

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2011 Vol.53 No.2

2

論 説

- 大豆含有リン脂質および糖鎖による神経変性疾患の予防効果
- ワインのオフ・フレーバーについて ー甲州ワインのフェノレ解決策ー
- 「食の安全・安心」への安全感の導入
- 高齢者が誤嚥しにくい食品の物性
- 食品衛生自主管理認証制度におけるマニュアル作成支援WEBの構築
- 昆虫の咀嚼運動を修飾する外的・内的要因

ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

- 第2回 西アジア-シリアの牧畜民の事例

フランス チーズ事情

- コンテ(前編)

連 載

- 薬膳の知恵(54)
- 築地市場魚貝辞典(アンコウ)



New Food Industry

目 次

食品加工および資材の新知識

2011 Vol.53 No.2

論 説

- 大豆含有リン脂質および糖鎖による神経変性疾患の予防効果
.....長井 薫 1

- ワインのオフ・フレーバーについて
-甲州ワインのフェノレ解決策-
.....佐藤 充克 13

- 「食の安全・安心」への安全感の導入
.....柳本 正勝 22

- 高齢者が誤嚥しにくい食品の物性
.....熊谷 仁, 谷米(長谷川)温子, 田代 晃子, 熊谷 日登美 29

- 食品衛生自主管理認証制度における
マニュアル作成支援 WEB の構築
.....北村 豊, 江夏 瑛理子 41

- 昆虫の咀嚼運動を修飾する外的・内的要因
.....大喜 裕二, 朝岡 潔, 佐々木 謙 51

Contents

2011年 2月号

ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

□ 第2回 西アジアーシリアの牧畜民の事例

平田 昌弘 59

フランス チーズ事情

□ コンテ (前編)

清田 麻衣 68

連載

□ 薬膳の知恵 (54)

荒 勝俊 76

□ 築地市場魚貝辞典 (アンコウ)

山田 和彦 83

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
コクベース



ゼラチン&小麦グルテン
酵素分解調味料
エンザップ

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

コクベース
ラクトイックイーストエキス
乳加工品・製パン・製菓・チーズ・パッタへの
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。



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

大豆含有リン脂質および糖鎖による 神経変性疾患の予防効果

長井 薫*

*NAGAI Kaoru (山梨大学大学院医学工学総合研究部 環境遺伝医学講座)

Key Words: 大豆・神経変性疾患・小胞体ストレス・ホスファチジルエタノールアミン・
高マンノース型糖鎖・オートファジー

はじめに

大豆は、そのままの形だけでなく、豆腐などの加工食品として、あるいは味噌、醤油などの調味料の原材料として様々な形で食されている。大豆は、イソフラボンによる骨粗鬆症予防効果に代表されるように、その含有成分による健康効果にも注目が集まっている。

アルツハイマー病やパーキンソン病等、認知症や運動失調を呈する神経変性疾患は、何らかの原因により脳内の神経細胞が脱落することにより発症する。神経変性疾患は、潜伏期間が長く、発症前の診断が困難であり、また、発症後の完治は現在不可能であることから、食品からの予防成分の摂取など発症前の予防も重要だと考えられる。このことから、我々は、食品由来成分より神経変性疾患を予防する成分の探索を行ってきた。

本稿では、大豆に含まれるリン脂質や糖鎖による神経細胞の保護効果に関して、我々が行ってきた研究について述べる。

1. 神経変性疾患について

超高齢化社会を迎えていいる我が国において、認知症や運動失調を呈する神経変性疾患の患者

数はますます増加するものと考えられ、近い将来、深刻な社会問題となってくることが予想される。神経変性疾患は、何らかの原因により神経細胞死が誘導されることが原因となる疾患である。アルツハイマー病やパーキンソン病、クロイツフェルトヤコブ病（プリオン病）等多くの神経変性疾患では、特定のタンパク質が凝集・沈着することが知られている。特に、アルツハイマー病やプリオン病では、このタンパク質の沈着が、神経細胞毒性を示すことが数多く報告されている¹⁾。アルツハイマー病においては、アミロイド沈着は40～50代から始まっているとも言われており、20～30年の潜伏期間を経て発症すると言われている（図1）。この臨床的に正常な潜伏期間における診断は非常に困難である一方で、認知症発症時には神経変性がかなり進行していることから、現在のところ発症後の治療はほぼ不可能である。これらのことから、発症前の日常生活レベルにおける疾患進行の予防も重要な方策の一つであると考えられる。日常生活レベルでの予防の一つの有力な方策として、食品からの予防成分の摂取が考えられ、DHA等の高度不飽和脂肪酸や²⁾、ポリフェノール類³⁾等による予防効果が報告されている。我々は、これまでの神経保護成分の探索

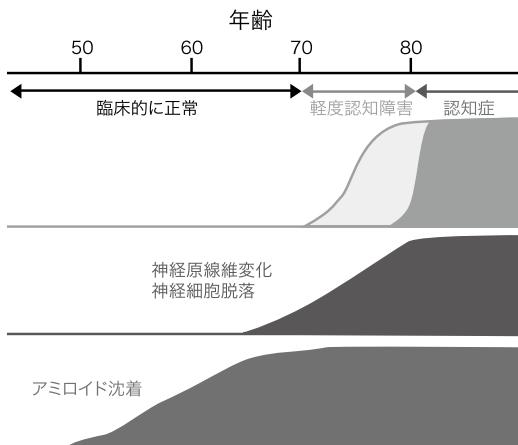


図1 アルツハイマー病の進行過程

研究から、リン脂質の一種に神経細胞保護効果があることを見出している⁴⁾。また、大豆にも含まれるオリゴ糖鎖がタンパク質の立体構造形成に関与することも見出している⁵⁾。これらに基づき、大豆が有するリン脂質やオリゴ糖鎖に神経変性疾患予防効果があるのかについて検討することとした。

2. 小胞体ストレスについて

アルツハイマー病を含む多くの神経変性疾患に共通の神経細胞死誘導メカニズムとして小胞体ストレスが知られている⁶⁾。小胞体は細胞内小器官の一つであり、細胞表面や分泌タンパク質の翻訳、フォールディング、および糖鎖付加等の翻訳後修飾が行われる部位である。この小胞体内に異常な立体構造をとったタンパク質が凝集・沈着することが小胞体ストレスの原因となると考えられている。小胞体ストレスが細胞に誘発されると、翻訳の抑制、分子シャペロンなど小胞体内でのフォールディングを改善するタンパク質の発現誘導、小胞体関連分解(ERAD)等の保護的に働く細胞内シグナルが誘導される。さらに、このストレスが進行すると、カスパーーゼ-4や-12の活性化、Chopの発

現誘導等の細胞死シグナルが活性化し、神経細胞死が誘導される。従って、食品成分による神経変性疾患予防機構として、細胞保護シグナルの亢進、あるいは細胞死シグナルの抑制に働くことが期待される。近年、小胞体ストレスは、神経変性疾患のみならず、糖尿病や動脈硬化等の循環器関連疾患、炎症などにも関与していることが報告されている。

主な神経変性疾患における凝集タンパク質として、アルツハイマー病におけるアミロイド- β ペプチド、パーキンソン病における α -シヌクレイン、クロイツフェルトヤコブ病におけるプリオンタンパク質、筋萎縮性側索硬化症(ALS)におけるスーパーオキシドジスムターゼ(SOD-1)等が知られている⁷⁾。これらのタンパク質の凝集は、アミロイド化という特徴的な立体構造をとった凝集体として沈着することが知られている。アルツハイマー病の原因とされるアミロイド- β ペプチドの神経細胞毒性が小胞体ストレスによる細胞死シグナルを介するという報告が2000年になされ⁸⁾、神経変性疾患における小胞体ストレスの重要性が注目されるに至った。それから、小胞体ストレスに注目した神経変性疾患発症機構の解明や治療法の開発についての研究が国際的にも広く行われている。

小胞体ストレスからの細胞保護効果について検討する際、よく用いられるストレス源としてツニカマイシンやタブシガルギンがある。ツニカマイシンは小胞体内における糖鎖付加の阻害剤である。小胞体内で翻訳されるタンパク質は、そのほとんどが糖鎖を有する糖タンパク質であり、その有する糖鎖は立体構造形成やそれに続く細胞内輸送、機能発現に重要な役割を果たしている。この糖鎖付加が阻害されると、多くの蛋白質は正常な立体構造が形成されなくなり、小胞体内で凝集し、これがストレスとなる。タブシガルギンは、小胞体内にカルシウムを取り込むイオンポンプの阻害剤である。小胞体内

は細胞質よりカルシウム濃度が高く、さらに、小胞体内のタンパク質の生合成の制御に関わるタンパク質のうち幾つかは、その活性にカルシウムを必要とする。タブシガルギンの作用により、小胞体内カルシウム濃度が下がり、小胞体内でのタンパク質立体構造形成に支障が出ることで、タンパク質の凝集が起こり、これがストレスとなると考えられている。神経変性疾患に関する研究では、神経系の培養細胞にこれらの試薬を曝露するというモデル実験系がよく用いられている。

3. 大豆リン脂質の神経保護効果

(1) 大豆のリン脂質について

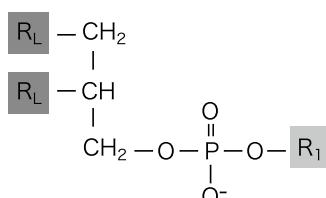
動植物を含めた生体を構成するリン脂質としては、一般的に、グリセロリン脂質としてはホスファチジルコリン、ホスファチジルエタノールアミン、ホスファチジルセリン、ホスファチジルイノシトール等が知られている。大豆にはレシチン（ホスファチジルコリン）が主であるが、ホスファチジルセリン、—エタノールアミン、—イノシトール等のリン脂質も含まれている。これまでに、大豆リン脂質をそのほとんどをホスファチジルセリンに変換したものに老化

による脳機能低下の改善作用があることが報告されているが⁹⁾、その作用機序に関してはほとんど明らかにされていない。脂肪酸組成としては、飽和脂肪酸としてパルミチン酸 10～12%，ステアリン酸 2～5%，不飽和脂肪酸ではオレイン酸 20～25%，リノール酸 50～57%，リノレン酸 5～9%と、パルミチン酸、オレイン酸、リノール酸が主要な構成脂肪酸となっている。

(2) リン脂質構造と神経細胞保護効果との関連

まず、我々は大豆に含まれると考えられるリノ脂質の構造と小胞体ストレスからの神経細胞保護効果との関連について解析を行った。一般的なグリセロリン脂質の構造を図2に示す。図のように、グリセリンの基本骨格に1つのリン酸エステル部分（R₁）と2本の脂肪酸エステル部分（R_L）を有する。今回の実験系としては、マウス神経系培養細胞株 Neuro2a をツニカマイシン（TM）あるいはタブシガルギン（TG）により小胞体ストレスによる細胞死を誘導、そこに種々の構造を有するリノ脂質を添加、一定時間培養後、細胞生存率を 3-(4,5-dimethyl-2-thiazolyl)-2,5-diphenyl-2H-tetrazolium bromide を用いた MTT 法により定量することでそれぞれの細胞保護効果について評価を行った。

まず、リン酸エステル部分の構造としてコリン、エタノールアミン、セリンに注目して、それらの細胞保護効果について検討を行った。脂肪酸部分が2本共にリノール酸であるコリン（DLPC）、エタノールアミン（DLPE）、セリン（DLPS）について評価を行ったところ、DLPE と DLPS には細胞保護効果が認められた一方で、DLPC には保護効果はなく、逆に弱いながらも細胞毒性が認められた（図3A-C）。また、この3種の中では DLPE が最も高活性であった。保護活性の認められたエタノールアミ



Phospholipids used in this study

acyl groups

R_L [L : linoleic acid(18:2)
O : oleic acid(18:1)
P : palmitic acid(16:0)]

phosphoester group

R₁ [E : ethanolamine
S : serine
C : choline]

図2 本研究で用いたリノ脂質の基本構造

ンとセリン、認められなかったコリンの構造を比較すると(図4)、その違いとしてアミノ基の有無がある。よって、アミノ基を有することが

細胞保護活性に重要である可能性が示唆された。

次に、脂肪酸部分の構造と細胞保護活性の関連について検討を行った。リノール酸の他に主要な脂肪酸であるパルミチン酸およびオレイン酸に関して検討を行うために、それぞれを2本持ったリン脂質DPPE、DOPEの作用について解析を行った。リン酸エステル部分に関しては、最も活性の高かったエタノールアミンを用いた。それぞれの細胞保護活性について検討したところ、DOPEはDLPEよりは弱いものの細胞保護効果が観察された。一方、DPPEはむしろ細胞毒性を示し、細胞保護効果は観察されなかった(図3D、E)。パルミチン酸、オレイン酸、

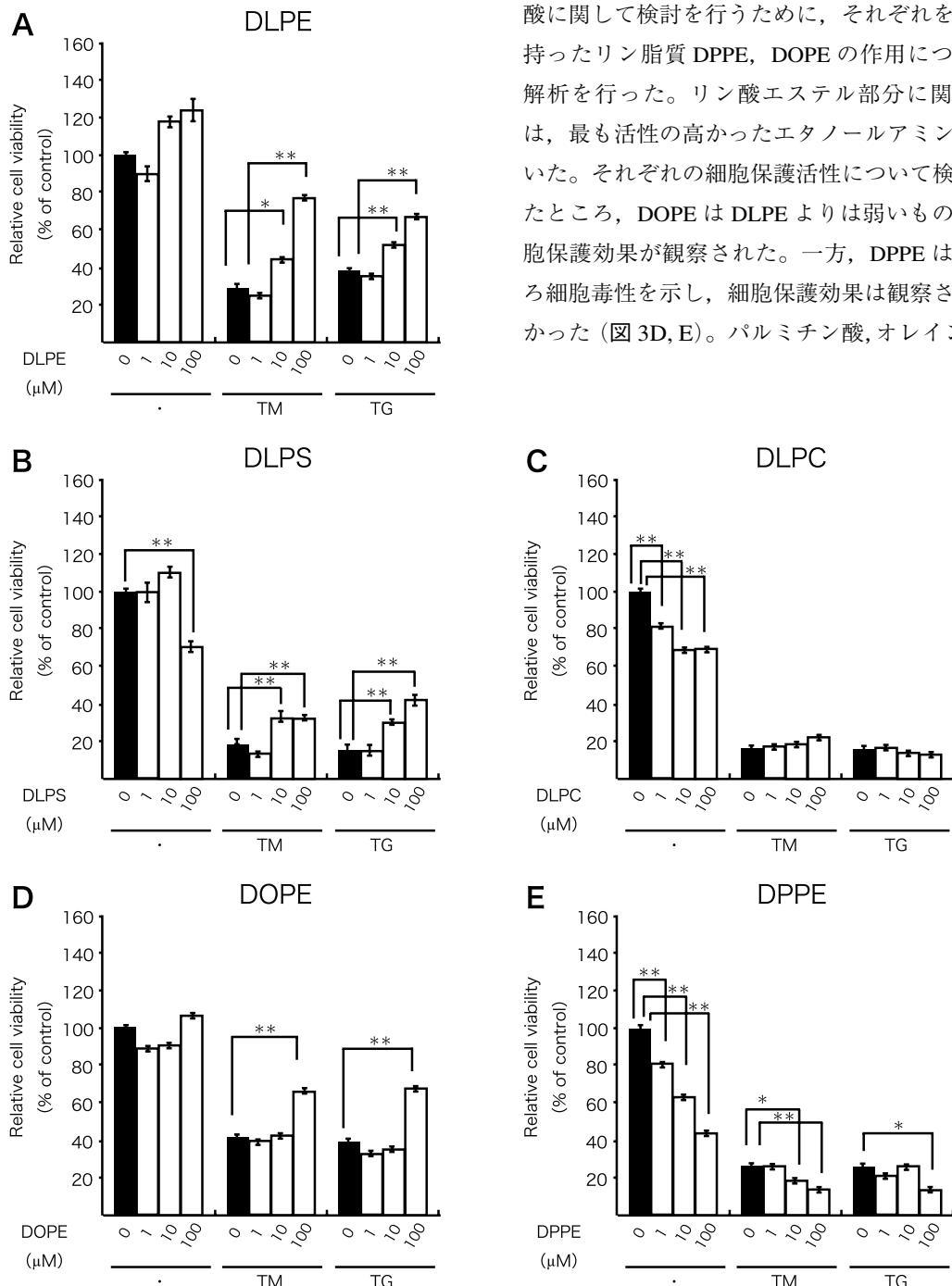


図3 リン脂質構造と小胞体ストレスからの細胞保護効果

リノール酸の構造と細胞保護活性の比較から、細胞保護活性は不飽和度に依存し、飽和脂肪酸の場合はむしろ細胞死促進傾向に働くことが分かった(図5)。

以上のリン脂質構造と小胞体ストレスからの神経細胞保護効果の比較から、リノール酸を有するホスファチジルエタノールアミンであるDLPEが最も保護活性が高いことが明らかとなつた。従つて、大豆に含まれる高リノール酸含有のホスファチジルエタノールアミンが神経保護作用を有すると考えられる。次に、リン脂質がどの様な細胞内機構を介して神経細胞保護効果を示すのか、DLPEを用いて検討を行つた。

(3) DLPEによる神経細胞保護機構

まず、DLPEが細胞死(アポトーシス)に伴う共通の現象を抑制しているのかについて確認を行つた。DLPEがアポトーシスに伴う核DNAの断片化を抑制するか否かについて、抗一本鎖DNA抗体による細胞染色により確認を行つた。TMおよびTGによるERストレスによって核に一本鎖DNAの生成が観察されたが、DLPE添加によりこの一本鎖DNAの生成は抑制された(図6)。次に、ほとんどのアポトーシス誘導時に観察されるカスパーゼ-3の活性化に対するDLPEの効果について検討を行つた。カスパーゼ-3はプロテアーゼであるので、

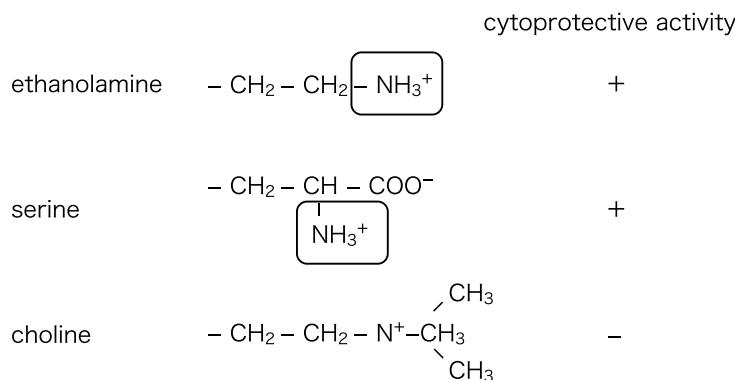


図4 リン酸エステル部分の構造と細胞保護効果

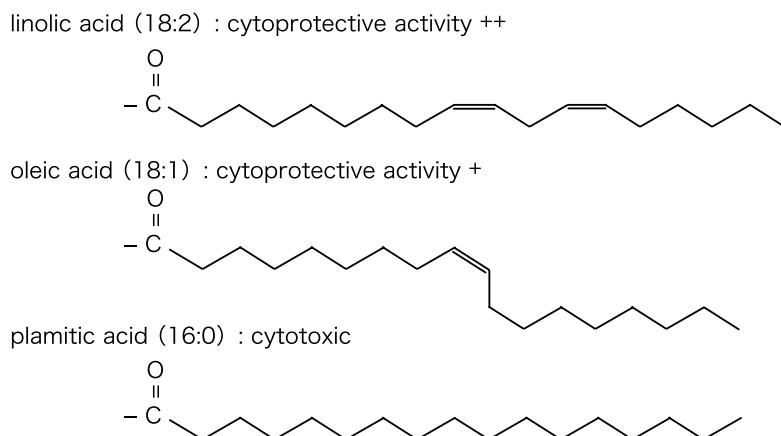


図5 脂肪酸部分の構造と細胞保護効果

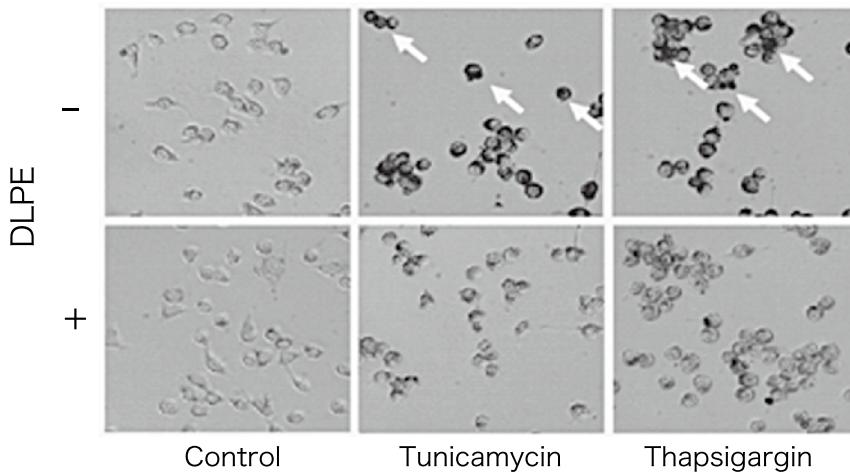


図6 DLPEによる小胞体ストレス誘導核DNA切断抑制効果

合成蛍光基質を用いたペプチド分解活性を指標として活性評価を行った。TM および TG 処理によりカスパーゼ-3 の活性化が見られたが、DLPE の添加によりその活性化は抑制された(図7)。

次に、小胞体ストレスの細胞保護、あるいは細胞死シグナルに与える影響について検討を行った。細胞が小胞体ストレスに曝露されると、まず、ミスフォールディングしたタンパク質を正しい状態に戻すために小胞体シャペロンである Grp78 の発現上昇が見られ、ストレスが修復不可能な段階に至ると Chop 等の細胞死誘導シグナルが活性化する(図8)。これら Grp78 および Chop の発現に対する DLPE 添加の影響をウェスタンブロット法により解析したところ、細胞保護に働く Grp78 の発現上昇は観察されたが、意外なことに、一般的には細胞死誘導に働くとされる Chop についても発現促進効果が観察された(図9)。しかし、Chop については細胞生存傾向に働くという報告もあり¹⁰⁾、さらなる解析が必要である。

他の保護機構の可能性として、構造から考えられる作用について検討を行った。細胞増殖、生存に働く代表的なシグナル分子としてブ

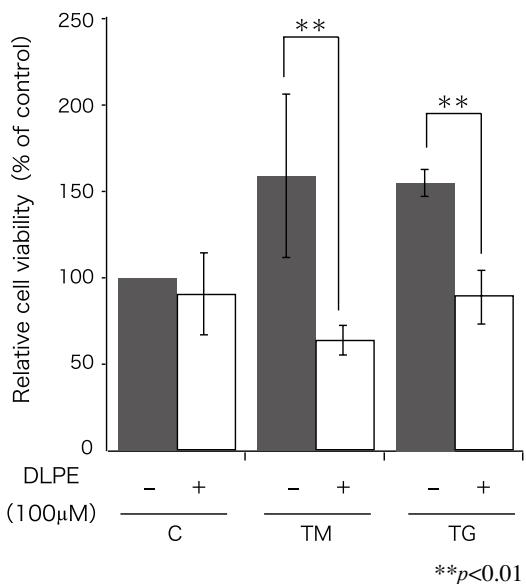


図7 DLPEによる小胞体ストレス誘導カスパーゼ-3活性化抑制効果

ロテインキナーゼ C (PKC) がある。PKC はホスファチジルセリン等のリン脂質や不飽和脂肪酸により活性化されることが知られていることから、DLPE によっても活性化される可能性が高い。実際に脳神経系において発現が見られる PKC- γ , - ϵ について DLPE が活性化し得るのかについて確認を行った。合成基質ペプチド

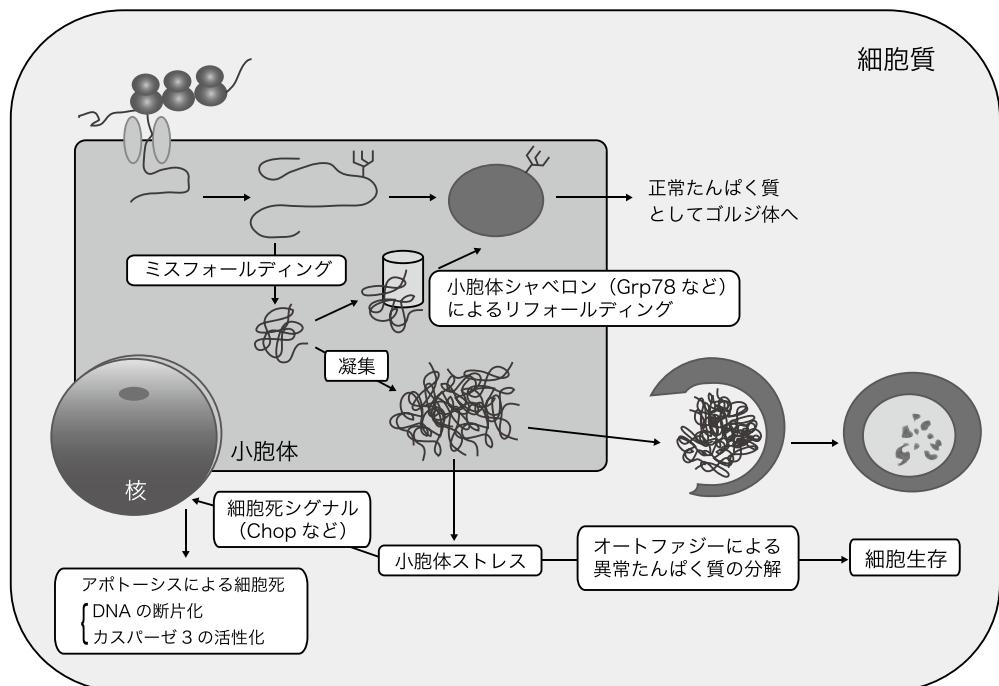


図8 小胞体ストレスと細胞内シグナルの概要

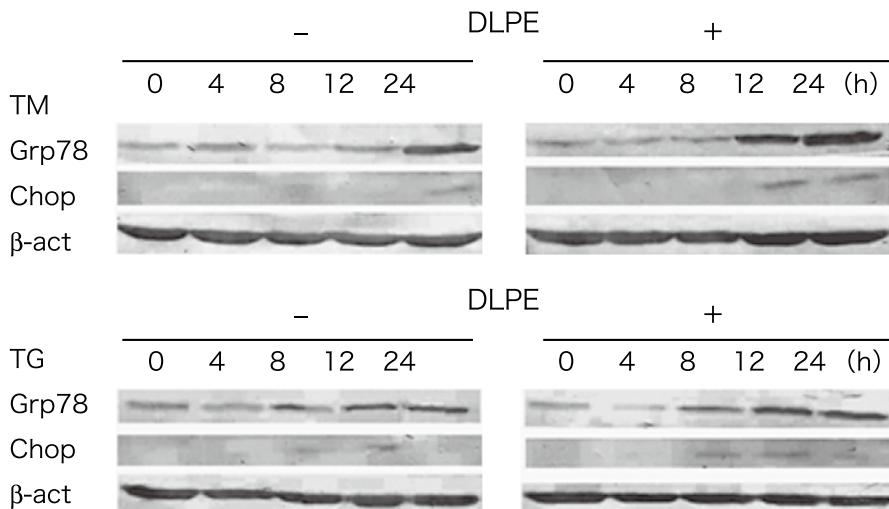


図9 DLPE の小胞体ストレスシグナルへの作用

に対するリン酸化能について検討を行ったところ、PKC- γ 、- ϵ 共に活性化することが確認された(図10A)。そこで、DLPEの細胞保護実験系にPKC阻害剤であるGF109203xを添加し

