、幼児の味覚識別能については、甘味と塩味は年齢と共に敏感に識別していて、塩味は月齢と有意な相関関係にあること<sup>20)</sup>等が報告されている。筆者ら<sup>18)</sup>は前報で年長より年中に好き嫌いがある幼児を多く認めたが、幼児を対象とした他の調査でも年齢が低いと偏食傾向の幼児が多いと報告<sup>21)</sup>されている。食べ残すことにより食べるものに偏りが生じる可能性があるため、今回の調査では、好き嫌いがあっても嫌いなものを残さず食べている場合は「好き嫌いなし」、食べ残す場合を「好き嫌いあり」としたため、偏食傾向との比較は可能と考える。

一日の食事のうち、夕食は食事を通して家族の団らんの場合となることが多く、食事内容も朝食や昼食に比べて品数が多めで食材も高価になることが多い。しかし、幼児期は一度にたくさん食べられないために、三食だけでは必要量を摂取できない。そのため、補食としておやつが必要になる。通常、おやつは昼食と夕食の間で摂ることが多く、おやつを食べる時刻や量によっては、空腹でない状態で夕食を食べることが予想される。白木ら<sup>21)</sup>は、夕食の時刻やおやつ時刻が決まっていない幼児に偏食する児の割合が高いと報告している。本研究では、朝食や夕食およびおやつ時刻、おやつとの量が決まっていない幼児に、好き嫌いや食べムラのある児が多かったが、これは食事時刻が不規則な場合、空腹でない時には食事がすすまず、好物しか食べないといった食べムラの原因になっていると考える。

また、おやつについては、おやつと量の時刻を層別化して Mantel-Haenszel の  $\chi^2$  検定を行った結果、おやつを定時に与えることよりも与えるおやつと量の時刻が定まらずに、好き嫌いや食ベムラのある児が多いことが明らかになった。これは、決まった時刻におやつを与えていても与えるおやつと量の時刻が定まらず、次の食事までに空腹にならず、食事が食べられなくなる傾向が、好き嫌いや食ベムラに影響していると考えられる。

小食の幼児は、朝食時刻が決まらずに多くみられたが、夕食時刻やおやつと量の時刻との関連はみられなかった。これは、空腹でないといふ食ベられぬこともあるが、一回に食べられる量が人より少なかったり、よく噛んで食べる児では少量で満腹になっているとも考えられる。

食べるのが遅い幼児は食事の時刻、おやつと量の時刻との関連はみられなかった。これは、食事時刻が決まっていることよりも、テレビやおもちゃなど食事以外のことに気を引かれるものがある、歯のかみ合わせに問題がある、子ども自身がよくおしゃべりすることなどが、ゆっくり食べる原因になっていると考えられる。朝食や夕食の時刻が決まらずに家庭は少なかったが、食事に比べておやつと量の時刻が定まらずに家庭が多くみられたため、この点を改善する必要があると考える。

幼少期に母親からおやつを食べる時間や量を調整されていると、成長後の大学生のおやつと量の食べ方に一定の影響を及ぼすが、母親から指示されていたおやつと量の食べ方を成長後にもしていない大学生もあるという報告<sup>21)</sup>もみられる。幼児期の食事は家族で楽しく食べながら、しつけも必要な時期であり、食育推進基本計画では、家庭における共食を通じた子どもの食育の推進を挙げている。また、共食とは家族が食卓を囲んで一緒に食事をとりながらコミュニケーション

を図ることであり、精神面の安心感に加え、生活や食事の質を向上させるという報告<sup>23)</sup>もある。自我意識の発達し始める2-3歳ごろから食物に対して好き嫌いを示すようになるが、代替食品で補うことのできないような偏食は栄養障害を招く恐れがあると言われている<sup>24)</sup>。

しかし、幼児期の好き嫌いや食ベムラは一過性のものであり、干渉しすぎないことも必要と言われているが、食事やおやつを規則正しく与えることは食の改善に留まらず、生活のリズムを整えることにもつながると考えられる。また、与えるおやつと内容についても、幼児の好むスナック菓子やチョコレートなどが常に準備されていると、薄味や好みでない食事が用意された場合に食べ残すと推察されるが、これらのことは今後の研究課題である。

#### 4. まとめ

好き嫌い、食ベムラのある幼児は、日常生活において不規則な食事、おやつを摂っていることが明らかになった。そのため、これらの幼児の食習慣を改善するためには、定時に家族と一緒に食事すること。また、おやつと量は定時に適量決めて与えることを母親に働きかけることが食育の実践として必要である。時代や社会の変化にともなって家族生活のあり方も多様になった現代ではあるが、食育を推進する観点から改めて日本人の伝統的な家族生活の態様について見つけ直すことによって、食育の実践が日本人の健康に食生活の面から寄与するであろうことを期待したい。

[謝辞]

調査にご協力いただいた沖縄県N市と大阪府T市に所在する幼稚園の保護者の皆さま、幼稚園、教育委員会、N市・T市の関係者の皆さまに感謝の意を表します。

## 参考文献

1. 二見 大介, 早川 文子, 芦川 修武, 他: 公衆栄養学. 東京, 同文書院, 36-48, 2010.
2. 杉浦 令子, 坂本 元子, 村田 光範: 幼児期の生活習慣病リスクに関する研究. 栄養学雑誌, **65**(2): 67-73, 2007.
3. 浅野 真智子, 深蔵 紀子, 尾立 純子, 他: 児童から大学生にいたる若年者層のファーストフードの利用実態調査. 栄養学雑誌, **61**(1): 47-54, 2003.
4. 厚生労働省: 平成 20 年国民健康・栄養調査. 2008.
5. 日本小児保健協会: 平成 12 年度幼児健康度調査. 2000.
6. 独立行政法人日本スポーツ振興センター: 平成 17 年度児童生徒の食生活等実態調査. 2005.
7. 廣田 才之, 高瀬 幸子, 渡辺 満利子, 他: 栄養学各論. 共立出版, 71, 2000.
8. 大木 薫, 稲山 貴代, 坂本 元子: 幼児の肥満要因と母親の食意識・食行動の関連について. 栄養学雑誌, **61**(5): 289-298, 2003.
9. 長谷川 智子: 乳幼児期の食行動の問題と親子関係. 母子保健情報, **56**: 93-97, 2007.
10. 山口 静枝, 春木 敏, 原田 昭子: 母親の食行動パターンと幼児の食教育との関連. 栄養学雑誌, **54**(2): 87-96, 1996.
11. 後藤 美代子, 鈴木 道子, 佐藤 玲子, 他: 幼稚園児の食事の担い手の実態. 栄養学雑誌, **64**(6): 325-329, 2006.
12. 森脇 弘子, 小田 光子, 佐久間 章子, 他: 小学生の食生活・生活習慣に及ぼす調理担当者の意識. 栄養学雑誌, **64**(2): 87-96, 2006.
13. 白木 まさ子, 丸井 英二: 幼児期における親子の体型の類似性と生活習慣に関する研究. 栄養学雑誌, **63**(6): 329-337, 2005.
14. 塚原 康代: 保護者の食意識と子どもの食生活・身体状況. 栄養学雑誌, **61**(4): 223-233, 2003.
15. 原田 昭子, 春木 敏, 山口 静枝: 食行動にみる食意識の構造解析 (第 3 報). 栄養学雑誌, **56**(2): 71-80, 1998.
16. Robinson S., Marriott L., Poole J. *et al.*: Dietary patterns in infancy: the importance of maternal and family influences on feeding practice, *British Journal of Nutrition*, **98**(5): 1029-1037, 2007.
17. 岡崎 光子, 柳沼 裕子: 幼児の摂食状況と咀嚼能力並びに歯の擦り減りとの関係. 栄養学雑誌, **59**(2): 61-69, 2001.
18. 山田 さつき, 永井 由美子, 山川 正信: 母親と幼児における食生活状況の地域差. 大阪教育大学紀要 第Ⅲ部門, **63**(1): 119-126, 2014.
19. 三田村 理恵子, 笹谷 美恵子, 山内 美穂, 他: 幼児の食習慣, 食生活状況と乳歯う蝕との関連. 小児保健研究, **66**(3): 442-447, 2009.
20. 蓑原 美奈恵, 矢倉 紀子, 笠置 綱清: 幼児の味覚識別能に関する研究. 小児保健研究, **49**(5): 553-558, 1990.
21. 白木 まさ子, 大村 雅美, 丸井 英二: 幼児の偏食と生活環境との関連. 民族衛生, **74**(6): 279-289, 2008.
22. 西館 有沙, 徳田 克己: 子どもの菓子の与え方に関する研究. 富山大学 人間発達科学部紀要, **5**(2): 41-49, 2011.
23. 内閣府: 平成 23 年版食育白書. 食育推進施策等の現状. 8-21, 2011.
24. 五明 紀春, 渡邊 早苗, 山田 哲雄, 他: 応用栄養学. 東京, 朝倉書店, 72-90, 2010.

# 知っておきたい日本の食文化

## その六 和食の未来を考える

橋本 直樹 (HASHIMOTO Naoki)

食の社会学研究会

Key Words : 和食 食生活 食文化 伝統食品 継承 栄養バランス 健康志向 世界無形文化遺産

### 1. 和食が世界無形文化遺産に登録された

2013年、和食は「自然を尊重する日本人の心を表現した食文化であり、日本民族が世代を超えて受け継いできた伝統的な食習慣である」と評価されて世界無形文化遺産に登録された。世界無形文化遺産とは、ユネスコの無形文化遺産保護条約に基づいて「人類が共有して保護すべき顕著な普遍的価値がある」と認められた無形文化のことである。これまで世界無形文化遺産に登録された日本の無形文化は能楽、歌舞伎など22件あるが、食文化として登録されたのは和食が初めてであり、世界でもフランスの美食料理、スペイン、イタリアなどの地中海料理、メキシコの伝統料理、トルコのケシケキ(宗教的な麦粥料理)に次いで五番目の登録である。

世界無形文化遺産として登録された「和食」とは明治時代まで日本人が食べていた民族伝統の食事である。今日、料亭や日本料理店で会食する会席料理は和食の高級なものであり、町の食堂の刺身定食や焼魚定食、あるいは家庭で作るご飯と一汁三菜の和風惣菜などは日常的に食べる和食である。握り鮓、てんぷら、鰻の蒲焼、おでん、そばなども日本独自の和食である。

このような和食を一般の人々が食べるようになったのは江戸時代からであり、そう古いことではない。和食の成立過程を遡ってみると、室

町時代に武家の宴会料理として考案され、後世には民間の婚礼や仏事の会食にも使われてきた本膳料理、茶の湯の席でもてなされる懐石料理、江戸の料亭で酒宴に使われた会席料理などはどれも上流階級、富裕階級の「もてなし料理」であり、庶民が日常に食べるものではなかった。しかし、江戸時代の町人社会には庶民も楽しめる鮓、蕎麦、うどん、鰻、てんぷらなどが誕生し、ご飯に焼き魚、里芋と人参の煮物、小松菜のお浸し、などの食事を庶民が食べるようになった。味噌、醤油、酢、味醂などの発酵調味料、昆布、鰹節、干し椎茸などの出汁を使う日本独自の調理法が民間に普及したのも江戸時代のことである。

このようなご飯と魚介や野菜の料理を食べる伝統的な民族食を「和食」と呼び始めたのは明治のころかららしい。特に、第二次大戦後は家庭の食卓に欧米風の料理や中華風の料理が多くなったので、ご飯に焼き魚、野菜の煮物、お浸し、漬物と味噌汁という和風の食事を和食と呼んで区別するのが一般的になったのである。

こうした歴史的経緯を経て発達してきた和食が世界に類を見ない民族固有の伝統食文化であるとして高く評価された理由は、そこに「日本らしさ」、「日本の風土性と国民性」が連綿として受け継がれていることにある。どのようなことかと言えば；ご飯を中心にした魚介類や野菜

の一汁三菜である、牛、馬、豚などの獣肉を使わない、旬の魚介、野菜の持ち味を生かして調理する、醤油や味噌、味醂、酢などの発酵調味料と、鰹節と昆布の出汁を使って繊細、淡泊に味付けする、料理を美しい皿、椀、鉢に盛り付けて客をもてなす、各地に特産の魚介や野菜を使った郷土料理があり、季節ごとの年中行事には定まった行事食があること、栄養バランスの良い健康食であること、などであろう。

懐石料理や会席料理などの日本料理ではそれぞれの季節に旬を迎える魚介や野菜を選び、味噌、醤油、味醂、昆布出汁、鰹節出汁などを使って素材の持ち味を引き出すように調理し、濃い調味料や強い香辛料を使って素材の味を損なうことを避ける。食材の味にワインやスパイス、バター、チーズなどの濃いソースを加えて、濃厚な味を作り出す欧米の料理とは対照的である。このように、伝統的な和食料理には四季の移り変わりを愛する日本人の繊細な感性と美意識が籠められているが故に、世界に類のない優美な食文化であるとして世界無形文化遺産に認定されたのである。

しかし、このような和食文化は明治維新の開国により、近くは第二次大戦での敗戦によって急速に流入してきた欧米風の食文化に圧迫されて大きく変化せざるを得なくなった。殊に、第二次大戦後の70年、私たちが欧米風の食文化を取り入れることに夢中になり、民族伝統の和食の素晴らしさを見過している間に、和食は家庭の食卓で人気を失い、食べるのが少なくなった。ことに、会席料理などは今や料亭や料理旅館で食べる特殊なものになっている。

このような危機的状態になっている和食を世界無形文化遺産として今後、どのように継承していくかは難しい課題である。世界遺産に指定されたからには国家的な保護を加えて維持、継承することが望まれる。しかし、有形の文化遺産であれば国家費用で維持管理することもできるが、無形の文化遺産にはそれができない。さらに、伝統芸能や宗教行事などとは違って、和食は日常の生活文化であるから、社会環境の変化に

じてその姿が大きく変わることを避けられない。

民族の伝統食文化としてこれまで大切に受け継ぎ、発展させてきた和食ではあるが、家庭で日常的に調理し、食べるのが少なくなればもはや伝承していくことが難しくなる。この際、和食をもっと食べようと言っても、カレーやハンバーグを止めて焼き魚、野菜や芋の煮つけと味噌汁、漬物の食事に戻ることはほとんどの人がしないであろう。政府は和食の維持、継承を推進するために、和食の良さを次世代の子供たちに教える食育や和食を海外に紹介する情報活動を積極的に進める予定であるが、それだけではとても足りることはない。

## 2. 家庭の食卓に和風料理が減っている

明治時代の家庭の食事は、ご飯が主であり、おかずは野菜、大豆、たまに干魚の一汁二菜という江戸時代とさして変わらぬ和食が中心であった。収入の少ない家庭では朝は味噌汁と漬物、昼はめざし、煮豆、福神漬、夜はがんもどきの煮つけ という粗末なおかずでご飯を食べていた。製糸工場で働く女工さんの食事は、ご飯を1日に4合、おかずは朝、夕が味噌汁と漬物のみ、昼は野菜の煮物であり、干鰯、塩鮭や生り節などが食べられるのは4日に1度に過ぎなかった。

ようやく大正、昭和前期になると、都市の家庭では副食が少し増えて、朝は味噌汁、納豆、佃煮、漬物、昼は塩鮭、野菜の煮物、漬物、夕食には鯖の味噌煮、切干大根と油揚げの煮物、時にはコロケ、トンカツ、カレーライスを食べるようになった。しかし、農村では明治の頃とさして変わらぬ自給自足の食事を続けていて、麦飯と味噌汁、漬物、野菜の煮物が主であり、塩鮭や干物を食べるのは月に5、6回の贅沢であった。

このような食事内容であったから、米、麦、芋、大豆から1日、2100キロカロリーほどのカロリーを摂ることができていたが、動物性のタンパク質や脂肪の摂取が極端に少なかった。栄養素のバランスが悪いために国民の栄養状態は悪

く、体格は貧弱で、栄養不足による感染症が多く、平均寿命は男性 45 歳、女性 47 歳と短いものであった。

そこで、第二次大戦後は米食に偏った食生活から脱却して、肉料理、油料理を多く摂る欧米型の食事をして栄養状態を改善する指導が国家主導で行われた。日本食生活協会はキッチンカーを全国に巡回させて延べ 200 万人近い人々に肉や乳製品を使う欧米料理の作り方を紹介した。その結果、戦前と現在で 1 日の食料を比較してみると、米の消費は半分以下に減り、代わりに、魚の消費は 3 倍に増え、油脂類の消費は 15 倍に、肉類は 13 倍に、牛乳、バターなど乳製品は 28 倍と大きく増加したのである。昭和 50 年ごろになると、米や麦、芋など澱粉質から摂るカロリーは全体の 6 割に減り、残りの 4 割をタンパク質と脂肪から摂るようになったので、タンパク質、脂肪、炭水化物の摂取比率がほぼ理想的なバランスになった。そして、成人の身長は平均で 10 センチ伸びて、平均寿命が男性は 81 歳、女性は 87 歳になり世界有数の長寿国になったのである。戦後の僅か数十年間で国民の栄養改善をこれほど見事に成し遂げた国は世界のどこにもない。

それに応じて、家庭の食事の献立が大きく変わった。現在では、ご飯を食べることが戦前の三分の一に減り、三度に一度はパン食に代わっている。魚介や野菜、豆腐や湯葉、茸や海藻などを昆布や鰹節の出汁と醤油、味噌で味付けする伝統的な和食料理は少なくなった。家庭の「おかず」を調査してみると、焼魚、刺身、野菜の煮物、きんぴらごぼう、和え物、冷奴、味噌汁、漬物など和風の料理が少なくなり、ハンバーグ、トンカツ、魚フライ、ビーフステーキ、カレーライス、シチュー、グラタン、コロッケ、野菜サラダなどの洋風料理、餃子、鶏肉から揚げ、酢豚、焼き肉。八宝菜、麻婆豆腐など中華風料理が増えている。そもそも、食の文化と言うものは保守的なもので、いつまでも生まれた土地の特色を失わないものである。世界のどこの国にもイタリア料理や中華料理のレストランはあ

るが、家庭ではその土地の民族料理を食べているのが普通であり、日本のように欧米風、そして中華風の料理が家庭の食卓にまでどっぴりと入り込んでいる国は珍しい。

家庭で和食を調理することが減ったことを反映して、醤油、味噌、米酢などの和食調味料の消費量は最近の 30 年ほどの間に急速に減少している。味噌汁は米飯との相性も良いから、「ご飯と豆腐の味噌汁」が朝食の定番だったのだが、最近ではそうではない。戦前は一人当たり 1 日に 30 グラムの味噌を使っていたが、今は 10 グラム、味噌汁 にすれば 1 杯分に減った。全国の家庭を調べてみると、味噌汁を飲むのは三日に一度ぐらいであり、特に、若者にはパン食には合わないと敬遠されている。和食には欠かすことがなかった漬物の消費量も減少している。

日本人は動物性のタンパクを魚介類から摂取する食生活を長く続けてきたが、最近では肉料理を多く摂るようになったので、魚の摂取量が急減して肉類の消費量に追い越されてしまった。原因は子供や若者が魚を食べなくなったからである。老年者なら焼魚や煮魚が好きであるが、10 歳代の少年少女はそうではない。若い母親が魚の調理法を知らず、また知っていても手間がかかるから敬遠するのである。また、野菜料理が多い和食に親しんできたにもかかわらず、最近の野菜の摂取量は 40 年前に比べて 15% も減少している。1 日に 242 グラムであるから、韓国の 578 グラム、スペインの 391 グラム、フランス、389 グラム、アメリカ 336 グラムに比べてずいぶん少ない。和食系の大根、白菜、きゅうり、茄子、里芋の消費は年々減少し、洋食系のレタス、ピーマンなどが増えている。若者の魚離れ、野菜嫌いを食い止めるためにも魚料理、野菜料理を得意にしてきた和食の復活が望まれるのである。

### 3. 和食は今後どのように変化するであろうか

現代の日本人が食べている家庭料理は戦前のそれに比べてずいぶん変わったものになり、献

立が多様になっている。魚介や野菜、豆腐や湯葉、麩、茸や海藻などを昆布や鰹節の出汁と醤油、味噌、味醂で味付けする和風料理は少なくなり、それに代わって欧米風あるいは中華風の料理が増え、そして、日本料理でもなく、欧米風料理あるいは中華風料理でもない「ハイブリッド料理」が生まれている。それは、明治、大正時代に考案されたすき焼きやカレーライス、とんかつ、コロケ、海老フライなどであり、また、第二次大戦後に広まったラーメン、焼きそば、焼き鳥、串カツ、唐揚げ、生姜焼、肉じゃが、豚汁、たこ焼き、お好み焼きなどである。家庭で作る和風惣菜にも牛肉や豚肉、バター、マヨネーズ、オリーブ油やピーマン、キャベツなどの西洋野菜を使うことが増えている。

これらの料理はもちろん伝統的な日本料理ではないが、欧米料理でもなければ中華料理でもない和食系の料理である。伝統的な日本料理には使わなかった牛肉や豚肉を使っているが、醤油や味噌、削り節、擂りごま、紅しょうが、海苔などで味をつけているから和風味である。焼き肉やハンバーグでも大根おろしを添えて醤油で食べれば和風味である。これらの料理はどれも外国にはない日本独自の料理なのである。

和食が日本の伝統的食文化として世界無形文化遺産に登録されたので、今後、その和食をどのように保護し、継承して行くのがよいのかと関係者が議論をしている。大正から昭和にかけて活躍した陶芸家であり、日本料理の改革論者としても知られている北大路魯山人は料亭の日本料理について「純粹の日本料理と云うものは旧態依然として技巧、形式に拘り、時代の改革変化に無関心で極めて保守的であるがゆえに、社会の表面から押し退けられていく傾向にある。殊に今日のように凡てに多忙な時に当って複雑極まる料理法を以てすることは慎まねばならぬことである。西洋料理や支那料理が比較的安価にして栄養価に富んでいるのに在来の日本料理は何等の影響を受けていないから、近來の青年たちに迎えられない。また、大多数の(家庭) 婦人が料理屋の料理には全然諒解がないの

も日本料理が影をうすくする原因である。」と鋭い指摘をしていた。

そもそも、和食を文化遺産に登録して傳承して行こうと言い出したのは伝統的な日本料理の将来を危惧した京都の老舗料亭の料理人たちであった。伝統的な懷石料理や会席料理はもはや老舗料亭や和風旅館にしか残っていない。もちろん、それらの料亭の日本料理は傳統を守ろうとする料理人がいる限り将来もその姿を大きく変えることなく継承されてゆくに違いないが、町の食堂や家庭で食べる日常の和食では難しい。そもそも、料理は日々の生活に密着している実用文化だから、經濟情勢、食料事情、生活環境などが変われば大きく変化することを避けられない。第二次大戦後の70年はかつてなかったほどに日本人の生活環境が激変した時期であったから、伝統的な和食が後退し、和洋中華の折衷料理とでもいうべきものが増えてきたのである。

そもそも、伝統的な和食と言えども元を辿れば中国や朝鮮、あるいは南蛮諸国の料理を積極的に取り入れて形成された複合食文化なのである。古來、世界のどの地域においても民族の食文化は保守的なものであり、その地域の特殊性を容易には失わない。日本のように、外来の食文化を次々と受け入れて民族固有の食文化を大きく変化させてきた国は少ない。次々と新しい外来の食文化を積極的に受入れながら、絶えず日本らしさを追求することを忘れずに継承して民族の傳統食「和食」を形成してきたのである。日本の食文化にはこのような進取性があるために、明治の文明開化、第二次大戦の敗戦によってそれまでの伝統的な和食の役割が大きく変わったのだと言ってよい。

伝統的な和食は戦前まで日本の食卓をほぼ独占してきたのであったが、今は大挙して流入してきた洋風料理や中華風料理と同じ食卓を分け合い拮抗するようになった。更に今後は、肉や乳製品などの調理を多く取り入れてそのレパトリーを拡大していくであろうが、根幹においては日本人ならではの繊細な食の感性と価値観を

訴求し続けるに違いない。

#### 4. 和食は栄養バランスの良い健康食である

和食が世界無形文化遺産に登録されてから、和食は体にやさしい健康食であると見直す気運が高まってきた。書店の料理本のコーナーにも和食の料理本が目立つようになってきている。インターネットで全国10万世帯の夕食を調査した結果によると、おかずのベスト10には必ずご飯、味噌汁、漬物、納豆、豆腐、刺身が入っている。主菜は洋風、中華風のものが多いが、副菜にはまだまだ和風の料理が多いのである。ホテルのビュッフェ朝食では、塩鮭、鰯の干物、筑前煮、湯豆腐、卵焼き、お浸し、焼海苔、漬物などが年配者に人気がある。外食店にも牛丼、回転ずし、居酒屋など和食系の店が増えている。現在のように、和風、洋風、中華風の料理が入り混じって並ぶ日本の家庭の食事は高級料亭で提供されている会席料理とは全く別のものようである。しかし、カタカナ英語が多くなっても日本語が英語に変わったわけではないのと同様に、伝統的な和食が失われたわけではない。洋風料理や中華風料理を多く食べるようになって、日本人の和食に対する嗜好は根強く残っているのである。

我が国は平均寿命が世界一になり、高齢化が急速に進んでいるにもかかわらず、極端な肥満や生活習慣病の罹患率が欧米に比べて少ない。これは洋風化したとは言いながら、まだまだ米と魚、野菜を多く食べる和食のせいではないかと考えられている。欧米諸国では1日に3000キロカロリー以上もある食事を摂り、しかも肉料理が多いので脂肪の過剰摂取になって肥満、高血圧症と動脈硬化症が増え、心臓疾患が多発している。ところが日本ではご飯が減ったと言っても、まだまだご飯中心に1日、2000キロカロリー前後の食事であることには変わりはなく、そして、動物性タンパク源として魚を多く食べてきたのがよかったのであろう。タンパク質の半分近くを脂肪の少ないご飯と豆、魚か

ら摂っていたから脂肪の過剰摂取にならずに済んでいたのである。このことは40年も前にアメリカ人の過剰な脂肪摂取を警告したマクガバン報告書でも指摘されていることでもある。

魚肉の良いところは脂肪が肉類に比べて数分の一と少ないことである。牛肉や豚肉には脂肪が20%ぐらい、脂身であれば40%も含まれているが、魚は鰻や鮪の脂身を例外として脂肪は数%に過ぎない。特に、海老、蟹、いか、蛸や貝類は脂肪が少なく1%以下である。この違いが、日本人に比べて肉類を数倍も多く食べている欧米人が脂肪の摂取過多に悩み、欧米人に比べて魚を数倍多く食べてきた日本人がそうでもない理由に挙げられている。食材20品を使った本格的な会席料理でも熱量は850キロカロリーと少ないのである。

ご飯でカロリーの半分近くを摂り、副食に魚や野菜をバランスよく食べる和食は、パスタやスパゲティをメインにして魚と野菜、果実、オリーブ油を多く摂る地中海料理と並んで理想的な健康食であると国際的にもてはやされるようになった。和風の食事が多かった30年前の日本には肥満や生活習慣病が今日のように蔓延していなかったのである。ところが、それから米の消費が加速的に減少し、肉類、乳製品、食用油の消費の増加が止まらず、反対に魚の消費が急減し始めた。そのために、脂肪から摂取するエネルギーの比率が上限の25%を超え、中高年者に肥満が増加して生活習慣病が蔓延している。国民の健康維持のためにも、ヘルシーな和食を活用したいものである。

#### 5. 和食の海外進出はどのようにするか

近年、海外では和食ブームが起きているが、外国人たちは和食をどのようなものとして捉えているのであろうか。フードジャーナリスト、マイケル・ブース氏が著した「英国一家、日本を食べる」とその続編はそれを知る手掛かりになる。パリの有名な料理学校、ル・コルドン・ブルーで修業した経歴の持ち主であるマイケル・ブース氏は家族と共に日本全国の和食と和食材

を食べ歩いた。まず、東京ではデパ地下の食品売り場を覗き、焼きそば、焼き鳥、相撲部屋のちゃんこ鍋、高級天ぷら屋、回転ずし、高級鮎店を食べ歩き、北海道ではバターコーンラーメン、蟹料理、アイヌ料理、昆布干し、焼津で鰹節づくり、京都では京懐石料理、流しそーめん、鯖鮓、湯豆腐、豆腐田楽、日本酒、大阪でお好み焼き、たこ焼き、串カツ、おでんを食べている。松阪で和牛牧場、香川では醤油醸造を見学し、下関のフグ料理、博多の豚骨ラーメン、沖縄のゴーヤチャンプル、豆腐ようなどを貪欲に食べ歩き、料理人たち取材したのである。食べ歩きを終わったブース氏の率直な感想は「日本の料理にはこんなにも眼が眩むほどの多面性があり、地域性が豊かで、面食らった」であった。異邦人である彼は、伝統的な懐石料理や精進料理などと同じように、ラーメンや焼き鳥、串カツ、たこ焼きなどを同じ日本の料理であると考えている。もし、ブース氏が家庭の夕食を覗く機会があったなら、すき焼き、しゃぶしゃぶ、とんかつ、オムライス、海老フライ、肉じゃが、豚汁なども日本独自の料理として食べたに違いない。欧米人は食材や味付けに対する考え方が自分たちの国とは全く異なる日本の食べ物をすべて日本料理とみなして強い好奇心を示すのである。

海外では和食がヘルシーな料理として人気が出て、日本料理店が6万軒に増えている。しかし、海外の鮎店で現地人が作っているSUSHIにはこれが鮎なのかと驚くようなものがあるように、伝統的な日本料理をそのままの形で海外に持ち出しても受け入れられないという。私たちは外国の料理を日本化することを得意にし

てきたが、日本の料理を外地化することには経験が少ない。パリの高級ホテルや有名レストランでフランス料理を修業した日本の料理人が本格的なフランス料理を食べさせている店が多いが、外国人が日本の老舗料亭で日本料理を研修して帰り、自国で開業している例は稀である。

洋の東西において異国の食文化を取り入れる過程には大きな違いがある。海外で日本料理を提供するには進出先の食材を使い、その地の食嗜好や食事スタイルに合わせなければならない。例えば、魚介類だけではなく鴨肉や鹿肉を使い、昆布出汁は匂いが嫌われるからグルタミン酸の多いトマトの絞汁を使う、刺身は醤油でなく三杯酢で和える、茶碗蒸しにチーズやトリュフを加えるなどの工夫をしたところ好評だったと聞いている。日本料理にオリーブ油、バルサミコ酢、チーズや生クリームなどを使うこともある。納豆はバターと練り合わせて赤ワインに合わせ、蒲鉾はカニカマに加工してサラダに使い、竹輪にチーズを詰めて前菜にする。今年、イタリアのミにラノで「食」をテーマにして万博が開かれ、世界140か国の珍しい料理や食材が集結している。日本館では鮎、てんぷらなどこれまで外国人に好まれてきた和食を紹介するだけでなく、焼きおにぎりに焼肉や海鮮かき揚げを挟んだライスバーガーが大人気だそうである。