たところ、有意に細胞保護効果が抑制された(図10B)。このことから、DLPEの保護効果にPKCが関与していることが示唆された。しかし、PKC阻害により完全に保護効果が抑制さ

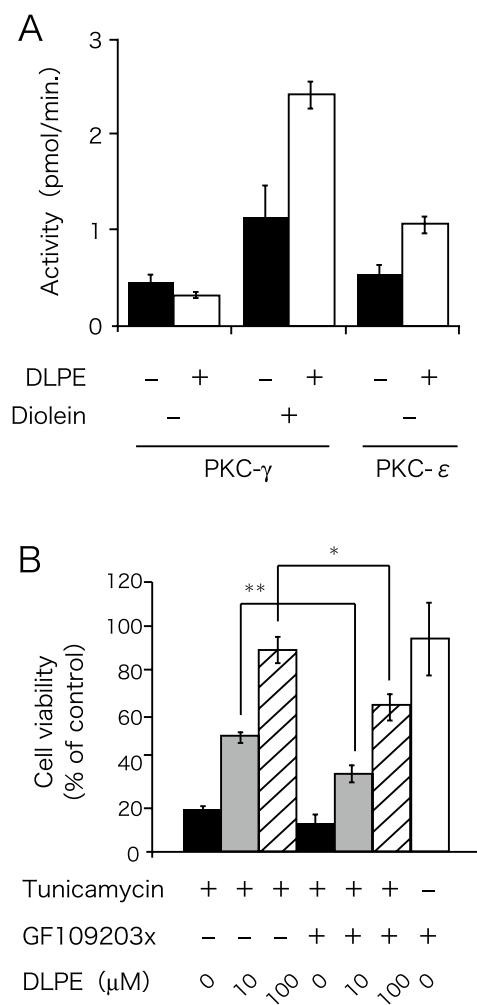


図 10 DLPE による PKC の活性化 (A) と細胞保護効果に対する PKC 阻害剤の作用 (B)

れるわけではないので、他の機構も関与する可能性が高い。他の機構の中で DLPE の関与が考えられるものとしてオートファジーが考えられる。オートファジーは細胞内分解機構の一つであり、その活性化による神経細胞保護効果についても報告されている。オートファジーは、LC3 タンパク質がホスファチジルエタノールアミンと結合することによりオートファゴソーム膜を形成し、その後リソゾームと融合することにより分解を行う機構である (図 11)。このことから、ホスファチジルエタノールアミンの一種である DLPE を添加することによって、オートファゴソーム膜の形成能が高まり、細胞内凝集タンパク質の分解が促進され、細胞保護効果を示すのではないかと考え、DLPE 添加によるオートファジー促進効果について検討を行った。LC3 がホスファチジルエタノールアミンと結合する際にタンパク質の限定分解を受け、LC3-I から LC3-II に変化することが知られているので、これを用いたウェスタンプロット法によりオートファゴソーム形成促進効果の評価を行った。すると、TM, TG どちらの処理の場合も LC3-II 形成の促進、つまりオートファゴソーム形成促進効果が観察された (図 12)。このことから、オートファジー活性化が DLPE の細胞保護効果に関与している可能性が示唆さ

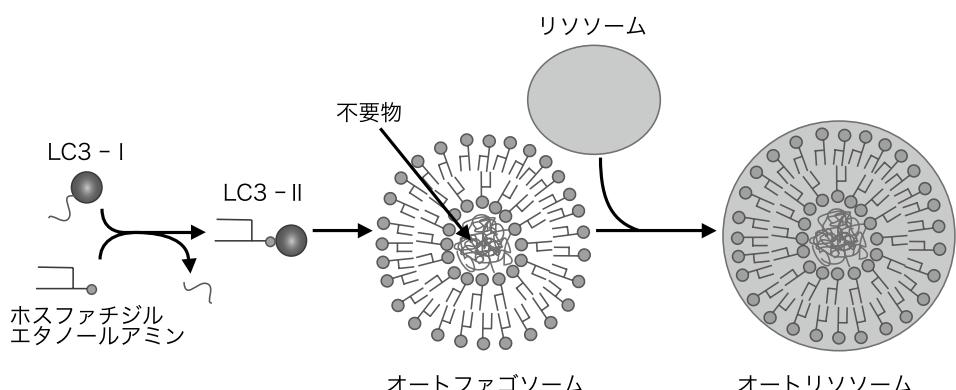


図 11 オートファゴソームの形成とホスファチジルエタノールアミン

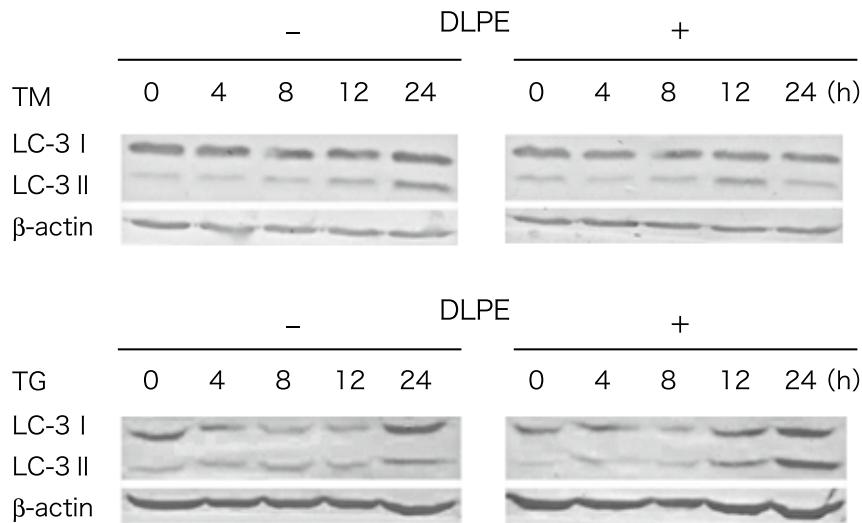


図 12 DLPE によるオートファジー促進効果

れた。が、実際に、このオートファゴソーム形成がどの程度細胞保護に関与しているのかについては今後の課題である。

4. 大豆含有糖鎖の神経保護効果

(1) 大豆に含まれる糖鎖について

糖タンパク質の N-結合型糖鎖は、小胞体内において脂質に結合した前駆体オリゴ糖鎖として合成され、その後、新しく生合成されてきたタンパク質に転移される。小胞体内で合成されるいわゆる高マンノース型糖鎖の構造は、酵母からヒトにいたるまでほとんどの真核生物で保存されており、この構造が小胞体機能、さらには生物学的に重要であると考えられる。これらの糖鎖は、小胞体からゴルジ体へ輸送された後、それぞれの種に特徴的な糖鎖構造へと修飾される。これらの糖鎖は、転移されたタンパク質のフォールディングや細胞内輸送、機能発現に重要な役割を果たしていると考えられている。大豆に含まれる糖鎖については、そのほとんどが高マンノース型糖鎖であることが報告されている¹¹⁾。また、*in vitro* の実験ではあるが、高マ

ンノース型糖鎖の添加がタンパク質のフォールディング促進に働くという報告もある¹²⁾。このことは、大豆がフォールディング促進や、タンパク質の凝集抑制に働く糖鎖の供給源になり得ることを示唆している。

(2) 高マンノース型糖鎖の小胞体ストレス抑制効果

細胞外に添加した高マンノース型糖鎖が小胞体内に容易に輸送されるか否かについては検討の余地があったため、まず、代謝阻害により高マンノース型糖鎖の細胞内濃度を上げることによって小胞体ストレスからの保護効果が見られるか否かについて検討を行った。代謝阻害は、 α -マンノシダーゼ阻害剤である 1-デオキシマノノジリマイシン (DMJ) 処理を行ない、細胞内高マンノース型糖鎖の増加を高マンノース型糖鎖結合性レクチンであるコンカナバリン A の結合性を利用したドットプロット法により解析を行った。すると、添加する DMJ の濃度依存的に高マンノース型糖鎖濃度の上昇が観察された (図 13)。次に、DMJ 処理を行った神経系培養細胞の小胞体ストレスに対する耐性について検討を行ったところ、TM や TG によるス

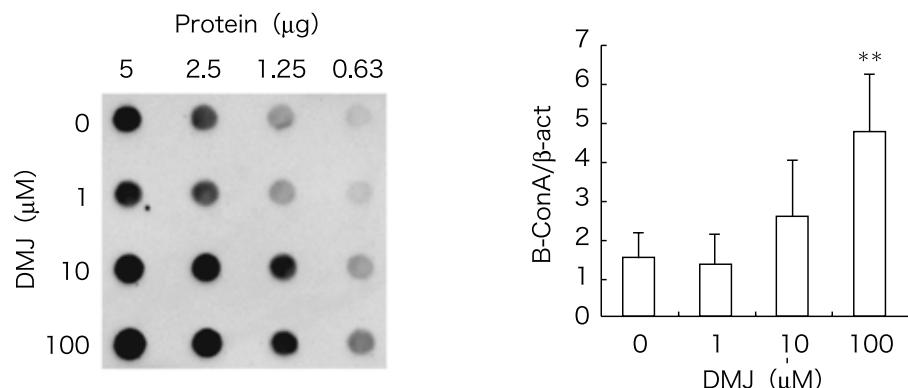


図 13 DMJ による小胞体内糖鎖の増加作用

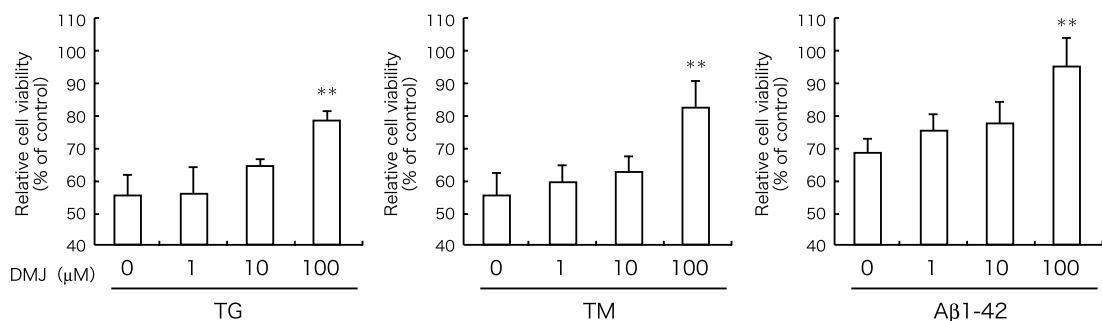


図 14 DMJ による小胞体内ストレスからの細胞保護効果

ストレスに加え、アルツハイマー病の原因とされるアミロイド- β の毒性に対しても保護効果を示すことが分かった(図 14)。さらに、小胞体内ストレスシグナルについて解析を行ったところ、保護的に働く Grp78 の発現に対しては促進効果が認められなかったが、細胞死シグナルである Chop の発現誘導低下や JNK のリン酸化抑制効果が観察された(図 15)。このことから、高マンノース型糖鎖濃度の上昇は、細胞死シグナルに対して抑制的に働くことが示唆された。

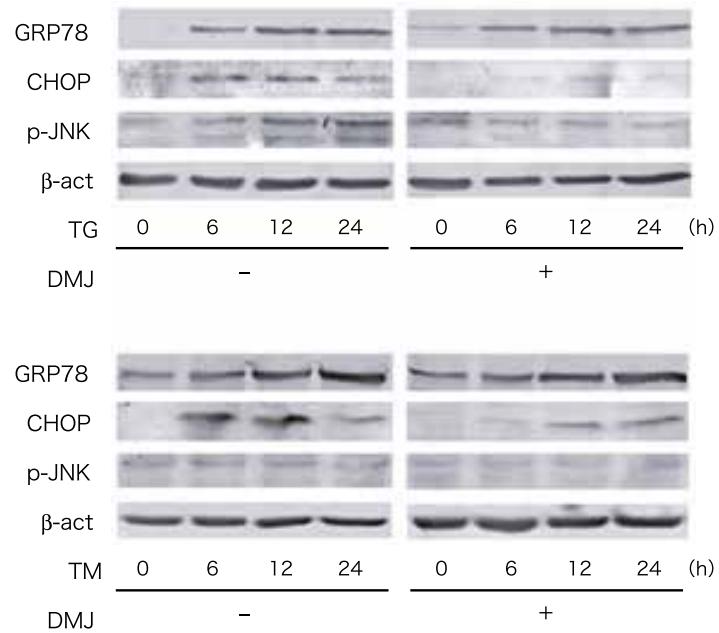


図 15 DMJ による小胞体内ストレスシグナルへの作用

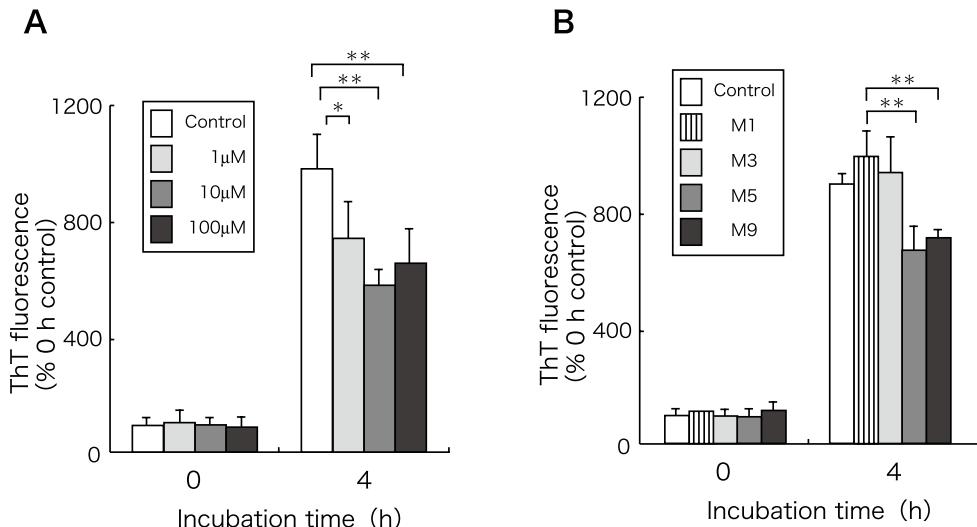


図 16 高マンノース型オリゴ糖によるアミロイド- β のアミロイド化抑制作用

これらの結果と高マンノース型糖鎖はシャペロン様の機能を有するという報告もあることから、高マンノース型糖鎖の濃度上昇により小胞体内のタンパク質凝集が抑制され、小胞体ストレスに対する耐性が高くなる可能性が考えられた。

(3) 高マンノース型糖鎖のアミロイド形成抑制効果

アルツハイマー病等の神経変性疾患では、アミロイド化したタンパク質の凝集、沈着が認められ、これが神経細胞毒性を有すると考えられている。細胞外から添加した高マンノース型糖鎖が神経変性疾患予防に働く機構の一つとして、そのシャペロン様活性によりアミロイド沈着を予防出来る可能性が考えられる。よって、アルツハイマー病の原因とされるアミロイド- β のアミロイド化を高マンノース型糖鎖が抑制できるか否かについて、高マンノース型糖鎖存在下でのアミロイド化実験により検討を行った。アミロイド化はチオフラビン T による蛍光定量法により評価を行った。まず、大豆タンパク質より調製したマンノース 9 個からなる M9 の効果について検討した結果、濃度依存的にアミロイド化を抑制する効果があることが分かった

(図 16A)。M9 に加え、M5、M3、マンノース単糖の効果を検討したところ、M5、M9 にのみ有意な効果が観察された (図 16B)。このことから、アミロイド化抑制効果にはある程度の大きさのオリゴ糖である必要があることが示唆された。

以上の結果から、高マンノース型糖鎖には細胞内レベルでの保護作用だけでなく、細胞外においてもアミロイド化を抑制することで神経変性を予防しうる機能を有していることが示唆された。

5. 今後について

今回の結果により、大豆に含まれるリン脂質や糖タンパク質糖鎖には神経変性疾患を予防できる潜在的な機能があることが示唆された。しかし、より詳細な作用機序や生体内での有効性などこれから解明すべき課題はまだまだ残っている。神経変性疾患予防効果が期待されている大豆の他の成分としてイソフラボンがある。これは、女性ホルモンであるエストロジエンに認知症予防効果があることから¹³⁾、エストロジエ

ン様活性を有するイソフラボンによる神経変性予防効果に注目が集まっている。この他の大豆の成分にも、同様の効果が期待される成分がま

だまだ含まれている可能性も考えられる。今後の研究の進展を期待したい。

参考文献

- 1) Frost B., Diamond M. I.: Prion-like mechanisms in neurodegenerative diseases. *Nat. Rev. Neurosci.* **11**(3): 155-159, 2010
 - 2) Lukiw W. J., Bazan N. G.: Docosahexaenoic acid and the aging brain. *J. Nutr.* **138**(12): 2510-2514, 2008
 - 3) Mandel S. A., Amit T., Weinreb O., et al: Simultaneous manipulation of multiple brain targets by green tea catechins: a potential neuroprotective strategy for Alzheimer and Parkinson diseases. *CNS Neurosci. Ther.* **14**(4): 352-365, 2008
 - 4) Nagai K., Chiba A., Nishino T., et al: Dilinoleoyl-phosphatidylethanolamine from *Hericium erinaceum* protects against ER stress-dependent Neuro2a cell death via protein kinase C pathway. *J. Nutr. Biochem.* **17**(8): 525-530, 2006
 - 5) Nagai K., Shibata K., Yamaguchi H.: Role of intramolecular high-mannose chains in the folding and assembly of soybean (*Glycine max*) lectin polypeptides: studies by the combined use of spectroscopy and gel-filtration size analysis. *J. Biochem.* **114**(6): 830-834, 1993
 - 6) Schepers W., Hoozemans J. J.: Endoplasmic reticulum protein quality control in neurodegenerative disease: the good, the bad and the therapy. *Curr. Med. Chem.* **16**(5): 615-626, 2009
 - 7) Ross C. A., Poirier M. A.: Protein aggregation and neurodegenerative disease. *Nat. Med.* **10** Suppl.: S10-17, 2004
 - 8) Nakagawa T., Zhu H., Morishima N., et al: Caspase-12 mediates endoplasmic-reticulum-specific apoptosis and cytotoxicity by amyloid- β . *Nature* **403**(6765): 98-103, 2000
 - 9) Suzuki S., Yamatoya H., Sakai M., et al: Oral administration of soybean lecithin transphosphatidylated phosphatidylserine improves memory impairment in aged rats. *J. Nutr.* **131**(11): 2951-2956, 2001
 - 10) Southwood C. M., Garbern J., Jiang W., et al: The unfolded protein response modulates disease severity in Pelizaeus-Merzbacher disease. *Neuron* **36** (4): 585-596, 2002
 - 11) Kimura Y., Kitahara E.: Structural analysis of free N-glycans occurring in soybean seedlings and dry seeds. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **64**(9): 1847-1855, 2000
 - 12) Jitsuhara Y., Toyoda T., Itai T., et al: Chaperone-like functions of high-mannose type and complex-type N-glycans and their molecular basis. *J. Biochem.* **132**(5): 803-811, 2002
 - 13) Arnold S., Beyer C.: Neuroprotection by estrogen in the brain: the mitochondrial compartment as presumed therapeutic target. *J. Neurochem.* **110**(1): 1-11, 2009

ワインのオフ・フレーバーについて —甲州ワインのフェノレ解決策—

佐藤 充克 *

* SATO Michikatsu (山梨大学大学院医学工学総合研究部・ワイン科学研究センター
ワイン人材生涯養成拠点・特任教授)

Key Words : ワイン・フレーバー・酵母

はじめに

ワインには良い香りがあるが、残念ながら、時々オフ・フレーバーと言われる悪い香り、異臭を含んでいるものもある。有名なのは、コルク臭(ブショネ)として知られるカビ臭である。ワインの異臭には原料ブドウ、製造方法、製造に使われる道具や環境、ワインの保存方法によるものなど、種々の原因が知られている。また、製造方法の中でも、不注意な取り扱いのためではなく、清澄剤の選択や酵母株の選択が原因のものもある。

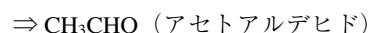
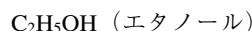
我々は、日本固有のブドウである、甲州ブドウから醸造されるワインの高級化を目指して、種々の試みをしているが、甲州ブドウは、所謂フェノレと呼ばれるフェノール性異臭(POF)を含むことがある。ここでは、ワインの代表的な異臭について解説し、特に甲州ワインで問題になるフェノレについて、我々の試験結果を紹介すると伴に、その解決策について提案する。

1. ワインの異臭

1-1. 酸化臭

ワインの異臭として代表的なものは、酸化臭である。まさに、ワインが酸化して生成される

香りである。エタノールが酸化すると先ず、アセトアルデヒドができる。アセトアルデヒドは、更に酸化されて、酢酸となる。この反応を示すと、以下のような式となる。



ワイン酵母は果汁に含まれる糖類を発酵し、エタノールと炭酸ガスを生成するが、正常な発酵を行っても、微量のアセトアルデヒドや酢酸は生成される。香りを検知する最小の濃度のことを閾値(いきち)と言うが、正常な発酵では、閾値以上のアセトアルデヒドや酢酸が生成されることはない。閾値以下のアセトアルデヒドや酢酸(ワイン中の閾値: 0.6 ~ 1.0 g/L)は、逆にワインの香りを良くする場合もある。通常、ワイン発酵中は酵母が生成する多量の炭酸ガスのため、ワインが酸化することはない。ワインの発酵終了後に、酸化防止を行う適度の亜硫酸がなく、酸素に触れると、アセトアルデヒドが生成される。ワインの酸化を防止するためには、遊離の亜硫酸として、最低 10 mg/L は必要である。ワインの取扱が悪く、更に酸化が進むと、すえた臭いの酢酸臭が出てしまう。また、酸化したワインでは、酢酸とエタノールからなる酢

酸エチルが多量に含まれることがある。酵母も酢酸エチルを生成するが、異臭に感じるほどの多量は生成しない。酢酸エチルはバナナの香りであり、ワイン中の閾値は約 120 mg/L で、少量であれば、良い香りであって異臭ではない。

1-2. 還元臭

酵母は発酵中、微量の酸素を必要とするが、あまりに還元的に発酵を行うと、酵母が苦しくなって、所謂還元臭を生成することがある。還元臭とは硫黄 (S) を含む硫化水素 (H_2S)、メタンチオール (CH_3SH) などの異臭を指す。アルコール発酵時に添加する亜硫酸が多いと、亜硫酸から種々の硫黄含有異臭が生成されることもある。酵母は特に、発酵初期には細胞増殖のために、適量の酸素が必要である。白ワインの場合、ブドウを搾汁後、果汁に酵母を添加し、発酵を開始するが、発酵開始時に果汁由来の濁り物質が多すぎると、発酵が非常に旺盛になり、酸素が不足し、還元臭が生成される。

果汁の濁りを表すために NTU (Nephelometric Turbidity Unit, 濁度) が用いられる。投射光と直角方向へ散乱された光量を、光電管などを検出器とする測定器を使用して測定する、濁りの程度を示す単位である。ブドウ果汁に十分な窒素成分が含まれず、白ワインの発酵スタート時に濁りが多く、NTU が 250 を超えると、腐った卵臭の硫化水素 (閾値: 0.8 $\mu\text{g}/\text{L}$)、煮キャベツ臭ともいわれるメチオノール (閾値: 1.2 mg/L)、そして還元臭の代表とも思われるメタンチオール (閾値: 0.3 $\mu\text{g}/\text{L}$ 、腐ったキャベツ臭) が生成される。逆に、果汁の清澄化などにより、余りに NTU が低い (NTU が 0 ~ 50) と、発酵が遅延し、揮発酸(酢酸)が多く生成される。従って、白ワインの場合、果汁の濁度は NTU 100 ~ 250 程度に調整することが推奨される。

1-3. 野菜臭・未熟臭

野菜臭は主に、炭素 6 のアルデヒド (ヘキサンアル) とアルコール (ヘキサノール) の臭いである。所謂、青い臭いである。ブドウの葉や茎に多く含まれる。時々、これがベジタル (野菜的) と混同されることがあるが、ベジタルは、メトキシピラジン類由来の臭い (未熟臭) を指す。

ブドウが十分に登熟しないうちに収穫すると、青臭い香りがワインに残ることがある。特に、カベルネ・ソービニヨンやメルローなどの赤ワインの場合、ベジタルとして指摘される。物質はメトキシピラジン類であり、イソブチルメトキシピラジン (IBMP、図 1) が主要物質である。IBMP は青ピーマン臭、未熟臭と表現される。IBMP の官能閾値は非常に低く、水中では 2 ng/L 、ワイン中でも 15 ng/L とされる。一昔前までは、IBMP はカベルネ・ソービニヨンの特徴香の一つと言われることもあったが、現在では、赤ブドウ特に、カベルネ・ソービニヨン、カベルネ・フラン、メルローの未熟臭として認知されている。

IBMP はブドウの登熟と共に減少するので、十分に熟成すれば、閾値以下になる。また、IBMP は熱や光で分解することも知られており、熟成時に果房に十分太陽光が当たれば、早く減少する。また、マセラシオン・ア・ショウ (高温醸し) のように、約 70°C で 30 分処理といった高温処理をすれば、IBMP は分解する。

白ワインのソービニヨン・ブランは、この IBMP が特徴香の一つである。ソービニヨン・ブランの果実香としては、チオール化合物が知られており、3-スルファニルヘキサノール (3SH、図 2) がパッションフルーツ、グレープフルーツの香りとして有名である。官能閾値は 60 ng/L と低く、ソービニヨン・ブランには 100 ~ 3500 ng/L 存在する。従って、ソービニヨン・ブランでも寒い地域で醸造されるワインには、ピーマン臭の強いワインがあるが、暖か

い地域で生産されるワインは、果実香の方が強い。(最近、国際的な化学物質命名組織 IUPAC で、-SH の呼び方がメルカプトからスルファニルに変更になった)

1-4. コルク臭

コルク臭（ブショネ）はカビの生産する臭いである。カビ臭としては、土の臭いであるジオスミン（図3）やキノコ臭である1-オクテン-3-オール等も知られている。ブドウが灰カビ病などカビで汚染され、そのままワインに仕込むと、カビ臭がワインについてしまう。しかし、貴腐ワインは *Botrytis cinerea* に汚染され、水分が取られ、糖度の高くなったブドウから醸造されるので、蜂蜜香などの他に、僅かなカビ臭が特徴香にもなっている。

コルク臭は、カビ臭の中でも官能閾値が極めて低い。その代表物質である2,4,6-トリクロロアニソール（TCA）の閾値は3 ng/Lである。昔から、防腐剤として使用してきたトロクロロフェノールが、カビにより無毒化され、TCAに変換されたものである（図4）。コルクがカビに汚染されTCAが生成されると、コルクからワインに香りが移る。しかし、コルク臭はコルクだけが原因ではない。建物の防腐剤として使用された、ペンタクロロフェノールがTCAの生成原因物質であることが報告されている。

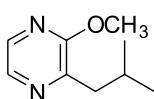


図1 イソブチルメトキシピラジン

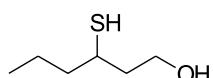


図2 3-スルファニルヘキサノール

従って、塩素含有殺菌剤をワイナリーで使用すると、カビによりTCAが生成されてしまうことがあるので、要注意である。

コルクを使用すると、約1%ものワインにブショネが生じることもあるので、最近では、スクリューキャップや合成コルクの使用が多くなってきた。豪州で行われた大規模なワイン栓の試験では、最も成績の良かったのはスクリューキャップであった。従って、豪州では高級ワインでもスクリューキャップを使用することが多い。

1-5. プラスチック、合成樹脂臭

この原因物質はスチレンである。ワインの容器として、グラスファイバーで強化したポリエスチル製の容器を使用すると、スチレンが溶出されることがある。スチレンの閾値は250 µg/Lであり、樹脂臭とプラスチック様の不快な味がし、しかも、長く持続する。また、エポキシ樹脂コーティング容器のコーティングが不十分だと、可塑剤に含まれるベンジルアルコールが溶出し、*Botrytis cinerea* によりベンジルアルデヒドに変換され、苦いアーモンド状の味を呈することがある。

1-6. 獣臭、ブレット臭

比較的最近、問題になっている異臭である。ワインに含まれるフェノール物質、フェルラ酸

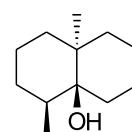


図3 ジオスミン



図4 2,4,6-トリクロロアニソールの生成

や *p*-クマール酸が酵母により脱炭酸され、ビニルフェノール類が生成される。これが白ワインのフェノール性異臭（POF）である。赤ワインでは、ブレタノミセス (*Brettanomyces*) と言われる酵母により、ビニルフェノール類が還元され、エチルフェノール類が生成する。赤ワインで、古樽や環境にこの酵母が存在すると、エチルフェノール類による臭いが生じる。4-エチルフェノールはレザー臭、馬臭、馬小屋臭と言われ、4-エチルグアイアコールは薬品臭、スモーキーと表現される。

黒臭は、フェノール性異臭（POF）に含まれるので、次章でも触れる。

2. ワインのフェノール性異臭（POF）について

2-1. POF の生成機構

ワインには、経皮（シンナム）酸の酒石酸エステルが比較的多く存在する。フェルラ酸や *p*-クマール酸の酒石酸エステル（フェルタリック酸、クータリック酸）である。POF の原因物質（前駆物質）はフェルラ酸や *p*-クマール酸であるが、これらはワイン中に低濃度（1～20 mg/L）存在するが、酒石酸エステルは2～10倍存在する。シンナム酸エステラーゼが存在すると、大量の POF (Phenolic Off-Flavor) 前駆体が生成される。このシンナム酸エステラーゼは、果汁の清澄に使用されるペクチナーゼ製剤に混入し

ていることがある。ワイン酵母にシンナム酸脱炭酸酵素が含まれると、更に、4-ビニルフェノール（4VP）および4-ビニルグアイアコール（4VG）が生成される（図5）。白ワインでは、フェノール性異臭（POF）はこれら、4VPと4VGが異臭の本体である。これらが閾値以上存在すると、4VPは薬品臭、バンドエイド臭、馬臭、4VGは歯科薬品（クローブ）臭やスパイシーな臭いが感じられる。4-VPの閾値は水中で85 μg/L、ワイン中で770 μg/L、4-VGの閾値（Chatonnetら、1993）は水中で32 μg/L、ワイン中で440 μg/Lと報告されている。

白ワインでは、シンナム酸脱炭酸酵素を持つ酵母として、ワイン酵母である、サッカロミセス (*Saccharomyces*) と汚染酵母であるブレタノミセス (*Brettanomyces*) がある。汚染酵母は、環境を清潔にし、必要な亜硫酸レベルを維持することなどにより、関与を避けることが出来る。従って、白ワインではシンナム酸脱炭酸酵素を有しない、ワイン酵母を選択することが重要となる。

生成された4-VPや4-VGが、更に還元されると、4-エチルフェノール（4-EP）と4-エチルグアイアコール（4-EG）に変換される（図6）。ワイン酵母はビニルフェノール還元酵素をもっていないので、4-EPや4-EGが生成されることはないが、汚染菌である、ブレタノミセス (*Brettanomyces*) はビニルフェノール還元酵素を有しており、この菌は古樽などに棲息してい

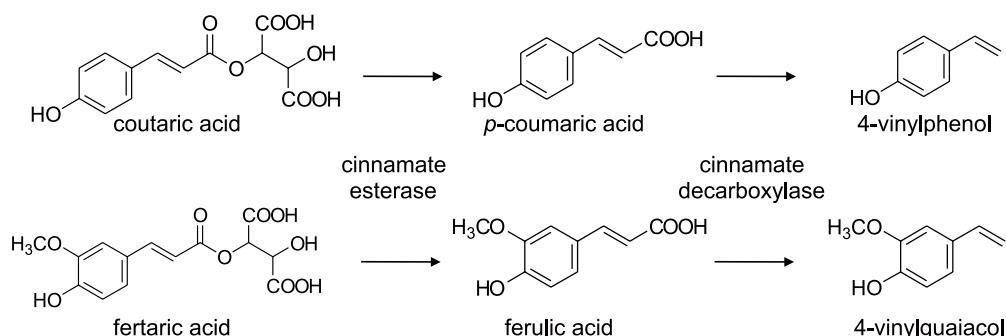


図5 シンナム酸酒石酸エステルから POF の生成反応

ることが多いので、赤ワインで問題になることが多い。ブレタノミセスの汚染で、所謂、獣臭がつく。ワイン酵母の持っているシンナム酸脱炭酸酵素は、カテキンやポリフェノールで失活

し、赤ワインでは作用しない。

2-2. ワイン酵母の POF 生成活性

我々 (Sato *et al.*, 2009) は、世界最大のワイン酵母会社 Lallemand Inc. と日本でのワイン酵母供給を担当しているセティ (株) と共同で、主に Lallemand の保有しているワイン酵母について、POF の生成活性および、これらの酵母の甲州ワイン醸造に於ける相性について調べた。

山梨大学育種試験地で栽培されている甲州ブドウを 2007 年、および 2008 年に収穫し、シンナム酸エステラーゼを含むペクチナーゼ製剤、スクラーゼ N を 200 mg/L 濃度で添加し、甲州ブドウ果汁を得

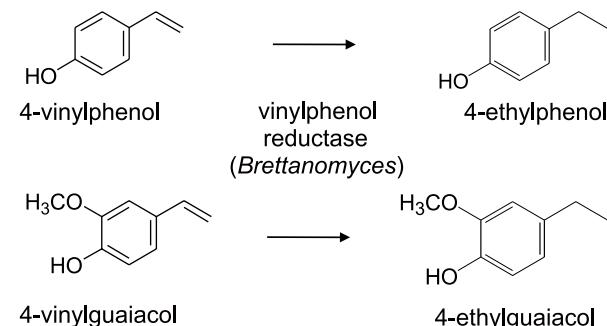


図 6 ビニルフェノール類からエチルフェノール類の生成反応

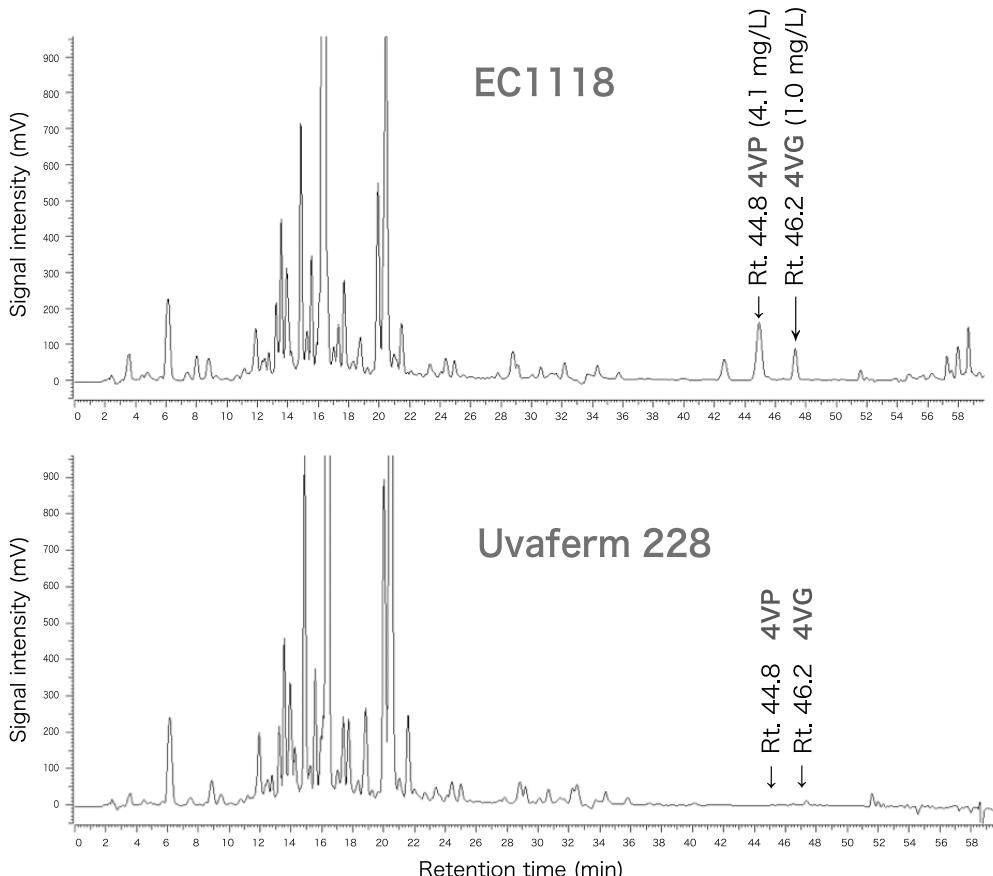


図 7 Lalvin EC1118 と Uvaferm 228 で醸造したワインの HPLC プロファイル

表1 甲州ワインの4-ビニルフェノール(4VP)と4-ビニルグアイアコール(4VG)の濃度(mg/L)

Strains	4VP	4VG
Cross Evolution	0.15 ± 0.01	0.19 ± 0.01
Enoferm AMH	0.80 ± 0.05	0.86 ± 0.09
BDX	1.15 ± 0.09	1.14 ± 0.25
BGY	1.07 ± 0.09	0.84 ± 0.08
CSM	<0.01	<0.01
L2226	0.31 ± 0.02	0.31 ± 0.04
L2323	1.36 ± 0.11	1.27 ± 0.17
M1	1.18 ± 0.10	1.05 ± 0.23
M2	1.02 ± 0.10	0.94 ± 0.07
Simi White	1.88 ± 0.12	2.73 ± 0.12
QA23	1.06 ± 0.18	1.09 ± 0.16
T306	0.13 ± 0.02	0.16 ± 0.01
VQ15	1.25 ± 0.15	1.00 ± 0.08
Lalvin 71B	1.20 ± 0.17	1.25 ± 0.10
BA11	1.20 ± 0.14	1.30 ± 0.23
BM4*4	<0.01	<0.01
BM45	0.42 ± 0.03	0.53 ± 0.09
BRL97	0.82 ± 0.07	0.92 ± 0.10
CY3079	1.04 ± 0.15	1.04 ± 0.05
DV10	1.06 ± 0.06	0.87 ± 0.08
EC1118	0.94 ± 0.09	0.76 ± 0.05
ICV D21	0.95 ± 0.10	0.73 ± 0.03
ICV D47	1.14 ± 0.16	1.20 ± 0.06
ICV D80	0.93 ± 0.07	0.73 ± 0.08
ICV D254	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.16
ICV GRE	0.73 ± 0.06	0.80 ± 0.10
ICV OPALE	0	0
QD145	0.79 ± 0.09	0.67 ± 0.07
R2	0.42 ± 0.04	0.25 ± 0.01
RC212	1.06 ± 0.06	0.97 ± 0.05
Rhone 2056	1.39 ± 0.11	1.16 ± 0.07
Rhone 4600	0.99 ± 0.07	0.59 ± 0.09
R-HST	1.44 ± 0.11	1.38 ± 0.19
S6U	1.00 ± 0.12	1.60 ± 0.22
T73	0.81 ± 0.04	1.01 ± 0.08
V1116	0	0
W15	<0.01	<0.01
Uvaferm 228	0	0
CEG	0.80 ± 0.05	0.70 ± 0.09
CM	0.97 ± 0.07	0.66 ± 0.06
CS2	1.40 ± 0.20	2.17 ± 0.19
HPS	0.90 ± 0.07	0.99 ± 0.11
SVG	0.65 ± 0.02	0.61 ± 0.03
VN	0.46 ± 0.03	0.71 ± 0.07
VRB	0.20 ± 0.01	0.18 ± 0.02
AWRI 1176	0.81 ± 0.04	0.76 ± 0.08
W-3	0.93 ± 0.07	0.95 ± 0.08

分析は3回繰り返し、平均値±標準偏差値を示す

た。300 mL の三角フラスコに 200 mL の果汁を入れ、これに以下に示す乾燥酵母を 250 mg/L 添加し、25℃で 14 日間発酵した。

使用酵母：Cross Evolution, Enoferm AMH, BDX, BGY, CSM, L2226, L2323, M1, M2, Simi White, QA23, T306, VQ15, (12 株) ; Lalvin 71B, BA11, BM45, BM 4x4, BRL97, CY3079, DV10, EC1118 (準基準株), ICV D21, ICV D47, ICV D80, ICV D254, ICV GRE, ICV Opale, QD145, R2, RC 212, Rhone 2056, Rhone 4600, R-HST, S6U, T73, V1116, W15, (24 株) ; Uvaferm 228, CEG, CM, CS2, HPS, SVG, VN, VRB, (8 株) ; AWRI 1176 (試験サンプル), W-3 (山梨大学, 基準株)。

得られたワインは遠心分離に掛け、上澄を更にメンブランフィルターで濾過し、HPLC サンプルとした。HPLC はフォトダイオードアレイおよび蛍光検出器の付いた装置を使用した。分析は蛍光分析の感度が非常に良く、0.01 mg/L まで定量的に分析できた。準基準株の Lalvin EC 1118 と POF ネガティブであった Uvaferm 228 で醸造したワインの HPLC パターンを図7に示す。また、定量結果を表1 (久本ら, 2010) に示す。表1 から Enoferm CSM, Lalvin BM4 × 4, Lalvin ICV OPALE, Lalvin V1116, Lalvin W15 および Uvaferm 228 が定量限界以下の POF 生成量を示した。チャートを精査すると、Lalvin ICV OPALE, Lalvin V1116 および Uvaferm 228 は、全く POF 物質を生成しない POF (-) 株であった。白ワインの POF の官能閾値は、4VP が 1.5 mg/L で、4VG が 0.38

mg/L である (Boutou *et al.* 2007) ので, Cross Evolution, Enoferm L2226, Enoferm T306, Lalvin R2, Uvaferm VRB も, 白ワイン醸造に POF の悪影響を及ぼさないと考えられた。

甲州ブドウ果汁は, 比較的多量の POF 前駆体を含むので, 上記の酵母の使用が推奨される。

3. 甲州ワイン醸造に適した酵母の選択

従来, 甲州ワイン醸造に適したワイン酵母の本格的選別は小規模でしか行われてこなかった (樋川ら 2004 および 2005)。そこで, POF 生成試験に使用した酵母 47 株で, 甲州ワインを醸造し, 甲州ワイン醸造に適した酵母の選択を行った。使用した酵母株は, 世界で使用されている株であるので, 通常のワインは順調に生成される。今回は, 香気成分に着目して, スクリーニングを行った。2007 年および 2008 年の甲州ブドウを使用し, 200 mL スケールの予備検討を経て, 7 L 規模のワイン醸造試験を行った。

その結果 (中川ら 2010), POF (-) 株であ

る Uvaferm 228 は, テクスチャーがしっかりとしており, レモン, エステル由来のフローラル, ハーブ系のアロマを持つワインを造ることが判明した。Uvaferm 228 は比較的低温を好む酵母で, 16°C で約 30 日間の発酵で, 完全に糖を食いきったドライなワインが得られた。香りが良いので, 香気成分を GC/MS にて分析した。結果を図 8 に示す。対照として使用した W-3 株と Lalvin EC1118 株のワインと併に, GC/MS による香気成分の定量結果を表 2 に示す。表から明らかなように, Uvaferm 228 のワインはエステル類のピークの数が多く, バランスの良いアロマであることが分かる。W-3 株は官能評価の点数は高かったが, イソアミルアルコールおよびイソアミルアセテートが多く, 清酒に類似した傾向の香りを示した。

Uvaferm 228 による甲州ワインの醸造は, 山梨大学では 7 L 規模であり, 工場規模での性能を見る必要がある。複数のワイナリーで試験醸造をお願いし, ワインが醸造されたが, トロピカルなアロマを出す傾向が指摘された。ワイン

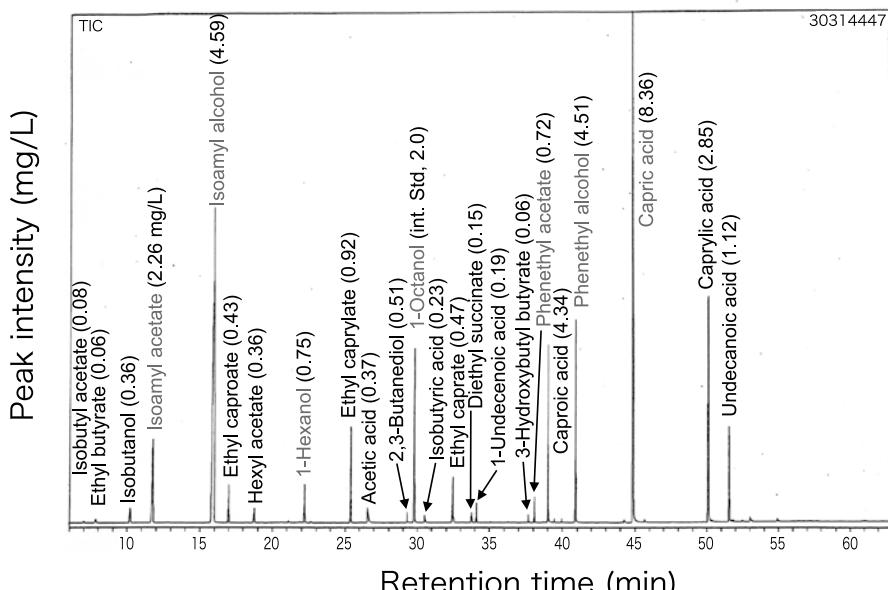


図 8 Uvaferm 228 ワインの GC/MS プロファイル

表2 Uvaferm 228 と比較株 W-3 および EC 1118 のワインの GC/MS 分析結果

No.	R.T.	Compound	Concentration (mg/L)		
			Uvaferm 228	Lalvin EC1118	W-3
1	10.1	Isobutanol	0.36	18.71	0.82
2	11.8	Isoamyl acetate	2.26	0.47	9.66
3	15.7	Isoamyl alcohol	4.59	25.12	11.73
4	16.0	Ethyl caproate	0.43	0.22	0.88
5	18.8	Hexyl acetate	0.36	-	0.71
6	22.2	1-Hexanol	0.75	0.30	0.43
7	25.3	Ethyl caprylate	0.92	0.54	1.44
8	25.5	Acetic acid	0.37	0.68	0.25
9	29.4	2,3-Butanediol	0.51	0.50	-
10	30.5	Isobutyric acid	0.23	-	-
11	32.4	Ethyl caprate	0.47	0.33	0.62
12	33.8	Diethyl succinate	0.15	-	-
13	34.1	1-Undecenoic acid	0.19	-	-
14	37.7	3-Hydroxybutyl butyrate	0.06	-	-
15	38.0	Phenethyl acetate	0.72	0.43	0.60
16	39.0	Caproic acid	4.34	1.39	2.64
17	40.9	Phenethyl alcohol	4.51	10.10	1.12
18	44.9	Capric acid	8.36	3.58	11.02
19	50.0	Caprylic acid	2.85	0.99	2.90
20	51.6	Undecanoic acid	1.12	-	0.25

の味は良く、新酒で使用すると評判が良かった。某ワイナリーから、2010年のJapan Wine Challengeに、Uvaferm 228で醸造した甲州スーパークリーニング・ワインが出品され、金賞を受賞した。Uvaferm 228は甲州ワイン醸造にて、良い結果をもたらすことが期待される。

おわりに

ワインの悪い臭い、オフ・フレーバーについて概説すると共に、日本固有のブドウ品種である甲州ブドウから醸造するワインのフェノール性異臭（POF）について、最近の我々の試験結果を含め解説した。また、甲州ワイン醸造に適

した市販ワインのスクリーニングを行い、POF（-）のUvaferm 228が好結果をもたらすことを示した。甲州ブドウは比較的著量のPOF前駆物質を含むので、ワイン醸造に際しては、ペクチナーゼ製剤にシンナム酸エステラーゼが含まれるか否かを確かめ、使用する酵母のPOF生成能をよく調べることが重要と考えられる。国産ワインは、品質の向上が著しく、非常に美味しいワインが多くなり、多くの顧客に喜ばれるようになってきた。ワイン技術者は、更に品質の向上を目指し奮闘しているが、今回の我々のPOFに関するデータが役に立てば幸いである。

参考文献

- 1) Boutou, S. and P. Chatonnet ; Rapid headspace solid-phase microextraction/gas chromatographic/mass spectrometric assay for the quantitative determination of some of the main odorants causing off-flavour in wine. *J. Chromatography A.* 1141: 1-9, 2007.
- 2) Chatonnet, P., D. Dubourdieu, J. N. Boidron and V. Lavigne ; Synthesis of volatile phenols by *Saccharomyces cerevisiae* in wine. *J. Sci. Food Agric.* 62: 191-202, 1993.
- 3) 横川芳仁, 飯野修一, 中山忠博, 萩野敏; 各種ワイン醸造用酵母のワイン醸造特性, 山梨県工業技術センター研究報告 No.18, 141-144, 2004.
- 4) 横川芳仁, 飯野修一, 中山忠博, 萩野敏; 各種ワイン醸造用酵母のワイン醸造特性(第2報), 山梨県工業技術センター研究報告 No.18, 109-114, 2005.
- 5) Hisamoto, M., T. Furuya, A. Nakagawa, F. Yanagida, T. Okuda, and M. Sato ; Phenolic Off Flavor Characterization of Commercially Available Wine Yeasts and Selection of the Yeast for Koshu Winemaking. *J. ASEV Jpn.*, Vol.21, No.3, 2010. (印刷中)
- 6) 中川明子; 高品質甲州ワイン醸造用酵母の選抜に関する研究, 平成22年9月, 山梨大学工学部ワイン科学コース修士論文, 2010.
- 7) Sato, M., A. Nakagawa, M. Hisamoto, T. Okuda, F. Yanagida ; Selection of wine yeast for making white wine with a high level of aromas from Koshu grapes. 60th National Meeting of American Society for Enology and Viticulture, June 23-26, technical abstracts, p. 73, Napa, CA, USA, 2009.