世界に類のない日本の食文化、和食を海外に紹介することは文化交流活動としてすぐに行えることなのであるが、その和食が海外諸国の家庭にまで受け入れてもらえるか、どうかは長い年月を要することになるのであろう。

# 酒造原料米のタンパク質と酒造適性との関係

増村 威宏 (MASUMURA Takehiro)<sup>1,2</sup> 大橋 善之 (OHASHI Yoshiyuki)<sup>2</sup>  
藤原 久志 (FUJIWARA Hisashi)<sup>3</sup> 若井 芳則 (WAKAI Yoshinori)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都府立大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 京都府農林水産技術センター, <sup>3</sup> 黄桜株式会社

Key Words : 米タンパク質 酒造原料米 清酒 酒造適性 京の輝き

## はじめに

清酒製造には、原料となる米、麴、清酒酵母が必要であり、それぞれが清酒の味や香りを決めるために重要な役割を担うと考えられている。麴菌は原料米に含まれるデンプンを糖化する役割を担っており、麴造りには麴菌を十分繁殖させるため、心白を有する大粒の米が適していると云われてきた。清酒製造者は、麴造りに適した米のことを酒米あるいは酒造好適米と呼んでいる。清酒酵母は、麴菌がデンプンを分解した糖をエタノールへ変換する役割を担うと共に、香り成分も生成する。吟醸酒などは果実の様な香りが漂う清酒であり、香り成分は清酒の魅力の一つになっている。本稿では、清酒製造に関わる米のタンパク質に着目し、タンパク質と酒造適性との関係を考察することにした。

清酒製造に用いる原料米は、加工工程により麴米、掛米と呼ばれている。大吟醸酒などの高級酒では、麴米だけでなく、掛米にも酒造好適米を用いている場合が多い。「山田錦」100%の清酒とは、原料米全てに「山田錦」を用いたことを表している。近年各地域で多様な酒造好適米品種が育成され、地域ブランド清酒の原料米として利用され始めている。

掛米として使用されている酒造原料米についての事情はどうなっているのだろうか。清酒の製造原価に占める米価の割合は、60～70%に

達するため、清酒製造者は良質な原料米の安定した確保に苦心している。一般的な清酒でも麴米には酒造好適米を用いる場合が多いが、原料米のおよそ80%を占める掛米には、一般食用米が用いられている。例えば、滋賀県産の「日本晴」は食用米としても、清酒用の掛米としても長年用いられてきた。「日本晴」は、収量性が良く、年次変動が少なく品質が安定しており、蒸米としてさばき易いなど、一般食用米の中では醸造適性が高い品種であった。しかし、最近作付面積が大幅に減少し、手に入りにくくなっているため、低タンパク質の良食味米、例えば「コシヒカリ」も用いられている。

酒造業界では、長年にわたり、良質で安定確保可能な掛米専用品種を求めてきた。しかし、国や地方の農業研究機関で育成されてきた新品種は、良食味米や酒造好適米に集中し、掛米専用品種の育成は遅れていた。清酒醸造の掛米専用として育成された品種は、「雪化粧」、「ふくひびき」、「吟おうみ」、「土佐錦」、「めぐりあい」など、極めて少数しかなかった。掛米専用といっても清酒製造に要求される性質は酒造好適米と同じで、大粒、低タンパク質、良好な溶解性などの形質が求められる。さらに掛米は原料の大半を占めることから、安価であること、即ち多収品種であることが強く求められる。近年、清酒の消費量が減少する中、酒造会社は原料米の

産地・品種にこだわった地域ブランド清酒の開発を模索している。そこで、掛米にも地域ブランドに対応するような、地域密着型の掛米専用品種の育成が期待されている<sup>1)</sup>。

京都府では、「京都の米で、京都の酒を！」を合い言葉に酒造好適米「祝」を使った清酒について平成24年から京のブランド産品に指定し、「祝」の生産振興と消費拡大を図ってきた。その一方で、地域ブランドイネ品種として「京の輝き」を育成し<sup>2)</sup>、清酒製造に最適な条件を検討する栽培試験を行ってきた<sup>3)</sup>。本稿では、酒造原料米「京の輝き」のタンパク質の分析を行い、酒造適性ととの関係を検討したので、その結果について報告する。

## 1. 酒造原料米タンパク質の一次元電気泳動

米に含まれる栄養成分のうち、デンプンに次いで多く含まれる成分がタンパク質である。一般米を標準的な条件で栽培すると総タンパク質含量は、玄米重量の6～8%となる。清酒製造の際には、米に含まれるタンパク質が清酒の雑味の原因となるため、タンパク質含量が低い酒造原料米を利用する。米のタンパク質は米粒中の外周部に多く存在するため、清酒製造の場

合、米の外周部を炊飯米よりも多く削る必要がある。大粒の米は原料利用率が高いため利用される。

米に存在するタンパク質は、グルテリン、グロブリン、プロラミンが主要成分であり、これらはタンパク質顆粒（プロテインボディ：PB）に蓄積している。これらのタンパク質は次世代幼植物の窒素源となることから、貯蔵タンパク質と呼ばれている。酒造原料米のタンパク質を抽出し、SDS-PAGE法で分析すると、図1に示したパターンになる。

グルテリンは、57 kDa 前駆体、前駆体がプロセシングされて生じる37～39 kDaの酸性サブユニット、21～23 kDaの塩基性サブユニットとして検出される。グロブリンは、26 kDa α-グロブリンが主に検出され、プロラミンは、16 kDa、13 kDa、10 kDa プロラミンとしてバンドが検出される。また、13 kDa プロラミンはCys残基の有無でさらに分類され、Cys残基を持つ13a プロラミンとCys残基を持たない13b プロラミンに分けられる<sup>4)</sup>。

京都産の酒造原料米である「祝」、「京の輝き」の分離パターンは、「コシヒカリ」や「日本晴」と基本的には変わらないが、各ポリペプチドのバンドの濃さに差が見られる場合がある。これは、品種によるタンパク質含量の差を反映していると考えられる（図1）。

次に、平成25年産の「京の輝き」を材料として、精米歩合を10%ずつ変え、精米歩合90%～40%までの精白米を調製した。米粒は外周部分から削られてゆくため、玄米(100%)の状態から、段階的に精白米(90%)、吟醸酒クラスの精米(60%)、さらに大吟醸酒クラスの精米(50～40%)へ向かう過程で小粒になった。それぞれの精米歩合におけるタンパク質含量および組成を調べるために、精米した米よりタンパク質を抽出し、SDS-PAGE法で分析した（図2）。

精米を進めると清酒の雑味（アミノ酸含量）に対する影響が大きいといわれるグルテリンの量は段階的に減少することが判っ

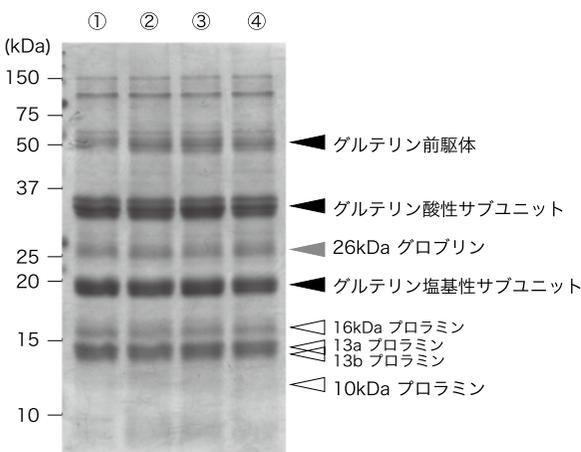


図1 米タンパク質の電気泳動

各試験米よりタンパク質を抽出し、SDS-PAGE解析を行った。右側の矢頭は、それぞれのイネ種子タンパク質を示す。サンプル名は、左から①日本晴、②コシヒカリ、③祝、④京の輝き

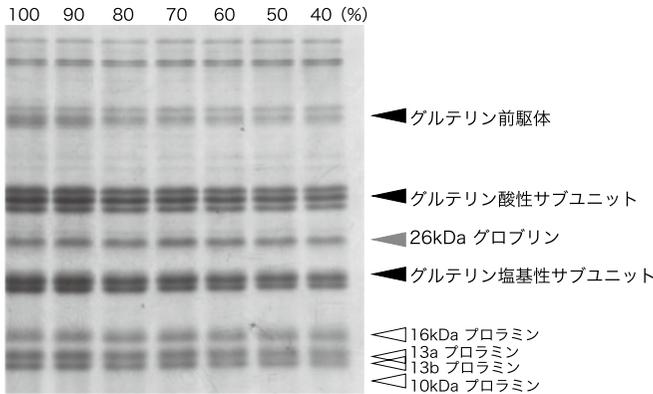


図2 「京の輝き」精米タンパク質の電気泳動

精米した「京の輝き」の試験米よりタンパク質を抽出し、SDS-PAGE解析を行った。右側の矢頭は、それぞれのイネ種子タンパク質を示す。

た。しかし、グルテリンは米粒の中心部にも広く分布するため、高度精白した吟醸酒クラスの精米（60%以下）においても存在することが明らかになった（図2）。

## 2. 精米中のグルテリンの分布解析

米タンパク質の存在量については、近赤外分析法などのタンパク質中の窒素量を測定する各種方法で算出可能である。さらに、タンパク質組成・含量については、SDS-PAGE法を用いることで算出可能である。先にも述べたが、米粒

中の貯蔵タンパク質の内、酒質に影響が出やすい成分は、グルテリンであるといわれている。それは、プロラミンは麹菌の出すプロテアーゼにより分解され難いのにに対し、グルテリンは分解を受けるからである。グルテリンの存在割合は、一般的な品種で60～65%であると推定されている。これまで、米粒中のグルテリンの分布については近赤外分析や電気泳動では調べることが出来なかった。本稿では、筆者らが開発した米粒内タンパク質分布解析法を用いて、酒造原料米である「京の輝き」にお

けるグルテリン分布の視覚化を試みた。平成25年産の「京の輝き」を材料として、精米歩合を10%ずつ変え、精米歩合90%～40%までの精白米を調製した。玄米(100%)を含む各精白米(90～40%)における米粒の横断面の切片作製には、動物の骨などの硬組織観察用に開発された粘着フィルム法<sup>5)</sup>を元に、筆者等が米粒用に技術改良を行った凍結フィルム法<sup>6)</sup>を用いて作製した。米粒の横断面を光学顕微鏡で観察した結果を示した（図3A）。米粒は外周部分から削られてゆき、90%から40%へ向かう

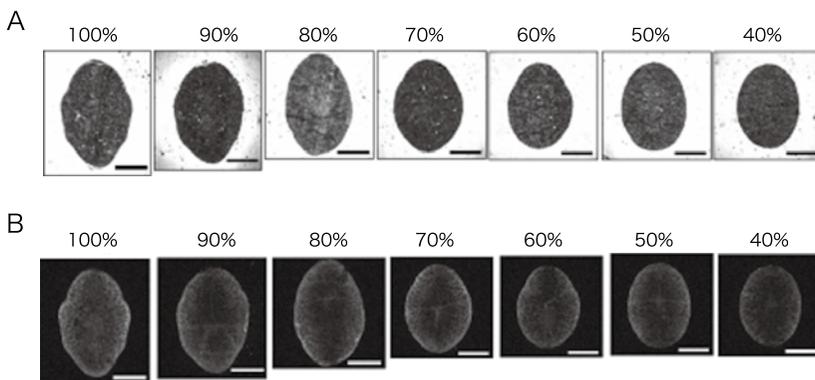


図3 精米した「京の輝き」の米粒中のグルテリンの分布

- A: 精米した「京の輝き」を薄切し、光学顕微鏡で観察した。左から玄米（100%）から10%ずつ削り、40%まで精米した米の断面を示す。スケールバーは1mmを示す。  
 B: 精米した「京の輝き」を薄切し、蛍光色素で標識したグルテリン抗体と反応後、蛍光顕微鏡で観察した。左から玄米(100%)から10%ずつ精米した米粒の断面上のグルテリンの分布を示す。スケールバーは1mmを示す。

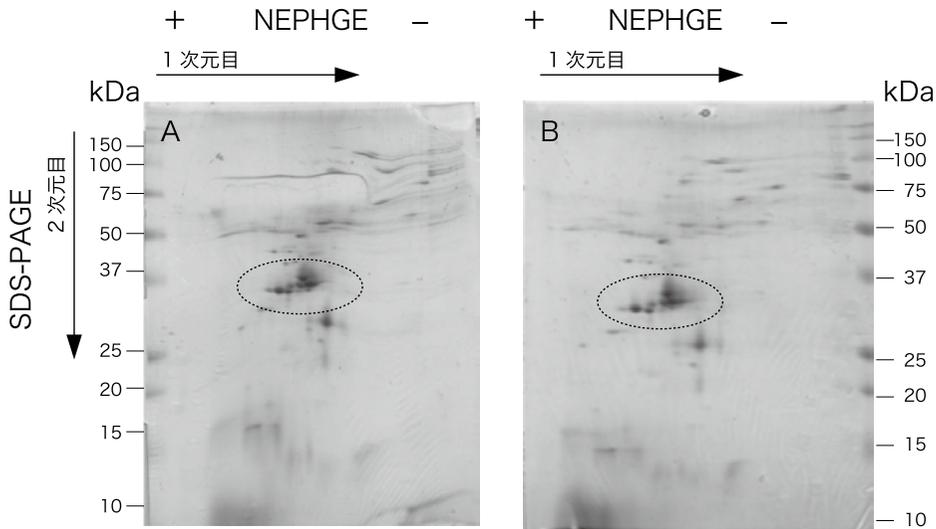


図4 NEPHGE / SDS-PAGE 法による米タンパク質の二次元電気泳動像

イネ種子タンパク質の二次元電気泳動法によるタンパク質の分離を行った。

A：京の輝き，B：コシヒカリ

グルテリン酸性サブユニット（35kDa 付近の点線で囲った部分）のスポットにおいて、両品種間で大きな違いは観察されなかった。

過程で楕円から円に近づくことが明らかとなった。米粒中のグルテリンの分布は、同じ薄切片に対し蛍光色素で標識した抗グルテリン抗体を用いて反応し、蛍光顕微鏡で観察を行い画像化した（図3B）。米粒は外周部分から削られてゆき、90%から40%へ向かう過程で楕円から円に近づくが、グルテリンの米粒内分布解析における蛍光を示す部位は黒いバックに白色で表示された部分に該当する。グルテリンの存在部位は、外周部で強かったが、中心部にも検出された。精米を進めるとグルテリンの蛍光シグナルは段階的に減少するが、グルテリンは米粒の中心部近くにも分布することが抗体検出の結果でも明らかになった（図3B）。即ち、精米技術でグルテリンを完全に除去することは難しい事が判った。

### 3. 二次元電気泳動法による「京の輝き」のタンパク質の解析

二次元電気泳動法<sup>7-9)</sup>は、タンパク質の分離・同定において優れた手法であるが、筆者等はこれまでに酒造原料米について分析したデータは

報告してこなかった。そこで本稿では、プロラミンおよびグルテリンについて同時に分析が可能な二次元電気泳動法<sup>10)</sup>を用いて、京都府が育成した酒造原料米である「京の輝き」と、良食味米の代表で、タンパク質含量が少ない品種として知られている「コシヒカリ」について比較を行った。両品種から胚乳タンパク質を抽出し、NEPHGE / SDS-PAGE 法で分離したところ、図4A, Bのようなパターンを示した。図4Aは「京の輝き」、図4Bは「コシヒカリ」を示したものである。両品種共に点線で囲ったグルテリン酸性サブユニットに相当するスポットの種類や強度に差は見られなかった。「京の輝き」は「コシヒカリ」と類似のグルテリンのパターンを示したことから、清酒製造においてこれまでに用いられてきた「コシヒカリ」と同様な清酒成分が得られるものと推測された。

このように、二次元電気泳動法を用いることで、タンパク質を分子種ごとに解析するだけでなく、品種間におけるタンパク質分子種の違いについて詳細な比較を行うことが可能となる。この手法は、原料米の品種による清酒成分の差

について、新たな知見をもたらすことが考えられ、酒造原料米の質の向上に関する研究に大いに貢献できると考えられる。

#### 4. 「京の輝き」で仕込んだ清酒「なからぎ」の特性

最近、大学発の製品が多数出回る時代になり、清酒の世界でも、学生が稲作や醸造に関与し、販売プランを立てた大学オリジナル清酒も販売されている。筆者等は、黄桜酒造（現黄桜株式会社）と「美味しい米で造ったお酒は美味しい」というテーマで共同研究を続けてきた<sup>11,12)</sup>。その研究により、清酒の雑味の原因タンパク質であるグルテリンが少なく、適度なプロラミン含量により穏やかな吸水性を示すイネ品種は、良食味米品種の性質とも一致しており、タンパク質の観点から酒造用に適しているとの結論を得た。この考えに基づき、京都府農林水産技術センターが、(独)農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター、伏見酒造組合などと協力し、京都の地で栽培しやすく、酒造りに適した品種を選抜したのが、酒造原料米新品种「京の輝き」である<sup>2)</sup>。「京の輝き」の外観品質は、過去に酒造原料米の主流だった「日本晴」に比べると大粒であり、多収性であることから原料利用率が高い品種であることがこれまでの研究で示されている<sup>3)</sup>。

平成25年度に「京の輝き」のみで造った純米吟醸酒を試験醸造し、広く試飲を実施したところ、大学生を含む広い世代に高い評価を得た。そこで、京都産の酒造原料米である「京の輝き」を100%用いた純米吟醸酒を京都府立大学のオ



図5 「京の輝き」を100%使って仕込んだ純米吟醸酒「なからぎ」

リジナルブランド製品として世に出すことを検討した。大学が所在する地名に由来し「なからぎ」と命名し、京都の街と鴨川をイメージするラベルデザインにし、黄桜株式会社が醸造し、大学生協を中心に販売する事になった(図5)。以下に純米吟醸酒「なからぎ」の成分分析値を示す(表1, 2)。日本酒度、酸度、アミノ酸度などからもまろやかな味わいを示している。香氣成分から適度な吟醸香を持つことが示されており、総合的にはまろやかでスッキリした味わいになっている。ユネスコ無形文化遺産となった「和食」にも合い、食事と共にゆっくり味わえる清酒となっている。

「京の輝き」の酒造適性について「コシヒカリ」と比較した結果が黄桜株式会社より得られている。その結果では、両品種は製麴特性や醸造特性に大きな差は無かったが、「京の輝き」は「コ

表1 【一般分析】

日本酒度	アルコール度数 (%)	酸度 (mL)	アミノ酸度 (mL)	グルコース濃度 (%)	色度	濁度
+0.6	15.6	1.19	1.44	1.0	31	14

表2 【低沸点香氣成分】 (単位: ppm)

酢酸エチル	酢酸イソブチル	イソブチルアルコール (B)	酢酸イソアミル (E)	イソアミルアルコール (A)	カプロン酸エチル	E/A × 100	A/B
74	0.1	42	2.6	120	1.6	2.2	2.9

シヒカリ」よりも吸水が穏やかであり、目的の吸水率にすることが容易であった。また、「京の輝き」は「コシヒカリ」よりも醗後半のピルビン酸の減少が急であり、醗後半でも醗酵が進むことが求められる純米酒で使用する際の醗管理がより容易であった。「京の輝き」は、掛米用の原料米品種として開発されたが、麴米としても十分使用可能であり、京都府独自の酒造用米として実地醸造の現場で十分使用可能であることが明らかになった。

### おわりに

本稿では、新しく育成された掛米用品種である「京の輝き」を例に、酒造原料米に関するタンパク質の分析手法について紹介した。特に、段階的に精米した試料の電気泳動分析と蛍光顕微鏡によるタンパク質分布解析は、これまでに例が無い実験結果であり、酒造原料米の解析に有効な手段であることを示している。また、NEPHGEとSDS-PAGEを組み合わせた二次元電気泳動法を用いることで、品種の違いによるタンパク質の組成や量の解析が容易になり、これまでにほとんど解析が出来ていなかった酒造原料米のタンパク質について詳細な情報を得ることが可能だと示された。二次元電気泳動のスポット解析には、これまでのアミノ酸配列決定

に代わり、質量分析計を使ってタンパク質を同定するペプチドマスフィンガープリント(PMF)法が急速に普及し始めた。今後は、二次元電気泳動法とPMF法を組み合わせることで、より迅速で簡便な酒造原料米の未知タンパク質の同定を行う事が可能になると考えられる。本研究による解析結果は、精米歩合の異なる酒造原料米におけるタンパク質を調査するために、視覚的にも判りやすい方法である。今後、より詳細なタンパク質の解析が可能になれば、清酒製造に最適な条件を検討する栽培試験や醸造試験に役立つ技術になると考えられる。

### 謝辞

本研究の一部は、農林水産技術会議平成26年度補正予算「農林水産業の革新的技術緊急展開事業・メタボロミックプロファイリングを活用した清酒の品質向上と原料米のブランド力強化」の助成を受けて行われた。実験に携わった京都府立大学の佐生愛氏、北和海氏、森本陽子氏に深く感謝します。また、二次元電気泳動法の解析についてご教授頂きました。地方独立行政法人・京都市産業技術研究所の廣岡青央博士、泊直宏氏、山本佳宏氏に深く御礼申し上げます。

## 参考文献

1. 増村威宏, お米とお酒のいい関係. 生物工学会誌, **89**, 265. 2011.
2. 尾崎耕二, 三浦清之, 笹原英樹, 重宗明子, 後藤明俊, 長岡一朗, 藤田守彦, 今井久遠, 河瀬弘一: 酒造掛米用水稲品種「京の輝き」の育成. 作物研究, **58**, 25-31. 2013.
3. 藤原久志, 尾崎耕二, 大橋善之, 今井久遠, 増村威宏, 三浦清之, 笹原英樹, 長岡一朗, 重宗明子, 後藤明俊, 若井芳則: 京都府産酒造用掛米品種「京の輝き」の育成と酒造適性. 日本醸造協会誌, **110**, 276-284. 2015.
4. Ogawa M, Kumamaru T, Satoh H *et al.*: Purification of protein body-I of rice seed and its polypeptide composition. *Plant Cell Physiol*, **28**, 1517-1527. 1987.
5. Kawamoto T, Shimizu M, : A method for preparing 2- to 50- $\mu$ m-thick fresh-frozen sections of large samples and undecalcified hard tissues. *Histochem Cell Biol*, **113**, 331-339. 2000.
6. Saito Y, Nakatsuka N, Shigemitsu T, Tanaka K, Morita S, Satoh S, Masumura T, : Thin frozen film method for visualization of storage proteins in mature rice grains. *Biosci. Biotechnol. Biochem*, **72**, 2779-2781.
7. Abe T, Sadimantara GR, Ono M, Sasahara T, : Variations in glutelin and high molecular weight endosperm proteins among subspecies of rice (*Oryza sativa* L.) detected by two-dimensional gel electrophoresis., *Genes Genet. Syst.*, **71**, 63-68. 1996.
8. Satoh R, Nakamura R, Komatsu A, Oshima M, Teshima R, : Proteomic analysis of known and candidate rice allergens between non-transgenic and transgenic plants., *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, **59**, 437-444. 2011.
9. Khan N, Katsube- Tanaka T, Iida S, Yamaguchi T, Nakano J, and Tsujimoto H, : Identification and variation of glutelin alpha polypeptides in the genus *Oryza* assessed by two-dimensional electrophoresis and step-by-step immunodetection., *J. Agric. Food. Chem.*, **56**, 4955-4961. 2008.
10. Shigemitsu S, Saito Y, Morita S, Satoh S, Masumura T, : Separation and Identification of rice prolamins by two-dimensional gel electrophoresis and amino acid sequencing, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **76**, 594-597. 2012.
11. 古川幸子, 鈴木啓太郎, 増村威宏, 田中國介, 若井芳則: 酒造好適米と良食味米の食味評価と酒質. 日本醸造協会誌, **109**, 107-117. 2014.
12. 古川幸子, 鈴木啓太郎, 増村威宏, 田中國介, 若井芳則: 理化学的解析による酒造好適米と良食味米の比較. 日本醸造協会誌, **109**, 463-475. 2014.

# バクテリアセルロースゲル（ナタデココ）の医療・化粧品分野への展開に関する研究

沼田 ゆかり (NUMATA Yukari)

小樽商科大学商学部 一般教育系

Key Words：バクテリアセルロース（バイオセルロース） ゲル ドラッグデリバリーシステム 生体適合性 温度応答性

## はじめに

バクテリアセルロース（Bacterial Cellulose, BCもしくはバイオセルロース）は微生物によって培地と大気の界面に約99 wt%が水、約1 wt%がセルロース繊維のヒドロゲルの状態で産生される。BCゲルはフィリピン発祥の伝統食品であり、日本では1990年代に食物繊維が豊富なデザートとしてブームになった「ナタデココ」として一般的によく知られている。BCの用途はヒドロゲルでの食品がもっとも有名で、ナタデココ入りヨーグルトや食感を楽しむナタデココ入り清涼飲料水が商品として市販されている。食品として利用する際の形状はサイコロ状に裁断、またはゲルを形成するセルロース繊維の網目構造を分解しスラリー状にすることが多い。一方、柔軟性や生体適合性、透明性、保湿性に優れている<sup>1-3)</sup>ことから、シート状に

産生させ図1に示すように皮膚にはる用途に利用することができ、医療用素材として注目され研究開発の報告が多くみられる<sup>4,5)</sup>。また、日本では化粧品分野においてパック用のフェイスマスクの基材として用いられている。

筆者らはこれまで、BCゲルを機能性材料として応用することを目標に研究開発を行っており、前回の論説<sup>6)</sup>では“乾燥しないBCゲル”や“乾燥しないBCゲルの圧縮に対する改善”について報告を行った。本稿では新たに最近報告<sup>7,8)</sup>したBCゲルの医療や化粧品分野での応用に関する研究内容を紹介する。

## 1. バクテリアセルロースゲルとナノ粒子を組み合わせたドラッグデリバリーシステムの構築<sup>7)</sup>

BCゲルは皮膚にはる素材として医療や化粧品分野での利用の可能性は大きいですが、ヒドロゲルであることから、疎水性有効成分をゲル内に導入することが困難であるという課題がある。そこで、疎水性有効成分のキャリアーとして両親媒性高分子に着目した。両親媒性高分子は水中において親水性部分を外側の殻、疎水性部分を内側の核とし自己組織化しミセル構造（ナノ粒子）を形成（図2）、これらのナノ粒子は疎水性物質を内包できることが知られている。そのため、生体適合性を持つ両親媒性高分子はド



図1 腕にはりつけたBCゲル



図2 水中における両親媒性高分子の自己組織化によるミセル構造 (ナノ粒子) の形成  
ナノ粒子内部に疎水性物質を内包できる

ラッグデリバリーシステム (DDS) のキャリアーとして注目され、多くの研究が報告されている。なかでも、ポリエチレンオキサイド-*b*-ポリカプロラクトン (PEO-*b*-PCL) は PEO 部分を外側の殻に PCL 部分を内側の核にしたナノ粒子を形成し、DDS のキャリアーとして数多くの研究が報告されている<sup>9-13)</sup>。そこで、BC ゲルと PEO-*b*-PCL ナノ粒子を組み合わせる疎水性有効成分の DDS の構築を試みた。疎水性有効成分として、化粧品のアンチエイジング成分に用いられているレチノール (ビタミン A アル

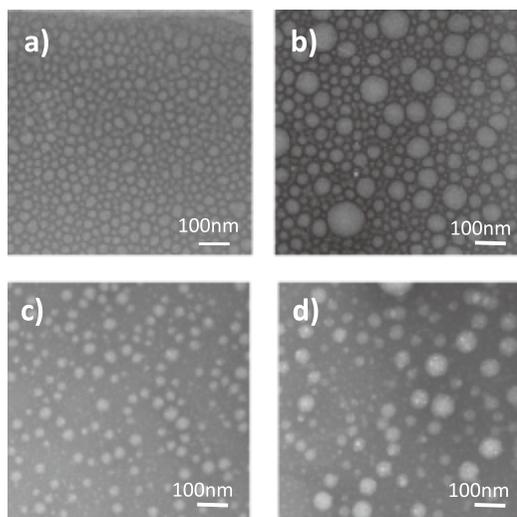


図3 PEO-*b*-PCL ナノ粒子の透過型電子顕微鏡写真  
a) 水中における PEO(5000)-*b*-PCL(5000), b) 水中における PEO(5000)-*b*-PCL(10,000), c) pH 5.2 緩衝溶液中における PEO(5000)-*b*-PCL(5000), d) pH 5.2 緩衝溶液中における PEO(5000)-*b*-PCL(10,000)

Reprinted from *International Journal of Pharmaceutics*, 486, Y. Numata et al., A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients, 217-225, Copyright (2015), with permission from Elsevier

コール) を選択し、PEO-*b*-PCL ナノ粒子をキャリアーとして BC ゲルに導入、ゲルからの徐放性を調べた。

### 1-1. PEO-*b*-PCL ナノ粒子の調製とレチノールの導入

PEO と PCL の分子量が 5000 と 5000, 5000 と 10,000, 2000 と 11,500 の 3 種類の PEO-*b*-PCL を用い、co-solvent evaporation 法<sup>14)</sup> でナノ粒子を調製した。得られたナノ粒子のサイズと多分散度を動的光散乱 (DLS) で決定した結果、PEO(5000)-*b*-PCL(5000), PEO(5000)-*b*-PCL(10,000), PEO(2000)-*b*-PCL(11,500) ナノ粒子それぞれでサイズは 39.7, 71.8, 29.4 nm, 多分散度は 0.245, 0.141, 0.215 となった。PEO(2000)-*b*-PCL(11,500) ナノ粒子は、粒径が小さいことから本研究では PEO(5000)-*b*-PCL(5000), PEO(5000)-*b*-PCL(10,000) を用いることとした。透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察の結果を図 3 に示す。水中と酢酸緩衝溶液 (pH 5.2) 中どちらにおいても形状は球でサイズは DLS の結果とよく一致していた。レチノール含有 PEO-*b*-PCL ナノ粒子はアセトンに PEO-*b*-PCL とレチノールを溶解し、PEO-*b*-PCL ナノ粒子と同様に調製した。ナノ

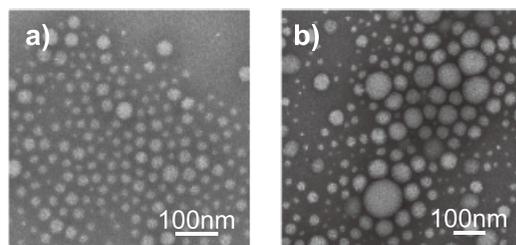


図4 レチノール含有 PEO-*b*-PCL ナノ粒子の透過型電子顕微鏡写真  
a) pH 5.2 緩衝溶液中における PEO(5000)-*b*-PCL(5000), b) pH 5.2 緩衝溶液中における PEO(5000)-*b*-PCL(10,000)