「食の安全・安心」への安全感の導入

柳本 正勝*

* YANAGIMOTO Masakatsu (農研機構食品総合研究所 アドバイザー)

Key Words: 安心・安全性・安全感指数・アンケート調査・遺伝子組換え食品・農薬・BSE・健康食品

はじめに

2～3年前に比べると、「食の安全・安心」に対する世間の関心は少し緩くなったようである。しかし、これは「食の安全・安心」の問題が解決したからではない。何か切っ掛けがあれば、また大きくクローズアップされることは疑いない。多少なりとも食品安全に係わりのある専門家にとっては、あまり問題になっていない。この時期は本来の仕事に専念できると喜ばれているかもしれない。しかし、こういう時期こそ、専門家がこの問題をじっくりと深く議論するべき時である。

本稿では、「食の安全・安心」を議論する際には、安心ではなく安全感を用いることを提案する。そして、安全感を導入することのメリットを説明するとともに、定量的に表現できることを利用して、「食の安全・安心」でよく話題になる要因の安全感指数を算出し、各要因に対する国民の意識を比較する指標となることを示す。

1. 「食の安全・安心」の限界

「食の安全・安心」がよく問題になるのは、食品安全分野の関係者が十分に合理的な対策を講じているにも係わらず、消費者が食品の安全

性への不安を訴える場合である。ここに、安全でなければ安心できないとされるのは当然として、安心できないから安全でないに違いないという主張も通用している。遺伝子組換え食品をめぐる一連の規制にその典型的な例をみることができる。この乱暴と思える主張が何故通用するのだろうか。本稿の問題意識はここから出発している。

上の主張は、安全と安心が表裏一体であることを前提としている。問題は、安全と安心は表裏一体といえるかにある。少し考えれば直ぐに気付くことであるが、食品分野では安全以外にも多くの要素が安心に影響する。たとえば、曾て食の不安といえば食料資源問題を指した。4年前には食の不安として食品偽装が大問題になった。メディアは、賞味期限と消費期限を混同し、そのうち賞味期限が食品の安全性とは直接係わらないことが分かると、今度は紛らわしいから統一せよと主張した。小さな子どもを持つ母親が心配するのは栄養である。そして価格やおいしさも重要な要素となる。食品分野では多くの要素が安心に係わるのに、安全と安心が表裏一体と捉えられるのはむしろ不思議である。これに関し、その理由には思い当ることがある。安全・安心が問題になるのは食の分野だ

けでなく、防犯、防災、感染症対策、原子力発電などの分野でもしばしば問題になる。これらの分野では安心の問題は安全に対する不安とほぼ同一である。そして社会的にはこれらの分野の影響力は大きい。つまり、社会全体の通念が食の分野にも反映されていると説明できる。これに対し、食品分野では、上述のように安心の対象が安全だけと限らないにも係わらずそれを曖昧なままでし、乱暴と思える主張を許している。

一方、食品分野の行政機関や専門家は安全と安心をどう理解しているだろうか。この分野での古くからの考え方は、そして現在でも根強く支持されているのが、「行政（や事業者）が食品の安全性を確保すれば、消費者は安心する」というものである。この見解では、安全と安心を明確に区別せず、いわば表裏一体と捉えている。そして、安心を安全に対し完全に従属的にみている。

近年では安全と安心は区別されるようになっている。主張されている代表的な考え方は、厚生省の時代に当時の生活衛生局長が開催する懇談会として設置された“食生活安心フォーラム”的報告書¹⁾にみることができる。ここでは、安全を自然科学に基づいた客観的な評価と捉え、安心を消費者の主観的領域に属するとみなす。そのうえで、情報を適切に提供することが大切としている。つまり、安全が客観的であるのに対し安心は主観的と区別している。中嶋²⁾や山田³⁾もこの見解を踏襲している。安全と安心の関係をこのように捉えると、客観的な安全が主観的な安心に優先されるのは当然となる。もう一つには、農林水産省などが進めてきた、安心は安全と信頼で得られるという考え方である。久米⁴⁾や講演での唐木もこの見解を踏襲している。この場合でも、信頼が加わったものの、結局は安心が安全に従属するものと捉えられている。以上のように、安心を安全に従属的に捉える見解には根深いのである。

安全と安心を表裏一体とみなすとか、安心を安全に従属的に捉えるという誤った見解を克服するためには、「食の安全・安心」と表現するかぎり限界がある。

2. 提案する安全感

この困難を開拓するためには、新しい用語が必要と考えた。そこで提案したのが安全感である。この用語は新しい造語ではなく、高橋の研究⁵⁾で使用されている同じ用語から啓発を受けた。しかし、同じ言葉であるが、高橋が使っている用語の意味とは異なる。ここでは“安全性についての感じ方”あるいは“食品による体への危害についての心理的反応”と捉える。なお、防犯や防災分野でも、「安全感・安全感」というように並列的にこの用語が使用されている。これとは意味が似ていると思われるが、その意味を説明した資料は見当たらない。

従来の関連用語との関係を整理しておく。まず、広く使われる言葉に安全感（または不安感）がある。安全感を使用できれば何かと都合が良い。ところが、安全感では前述の安心の曖昧さをそのまま引きずってしまう。

ここで、これまでに登場した用語を中心にその関係を整理しておく。本論からやや外れるが、用語を整理することは重要である。説明が少し込み入るので、整理する6つの用語の関係を表1にした。6つの用語は、安全感と安心感、そして安全と安心、これに加えて安全性と安心性である。まず安全感と安心感は、人の感じ方という点では同じであるが、安全感が食品による体への危害がないことであるのに対し、安全感

表1 用語の整理

	人の感じ方	食品の性質	結果
体への危害	安全感	安全性	安全
心への危害	安心感	安心性	安心

は心への危害がないことである。この関係は安全と安心も同じで、安全が食品による体への危害がないことであるのに対し安心は心への危害がないことである。そして、両者はいわば結果である。一方、安全性は食品の性質で、食品による体への危害がないことである。この整理に従うと、食品の性質には心への危害がないものもあるはずで、これは安心性と呼ぶことができる。ただし、安心性の重要性は一般に認識されていないので、この言葉はほとんど利用されていない。以上のように整理すると、安全感と安全性については共に体への危害に関してで、安全感が人の感じ方であるのに対し安全性は食品の性質であることになる。すなわち、安全感は安全性と対応する。安全感と安全性との関係を明確にできたことは重要で、「食の安全・安心」に安全感を導入することは、「食品の安全性と安全感」として考察することを意味する。この考察を踏まえて、「食の安全・安心」を理解するべきと提案したことになる。

本論に戻ると、安全感を安全性の関係が明確であるのに対し、安心感と安全性の関係をイメージすることは困難である。この観点からも用語として安心感を使用することは適切でない。

次に、ヨーロッパでよく使用される用語に消費者の懸念⁶⁾がある。これも安全感に近い概念である。ただ、消費者の懸念も、安心が持っていた曖昧さを脱却していない。また、懸念というとネガティブな面しか対象にできない。安全感の場合は安全感が高すぎる食品も議論の対象にできる。

最後にある意味で最も近い用語として、主観的安全性とか心理的安全性⁷⁾がある。このうち、主観的安全性は予断を含む用語であり不適切であるが、心理的安全性は安全感とほぼ同じ意味と思われる。ただし、心の問題を表す用語に安全性を含める必然性が認められない。

3. 導入するメリット

「食の安全・安心」に安全感を導入すると、どのようなメリットがあるかを説明する。まず、安全に係わる心の問題と安全以外に係わる心の問題を明確に区別することができる。これは、安全感を導入した直接の目的であるので、当然と言えば当然である。しかし、明確に区別することにより、安全感が低い場合、安全性に対する何らかの懸念であることになり、行政施策において安全性と安全感の整合性をとるべき根拠が明白になる。

二つ目に、安全感は定量的な意味づけをし易いことがある。安心あるいは安全感でも、大きな安心という言葉があるように、一応定量的な表現も可能である。しかし、心の問題を数値で表すことには躊躇があるようみえる。安全感は安全性に対応する用語なので、安全性と同じように定量的な表現ができる。つまり、安全感を導入することにより、「食の安全・安心」を実証的に把握することが可能になる。

そして最後の三つ目に、個人が持つ安全感と国民が持つ安全感の概念が明確になることである。前述のように、従来は安心を消費者の主観と捉えられてきた。これが安心の重要性を矮小化する役割を果たしたと考えている。その大きな原因是、ここでいう消費者が個人なのか国民なのかを曖昧してきたことにある。つまり、個人が持つ主観と国民が持つ意識を区別してこなかった。両者の違いは、アンケート調査を例にすると分かり易い。アンケート調査の個々の回答用紙に記載されている内容は、個人の主観である。一方、回答用紙を集計した平均値は集団の意識であり、調査が国民世論調査のような本格的なものであれば国民の意識となる。つまり、安全感には個人の主観の場合と国民（集団）の意識の場合がある。そして、アンケート調査結

果は通常集計して公表される。

4. 安全感指数の算出

食品添加物や農薬あるいは組換え食品に対する不安感が高いことはよく指摘されている。多くのアンケート調査をみると、これを裏付ける結果となっている。ところが、この事実をどう判断したかはほとんど語られない。上述のように安全感は定量的な表現を前提としているので、それを活用すれば、調査結果の解析に新たな展開がある。

「食の安全・安心」のために実施されたアンケート調査は数多い。その中には安全感を定量的に表現できる質問がしばしば含まれている。その代表的な質問は、表2に示した食品安全委員会が実施した食品安全モニターに対する調査⁸⁾である。ここでは「食品の安全性の観点からあなたが感じている不安の程度を次の中から1つずつ選んでください。」として、遺伝子組換え食品など10の要因について「非常に不安である」から「全く不安を感じない」までの4段階と「よく知らない」の中から選択させている。これ以外の質問形式としては、数多くの要因を示したうえで、「食品の安全性の観点から、あなたがより不安を感じているものは何ですか(いくつでも選択可)」という質問の仕方もある。数から言えば、この形式が多い。

ここでは、情報価値が比較的高い表2タイプ

の質問の集計結果を利用する。計算の仕方を、遺伝子組換え食品に対する回答を例に説明する。この調査でそれぞれの選択肢を回答した人の数を表3の回答者数欄に%で示してある。各選択肢に表3の配点欄の数値を当てれば、そこから安全感指数を計算するのは容易である。この場合、安全感指数は-0.44であった。この数値が遺伝子組換え食品に対する集団(食品安全モニター)の安全感とみなすことができる。配点の仕方により安全感指数が異なることはいうまでもないが、ここで示した配点は常識的なものである。

5. 要因間での比較

同じようにして他の要因についても安全感指数を計算し、これを図示したのが図1である。図1には10の要因を安全感指数の低い順に上から並べてある。定量的に表現することの長所は、このように数値で比較できることにある。比較できれば、低すぎる場合あるいは高すぎる場合に、何故そうなるのかを考察する根拠となる。

具体的に数値をみると、汚染物質の安全感指数が-1.29といちばん低く、次いで有害微生物の-1.17、農薬の-0.99が続く。逆に安全感指数が高いものを見ると、いわゆる健康食品の-0.32がいちばんで、遺伝子組換え食品の-0.44がこれに次ぐ。この数値をみると、遺伝子組換え食品の安全感が予想以上に高いと感じ

表2 「食の安全・安心」に係わる質問例

食品安全の観点からあなたが感じている不安の程度を次の中から1つずつ選んでください。	
①非常に不安である	
②ある程度不安である	
③あまり不安を感じない	
④全く不安を感じない	
⑤よく知らない	

資料：内閣府食品安全委員会⁸⁾

表3 安全感指数の算出(遺伝子組換え食品の例)

選択肢	回答者数(%)	配点
非常に不安である	16.5	-3
ある程度不安である	42.0	-1
あまり不安を感じない	24.7	1
全く不安を感じない	7.7	3
よく知らない	0.5	0
無回答・無効回答	8.6	0

安全感指数 -0.44

るかもしれない。この事実は組換え食品の安全感が一般に言われているほど低くないことと、この調査の限界を認識すべきことを示している。安全感指数を評価するうえで重要な後者について説明しておくと、図1のアンケート調査の対象者が食品安全委員会の食品安全モニターであることが指摘できる。モニターには食品安全性に関心の高い人がなっているし、モニターに委嘱されると食品安全委員会の資料もよく目に触れる。その結果、国民一般からみると多少偏りのある集団となっているのであろう。調査対象者に起因する偏りは、アンケート調査

が抱える本来的な課題である。とはいっても、安全感指数を相対的にみると案外一致することは後述する。

「食の安全・安心」分野では、調査対象者に係わる課題を克服した本格的な調査はこれまでにない。そこで次善の策として、ある程度信頼できそうなアンケート調査結果を探したところ、この他に5つの調査を見つけることができた。それらの調査の概要を表4に示した。この中には民間の調査機関が独自に実施した調査が含まれていないが、調査がないのではなく信頼性により大きな疑問があるためである。表4の

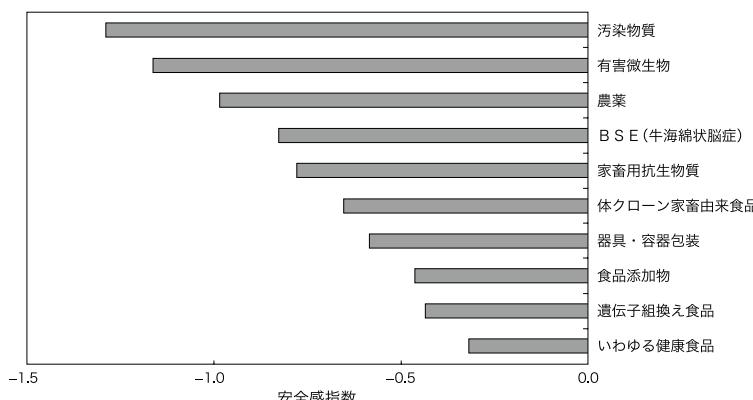


図1 10要因の安全感指数

表4 採用したアンケート調査の概要

調査実施主体	調査対象者	質問の仕方
1 食品安全委員会	食品安全モニター	以下の10個の要因それぞれについて、食品安全性の観点からあなたが感じている不安の程度を次の中から一つずつ選んでください。
2 食品安全委員会 (三菱総研)	「goo リサーチ」消費者モニター	以下の10個の要因それぞれについて、食品安全性の観点からあなたが感じている不安の程度を次の中から一つずつ選んでください。
3 神奈川県	かながわ食の安全・安心モニター	あなたは次の10項目について日常生活でどのように感じていますか。それぞれについてあてはまるものを<選択肢>から一つずつ選び、記号でお答えください。
4 愛知県	愛知県消費生活モニター	以下の8つの要因のそれぞれについて、食品安全性の観点から、不安の程度はどのくらいですか。(1つ選択)
5 長崎県 (日本生活協同組合)	ララコープ組合員	次の15項目について食の安全性の観点から日頃どう感じていますか?
6 世田谷区*	区内20歳以上男女	食の問題に対する不安

*二次資料による

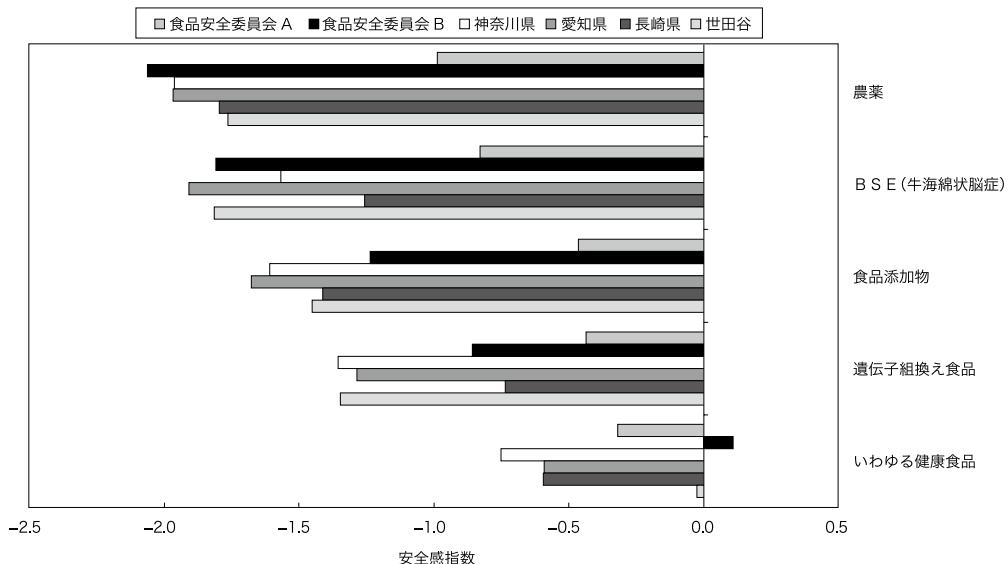


図2 各要因に対する6つの調査での安全感指数

各要因の6つの横棒は上から順に、図の上部にある調査名の左からに対応している。

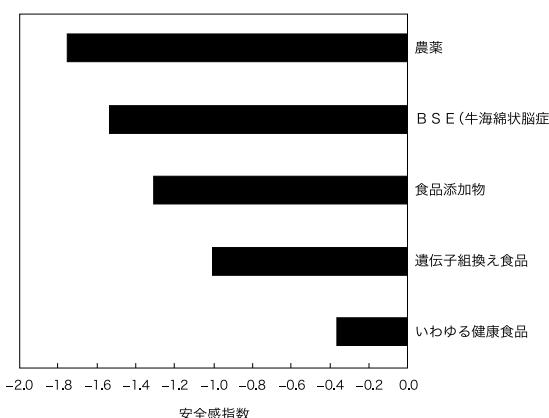


図3 6つの調査での安全感指数の平均値

上から二番目に載せた調査は、食品安全委員会が委託した調査なので一番上の表2の調査と質問の仕方は同じであるが、調査対象者が全く異なる。それ以外の調査では、要因の表記、調査対象者、質問の仕方がそれぞれに異なる。これら全ての調査に登場する要因を取りだすと5要因であった。それについて計算した安全感指数を図示したのが、図2である。

図2では、安全感指数の平均値の順に並べており、低い順に農薬、BSE、食品添加物、遺

伝子組換え食品、いわゆる健康食品となっている。図をよくご覧いただくと気付くことであるが、各調査間において安全感指数の違いが大きいのに対し、各要因の安全感指数の順位は案外一致している。つまり、BSEを除いた4要因の順位は6つの調査全てで同じである。BSEは農薬および食品添加物とそれぞれ1調査ずつ順位が変わる。念のためこれをWilcoxonの符号順位検定と平均値の差の検定を行ったが、どちらの検定法でもBSEと食品添加物以外の組み合わせでは全て有意水準を5%として差がある。図2では相互に比較し難いので、数学的には意味のないことを承知でその平均値を示したのが図3である。

図2に結果を示した調査は、いずれも必ずしも信頼性が高いとはいえない。しかしながら、6つの調査で全て同じ順位となった要因は、国民世論調査のような本格的な調査を実施したとしても、同じ結果となる可能性が高い。つまり、しばしば不安の対象として話題になる農薬、食品添加物、遺伝子組換え食品について、国民の安全感はこの順位で低いと推察できる。図1で、組

換え食品の安全感が案外高かったのは偶然ではない。一方で、実際には事件が多発している、いわゆる健康食品は高すぎる安全感を享受している。

おわりに

1の項で、専門家は安心を安全に対し従属的に捉えていると述べた。ところが、社会全体の仕組みでみると、しばしば安心が安全に優先している。リスク評価を所管する食品安全委員会は、いわゆる八条機関で行政権限は付与されていない。行政権限を持つのは安心も所管する厚生労働省・農林水産省・消費者庁である。日本の仕組みだけでなく、CODEXのリスク分析⁹⁾でも、リスク管理機関はリスク評価機関に対しリスク評価方針（Risk assessment policy）を提示する権限を持ち、かつ評価結果を受けた後の政策選択にあたっても自由度が担保されている。安全性が優先されるのは、WTO（世界貿易機関）の調停の場にすぎない。

安全感を定量的に表現することは、国民の意識すなわち民意がどこにあるかを把握することである。これが重要な場面の一つが、メディアなり消費者から不安を指摘された時であ

る。専門家は安全性を語りメディアが民意を背景に反論する構図が定着しているが、実際にはメディアが民意を反映していない例も少なくない。民意がどちらにあるかを確認するべきである。もしメディアや消費者が指摘する懸念が民意を反映したものであれば、たとえ安全性に問題が指摘されない場合でも、民意に基づく規制があってもやむを得ない。念のためであるが、安全感が高すぎる例にあっては、たとえそれが民意であっても、安全性に問題が指摘される場合において規制を緩める根拠にするべきではない。

本稿では、安心のうち安全に係わる部分について論じた。このことは、安全以外の食料資源問題や食品偽装あるいは栄養などが重要でないと主張するものでない。むしろ逆である。食品偽装はしばしば安全問題と混同され、その結果あたかも次元の低い問題とされることがある。食料資源問題はしばしば安全問題よりも重要である。食料確保が不十分になれば、安全性基準を緩めるのが現実的である。安全とこれらの要素を明確に区別すれば、これらの要素が安心に与える影響を適切に評価できる。

参考文献

- 1) 食生活安心フォーラム：食と健康（厚生省 企画課など監修），147-151, 厚生科学研究所, 東京, 1995.
- 2) 中嶋康博：フードシステム学の理論と体系, 342-354, 農林統計協会, 東京, 2002.
- 3) 山田友紀子：食糧, Vol.42, 1-19, 食品総合研究所, 茨城, 2004.
- 4) 久米均：食の安全と安心を守る, 10-15, 日本学術協力財団 東京, 2005.
- 5) 竹西亜古・高橋克也：フードシステム研究, 15, 1, 2008.
- 6) 駐日欧州連合代表部：http://www.deljpn.ec.europa.eu/union/showpage_jp_union.afs.agriculture.php
- 7) 竹西亜古・高橋克也：農林水産政策研究, 16, 1, 2009.
- 8) 内閣府食品安全委員会：食品安全モニター課題報告「食品安全性に関する意識等について」2008, <http://www.fsc.go.jp/monitor/2006moni-kadaihoukoku-shousai.pdf>
- 9) CODEX: CAC/RCP 1-1963, Rev. 4-2003, Recommended International Code of Practice General Principles of Food Hygiene

高齢者が誤嚥しにくい食品の物性

熊谷 仁^{*1} 谷米（長谷川）温子^{*2} 田代 晃子^{*3} 熊谷 日登美^{*4}

^{*1} KUMAGAI Hitoshi, ^{*3} TASHIRO Akiko (共立女子大学 家政学部)

^{*2} HASEGAWA-TANIGOME Atsuko, ^{*4} KUMAGAI Hitomi (日本大学 生物資源科学部)

Key Words : 嘔下障害・誤嚥・介護用食品・超音波・粘度・トロミ剤・ヨーグルト

はじめに

嚥下時に食塊の一部の小片が誤って気管へ入ることを誤嚥 (aspiration) という。食物は、口腔内で咀嚼され唾液と混合して食塊 (bolus) となり (液状食品など、咀嚼がほとんど行われないこともある), 嘔下 (swallow) され、咽頭部 (pharynx) を通過して、食道へと送られる。すなわち咽頭部を食塊と空気が時間差を持って通過する (図 1)¹⁾ が、高齢者では組織の弾性の低下に加え、筋力も低下するため、嚥下時に食塊の通過のタイミングが取れない可能性が高くなる。近年、65 歳以上の高齢者が日本の総人口の 20%以上という社会の高齢化に伴い、

誤嚥を起こす高齢者が増大している²⁾。こうした誤嚥を起こす嚥下障害者のために、増粘剤やゲル化剤を添加した誤嚥しにくい食品が開発されている^{3, 4)}。しかし、このような高齢者や咀嚼・嚥下障害者にとって誤嚥防止に有効な食物の形態や物性などの判断は、病院や介護施設などの現場の経験に基づいたもので、物性の規格化も試みられてはいるが、それらには科学的根拠が不明瞭な点もいくつか見受けられる。

高齢者が誤嚥する大きな理由が咽頭部において食塊の通過のタイミングが取れないことであることから考えて、嚥下障害者のための介護食として適切な物性を明らかにするためには、咽頭部における食塊の流動性と食物のレオロジー特性との関連を定量的に把握するのが有力なアプローチである。本稿では、誤嚥しにくい食品の物性とヒト咽頭部流速との関係について、筆者らの研究結果に基づいて考察する。

1. テクスチャー測定と嚥下困難者用食品の基準

1-1. 厚生労働省の許可基準

国は嚥下障害者が食しても誤嚥しにくい食品の基準を定めている。厚生労働省は 1994 年に、

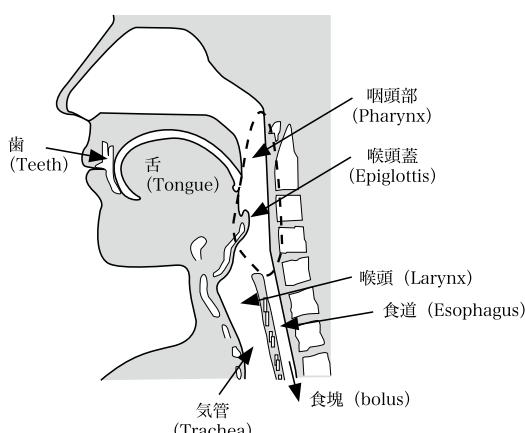


図 1 ヒトの咽頭部周辺の正中断面図

「高齢者用食品」という区分の中で「そしゃく・えん下困難者用食品の許可基準」を設定した。その基準は、2009年に「えん下困難者用食品」として改定された⁵⁾。旧基準と新基準では、

- (i) 旧基準においてはゾルとゲルの両方についての基準が設定されていたが、新基準においては、ゾルとゲルの区別がされていない。
- (ii) 旧基準においては、ゾルに関して「堅さ」に加えて粘度の大きさも規定されていた。一方、新基準においては、「硬さ」、「凝集性」、「付着性」が物性の指標とされている。

という大きな違いが目に付く。「かたさ」（「堅さ」、「硬さ」と漢字を区別するのは設定基準内）「凝集性」、「付着性」は、後述のテクスチャーテストから得られるパラメータである。また、新基準においては、重度の障害者に対する許可基準Ⅰから軽度の障害者に対する許可基準Ⅲまで、「硬さ」と凝集性に関しては範囲（上限と下限）が、付着性については上限値が設定されている。障害が重度であるほど範囲は狭くなってしまっており、許可基準Ⅲにおいては、凝集性の値は設定されていない⁶⁾。

1-2. 食品の“飲み込みやすさ”とテクスチャーテスト

食品の“飲み込みやすさ”あるいはその裏返しである“飲み込みにくさ”について常識的に考えてみよう。“飲み込みにくい食品”とは、第1には喉につまりやすい食品が思い浮かぶ。例えば、つきたての餅のように“べたつき”ものは喉につまりやすい。第2には、むせやすい食品で、粉のようにパサパサしているものや水などの低粘性のものなど、“バラバラになりやすい”食品が考えられる。こうしたことから、「べたつき」の度合いが小さく、咽頭部での「まとまりやすさ」（食塊としての）が良好な食品が嚥下障害者に適しているとされる。しかし、「べたつき」、「まとまりやすさ」をどのように“数値化”するかは大きな問題である。

現在、咀嚼・嚥下障害者用介護食に関する研究や品質評価の領域では、この「べたつき」、「まとまりやすさ」を、レオメータを用いたテクスチャーテストから得られる「付着性」、「凝集性」というパラメータでそれぞれ評価しようとする傾向が多く見られる。テクスチャーテストでは、図2に示すように、円筒形の試料の上部に平らなプランジャーを当てて上下して試料に大変形を与え、応力vs.歪みの関係をもとめる。そして、1回目の圧縮ピークの高さ H を「かたさ」（hardness）、その直後の引っ張り過程の負の応力を示すピーク面積 B を「付着性」（adhesiveness）、2回目の圧縮ピークと1回目の圧縮ピークの面積比 A_2/A_1 を「凝集性」（cohesiveness）という^{7,8)}。摂食時の咀嚼・嚥下過程では、食物は「大変形」をするため、官能評価と対応する機器測定法として、テクスチャーテストは介護食が着目される以前から行われてきた。3つのパラメータの中で、1回目の圧縮ピークを「かたさ」というのは、まだしもその意味を考えやすい。「付着性」に関しては、プランジャーを持ち上げる際にプランジャーに

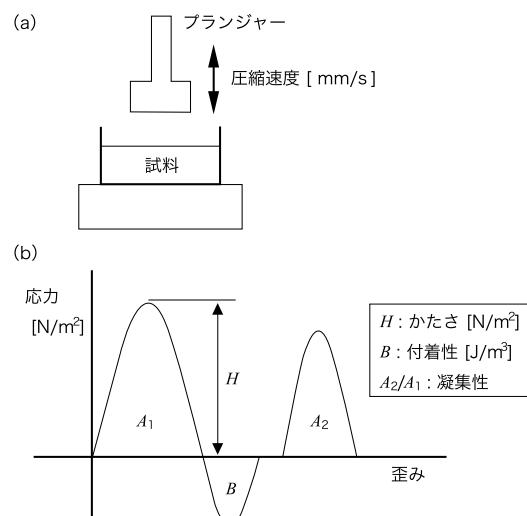


図2 テクスチャーテスト

(a) 装置

(b) 応力 vs. 歪み曲線と得られるパラメータ

付着する試料の量が多ければ「付着性」は大きくなるだろうから、ピーク面積 B を、「付着性」とするのだろう。「凝集性」に関しては、1回目の圧縮で破壊される試料（ビスケット、煎餅など）では、2回目のピーク面積は0に近くなるので，“ばらばらになりやすい”試料では小さくなる。こうしたことから、テクスチャー測定から得られる「付着性」が「べたつき」の程度、「凝集性」が「まとまりやすさ」の程度、「かたさ」が文字通りかたさの程度とされていると考えられる。

1-3. テクスチャー測定に関する疑問点

上述のように、食品の「べたつき」の程度や咽頭部における食塊の「まとまりやすさ」が重要という認識から、厚生労働省の新基準は設定されたのだろうが、「かたさ」、「凝集性」、「付着性」という3つのパラメータの意味を考えるといくつかの問題がある。

- (i) 「付着性」については、ステンレスやテフロンなど元来、試料が付着しにくい素材でできているプランジャーを用いて得られた付着性が、ヒトの口腔内や咽頭部の粘膜に対する付着性と対応するかは疑問である⁶⁾。
- (ii) 「凝集性」については、“バラバラになりにくさ（ビスケットのような）”という意味での「まとまりやすさ」の他にも、変形後の形の回復のしやすさも影響する⁶⁾。
- (iii) こうしたテクスチャーパラメータは試料の大きさや形状に依存するので、本来の意味での物性（physical properties）ではない⁷⁻¹⁰⁾。よって、異なる測定機器間で値を比較することが難しいので、これらを指標とする場合、測定値のみでなく、測定装置やプランジャーの形・サイズ、プランジャーの移動速度などを細かく規定する必要がある。プランジャーの移動速度によっても測定値が変わってくるが、どのような移動速度が適切かを決定する信頼できる根拠はあまりない。(ii)

に関しては、実際、筆者らが誤嚥しやすい飲料として知られる水の凝集性を測定したところ0.95以上であった。また、誤嚥しにくいとされるヨーグルトの「凝集性」は1よりかなり小さくなつた((iii)からも「凝集性」の値は測定装置によって大きく異なる可能性はある)。このことは、飲み込みやすい食品の特性の一つとされる「まとまりやすさ」（もう一つは「べたつきにくさ」）を「凝集性」によって評価することは問題があることを意味している。そもそも、厚生労働省の新基準において、「まとまりやすさ」の指標であるはずの「凝集性」に上限値が設定されているのは論理的に矛盾している。さらに、このような物理的意味づけが難しいパラメータは、“流動しやすさ”，“べたつきやすさ”，“変形しやすさ”，“ばらばらになりやすさ”など、嚥下に関わる特性が複合されており、要因が分解できない可能性がある。高齢による嚥下障害に関しては、上述の誤嚥の機構の他にも、様々な臨床例（咽頭部での食塊の滞留など）があるので、介護食の指標としてのパラメータを選定する場合、「いかなる現象と関わっているか」という物理的意味を考慮する必要があろう。

2. 粘度と動的粘弾性

咀嚼・嚥下過程において、物性は複雑に変化するので、どのようなレオロジー特性の食品が介護食として有効かは難しい。ただ、介護食の指標となる物性としては、測定装置によって測定値が異なる（できれば試料サイズにも依らないことが望ましい）こと、考えられる要因と物理的に意味づけが可能なことが必要であろう。以下、粘度（流動粘度）および微小変形下で測定される動的粘弾性の概念について述べる。

2-1. 液体の粘度

液状食品については、物理的意味から、咽頭

部における食塊の流動に関与する物性としては、粘度を考えるのが自然である。流体（液体または気体）の粘度（流動粘度） μ は、以下のように定義される（固体に関しては定義されない）。

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (1)$$

ここで、 τ はすり応力、 $\dot{\gamma}$ はすり速度である。
(1) 式から、粘度 μ の値が小さいほど、流体は流れやすい。 $\dot{\gamma}$ に関わらず μ が一定の流体をニュートン流体といい、水あめや希薄な溶液はニュートン流動を示すが、多くの食品溶液は粘度 μ がすり速度に依存する非ニュートン流体である。すり速度の増加に伴って粘度値が低下する現象をすり流動化（shear thinning）という。非ニュートン流体に関して議論をする場合、すり速度 $\dot{\gamma}$ を規定しなければ意味がない。

粘度測定に食品業界でよく用いられるのが、コーン・プレート型粘度計と B 型（回転円筒型）粘度計である。コーン・プレート型粘度計は、少量の試料を用いて、すり速度 $\dot{\gamma}$ の関数として正確な μ を求めることができるが、不均質な試料の測定には向かない。一方、B 型粘度計の場合、ニュートン流体以外では実験式を用いた $\dot{\gamma}$ の近似値の関数としての μ しか求められないが、不均質な試料でもみかけの粘度を測定できる利点がある⁹⁾。

厚生労働省が特別用途食品中の「そしゃく・えん下困難者用食品」の“ゾル”的許可基準として 1994 年に示した物性指標は、「B 型粘度計を用いてロータ回転数 12 rpm で測定した 20℃ の粘度値（ロータを回転して 2 分後）が 1.5 Pa·s 以上」であった。筆者らが計算したところ、増粘剤溶液をロータ回転数 12 rpm で測定した際のすり速度 $\dot{\gamma}$ は $2 \sim 3 \text{ s}^{-1}$ に相当することが確認された¹¹⁻¹³⁾。

2-2. 動的粘弹性

1) 動的粘弹性測定から得られるパラメータ

動的粘弹性とは、物体に角周波数 ω [rad/s] の

微小な正弦的な応力を与えて検出される歪みの応答から求められる物性である。応力に対しての歪みの位相遅れ δ と応力と歪みの振幅から、動的な弾性率である貯蔵弾性率 G' [Pa] と動的粘性率 η' [Pa·s] が求められる。動的粘弹性測定から求められるパラメータはこの G' と η' の 2 つと考えてよいが、物質の内部構造や状態に関しての情報を得る場合、いくつかのパラメータを定義しておくと便利である。損失弾性率 G'' [Pa] は、角周波数 ω と η' とから

$$G'' = \omega \eta' \quad (2)$$

のようく表される。また、動的粘弹性の挙動を解析する際、複素平面で考えた方が便利なことがあるので、以下のように複素弾性率 G^* [Pa] を定義する。

$$G^* = G' + i G'' \quad (3)$$

ここで、 i は虚数単位である。粘性に関しては、複素粘性率 η^* [Pa·s] を以下のように定義する。

$$\eta^* = G^*/(i\omega) \quad (4)$$

(2), (3), (4) 式から、

$$\eta^* = \eta' - i \eta'' \quad (5)$$

となる。ここで、 η'' [Pa·s] は

$$\eta'' = G'/\omega \quad (6)$$

で定義されるパラメータである。またパラメータ δ と G' , G'' との間には以下の関係がある。

$$\tan \delta = G''/G' \quad (7)$$

この $\tan \delta$ を損失正接という。

動的粘弹性測定においては多くの場合、角周波数 ω を変化させた場合の粘弹性挙動を解析する。

2) 動的粘弹性の挙動に基づくハイドロコロイドの分類

多くの食品は、ハイドロコロイドであり、その粘弹性挙動は食品内部の成分の分散構造に依存する。多糖に代表される高分子から成る食品ハイドロコロイドは動的粘弹性の角周波数 ω 依存性から以下のように分類される¹⁴⁾。

(i) 真のゲル（弾性的ゲル）

測定各周波数全域において貯蔵弾性率 G'

が損失弾性率 G'' よりも 1 柄以上大きく、 G' , G'' 共に角周波数 ω に関わらずほぼ一定である。高濃度のゼラチンや寒天などは、この真のゲルに分類される。

(ii) 弱いゲル

$G' > G''$ で、 ω の増加に伴って G' および G'' がわずかに増加する。筆者らの測定では後述のように、高濃度のキサンタンガム溶液が弱いゲルの粘弾性挙動を示したが、「ゲル」といっても見かけ上は「トロミのある液体」であった。

(iii) 真の高分子溶液

低角周波数域では $G' < G''$ 、つまり粘性が支配的、高角周波数域では $G' > G''$ 、つまり弾性が支配的となる。

(iv) 希薄な高分子溶液

測定の全角周波数範囲で $G' < G''$ 、 $\log_{10} G' vs. \log_{10} \omega$ プロットが傾き 2 の直線、 $\log_{10} G'' vs. \log_{10} \omega$ プロットが傾き 1 の直線になる。

3) 液体の粘度および動的粘性率に関する Cox-Merz の経験則

粘度 μ と、動的粘性率 η' は、異なる物性値である。とくに、ゲルなどの固体・半固体に関しては、 η' は測定可能だが、粘度 μ は測定できない。一方、液体の場合、粘度 μ 、 η' いずれも実測可能だが、この液体に関する流動粘度と動的粘性率との関係を示すのが Cox-Merz の経験則¹⁵⁾ である。 $\mu = \mu(\dot{\gamma})$ (「粘度 μ がずり速度 $\dot{\gamma}$ の関数」の意味)、 $\eta^* = \eta^*(\omega)$ 、 $\eta' = \eta'(\omega)$ 、 $\eta'' = \eta''(\omega)$ であるが、Cox-Merz 経験則は、 $\dot{\gamma} = \omega$ のときに、 μ と複素粘性率 η^* の絶対値 $|\eta^*|$ が等しいことを主張しており、数式で表すと以下のようになる。

$$\mu = |\eta^*| (=\sqrt{\eta'^2 + \eta''^2}) \text{ at } \dot{\gamma} = \omega \quad (8)$$

ただし、レオロジーでは習慣上、複素粘性率 η^* の絶対値を単に η^* と書くことが多い。

Cox-Merz 経験則は多くの高分子溶液に適用できるが、「弱いゲル」に関しては、 η^* が μ の数

倍程度になるようである¹⁶⁾。

2-3. 粘度と動的粘弾性の測定例^{11, 12)}

次に筆者らが嚥下の実験に用いた増粘剤溶液に関して粘度と動的粘弾性の測定例を示す。

図 3 に、ポピュラーな増粘剤に関して、コーン・プレート型粘度計 (TA Instruments 社 AR-G2 を粘度測定モードにして使用) と B 型粘度計 (東機産業社製 BL/50) による溶液粘度 μ の測定値を比較して示す。B 型粘度計に関してずり速度 $\dot{\gamma}$ はメーカーのカタログ中にある実験式により近似値を算出した。上図 (A) が流

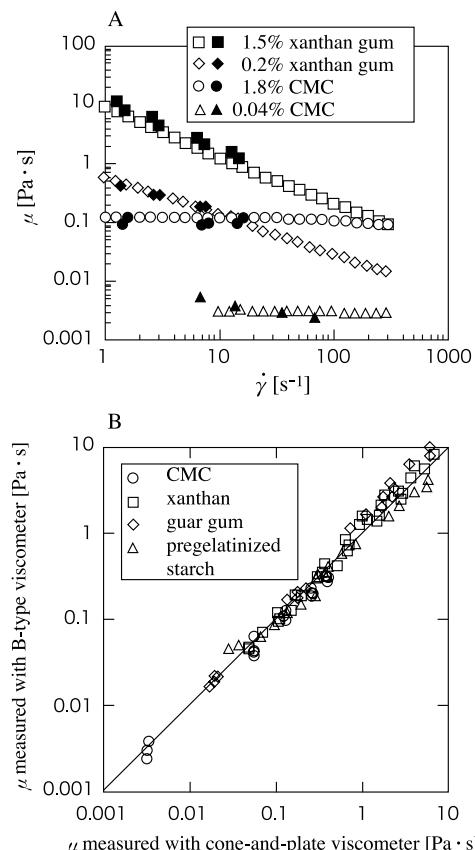


図 3 コーン・プレート型粘度計および B 型粘度計で測定した増粘剤溶液の粘度 (25 °C)

A: 流動特性 (μ vs. $\dot{\gamma}$) の測定例

白抜き (○, △, □, ◇): コーン・プレート型粘度計

黒 (●, ▲, ■, ◆): B 型粘度計

B: コーン・プレート型粘度計および B 型粘度計で測定した粘度値の比較

動特性 (μ vs. $\dot{\gamma}$), 上図 (B) が同一の $\dot{\gamma}$ における粘度値の比較である。コーン・プレート型粘度計および B 型粘度計は同程度の粘度値を示しており, B 型粘度計でも上図 (A) のように近似的な流動特性が得られる。ただ, 粘度の大きさにもよるが, B 型粘度計では, 変化させることができるずり速度は 1 術程度で, 粘度が 0.1 Pa·s 以上の溶液については, $\dot{\gamma}=20\text{ s}^{-1}$ 以上のずり速度における測定値を得ることは難しい。

図 4 に増粘剤溶液の貯蔵弾性率 G' と損失弾

性率 G'' の角周波数 (ω) 依存性を示す。動的粘弾性測定には TA Instruments 社製 AR-G2 を用いた。 G' と G'' の挙動から, 測定した濃度範囲で CMC は“希薄な高分子溶液”, キサンタンガムは高濃度で“弱いゲル”, 低濃度で“真の高分子溶液”であることが確認された。また, グアガムは高濃度で“真の高分子溶液”, 低濃度で“希薄な高分子溶液”であった。

図 5 に増粘剤溶液の粘度 μ , 動的粘性率 η' , 複素粘性率 η^* の測定結果を示すが, $\dot{\gamma}=\omega$ のと

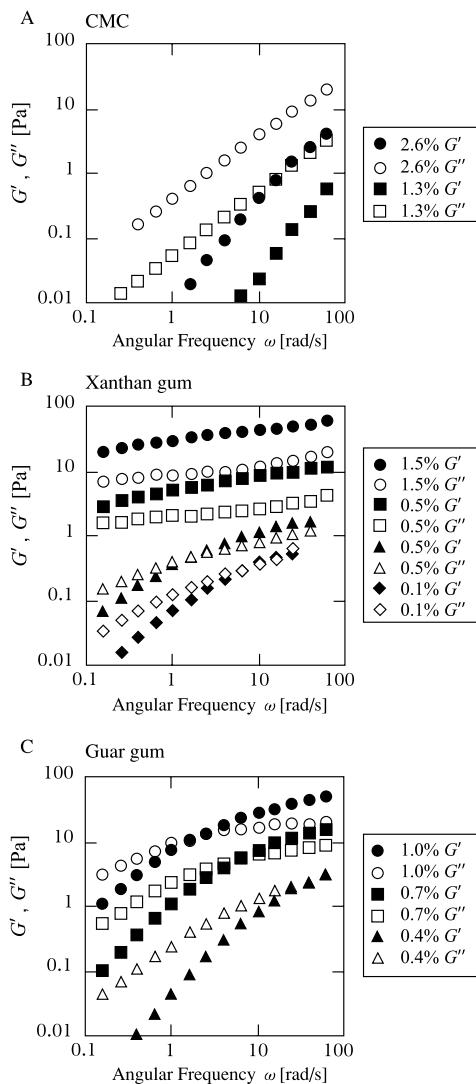


図 4 増粘剤溶液の貯蔵弾性率 G' と損失弾性率 G'' の角周波数依存性¹²⁾

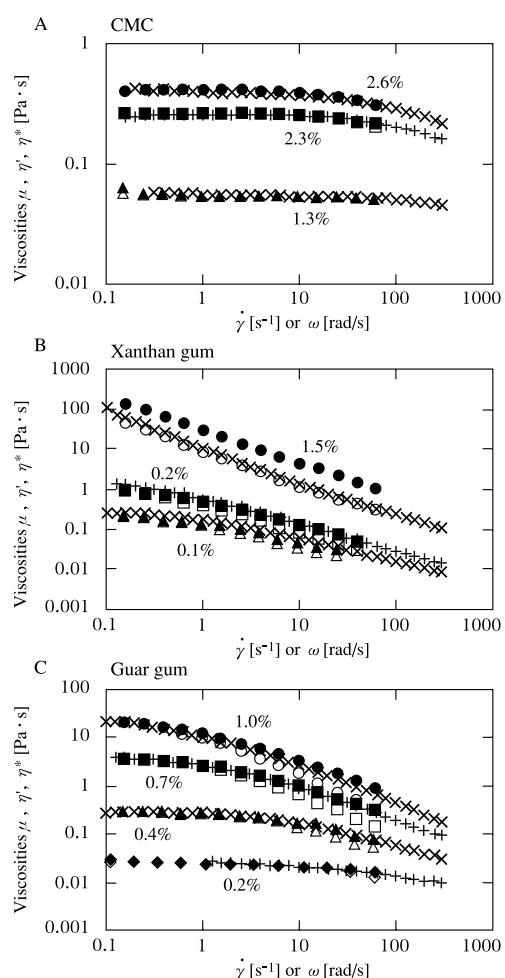


図 5 CMC, キサンタンガム, グアガム溶液の粘度 μ ($=\mu(\dot{\gamma})$), 動的粘性率 η' ($=\eta'(\omega)$), 複素粘性率 η^* ($=\eta^*(\omega)$)¹²⁾

白抜き (○, □, △), η' : 黒 (●, ■, ▲), η^* : (+, ×) : μ

きには、高濃度のキサンタンガム溶液を除いて μ , η' , η^* は近い値となった。図 6 に、 $\dot{\gamma} = \omega$ のときの μ と η^* , μ と η' を対比して示すが、 μ と η^* , μ と η' の値はほぼ一致しており、“弱いゲル”であるキサンタンガム溶液のみ η^* の値が μ の値の数倍程度になっている。

$\dot{\gamma} = \omega$ のときの $\mu = \eta^*$ であることは、Cox-Merz の経験則 ((8) 式) が予測する通りであり、“弱いゲル”の場合に Cox-Merz の経験則が合わないことに関する報告がある¹⁶⁾。 μ と η' の値が近いのは、溶液の場合、弾性項の寄与が比較的小さいためと推察される ((6) 式参照)。図 5 に見られるように測定した範囲で、CMC 溶液はニュートン流体に近く、キサンタンガムとグアガムは顕著なずり流動化を示した。その結果、図 3 の 0.2% キサンタンガム溶液、

1.8% CMC 溶液など、 $\dot{\gamma}$ によって粘度値の大小が逆転している。このように、異なる試料間で粘度値を比較する場合、ずり速度 $\dot{\gamma}$ を規定しなければ意味がない。

3. ヒト咽頭部における食塊の流速と食品物性の関係

従来、ヒト咽頭部における食塊の流動性に関する多くの研究では、X 線を用いた VF (Video-Fluorography) が用いられてきたが¹⁷⁾、X 線被爆の危険があるため同一の被験者に対して多くの実験を行いにくいこと、造影剤の添加によって物性が変化しうるなどの問題があった。筆者らは、これまで人体に害のない超音波を用いたパルス・ドプラー法により、嚥下時の咽頭部における流速測定を行った¹⁸⁻²⁰⁾。その結果、咽頭部での最大流速が、誤嚥しやすいと言われる水ではなく、誤嚥しにくいと言われるヨーグルトはその 1/3 から 1/2 程度であり、最大流速により誤嚥の危険性を予測できることが確認された。また、物性値と咽頭部流速の関係についても検討を行ってきた^{11-13, 18, 20)}。以下では、超音波パルス・ドプラー法により測定した咽頭部における食塊の流速分布と食品物性の関係について述べる。

3-1. 増粘剤 (トロミ剤) の物性と咽頭部流速

1) 増粘剤溶液の粘度と咽頭部流速との関係^{11, 12)}

ヒト咽頭部の流速測定は、医療用超音波診断装置を用いて測定周波数 5.0 MHz で行った。健常女性を被験者とし、背筋を伸ばして嚥下する際の喉頭蓋を通過する直前の食塊の流速を測定した。得られた流速スペクトルから最大流速 V_{max} と平均流速 v_m を求めた。

図 7 に、増粘剤溶液に関して、咽頭部流速および $\dot{\gamma}$ が 2.5 s^{-1} , 25 s^{-1} における粘度 μ の濃度依存性を示す。図には比較のために、誤嚥しやすい水 (濃度 0% の点) ; サントリー (株), 南ア

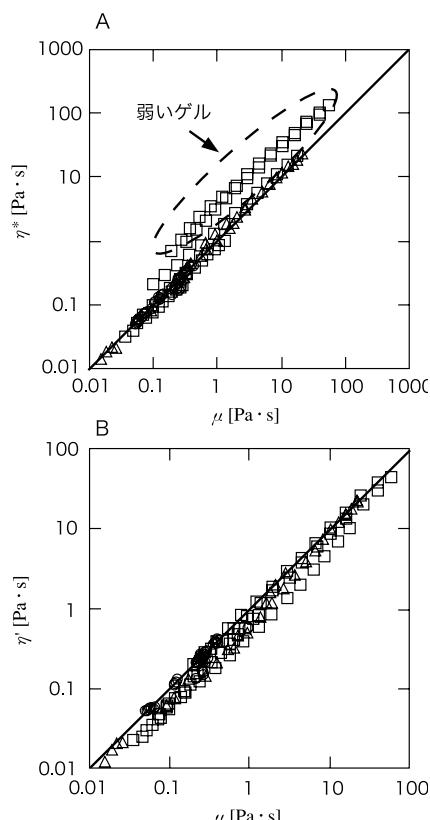


図 6 $\omega = \dot{\gamma}$ における μ と η^* , μ と η' の比較
 ○, CMC; □, キサンタンガム; △, グアガム

ルプス天然水) と誤嚥しにくいヨーグルト(明治乳業(株), 明治ブルガリアヨーグルト低糖LB81)のデータも示してある。流速スペクトルを解析して得られる平均流速 v_m , 最大流速 V_{max} 共に, 増粘剤濃度の増加に伴って減少し, ヨーグルトの値に近づく傾向がみられた。このことは, 上述の誤嚥の要因や嚥下障害者にとって