Reprinted from *International Journal of Pharmaceutics*, 486, Y. Numata et al., A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients, 217-225, Copyright (2015), with permission from Elsevier

粒子内に取り込まれなかったレチノールは遠心分離によって除去した。レチノールの導入率を調べた結果、PEO(5000)-*b*-PCL(5000)ナノ粒子では初めのレチノール/コポリマー重量比 (mg/mg) が 0.15 および 0.30 のときは約 85%, 0.75 では約 67% であるのに対して、PEO(5000)-*b*-PCL(10,000)ナノ粒子ではレチノール/コポリマー重量比 (mg/mg) が 0.15 および 0.75 のとき、ともに約 80% であった。このことから、レチノールの最大導入率は 80 ~ 85% であることが示された。酢酸緩衝溶液 (pH 5.2) 中におけるレチノール含有ナノ粒子の TEM 写真を図 4 に示す。また、これら各ナノ粒子のサイズと多分散度を DLS で決定した結果、レチノール

導入前後でサイズ、多分散度とも変化しないことが明らかになった。

次に、37 °C 酢酸緩衝液 (pH 5.2) 中におけるナノ粒子にカプセル化したレチノールの安定性を調べた。レチノールは非常に不安定な物質であり、容易に酸化されてしまう<sup>15,16)</sup>。これまでの研究で、不安定な物質であるクルクミンを PEO-*b*-PCL ナノ粒子にカプセル化した場合、安定性が増加することが報告されている<sup>12)</sup>。そのため、レチノールも PEO-*b*-PCL ナノ粒子へのカプセル化によって安定性が増加すると考えた。フリーのレチノールは緩衝溶液中において 45 分後に約 30% まで減少し、1 日後には検出できなくなるが、ナノ粒子にカプセル化した

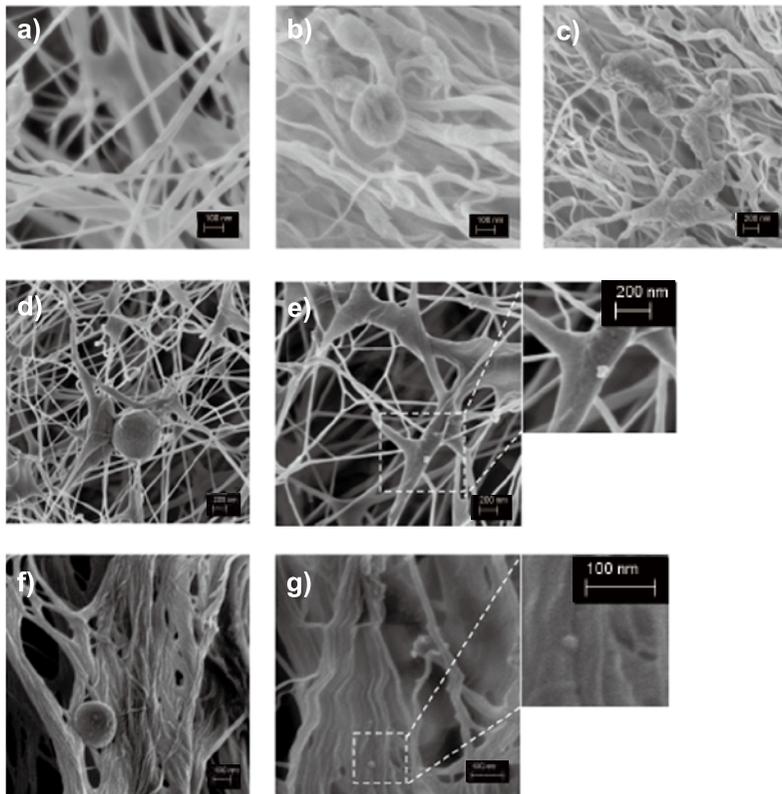


図 5 PEO-*b*-PCL ナノ粒子を導入した BC ゲルの走査型電子顕微鏡写真

a) BC ゲルの断面, b) および c) PEO(5000)-*b*-PCL(10,000) ナノ粒子を含んだ BC ゲルの表面付近, d) および e) PEO(5000)-*b*-PCL(5000) ナノ粒子を含んだ BC ゲルの断面, f) および g) PEO(5000)-*b*-PCL(10,000) ナノ粒子を含んだ BC ゲルの断面

Reprinted from *International Journal of Pharmaceutics*, 486, Y. Numata et al., A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients, 217-225, Copyright (2015), with permission from Elsevier

場合、約 25% が 2 日後でも残存していた。このことから、ナノ粒子へのカプセル化によって安定性が増加することが示された。

### 1-2. バクテリアセルロースゲルへのナノ粒子の導入

HS 培地<sup>17)</sup> で *Gluconacetobacter xylinus* ATCC 12733 株を 3 週間静地培養し、得られた厚さ約 2 mm の BC 4 ゲルを精製した。精製後の BC ゲルをナノ粒子懸濁液に浸し、ゲル内にナノ粒子を導入した。ナノ粒子の BC ゲルへの導入確認は凍結乾燥したサンプルのフーリエ変換赤外分光光度法 (FT-IR) スペクトルに PCL の C=O に由来する吸収を確認すること、および電界放出形走査型電子顕微鏡 (FEG-SEM) にてサンプル内部を観察することで行った。図 5 に FEG-SEM 写真を示す。純粋な BC ゲルの断面は微細な繊維で形成されているのが確認できる (図 5a)。一方、ナノ粒子を導入したゲルではゲル表面に PEO-*b*-PCL が凝集し付着しているのが確認でき (図 5b, c), 断面にも粒子が凝集して大きくなった PEO-*b*-PCL やナノ粒子が確認できた (図 5d-g)。このことから、PEO-*b*-PCL はゲル内に導入されたことが明らかになった。

### 1-3. *in vitro* での徐放

37°C 酢酸緩衝液 (pH 5.2) 中における BC ゲルからの PEO-*b*-PCL の放出挙動を図 6 に示す。6 時間後に放出量は最大となり約 60% 放出され、24 時間も放出量に変化はなかった。これは、図 5 の FEG-SEM 写真において PEO-*b*-PCL が凝集しセルロース繊維に吸着していることや、ゲル内で大きな粒子を形成していることから、導入した PEO-*b*-PCL すべてが放出されないためであると考えられる。また、放出されたナノ粒子を TEM で観察したところ、導入前の形状を保持していることが明らかになった。

レチノール含有ナノ粒子を BC ゲルに導入し、37°C 酢酸緩衝液 (pH 5.2) 中におけるゲルからのレチノール放出挙動を調べた結果を図 7

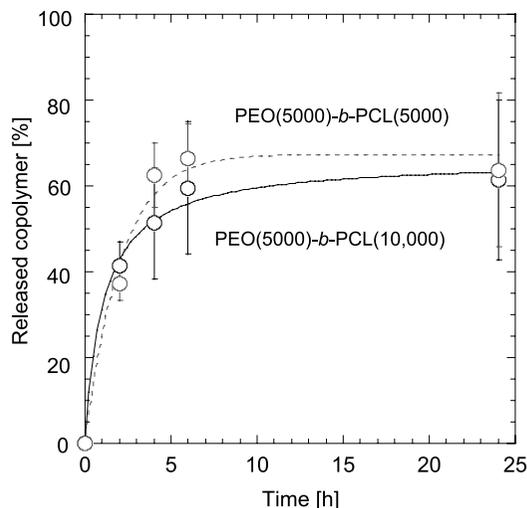


図 6 37°C, pH 5.2 緩衝溶液中において BC ゲルから放出された PEO-*b*-PCL  
○: PEO(5000)-*b*-PCL(5000); ○: PEO(5000)-*b*-PCL(10,000)  
結果は平均±SD (n=3) として示す。

Reprinted from *International Journal of Pharmaceutics*, 486, Y. Numata et al., A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients, 217-225, Copyright (2015), with permission from Elsevier

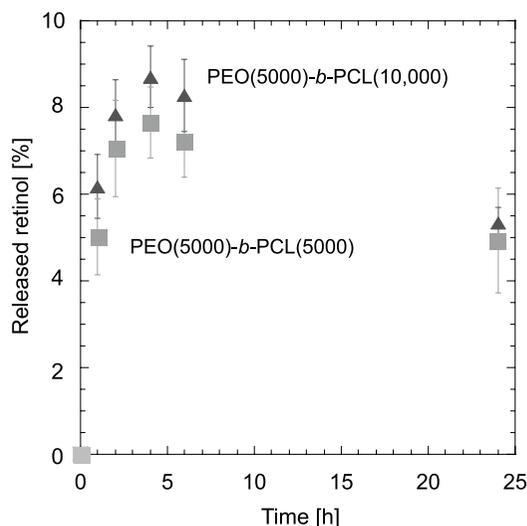


図 7 37°C, pH 5.2 緩衝溶液中において BC ゲルからナノ粒子とともに放出されたレチノール  
■: PEO(5000)-*b*-PCL(5000); ▲: PEO(5000)-*b*-PCL(10,000)  
結果は平均±SD (n=3) として示す。

Reprinted from *International Journal of Pharmaceutics*, 486, Y. Numata et al., A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients, 217-225, Copyright (2015), with permission from Elsevier

に示す。4時間後に最大値の約8%を示し、その後減少した。この挙動は図6に示した、BCゲルからのPEO-*b*-PCL放出と類似していることから、検出されたレチノールはナノ粒子に含まれていると示唆される。しかしながら、検出量がPEO-*b*-PCLと比較して減少したのは緩衝液中に放出されたレチノールが時間とともに劣化し、検出できなくなったためだと考えられる。また、ナノ粒子内へ導入された量に比べて放出量が著しく低いのは、ナノ粒子がゲル内に存在するときにレチノールが放出されてしまい、ゲル内で劣化または沈殿し、ゲルの外に放出されないためだと考える。

#### 1-4. 今後の展望

BCゲルとPEO-*b*-PCLナノ粒子を組み合わせることでBCゲルからの疎水性有効成分レチノールのDDSの構築に成功した。しかし、この系に関してはさらなる改善も必要である。第一に、ナノ粒子に導入するレチノール量を減少し徐放を制御することがあげられる。本研究で用いたレチノール含有PEO-*b*-PCLナノ粒子はこれまでの報告<sup>14, 18)</sup>と比べ有効成分であるレチノール導入量が多かった。ナノ粒子内の有効成分が多い場合、ナノ粒子の核部分から有効成分が拡散しやすくなり、つまりナノ粒子から放出されやすくなる。そのため、レチノール導入量を減少し放出を制御することが望ましい。第二に、レチノールの劣化を抑えるため今回の系に酸化防止剤を添加することでナノ粒子からの検出量の増加が見込まれる。

PEO-*b*-PCLナノ粒子へ内包できる疎水性有効成分が多く報告されている。本研究で用いたレチノールより水溶液中で安定な有効成分を選択することで、ナノ粒子からの放出量が増加することが示唆される。今後条件を検討することで、BCゲルとナノ粒子を組み合わせたDDSのさらなる発展が期待される。

## 2. ポリエチレングリコールで膨潤したバクテリアセルロースゲル表面付近の複合体化<sup>9)</sup>

BCゲルは生分解性・生体適合性など生体高分子ならではの性質を有するため、医療・医薬、化粧品などの分野で新しい機能性材料としての利用が期待されている<sup>3, 4)</sup>。しかし、ゲル材料として利用するには乾燥や圧縮・引張りによって水が抜け出てゲルとして機能しなくなることが欠点になる。一度、水が抜け出てしまったBCを再び水に浸漬しても繊維同士が結合してしまい、元のゲルの膨潤度まで回復することはない。そこで、我々は生体適合性を有するポリエチレングリコール(PEG)でBCゲルを膨潤することで乾燥しないBCゲル(BC/PEGゲル)を創製した<sup>19)</sup>。このBC/PEGゲルは用いるPEGの分子量を選択することで、低温では白色固形、高温では透明ゲルに可逆的に変化する温度応答性を有することも明らかにした。しかしながら、PEGとセルロース分子は共有結合によって強固に結合されていないため、BCゲルと同様、圧縮によってPEGが容易に抜け出て潰れてしまう。そこで、圧縮に対する強度を改善するため、PEGの繰り返し構造をもつポリエチレングリコールジアクリレート(PEGDA)で複合体化することで、圧縮に対する高強度化に成功した<sup>20)</sup>。

この複合体化したゲル(BC/PEG-PEGDAゲル)は圧縮に対しては高強度化したのが、PEGDA量が増加するにしたがって硬く、引張りに対しては脆くなり、PEGの量が減少することから温度応答性が低くなる。そこで、引張りに対する物性を改善するため、ゲル表面付近のみをPEGDAで複合体化し引張りに対する改善を行った。

### 2-1. 表面付近複合体化の方法とゲル内部

HS培地<sup>17)</sup>で*Gluconacetobacter xylinus* ATCC 53582株を3日間静地培養し、得られた厚さ約3mmのBCゲルを精製した。これまでの研究ではゲル全体を複合体化していたが、本研究

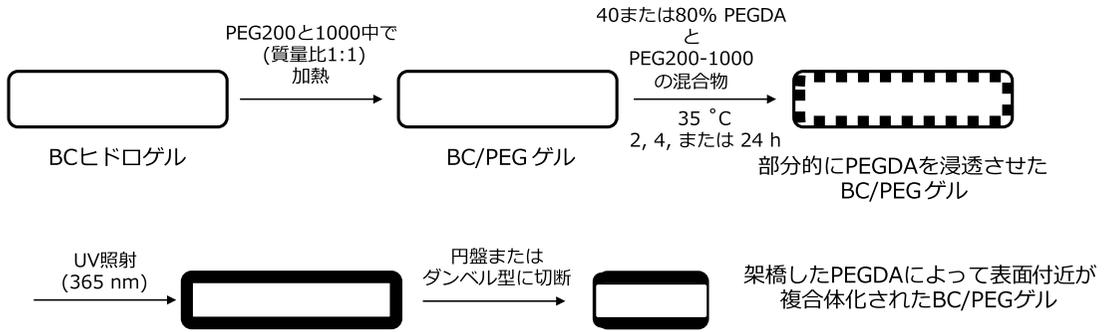


図 8 表面付近が複合体化された BC/PEG ゲルの調製方法

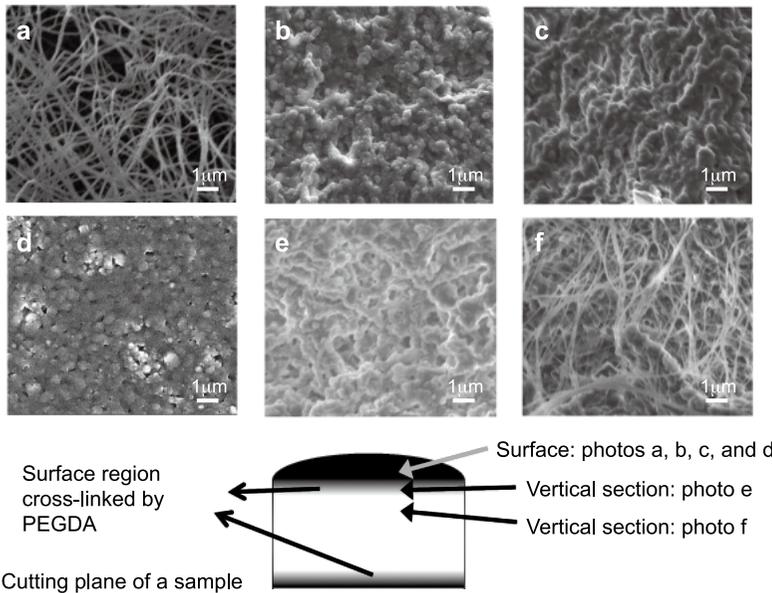


図 9 BC/PEG ゲルおよび BC/PEG-PEGDA ゲルの走査型電子顕微鏡写真  
 a) BC/PEG ゲルの表面, b) BC/PEG-40% PEGDA\_2 h の表面, c) BC/PEG-80% PEGDA\_2 h の表面, d) BC/PEG-40% PEGDA\_24 h の表面, e) BC/PEG-40% PEGDA\_2 h の表面付近, f) BC/PEG-40% PEGDA\_2 h の繊維層付近  
 断面はサンプルステージを 70° 傾けて観察した。

Reproduced from *Polymer Journal*, Y. Numata *et al.*, Mechanical properties of a bacterial cellulose/polyethylene glycol gel with a peripheral region crosslinked by polyethylene glycol diacrylate, doi:10.1038/pj.2015.104, Copyright (2015), with permission

では図 8 に示すように PEG 200 と PEG 1000 の混合物で BC ゲルを膨潤した後、PEGDA (n = 9) に浸漬する時間を調整し紫外線照射することで PEGDA 同士を架橋し、表面付近のみが複合体化されたゲルを得た。得られたサンプルから PEG を除去し凍結乾燥後、SEM 観察を行った結果を図 9 に示す。図 9a は BC/PEG ゲルの

表面を示している。セルロース繊維のネットワークがはっきりと見てわかる。一方、40% および 80% PEGDA に 2 時間浸漬して調製された BC/PEG-PEGDA では全く異なる形態がみられる (図 9b, c)。セルロース繊維のネットワーク構造が完全に PEGDA で覆われている。また、PEGDA 濃度または浸漬時間が長くなると表面構造はより密な構造を形成することが示された (図 9d)。40% PEGDA に 2 時間浸漬して調製された BC/PEG-PEGDA の断面は表面付近のセルロース繊維の大部分が PEGDA の塊で覆われている (図 9e)。一方、より表面から深い部分ではセルロース繊維

間に PEGDA の塊が位置している (図 9f)。これらと同じ状況が 40% PEGDA に 4 時間浸漬して調製された BC/PEG-PEGDA と 80% PEGDA に 2 時間または 4 時間浸漬して調製された BC/PEG-PEGDA でもみられた。一方、各調製条件においてゲル内に導入された PEGDA 質量を測定したところ、浸漬時間の増加によってゲル

内の PEGDA 量も増加し、24 時間浸漬した場合においてはゲル外部の PEGDA 濃度とほぼ等しくなることが示された。これらの結果から、2 および 4 時間浸漬したゲルでは、ゲル内に PEGDA の濃度勾配が生じていることが明らかになった。言い換えると、十分な時間 PEGDA に浸漬した場合、ゲル内の PEGDA 濃度は平衡に達するが、より短い時間の浸漬ではゲル内に濃度勾配が生じることが示された。

## 2-2. 引張試験と硬度測定

引張試験によって得られた応力-ひずみ曲線から求めた引張破断応力と引張破断伸び、デュロメータによる硬度測定から得られた硬度との関係をそれぞれ図 10 に示す。一般に、材料の硬さは変形に対する抵抗に関係する。複合体化したサンプルの硬度はすべて BC/PEG ゲルより大きい値を示した。80% PEGDA で複合体化処理したサンプルの硬度は処理時間の増加にともなって増加したが、40% PEGDA で処理したサンプルについては t 検定の結果か

ら 4、24 時間処理したサンプルは BC/PEG と有意差はみられなかった。これは 40% PEGDA で処理したサンプルについては、少なくとも 60% の PEG を含んでいるため未処理のサンプルと比べ硬さに違いが生じなかったが、80% PEGDA で処理したサンプルについては処理時間の増加にしたがって PEGDA が優勢となるためであると説明できる。

複合化 BC の引張強度については、セルロース繊維間の強い水素結合によって影響を受ける。複合体化などによって BC 本来のネットワーク構造を失った場合、セルロース繊維間の水素結合強度は低下する傾向を示し、引張りに対して伸びやすくなる。BC/PEG ゲルでは BC ヒドロゲルと比べ、引張破断応力は低下し、破断伸びは増加する。しかしながら、40% PEGDA に 2 時間浸漬したゲルは 4 時間および 24 時間浸漬したゲルに比べて破断応力、破断伸びともに大きな値を示した。さらに、80% PEGDA で処理したサンプルは浸漬時間の増加に従って破断伸びは減少したが、2 時間お

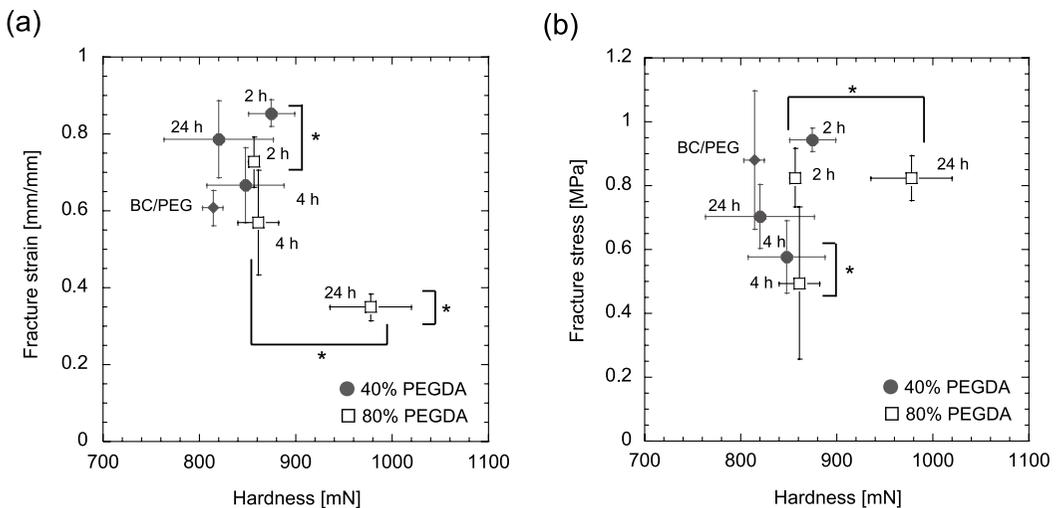


図 10 BC/PEG-PEGDA の (a) 硬度と引張破断ひずみと (b) 硬度と引張破断応力の関係

結果は平均±SD (n = 5) で示す。硬度：40% 2 h と 80% 2, 4, 24 h は \* $P \leq 0.05$  (BC/PEG に対して)；破断ひずみ：40% 2, 24 h と 80% 2, 24 h は \* $P \leq 0.05$  (BC/PEG に対して)；破断応力：40% 4 h と 80% 4 h は \* $P \leq 0.05$  (BC/PEG に対して)

Reproduced from *Polymer Journal*, Y. Numata *et al.*, Mechanical properties of a bacterial cellulose/polyethylene glycol gel with a peripheral region crosslinked by polyethylene glycol diacrylate, doi:10.1038/pj.2015.104, Copyright (2015), with permission

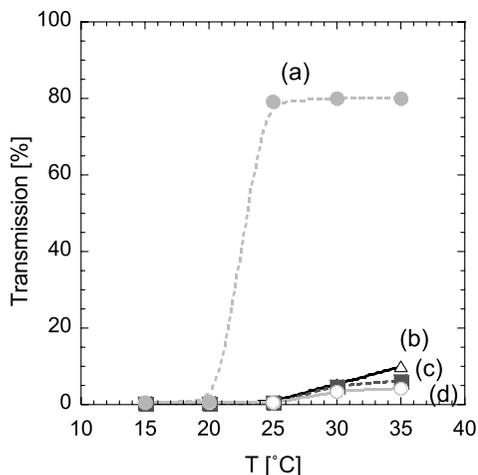


図 11  $\lambda = 600 \text{ nm}$  における BC/PEG ゲルおよび BC/PEG-PEGDA ゲルの透過率

(a) BC/PEG, BC/PEG-40% PEGDA (b) 2 h, (c) 4 h, (d) 24 h  
ゲルの厚さはそれぞれ (a) 2.6, (b) 3.4, (c, d) 3.6 mm

Reproduced from *Polymer Journal*, Y. Numata et al., Mechanical properties of a bacterial cellulose/polyethylene glycol gel with a peripheral region crosslinked by polyethylene glycol diacrylate, doi:10.1038/pj.2015.104, Copyright (2015), with permission

よび 24 時間浸漬したゲルの破断応力は BC/PEG ゲルと有意差は示さなかった。このことは 80% PEGDA で処理したサンプルはゲル内の PEGDA が優勢となるため、引張りに対して非常に脆くなることを示している。以上の結果から、引張強度の改善には適切な濃度の PEGDA を用いて表面付近を複合体化することで引張破断強度を高め、ゲル内部に残っている繊維層で引張破断伸びを高めることが重要であると示唆される。

### 2-3. 温度応答性

PEGDA で表面付近を複合体化した BC/PEG ゲルにおいても温度応答性を保持しているかを確かめるため、40% PEGDA で複合体化したゲルに対して 5°C 毎に透過率 ( $\lambda = 600 \text{ nm}$ ) を測定した結果を図 11 に示す。本研究で用いた BC/PEG ゲルでは PEG 200 と PEG 1000 の混合物を用いているため、低温では白色不透明固形状態であるが 25 °C 以上では透明ゲルとな

る。40% PEGDA に 2 時間、4 時間、24 時間浸漬し複合体化したゲルでは透明ゲルに変化する温度は 25 ~ 30 °C にシフトし、浸漬時間が増加するにしたがって透過率は減少した。透過率は減少したが、白色不透明から透明に変化する温度応答性を保持していることが明らかになった。

### おわりに

BC ゲルの用途はゲル自体での利用については限定されているのが現状である。しかしながら、生体高分子ならではの多くの優れた性質を持つため、カロリーゼロや食感がユニークといった点からの食品分野での利用だけではなく、機能性材料としての利用の可能性も高いと考えている。今後はこれまでの知見をもとに、産業化への応用に関する基礎研究をさらにすすめていくことが望まれる。

### [謝辞]

「1. バクテリアセルロースゲルとナノ粒子を組み合わせたドラッグデリバリーシステムの構築」は独立行政法人国立高等専門学校機構による平成 23 年度国立高等専門学校在外研究員派遣事業から補助を受けてフランス国立科学研究センター植物高分子研究所 (CERMAV-CNRS) にて実施されました。研究をすすめるにあたりご助言・ご協力いただいた CERMAV-CNRS の Dr. Redouane Borsali, Dr. Leticia Mazzarino, 電子顕微鏡実験をサポートしていただいた Miss. Amandine Durand-Terrasson に感謝いたします。

「2. ポリエチレングリコールで膨潤したバクテリアセルロースゲル表面付近の複合体化」は独立行政法人科学技術振興機構 (JST) による平成 24 年度第 2 回 A-STEP フィージビリティスタディ【FS】ステージ探索タイプ (AS242Z02456M) の補助を受けて実施されました。研究をすすめるにあたり、ご助言・ご協力いただいた北海道大学大学院工学研究院の田島健次准教授、電子顕微鏡実験をサポートして

いただいた北海道大学大学院工学研究院の久保賢二氏ならびに山本美佳氏, 実験に協力していただいた旭川工業高等専門学校および小樽商

科大学の学生諸氏に感謝いたします。また, 本研究で用いた PEGDA をご分与いただいた新中村化学工業 (株) に感謝いたします。

## 参考文献

1. Brown Jr., R. M.: The biosynthesis of cellulose, *J. Macromol. Sci., Part A: Pure Appl. Chem.*, **33**: 1345-1373, 1996.
2. Iguchi, M., Yamanaka, S., Budhiono, A.: Review Bacterial cellulose - a masterpiece of nature's arts, *J. Mater. Sci.*, **35**: 261-270, 2000.
3. Ross, P., Mayer, R., Benziman, M.: Cellulose biosynthesis and function in bacteria, *Microbiol. Rev.*, **55**: 35-58, 1991.
4. Fu, L., Zhang, J., Yang, G.: Present status and applications of bacterial cellulose-based materials for skin tissue repair, *Carbohydr. Polymers*, **92**: 1432-1442, 2013.
5. Shah, N., UI-Islam, M., Khattak, W. A., *et al.*: Overview of bacterial cellulose composites: a multipurpose advanced, *Carbohydr. Polymers*, **98**: 1585-1598, 2013.
6. 沼田ゆかり: 機能性材料としてのバクテリアセルロースゲル (ナタデココ) の利用, *New Food Industry*, **53**: 39-46, 2011.
7. Numata, Y., Mazzarino, L., Borsali, R.: A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients, *Int. J. Pharm.*, **486**: 217-225, 2015.
8. Numata, Y., Masaki, S., Tajima, K.: Mechanical properties of a bacterial cellulose/polyethylene glycol gel with a peripheral region crosslinked by polyethylene glycol diacrylate, *Polymer J.*, doi:10.1038/pj.2015.104
9. Wei, X. W., Gong, C. Y., Gou, M. L., *et al.*: Biodegradable poly( $\epsilon$ -caprolactone)-poly(ethylene glycol) copolymers as drug delivery system, *Int. J. Pharm.*, **381**: 1-18, 2009.
10. Aliabadi, H. M., Brocks, D. R., Lavasanifar, A.: Polymeric micelles for the solubilization and delivery of cyclosporine A: pharmacokinetics and biodistribution, *Biomaterials*, **26**: 7251-7259, 2005.
11. Kim, S. Y., Shin, I. G., Lee, Y. M., *et al.*: Methoxy poly(ethylene glycol) and  $\epsilon$ -caprolactone amphiphilic block copolymeric micelle containing indomethacin. II. Micelle formation and drug release behaviours, *J. Control. Release*, **51**: 13-22, 1998.
12. Mahmud, A., Lavasanifar, A.: The effect of block copolymer structure on the internalization of polymeric micelles by human breast cancer cells, *Colloid. Surface. B*, **45**: 82-89, 2005.
13. Shuai, X., Ai, H., Nasongkla, N., *et al.*: Micellar carriers based on block copolymers of poly( $\epsilon$ -caprolactone) and poly(ethylene glycol) for doxorubicin delivery, *J. Control. Release*, **98**: 415-426, 2004.
14. Aliabadi, H. M., Mahmud, A., Sharifabadi, A. D., *et al.*: Micelles of methoxy poly(ethylene oxide)-b-poly( $\epsilon$ -caprolactone) as vehicles for the solubilization and controlled delivery of cyclosporine A, *J. Control. Release*, **104**: 301-311, 2005.
15. Szuts, E. Z., Harosi, F. I.: Solubility of retinoids in water, *Arch. Biochem. Biophys.*, **287**: 297-304, 1991.
16. Tsunoda, T., Takabayashi, K.: Stability of all-trans-retinol in cream, *J. Cosmet. Chem.*, **46**: 191-198, 1995.
17. Hestrin, S., Schramm, M.: Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*, *Biochem. J.*, **58**: 345-352, 1954.
18. Ma, Z., Haddadi, A., Molavi, O., *et al.*: Micelles of poly(ethylene oxide)-b-poly( $\epsilon$ -caprolactone) as vehicles for the solubilization, stabilization, and controlled delivery of curcumin, *J. Biomed. Mater. Res. Part A*, **86A**: 300-310, 2008.
19. Numata, Y., Muromoto, K., Furukawa, H., *et al.*: Nonvolatile and shape-memoried bacterial cellulose gels swollen by poly(ethylene glycol), *Polymer J.*, **41**: 524-525, 2009.
20. Numata, Y., Sakata, T., Furukawa, H., *et al.*: Bacterial cellulose gels with high mechanical strength, *Mater. Sci. Eng., C*, **47**: 57-62, 2015.