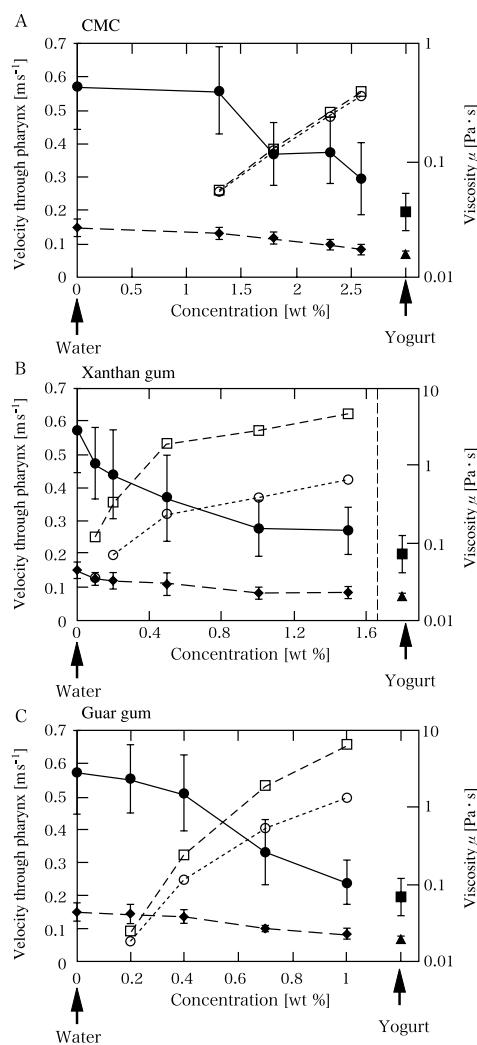


図7 増粘剤溶液の咽頭部流速(平均流速, v_m ; 最大流速 V_{max})と粘度 μ の濃度依存性¹²⁾

誤嚥しやすい水(濃度0%)と誤嚥しにくいヨーグルトのデータも示してある。

- , 増粘剤溶液の V_{max} ; ■, ヨーグルトの V_{max}
- ◆, 増粘剤溶液の v_m ; ▲, ヨーグルトの v_m
- , $\dot{\gamma} = 2.5 \text{ s}^{-1}$ における μ ; □, $\dot{\gamma} = 25 \text{ s}^{-1}$ における μ

トロミ剤溶液やヨーグルトが誤嚥しにくいという経験則と矛盾しない。図7のデータは, 流速の大きさによって誤嚥の危険性を判断できることを示しているが, V_{max} の方が v_m より変化が大きく, 誤嚥の危険性を判断するのに便利である。粘度 μ の値も濃度増加と共に上昇したが, キサンタンガムとグアガムにおいては $\dot{\gamma} = 2.5 \text{ s}^{-1}$ と $\dot{\gamma} = 25 \text{ s}^{-1}$ で値がかなり異なる。上述のように厚生労働省の旧基準中からは「 $\dot{\gamma}$ が $2 \sim 3 \text{ s}^{-1}$ での μ が $1.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上」と計算される。しかし, $\dot{\gamma} = 2.5 \text{ s}^{-1}$ においてヨーグルトの V_{max} 値に近い溶液の μ 値は, CMC溶液では $1.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ より小さく, キサンタンガムとグアガムではかなり大きい。

図8に, 増粘剤に関して, $\dot{\gamma}$ or ω が 2.5 および 25 s^{-1} (or rad/s)における μ , η' , η^* と V_{max} との関係を示す。いずれの $\dot{\gamma}$ でも, μ , η' , η^* の値が増加する程, V_{max} の値は低下し, ヨーグルトの値(この被験者の場合, $0.20 \pm 0.06 \text{ m s}^{-1}$)に近づく傾向が見られた。また, レオロジー的特性(“弱いゲル”, “真の高分子溶液”, “希薄な高分子溶液”)が異なる溶液のデータをプロットしているにも関わらず, $\log \mu$ と V_{max} の間には, 相関係数 R が約0.8以上の高い相関があり, これは, μ , η' , η^* が液状の嚥下障害者用介護食の物性指標として有効であることを意味している。図8のように, μ , η' , η^* と V_{max} との関係を片対数プロットすると, その R と, データの外挿によってヨーグルトの V_{max} 値となる μ , η' , η^* の値が求められる。

図9に, $V_{max} = 0.2 \text{ m s}^{-1}$ (ヨーグルトの V_{max} 値)と $V_{max} = 0.3 \text{ m s}^{-1}$ (ヨーグルトの V_{max} 値の標準偏差を考慮した妥協した値)となる μ , η' , η^* と R の値を示す。 R の値は全て0.8以上であり, 実用上はどの $\dot{\gamma}$ あるいは ω の値における μ , η' , η^* も介護食の物性指標にはなりうるが, 必要な下限値は $\dot{\gamma}$ あるいは ω の値によって大きく異なる。また, $\dot{\gamma}$ あるいは ω の値が低いほど,

同じ $\dot{\gamma}$ あるいは ω における μ , η' , η^* の下限値の差が大きい。図 7 に示した平均流速 v_m の値と咽頭部のサイズとから、咽頭部における食塊のずり速度は数 s^{-1} と推定される^{11, 12)}。よって、筆者らは、10 ~ 数 s^{-1} 程度のずり速度における粘度値が液状介護食の物性指標として適切と考えられることを報告した。一方、厚生労働省の旧基準（1994 年）から計算される $\dot{\gamma}$ 値 2 ~ 3 s^{-1} は一桁小さい。また、その $\dot{\gamma}$ 値 2 ~ 3

s^{-1} で必要な μ 値は、図 9 に示すように、 $V_{max} = 0.2 m s^{-1}$ で $\mu \approx 15 Pa \cdot s$, $V_{max} = 0.3 m s^{-1}$ で $\mu \approx 3 Pa \cdot s$ と、基準値「1.5 Pa · s 以上」よりかなり大きい。これらのことから、1994 年にゾルの粘度に設定された基準は、ずり速度（実際はロータ回転数）、 μ の下限値、いずれについても不適切であったと考えられる。

図 5 および図 6 に示した μ , η' , η^* の値の類似性（最大数倍程度の差がある）から考えても、増粘剤溶液に関しては、 μ , η' , η^* どれも用いることもできると考えられる。

2) 市販のトロミ剤溶液および“攪拌ヨーグルト”の粘度と咽頭部流速との関係¹³⁾

現在、嚥下障害者の介護食用に市販されている多くのものはメーカーから“ジャム状”, “ヨーグルト状”, “ポタージュ状”という性状の溶液の調製法が提示されている。予備実験をしてみると、多くのメーカーのトロミ剤溶液のレオロジー特性が類似していたので（キサンタンガムを用いているらしい）、筆者らは、あるメーカーのトロミ剤を用いて、“ジャム状”, “ヨーグルト状”, “ポタージュ状”的試料を調製し、流動特性と咽頭部流速との関係について検討し、ヨーグルトとの比較を行った。

図 10 に市販のトロミ剤溶液、ヨーグルト、スプーンで攪拌してカードを破壊したヨーグルト（粘度を測定するため；以下、“攪拌ヨーグルト”と呼ぶ）について咽頭部流速の測定結果を示す。攪拌ヨーグルトの V_{max} の

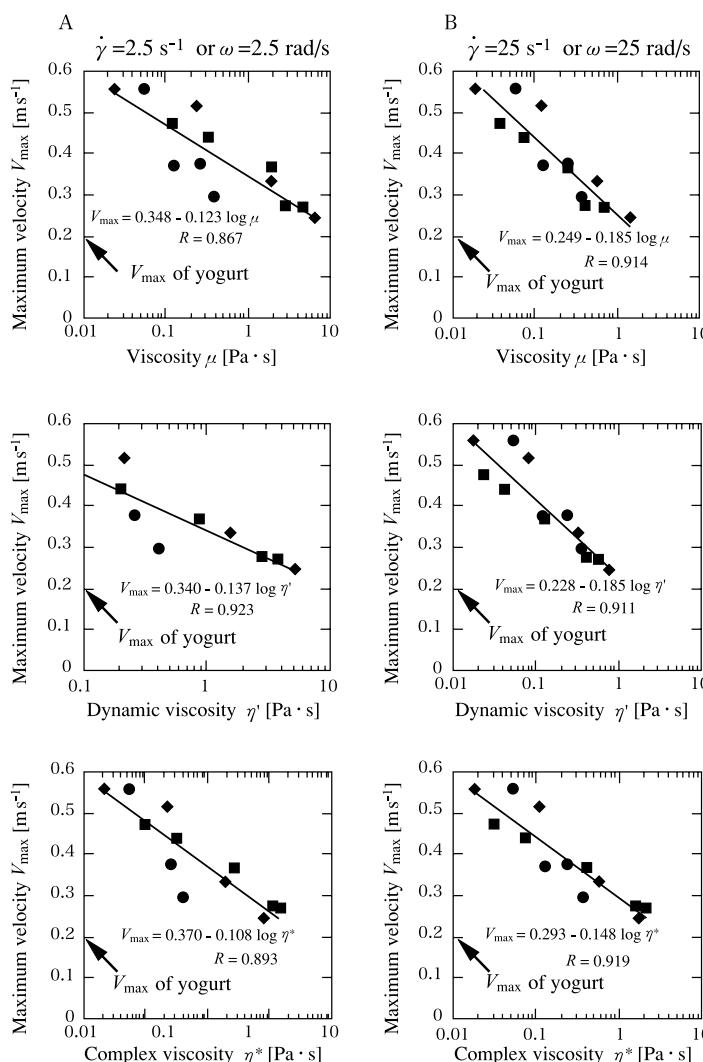


図 8 市販の増粘剤の咽頭部最大流速 V_{max} と μ , η' , η^* (25 °C) との相関¹²⁾

●, CMC; ■, キサンタンガム; ◆, グアガム

値はヨーグルトの値に近く、用いた搅拌ヨーグルトはヨーグルトの食塊に近い流動性をもつていて推察される。トロミ剤溶液の V_{\max} の値は、“ポタージュ状”，“ヨーグルト状”，“ジャム状”の試料の順に小さくなつたが、“ジャム状”試料の V_{\max} の値でさえヨーグルトの値よりやや大きかった。これらのことから、“ヨーグルト状”トロミ剤溶液の V_{\max} の値は、ヨーグルトの値より大きく、誤嚥の危険性が大きいと考えられる。

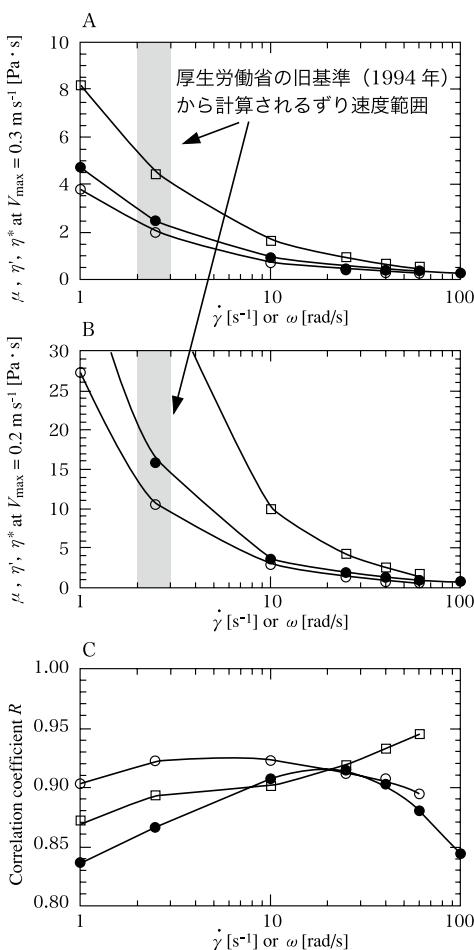


図 9 咽頭部最大流速 V_{\max} を低下させるために必要な μ , η' , η^* の推定値と相関係数 R

(A) $V_{\max} = 0.2 \text{ m s}^{-1}$ となる μ , η' , η^*

(B) $V_{\max} = 0.3 \text{ m s}^{-1}$ となる μ , η' , η^*

(C) 相関係数

●, μ ; ○, η' ; □, η^*

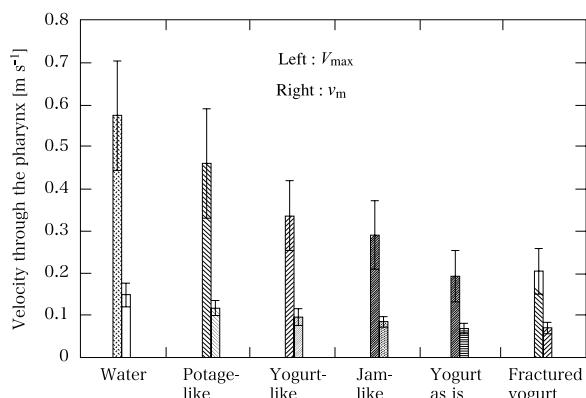


図 10 市販のトロミ剤溶液、ヨーグルトおよび“搅拌ヨーグルト”の咽頭部流速¹³⁾

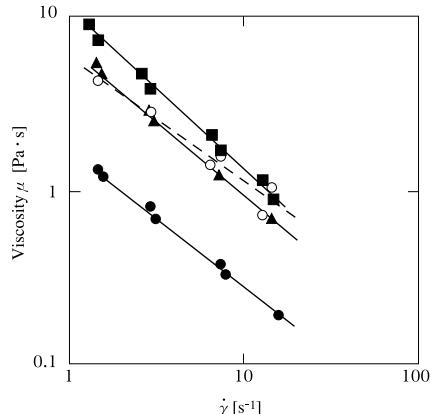


図 11 市販のトロミ剤溶液と“搅拌ヨーグルト”的流動特性 (μ vs. $\dot{\gamma}$)

試料: ■, ジャム状; ▲, ヨーグルト状; ●, ポタージュ状; ○, 搅拌ヨーグルト

実線は、トロミ剤溶液のデータの回帰直線

点線は、“搅拌ヨーグルト”のデータの回帰直線

ム状”溶液の値に近かった。これは図9に示すように、すり流動化の程度がトロミ剤溶液と攪拌ヨーグルトで異なることによる。厚生労働省の旧基準中の測定条件から計算されるすり速度に近い $\dot{\gamma} = 2.5 \text{ s}^{-1}$ の粘度値は、“ジャム状”溶液が $4.7 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、“ヨーグルト状”溶液が $3.1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ と、 $1.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ より大きかった。このように、実際に使われているトロミ剤溶液の粘度値が、 $\dot{\gamma}$ が $2 \sim 3 \text{ s}^{-1}$ においては、誤嚥の危険性が高い“ヨーグルト状”溶液でも $1.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ よりかなり大きく、厚生労働省の旧基準における値は現実に合わないことがわかる。

前述のように、特別用途食品制度は2009年に改定されたが、そこにはゾルの粘度に関する記載がない。咽頭部の流速と相関が高く、物理的意味が明確な物性値は粘度であり、液体（ゾル）に関しては、粘度の基準値も再検討すべきであると考える。

3-2. 固体・半固体食品の物性と咽頭部流速

固体食品やゲルなどの半固体食品などについては、粘度 μ を定義できない。しかし、ヒトは固体・半固体状の食物を咀嚼し唾液と混合し、食塊として嚥下する。物理的意味からは、咽頭部での食塊の流速と関係するのは食塊の粘度であり、食塊の「みかけの粘度」と咽頭部流速とに高い相関がある²¹⁾。しかし、介護食の物性設計の観点からは、食品そのものの物性と咽頭部流速との関係を把握する必要がある。

長谷川らは、ヨーグルトの流速分布と比較した結果、周波数 $f (= \omega / 2\pi) = 1 \text{ Hz}$ における G' が約 100 Pa 以上、 η' が約 $1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上のゲルや増粘剤溶液は誤嚥の危険性が少ないと報告した^{18, 20)}。しかし、微小変形下で測定される物性が咽頭部の流速と相関が高い点など、まだ現象論的な議論の段階である。図5および図6に示すように、増粘剤溶液に関しては μ と η' とが対応づけやすいが、固体・半固体食品の動的粘性率 η' と食塊の粘度との関係の把握は、今後の検討課題である。

まとめ

咀嚼・嚥下は、様々な器官が関係する非常に複雑な現象で、高齢化に伴う摂食時の咀嚼・嚥下障害にも様々な臨床例があるようである。食品物性研究者は、測定する物性や物理量が如何なる現象に対応するかという物理的意味づけを明確にし、適切な物性指標を提言していくことが必要である。また、機器による物性測定のみで誤嚥のしにくさを議論することは危険である。機器による物性測定、VFや今回紹介した超音波パルス・ドブラー法などの生体計測（介護や医療現場における経験の蓄積や臨床試験を含む）、食品素材メーカーにおける素材開発を三位一体にして検討を進めていくことが、介護食に適切な物性を明らかにしていくうえで必要と筆者らは考える。

参考文献

- 1) 河村洋二郎：口腔生理学，永末書店，京都，1982.
- 2) 総務省：高齢化の状況及び高齢社会対策の実施の状況に関する年次報告 平成20年度版
- 3) 藤谷順子，金谷節子，林静子編：嚥下障害食の作り方，日本医療企画，2002.
- 4) 高橋智子：摂食と嚥下，「おいしさの科学事典」，山野善正編，朝倉書店，pp. 329-336, 2003.
- 5) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知：特別用途食品の表示許可等について，2009.
- 6) 熊谷仁，谷米（長谷川）温子，熊谷日登美：嚥下困難者用介護食の物性について，食品工業，**53**(24), 55-64, 2010.
- 7) 熊谷仁，熊谷日登美：4. 食品の物性，「食品学 I - 食品の化学・物性と機能性」，加藤保子，中山勉編，南江堂，pp. 117-132, 2007.
- 8) 熊谷仁，熊谷日登美，萩原知明：食品の物性そして水 I 食品工学における物性そして水，日本食品工学会誌，**9**, 79-89, 2008.
- 9) 熊谷仁，熊谷日登美：食品の物性そして水 V レオロジーと食品工学-嚥下障害者用介護食の物性を中心として，日本食品工学会誌，**10**, 137-148, 2009.
- 10) 熊谷仁，熊谷日登美，高田昌子：食品工学入門 - 食品製造・保存の考え方，アイ・ケイコーポレーション，東京，p85, 2005.
- 11) H. Kumagai, A. Tashiro, A. Hasegawa, et al.: Relationship between flow properties of thickener solutions and their velocity through the pharynx measured by the ultrasonic pulse Doppler method, *Food Sci. Technol. Res.*, **15**, 203-210, 2009.
- 12) A. Tashiro, A. Hasegawa, H. Kumagai, et al.: Relationship between the rheological properties of thickener solutions and their velocity through the pharynx, as measured by the ultrasonic pulse Doppler method, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **74** (8), 1598-1605, 2010.
- 13) A. Tashiro, Hasegawa-Tanigome, H. Kumagai, et al.: Flow Properties and the velocity through the pharynx of solutions prepared from commercial thickening agents and those of yogurt with relevance to liquid-type care foods for dysphagic patients, *Japan J. Food Eng.* (日本食品工学会誌), **11**, 177-185, 2010.
- 14) K. Nishinari: Rheology of physical gels and gelling process, *Reports Progr. Polym. Phys. Japan*, **43**, 163-192, 2000.
- 15) W. P. Cox, E. H. Merz: Correlation of dynamic and steady flow viscosities, *J. Polym. Sci.*, **XXVIII**, 619-622, 1958.
- 16) S. Ikeda, K. Nishinari: "Weak gel" -type rheological properties of aqueous dispersions of nonaggregated κ -carrageenan helices, *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 4436-4441, 2001.
- 17) T. Takahashi, T. Nitou, N. Tayama, et al.; Effect of physical properties and oral perception on transit speed and passing time of semiliquid food, *J. Texture Studies*, **33**, 585-598, 2003.
- 18) 長谷川温子，熊谷仁，中沢文子，他：嚥下したゲル状食品の咽頭部での超音波による流速比較，日本食品科学工学会誌，**52**, 441-447, 2005.
- 19) 長谷川温子，中澤文子，熊谷仁：超音波により測定した咽頭部での液状食品の流速に及ぼす嚥下量の影響，日本食品科学工学会誌，**55**, 330-337, 2008.
- 20) 長谷川温子，中澤文子，熊谷仁：嚥下困難者用食品の咽頭部での超音波による流速比較，日本食品科学工学会誌，**55**, 541-548, 2008.
- 21) 谷米温子，中澤文子，熊谷仁，他：嚥下障害者用介護食の食物およびその食塊の物性と咽頭部における流速分布，日本食品科学工学会第57回大会（東京農大），講演要旨集 p117, 2010.

食品衛生自主管理認証制度における マニュアル作成支援 WEB の構築

北村 豊^{*1} 江夏 瑛理子^{*2}

^{*1}KITAMURA Yutaka (筑波大学大学院 生命環境科学研究科)

^{*2}KOHKA Eriko (筑波大学 生物資源学類 現: 東京都多摩小平保健所)

Key Words: 食品衛生・インターネット・アンケート調査・食品衛生自主管理認証制度・自治体

はじめに

近年、食品への異物混入や食中毒、産地・消費期限の偽装等の問題が相次ぎ、消費者からは食品の安全性と信頼性の確保が強く求められている。これに対して、食品の安全性を担保する製造過程の認証制度や食の生産情報を開示・遡及できるトレーサビリティシステムなどの開発・普及が国家レベルで進められてきた。

認証制度の一つ HACCP（総合衛生管理製造過程）は、乳・乳製品、食肉製品、容器包装詰加圧加熱殺菌食品、魚肉練り製品、清涼飲料水の製造業者を対象とした厚労省の認証制度である¹⁾。原料の入荷から製造・出荷までの工程において危害を予測し、それを予防、消滅、許容できるレベルまで制御する重要管理点（CCP）を特定するとともに、それら CCP を継続的に監視・記録し、異常があった場合の改善措置を予め定めて製造を行う。平成 22 年 6 月末現在で 557 の食品事業施設がその認定を受けている¹⁾。

また GAP (Good Agricultural Practice, 適性農業規範) は、農業者自らが農作業の点検項目を決定し、それに従い農作業を実施・記録するとともに、記録を点検・評価し、改善点を見出して次回の作付けに活用するという一連の農業生産工程の管理手法を認証する。農産物の安

全確保のみならず、農産物の品質向上、環境保全、労働安全の確保等をもねらいとしており、国際標準となっている EU 圏の先進事例 (Eurep GAP) を手本に日本における GAP の概念普及と実践方法「日本版 GAP=JGAP」の導入が進められている。平成 22 年 6 月末現在、JGAP の認証を受けた穀物・野菜・果樹農場の数は 905 となっている²⁾。

HACCP を国際規格化した ISO 22000 (食品安全マネジメントシステム) は、飼料製造者や一次食品の生産者、輸送業者、小売業、包装材料や添加物などを製造する各種食品サービス業にも適用できる認証制度である。職種も、製造部門だけでなく経営者や営業部門を含めた総合的な対応が求められる。平成 22 年 6 月末現在、国内では 195 社で認証が取得されている³⁾。

これらに対してトレーサビリティシステムとは、生産、加工及び流通の特定の一つまたは複数の段階を通じて、食品の移動を把握できることであり、食品の安全管理を直接的に行うものではなく、食品の移動を追跡するための仕組みである⁴⁾。トレーサビリティが確立されれば、何か問題が発生した際に当該の商品を特定してその回収を迅速に行うとともに、流通での問題の発生・原因を速やかに特定して、その流

通を経ない安全な他の流通ルートを確保して安定的に供給することが可能となり、生産者・消費者等にとって大きなメリットが生じると考えられている。

国内では BSE（牛海绵状脑症）まん延を防止するための措置として 2003 年に牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法（牛肉トレーサビリティ法）が制定されたことにより、個体識別情報検索システムが整備された⁵⁾。それ以外の食品については、トレーサビリティシステムの導入は義務づけられていないが、農業者による生産情報の入力により農産物の多目的利用型データーベースを構築する青果ネットカタログ⁶⁾ や、外部審査に基づき JA が認証する生産過程および各種農産物の安心安全情報を発信する全農安心システム⁷⁾、大手流通業者が第三者機関の監査・検査を受けながら運営する生産情報公開システム「顔が見える野菜・果物・お肉・卵・お魚」⁸⁾ などがよく知られている。

これらの認証制度や情報開示システムが食の安全・信頼性を確保するために有効であることに疑いはない。しかし、新たな設備投資や作業負担の増加への懸念からこれらの導入をためら

う声も聞かれている。これに対して近年、全国の地方自治体を中心として、ミニハサップとも称される食品衛生の自主的な管理とその認証制度の確立・普及が積極的に進められている（表 1）。これは各自治体の定める一定の基準を満たす衛生管理を実践している食品事業者を対象に、その取組みを評価して認証を与えるものであり、事業者による自主衛生管理マニュアルの作成とその実践が審査される。前述の認証制度やトレーサビリティシステムなどと比較して、導入のための労力・コストが低く抑えられるため、中小の食品事業者にもその認証取得を容易にできることで、結果として食品業界全体の衛生管理水準の底上げが期待できる。

平成 15 年 8 月、東京都は全国に先駆けて、この新たな仕組みの一つとして、食品衛生自主管理認証制度（以下、制度）を創設した⁹⁾。これは食品事業者の衛生管理の方法について、都が指定した第三者機関（指定審査事業者）に審査を委託して、都が定める基準を満たしていると認められる施設を認証し、公表する制度である。このことにより、中小の食品営業施設における衛生管理水準も向上させると同時に食中毒等のリスクを低減させ、より安全性の高い食品