## 歴史の潮流と科学的評価

(第4節 健康的なベジタリアン食への提言)

ジョアン・サバテ (Joan Sabate) \*1 訳：山路 明俊 (Akitoshi Yamaji) \*2

\*1 ロマリンダ大学栄養学部, \*2 食のフロンティア塾

Key Words : マクガバンレポート, フードガイドピラミッド, ビタミン B<sub>12</sub>,  $\alpha$ -リノレン酸

### 16章 ベジタリアン・フードガイドの進展

#### 1. はじめに

フードガイドは、異なる種類の食品や量を選択する為の概念的な枠組みです。フードガイドはまた、時代と文化的な流れの範囲内において、最適な食事パターンを定義する革新的な試みとして考えられるかも知れません。フードガイドは、最新の知見と、2歳以上の健康人に対する栄養学的な最適な食事を提供し、食事群、サービングサイズやサービングの推奨範囲を含めた食事勧告をわかりやすい図で示しています。科学に基づいたフードガイドは、様々な文化的な影響と食品の利用効率を含め、実験やヒトの研究、バランスの研究、疫学研究、食事摂取調査、栄養状態報告や食品成分のデータベースから得られるデータに基づいています。フードガイドは、健康的な食品の選択の為の最新の知見を示しているばかりでなく、社会に対する柔軟性と関連性を持っています。フードガイドはまた、最適な健康へ

の道筋、寿命の最大化、文化的嗜好、経済状態、公正な輸出入の実施、環境問題、土地と水源の有効利用、遺伝子組換え食品と動物の人道的な管理等の幅広い問題を反映しています<sup>1-5)</sup>。

#### 2. 米国フードガイドについて

米国のフードガイドの発展についての踏み込んだ議論は、他の人々によって報告されてきました<sup>3-6)</sup>。この議論は、20世紀中の動物性と植物性たんぱく質バランスを考えることに限定されています。1900年代の初頭、ヒトの寿命は50歳付近で、感染症が死亡の主要原因でした。また、低所得者層と同じく軍隊に所属する若年の男子にも、広い範囲で栄養失調が認められていました。1900年代の多くの期間、フードガイドと勧告は、肉と乳製品についての食事を計画することを重視していました。現代の食事指針の偏り(バイアス)のいくつかは、食品群の名称、食品群を表示する際の表示の順序と初版に見られる食品群の図表に由来しているのかも知れません。例えば、「肉」と「牛乳」という表示は、一貫して、たんぱく質が豊富な特別

な原料及び主要な原料として使用されてきました。これらの言葉は、消費者に対して、たんぱく質の選択権を狭めさせることになり、先進国では、結局、たんぱく質豊富な食品群と定義されてきました。フードガイドに導入された第2のバイアスは、動物性と植物性たんぱく質を表示する際に使用される表示の順序でした。動物性たんぱく質は、例外なく最初にリストされ、食品群として特に明示された場合には、植物性たんぱく質は常に、畜肉、家禽、魚と卵の後にリストされていました。たんぱく質食品を表示するために使用される表示の質的なバイアスに加えて、フードガイドは、植物性たんぱく質よりも動物性たんぱく質を量的にも嗜好していました。牛乳摂取の推奨に関して、最初のフードガイドは、1サービング/日の牛乳を推奨していました。現在の推奨は、2～3サービングの牛乳、ヨーグルトとチーズ/日と増加しています。また、肉摂取の推奨量は過去の世紀から次第に増加してきました。植物性たんぱく質は、前世紀では、フードガイド6版の中3版のみに特別に表記されてきました。植物性たんぱく質が、分離された群として最初に取り上げられたのは、1933年刊行の第2版でした<sup>6)</sup>。このガイドは、12の食品群から構成されていました。たんぱく質豊富な食品の4種は：牛乳；脂肪の少ない畜肉、家禽、魚；乾燥成熟豆、えんどう豆；卵です。植物性たんぱく質群は、たった、1サービング/週のみが、推奨されていました。フードガイド中の図によるバイアスの例は、1956年から1979年まで使用された、4つの基本食品群の図です。図は動物性食品群を重視し、パン-穀類、野菜-果物群の上に牛乳と畜肉群を均等に4つの枠で表示していました。科学に基づくエビデンスの裏付けがあるにもかかわらず、動物性たんぱく質が豊富な食品を摂取することが良いという文化的なバイアスは、政府が監修した20世紀の栄養指針に影響を及ぼしてきました<sup>6,16)</sup>。

初期のフードガイドの目標は、必ずしも健康と長寿ではなく、量と「種類、バランスと適度」の達成にありました。1941年、9種の栄養素の推奨栄養所要量（RDA）が発表されました：たんぱく質、鉄、カルシウム、ビタミンA、ビタミンD、チアミン、ナイアシン、リボフラビンとビタミンCです。予防食品と高エネルギー食品とのバランスを達成するという考え方は、量の問題へと移行していきました。基本的には雑食者の栄養素のバランス研究に基づいて、この新しく創設された栄養勧告に適合させるために、米国政府は、動物性食品や乳製品等のたんぱく質豊富な食品の摂取を重視していました。動物性食品の重視から、ビタミンB群、鉄とカルシウムの最適な摂取を決める試みが実施されました<sup>4,6,14,17,18)</sup>。

1977年、米国上院栄養問題特別委員会（マクガバンレポート）は、たんぱく質、炭水化物、脂肪、脂肪酸、コレステロール、砂糖とナトリウム摂取についての目標量を公表しました。しかし、これらの食事目標は、専門家と様々な利害関係者に混乱を招き、結果的には、USDAには採用されませんでした。このレポートは、たんぱく質等の栄養素の制限に対し、あまりにも過激すぎると理解されました。勧告の骨子は、エネルギー摂取を低下させるために、たんぱく質のエネルギーを16%から12%にすることでした。低たんぱく質の勧告を反映した食事は、米国の標準食（SAD）とはあまりにも異なりすぎるとある専門家は考え、低量のたんぱく質摂取を支持する理論的な根拠に欠けるとある人は感じるものがあつたので、前述の全ての栄養素に対する推奨目標は受け入れられませんでした<sup>6,18)</sup>。

今日、寿命は80歳近くまでに延び、殆どの米国人は慢性疾患と戦い、その多くは寿命の延長と生活習慣、食事因子の影響です。現在進行中の研究結果は、繊維、抗酸化的栄養素とファイトケミカル等の天然に存在する予防物質の消

費増加を支持しています。同時に、先進国に住む人の殆どは、総カロリー、脂肪、飽和脂肪、トランス酸、ナトリウムと砂糖の摂取を減らすことで、慢性で退行性の疾患リスクを低下させることが可能です。果物、野菜、豆類、ナッツ、種子と全粒穀類等の植物性食品は、栄養素の密度が濃く、生体に有益な予防物質を提供する基本的な食品です。牛乳、チーズ、卵、ビーフ、家禽と魚はエネルギーと栄養素が豊富ですが、予防物質のバランスが不足しています。

米国農務省 (USDA) と健康福祉省 (DHHS) は、継続的な調査を実施し、科学的データを収集したり栄養素のデータベースを拡充することで栄養政策を進展させている政府機関です。1992年、USDA はフードガイドピラミッドと呼ばれる、最新のフードガイド図を発表しました。ピラミッドは、食品群の相対的重要性と比率を図解した最初のフードガイド図でした。1984年以來、「より良い健康の為のより良い食事」計画を採用したこの図解のみが、改訂していき続けているということは注目すべきことです。しかし、ピラミッドの食事群、推奨サービング範囲、回数とサービングサイズはそのままです。1993年、食品と栄養委員会 (FNB) は、推奨栄養所要量 (RDA)、推定平均必要量 (EAR)、最適摂取量 (AI)、許容上限摂取量 (UL) を含んだ、より完全な基準値である食事摂取基準 (DRI) の採用に踏み切りました。結果的には、DRIs は様々なグループや個人に対し、健康的な食事を計画する際の幅広い柔軟性を可能にしています。米国フードガイドは、伝統的に栄養素の最適性を取り入れてきており、DRIs の採用により、政府が慢性疾患の予防に焦点を合わせた栄養素推奨量を拡大したのはつい最近です。このことは、米国推奨栄養素と推奨 USDA フードガイドピラミッドの間にギャップを生じさせています<sup>4-6, 19-24)</sup>。

事実、米国政府は栄養政策の発展と勧告については、研究者や学術分野で遅れを取っているよう

です。ひとつの例として、米国政府やある専門機関でも、様々な食品産業部門の影響を受けており、また、受け続けています。これらの影響は、今や特別なものになっており、科学に基く研究が政府後援の栄養政策に正確に評価され、反映されるよう最小限にされる必要があります。

USDA フードガイドピラミッドが1992年に発表されてから、多くのピラミッド図が出現しました。殆どは、USDA のピラミッドを採用しましたが、異なる地域やあるいは特別な価値観を持ったグループの健康的な食事パターンを反映したものもいくつかありました<sup>25-27)</sup>。政府後援の栄養推奨と平行して、学術機関と同様に、専門的で科学的根拠に基いた組織は、食品と栄養摂取に関する推奨を定期的に改訂し続けています<sup>28-31)</sup>。これらの組織の多くは、多岐にわたる研究を幅広く利用し、独自のフードガイド図を作成しています。例えば、連邦政府、専門家、科学的根拠に基く組織か学術機関による肉摂取に対する推奨は、2つ以上の要因によって変化します。USDA フードガイドピラミッドは、5～7オンス/日の肉の摂取を推奨し、全国コレステロール教育パネルのステップ1と2はそれぞれ6と5オンスまで/日とし、国立がん協会は、3オンス以下/日を推奨しています。対照的に、Loma Linda 大学ベジタリアン・フードガイドは、肉の摂取を推奨していません<sup>32)</sup>。科学的で学術的な分野に携わる多くの人にとって、専門的な機関と連邦政府双方で作成された栄養推奨に対し、外部の民間企業や組織がどのように影響を及ぼして行ったらよいかについての課題が持ち上がっています。科学的で学術的な分野での明らかな推奨傾向は、動物性たんぱく質摂取を減少することです。動物性食品の摂取減少は、総脂肪、飽和脂肪とコレステロールを低下させ、食物繊維、抗酸化物質とファイトケミカルの摂取を増加させるということを殆どの研究者は認めています。SAD 中のこれらの

変化は、冠動脈心疾患と多くのがんのリスクを低下させることを示してきました。科学的根拠に基く専門的組織の殆どは、肉摂取の減少を積極的に推奨してきましたが、疾病予防の為に動物性食品を全く摂取しないことを推奨した組織はありませんでした。例えば、赤肉を魚に置き換えた人は、冠動脈心疾患の有意なリスク低下を示すことは良く知られています。しかし、魚と赤肉を完全に除いた人は、同じか、少し大きなCVDリスク低下を示します。このことは、他の多くの例を含め、科学的な検証に基いた知見と米国の食事指針との間には隔たりがあるという結論を導き出します。政府後援の栄養指針中のこの隔たりは、健康的な予防食を提供したり、最適な健康を促進したりする様々な食品の種類、摂取頻度や量について、国民を間違った方向に導き続けることとなります<sup>33, 34)</sup>。

## 3.

## 科学的根拠に基いたベジタリアン・フードガイドの推進

平均的な消費者にとっては、栄養的な食事パターンの選択は毎日の挑戦です。食品加工とマーケティング、ファーストフード、品目、質、利便性、文化的な影響、仕事の計画、家族構成、諸記事に係る信条、経済や食事習慣は全て、先進国では周知の複雑な食事パターンに影響しています。20世紀の中頃、ベジタリアンに対する研究は、栄養素欠乏から、動物性食品をより少なく摂取することについての健康効果の情報収集へと転化していきました<sup>35-42)</sup>。1987年、ベジタリアン食を支持する形で、米国栄養士会は、ベジタリアン食について「適切に設計されたベジタリアン食は、健康的で、栄養的に最適で、ある種の疾病の予防と治療に健康効果を提供する」という見解を取り入れました<sup>43)</sup>。他の専門的で科学的な組織も、疾患を予防し、治療食にもなるベジタリアン食の利点を認めました。大半が植物性食品に基いた他の文化的な食

事パターンを推進するための同様な努力が実施されて来ました。1994年、Oldways 保全 & 交換信託は、地中海フードガイド・ピラミッドを発表しました<sup>26)</sup>。これは、USDAのフードガイド・ピラミッドの考え方をうけ、異なる地中海地域の食事パターンと10種の食品の摂取頻度を「日単位」「週単位」「月単位」に分けて描いたものでした。1998年、Oldwaysは、アジア人のフードガイド・ピラミッドを発表しました。植物性に基く食品は、必ずしもベジタリアン食ではありません。多くの植物性に基く食事パターンの証しとなるのは、果物、野菜、全粒穀類、豆類、ナッツ、種子とオリーブ油の一般的な摂取です。卵、乳製品、魚、家禽と赤肉は、低～中程度の摂取です。Oldwaysのピラミッドは、健康的な集団の植物性に基く食事パターンを示しており、必ずしも、FAO/WHOやDRIs等の栄養基準の達成を意味してはいません。

1980年代になって、米国人は健康や栄養の改善への興味を増やし始めたので、ベジタリアン食を選ぶ人が増えました。これらの人にとっての適切な栄養指針は隔たりがあることが明らかになりました。さらに、特に子供や妊娠中の人あるいは授乳中等の弱い立場にある人にとって、健全な食事指針を提供するはずの多くの保健・栄養指導士が不健康でした。ベジタリアン食を摂取する安全性についての混乱が起こったのは、ベジタリアン食のパターンが均一なものではなかったことによります。「ベジタリアン」という言葉で示される、幅広い食事パターンが存在し続けています。この歴史的な背景を踏まえ、ベジタリアン研究を専門とする少数の科学者や学者が、問題がある隠れた地域に努力を投入すると同時に、健全なベジタリアンの基本理念を作成し、推進する時期に来たことを認識しました。1990年代の後半になり、ベジタリアンの食事は、国際的な支持と推進を担うことができる十分な力を獲得しました。

(以下、次号へつづく)

# 組織の活性化と人材の育成～

Improving the working environment and nurturing human resources :

## 細胞モデルを通して見る企業の価値の創出

大泉 高明 (OIZUMI Takaaki)

株式会社大和生物研究所 代表取締役社長

Key Words: 細胞モデル・自然随順・環境

### はじめに

今も昔も、洋の東西を問わず組織の活性化は人類のテーマであったし、現在もそうであり、おそらく未来も続く永遠のテーマだろう。人が二人以上集まり、共通の目標のもとに活動するとき、そこに組織が誕生する。組織とは大きくは国家であり、小さくは家庭である。霊長類である人間は生物進化の過程で、群れを成してほかの生物との競争に勝って、現在の人類の繁栄をみている。人は原則的に群れ、つまり組織に属することを運命づけられている。一匹狼で生きていけるのは、特殊な技能を持った人間か、芸術家、作家などである。しかし、これも大きく見ると組織とは無縁ではいられない。組織の構成員一人一人は、独立した人間であり、個性も価値観も氏も素性も異なる尊厳を持った個である。この個性も価値観も異なる個が、構成員として組織に属し、一つの価値観と目標のもとに活動しなければならないことに、組織活性化の根本的な難しさが存在する。

### 1. 機能体としての組織と共同体としての組織

古典的な組織論では組織には二面性が存在するとされてきたが、これは今も生きていて考えている。つまり、組織には機能体（ゲゼルシャフト）としての側面と、共同体（ゲマインシャフト）としての側面が常にある。組織の機能体面では、完ぺきな合理性をもって、合目的的に活動し、それに適わない要素を機械のように冷徹に排除する仕組みである。これをなくして組織は、様々な課題や障害を乗り越えて、生産性を上げて目標を達成することはない。一方共同体面では、組織とその構成員は相互に補完しあい、助けあって、集団として個の個性や価値観を尊重し、自立を支援する。これをなくして人は組織の中で、人として生きていくことはできないし、人が組織に定着するのは難しく、やがて組織の崩壊につながる。しかし逆にこれが過度に進めば、組織は同好会的な存在になり、生産性は低下し組織を崩壊に導く。

つまり組織は機能体と共同体という、相反する側面をいかにバランスさせるかという根源的な課題を常に抱えている。これらが常に時代や状況によってせめぎ合い、

バランスを流動的にしている。このバランスに最も影響があるのは、その組織のトップであることは自明だが、ほかにも様々な状況によって大きな影響を受けており、このバランスは静的ではなく動的である。組織が置かれる時代や社会状況、経済状況、時代の人気（じんき）や地域の文化風土にも左右される。そして組織の構成員である人間によっても、このバランスのあり方は変化するし、組織の風土、教育訓練でも変化する。時代の影響としては、例えば戦時下において国民は、敵国に勝つという共通の目標を強く持っており、そのためには共同体的要素が弱くなって、機能体的合理主義が強くなっても比較的受け入れられやすく、組織も固まりやすい。国家体制が内因的な危機に瀕したとき、国家権力が故意に仮想敵国の脅威を国民に喧伝し、危うい国家体制の延命を図る常套手段を講じるのはこのためである。反対に平時においては、組織の共同体としての性格が強くなり、組織内の個も突出しやすくなると考えている。これは家庭や教育現場という組織にも共通して普遍的に起こる現象であると考えている。

このように機能体と共同体という相反する要素を、時代や状況に合わせて、バランスをとり続けるということは至難の業であり、かつこれをなくして組織の活性化はあり得ない。人類の歴史において、常にどのような場面でも、組織の活性化が課題であり、将来に向けても課題であり続けるのはこのためである。こう考えると機能体と共同体のバランスは、ほとんど不可能と思えるが、かつてのGM（米国ゼネラルモーターズ）のように一時期においてこれをほぼ完璧に達成した組織は存在する。しかし、あくまでもある一時期であって、長い期間これを完璧に成し遂げた組織は人類史上存在しない。

## 2. 機能体と共同体の両面を完璧に達成した生物

この不可能と思われる課題を完璧に、かつ長期にわたって達成し続けている組織が地球上にある。それが生物である。例えばヒトでは、60兆個の細胞がそれぞれの機能をもって、完璧な連携と結合を持ってバランスしている。さらに60兆個の細胞は一つの共同体を完璧に構築しており、相互補完しながら生命を維持している。ヒトの場合、受精卵が分裂して多細胞化する中で、様々な組織を担う細胞に分化していく。その分化は遺伝子情報を基にはしているが、それだけが絶対条件ではなく、環境とフィードバックを繰り返して、環境適応した発現をすることで、形質を決定してその後も形質は変化する。このように役割分担を明確にしつつ、各組織と細胞は完璧な連携をしつつ、「生きる」というパフォーマンスを見事に達成している。生物ほど完璧な機能体としての性質と共同体としての性質を併せ持っている組織は存在しない。そこには無駄や非効率というものが完璧に排除された美が存在しているといっても過言ではない。

生物 = 機能体（徹底した合理機能）+ 共同体（相互補助機能）

「細胞共生説」では、さらにその構成員たる細胞そのものが、別々の生命体の共同体であるという。つまり、遺伝子の格納庫である核、ゴルジ体、小胞体、ミクロ

ソーム、ミトコンドリアなどの原形質の要素は、すべて別々の生命体であったものが、一つの膜の中で共同体として生活しているのだという。事実、ミトコンドリアが持つ遺伝子情報は、宿主である細胞の核にある遺伝子情報とは異なるのである。

### 3. 細胞モデルから見た組織の価値の創出

組織を一つの生物モデルとして見ると、構成員の一人一人は多細胞生物における細胞に例えることができる。また、組織を一つの細胞に見立て、原形質をその構成員とみることでもできる。

図1は私が考える企業の細胞モデルである。企業組織は一つの生命体であって、一つの細胞に例えることができる。企業は変化し続ける環境の中で「価値創出」し続けることが求められているが、その源泉は企業における「革新のスピード」と、それを支える社員の「使命感の強さ」と、それを支える社員の「使命感の強さ」のベクトルによって生み出されるものだと考えている。細胞の核にあたるものが「企業理念」であり、ここに企業のDNAが

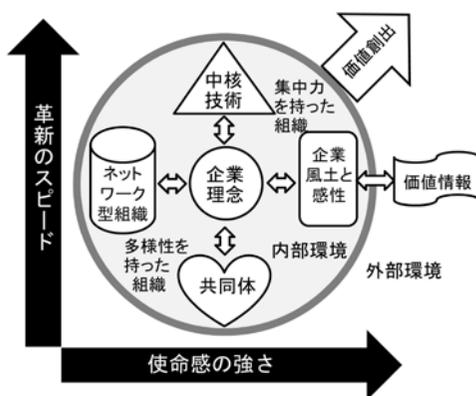


図1 企業の細胞モデル

書かれている。企業が様々な競争の中で、常に「価値創出」を行うには、「中核となる技術やノウハウ」が必要である。これを用いた「価値創出」を行うのはネットワーク型に組織された社員であり、ここでは合理性を追求すると同時に、「共同体」としての性格も併せ持つ必要がある。また、企業は常に外部の価値情報にアクセスして、そこから様々な価値をくみ取り、企業活動に反映させる必要があるが、世の中に溢れる様々な情報から何を取り入れ、何を取り入れないかという基準の基礎にあるのは、その会社の企業風土と、社員の感性である。

内部環境は多様性に富んだ組織であるとともに、企業理念とそこから導かれる経営方針に対する集中力を持った組織である必要がある。

### 4. 「自然随順」という企業理念

細胞の核に相当するのが企業理念であり、ここに企業のDNAともいえるものがある。細胞も企業も、常に化する環境の中で競争に勝ち抜き、生き続ける必要がある。そのためにはありとあらゆる手段を用いて変化し続ける必要があるが、生命(細胞)はその中でもその本質を失うことはない。企業も同様にいかに環境適応しようとも、その本質を失ってはならない。細胞がいかに環境適応しようとも、その本質を失わないのは、細胞組織が適応多様性を持ち、必要に応じてこれまで発現していなかった遺伝子の部分を発現して、新しい機能を獲得したとしても、遺伝子そ

のものはほとんど変わらないからである。それと同じように企業における遺伝子である企業理念は、企業組織と企業の歴史を過去、現在、未来において貫くものである。これをなくして組織や企業の永続的な発展はない。しかし、これも生物が地球史において進化し続けているのと同じで、絶対不変ということはなく、時間をかけた大きな環境の変化には適応して進化し続ける必要がある。組織にとっても企業にとっても、環境の変化に適応して、「何を捨て、何を守るのか」が永遠の命題であるが、ともすると人々は、捨てるべきものに固執し、守るべきものをあっさりと捨ててしまう。

株式会社大和生物研究所（事業本部：神奈川県川崎市）は、1968年の創業以来、クマ笹の葉を原料とした一般用医薬品「ササヘルス」（第3類医薬品 効能効果：疲労回復，食欲不振，口臭，体臭除去，口内炎）の製造・販売を一貫して行っている会社である。さらに、医薬品分野におけるクマ笹の基礎研究を、食品や化粧品分野へ向けた商品開発にも活かしている。

当社が約半世紀にわたって守り続けてきた企業理念が「自然随順（しぜんずいじゅん）」である。自然随順とは自然の摂理，自然の法則に逆らわないあり方のことである。これまで人類が蓄積してきた知識，技術，文化などは長い歴史の中で人類が自然から学び取ったものである。自然随順とは，自然に逆らわず，謙虚に自然の声を聞けば，自然はすべてのものを我々に教え，与えてくれるという考え方である。人類は月に人を運び，今度は火星にまで人を運ぼうとしている。しかし，まだまだ宇宙は130億光年の彼方まで広がっており，さらに別の宇宙が存在している可能性もある。人類の進歩は偉大である。しかし未だに我々が理解しているのは，大宇宙という大海のほんの一粒の砂に過ぎない。

組織や企業が存立する外部環境は，自然環境，社会環境，経済環境とも微妙な調和の基になり立っている。自然随順という理念では，宇宙の和，自然の和，生命の和，社会の和，人の和を中心に置く。「わ」という大和言葉の音には，和という意味，環という意味，輪という意味，吾という意味，倭という意味の全てが含まれる。古代の日本人は「わ」という音をつかって，これらのものが実は全て同じものであり，一体であると理解していたのである。組織や企業はその外部環境，内部環境に対して，何らかの価値の創造をすることによってのみ，その存在価値がある。人間社会におけるすべての価値の創造とは，自然への働きかけによって実現した，自然との調和のことである。ここでいう自然とは前述の「わ」と同様，我々人間をも含めた広義の自然のことである。人々はこの自然への働きかけが，調和によって受け入れられたときに，根源的な喜びを得るようにできているように思う（図2）。つまり，組織や企業に限らず，人間活動の全てはこの自然との調和によって，より良く生かされ



図2 自然との調和とホメオスターシス

ることと同時に、創造した価値を環境に還元するためにあると考える。

## 5. 組織と企業のあり方

### 1) 組織と企業とは

組織や企業はある価値観をもって、価値の創造を組織によって効率よく促進し、人が自然とより良く調和し、適応することを目的とした機能体（ゲゼルシャフト）であり、かつ共同体（ゲマインシャフト）である。つまり組織や企業とは、人々が社会においてより良く自然と調和し、より豊かで幸福な生活を送るための機能体であり共同体でなければならない。この意味においていかなる組織も企業体も、商法上の既成概念を超えて、一定の個人や法人のものではなく、社会の公器であり、主役はそこに働くすべての人々のものである。組織や企業のために人があるのではなく、そこに集う人々のために組織や企業という環境があるのである。組織や企業は広義には、社会貢献こそが本来の使命であって、組織や企業の活動そのものが社会貢献でなければならないと私は考える。それゆえに組織や企業はたゆまない価値の創出によって、組織構成員、外部関係者、生活者、社会、環境を豊かにするものでなくてはならない。そしてこれらが共存共栄しつつ、さらに共存共栄さえも超えて、共に新しい価値を創造し続ける「共創の社会」を確立し、生命体のような高度な有機的結合体としてイノベーションを加速し、さらに自然との融合（自然随順）により、高度な価値の創造を行うことを目的にしなければならない。

### 2) 組織と企業における価値の創造と活性化

「企業は人なり」といわれるが、組織や企業のイノベーションと価値の創造を担うのは「人」である。つまり組織や企業で働く人々のイノベーションと価値の創造なくして、組織や企業の発展はありえない。組織構成員の創造性の和（わ）が、組織や企業の全体としての価値創造の源泉である。ここで重要なのが、前述の企業の細胞モデルでしめしたことである。前述のとおり、組織や企業において「創出される価値」の大きさは、その組織や企業の「革新（イノベーション）のスピード」と「使命感の強さ」のベクトルとして表すことができる。このモデルでは「革新のスピード」と「使命感の強さ」は企業の遺伝子情報である「企業理念」を基にした、ネットワーク型組織の活性度と、企業理念を基に培われた企業風土と社員の感性を媒体とした、外部情報（意味情報）へのアクセスと、その取り込み、または情報発信である。私が考える組織や企業の活性化とは、人を主体としながら、組織が機能体として内外に対する価値の創造をし続け、かつ共同体として完成していくプロセスそのもののことである。

## 6. 志すところあくまでも高く、処すところあくまでも低く

ここまで述べてきた「細胞モデルを通して見る企業の価値の創出」という概念が、本当に適当なものなのか、そうではないのかは解からない。さらにここで述べたような理想的な組織や企業が本当に実現可能なのかどうなのかも自信がない。我々の

周りにある組織体は、家族、企業、行政、国家、国連を含めてはなほだ不完全であり、そのあり様が進歩・発展しているようにも見えない。組織や企業の内外にも、国の内外にも争いが絶えず、理不尽で非効率なことが横行しているし、地球環境の破壊は甚だしく、もうそろそろ手遅れかも知れない。

しかし、私には夢がある。地球上には自然が長い時間と試行錯誤を繰り返しながら創造した、生命という完べきで美しい組織体が存在する。生物としての我々そのものが、ほぼ完べきな機能体であり、共同体である。生命が数十億年かけて進化し続けて現在に至るように、我々が作り出す家族、企業を含む社会組織、国家、国際連合などが、生命と同じように完べきな機能体であり、同時に共同体としても完成された組織や企業が出現することを夢見ている。

私は新入社員には必ずこの企業の価値の創造と社員の価値の創造の必要性を説くが、特に若い人は、急に「価値の創造をしろ」と言われても、多分雲をつかむような話で、何となくは理解できても、実際何をしたらよいのか、具体的には解からないことが多い。そんな時、私は「そんなに難しく考える必要はない。ただ、誰かに『ありがとう』と一こと言ってもらえるような行動を日々行えば良い。そして、毎日少しずつ『ありがとう』といわれる回数を増やす努力をすれば良い」と話す。それは会社の上司や部下、仲間でも良いし、家族や友人でも良い。たまたま電車やバスに乗り合わせた人でも良いと思う。もともと価値の創造とは直接、間接に世間の誰かから『ありがとう』といってもらふことなのだから。

「夢なき者に理想なし、理想なき者に計画なし、計画なき者に実行なし、実行なき者に成功なし、故に夢なき者に成功なし」とは、吉田松陰の残した言葉である。志を高く持ち、現場での思考と行動を基に、社員と共に生きて行こうと思う。

## 有害生物管理のあるべき姿

イカリ消毒株式会社 尾野 一雄 (ONO Kazuo)

Key Words : 食品 工場 異物混入 害虫 昆虫 ネズミ 監視システム

### はじめに

有害生物管理は、ここ 20 年で大きく変わってきている。薬剤を使用して発生や生息を抑える時代、モニタリングして無差別な薬剤の使用を控える時代、モニタリングの結果をから効果的な対策を導き出す IPM 管理の時代と移り変わってきた。そして今、有害生物管理に関して更に、ステップアップしなければならない時代に来ていると感じる。

その理由は、2015 年初めごろの昆虫類などの異物混入事故である。この事故により、特に大手企業ではクレームのひとつであった有害生物の混入が、企業の存続をも脅かす問題へと格上げされたと感じる。しかしながら、現状の有害生物管理の技術では昆虫類の混入を 100% 防止することはできない。また、工場内での生息をゼロにすることもできない。

今回は、更にステップアップした有害生物管理を考えるにあたり、現状の問題点と理想的な管理について考えていきたい。

### 1. 有害生物管理における現状の問題点

#### 1-1. モニタリングの問題点

駆除を中心に行っていた時代は、お客様からゴキブリなどを見かけるとすぐに呼ばれて対応しなければならなかった。そのため、有害生物

が目につかない状態を作り出すということを大きな目的として業務を行ってきた。ところがモニタリングが主流になってくるとその目的がわかりづらくなってきた。本来、モニタリングの目的は、有害生物の混入を防ぐためであったり、工場内の有害生物の生息状況を一定レベル以下にするためであったりするべきである。しかし、業者、お客様含めモニタリングすることや生息状況を把握することだけが目的になってきてしまっている。そのため、モニタリング結果が上手く活かされず、モニタリング計画も本来の目的から遠いものになってしまっている。