を消費者に提供することを目的としている。認証を取得した施設では、「認証書」または「認証マーク」のステッカー（図 1）⁹⁾ を掲示できる

表 1 各自治体の食品衛生自主管理認証制度

自治体	制度の名称
東京都	東京都食品衛生自主管理認証制度
北海道	北海道 HACCP 自主衛生管理認証制度
宮城県	みやぎ食品衛生自主管理登録・認証制度
栃木県	とちぎハサップ（栃木県食品自主衛生管理認証制度）
茨城県	いばらきハサップ認証制度
埼玉県	食品衛生自主管理優良施設確認制度
愛知県	愛知県 HACCP 導入施設認定
福井県	福井県食品衛生自主管理プログラム認証
三重県	三重県 HACCP 手法導入認定制度
和歌山県	和歌山県食品衛生管理認証制度
滋賀県	S-HACCP
京都府	きょうと信赖食品登録制度
兵庫県	兵庫県食品衛生管理プログラム認証制度
鳥取県	クリーン・パス とっとり食の安全認定制度
広島県	広島県食品自主衛生管理認証制度
高知県	高知県食品衛生管理認証制度



図 1 認証マーク（東京都）

ほか、東京都ホームページにてその名称等が公表される。消費者から見えにくい衛生管理への取組みが公表されることで、食品事業者は衛生管理の向上に積極的に取り組んでいる施設であることをPRすることができる。現在では都内の全ての食品事業者が本制度の対象となっている。

認証を取得するためには、まず食品事業者が自ら行っている衛生管理をマニュアル化して、指定審査事業者に申請・提出する必要がある。マニュアルは全ての業種に共通する「共通基準」と業種ごとに定められた「特定基準」を満たす必要がある。申請を受けた指定審査事業者は、衛生管理マニュアルの内容が都の定めた認証基準に合致しているかどうかの審査（マニュアル審査）と衛生管理マニュアルに従った管理が正確に行われているかの確認（実地審査）を行い、これに合格した施設が認証を受ける仕組みとなっている。本制度の認証を取得した施設数は平成22年6月末現在281に達しているが、東京都内の食品事業者数から考えるとわずかでしかない。その原因として東京都では、①制度の認知度の低さ、②（認証取得のための事業者による）マニュアル作成の分かりにくさを挙げている¹⁰⁾。特に②について、食品事業者の多くは、これまで経験的に行ってきました作業をマニュアル化するノウハウに乏しく、適正な衛生管理を実践しているにも関わらず、認証制度への申請に至らない現状も聞こえてきている。これに對して、例えばHACCPにおいては、その導入を支援するシステムとして、米国NLA社の開発したコンピュータソフトdoHACCPがあり、米国農務省が中小食肉工場のHACCP導入を進めることを目的として大量に購入したことが紹介され、日本語版も販売されている¹¹⁾。またISO22000に関しては、NTTジーピーエコ株式会社の安全マニュアル作成サービスなど、ISO導入のためのマニュアル作成を代行するサービスも存在する¹²⁾。一方、東京都の食品衛生自

主管理認証については制度の認知度が未だ低いこと、あるいは業態の経営規模が小さいこと等から、認証制度の導入を支援するハード・ソフトの開発例は見あたらないようである。そこで本研究では、認証制度申請を躊躇させる一因とされる衛生管理マニュアルの作成を支援するため、中小食品事業者の自宅や職場などインターネット利用下で扱えるWEBを新たに構築した。本WEBの利活用が認証制度の普及・拡大につながれば、食品産業における安全かつ信頼性の確立に寄与できると考えている。

1. マニュアル作成支援WEBの構築

本研究では全ての業種で使用できる共通基準（表2）をWEB開発の対象とした。東京都の発行する「衛生管理マニュアル作成の手引」¹³⁾を参考にして画面に表示すべき質問の形式をノートに記述し、マニュアルの項目を抽出した。続いてこれをHTML（Hyper Text Markup Language）およびCGI（Common Gateway Interface）を用いてWEB上で記述した¹⁴⁻¹⁵⁾。エディタにはDreamweaver MX2004（Adobe社）を、WEBサーバーには筑波大学教育用計算機（icho）をそれぞれ使用した。WEBサーバーからCGIプログラムを起動して、そのプログラムがoutputしたHTMLをWEBサーバーが受け取り、WEBブラウザに送信する。CGIとサーバーの関係を図2に示す。

WEBのトップページにはシステムの使い方を箇条書きで示し、説明文だけでなく、リンクを貼り図解も閲覧できるようにした。図3はトップページに続く目次であり、共通基準の項目の内容に準じている。そして、使用者がどの項目からでもマニュアル作成を始められるようにした。図4は入力画面の一例である。質問の項目（緑の傍線）は、共通基準の遵守事項および「マニュアル作成の手引き」のマニュアル記

表2 認証基準（共通基準）

大項目	小項目
1 施設設備の衛生管理	1 清掃、保守点検 2 トイレの清潔保持 3 清掃用具 4 その他
2 機械器具の衛生管理	1 機械器具類 2 冷蔵庫 1 原材料の検収 2 原材料の保存 3 製品の保存
3 食品等の衛生的な取り扱い	4 製品の配達 5 保管 6 その他
4 使用水の衛生管理	1 濁り等の確認、滅菌装置等の確認 2 水質検査
5 排水および廃棄物等の衛生管理	
6 ねずみ、昆虫の防除	
7 従事者の衛生教育	1 従事者への衛生教育 2 実務講習会への参加 1 従事者の健康管理
8 従事者の衛生管理	2 従事者の手洗い 3 服装 4 その他
9 衛生管理体制	1 事故発生時の対応（製品の回収方法） 2 公表



図2 CGIとサーバーの関係

載例を基にした。質問は可能な限り選択回答式とし、説明が必要な用語やわかりにくい箇所はクリックにより出現する別画面でヒント・記入例・参考資料が閲覧できるようにした。また表形式の入力部分は行数の追加ができる、事業者ごとのカスタマイズを可能にした。図5は出力画面の一例である。入力した内容を反映し、マニュアルの形式にして出力されるようにした。

認証基準(共通基準) 目次		
トップページに戻る		
1施設設備の衛生管理	2機械器具の衛生管理	3食品等の衛生的な取り扱い
1-1 清掃・保守点検	2-1-1 機械器具類(洗浄・消毒)	3-1 原材料の接收
1-2 トイレの清潔保持	2-1-2 機械器具類(保管)	3-2 原材料の保存
1-3 清掃用具	2-2 冷蔵庫	3-3 製品の保存
1-4 その他		3-4 製品の配達
		3-5-1 調理器具等の保管
		3-5-2 薬剤等の保管
		3-6 その他
4使用水の衛生管理	5排水及び廃棄物の衛生管理	6ねずみ、昆虫の防除
4-1 清り等の確認、過濾装置等の確認	5-1 排水の衛生管理	6-ねずみ、昆虫の防除
4-2 水質検査	5-2 廃棄物の衛生管理	
7従事者の衛生教育	8従事者の衛生管理	9衛生管理体制
7-1 従事者の衛生教育	8-1 従事者の健康管理	9-1 苦情等の原因究明、再発防止
7-2 実務講習会への参加	8-2 従事者の手洗い	9-2 公表
	8-3 装置	
	8-4 その他	

図3 WEB画面(目次)

図4 入力画面

1-1 清掃・保守点検

目次へ戻る
1: 責任者名

責任者名: 江夏瑛理子

2: 目的

（例）清掃用具からの二次汚染による食中毒と異物混入を防止する

3: 手順

記入欄

清掃		保守点検		
場所	頻度	清掃方法	記録表	頻度
床	1回/日	床面を水で流した後、中性洗剤とデッキブラシで洗浄する。有	1回/月	破損・洗い残しを確認する。有
天井	1回/月	柄付きモップで払った後、乾燥させる。	有	1回/月 破損の有無を確認する。有

4: 記録

- 施設の清掃を実施したら清掃点検表に記録する
- 保守点検時に補修等が必要な箇所を見つかった場合はその対応内容を記録する

入力内容を反映

図 5 出力画面

2. WEB の試用と評価

作成した WEB の評価と今後の改良の指針を得るために¹⁶⁾、その試用とアンケートによる評価を、制度の認証基準を把握しつつ食品事業者の実態にも明るい東京都の指定審査事業者(22団体)に依頼して行った。試用期間は2008年12月19日～2009年1月7日の3週間とした。アンケートの回答方式は「大変そう思う」「まあまあそう思う」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」の4段階評価とした。質問内容は表3に示すとおり、Q2～7は画面の見やすさや出力されるマニュアルが認証基準を満たすかどうか等のWEBの基礎的な機能についての質問とし、Q8～12は現場への適応性や役立ち感などWEBの積極的な利用意欲についての質問とした。最後のQ13は総合的な評価として本WEBを食品事業者に勧められるかについて尋ねた。

3. アンケートの結果と考察

アンケートの回収率は約62%であった。性別は男性が64%、女性が21%、無回答が15%であり、男性が全体の2/3弱を占めた。年代では20代が13%、30代が22%、40代が24%、50代が24%、60代が13%、70代以上が3%であり、30代、40代、50代がやや多かったものの適度にばらつきが見られた。また96%がパソコンを所有しており、1週間の使用時間は10時間までと回答した人がもっと多く、1日に1～2時間程度使用する人の多いことが推測される。マニュアル審査の経験の有無については、有が49%、無が51%とほぼ半々となった。アンケート回答のために試用したWEBについては、全ての機能を試した人が35%、一部を使った人が65%だった。

全体的な構成の分かりやすさについて、Q2で各画面におけるタイトル、見出し、記述につ

表3 質問内容と評価点

Q	質問内容	平均点
1	アンケート回答のために使った項目（全部か一部かの2択）	—
2	各画面は分かりやすいタイトル、見出し、記述がされていた	8.6
3	選択肢の数は適当だった	6.1
4	入力した内容は正しく表示された	8.5
5	画面の字は見やすく読みやすかった	8.4
6	入力枠の大きさは適当だった	5.9
7	出力されたマニュアルは内容的に認証基準（共通基準）を十分満たす	7.8
8	質問内容は現場（食品事業者）の実情にマッチしている	7.4
9	トップページの「WEBの使い方」は理解しやすく記述されていた	7.3
10	WEBを使ってみて親しみやすいと感じた	7.6
11	記入例やヒントは役に立った	8.0
12	このWEBはマニュアル作りを楽にしてくれると感じた	8.0
13	このWEBを食品事業者に勧めてみたい	7.7

※ Q3と6では選択肢の数、入力枠の大きさを尋ねており、5.0点に近い方が高い評価とする

いてたずねたところ、「とてもわかりやすいと思う」または「まあまあそう思う」と回答した人が合わせて97%となった。タイトル、見出しに関しては認証制度の共通基準の項目に準じたため、回答者が特に違和感を覚えなかつたのではないかと考えられる。選択肢の数をたずねたQ3では、「とても少ない」と「やや少ない」の合計が53%となり、「とても多い」と「やや多い」の合計35%を上回った。回答者によって試用したWEBの箇所が異なるため、全体的な傾向であるとは断言できない。

入力に対する反応をたずねたQ4について、「とても正しく表示されたと思う」または「まあまあそう思う」と回答した人が合わせて93%となり、入力内容を表示するCGIスクリプトは特に問題がなかつたと考えられる。

Q5とQ6は見やすさについての質問であり、Q5では画面の文字についてたずねた。「とても見やすかった」または「まあまあそう思う」と回答した人が合わせて92%となった。年代や性別など属性による回答の有意差もなく、文字の表示につき特に問題なかつたと考えられる。入力枠の大きさについてたずねたQ6では、「やや小さい」と回答した人が62%おり、「とても小さい」と合わせると「小さい」と回答した人

は66%となり、約2/3を占めた。入力枠には主に衛生管理の方法や手順を具体的に入力することから、現在よりも記入枠の大きさを拡大する必要があると考えられる。

Q7とQ8は信頼性についての質問であり、Q7では出力されたマニュアルが認証基準を十分満たしているかをたずねた。「大変満たしていると思う」または「まあまあ満たしていると思う」と回答した人が合わせて87%となった。一方、質問内容が現場（食品事業者）の実情に適しているかをたずねたQ8では、「大変適していると思う」または「まあまあ適していると思う」と回答した人が合わせて68%とQ7と比較して19ポイント低くなつた。この原因を明らかにするためアンケートの自由記述を確認したところ、「出力されるマニュアルは認定される項目を満たしてはいるが、実際に（現場で）使うとなると別にマニュアルを作らなくてはいけないのではないか」「汎用性はあるかもしれないが各社でアレンジが必要になるのではないか」等のコメントが寄せられていた。このことから、WEBによって出力されるマニュアルは認証基準を十分満たすものの、実際の現場への適用性には課題があると考えられる。

Q9では操作の分かりやすさについてたずね

た。「とてもわかりやすいと思う」または「まあまあわかりやすいと思う」と回答した人が合わせて76%となったが「あまりそう思わない」との回答も24%と約1/4を占めた。関連する自由記述を確認すると「『ラジオボタン』の意味が分かる人が少ないと思う」「重要な所をもっと目立たせてほしい」等のコメントが寄せられていた。

Q10ではWEBの好感度についてたずねた。「とても好感度があると思う」または「まあまあ好感度があると思う」と回答した人が合わせて80%となり、概ね肯定的な評価が得られたと考えられる。

Q11, Q12, Q13は役立ち感についての質問で、Q11では記入例やヒントについて、Q12ではWEBによりマニュアル作りが容易になるか、Q13ではWEBを食品事業者に勧めてみいかをそれぞれ尋ねた。Q11では「とても役立つと思う」または「まあまあ役立つと思う」と回答した人が合わせて86%となり、自由記述にも「(マニュアル作成時に)大変役に立った」「全ての項目に(ヒントや記載例を)付けてほしい」など肯定的なコメントが見られた。しかし、「記入例の内容がそのまま使えてしまうため、どこ(の事業者)も似たり寄ったりのマニュアルになってしまうのではないか」と指摘したものも少數ながらあった。またQ12でも「とても容易になると思う」または「まあまあ容易になると思う」と回答した人が合わせて84%となり、自由記述にも「紙ベースで(マニュアルを)作成するよりも時間の短縮になると思う」「マニュアル作りを簡単にしてくれると思う」など肯定的なコメントがみられた。ところがQ11と同様に「簡単にマニュアル作成ができる反面、事業者が理解しないまま作れてしまう恐れがある」というマイナス面の指摘もあった。最後にQ13でエンドユーザーとなる食品事業者にWEBによるマニュアル作成づくりを勧めてみ

たいかどうかをたずねた。「とても勧めたいと思う」または「まあまあ勧めたいと思う」と回答した人が合わせて77%となり、WEBに対して概ね肯定的な評価が得られたと考えられる。

次にアンケートのQ2～Q13までの質問の回答について、「①大変そう思う」を10点「②まあまあそう思う」を7.5点「③あまりそう思わない」を2.5点「④全くそう思わない」を0点とし、各々の平均点を算出した(表3)。ただし、Q3とQ6については「①とても多い」を10点「②やや多い」を7.5点「③やや少ない」を2.5点「④とても少ない」を0点とし、5.0点に近いほど高い評価とした。

平均点の高かった質問は、順に「Q2各画面は、タイトル、見出し、記述が分かりやすく行われていた」が8.2点、「Q4入力した内容は正しく表示された」が8.1点だった。逆に平均点がやや低かった質問は、順に「Q8質問内容は現場(食品事業者)の実情にマッチしている」「Q9トップページの『システムの使い方』は理解しやすく記述されていた」が共に6.7点だった。

また、全体的な傾向として前半のQ2～Q7の平均点の方が高めとなり後半のQ8～Q12の平均点は低めになった。前半は画面の見やすさや出力されるマニュアルが認証基準を満たすかなどWEBの基礎的な機能についての質問、後半はWEBを積極的に利用したいか等の意欲についての質問である。このことからWEBの基礎的な機能については概ね高い評価が得られたものの、現場への適応性や役立ち感などの向上が求められていると考えられる。

4. アンケートの自由記述の内容

自由記述は大きく分けて、WEBに対する肯定的な意見、否定的な意見、システムに対する要望に分類された。

肯定的な意見として、記入例やヒントは大変

役に立った、紙ベースで作成するより作成時間の短縮になる、マニュアル作りをとても簡単にしてくれる、どこから手を付けてよいかわからない場合に手軽に（マニュアル作成）始められる、シンプルで良いなどが寄せられた。

一方、否定的な意見としては、WEBによる入力制約があるため、Excelなどで作成されるテンプレートに比較して大きなメリットを感じられない、（出力されるマニュアルは）初歩的で認証を受ける基準は満たしているが現場で使うためには手直しが必要になるのではないか、（このWEBは）様々な業態への対応が出来ていない、表現のおかしい部分がある、簡単に（マニュアルを）作れる反面、（事業者が）理解せずに作り上げてしまうのではないか、などが寄せられた。

WEBに対する要望としては項目ごとの指摘に加え、記入例・ヒントを全てに付けてほしい、作成したマニュアルをExcelやWordで保存したいと言う意見が複数見られた。また、WEBの利用時にIDとパスワードの発行、メールアドレスを登録して東京都からのアップデート情報を受けられるようにしたい等の興味深い意見も見られた。

おわりに

本研究は、東京都食品衛生自主管理認証制度の導入を希望する事業者が作成する必要のある衛生管理マニュアル作成を容易にし、食品衛生自主管理認証制度の普及拡大と安全・安心な食品の提供に資することを目的とした。認証基準をもとにHTMLおよびCGIによってインター

ネット上で作動するマニュアル作成支援WEBを構築した。WEBの評価と今後の改良の指針を得るために、その試用に対するアンケート評価を行った。

アンケートの結果、システムの基礎的機能をたずねる質問の得点が10点満点の8.2点、8.1点と比較的高かったことから作成したシステムは使用者が入力した内容を正しく表示し、出力されるマニュアルは認証制度の基準を概ね満たしていると考えられた。記載例・ヒント・参考資料の閲覧に関しては自由記述において「とても役に立った」「全ての項目に付けてほしい」などの意見が多数あり、WEBの使用者から高い評価が得られたと考えられた。一方で「そのまま利用することで、理解しないままマニュアル作成をしてしまうのではないか」などの否定的な意見も少数ながらあった。以上から本研究で作成したWEBは食品事業者のマニュアル作成の一助になる可能性が高いと考えられる。

アンケート評価の結果、操作説明の分かりやすさ、現場への適応性に関する質問の平均点がそれぞれ10点満点の6.7点と比較的低かった。従って、操作説明の改善やExcelやWordとの互換性の検討により使いやすさを向上させ、現場への適応性の向上を図ることで更に出力されるマニュアルの実用性が高まると考えられる。

〔謝辞〕

本研究の実施にあたり東京都福祉保健局健康安全部食品監視課の協力をいたいたことを記して謝意を表す。

- 1) 厚生労働省 HP, <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/jigyousya/sougoueisei/dl/100701.pdf>
 - 2) 日本 GAP 協会 HP, <http://jgap.jp/1006kenbetsunoujousu.pdf>
 - 3) 日本適合性認定協会 HP, http://www.jab.or.jp/cgi-bin/jab_search_j.cgi?MENU_FLG=15
 - 4) 農林水産省 HP トレーサビリティ関連, <http://www.maff.go.jp/syouan/seisaku/trace/#2>
 - 5) 牛の個体識別情報検索サービス HP, <https://www.id.nlbc.go.jp/top.html>
 - 6) 青果ネットカタログ SEICA HP, <http://seica.info/>
 - 7) 全農安心システムのご紹介 HP, <http://www.zennoh.or.jp/zennoh-anshin/index.html>
 - 8) 顔が見える食品, <http://look.itoyokado.co.jp/>
 - 9) 東京都：東京都食品衛生自主管理認証制度 HP, <http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/ninshou/index.html>
 - 10) 東京都平成 19 年度第 1 回 認証基準設定専門委員会議事録 HP, <http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/ninshou/files/iinkai/1-kai.pdf>
 - 11) HACCP 導入支援ソフトウェア do HACCP, <http://www.ehaccp.co.jp/dohaccp/product/index.html#dohaccp>
 - 12) NTTGP e-ISO22000.jp HP 食品安全マニュアル作成サービス, <http://www.e-iso22000.jp/portal/docmake/manual.html>
 - 13) 東京都健康局：衛生管理マニュアル作成の手引き, 東京都, 2003
 - 14) 水津弘幸・石井歩・C&R 研究所:HTML+CSS HANDBOOK 2ND EDITION, ソフトバンク パブリッ シング株式会社 2005
 - 15) 高橋大吾:10 日でおぼえる Perl / CGI 入門教室 第 2 版 翔泳社 2005
 - 16) 仲川薫 須田亨 善方日出夫 松本啓太:ウェブサイトユーザビリティアンケート評価手法の開発, 第 10 回 ヒューマンインターフェース学会紀要, 421-424 2001

昆虫の咀嚼運動を修飾する外的・内的要因

大喜 裕二^{*1} 朝岡 漢^{*2} 佐々木 謙^{*3}

^{*1} OHKI Yuji (金沢工業大学大学院 バイオ・化学専攻), ^{*2} ASAOKA Kiyoshi (独立行政法人農業生物資源研究所),

^{*3} SASAKI Ken (金沢工業大学 人間情報システム研究所)

Key Words: 摂食・咀嚼・味覚・生体アミン

はじめに

動物の摂食行動は主に咀嚼と飲み込みから構成される。咀嚼は食物を飲み込める大きさに物理的に噛み砕くだけでなく、唾液を混ぜ合わせることにより化学的に分解・処理する過程でもある。脊椎動物の咀嚼運動は、開口筋と閉口筋（ヒトの場合、開口筋が顎舌骨筋・オトガイ舌骨筋・顎二腹筋・外側翼突筋で、閉口筋が咬筋・側頭筋・外側翼突筋・内側翼突筋である）と唾液腺の協調によって遂行される。開口筋と閉口筋は咀嚼時に各々が一定のタイミングで収縮し、その運動パターンが繰り返し実行される。脊椎動物と同様に、無脊椎動物においても多くの種で咀嚼運動による摂食が知られている。節足動物の咀嚼運動は、脊椎動物ほど複雑ではないにせよ、咀嚼器（大顎など）の開閉が周期的に交互に起こり、飲み込み運動が誘発される。節足動物の甲殻類や昆虫類では、咀嚼運動や飲み込み運動の神経機構が精力的に研究されており、これらの動物が持つ比較的単純な仕組みを利点として、单一ニューロンレベルでの摂食の神経機構が解明されてきている¹⁻²⁾。

咀嚼開始時や咀嚼時には、味細胞による食物の味評価が伴う。脊椎動物の場合、咀嚼物中のいくつかの成分は舌上や口腔内にある様々な味

覚受容細胞により検出され、中枢（延髄など）へ伝えられる。ヒトでは、味覚が5つの味質（甘味、塩味、酸味、苦味、うま味）として識別され、これらの中で甘味、塩味、うま味は摂食を促進させ、酸味や苦味は摂食忌避物質として腐敗物や毒の摂取を防ぐシグナルとなる³⁾。甘味物質の一つである糖類は、様々な動物種で摂食促進作用を示すことが知られている。このように食物中に含まれる味刺激は咀嚼運動の開始や持続に影響を与える要因となる。本稿では、脊椎動物よりも単純な神経系で味物質の検出や咀嚼運動を実行する昆虫類を例に、咀嚼運動パターンを修飾する外的（味物質）・内的（ホルモン様物質）要因について紹介したい。

1. 昆虫類における咀嚼運動と味物質

昆虫類においても糖類は摂食行動を開始させ、咀嚼運動や飲み込み運動を促進する。昆虫類が必要とする栄養物質は種によって様々であるが、ショ糖やブドウ糖は多くの種で生育に必要な物質である。そのため、昆虫類の口器周辺には、ショ糖やブドウ糖を検出する味覚感覚子が分布しており、これらが検出した味覚感覚刺激は摂食を開始させる信号として使われる。昆

虫類の中でもカイコガの幼虫は人工飼料の開発や遺伝的な食性異常の研究で、味覚感覚子の調査が古くからなされており、摂食行動や咀嚼運動の研究に適した材料である。カイコガの幼虫が食草とする桑の葉には、ショ糖や糖アルコールであるイノシトールが含まれており⁴⁾、幼虫の口器周辺部には糖類やイノシトール、および

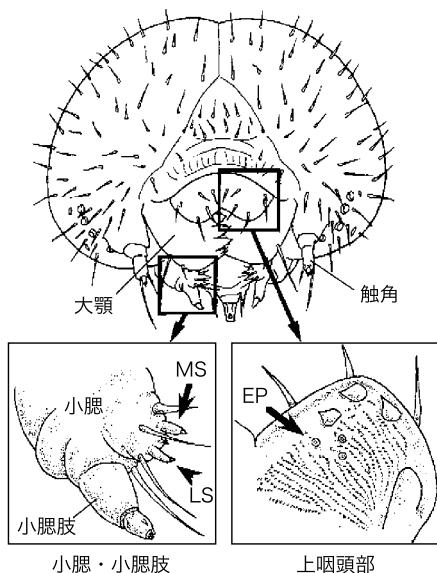


図1 カイコガ幼虫の口器周辺に分布する味覚感覚子

カイコガ幼虫の小腮・小腮肢と上咽頭部に味覚感覚子が分布している。MS: 内側有柄感覚子, LS: 外側有柄感覚子, EP: 上咽頭感覚子

アルカロイド類等に応答する味細胞が分布している(図1)⁵⁾。糖受容細胞からの信号は幼虫の摂食行動を促進し、アルカロイド類等の受容細胞からの信号は摂食行動の抑制に関わると考えられているが、イノシトール受容細胞からの信号が摂食行動にどのように影響するのかについては、まだ十分に解明されていない。