#### 1-2. 対策実施の難しさ

次に挙げられるのは対策の難しさである。有害生物管理で行われる対策は、大きく分けてソフト的な対策とハード的な対策がある。ソフト的な対策は、整理整頓、清掃、洗浄などである。現状の食品工場では人員が不足している工場が多い。そのため、こういったソフトの対策に手がまわらないケースが多く見られる。それでも、いろいろ工夫しながらソフト的な対策を実施し、問題を解決しているのである。更に、ソフトが原因で発生する問題が解決してくると、ハードが原因となる問題が目だってくる。ハードの問題は、敷地、建物、防虫設備などの強化、

もしくは補修になる。例えば、前室構造をつくる、捕虫器を増設する、隙間を埋めるための工事をするといったことが挙げられる。これらは、非常に費用がかかる。建てられて時間が経っている工場ほど膨大な費用がかかるため、わかってはいても対策できない場合が多い。

このような状況にあるため、食品工場では目先の最低限の対策しかできていなかったり、ソフト的な対策で終わってハードの問題を放置してしまっていたりするるのである。

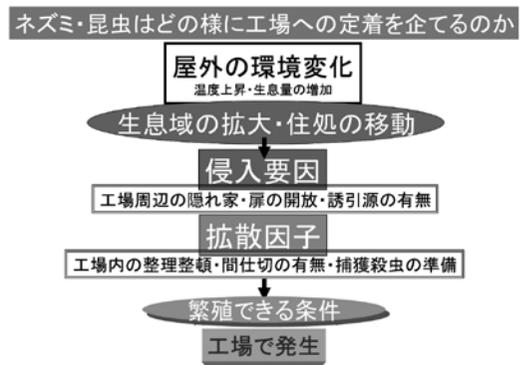


図1 有害生物の侵入・定着パターン

### 1-3. 薬剤を使用しない流れ

薬剤を使用しないといった流れも有害生物管理を難しくしている。しかしながら、建物が古く、構造上有害生物の生息を簡単には防げず、薬剤を使用することで何とか低い生息レベルを維持しているような工場で、今までと同じ管理のまま薬剤の使用を辞めると当然のことながら有害生物の生息数は増えてしまう。

薬剤は環境への悪影響や製品への混入のリスクを高めるため使用しないに越したことはない。しかしながら、何の策もなしに薬剤の使用を辞めることは、有害生物を増やす結果にしかならない。とは言っても前述した対策実施の難しさもあいまって、薬剤の使用を辞めることができない、もしくは辞めることで有害生物の問題をコントロールできなくなっているのである。このようなジレンマに陥っている工場は少なくない。

## 2. 有害生物管理の基礎

有害生物管理が難しくなっているとはいえ、まずは基本から話を始めたいと思う。

### 2-1. 有害生物管理の基礎知識

有害生物が工場に生息するケースとしては、人や物資の往来によって偶然に迷い込む場合や、光や臭いの影響を受けて必然的に侵入する場合が考えられる。侵入した有害生物の種類によっては、一定の条件が揃うと工場内で繁殖を繰り返し定着する。この侵入・定着のパターンをま

とめると、図1のようになる。

本図にもあるように有害生物が繁殖するには次の3つの条件が備わっている必要がある。

- ①隠れ家・住処に適した隙間や空間がある
- ②生活に適した温湿度帯である
- ③個体の維持・繁殖に十分な餌がある

この条件は有害生物の種類によって異なるため、工場に存在する有害生物の種類を知らずに対策を実行しても有効な対策にはならない。

ネズミの場合の一例を示すと、クマネズミ、ハツカネズミ、ドブネズミなどが問題になることが多い。クマネズミは壁などを登ることができるが、他の二種はできない。ドブネズミは体が大きいので粘着シートにつかまりにくい。このような特徴を知っておかなければ対策が検討違いになってしまう。

昆虫類の場合は、対策の違いから最低限、図2のように分類して特徴を捉え対策する。また、それらに該当する昆虫類の一部を以下に示す。

- 内部発生昆虫(湿潤環境)：チョウバエ類、シヨウジョウバエ類、ニセケバエ類など
- 内部発生昆虫(乾燥環境)：シバンムシ類、メイガ類、コクヌストモドキ類など
- 外部侵入昆虫(飛翔性)：ユスリカ類、クロバネキノコバエ類、タマバエ類など
- 外部親友昆虫(歩行性)：ゴキブリ類、ゴミムシ類、ダンゴムシ類、ムカデ類など

本稿ではこれ以上細かい話は避けるが、防除管理の対象となる有害生物に関する知識として

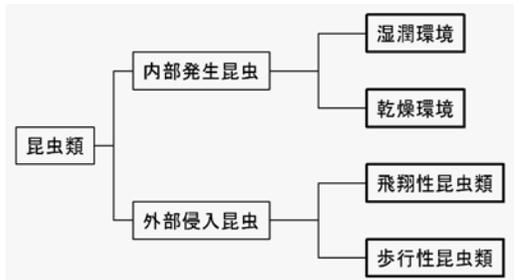


図2 対策を行う上での昆虫類の大まかな分類

は、繁殖や生息ができる条件を理解しておくことは最低限必要なことになる。

## 2-2. 基本的な防除の考え方（昆虫類）

すべての有害生物の防除方法を記載するのは難しいため、ここでは昆虫類に絞って話を進めたい。前述した昆虫類の侵入や生息の条件を少なくすることにより、昆虫類の侵入・定着を低減することができるのだが、そのためには工場の防御力を高めなければならない。工場の防御力は、図3に示したバリア機能、誘引源コントロール、発生源コントロール、サニタリーデザインの4つからなる。

これらを簡単に解説すると、以下のとおりになる。

- バリア機能：有害生物を工場に入れない構造
- 誘引源コントロール：有害生物を工場に近づけない建物の構造や設備
- 発生源コントロール：工場の内外で有害生物が発生・繁殖させない工場やその状況
- サニタリーデザイン：有害生物管理がしやすい構造やレイアウト

これらが強ければ強いほど、有害生物が工場に寄ってこなく、進入しなく、進入しても繁殖しなくなる。また、有害生物管理も実施しやすくなる。

## 3. 有害生物管理の活動

前述した基礎が簡単にかつ完全にできれば今ほど有害生物管理に困ることはなかっただろう。しかし、いくら注意して工場を建て、整理整頓や清掃洗浄を実施しても、思うように成果

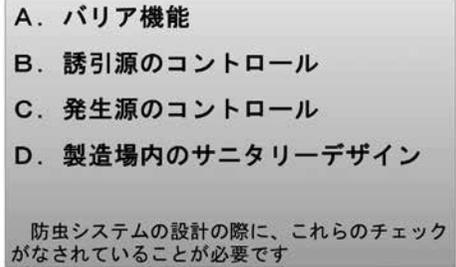


図3 工場の有害生物に対する防御力

は出ない。それは、前述した基礎が有害生物の種類によって異なることと、その有害生物の種類が多いことが理由である。

そのため、自分たちが働いている工場やその周辺の状況、生息している有害生物の種類などを把握し、対策に活かさなければ上手くいかない。ここからは、私が上手く機能している工場を参考に、現状考えているあるべき有害生物管理の活動の大枠について記載していきたい。

### 3-1. 有害生物管理活動の全体像

有害生物管理活動の大枠は以下のようにするのが良いと考えている。

- ①診断調査する：工場の有害生物に対するリスクを評価し、工場内で問題となる有害生物、侵入・発生の危険のある問題点を明確にする。
- ②目標を決定する。
- ③活動内容を決定する：調査結果に基づき初期改善と日常管理の内容を決定する。
- ④教育訓練計を計画する：上記活動を達成するために必要な教育訓練を計画する。
- ⑤「③～④」を実施する：活動、教育訓練を実施し、それぞれの活動を検証する。
- ⑥年間活動を見直す：目標と⑤の検証結果を踏まえ年間の活動を評価する。

現状では、これらの要素の一部だけを実施していたり、これらの流れが論理的につながっていなかったりすることが多い。つまり、①の結果から②～④が決定され、⑤の結果から⑥が行われ、⑥と①から翌年の②～④が再決定される流れがしっかりとつながらなければ

ならない。この流れが不十分だとモニタリングと発見した問題点に対処する日々が永遠に続く感じになる。

### 3-2. 目標設定

ここからは、有害生物管理の活動でよく相談を受ける事項について話をしていきたい。良く相談を受けるもののひとつが目標設定である。目標が明確でなく、やみくもにもっと捕獲数を減らそう、減らそうと有害生物管理を行い、いったいどこまで実施すれば良いのかわからなくなって、閉塞感につつまれてしまっている工場は多い。目標を設定するのは非常に難しいがここではいくつかの考え方を紹介したい。

#### 3-2-1. 現場改善を目標にする

目標設定方法のひとつは、一般的な有害生物管理の形を完成させることを目標にするケースである。つまり、数値ではなく、まずは見た目の状況を整えることを目標にするのである。現状の自社の状況と一般的な有害生物管理を比較して強化が必要な箇所を明確にし、完成まで必要な年数を考える。強化するポイントは、診断調査などによって、洗い出しておくことよい。そして、その年度内に実施すべき対策を決定し、その実現を目標とする。この場合の目標達成の評価基準は、「対策を実施できたかどうか」になる。

#### 3-2-2. クレーム減少を目標にする

ふたつは、実際に起こっているクレームの減少を目標にするケースである。前年に起こった有害生物によるクレームから再発防止、予防という観点で必要な対策を明確にする。つまり、捕獲数の減少ではなく、クレームになっている原因にのみ着目して管理していくのである。この場合、その年度内に実施できる対策の完了と維持を目標とする。クレーム減少を目標にしているため、評価基準は「対策が実施できたかどうか」と「クレームが減少したかどうか」になる。そのため、目標数値（クレーム 50%減やクレーム数〇〇件以下など）も明確にしておく。また、この目標の場合、1年の途中で目標の達成具合を

評価しなければならない。最初の3ヶ月間活動をして目標を達成できなさそうであれば、目標や計画を修正しなければならない。クレーム減少を目標にするためには、診断調査などでクレームの原因となる問題点を洗い出す必要がある。

#### 3-2-3. 捕獲数減少を目標にする

最後は、工場内での有害生物の捕獲数減少を目標にするケースである。言い換えれば、有害生物によるクレームのリスク低減を目標にするということである。そのためには、有害生物が製品に悪影響を与える危険性の高い箇所から対策する。目標設定の考え方としては、まずはクレームに直結する危険性がある箇所（製品が剥き出しの箇所、製造機械内、製造機械直上など）での捕獲数を減少させる。そこでの捕獲数が許容範囲内になったらより離れた場所での捕獲数を減少させていくことを目標にするといったように段階的に進める。

この目標設定の場合、注意すべきことが3つある。「リスクと設備投資の費用対効果を考える」、「食品の特性を考慮する」、「理想を追求しない」である。

まず「リスクと設備投資の費用対効果を考える」では、製品が剥き出しの場所から離れれば離れるほど、有害生物がクレームに直結するリスクは低減する。しかし、設備的な改善にかかる費用は大きくは変わらない。つまり、改善が進み、クレームに直結するリスクの高い箇所から離れれば離れるほどリスクが低い箇所に費用をかけることになる。その線引きを自社で明確にしておかなければならない。

次の「食品の特性を考慮する」は、食品によって有害生物を誘引する力が異なることを考慮しなければならないということである。例えば、佃煮、味噌などのように昆虫類の好む匂いを発する食品は遠くからでも昆虫類を呼び寄せるが、あまり匂いがしない食品ではそれほど昆虫類を呼び寄せない。また、食品によっては常にインラインで製造されるものや常にオープンな状態で製造されるものがある。つまり、製造工程や食品自体の特徴を踏まえて、有害生物が

クレームに直結するかどうかを考え、目標設定しなければならない。

最後の「理想を追求しない」では、異物混入が心配だからとやみくもに「捕獲数を〇〇%減」や「捕獲数0」を目標にしてしまうことを避けなければならないということである。食品工場で捕獲される昆虫類を0にすることは不可能に近く、医薬品工場の無菌充てん室レベルのクリーンルームを建設しなければ0に近づけることはできない。食品工場でそれほどの設備投資は過剰であると考えられる。理想だけを追い求めないように注意が必要である。

防虫管理の目標設定の場合には、「数値目標だけで、具体的な活動内容を全く考えていない」、「科学的に不可能な数値を目標としている」といったケースが見られる。数値目標だけでなく、必ずどのような活動や設備の改善が必要なのかを考えて目標を設定しなければならない。

以上のように生息数を目標とするためには、「有害生物の種類、特性、必要な対策」、「クレームに直結するかどうか」、「製品の特性」などを考慮しなければならない。

### 3-3. 診断調査

前述の目標設定でも少し触れたが、目標設定のためには、様々な情報が必要である。そのため情報収集のひとつの方法が診断調査である。この診断調査でしっかりと情報を収集できなければ、見当違いな有害生物管理を行うことになってしまう。通常は、年度の終わりに診断調査を行う。この調査では、有害生物の生息状況だけでなく、有害生物管理の体制、施設設備の防御力、外周敷地内の状況、工場敷地外の環境などの調査を行う（図4）。必要に応じて、以下のような調査も行うとよい。

○虫の目カメラ：昆虫類が好む光が外部にどのように漏れているかを調査できる（光に誘引

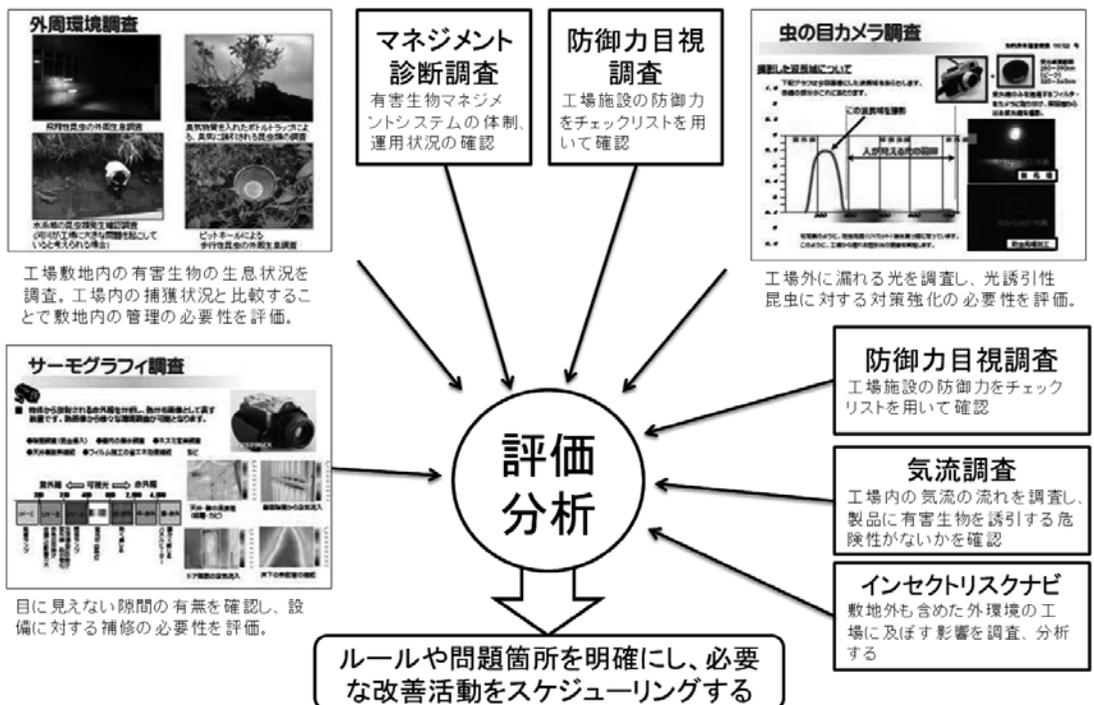


図4 有害生物リスク評価のための診断調査

工場ごとに必要な調査を選定し、工場を持つ有害生物のリスクとその程度を明確にする。調査結果から必要なルール、問題箇所とそれらに対する改善活動と計画を作成する。

される昆虫類が多く外部から侵入してきている工場では有効)

- サーモ調査：目に見えないような隙間がどこにあるかを調査できる（目に見えないような隙間から侵入してくるような微小な昆虫類の捕獲が多い工場では有効）

目標設定に必要な情報を様々な調査を駆使して収集することで精度の高い目標が設定できる。

### 3-4. 計画された日常活動

#### 3-4-1. モニタリング

日常的な活動の中で、前述したようにモニタリングすることが目的になって、本来の役割を担っていないケースが増えている。そこで、モニタリングについて再考してみたいと思う。

##### a. モニタリングの目的と方法

モニタリングの目的は、「現場で有害生物の問題を起こさない」、「有害生物が製品に悪影響を起こさない（混入しない、汚染しない）」ことである。そのためには、モニタリングを通して有害生物の問題を予防しなければならない。そのためには、大きくふたつのことをモニタリングで確認しなければならない。

ひとつは、有害生物の生息傾向である。モニ

タリングから、自分たちが働いている工場に生息する有害生物の種類、工場が抱える有害生物のハード的・ソフト的問題を把握しなければならない。この場合のモニタリングでは、有害生物の問題が起りそうな箇所にトラップを設置し、定期的に確認する。確認する間隔は、通常月1回であるが、有害生物が捕獲される数が多い場合には週1回にしておく方が良い。設置するトラップは、調査したい有害生物の種類によって使い分ける（図5）。

もうひとつは、急激な有害生物の発生の把握である。想定していない問題が発生した時にできるだけ早くそれを察知し、対策する必要がある。この場合はトラップの設置箇所は上記と同じだが、確認する間隔は短い方がよい。長くても週1回、できれば1日1回は確認しなければ迅速な対応ができない。その間隔で確認しても、対応は後手にまわってしまうため、急激な有害生物の発生への対応をより重視するのであれば、一定間隔で捕獲を自動で知らせてくれるモニタリング機器を使用した方がよい（図6）。

##### b. モニタリングトラップの設置

モニタリングトラップを設置する場合は、モニタリングトラップ自体や有害生物が製品に悪



図5 モニタリング用トラップ

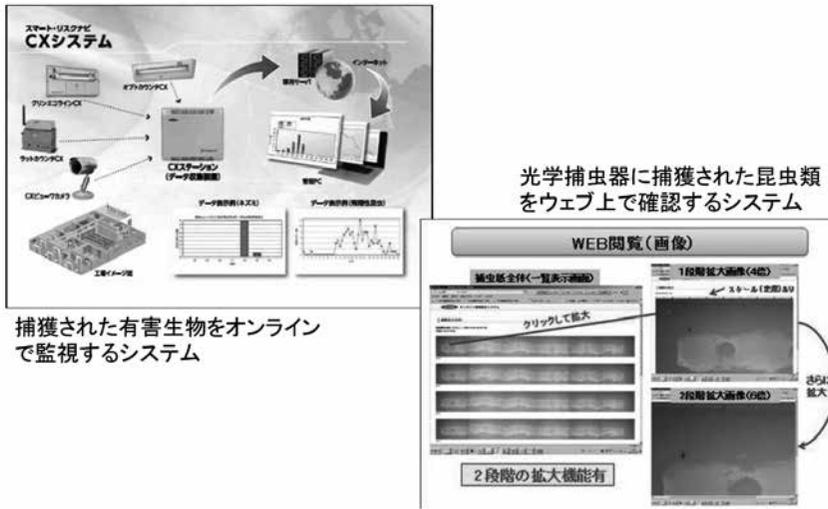


図6 オンライン有害生物監視システム

オンラインで有害生物の捕獲状況をリアルタイムで確認できる。ここに記載している以外にもネズミの生息状況を動画で録画するシステムもある。オプションで、シートシャッターなどの設備とも連動させ、監視することができる。

影響を与えないように設置しなければならない。特にライトトラップは遠くから昆虫類を誘引するため、設置には細心の注意が必要である。特に以下の点には注意が必要である。

- ・工場の外からライトトラップのランプが見えないように設置する（基本的には出入口の斜め上に設置することが望ましい。その場所に設置して出入口以外の窓からランプの光が漏れる場合には、窓に防虫用フィルムを貼り付けるなどして光を遮断する）
- ・工場に入ってきた昆虫類がライトトラップに寄る際に製造ラインや製品の上を通過しないように設置する。
- ・製造ラインや剥き出しの製品から3m以上離して設置する
- ・ライトトラップの高さを揃える（高さが低くなると昆虫類が捕獲されやすく、高くなると捕獲されにくくなるため。逆に駆除目的で設置する場合は、低く、広範囲で）

しかし、モニタリングトラップを設置しようとしても工場や部屋が狭すぎて上記の要件を満たした設置場所がないということがある。その場合、その部屋で有害生物の捕獲がなく、構造上も発生の可能性も低い場合には、モニタリン

グトラップを置かないこともひとつである。しかし、確実に有害生物が発生・生息している場合には、上記を考慮してできるだけ安全な箇所に設置しなければならない。

また、同じトラップを駆除目的で設置する場合がある。その場合、どのトラップが駆除目的で、どのトラップがモニタリングの目的で設置しているのかを図面などで明確にしておく必要がある。駆除目的でトラップを設置する場合も、前述した条件を満たした場所に設置するのが望ましい。しかし、モニタリングトラップを設置する場合と同様理想的な設置場所がない場合がある。この場合は、誘引するリスクと捕獲しきれないリスクを天秤にかけて、混入のリスクの高い方を選択する。設置した時に、結果的にライン近くにモニタリングトラップを設置することになる場合もあるが、そもそも有害生物が生息しているため、モニタリングトラップを設置せずに放置するより、捕獲した方が、リスクが小さくなると考えた方がよい場合もある。

モニタリングトラップの設置に関しては、セオリーは重要だが、それだけにとらわれずに考えなければ逆に混入のリスクを高めることになってしまう。

### 3-4-2. モニタリング結果の分析

モニタリング結果を分析する際には、「前年同月との比較」、「前月との比較」、「急激な捕獲数の上昇」を確認する。

これらを確認する際には、総数捕獲数だけでなく、各有害生物の種類、昆虫類であれば種ごとに分析する。また、工場全体だけでなく、エリアごとトラップごとにも確認する。

上記のことを確認し、大きな変化、想定していなかったような変化があった場所（エリア、個々のトラップ）や問題となる有害生物の種類を明確にする。

そして、その有害生物が工場内で問題となる可能性のある場所やその原因の予測を立てる。そして、実際に現場に入り、原因箇所がどこかを調査する。

### 3-4-3. 現場での問題点の確認

モニタリング結果を活かすためには、必ず現場を目で見て確認しなければならない。これには大きくふたつの理由がある。

ひとつは、当然のことであるが、モニタリング結果を評価して想定した問題点を探すためである。

もうひとつは、モニタリングトラップに捕獲されない有害生物が生息していたり、モニタリングトラップを設置していないエリアで問題が起こっていたりする可能性があるためである。

#### a. 目視調査が重要な理由

現場での目視の場合、モニタリングトラップの近くから順に想定している問題点がないかを確認していく。モニタリングトラップの近くで発見できない場合は、徐々にモニタリングトラップから離れた箇所を調査する。問題点が発見できれば、その問題箇所への対策を検討する。

この調査方法で問題となるのがモニタリングトラップから離れた箇所や設置していないエリアである（図7）。

このような箇所は、基本的には目視で調査することが多い。この場合、有害生物管理のセオリーを逸脱した現象を探す。しかし、これだと調査者のスキルが必要になる。スキルがない場合は最低でもどこかのモニタリングトラップで発見さ

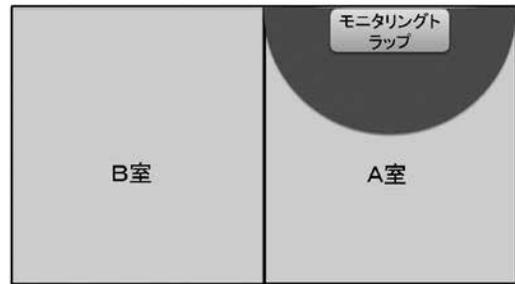


図7 モニタリングの盲点

モニタリングトラップで問題（特定の昆虫類が多く捕獲された）あった場合、その周辺で原因を究明する。（濃いグレー部）もしその範囲で問題が確認されるとそれ以外の部分やモニタリングトラップが設置されていない他の部屋は調査対象から外れることが多い。（薄いグレー部）同様の問題がないか、確認する必要がある。

れたのと同じ問題がないかを他のエリアの問題が起こっているのと似たような場所を確認してまわる。他には、過去に起こった有害生物の問題を把握しておき、そのような問題が起こる可能性のある場所も定期的に調査する方法もある。

スキルをそれほど必要とせずにかバーするもうひとつの方法は、有害生物の行動範囲を考慮してモニタリングトラップを増やす方法である。この方法の問題点は、費用がかかること、モニタリングトラップが増えるためトラップの確認に時間がかかることである。

#### b. 現場を見ても問題がわからない

点検の際に起こる問題には、原因が特定できないということがある。その場合にはより詳細な調査が必要である。詳細な調査としては、いくつかあるが、ここでは代表的な方法を2つ記載したい。

ひとつはモニタリングトラップを増設して問題箇所を絞り込んでいくこと、もうひとつは場所だけでなく発生時間を絞り込んでいく方法である。時間を絞り込むためには従来は、一定間隔（1時間に1回など）でトラップを確認していたが、先述した一定間隔で捕獲を知らせてくれるモニタリング機器を使用すると楽に調査できる。一生懸命目視調査しても有害生物が活動していない時間に探しても問題は見つからない。休日だけ発生している、夜間だけ発生し

ていると言ったことがわかると原因究明の手助けになる。実際にこのような調査を行って、空調を動かしている時間によって昆虫類の数が増減していることがわかり、原因究明に繋がった事例は多くある。

#### 3-4-4. 対策と検証

対策を検討する際には、いろいろな対策を併用する。「清掃する」、「隙間を埋める」といった対処法的な対策だけでは効果的ではない。以下に隙間埋めを例にした一例を示す。

昆虫類が侵入している隙間を発見した場合、最低でも以下のことを考える。

- ・ 隙間埋めのルールは適切か
- ・ 隙間を埋めやすい、見つけやすい構造か
- ・ 隙間を埋める、隙間を見つけたときに報告するというルールは従業員に伝わっているか
- ・ 隙間を埋めた後の実施確認は適切だったか
- ・ 隙間埋めや点検をしないという状況を放置していなかったか

このようなことを確認し、道具、点検頻度、点検箇所、構造、教育方法、コミュニケーション方法、実施確認の方法、ルール見直しのための流れなどの活動の改善が必要かを検討する。これらはひとつが原因で問題を引き起こしているのではなく、複合的であることが多いため、先入観にとらわれずに検討して必要であれば複数の対策を実施すべきである。上記の対策では、問題解決に時間がかかったり、食品への悪影響を抑えきれなかったりする場合は、駆除することも検討する。ただし、駆除はそこに生息する有害生物を一挙に少なくすることはできるが、食品への薬剤の混入、自然環境への悪影響などリスクもあり一時的な対策であることを理解し、使用の有無を検討しなければならない。

#### 参考文献

1. 尾野 一雄：食品工場におけるベストコントロール～適切なモニタリングの実施と結果活用～. 月刊 HACCP 7月号, 2015.
2. 尾野 一雄：防虫管理における指導ポイントと今後. 明日の食品産業 4月号, 2015.

#### 3-5. 年間検証

モニタリングデータは、月々の改善活動だけでなく、工場の根本的な有害生物に対する防御力の向上にも活用する。例えば、工場に隙間が多く、いくら日常的に対応しても有害生物が工場内に進入してくるような場合だと、まず有害生物の侵入防止の問題点を根本的に解決しなければならない。そのため、年度末に1年間の有害生物の捕獲状況、改善活動の内容をまとめ、次年度にどのような改善活動や施設設備改善をするのかを計画する。

計画の際には、前述した工場の防御力「バリア機能」、「誘引源コントロール」、「サニタリーデザイン」のいずれに対して強化が必要か、ハードにどれだけの投資が必要かを明確にしておかなければならない。

また、モニタリングや点検、対策立案、その他役割分担、コミュニケーションなど活動に大きな改善が必要な部分がないかも明確にし、改善策を計画しておく必要もある。

#### おわりに

今回は、有害生物管理について理想を書かせていただいた。有害生物管理の考え方や活動の一部が抜けているといくら頑張っても成果が出なかったり、無理な目標に突き進んでいったりして、最終的に現場が疲弊してしまう。そのため、ここに書いたような活動をそのボリュームの大小はあれども網羅しておく必要がある。

ただ、あくまでここに書いたことは理論であり、有害生物のような生き物を相手にする場合には、現場で根気良く、かつ泥臭く這いつくばらないといけない側面もある。

つまり、理論も泥臭く活動することが両立しなければならないということも知っておいて頂きたい。

# 豆知識

一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC

## 「LC/MS による農薬等の一斉試験法Ⅱ（畜水産物）」について

### 1. はじめに

食品中の残留農薬分析は、ポジティブリスト制度の施行による規制対象農薬等の大幅な増加により、同一手法で多種の農薬等を分析可能な多成分一斉分析法が主流となった。ポジティブリスト制度に対応するためには、規格基準への適合性が判断可能な信頼性を有する一斉分析法が必要となる。国内においては厚生労働省より、農産物及び畜水産物を対象とした農薬等の一斉試験法が通知されており、測定対象農薬等の物性に合わせて複数の試験法が示されている<sup>1)</sup>。2015年2月には、新たな通知一斉試験法として畜水産物を対象とした「LC/MS による農薬等の一斉試験法Ⅱ（畜水産物）」が通知された<sup>2)</sup>。今回の豆知識は本試験法の概要について紹介する。

### 2. LC/MS による農薬等の一斉試験法Ⅱ（畜水産物）の概要

#### 2-1. 前処理方法

本試験法のフローチャートを図1に示した。

農薬等を試料から酢酸酸性条件下でアセトン及びヘキサン混液で抽出し、多孔性ケイソウ土カラム、ゲル浸透クロマトグラフィー及びSAX/PSAミニカラムで精製した後、LC-MS/MSで定量する方法である。

本試験法の抽出方法及び精製方法のポイントを以下に示した。

#### 1) アセトン及びヘキサン混液による抽出

本試験法ではアセトン及びヘキサン混液により農薬等を抽出する。農産物を対象とした通知一斉試験法では抽出溶媒にアセトニトリルを用いるが、アセトニトリルは脂質の溶解量が少ないため、畜水産物のような脂質が多い食品においては、脂質中に残留する脂溶性農薬等に対して抽出効率が低下すると考えられる。よって、本試験法ではアセトン及びヘキサン混液を用いることにより、脂質を溶解しながら農薬等を抽出する手順となっている。

#### 2) 多孔性ケイソウ土カラム

多孔性ケイソウ土カラムは、ケイソウ土の表面上に水系の試料溶液を均一に保持させた後、有機溶媒を注入することにより試料溶液と有機溶媒の間で液々抽出が行われる手法である。エマルジョンを形成しないため操作が簡便であり、高い再現性が得られる。本試験法では、試料溶液に塩を加えてから多孔性ケイソウ土カラムへ負荷した後、酢酸エチルで農薬等を溶出する。カラムへの負荷時に塩を加えることで塩析効果を高め、農薬等の溶出率を向上させている。

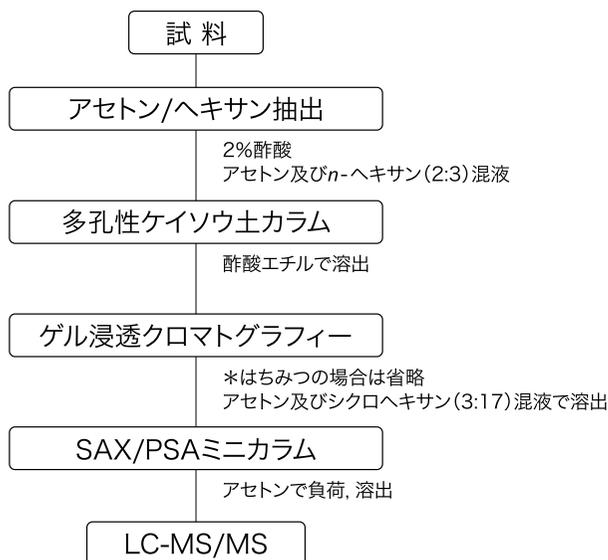


図1 分析法のフローチャート

### 3) ゲル浸透クロマトグラフィー (GPC : Gel Permeation Chromatography)

GPCは物質の分子サイズ(分子量)を指標として分離する方法である。分子量の大きい化合物から順に溶出するため、農薬よりも分子量が大きい脂質や色素等を効率良く除去することが可能である。あらかじめ農薬の溶出位置を確認する必要があるが、本試験法ではアクリナトリンとトリシクラゾールを指標として、分画範囲が示されている。GPCは精製効果が高いことから、残留農薬分析においては頻繁に使用される精製法である。

#### 2-2. 試験法の注意点

本試験法の通知文書に記載されている「留意事項」には、操作上、注意しなければならない重要な事項が示されている。特に、多孔性ケイソウ土カラム、ゲル浸透クロマトグラフィーへの試料溶液の負荷方法は分析結果に影響を及ぼす可能性が高いため、適切に実施しなければならない。

### 3. おわりに

食品中の残留農薬分析において、食品抽出液中に含まれる食品成分は全て分析上の妨害物質となるため、できる限り除去しなければならない。しかしながら、食品成分の種類は試験対象とする食品によって大きく異なる。通知一斉試験法を用いても、対象食品によっては必ずしも良好な結果が得られるとは限らないので注意が必要である。従って、分析現場においては分析対象とする農薬等と食品の組み合わせにおいて、妥当な結果が得られるかを事前検証することが重要である。

なお、本試験法の妥当性評価結果が厚生労働省 HP 上に公開されている<sup>3)</sup>。評価結果が不良であった農薬等の結果も参考データとして掲載されているため、ぜひ一読されたい。

[参考文献]

1. 厚生労働省ホームページ  
「食品に残留する農薬，飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法」  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/zanryu3/siken.html#2>
2. 食安発 0226 第 1 号  
「食品に残留する農薬，飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法の一部改正について」  
厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知 平成 27 年 2 月 26 日
3. 厚生労働省ホームページ  
「LC/MS による農薬等の一斉試験法Ⅱ（畜水産物）の妥当性評価試験結果（平成 24 ～ 25 年度）」  
<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzentu/0000075418.pdf>



## 酒造りの文明史⑤

古賀 邦正 (KOGA Kunimasa)  
(一財) 自然環境研究センター

### 5. ワインとビール：中世ヨーロッパの変遷とワイン・ビール

前回までに、果実の酒ワインと穀物の酒ビールのそれぞれがその誕生から古代ローマ時代までどのような変遷をたどってきたかについて見てきた。華やかな文明を謳歌したギリシア・ローマではワインが圧倒的な地位を確保した。ブドウの産地と品質の関わりも含めた、その蘊蓄に関するこだわりは目を見張るものがあり、ワインの基本的な品質や製造法はローマ時代までにほぼ定まったと考えられる。ブドウ栽培の適・不適はあるにせよ、周辺との関わりでいうならばローマの影響を強く受けた地域（ガリア地域）にはワイン文化が浸透したが、ローマに反発した地域（ゲルマニア）には浸透せず穀物の酒ビールが愛飲され、ワイン・ビールの棲み分けもこの時代に形成されたと言ってもいいだろう。西ローマ帝国の滅亡（476年）から東ローマ帝国の滅亡（1453年）までのおおよそ1000年間がヨーロッパの中世とされるが、今回は中世ヨーロッパの変遷とワイン造り・ビール造りの関わり、キリスト教世界が酒造りに果たした役割、さらにはイスラーム世界の変遷と酒との関わりについて時代を追って学んでゆくこととしたい。宜しくおつきあい下さい。

#### 5-12. 中世西欧（西ヨーロッパ）の変遷とワイン・ビール

##### ◆中世初期の西欧：ゲルマン人の大移動と混乱

4世紀後半、アジアの遊牧民フン族がゲルマン人の東ゴート族を征服した。それに恐れをなした西ゴート族がローマ帝国に侵入して来たことを契機にして西欧は民族大移動の混乱に落ちいった。西ゴート族が西に向かって移動を始めた際、ドナウ川が行く手を阻み、対岸はローマ軍が守りを固めていた。西ゴートの人々は、手を降り、泣きながら、船橋を架け渡して欲しいと繰り返し哀願したという。『なぜ？がわかる世界史』 危険を避けて必死に逃がれてきた人々はまさに難民。現代のシリアの難民を思うとわれわれは今もダイナミックな歴史の流れの中にあることがよく理解される。現代のこの流れの帰結がどうなるのかはまだ分からぬが、西ゴート族の移動は歴史に大変な影響を及ぼすことになる。

西ゴート族はさらに西に移動を続け、西ゴート族に続いてゲルマンの諸部族が流入して来た結果、476年に西ローマ帝国はゲルマン人に滅ぼされてしまう。結局、このゲルマン人の大移動は7世紀頃までの300年間続いた。この時期にブリタニア（イングランド）にもユトランド半島から海を越えてゲルマン人のアングル族・サクソン族が渡っており、ブリタニアにはアングロ＝サクソン七王国（449-829）が作られる（図5-24）。

民族大移動に伴う混乱はブドウ栽培を大きく後退させた。ブドウ畑が荒らされてしまうと、ブドウを植樹して実がなるまでには数年かかるし、栽培には一定の技術力とともに根気が必要だ。危険を避けながら根気よくブドウの手入れを続けるのは至難の業だ。とくに、ローマ時代の比較的後期に栽培が始まった現在の英国南部、フランス北部、ドイツ南西部や南部などの地方からブドウ樹は

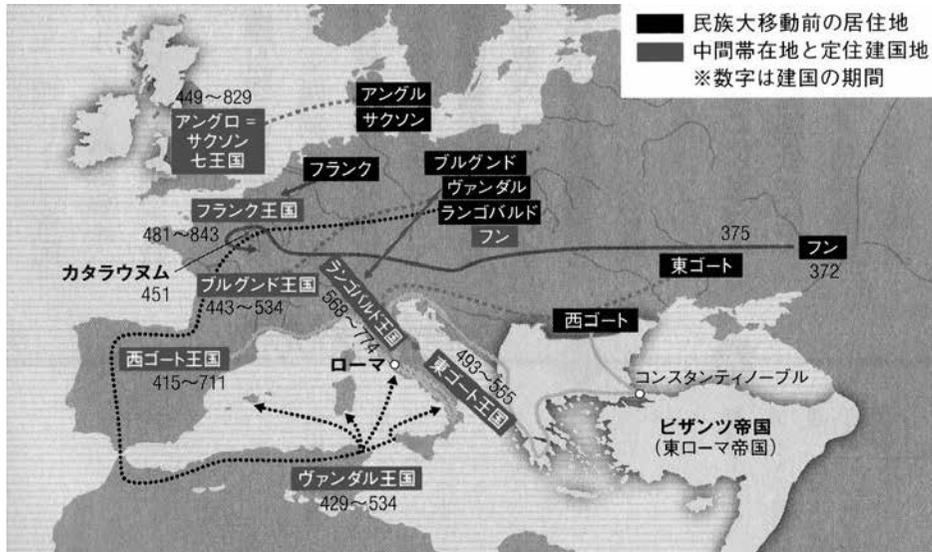


図 5-24 民族大移動（「なぜ？がわかる世界史」）より

フンの東ゴート征服・西ゴートの西ローマ帝国侵入を機に、ゲルマン人の西欧への移動が続いた。西ゴートはフランス南部からイベリア半島にかけて移動して、西ゴート王国を建国。ゲルマン諸部族中、最も長い距離を移動したのがヴァンダルで北アフリカにヴァンダル王国を建国。西ローマ帝国の北辺地域を移動したフランク人は移動距離が短かったため部族としてのまとまりを比較的保っていた。ユトランド半島からブリタニア（イギリス）に移動したのがアングル族・サクソン族で、現在、イギリス人をアングロ・サクソンと呼ぶのはこのせい。

消えてしまったという。ブルゴーニュ、ボルドーといったローマ時代から名を馳せた銘醸地もまた、程度の差はあれ、相当荒廃してしまったのだ。

### ◆フランク王国の伸長

西ローマ帝国滅亡後、次々とゲルマン諸王国が建国・消滅したが、そのうちライン川東岸から北ガリアに拡大したフランク族の王国だけが着実に発展した。ゲルマン人の王国といってもゲルマン人の人口は全人口の5%ぐらいであり、ローマ人の有力者の協力を得ることが王国発展の重要課題であったが、フランク王はいち早くローマ教会と同じ宗派に改宗したことが大きかった。改宗の結果、ガリア地方のローマ人はフランク国王を支持したし、ローマ教会がローマ帝国時代から引き継いでいる行政上のテクニクや学問および諸技術をフランク王国は手に入れることができたのだ。カエサル時代から北ガリアのライン川を挟んでこの地域のゲルマニーとガリーは深い関係にあって、そのことがカエサルの悩みの種であったのだが、結果的にはそれが幸いしてこの地にいたフランク族の伸長につながったのだろう。

ローマ帝国は帝国末期にキリスト教を国教としたが、多くの教会のうち西ローマ帝国のローマ教会と東ローマ帝国のコンスタンティノープル教会が最も有力になった。ローマ教会の司教は教皇と尊称されていたが、西ローマ帝国滅亡後は、政治的にはビザンツ（東ローマ帝国）皇帝に従属しなければならず両者は複雑な関係にあった。とくに、ローマ教会はイエスやマリアの聖像を使ってゲルマン人に布教していたため、726年のビザンツ皇帝による聖像崇拜禁止令はビザンツ皇帝とローマ教会の対立を決定的なものにし、ビザンツ皇帝のもとにあるコンスタンティノープル教会はギリシア正教教会、ローマ教会がローマ・カトリック教会として別々の宗派になっていった。従って、ローマ教会にとってはフランク王国とよい関係を保つことによって政治的安定を得ながらゲルマン人の

改宗を進め、キリスト教世界を西欧に拡大していくことは理にかなっていた。

ローマ帝国が分裂した後、西アジアからアフリカ北部・イベリア半島にかけてはイスラーム教を奉じるアラブ人が進出してイスラーム世界を形成していたのだが、ローマ教会とビザンツ皇帝との対立が明確になってきた頃、イベリア半島のイスラーム教徒がガリアに侵入してきた。まさに、キリスト教世界の危機だったが、732年フランクの宮宰カール・マルテルがこれを撃退して危機を救った。ローマ教皇はカールの子ピピンの王位への即位(位751-768年)を認めてカロリング朝(751-987年)が成立し、さらに、ピピンの子のカール大帝にローマ皇帝の冠を授けた。これを機に両者は一層かたく結びつくことになった。

#### ◆キリスト教世界が救ったワイン造り・ビール造り

ガリアではフランク王国が力を伸ばしていったが、イタリア半島は西ローマ帝国滅亡後、ゲルマン民族や東ローマ帝国の相次ぐ侵入によって混乱・疲弊しており、この暗黒時代は9世紀まで続いた。

このような状況の下、農業も衰退する一方だったがキリスト教徒の信仰活動によってブドウ栽培とワイン文化が引き継がれた。ワインはキリスト教信仰の象徴として非常に重要な存在だった。聖書によると、ガリラヤ湖のほとりで行われた婚礼の席で六つの水がめの水をすべてワインに変えてみせたのがキリストの最初に起こした奇跡とされている。キリストはしばしば自分をブドウにたとえ、「[我はブドウ、汝らは枝]と使徒らに言ったという。また、キリストは最後の晩餐で使徒にワインを与えたが、これが、キリストの肉体と血の象徴としてパンとワインを使徒に授ける聖餐というカトリックの重要な儀式のもとになっているのだ。従って、キリスト教教会が聖餐にワインを用いるために、ローマ帝国崩壊後の混乱の時代も教会の敷地内や修道院の畑でワイン生産が続けられた。

中世のブドウ栽培技術は、優秀な古代技術を徐々に再発見することだった。ローマ帝国が滅んだ後、修道院は多くの書物を持ち、学問文化が伝えられる唯一の場所だった。技術書の多くはラテン語で書かれており、それを理解することができたのは修道士たちだったのだ。修道院の組織化や普及が大きく進んだのはイタリア半島よりガリア(フランス)の地に於いてであったため、ワイン造りの中心もイタリアからフランスに移っていった。

一方、修道院でビールを造った最も古い記録はアイルランドで残っている。ゲルマン人の西欧への流入によってガリアのケルト人は押しやられるように西方に移動して最後の拠点となったアイルランドでは古くからキリスト教が伝わり、6~7世紀にはアイルランド全土に教会や修道院があったという。そして、これらの修道院では早くからケルト人が穀類からビールを造っていた。聖コロンバン(543-615年)は修道院内における飲食物を規定した書き物を残しているが、その中でビールの製法に触れているということだ。(『ビール礼賛』)

#### ◆カール大帝とワイン造り・ビール造り

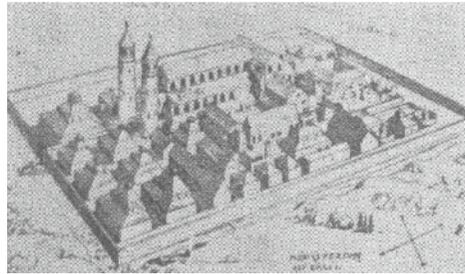
ピピンの子のカール大帝(位768-814年;図5-25(A))は武力で西欧の主要部分を統一し、東方から侵入する勢力を撃退し、内政の整備や文化の興隆につとめ、東のビザンツ帝国に対抗する強国を建国、西ローマ帝国と称せられるまでに復興させた。

カール大帝は積極的に教会や修道院を新たに領土になった地域に建設していった。カール大帝は修道士たちに学芸を奨励するとともに、修道院でのワインづくりを奨励して西欧でのワイン文化の土台を構築した。ローマ時代までに確立し、修道院に引き継がれたワイン造りの技術は大帝の時代に大きく広がったのだ。その主要な技術は、①ブドウ果汁を得るための搾汁技術、②果汁の加熱殺菌技術、③櫛だるを用いた発酵技術、④酒母として優良モロミの利用技術である(図5-26(A))。

(A)



(B)



(『ビール礼賛』より)

図 5-25 カール大帝像 (A) とザンクト・ガレン修道院 (B)

カール大帝（位 768-814）は修道士たちに学芸を奨励するとともに、修道院でのワイン造りやビール造りを奨励した。壁に囲まれたザンクト・ガレン修道院領の中には 40 棟の建物があり、そのうち 3 棟は修道院醸造所だったという。

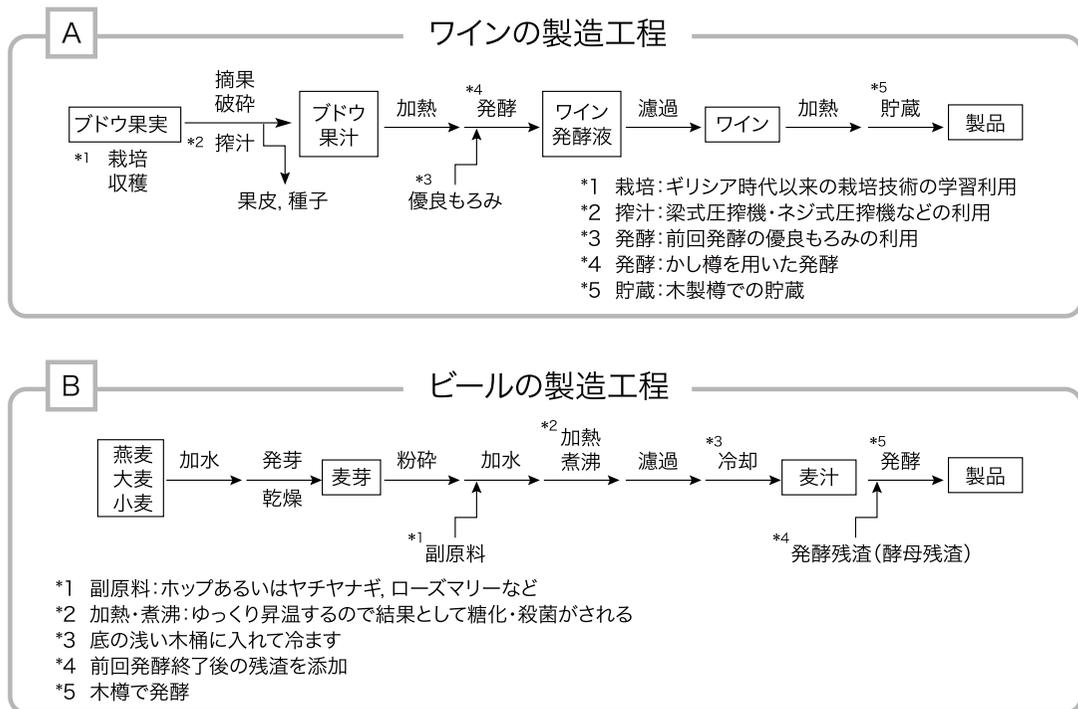


図 5-26 中世のワイン (A) とビール (B) の製造工程

また、彼はビール造りも王侯や寺院に奨励し、修道院醸造所が発達した。とくにブドウ栽培のできない地域ではビール造りが盛んに行われるようになった。ザンクト・ガレン修道院（図 5-25 (B)）は 820 年にビール醸造を行った記録のある最古の修道院として知られている。ビール醸造が盛んに行われたのは栄養補給という目的のためもあったようだ。手造りの濁りビールは栄養が豊富であり、糖類・ビタミン・アミノ酸が多量に含まれており、野菜が不足がちだった当時の人々にとっては大

事な栄養補給源だった。カトリックには四旬節という儀式があり、この間に三日間の断食が行われるが、ビールに限り飲むことが許されたという。これもビールによる栄養補給が目的であったためと考えられる。

また、このように修道院醸造所でワイン造りやビール造りが行われており、修道院の間の交流もあったことだろうから、ワイン造りとビール造りの間での技術的トランスファーが進んだものと考えても不思議ではないだろう。

しかし、フランク王国では自給自足の農業経済が行われていたものの生産性は低くて小麦は撒いた分の4倍しか収穫できなかったという。穀物だけでは食糧不足なため、豚などの家畜も多数飼っていた。地中海を中心とした遠隔地交易は殆ど潰れており、フランク王国内の流通も未発達だし、商業も沈滞していた。領域の広さや戦争の強さはビザンツ帝国と対等だったが、経済的には完全に遅れていたのだ。(『古代の技術史(下・I)』)

一方、ブリタニアでは7王国の一つケント王に許しを得て6世紀末からカンタベリーに布教所を設けてカトリックの布教が始まったが、それに伴ってビール醸造も始まったと言われている。カンタベリーの第7代大司教のテオドル(位678-693年)は聖職者がビールを飲みすぎた場合、15日間の懺悔を命じるなどの罰則を設けているところを見ると、飲み過ぎることが多かったのだろう。9世紀の前半に7王国が統一されてイングランド王国が建設されてから、キリスト教はイングランドの各地に浸透し、多くの教会や修道院が設立されるようになり、修道院ビール醸造も拡大してゆきイングランドはビール造り・ビール文化の国になっていった。

#### ◆中世中期の西欧：西欧諸国の起源(東・西・中部フランク)と封建社会

カール大帝の没後、紛争が起こり、843年フランク王国(西ローマ帝国)は、ほぼ現在のフランス(西フランク)、ドイツ(東フランク)、イタリア(中部フランク)に分裂した(図5-27)。しかも、この頃、地中海側からイスラーム勢力、北方からヴァイキング(ゲルマンの一派、ノルマン人)、東側から遊牧民のマジャール人の侵入があいつぎ、イタリアには統括する王がいないし、他の国ではいることはいても諸侯の力が強く、西欧は再び混乱に落ち込んだ。

この混乱を凌ぐために人々はその地域の有力者を中心に集まって主従関係を結ぶことによって身を守ろうとした。封建社会への移行である。封建社会は貴族と騎士団との間の封建制と領主と農民との間の荘園制の2軸から成り立っていた。また、封建社会の最盛期はローマ教会の権威の最盛期でもあり、ローマ教皇は西欧教会の首長となり、教皇を頂点とした大司教・司教・司祭など封建制に似た階層性が成立した。領主としての土地所有者は聖職者・貴族・騎士団であり、彼らが農民を支配する構図である。

農民は土地所有者から土地を借り受けるのと引き換えに収穫物の現物給付と労働給付を行った。労働は耕作、パン・ビールづくり、干し草・穀物・ブドウの収穫や運搬、夜警など多岐にわたり、すべての労働日数の半分は労働給付に当てられたということだから相当の負担だった。(『中世農民の世界』) 11-13世紀には封建制の最盛期を迎え、聖職者は貴族と並ぶ支配階級として封建的秩序の維持に努めたのだ。



図5-27 フランク王国の分裂(870年) (『詳説世界史図録』より)

一方、封建時代の最盛期を迎えて活力を蓄えた西欧世界は外部世界に向かって膨張を始めた。まず、生活の基盤となる耕作地を切り開く動きが始まった。

**大開墾時代：**ヨーロッパは広大な森の世界であり、修道院を中心に進められていた森林の農地化が11世紀から13世紀にかけて急速に発展した。この時期を大開墾時代という。その背景には鉄製農具の普及と農業技術の向上がある。また、耕地を春耕地・秋耕地・休耕地に分けて、順繰りに耕作することで地力を維持する三圃制は収量の増加をもたらした。もともと鋤・鍬・斧などの農機具はローマ時代のケルト人が使っていたが、その技術や情報は混乱期には修道院で維持され、農産物の収穫を基本とする荘園制が豊かな農地の大切さに目を向けさせ、それが大きく花開いたのだ（図5-28）。とくに、ドイツの諸侯によるエルベ川以東の開拓は東方植民運動と呼ばれ、諸侯たちは有利な条件で開拓農民を誘ったため、多くの農民が西方から移住したという。

民族大移動後、荒廃したブドウ栽培やワイン造りも9世紀中頃から再び盛んになり、大開墾時代はそれが一層顕著になった。ドイツ南西部のライン川左岸から始まり、ドイツ南部・中央部、さらに東部のエルベ川を越えた中部ヨーロッパ、イギリス、ピレネー地方にまでブドウ畑広がったという。また、農機具の普及や一種の農業革命によってブドウ畑の生産性も飛躍的に向上した。近世になると多くの地域が商業的に継続することが難しくなっていたとはいえ、この中世の中期以降は広くブドウ栽培・ワイン醸造が行われていたのだ。

**十字軍の遠征：**膨張の二つ目はイスラーム世界への十字軍の遠征だ。この時期、ユダヤ教・キリスト教・イスラーム教の共通の聖地であるエルサレムをイスラーム教国から奪還するために宗教的熱狂のなかで十字軍の遠征が始まった。十字軍の遠征は1096年の第1回から13世紀後半に至るまで約7回行われた。しかし、ほぼ二百年にわたって行われた十字軍であったが、フランス王・イギリス王・神聖ローマ皇帝の思惑が一致しなかったり、ヴェネツィア商人たちの画策があったりして最終的に失敗に終わってしまった。

**国土回復運動：**三つ目はイベリア半島での国土回復運動（レコンキスタ）だ。この時期、イベリア半島にはイスラーム国家があったが、その北部辺境地帯のキリスト教諸侯がイスラーム国家と戦闘を繰り返しながら徐々に国土を拡大していき、1492年にイベリア半島からイスラーム勢力を完全に駆逐した。そして、有力諸侯を中心とした王国の合体や分裂を繰り返した結果、スペイン・ポルトガルの両国が成立し、イベリア半島にワイン文化が復活してゆくのだ。



図5-28 三圃制での農奴の労働の様子（『もういちど読む山川世界史』より、一部変更）

曆絵の3月の労働の様子。春耕地では耕作が始まり、左手のブドウ畑では剪定作業が行われている。右手奥は秋耕地、左手奥は休耕地で家畜を放牧して地力を回復させている。遠くに土地の所有者である領主の館がそびえている。

#### ◆修道院醸造所でのビール造り

前述したように北スイスのザンクト・ガレン修道院（図5-25（B））は現存する「世界最古のビール醸造所」と言われているが、修道院四代目の修道院長（980-1036年）の記録から、この修道院長は40の建物から構成され、そのうち3つは醸造所で、そこではきわめて統制の採れた、洗練され

たビール造りが行われていたという。一つの醸造所では、修道院長、高位の聖職者や賓客用の、大麦を原料に時々小麦も混ぜて *celia* という強いビールが造られていた。別の醸造所では、修道士や訪問中の巡礼用の、エンバクを原料にして、しばしばハーブで風味付けされた *cervisa* というビールが造られていた。そして、3つめの醸造所では、修道院で働く平信徒や物乞い用の薄く、弱いビールが造られていた。そして、100人余の修道士、200人以上の農奴、修道院附属学校の数百人の学生が穀物栽培とビール醸造に駆り出されていたということだ。(『ビールの歴史』) 女性による自家用のビール造りと違って、修道院でのビール造りは清潔な環境の下での大規模なものだったし、次第に“男の仕事”に変わっていったのだ。とくに、修道院でのビール造りはイングランドでも盛んに行われていた。

この当時の修道院でのビール造りは、①ビール原料：燕麦、大麦、小麦、②原料の麦を石畳の上に積み重ね、その上から水をかけて発芽させる、③それを簀子の上ののせて下から楢材を焚いて乾燥、④乾燥麦芽は石臼で粉碎、⑤粉碎麦芽を水に加えて四方に焚口のある大きな青銅の釜で時間をかけて熱して煮沸。麦芽デンプンは糖化され、煮沸される。⑥糖化モロミを篩で濾過し、木製の底の浅い桶で冷却し、木製の発酵桶に移す。⑦前に発酵させたビールの桶底に残った残渣を発酵桶の糖化モロミに添加する。この残渣は、酵母の塊まりで「ヘッホ」と呼ばれていた。この醸造所の一日の製造能力はおよそ1,000 L～2,000 Lだったと言われている。(『ビール礼賛』) エネルギーが人力であることや装置や機具の素材の違いを別にすれば、ビール製造工程(図5-26(B))は今日とほぼ同じである。ローマ時代のエジプトはビール造りに熱心で純粋に近い酵母の利用技術もあったということだが、その工程はビールパンを使用するものであり、近現代に引き継がれたのはケルト人たちの方式だった。できたビールは栄養に富んでおり、しかも煮沸されているので通常の水やミルクよりも安全でもあった。

修道院で醸造所を持つことは、キリスト教ベネディクト会派とその分派が特に熱心で、ドイツの全域に多くの修道院醸造所が造られた。混乱期後の時期、最高の知識階級であった修道士らが造ったワインやビールが一般民衆や市民によって造られたものに比べてはるかに優れたものであったに違いない。修道院の優れた品質のビールは自家用以外に穀物などの物々交換で農民や市民に分かち与えられるようになり、やがては販売されるようになっていった。バイエルン州にあったヴァイヘンステファン修道院は、1040年、他の修道院にさきがけて無制限のビール醸造権と市民や農民への院外販売権を獲得した。この修道院醸造所は現在もバイエルン州立醸造所として存続し、また、ミュンヘン工業大学醸造学部の実習工場となってその伝統ある歴史を誇っている。

### ◆都市と商業の発展

農業に立脚する封建社会は有力者を中心に自給自足の現物経済を基礎としていた。しかし、生産が高まってきて余剰生産物が増えると、それを交換することによって商業が盛んになる。封建時代が最盛期を迎える11～13世紀頃、一方で商人や手工業者が集まって都市が成立した。

当初、都市の商業範囲は周辺の農村だったが、次第に遠隔地との取引が活発になっていった。十字軍の遠征が行われた11～13世紀には、シリア・エジプトを中心とするイスラーム世界は西欧世界に比べて圧倒的な豊かさや高い文化を持っていた。西欧の人々は遠征を通してそのことを知り、これが契機となってヨーロッパとイスラーム世界の間の遠隔地貿易が発展するようになった。北イタリアの海港都市(ヴェネツィア、ジェノヴァ、ピザなど)が中心となって地中海交易圏が形成された。イスラーム世界からコショウなどの香辛料・絹や綿織物などを輸入し、毛織物と南ドイツ産の銀を見返りとした。この頃、イギリスから良質の羊毛の供給を受け、中世最大の毛織物工業都市

だったフランドル地方(現在のベルギー西部からフランス北端の地域)で毛織物にしてフィレンツェなどの北イタリアの諸都市で染色加工するという流れができ、ヨーロッパの特産になっていた。

ついで、北海やバルト海を介する商業も発達してフランドル地方の毛織物輸出地のブリュージュ、北ドイツのハンブルグ・リュエベックなどを中心に北方交易圏が形成され、ポーランド・ロシアの木材・海産物・毛皮と西欧の毛織物とが取引された。この北方交易圏と地中海交易圏との通商路の中継地として、ワインで知られるシャンパーニュ地方に有名な定期市が成立した。また、物品の移動は川が中心だったので、ドナウ川上流の南ドイツやライン川流域にも多くの商業都市が栄えた。広くヨーロッパに流通した物には毛織物とともにワインが挙げられる。ワインはカトリックの儀式や上流階級の生活の必需品であり、社会におけるその位置は揺らぐことはなかった。とくにボルドーがあるフランス西南部がワイン造りとしての力を伸ばした。14世紀初頭のフランスで人口1万人を越す集落は25を数えた。その多くはパリ、ブルージュなど北部にあったが、南部にもボルドー、モンペリエなどの大都市が生まれた。

都市に住む人が増えるにしたがって都市のビールへのニーズも増し、次第に市民による都市醸造所が発達してきた。都市で初めてビール醸造権を獲得したのはドイツ南部バイエルン地方のアウグスブルグで1156年のことだった。しかし、初期の頃の都市醸造所は修道院醸造所に比べると規模は小さく、まだ婦人による“家庭醸造”のレベルであり、男は主として取引を担当していた。ビールが販売目的で都市において大規模に造られ始めた時期については明らかではないが、ハンブルグなどの北ドイツ都市は14～15世紀には家庭醸造から商業醸造に移っていったものと考えられている。都市における商業醸造は、その後、中・南部ドイツでも盛んになってゆく。しかし、この時期には南ドイツ(バイエルン)ではワインも盛んに造られていた。ドイツで「ビール醸造」および「ビール業」という特別な言葉が使われ始めたのは13世紀からだけど、この言葉が一般化したのは16世紀になってからのことだ。(『ビール礼賛』)

こうして力をつけて来た中世都市は商工業の発展とともに自立の道を歩み始めた。自治権を持った北イタリアやドイツやフランスの諸都市の市民は封建社会でみられたような束縛がなく自由を獲得した。国王や皇帝は都市に自治を認める特許状を発行し、都市は見返りに商業税を納めた。フランス国王ルイ9世(位1226-1270年)の収入の40%、ドイツ皇帝フリードリッヒ2世(位1220-1250年)の収入の80%は都市からの収入だったという(図5-29)。



図5-29 西欧の中世都市(『もう一度読む山川世界史』より)

南ドイツのネルトリンゲン。教会を中心に周囲を市壁で囲った中世都市の様子をよく示している。

#### ◆ホップ入りビール

中世のビール醸造における最も重要な発明はホップ入りビールだろう。古代にはホップは野菜の一種として知られており、また、薬草として医療にも使われていた。また、ローマ時代にもゲルマニアではホップをビールに混ぜることは行われていたようであるが、それが広く定着したのは中世中期以降である。もともとビールは古代から種々の薬草や香辛料を添加して飲まれていた。とくに、

中世のドイツではグルートと呼ばれる薬草の混合物をビールに加えていた。グルートは、ヤチヤナギ、ローズマリー、ノコギリソウやその他の薬草を組み合わせた混合物であり、当初はグルートビールが主流だったのだ。

ホップ栽培の最も古い記録が残っているのはドイツのバイエルンで736年のこと。当時、戦争で捕虜になったドイツ居住のスラヴ人がホップ栽培を始めたのだ。768年にはフランク王ピピンはホップ栽培の許可書を発行しており、この特許状によるとホップ園がパリ郊外のサン・ドニ修道院に寄贈されている。822年には粉屋が麦芽とホップを粉にすることへの税が免除されており、これがホップとビール醸造を結びつける最初の記録と思われる。そして、ホップビールは、12世紀以降、次第に隆盛になってゆく。ホップビールに関する最初の明確な言及は、12世紀の女性植物学者で修道女だったヒルデカルトで、ホップはビールを長持ちさせることができ、それはホップの苦味によると主張しているとのこと。ホップが持つ爽快な苦味、醸造工程での雑菌繁殖の抑制、混濁防止、人体への安全性などが徐々に評価されていったのだ(図5-30)。ホップ園の数は9世紀になると徐々に増加し、ドイツ北部・チェコ東部・スウェーデン南部のような、ブドウ園のない多くの地域でホップ栽培が行われるようになった。ザンクト・ガレン修道院でも盛んにホップが育成されていたことが知られている。さらに、14世紀初めにはホップビールが市場を賑わしているということを記した手紙も見つかっており、文書や法律にホップビールが度々登場するようになったという。さらに、15世紀になるとホップはイギリスにも輸出されて、ロンドン醸造家の法規に頻繁にホップビールの名前が出るようになったという。このように徐々に浸透していったホップビールは1500年までには飲み物としての地位のゆるがぬものになった。この当時、ホップの栽培は、主に西ドイツに集中していた。この当時のビール製造工程は図5-26(B)に記したが、中世のビール醸造に関してまとめて記述した技術書はなく、ホップの導入を除けば、技術的にはローマ時代のケルト人が行っていた方法とあまり違いはなかったようだ。『古代の技術史(下・I)』



図5-30 ホップの毬花  
ホップの毬花中の黄色い粒子に含まれるフムロンが煮沸されてイソフムロンとなり、これがビールの苦味の本体。

#### ◆ビールとエール

この連載では、初めから穀物の酒を「ビール」としているが、これは必ずしも正しくない。童話で有名な言語学者のグリム兄弟は、ビールはラテン語の「飲み物」を表す「ビベリス」が次第にビイベル、ピオール、ビエール、ビールと変わってきたと考えたという。ハイネも同じ考えで、フランク王国の時代に修道院でのビール醸造の際、修道士らがホップを栽培し、それを添加した新しいビールに対して「ビベリス」という名前を与えたのが、後に転じて「ビール」となったと言っているとのことだ。

従って、ビールという名前とホップとは密接な関わりがあるわけで、ホップ入りビールがそれまでの種々の「穀物の酒」を駆逐していき、呼び名も統一されていった。それまで「穀物の酒」にはいろいろな呼び名が付けられており、ローマ時代、エジプトで造られたビールはジュトスと呼ばれていた。また、ゲルマン人が古くから造っていたビールはアルあるいはアルートと呼ばれており、これは苦味や渋みを表す言葉だ。古くからヤチヤナギ、イシツツジ、オークの樹皮、唐檜とうひの新芽などの苦味や渋みを持つ天然物が混ぜられていた。前6世紀～後2世紀のケルト民族のブリタニアやガリアでは、大麦から造ったビールを「コルミ」と呼んでいた。また、ケルト人の最後の拠点となっ

たアイルランドでは大麦からのビールはコルミ、小麦から造ったビールは「セルビシア」と呼んでいたそうだ。一方、前述したように中世ドイツではヤチヤナギ、ローズマリー、ノコギリソウなどの入ったビールを「グルート」と呼んでいたが、これは「アルート」から変じたのだろう。イングランドではアル（アルート）タイプのビールをエールと呼んでいるが、これは5世紀半ばの民族大移動の流れのなか、ゲルマン人のアングル族やサクソン族がブリタニアに渡って造ったアル（アルート）が変じたと考えられる。後にイングランドではホップの入ったビールのことをビア（beer）と称し、入っていないのをエールと呼んでいた。（『ビール礼賛』 現在ではエールビールにもホップが入っており、エールの特徴は発酵温度や酵母の種類で特徴づけられるが、その詳細については追って紹介する。一方、デンマークを始めとした北欧三国ではエールを一般的なビールを意味する名前として用いている。このように呼び名は時代と地域によって異なっており、ややこしいので、ここでは「穀物の酒」を初めからビールと総称している。

### ◆中世後期の西欧：封建社会の解体と教皇権の動揺

封建社会は自給自足を本質とする荘園制のうえに成り立っているため、都市や商業の発達のもと貨幣が力を持つてくると領主は賦役による搾取をやめ、直営地を農民に貸し出し、地代として生産物や貨幣を取るようになった。この結果、農奴は地代を納めれば、あとは頑張り次第で貨幣を手に入れて経済的に向上する機会が増え、次第に自営農民として向上していった。一方、領主は次第に力を落としていくことになる。

また、貨幣経済の発達、君主権の拡大にもつながった。君主は租税や大商人から借り受けた貨幣を使って傭兵を常備して諸侯の勢力を圧倒した。支配階級に名を連ねていた騎士たちも火砲などを用いた戦術の変化によって軍事的な意義を失い、農民から地代を取るだけの地主になっていった。こうして荘園制・封建制が崩壊してゆき、国民的な統合が進むにつれて中央集権国家が生まれてきた。こうして時代は中世後期に進むことになる。

十字軍時代（11世紀末～13世紀後半）に絶頂に達したローマ教皇の力は、十字軍の失敗や荘園制・封建制の崩壊に伴って各国の国王が中央集権化を推し進めるに従い権威を失っていった。とくに、教皇は国王と争って敗れたことによって、その権威は大いに失墜した。一方、こうした聖職者の世俗化を非難して、聖書に基づいた信仰に戻るべきだとする教会改革の声も高まっていった。

### ◆中央集権化と西欧諸国の発展

フランスとイングランド：フランス（西フランク）は、第3回十字軍に参加したフィリップ2世（位1180-1223年）がイングランド王と戦ってフランス南部の王領地を広げ、ルイ9世（位1226-70年）が南フランスの独立状態にあった諸侯を屈服させ、フィリップ4世（位1268-1314年）が教皇と争ってこれを屈服させるなど王権をのばした。

イングランド（ブリタニア）はゲルマン人の民族大移動の流れにのって5世紀の半ばにアングル族とサクソン族が先住民のケルト人を追いやって侵略した。彼らは600年頃にキリスト教に教化され、9世紀の初めまでに七王国を建設した。一方、北ゲルマン系の民族で北欧に住み、ヴァイキングとなって各地を荒らしていたノルマン人が911年にフランス北西部のイギリス海峡に臨む地にノルマンディ公国をつくっていたが、1066年にノルマンディ公ギョーム1世がイングランドを征服し、ウイリアム1世となる。この結果、フランス王に臣従してフランスに領地を持つ一方でイングランド王となってイングランドに王権の強いノルマン朝（1154-1399年）が樹立した。

フランスとイングランドはそれぞれ王権を伸ばしたが、君主は中央集権を進めて維持するには官

吏や傭兵を雇用することが必要であり、そのためにしばしば臨時の租税を取り立てたが、これには聖職者・貴族・自治都市の同意が必要だった。また、対外政策を進めるにあたっては彼らの協力を必要とした。そこで、13～14世紀以来財政・外交などの重要問題について君主がこれらの有力者と協議する場として身分議会在りて成立していった。

中央集権化が進む中で、この時代は「ワインのフランス」、「ビール（エール）のイングランド」という構図も明確になっていった。大開墾時代を経て中世の中期以降はヨーロッパで広くブドウ栽培・ワイン醸造が行われていたが、都市の発達に伴って商業醸造に移ってゆくに従って競争も激しくなるとは否めない。ベネディクト会修士によって早くからブドウ栽培が行われていたボルドー周辺・ブルゴーニュ・シャンパーニュ・ロワール川流域・プロヴァンスはフランスで指折りのブドウ畑となっていた。これらは現在もワインの銘醸地としてよく知られている（図5-31）。

とくに、イングランドに向かって港を持つボルドーはイングランドへのワインの供給で力を伸ばしていった。ボルドーを中心都市としたフランス南西部の盆地平野の農業地帯はアキテーヌ地方と呼ばれるが、アキテーヌ公であったアリエノール妃（1122-1204年）が後のイングランド王ヘンリー2世と結婚したため、とくにイングランドとボルドー地域のワインの結びつきが強くなった。フランス南西部のワインがボルドー港から供給されたが、この地域のワインは色が薄くて透き通っていたことから「クラレット」と呼ばれて、イングランドで大変な人気を博した。

中央集権が強まって君主権の拡大が進むとともに国の間での利害が複雑に絡み合った争いごとが起きるようになる。イングランド王家はフランス貴族の出であることから、イングランド王（エドワード3世：位1327-1377年）がフランス王位の継承権を主張したことが直接の原因となって英仏両国間の百年戦争（1339-1453年）が起こったが、毛織物原料の羊毛を納めていたイングランドは供給先のフランドル地方とも関わりが強く、その支配をめぐる両国の対立があった。さらに、イングランドとの関わり強いボルドーを含むアキテーヌ地方の支配をめぐる対立もあった。フランスはしばしば危機に直面したが、ジャンヌ・ダルクなどの活躍で最終的にはイングランド勢力をフランスから撃退した。

ボルドーをめぐる争いが起きるほどフランスがワインの国なら、イングランドはビールの国だ。イングランドで一般人の酒として醸造されていたのはエールで、裕福な農家は自家用のエールを造っていたし、領主の荘園では大量のエールを造って居酒屋にもそれを供給していた。中世の僧院も自家醸造のエールだった。ビール醸造系の修士は特別の尊敬を受け、エール醸造を委任された僧は、その職能によって好ましい地位に進む機会を持ち得たという。

従って、イングランドではワインは輸入品だったが、その反対にフランスではビールが輸入品だった。12世紀にイングランドからフランス大使になったトマス・ア・ベケットという人が赴任の際、

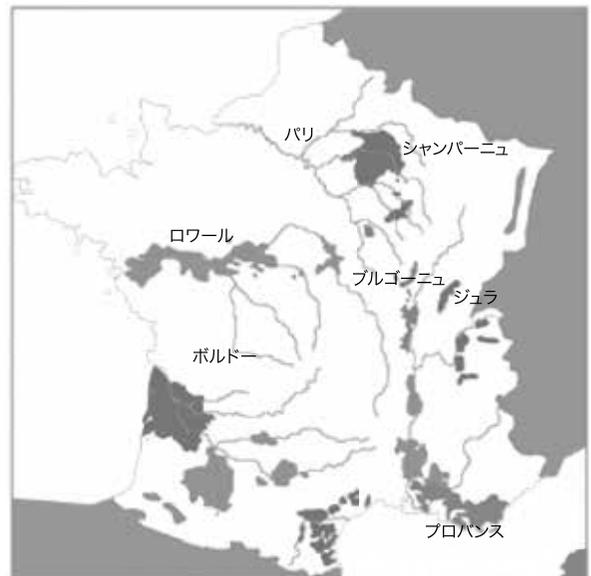


図5-31 中世から知られているワイン銘醸地

たくさんの樽入りビールを携行してフランス人に飲ませたところ、フランス人たちは「その飲み物が健康によく、透明で、色がワインに似ていて、その上、味がよい」と賞賛したという。また、1500年ごろ、イングランドの風俗を書いたイタリア人の手記のなかに、イングランドのビール事情について以下のような見聞がある。

—ワインの不足はエールとビールによって、十分にみたされている、彼らはその飲用に慣れてしまっているので、ワインがたくさんある酒宴でも、エールやビールを好み、それを大量に飲む。遠慮ぶかい人間の如く、彼らは我々がそれを望まない限り、エールやビールを強いて飲ませない。彼らのところにブドウの樹がないわけではない。私は彼らで作ったブドウを食べた。彼らのワインは南部で造られるが、その味はよくないらしい。この国でワインが造れないという不足は、カンデイア（地中海）、ドイツ、フランス、スペインの優れたワインによって補われている。イギリス人はエールとビールをきわめて愛飲しているが、外国人はそれが好きになれないらしい。それら（エールとビール）は、その人のからだに偶然にほてっているとき、もっとも口当たりがよい。—（『ビール文化史』）

**ドイツとイタリア：**ドイツ（東フランク）はオットー1世（位936-973年）がイタリアに出兵して遊牧民（マジャール）などの侵入を防ぎ、教皇を助けたことからローマ皇帝の帝冠を受け、神聖ローマ帝国（962-1806年）の起源となった。しかし、歴代の皇帝はイタリアに進出をはかり、本国をおろそかにしたために有力な地方の諸侯が並び立って分裂状態となった。とくに、13世紀には正統の皇帝のいない大空位地代（1256-1273年）もあって、国内は300の諸侯国や自治都市に分裂した。この当時、北欧やイングランドは殆どワインを作っておらずビール（エール）の国だったが、ドイツは「ワインとビールの国」だった。現在はドイツのミュンヘンを中心とする南部のバイエルン地方がビールの本場という世評であるが、13世紀から14世紀の時期のバイエルン地方ではワインも造っており、ビール事業で繁栄したのはドイツ中・北部だった。とくに、ドイツ北部のラインベックのビールは品質がよいことでよく知られていた。エルベ川沿いのハンブルグからブレーメン、リューベックなどのドイツ北部の諸都市やミュンヘンにも輸送されていたという。バイエルン地方のビールはドイツ中・北部のビールの後塵を拝していたが、16世紀に原料は大麦とホップに限るとしたビール純粋令が出されたのを契機に大きく発展することになる。

中部フランクのイタリアは古代ローマ滅亡後の分裂がそのまま続き、教皇領やナポリ王国の他に多くの都市国家が分立していた。しかし、14世紀になって、多くの自治体が、古典的ブドウ栽培を復活させようと、熱心に試みたが、フランスやドイツの後れをとったことは否めない。イタリアはローマ時代の影響もあってワインへの傾倒が強く、ビールに目を向けられるようになったのは近年になってからだ。

**スペインとポルトガル：**8世紀以来イスラーム教の支配下にあったイベリア半島では、キリスト教徒が小王国をつくって北方から国土回復運動（レコンキスタ）をおこし、15世紀までにイスラーム教を一掃した。そして、有力な小王国が合同して1479年スペイン王国となった。また、ポルトガルも14世紀後半には国家が独立した。以後、この両国は海外への発展にのりだすことになる。ローマ時代には盛んに行われていたワイン造りがイスラームの支配下では沈滞気味であったが、シェリー酒、ポートワインという酒精強化ワインの形で再び復活することになる。

### 5-13. イスラーム世界の成立・変遷と酒文化

#### ◆イスラームとワイン

ローマ時代、ローマ帝国領土内では広くワイン文化が浸透していた。しかし、帝国崩壊後、キリ

スト教圏ではワイン文化が存続したとはいえ、その他の地域ではワイン文化どころか酒への向き合い方が劇的に変わってしまった。というのもイスラーム教が台頭したためである。

7世紀の初め、唯一神アッラーの啓示を受けたムハンマド（マホメット、570年頃～632年）は、生地であるアラビアのメッカで偶像崇拜を厳しく禁ずる一神教をとらえた。これがイスラーム教の始まりであり、その聖典コーランはムハンマドにくだされた啓示を、彼の死後、編纂したものだ。この斬新な教えは、当初、メッカでは受け入れられずに逃れて行ったメディナで支持者が増えて彼が死ぬまでにはアラビア半島のほぼ全域がムハンマドを最高指導者とする信徒（ムスリム）の共同体による支配下となった。

イスラーム教徒の義務には頻繁に行うお祈り、施しのほかに、禁酒がある。言い伝えによると、ムハンマドがアルコールを禁じるきっかけは、酒宴の席で二人の弟子が衝突したためとされている。このような事を避けるための方法についてのアラーの答えは「ワインと賭け事は悪魔が作り出した醜悪なものだから、手を出してはならぬ。そうすれば、汝らは富み榮えることができるだろう。悪魔はワインと賭け事を利用して、汝らの敵意と憎悪をかき立て、アラーの存在を忘れ、祈りを怠らせようとしている。これらを慎んでどうか？」というものだった。そして、この規則を破った者にはだれであろうとも、40回のむち打ちの罰則が課せられた。もっとも、イスラーム教がアルコールを禁止した理由の一つにはアラビアに住むギリシア・ローマ・西欧部族の人たちが信奉するキリスト教への対抗があっただろう。ライバルであるキリスト教においてワインが中心的役割を担っていることから、イスラーム教徒はワインを忌み嫌ったのだ。彼らはワインを医療目的で用いることも禁じ、その後、ほかのアルコール飲料も同じく禁止にした。（『世界を変えた6つの飲み物』）

#### ◆イスラーム世界の拡大

ムハンマドの死後のイスラーム教の指導者はカリフと呼ばれ、カリフの指導のもとでアラブ人ムスリムは征服活動（ジハード、聖戦）を開始し、7世紀のなかばまでにササン朝ペルシアをほろぼし、シリア・エジプトをビザンツ帝国から奪い、多くのアラブ人が新しい征服地に移住した。首都をダマスカスとするウマイヤ朝（661-750年）の8世紀の初め、東方は中央アジアの西半分とインダス川下流域、西方は北アフリカ、イベリア半島まで進出した。フランク王国のカール・マルテルとの戦いに敗れ、さらに北進するのを止めたのはこの頃だ（732年）。当初はアラブ人ムスリムが中心となって国を治めたが、やがて、イスラーム教全体の指導者であるカリフが統治するようになった。しかし、10世紀中頃からはカリフは政治・軍事の実権を失い、イスラーム教徒の象徴としての役割を果たすだけとなり、カリフからスルタン（支配者）の称号を得たものが政治の実権をにぎるようになった。このように内部での抗争を繰り返しつつも、13世紀にはビザンツ帝国領だった小アジアも次第にイスラーム化していき、イスラーム支配地域は着実に拡大した。この時期は西欧が封建制の最盛期の時にあたる。

しかし、イスラーム化地域が拡大すると、中にはアルコールの規制がそれほど厳格でない地域も出てくる。たとえばイベリア半島（現、スペイン・ポルトガル）では違法だったにもかかわらず、征服後もローマ時代からのワイン造りが続けられていた。スペインのイスラーム教徒たちからは、ムハンマドはワインそのものを禁じたのではなく、飲み過ぎを戒めたのではないかという声も上がっていたようだし、イスラーム世界のいくつかの地域では、ギリシアのシュンポシオンに似た、ワインを楽しむ酒宴が人気を博していたということだ。（『世界を変えた6つの飲み物』） いずれにしても、イスラーム世界ではワイン文化・酒文化が華やかに花開く、というわけにはゆかなかった。

### 5-14. 東ローマ帝国（ビザンツ帝国）の変遷と酒文化

ヨーロッパの中世は西ローマ帝国の滅亡から東ローマ帝国の滅亡までと言われるように東ローマ帝国は混乱のヨーロッパにあって1000年の間（395-1453年）、国を維持したのだ。この国は首都コンスタンティノープルの古名ビザンティウムからビザンツ帝国とも呼ばれる。西ローマ帝国滅亡後、ビザンツ皇帝は唯一の古代ローマ皇帝権の継承者として地中海支配の復興とキリスト教世界の統一を目指した。実際、6世紀のユスティニアヌス帝（位527-565年）は、イタリアなどの地中海の旧ローマ領を回復し、一時的に大帝国を再現した。彼はロー法の集大成である「ローマ法大全」を編纂させ、首都コンスタンティノープルに壮大なハギア・ソフィア聖堂を建設した（図5-32）。

しかし、この大帝国は長くは続かなかった。北イタリアにはゲルマン人の一派が侵入して領土を失い、7世紀以降はイスラーム教徒がシリア・北アフリカ・イベリア半島のビザンツ領を支配下に治めてしまった。また、前述したとおり726年のビザンツ皇帝による聖像崇拜禁止令はビザンツ皇帝とローマ教会の対立を決定的なものにし、11世紀にはコンスタンティノープルのギリシア正教教会とローマ・カトリック教会は完全に分離し、ビザンツ帝国を中心とする東欧は政治・宗教・文化の面で、西欧およびイスラーム世界と対立する独自の世界にまとまっていった。

帝国は、政治的には10世紀末頃に一時、盛り返しビザンツ文化圏はスラヴ諸族のいた北方に拡大した。しかし、11世紀後半にはバルカン半島のスラヴ諸族の自立が強まり、東方ではセルジューク朝のトルコに圧迫されて勢いを失い、1203年には第4回十字軍には一時首都を占領される事態（1204-1261：ラテン帝国）に至った。結局、領土も急速に縮小して、ついに1453年オスマン帝国に滅ぼされてしまう。

ビザンツ文化はギリシア古典文化とギリシア正教を中心に東方と西欧の影響を受けながら独自のものをうみ出し、それはスラヴ世界や西欧のルネサンスに影響を与えた。ドームとモザイク壁画を特色とするビザンツ様式によるハギア・ソフィア聖堂はその代表である。

ビザンツ文化はバルカン諸国、トルコ、レヴァントにも深く影響を及ぼしており、この地域で、ユダヤキリスト教徒はワインを作り続けていた。この傾向は、ビザンツ帝国滅亡後のオスマンになっても変わらなかった。現在もハンガリーのトカイワインなど、名の知れたワインの銘醸地がある。しかし、ビザンツ帝国では西欧社会のワイン文化のように大きな流れを作るまでには至らなかった。ギリシア正教が積極的に布教した地域が帝国の北方のスラヴ系の地であり、中央アジアから西進してくる遊牧民族の影響を強く受けていたこと、ブドウ栽培に向いていない地域も多かったこと、彼らはビールを愛飲していたことや飲酒を戒めるイスラーム教徒と接触する機会が多かったことなどがその理由ではないだろうか。



図5-32 ハギア・ソフィア聖堂

西アジア・ギリシア・ローマの建築を融合したビザンツ様式を代表する建物。周囲に立つ4つの塔はミナレットと呼ばれる礼拝用の建物で、イスラーム教の権威の象徴である。後のイスラーム教徒の占領後につけ加えられたもので、アヤ・ソフィアと呼ばれるモスクとなった。現在は、博物館として使用されている。

## 参考文献

1. 世界の歴史編集委員会 編：もういちど読む山川世界史。山川出版，2009.
2. 浅野 典夫：「なぜ？」がわかる世界史（前近代）。学研教育出版，2012.
3. トム・スタンテージ（新井崇嗣 訳）：世界を変えた6つの飲み物。（株）インターシフト，2007.
4. フォーブス（平田寛ら監訳）：古代の技術史（下・I）。朝倉書店，2008.
5. 山本 幸雄：ビール礼賛。東京書房社，1973.
6. ジャン＝フランソワ・ゴージェ（八木 尚子 訳）：ワインの文化史。白水社，1998.
7. ジャン＝ロベール・ピット（幸田 礼雅 訳）：ワインの世界史。原書房，2012.
8. 森本 芳樹：中世農民の世界。岩波書店，2003.
9. 春山 幸夫：ビール文化史（上）。東京書房社，1972.
10. 春山 幸夫：ビール文化史（下）。東京書房社，1972.
11. キャビン・D・スミス（大間知 知子 訳）：ビールの歴史。原書房，2014.
12. 宮崎 正勝：知っておきたい酒の世界史。角川学芸出版，2007.
13. 加藤 定彦：樽とオークに魅せられて。TBS プリタニカ，2000.

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

# 健康食品の エビデンス

## 第10回

濱舘 直史 / 濱舘学術事務所

## ハトムギ

ハトムギと聞くと「ハトムギ、玄米、月見草…」というフレーズが最初に思い浮かびます。これは美容効果をイメージしたお茶のテレビCMで流れるフレーズですが、ハトムギはこのようにハトムギ茶として、とても身近なものかと思えます。ハトムギ茶は麦茶と同じように香ばしい香りがして、植物分類上では、ハトムギと大麦は同じイネ科の植物ですので麦茶と同じようなものと思われそうですが、ジュズダマ属とオオムギ属という違う属に分類されています。ハトムギは大麦よりもトウモロコシに近いと考えられています。ハトムギは日本国内でも東北から九州まで広く生産されていますが、その他、タイ、中国、ベトナムなどから輸入されています。その中でもハトムギ茶に使用されるハトムギはタイ産のものが比較的多いと考えられます。ハトムギ茶は殻の付いたまま煎って利用されますが、ハトムギの殻の中にある白い子実はヨクイニンと呼ばれ、古く漢方薬として利用されており、日本でも医薬品として使用されています。このことから、中国産のハトムギは漢方薬のヨクイニンとしての利用が多いと考えられます。また、雑穀としてお米と混ぜるなど食用としても利用されています。最近では、サプリメントや化粧品としての利用も増えてきました。

ハトムギの薬用利用は古く、ハトムギの子実であるヨクイニンは漢方薬として、排膿、利尿、鎮痛作用があるとされ、関節の浮腫、さめはだ、身体の疼痛（リウマチ、神経痛）、いぼに対して適用とされています<sup>1)</sup>。その他にも、肌の美容、にきび、寄生虫、肥満、糖尿病、脂質異常症、骨粗鬆症、肩こり、冷え性、不妊症、月経困難症、腫瘍、アレルギーなどに対する有効性を示唆した報告があります<sup>2)</sup>。最近の研究では、ハトムギの子実であるヨクイニンのみではなく、ハトムギの殻や皮にも有効成分が含まれている

ことがわかってきています<sup>2,3)</sup>。このことから、ハトムギ茶はヨクイニンには認められない有効性がある可能性が秘められていると考えられます。

肌の美容についてヒトでの効果を検討した試験では、皮脂減少性湿疹、その他乾燥症状を有する患者29名を対象にヨクイニン内服群と非内服群を12週間比較した結果が報告されています<sup>4)</sup>。そう痒が有意に減少し、皮膚症状は改善し、皮膚表面構造もきめ細かくなったとされています。また、この報告は第2報とされており、第1報の23名を対象とした比較試験においても有効性が示されています<sup>5)</sup>。いぼに対しては古く漢方薬として用いられてきた多くの治験があります。尋常性いぼ患者627名、青年性扁平いぼ患者265名を対象に市販後調査を行った結果、4週間以上の使用で、尋常性いぼ青年性扁平いぼともに80%以上の改善が報告されています<sup>6)</sup>。

ハトムギの有効成分は70種類以上あると考えられているため、複数の成分が体内で働くことによって様々な有効性が得られると考えられています<sup>2)</sup>。特にハトムギには免疫賦活作用や抗腫瘍作用<sup>7)</sup>、抗炎症作用<sup>8)</sup>などが報告されていることから、これらの作用によって、いぼ<sup>6)</sup>、肌の美容<sup>4,5)</sup>などに効果を発揮するということから、これらの複合的な効果であると考えられます。また多くの有効成分の一つであるcoixolは、中枢性筋弛緩薬であるchlorzoxazoneと化学構造が類似しており、筋弛緩作用、鎮静作用、鎮痛作用、抗けいれん作用があるとされています<sup>9)</sup>。これらの作用によって肩こりや冷え症に有効性がみられているのかもしれませんが。

ハトムギは食品としても古くから利用されており、



埼玉県出身。北海道大学大学院医学研究科博士課程修了。専門分野は天然物化学、循環器薬理学、神経薬理学。健康食品会社にて研究開発部門の創設に携わり、健康食品の安全性・有効性の評価を担当。現在は濱館学術事務所を設立し、健康食品関連企業向けの学術・研究開発をサポートするコンサルタント業務を行っている。

現代においても身近な食品として利用されています。また、ハトムギ熱水抽出物については、ラット急性毒性試験、ラット28日間反復経口投与毒性試験、変異原性試験、復帰変異試験、マウスリンフォーマ試験、マウス小核試験において安全性が報告されています<sup>10-12)</sup>。このようなことから考えても一般的に安全な食品と考えることができます。ただし、ハトムギの安全性について(独)国立健康・栄養研究所の「健康食品」の安全性・有効性情報では「子宮収縮を促進する可能性があるため、妊娠中は使用を避ける。」「授乳中の安全性については十分な情報が見当たらないため、

使用を避ける。」と記載があります。妊娠中や授乳中の臨床試験は倫理上実施することが困難なため、動物試験のデータによって類推することになるかと思いますが、ラットにヨクイニン0.5g/kgを投与しても問題ないが、1.0g/kg(常用量の10倍以上)を投与すると胎児の早期吸収が有意に増加したことが報告されています<sup>13)</sup>。また、ハトムギ粉末の3.5g/kg/dayを妊娠ラットに摂取させても問題ないことが報告されています<sup>14)</sup>。以上のことから、妊娠中および授乳中では過剰なハトムギの摂取に注意が必要と考えられます。

#### 参考文献

- 1) 清水俊雄編著, 改訂増補版 機能性食品素材便覧, (株)薬事日報社, 2006年9月25日発行; 420-421.
- 2) 鈴木信孝, ハトムギと健康体質, *FOODSTYLE21*, 2014; **18**(6): 57-61.
- 3) 大田康之ら, ハトムギサプリメント素材としての研究の現状, *総合臨牀*, 2005; **54**(12): 3199-3201.
- 4) 杉浦真理子ら, ヨクイニンの皮脂分泌機能への影響 - 第2報 -, *臨牀と研究*, 2005; **82**(3): 544-548.
- 5) 杉浦真理子ら, ヨクイニンの皮脂分泌機能への影響, *臨牀と研究*, 2001; **78**(8): 1513-1517.
- 6) 別府邦英ら, ヨクイニンエキス散・錠の使用成績調査—尋常性疣贅および青年性扁平疣贅に対する有効性, 安全性および有用性の評価—, *医学と薬学*, 1996; **36**(1): 69-90.
- 7) Hidaka Y *et al.*, Chinese medicine, Coix seeds increase peripheral cytotoxic T and NK cells, *Biotherapy*, 1992; **5**(3): 201-203.
- 8) 鈴木里芳ら, ハトムギの抗腫瘍ならびに抗炎症作用に関する検討, *日本補完代替医療学会誌*, 2013; **10**(2): 75-85.
- 9) 五味田裕ら, ハトムギ成分 Coixol(6-methoxybenzoxazolone) の行動薬理的ならびに脳波学的研究, *日本薬理学雑誌*, 1981; **77**(3): 245-259.
- 10) 林浩孝ら, ハトムギ熱水抽出物のラット急性毒性試験 (Acute Oral Toxicity Test of Hot Water Extract of *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf in Rats), *日本補完代替医療学会誌*, 2009; **6**(2): 105-110.
- 11) 林浩孝ら, ハトムギ熱水抽出物のラット28日間反復経口投与毒性試験 (28-day Repeated Dose Oral Toxicity Test of *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf in Rats), *日本補完代替医療学会誌*, 2009; **6**(3): 131-135.
- 12) 林浩孝ら, ハトムギ熱水抽出物の変異原性試験 復帰変異試験, マウスリンフォーマ試験 (MLA), マウス小核試験, *日本補完代替医療学会誌*, 2009; **6**(3): 157-162.
- 13) Tzeng HP *et al.*, The abortifacient effects from the seeds of *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf., *J Toxicol Environ Health A*. 2005; **68**(17-18): 1557-1565.
- 14) 篠田有希ら, ハトムギのラットを用いた経口投与簡易生殖毒性試験, *薬理と治療*, 2007; **35**(1): 67-70.

# 野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

## セツブンソウ *Shibateranthis pinnatifida* (Maxim.) Satake & Okuyama (キンポウゲ科 Ranunculaceae)

セツブンソウ（節分草）は関東では、2月下旬、その名のとおり、冬から春の季節の分かれ目の頃に可憐な花を咲かせます。本植物は関東以西の石灰岩地帯の樹林内に群生する日本特産の植物で、高さは花の咲くもので8～15 cmほど、白く花弁のように見えるのがく片で、普通5枚あります。内側の黄色く先がY字状に2裂しているものが花弁の名残りで、10個程あり、裂片の先は蜜腺化しています。雄しべは多数、葯は青色、雌しべは数本あり、ややくすんだ桃色をしています。根際から生える葉は長い柄のある五角形で、3つに裂けたものが2つに裂け、更に羽状に細かく裂けています。花の咲いた後にはそう果（熟すと乾燥する小型の堅い果実。裂開せず、普通、中には種子が1つ入っている）をつけ、地中には球形の塊茎があります。他の草木が芽を出さない早春に花を咲かせ、他の草が大きく伸びる初夏には、地上部は枯れてしまい、カタクリと同じようにスプリング・エフェメラル（spring ephemeral）とよばれる春植物の一つです。本植物は、いわゆる双子葉植物ですが、実生の1年目は広楕円形の子葉を1枚しか出さないという変りものです。2年目以降の個体は1月末近くに、塊茎から茎を伸ばし、茎頂に複雑に裂けた総苞葉をつけますが、総苞葉に柄はなく、茎を囲んだ状態で花茎は総苞葉を抜け出るようにつきます。

よく似た植物に、いわゆるキバナセツブンソウ



写真1 セツブンソウ1 (花)



写真2 セツブンソウ2 (花)



写真3 セツブンソウ（遠景）



写真4 キバナセツブンソウ

があり、春先、花屋さんの店先で見かけます。キバナセツブンソウの原種はヨーロッパからアジア南西部に分布し、セイヨウセツブンソウ *Eranthis cilicica* といわれるものとオオバナキバナセツブンソウ *Eranthis hyemalis* といわれるものがあり、園芸店では両種の種間交雑種であるヨウシュセツブンソウといわれるものが多く流通しているようです。これらは黄色いガク片が6枚あって花弁状となり上向きに咲きますが、本来の花弁は黄色く小さな筒状になって蜜腺化しています。袋果には果柄があり、セツブンソウの結実が2～3個に対し10個ほど実ります。地下茎は毎年伸びて、新しい地下茎をつくり成長します。キバナセツブンソウは、芽生えのときに2枚の子葉を出し、総苞葉に柄がなく、大きく3裂し、さらに裂片が2～3裂します。葉はやや厚く表面には光沢があり、莖もセツブンソウより太く、全体にシッカリとした感じがします。これらの英名は Winter aconite すなわち、冬のトリカブト（狭義には *Eranthis hyemalis* の英名）の意で、有毒成分のアコニチンを含みますので、誤って食べた場合、嘔吐、頭痛、麻痺などの中毒症状を起こす恐れがあります。

セツブンソウの可憐な花は人気が高く、現在は乱獲や自生地の環境破壊によって希少植物となり環境省のレッドリスト（2007）では、準絶滅危惧植物に登録されています。埼玉県秩父郡小鹿野町の自生地は日本一の規模といわれ、毎年3月上旬に開花します。

明海大学歯学部 MPL 生 宏 (Sheng Hong)

冬期に入り、女性にとって、「冷え」は大敵だろう。何より体を中から温めてあげることは最も重要な対策である。ナツメはこの辛い時期の女性の味方だと思う。棗(ナツメ)中国語では、红枣(hóng zǎo), または大棗(dà zǎo)と言う。英語では「jujube」または「Chinese date」と呼ばれる。和名は夏に入って芽が出ること(夏芽)に由来する。

クロウメモドキ科の落葉高木である。5月～10月にかけて卵型の核果を実らせる。未熟なうちは淡緑色であり、熟すにつれて暗赤色になる(写真1)。原産地は中国から西アジアにかけてであり、中国では8千年の栽培歴史があるとも言われている。日本への渡来は奈良時代頃である。

ナツメはビタミン、葉酸、鉄分、カルシウム、マグネシウムの含有量が豊富であるので、特に、葡萄やりんごと比べ、ビタミンCの量は70～80倍以上含まれている。「百果の王」や「天然ビタミン丸」と呼ばれている。中国では「一日3個ナツメを食べれば歳をとらない」ということわざもある。

大棗たいそうとは(写真2)、成熟した果実を乾燥させた生薬のことであり、下記のような効果がある：

1. 鎮静・安神作用：種子に含まれる酸棗仁さんそうじんと称する生薬を利用した甘麦大棗湯という漢方薬は有名である。
2. 冷え・貧血の緩和・美肌効果：ビタミンP保有量が多いので、体を温め、冷えからくる不調の改善にも効果がある。
3. 強壮作用：体の重要な栄養素の一つ、また増血ビタミンとも言われる葉酸の含有量が豊富である。
4. 便秘や下痢を解消する効果：皮の中にサポニンが豊富に含まれている。腸を刺激し便通を良くする働きがある。
5. 副作用の緩和のため、多数の漢方製剤に配合されている。



写真1 ナツメ (果実)



写真2 大棗

民間薬膳は、ナツメを煮た「ナツメ茶」に生姜とハチミツまたは黒砂糖を入れたお茶や、クコ酒に漬け込んで作る「ナツメ酒」には不眠の解消効果がある。「枣泥(zǎo ní)」というナツメで作った餡の月餅などのお菓子も人気である。また、中国でナツメは子宝に恵まれるなど縁起の良い食材として珍重されている。

連絡先：生 宏

〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1  
明海大学歯学部 MPL

E-mail: dentistseikou@dent.meikai.ac.jp

# 伝える心・伝えられたもの

— 月 桃 —

宮尾 茂雄

(東京家政大学)

2015年3月、30数年ぶりに石垣島を訪れた。子供たちがまだ小学生の頃、春休みを利用してマングローブとイリオモテヤマネコの島、西表島を訪れたときに石垣島に1泊して以来のことだ。ちょうどその頃、西表島はサトウキビの刈り取りの最盛期で、西表糖業(株)では24時間体制で黒糖を製造していた。工場長さんのご好意で稼働中の工場見学をさせていただいた懐かしい思い出がある<sup>1)</sup>。いつか、サトウキビの収穫期の石垣島を訪ねたいと思っていたところ、機会に恵まれ、気温10℃の東京から気温20℃の石垣島にやって来た。植物の抗菌成分に興味がある私としては、以前から気になっていた月桃(ゲットウ)<sup>2~4)</sup>とその葉で包んだ「月桃餅」に会えるのも楽しみの一つであった。

## 石垣島

南ぬ島(ばいぬしま)石垣空港から石垣市内に至る幹線道路の両側に広がるサトウキビ畑の間には、黒毛の牛が草を食む牧草地が点在していた。最近では石垣牛の人気が高く、サトウキビ畑は牧草畑に変わりつつあるとタクシーの運転手さんが教えてくれた。

市内に着き、さっそく公設市場を訪れた。市場には精肉店が多く、ブランド牛「石垣牛」のステーキやハンバーグ用の肉が冷蔵、冷凍ケースに並び、全国どこへでも発送可能と表示されていた。鮮魚や青果店は思いのほか少なかった。魚屋さんの話では「今日、3月6日は旧暦の1月16日にあたり、十六日祭が行われるので、魚の水揚げは普段より少ない。」とのことだった。「月桃餅」のことを伺うと、市場の入り口にある八百屋さんに尋ねてみたらよいと教えて下さった。

「十六日祭」(ジュールクニチー、後世の正月)は先祖を偲ぶ大切な行事で、一族がそろって先祖のお墓にお参りし、ご馳走を持ち寄り盛大に営まれるそう<sup>5)</sup>。当日は小中学校も午後から休校になり、商店も休みが多い。八百屋さんでも「月桃餅」の業者が今日は休みなので、置いていないという話だった。小浜島行き的高速艇の出発時間が迫ってきたので、初日は残念ながら「月桃餅」は空振りのまま、小浜島に向った。

## 小浜島

小浜島では電動自転車を借りて、島内を巡ることにした。普段、通勤などで自転車に乗りなれている私は普通の自転車で充分だと思ったが、店員さんは私の体型を見て、「電動の方をお勧めします」と強く主張された。地図でみると小浜島は高低差が少ない平坦なサンゴ礁の島だと思っていたが、走り始めるとアップダウンやきつい登り坂も多かった。

サトウキビ畑を貫くように続く1.2kmの直線道路、通称「シュガーロード」ではサトウキビの刈り入れが行われていた(写真1)。一人が手斧で刈り取ると(写真2)、もう一人は先が二股に分か



写真1 サトウキビの刈り入れ



写真2 サトウキビの茎を手斧で刈り取る



写真3 専用の鎌で枝と葉を落とす



写真4 すくすく育つサトウキビとシュガーロード

れた専用の鎌で枝や葉を落とし、1本の茎に整形する(写真3)。サトウキビは植え付けから収穫できるまで、1年半ほどかかる。今、刈っているものは一昨年の8月から10月に植え付けたものだ。サトウキビの刈り取りには人手が必要なので、今年も20名余りの方が島外から手伝いに来られているそうだ。彼らはここが終わると葉タバコ栽培やミカン農家の作業などを手伝いながら、北海道まで移動し、冬に再びサトウキビ畑に戻って来てくれるという。農家の方も高齢化がすすみ、しかも小浜島のように一部は人の手で刈り取りをしているところでは、島外からの応援は助かるという。夏に植えたものは50cm程に生長していた(写真4)。切り落とした葉は牛の餌になるといふ。長さ2mあまりのサトウキビの茎は竹富町小浜製糖工場に搬入される。

小浜集落の中心に民俗資料館があった。昔使われていた機織機や台所用品など生活用品の展示が主であった。木製の堅臼と堅杵(写真5)は、「照葉樹林文化とは何か」という本に載っている台湾のルカイ族がアワの脱穀から精白までに使う臼と杵<sup>6)</sup>に良く似ていた。本州で餅つきなどに使うずんぐりした臼ではなかった。月桃餅は餅粉を使うので、



写真5 木製の堅臼と堅杵(小浜島民俗資料館)



写真6 石臼（小浜島民俗資料館）

昔はこのような堅臼と堅杵で精米し、石臼でひいて餅粉を作っていたのだろう（写真6）。小浜島では今は米を作っていないが、昭和5年の八重山農会で「稲の部4等賞」を受賞した時の褒賞状が壁に飾られていたので、昭和初期には米を作っていたようだ。月桃餅について伺いたかったが、管理人の姿が見えなかったので、資料館を後にした。資料館の展示物は島の歴史や暮らしを教えてくれる貴重な教材だと思うが、やや説明が少なく残念に思えた。

サトウキビと牧草の向こう側には海が広がる。自転車をひたすらこいで行くと小浜島の最西端、細崎（くばざき）に着いた。ヨナラ水道を挟んで対岸は西表島、おだやかな海が横たわっていた（写真7）。昼食に立ち寄った港近くの食堂の脇では娘さんがお父さんに採れたばかりの魚のさばき方を習っていた（写真8）。包丁が切れないというと、お父さんはすぐ研ぎなおして、魚のどこをつかめばよいのか教えていた。この時期はハリセンボンを入れたヨモギ汁（アバサー（汁））<sup>7)</sup>が美味しいそうだ。赤い魚（トガリエビス、マシラカー）は娘さんの好物なので、市場には出荷せずに家族のために残しておくという。優しいお父さんだ。娘の幼かった頃を思い出し、しばらくお二人の会話を聞かせていただいた。娘さんは4月に石垣市の県立高校に進学し、寄宿舎生活が始まるそうだ。小浜島には高校がないので中学校を卒業すると皆、島を離れる。

### 月桃餅

小浜島に1泊し、夕方石垣島に戻った。港に近い新栄公園に沿って歩いていくと、石垣市民会館で第20回市民総合文化祭が開催されていた。会場では片付けが始まったところだったが、伝統食品の展示もあるようなので近くの方に「月桃餅」がどこかで手に入らないか尋ねてみた。「この近くのJAにはあったと思うので、行ってご覧なさい。まだやっているはずだから。」と教えて下さった。さっそくJA八重山支所「ゆらていく市場」に向った。大きな店内を廻っていると「カーサームー



写真7 細崎（くばざき）、目の前が西表島



写真8 食堂の脇で魚をさばく親子（細崎）



写真9 月桃餅（カーサームーチャー）



写真10 月桃茶

チー」と書いたのほりを立てた傍に「月桃餅」を見つけた（写真9）。月桃餅は餅粉をよくこねて、月桃の葉で包んで蒸したもので、5月の節句の粽か笹餅に似ていた<sup>5)</sup>。カーサー（葉）を使うことから地元では、「カーサームーチャー」と呼ばれている。白餅の他に黒糖入りや紅芋入りなどがあつた。あれもこれも食べてみたいと手にとると、すっきりした葉の香りがした。これが月桃の香りなのだ。説明文によると、『蒸している間にだんだんと香りがそこらじゅうに広がる』。昔はこの蒸し汁は『鬼の足をやけどさせて追い払うからさあ〜』とって屋敷の敷地内の四隅に魔除けとしてかけたそうだ。確かに熱を加えとかなり強い香りになりそうだ。月桃茶も並んでいた（写真10）。

石垣島ならではの豊富な野菜や果物がもの珍しく見て廻っていると、先ほど市民会館でお会いした男性に再びお目にかかった。ちょうど買い物に立ち寄つたので、どうされているかと思ひ、私のことを探して下さつたそうだ。なんてご親切な方なのだろうと感激して、店頭においてあつた「月桃」の葉を見ていただいた。月桃にはいろいろな種類があり、これは香りが余り強くない園芸種（生花用）かもしれないとお話だつた。自生している場所を尋ねたところ、何処にでもあるが、この近くでは巻喜良（まきら）小学校付近の道沿ひ、川沿ひに群生していると教えて下さつた。

月桃（*Alpinia speciosa* K.Schum.）は、ショウガ科ハナミョウガ属の常緑多年草で九州南部、沖縄、台湾や東南アジアに自生している。地元ではサンニン（砂仁）と呼ばれている。葉や花には特有の芳香（人によっては線香の香り）がある。4月から初夏にかけて美しい白い花が咲き、秋に赤い実がなる。

月桃餅、「カーサームーチャー」には何か由来がありそうなので伺つたところ、「鬼餅」と呼ばれ、子供の健やかな成長、家族の健康を願ひ、旧暦の12月8日に「ムーチャー」を食べる伝統的な風習があるそうだ<sup>7)</sup>。子供のいる家庭では、子供の歳の数だけムーチャーを紐でむすんで軒下につり下げ、毎日一つずつ食べたそうだ。ちょうどこのころが石垣では最も冷え込みの厳しい時期にあたり、魔よけ、厄払い、また身体にも良いので「ムーチャー」を食べる。月桃は虫除けにもなり、また繊維が丈夫なので縄を編んだりすることもあつたと話して下さつた。昔は刈り取つたサトウキビを縛る縄に使われていた<sup>7)</sup>。記念にご一緒の写真を撮らせていただき、お名前を伺つたところ、石垣市文化協会の会長をされている石垣久雄氏であつた。月桃餅のご縁でお会いでき、旅の大切な思い出になつた（写真11）。

ホテルに戻り、さっそく月桃餅を食べた（写真12）。ビニール袋から取り出すと、ふわっと芳香



写真 11 石垣久雄氏（右）と筆者



写真 12 月桃餅（葉を開いたところ）



写真 13 月桃 (*Alpinia speciosa* K.Schum.) の群生



写真 14 月桃の葉

がただよう。私には柏餅にもヨモギ団子にも似た爽やかな香りに思えた。甘さひかえめで、柔らかくツルツとした食感はウイロウのようだった。翌日、教えて頂いた巻喜良小学校辺りを見に行ったら、沿道とサトウキビ畑の周辺に月桃が群生していた（写真 13）。葉をこすると、軽い清涼感を思わせる芳香があった（写真 14）。

石垣会長の「鬼餅」の話が面白かったので、石垣市立図書館に行き、司書の方に「鬼餅の由来」という物語を紹介していただいた<sup>8)</sup>。ムーチャー（鬼餅）の伝説を簡単にまとめると、『昔、首里の金城（きんじょう）町に兄妹が住んでいた。乱暴者の兄はほら穴に移り住み、いつしか人を食う鬼にすがたを変えていた。妹は「たとえ兄でも、人を食う鬼は退治した方がいい」と心に誓った。鉄を入れた餅を作り、見晴らしのよい崖の上に、鬼を誘い出した。妹はふつうの餅を食べ、鬼には鉄入りの餅を食べさせた。鬼は妹の歯の強さに恐れをなし、おどろいて思わず後ずさりし、崖から落ちて死んでしまった。（「鬼餅の由来」<sup>8)</sup>より）』

### ブクブク茶

石垣会長にご挨拶したいと思い、その足で文化会館を再度訪れた。ちょうど中ホールロビーでは琉球茶道部会が茶席を設けて、来館者への呈茶の準備をされていた（写真 15）。朱塗りの立派な彫りのある八角形の東道盆（トウンダーブン：琉球王朝様式の接待用漆塗の重箱<sup>9)</sup>）や明るい青色の



写真 15 ブクブク茶をふるまう



写真 16 ブクブク茶



写真 17 香炉の脇に置かれた石垣産の稲穂

て頂いたが、なかなか難しい。泡の部分が残ってしまう。抹茶のような苦味がなく、むしろ香ばしいので、小学生も上手に飲むそうだ。

香炉のわきには、紅白の和紙で包んだ石垣産の稲穂が置かれていた（写真 17）。お尋ねしたところ、お茶の先生が稲穂について興味深いお話を聞かせて下さった。

『昔、石垣島の住人が、首里に行った帰り、船が難破して越南（ベトナム）に流れ着いた。6ヶ月滞在して、帰りに両手いっぱいの稲穂を貰って帰ってきた。これを蒔いてお米を作ったのが、今の石垣島の米作りの始まりだと伝えられている。』

ベトナムから稲穂を持ち帰った方のご子孫は今も米作りを続けられ、今日のために稲穂を持って来て下さったという。日本列島の稲作の伝播については、縄文時代に①中国江南、華南地方から直接、②朝鮮半島経由、③南方の島嶼沿いに北上したという3ルートが定説となっている<sup>6)</sup>。石垣島は東京からは1950kmも離れているが、台湾までは270km、香港までは1100kmの距離にあり（新栄公園モニュメントより）、香港から南シナ海を陸沿いに南下するとベトナムだ。海を介しての人やものの往来には長い歴史があり、様々な物語が誕生した。泡盛の製法も一説には15世紀頃にタイ米とともにタイから沖縄に伝えられたといわれている<sup>9)</sup>。越南の米もそのようにして石垣に伝わったのだろうか。もともと石垣で栽培されていた米（島米シマグミ）<sup>7)</sup>はどのような種類なのだろう。

市内から少し車で走ると、道路沿いの水田には、20～30cm程に生育した苗が行儀よく並んでい



写真 18 20～30cm に育った稲 (3月上旬, 石垣島)



写真 19 アーサー摘み (石垣島, 白保海岸)



写真 20 しらほサンゴ村 (WWF サンゴ礁保護研究センター)

た (写真 18)。石垣島では今も二期作が行われている。これは奄美大島の二期作の例であるが、2月～3月に田植え、6月に稲刈りをして8月には再び田植えを行い、翌年1月には収穫する<sup>10)</sup>。石垣島の田植えは今年1月17日に始まり、コシヒカリ、ひとめぼれ、黒米、黄金もちなど本州と変わらない品種が栽培されている。5月半ばには稲刈りを予定しているようだ (石垣経済新聞 2015年1月17日)。石垣島のお米屋さんの『日本一早い新米』という広告文の通りだ。

### 白保海岸

石垣島の最終目的地、白保海岸に着いた。砂浜は小指程の大きさのサンゴの破片で埋めつくされていた。波打ち際の石はアーサー (ヒトエグサ) で緑一色に染まっている。海水はまだ冷たいが、遠浅の海ではアーサー摘みが行われていた (写真 19)。サンゴの砂浜に一抱えもありそうな大きな岩があちらこちらにあり、小浜島や川平湾の海辺とは様子が大きく異なっていた。大きな岩が何なのか、その時にはわからなかった。

白保の海には120種以上のサンゴ、300種以上の魚類が生息するサンゴ礁がある<sup>11)</sup>。アオサンゴ群落は北半球最大で最古とされ、学術的にも貴重な海だ。WWFサンゴ礁保護研究センターが2000年4月に開設され (写真 20)、地元の方と共に、調査研究・環境保全などの活動を行い、持続可能な海の資源利用をすすめている。サンゴ減少の要因には、地球温暖化による影響 (白化現象) やオニヒトデの食害などが知られている。さらに土砂の流出などで海水が濁るとサンゴの体内に共生する藻類は光合成が出来なくなり、ストレスで淡色化、白化し、やがて死滅することがあるようだ<sup>11)</sup>。

農地からの赤土 (沖縄の島々にみられる粒子の細かい赤茶色の土<sup>12)</sup>) の海への流出防止を図るため、畑の周囲に根が地中深く伸びて、繁殖力の強い月桃などを植える「グリーンベルト大作戦」<sup>12,13)</sup> を小中学生や協力農家の方と協働で展開している。

2010年からはグリーンベルトに植えられた月桃 (サンニン) の葉や茎から蒸留した成分 (写真



写真 21 月桃から精油を得るための蒸溜器



写真 22 月桃から作られたルームデオドラント「sarmin」

21) をルームデオドラント「sarmin (サーミン)」として販売している<sup>12)</sup> (写真 22)。月桃そのものには抗菌作用や防かび作用はないようだが、精油には消毒効果<sup>3)</sup>や防虫効果<sup>4)</sup>のあることが実験的にも証明されている。

明和 8 年 3 月 10 日 (西暦 1771 年 4 月 24 日) 午前 8 時頃、八重山諸島及び宮古諸島を中心とした大地震 (マグニチュード 7.4) が発生した<sup>14)</sup>。地震の後、3 度の大津波が襲来し、石垣島を中心に大災害が起き、死者は 12, 000 名にのぼった<sup>14)</sup>。特に被害が大きかったのは、宮良、白保など 4 集落で、白保村ではおよそ 98% の村民の命が失われた<sup>15)</sup>。

白保の浜辺の大きな岩は、大津波で打ちあげられたことから「津波石」と呼ばれている (写真 23)。科学的検証や古文書により明和大津波のものと判明したものを含め、5 個の津波石が悲惨な記憶を風化させないために、天然記念物に指定されている<sup>15)</sup>。また、白保集落には真謝井戸 (マシャンガー) と呼ばれる井戸が残っている (写真 24)。これは降り井戸といって、井戸の水位が低いので水を汲むためには道路から水の湧いているところまで石段を降りなければならなかった。1950 年代に白保に水道が導入されるまでは飲料水として村人の生活を支えてきたそうだが、元の井戸は明和大津波によって埋められてしまったが、村が再興された後に再掘されたという。この井戸もまた明和大津波の記憶を今に伝えている。

平成 23 年 3 月 11 日、大津波を惹き起こした東日本大震災によって東日本各地は甚大な被害を受けた。福島第一原子力発電所の事故は、廃炉作業に取り組む多くの方の努力にもかかわらず、処理が終了するまでに 40 年以上かかるという。天災の襲来を防ぐことは出来ない。しかし、その経験を次の世代へ伝えていく力を人は持っている。人の力では制御できない原子力エネルギーの利用を再考する知恵が求められていると思う。



写真 23 津波石 (白保海岸)



写真 24 真謝井戸（マシャンガー）

### 命草（ぬちぐさ）

曇り時々晴れ，気温 20℃前後と過ごしやすい島旅であった。石垣市の商店には月桃水や石鹸，月桃茶など，月桃を利用したさまざまな商品が並び，生活に取り入れられていた。月桃の機能性に関する研究によると月桃の花や葉のエタノール抽出物は，肥満や糖尿病の予防に関与する  $\alpha$  アミラーゼ阻害活性を有することが明らかとなり，研究が続けられている<sup>16, 17)</sup>。八重山では自生・栽培されている薬草・野草・ハーブを「命草（ぬちぐさ）」と呼び<sup>18)</sup>，昔から身近にある植物の恩恵を受けて暮らしている。月桃もその一つだ。在来の植物を命草として大切にし，過去の歴史を語り伝える島の暮らしに少しだけ触れることができたように思った。

月桃の花は初夏に咲き始めるそうだが，私はその姿も香りも知らない。東京に戻り，海勢頭（うみせど）豊氏の「月桃の花」を聴いた。沖縄戦を描いた映画「GAMA- 月桃の花」の主題歌である。70年前月桃の花が咲く頃，沖縄では住民を巻き込んだ悲惨な地上戦が行われていた。私は沖縄や石垣島のことをもっと知りたいと思う。素晴らしい出会いがあり，物語の世界と今が交錯する八重山の不思議な魅力に惹かれた。それは新たな島旅への誘いのような気がしている。

月桃や月桃餅，石垣の風習など興味深いお話を聴かせて下さった石垣久雄氏に感謝申し上げます。

## 参考資料

- 1) 宮尾茂雄, 伝える心・伝えられたものー黒糖ー, *New Food Industry* Vol.50 No.7(2008)
- 2) 池間洋一郎他, バイオマス資源からの有用物質の分離・精製技術ータイリングットウ葉精油の構成成分及び抗菌性についてー, 平成4年度沖縄県工業試験場研究報告(概要)
- 3) 池間洋一郎他, ゲットウの消臭成分分離技術の開発と応用に関する研究, 平成7年度沖縄県工業試験場研究報告(概要)
- 4) 平良秀春他, 月桃を用いた抗菌, 抗カビ及び防虫性を有する機能性紙の開発に関する研究(第一報), 沖縄県工業技術センター研究報告書 第2号(2000)
- 5) 家庭でつくる沖縄行事料理とふるまい料理, 発行者座間味栄議, 発行所むぎ社(2013)
- 6) 佐々木高明, 照葉樹林文化とは何かー東アジアの森が生み出した文明, 中央公論新社(2007)
- 7) 尚 弘子監修, 沖縄ぬちぐすい事典, プロジェクト・シェリ発行(2002)
- 8) 長嶺操・徳元英隆, 沖縄の伝説散歩, 沖縄文化社(2004)
- 9) 赤嶺政信監修: 沖縄の神と食の文化, 青春出版社(2003)
- 10) 芳賀日出男著・写真, 日本各地の伝統的なくらし6 南島の伝統的なくらし, 小峰書店(2006)
- 11) WWF サンゴ礁保護研究センターホームページ
- 12) 白保日曜日運営組合, sarmin(サーミン)パンフレットより
- 13) 上村真仁, 石垣白保集落における里海再生ーサンゴ礁文化の保全・継承を目指してー, 海洋政策研究財団ニューズレター 235号(2010.05.20発行)
- 14) 自然科学研究機構国立天文台編纂, 平成26年理科年表, 丸善出版(平成25年12月)
- 15) 石垣市教育委員会文化財課, 「明和大津波」
- 16) 豊川哲也他, 県産資源を活用した機能性食品素材の開発, 沖縄県工業技術センター研究報告書 第2号(2000)
- 17) 鎌田靖弘他, 県産資源を活用した機能性素材の開発, 沖縄県工業技術センター研究報告書 第3号(2001)
- 18) 命草本(ぬちぐさぼん), 八重山地区ハーブフェスティバル実行委員会発行, 平成27年2月

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

### ニューフードインダストリー 第58巻 第2号

**印刷** 平成28年 1月25日  
**発行** 平成28年 2月1日  
**発行人** 平井 朋美  
**編集人** 今西 和政  
**発行所** 株式会社食品資材研究会  
〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)  
TEL:03-3254-9191(代表)  
FAX:03-3256-9559  
振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318  
三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432  
郵便振替口座 00110-6-62663  
**印刷所** モリモト印刷株式会社  
**定 価** 本体2,000円 +税 (送料100円)

email:newfood@newfoodindustry.com