昆虫類(特に咀嚼型昆虫)の摂食行動の一部である咀嚼運動では、大顎を広げる大顎開筋と大顎を閉じる大顎閉筋が交互に収縮し、大顎の開閉が一定時間周期的なリズムで繰り返される。そのリズムは中枢神経系内(食道下神経節)の神経回路で形成されることが知られている^{2,6)}。中枢パターン発生器(Central Pattern Generator: CPG)と呼ばれる神経回路は、一度活動を開始すると、感覚入力が無くても独自のリズムで一定時間持続的に発火する回路として定義されているが、ここで形成されるリズムでは外的環境に適合した運動をつくることはできない^{7,8)}。したがって、感覚神経は外的環境を検出し、その信号をCPGへ送り、CPGの発火パターンを状況に合った出力パターンに修飾していると考えられる(図2)。味刺激は周期的な咀嚼運動パターンを修飾するための感覚刺激になっていると予想される。

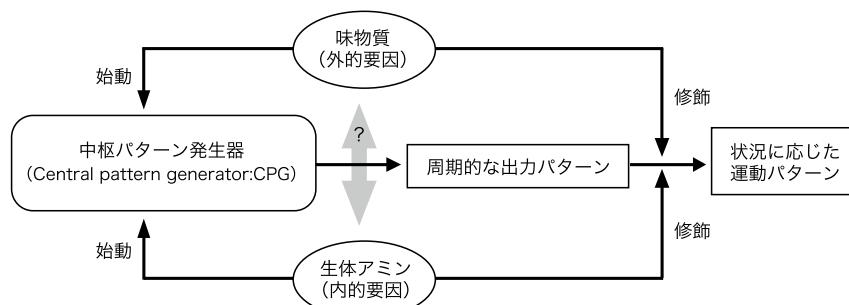


図2 周期的運動パターンに影響を与える外的・内的要因のモデル

味物質(外的要因)や生体アミン(内的要因)は中枢パターン発生器(CPG)を始動し、その出力パターンを修飾し、状況に応じた運動パターンにする。

2. 咀嚼運動におけるイノシトールの役割

カイコガ幼虫の摂食におけるイノシトールの役割を調べるために、まず絶食させた幼虫にショ糖やイノシトールを含ませた寒天飼料を摂食させる実験を行った。実験では、ショ糖単独とイノシトール単独、ショ糖とイノシトールを混合した水溶液を用意し、乾燥寒天飼料に浸み込ませ、幼虫に摂食させた。摂食前後の個体重の差を摂食量として測定し、摂食開始後か

ら摂食停止までの咀嚼回数も計測した。その結果、摂食はショ糖の濃度に依存して高頻度で起こり、摂食量も統計的に有意に増加した（図3A）。一方、イノシトール単独の寒天飼料に対しては、全く摂食しないか、あるいは低い摂食活性を示した（図3A）。また、摂食量はショ糖単独の場合と比べ、ショ糖とイノシトールを混合した寒天飼料の方がより多くなった（図3A）。咀嚼回数において、幼虫はショ糖単独の寒天飼料よりもショ糖とイノシトールを混合した飼料に対して、有意に多く咀嚼した（図3B）。

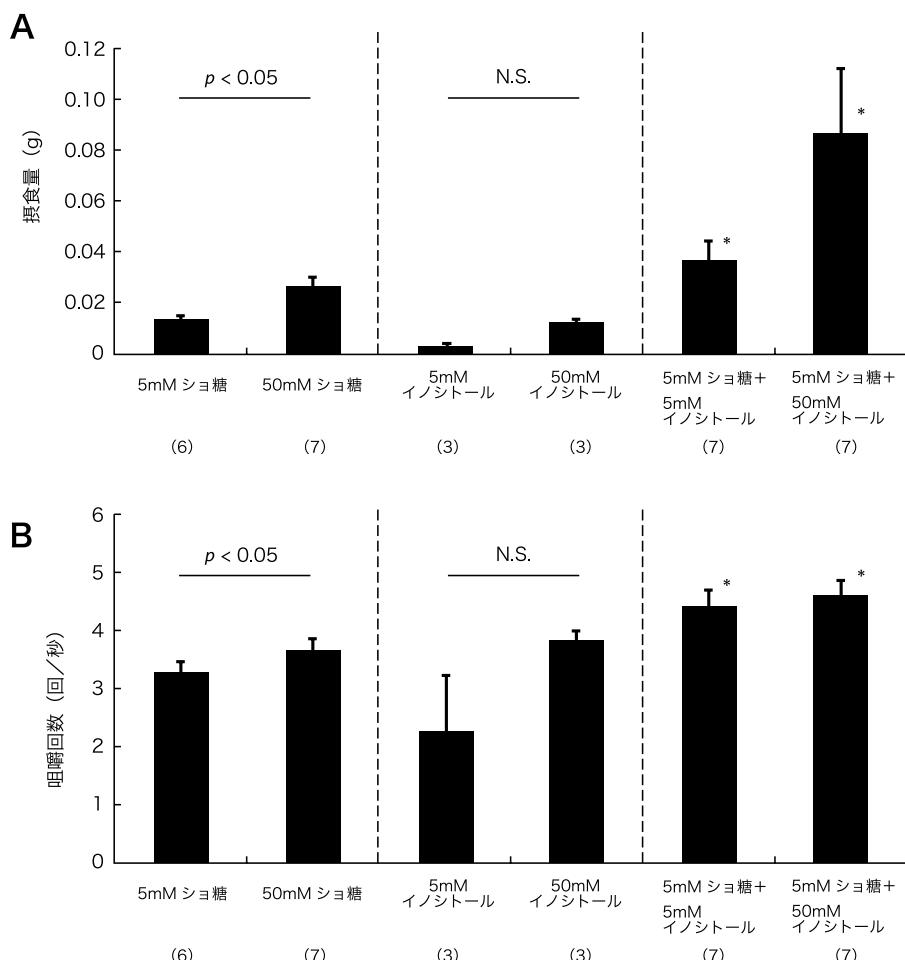


図3 カイコガ幼虫における短時間（15分間）の寒天飼実験

A: 異なる味物質に対する摂食量（A）と咀嚼回数（B）。誤差線は標準誤差を、括弧内の数字はサンプル数を、*は5mM ショ糖との有意な差（ $p < 0.05$ ）を示している。

次に、カイコガ幼虫の長時間（12時間）にわたる摂食において、ショ糖単独とイノシトール単独、ショ糖とイノシトールの混合液を含ませた寒天飼料を摂食させ、12時間の摂食量と摂食後の糞量を測定した。12時間における摂食においても、幼虫はショ糖単独飼料よりもショ糖とイノシトールを混合した飼料に対して高い摂食活性を示し、摂食量はショ糖単独飼料よりもショ糖とイノシトールを混合した飼料の方で多かった（図4A）。12時間後の糞量はショ糖単独飼料よりもショ糖と高濃度のイノシトールを混合した飼料で多かった（図4B）。このような行動実験の結果から、イノシトールは単独で摂食を促進するのではなく、ショ糖とともに

存在する場合に、咀嚼を促進する味物質であることが分かった。

そこで、咀嚼運動のリズムを詳細に調査するために、幼虫の頭部にある大顎閉筋に金属電極を挿入し、咀嚼運動時に発生する大顎閉筋の発火を記録した（図5A）。大顎閉筋は大顎を閉じる時に連続的に発火し、大顎を開く時には発火しない。したがって、咀嚼運動の電位変化は大顎閉筋の連続的な発火と電位変化のない状態とが交互に起こり、大顎閉筋の活動がバースト状に記録される（図5A）。そこで、バースト開始から次のバースト開始までの時間をサイクル時間とし、各バーストの持続時間とともに解析を行った。その結果、バースト持続時間はショ糖単独飼料よりもショ糖とイノシトールを混合した飼料で有意に短かった（図5B）。サイクル時間もバースト時間と同様に短かった。このようにショ糖にイノシトールが加わることにより、大顎閉筋が短いバースト間隔で小刻みに活動するようになった。これらの結果から、イノシトールがショ糖による周期的な咀嚼運動を修飾していると考えられる。さらに、本研究ではショ糖の濃度に依存した摂食量の増加も確認できた。桑の葉において、ショ糖は糖の主成分であり、カイコガ幼虫の摂食開始の強い刺激となる。ショ糖は、桑の葉の栄養面での品質の良さを表しているとされ⁹⁾、実験に用いた50mMの濃度は、桑の葉や市販の人工飼料のショ糖濃度とほぼ等しい。カイコガ幼虫では、ショ糖による飲み込み運動の促進作用も報告されており¹⁰⁾、ショ糖による摂食の促進は、咀嚼運動だけでなく、飲み込み運動の促進も含んだ結果である可能性が考えられる。

このような味刺激による咀嚼の運動リズムの修飾は、神経系のどこで起こっているのであるか。ショ糖やイノシトールは小腮（しようさい）の外側有柄感覚子（Lateral styloconic sensillum: LS）と上咽頭感覚子（Epipharyngeal

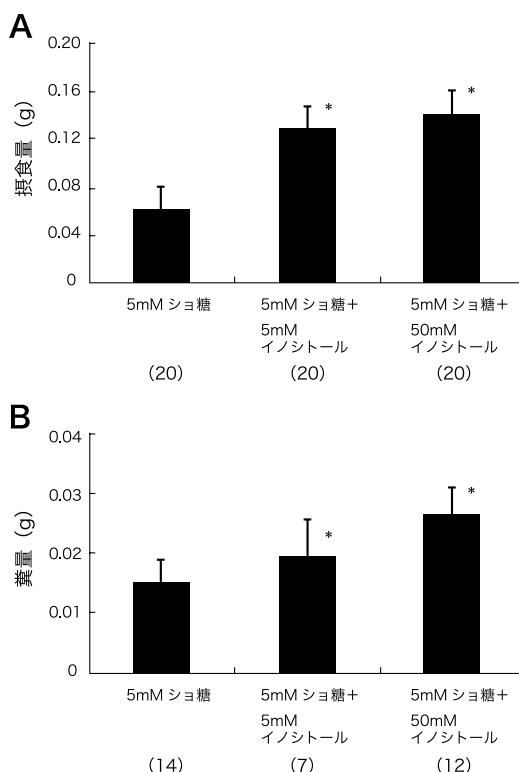


図4 カイコガ幼虫における長時間（12時間）の寒天飼実験

A: 異なる味物質に対する摂食量（A）と糞量（B）、誤差線は標準誤差を、括弧内の数字はサンプル数を、*は5mMショ糖との有意な差（ $p < 0.05$ ）を示している。

sensillum: EP) 内のいくつかの味覚ニューロンを刺激することから^{5, 11)} (図1), これらの味覚ニューロンが, ショ糖による摂食開始や促進, イノシトールによるショ糖作用の増幅に関与していると考えられる。LS のショ糖受容細胞では, イノシトールによる応答の増加が見られず, また, イノシトール受容細胞では, ショ糖による応答の増加がないことが報告されている⁵⁾。これらのことから, 本実験で見られたショ

糖存在下でのイノシトールによる咀嚼運動の促進は, 感覚ニューロン同士の相互作用で生じる現象ではないと思われる。ショ糖とイノシトールはそれぞれの感覚ニューロンを刺激し, その信号は並列に中枢神経系へ送られ, 処理されていると思われる。小腮に存在する各感覚ニューロンは, 食道下神経節と脳に投射することが報告されており¹²⁻¹³⁾, イノシトールによる咀嚼運動のパターン修飾は, そのCPGや大顎閉筋運

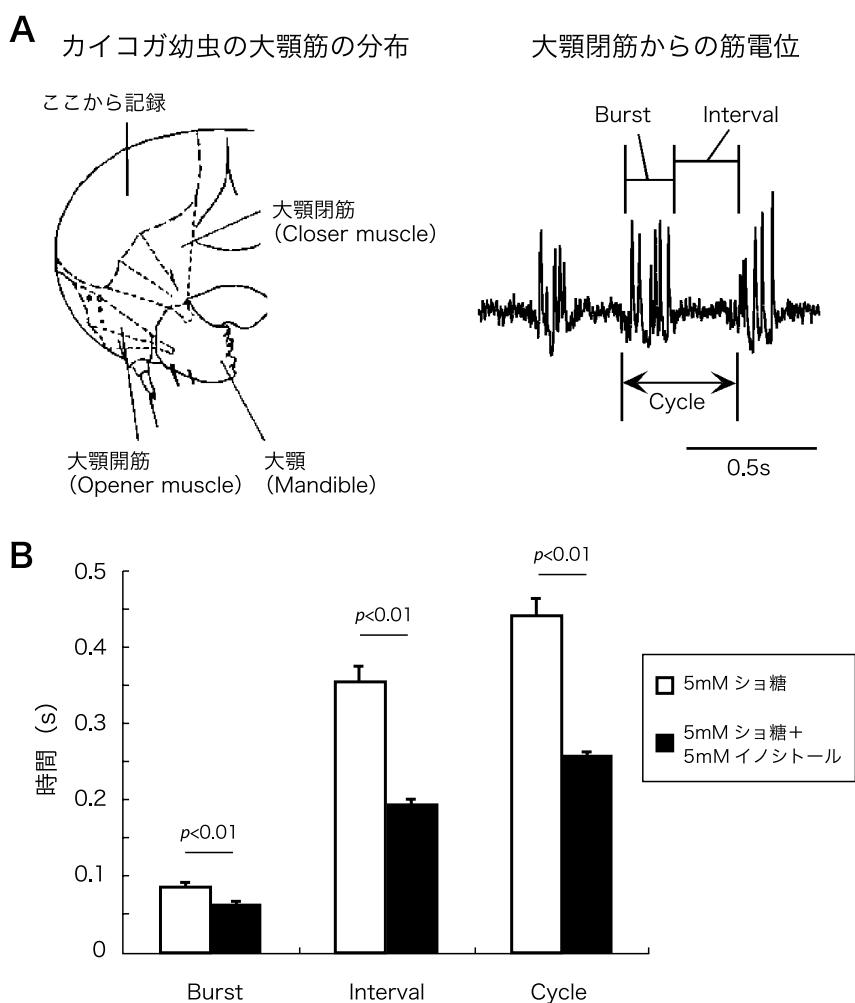


図5 咀嚼時における大顎閉筋からの筋電位の記録

カイコガ幼虫の大顎筋の分布と筋電位の解析法 (A)。ショ糖あるいはショ糖・イノシトール混合餌に対する咀嚼時のBurst, interval, cycle時間 (B)。誤差線は標準誤差を表している。各10個体の筋電位を集計した結果を示している。

動ニューロンの存在する食道下神経節内で起きている可能性が高い^{2, 6, 14)}。イノシトールによる摂食促進は、摂食開始後 15 分間と、12 時間の両条件下で見られた。このような長時間にわたるイノシトールの効果は、味覚ニューロンの応答特性から考えた場合、味覚ニューロンの入力による直接的な運動パターンの調節だけで説明することは難しい。例えば、周期的な運動パターンを持続・修飾させるような神経修飾物質の関与も考えられる。味刺激による味覚ニューロンの信号と神経修飾物質の放出との関係は、今後残された問題である。

動物の摂食行動は、糖類のように摂食の開始や持続を引き起こす摂食促進物質と、アルカロイド類のように摂食の阻害や停止を引き起こす摂食阻害物質によって調節される。これらの意思決定を行う神経回路は、栄養物質（糖類）の積極的な摂取と有毒物質（アルカロイド類）の忌避から得られる生存上の利益から進化したと考えられる¹¹⁾。本研究で明らかにしたイノシトールの摂食促進効果は、イノシトール単独では、その効果を示さないため、ショ糖のような摂食促進効果とは異なる。イノシトールはショ糖のような摂食をさらに促進する補助因子である。このように、餌に含まれる物質で摂食に影響を与える補助因子は、イノシトール以外にも、数多くあると予想される。例えば、アリでは、アミノ酸であるグリシンがブドウ糖によって引き起こされる摂食を促進する¹⁵⁾。これらの物質は、その栄養価値よりも餌の質を示す指標となっている可能性がある¹⁶⁾。

3. 生体アミンによる咀嚼運動への影響

生体アミンは様々な周期的運動において出力パターンの修飾を行う生理活性物質であることが知られている¹⁷⁾。そこで、生体アミンによる咀嚼運動パターンの修飾の可能性を調査する

ため、カイコガ幼虫に数種類の生体アミンをそれぞれ注入し、人工飼料に対する 1 分間の咀嚼回数を計測した。幼虫には、オクトパミン（OA）、チラミン（TA）、ドーパミン（DA）、セロトニン（5HT）の生体アミンを 100mM の濃度で 2 μ l 投与し、control 個体として溶媒（超純水）を同量投与した。生体アミン投与後 30 分にな

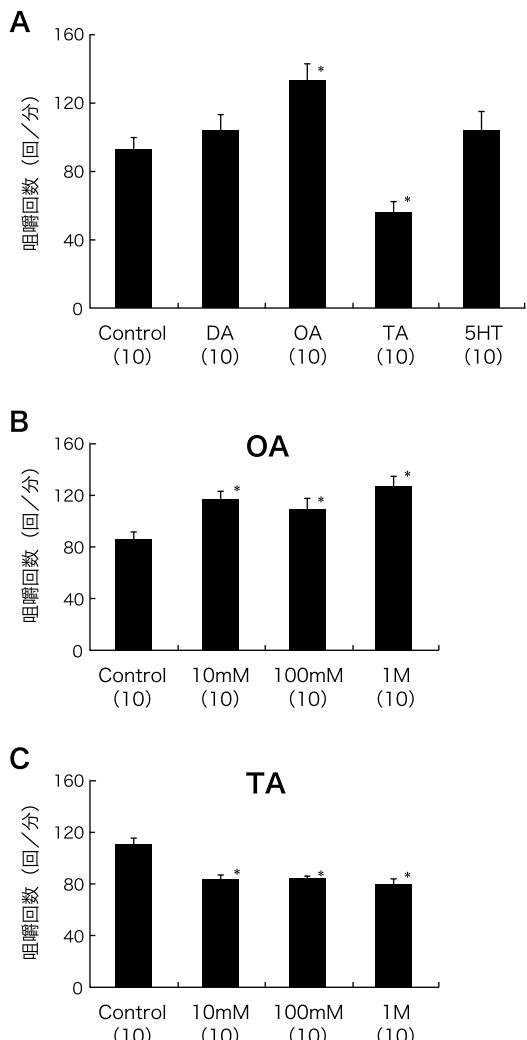


図 6 生体アミン注入による咀嚼回数への影響

100mM 生体アミン溶液を注入した時の咀嚼回数 (A)、濃度の異なる OA 投与後 30 分の咀嚼回数 (B)、濃度の異なる TA 投与後 30 分の咀嚼回数長時間の咀嚼回数 (C)。誤差線は標準誤差を、括弧内の数字はサンプル数を、* は control 区との有意な差 ($p < 0.05$) を示している。

ると摂食行動が見られ、咀嚼回数は control 個体よりも TA 注入個体で有意に減少し、OA 注入個体で有意に増加した(図 6A)。次に、咀嚼運動における OA や TA の濃度依存的な効果を調べるために、幼虫に OA あるいは TA (10mM, 100mM, 1M) を 2μl 投与し、人工飼料に対する 1 分間の咀嚼回数を計測した。OA 投与 30 分後の摂食行動では、control 個体よりも 3 種類の OA 濃度の注入個体で咀嚼回数が多かった(図 6B)。TA 投与 30 分後の摂食行動では、control 個体よりも 3 種類の TA 濃度の注入個体で咀嚼回数が低かった(図 6C)。

OA は、動物の様々な運動において、促進効果を示す生体アミンである¹⁷⁻¹⁸⁾。OA は、中枢神経系だけでなく、感覚神経系や運動神経系にも同時並行的に作用する。タバコスズメガ (*Manduca sexta*) では、摘出した食道下神経節の大顎神経における自発的発火パターンが OA によって短縮されることが報告されている⁶⁾。OA による発火パターンの短縮は、本研究の OA による咀嚼回数の増加、つまり、咀嚼運動パターンの短縮と非常に似た現象である。昆虫の咀嚼運動の CPG は、食道下神経節にあることが知られており^{2, 6, 19)}、本研究の結果は、投与した OA が、食道下神経節内の CPG、さらには、味覚ニューロンや大顎運動ニューロンなどの末梢神経系、大顎筋などに作用した可能性が考えられる。

一方、TA は従来、OA の前駆物質として知られていた生体アミンである。しかし、近年、

TA 自体が OA による作用とは異なる生理活性を示すことが報告されている^{17, 20)}。本研究では TA による咀嚼回数の減少が確認された。TA による作用は、OA による作用と拮抗的であり、このような関係は、他の昆虫でも報告されている^{17, 20-21)}。さらに、TA と OA の拮抗的な作用は、細胞レベルのシグナル伝達系の反応でも確認されている^{17, 20)}。このように、TA と OA は、咀嚼運動を拮抗的に調節する潜在的な調節因子であると考えられる。

おわりに

多くの動物種において、摂食行動の一部である咀嚼運動は生得的な要素が強く、比較的単純な神経回路で実行されていると予想される。無脊椎動物は脊椎動物と比べて、少ない細胞数で組織される比較的単純な神経系をもち、咀嚼運動を実行する神経回路の研究にも用いられている。節足動物の中でも進化の進んだ昆虫類では、より複雑な神経系を備えており、未だ多くの課題が残されている。カイコガ幼虫において、咀嚼運動や飲み込み運動の生理メカニズムが徐々に解明されつつあり、脊椎動物や他の無脊椎動物における基本的な摂食行動の生理メカニズムの理解に貢献できるかもしれない。さらに、昆虫類における摂食行動の生理メカニズムの解明は、有害昆虫の摂食を通じた駆除法や有用昆虫の人工飼料の開発等にも寄与すると考えられる。昆虫の摂食行動の研究が、農学を含んだ様々な分野で利用・応用されることを期待している。

参考文献

- 1) Meyrand, P., Simmers, J., Moulins, M.: Dynamic construction of a neural network from multiple pattern generators in the lobster stomatogastric nervous system. *J. Neurosci.* **14**: 630-644, 1994
- 2) Rohrbacher, J.: Fictive chewing activity in motor neurons and interneurons of the suboesophageal ganglion of *Manduca sexta* larvae. *J. Comp. Physiol. A* **175**: 629-637, 1994
- 3) Lindemann, B.: Receptors and transduction in taste. *Nature* **413**: 219-225, 2001
- 4) Hamamura, Y., Hayashiya, K., Naito, K., et al.: Food selection by silkworm larvae. *Nature* **194**: 754-755, 1962

- 5) Ishikawa, S.: Response of maxillary chemoreceptors in the larva of the silkworm, *Bombyx mori*, to stimulation by carbohydrates. *J. Cell. Comp. Physiol.* **A61**: 99-107, 1963
- 6) Bowdan, E., Gordon, A.: Temporally patterned activity recorded from mandibular nerves of the isolated subesophageal ganglion of *Manduca*. *J. Insect Physiol.* **46**: 709-719, 2000
- 7) Harris-Warrick, R. M., Marder, E.: Modulation of neural networks for behavior. *Ann. Rev. Neurosci.* **14**: 39-57, 1991
- 8) Delcomyn, F.: Neural basis of rhythmic behavior in animals. *Science* **210**: 492-498, 1980
- 9) Ito, T.: Effect of sugars of larvae of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.* **5**: 91-117, 1960
- 10) Sasaki, K., Asaoka, K.: Swallowing motor pattern triggered and modified by sucrose stimulation in the larvae of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.* **52**: 528-537, 2006
- 11) Asaoka K.: Deficiency of gustatory sensitivity to some deterrent compounds in 'polyphagous' mutant strains of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Comp. Physiol.* **A186**: 1011-1018, 2000
- 12) Kent, K. S., Hildebrand, J. G.: Cephalic sensory pathways in the central nervous system of larval *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae). *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **B 315**: 1-36, 1987
- 13) Asaoka, K.: Central projections of sensory neurons in the medial and lateral maxillary styloconic sensillum of *Antheraea yamamai* larva. *Int. J. Wild Silkmotth Silk* **7**: 43-46, 2002
- 14) Sasaki, K., Asaoka, K.: Different physiological properties in a pool of mandibular closer motor neurons in a caterpillar, *Bombyx mori*. *Neurosci. Lett.* **374**: 166-170, 2005
- 15) Wada, A., Isobe, Y., Yamaguti, S. et al.: Taste-enhancing effects of glycine on the sweetness of glucose: a gustatory aspect of symbiosis between the ant, *Camponotus japonicas*, and the larvae of the lycaenid butterfly, *Niphanda fusca*. *Chem. Sense* **26**: 983-992, 2001
- 16) Dethier, V. G., Kuch, J. H.: Electrophysiological studies of gustation in lepidopterous larvae. I. Comparative sensitivity to sugars, amino acids and glycosides. *Z. Vergl. Physiol.* **72**: 343-363, 1971
- 17) Roeder, T., Seifert, M., Kahler, C., Gewecke, M.: Tyramine and octopamine: antagonistic modulators of behavior and metabolism. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* **54**: 1-13, 2003
- 18) Long, T. F., Murdock, L. L.: Stimulation of blowfly feeding behavior by octopaminergic drugs. *PNAS* **80**: 4159-4163, 1983
- 19) Griss, C., Simpson, S. J., Rohrbacher, J. et al.: Localization in the central nervous system of larval *Manduca sexta* (Lepidoptera:Sphingidae) of areas responsible for aspects of feeding behaviour. *J. Insect Physiol.* **37**: 477-482, 1991
- 20) Blenau, W., Baumann, A.: Molecular and pharmacological properties of insect biogenic amine receptors: lessons from *Drosophila melanogaster* and *Apis mellifera*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* **48**: 13-38, 2001
- 21) Brendon, L. F., Braian, H. S., Julie, A. M.: Octopamine and tyramine influence the behavioral profile of locomotor activity in the honey bee (*Apis mellifera*). *J. Insect Physiol.* **52**: 1083-1092, 2006

ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

第2回 西アジア—シリアの牧畜民の事例

平田 昌弘*

*HIRATA Masahiro (帯広畜産大学)

Key Words: 牧畜・生業・乳製品・西アジア

本稿では、西アジアの乳加工体系として、シリアのアラブ系牧畜民の事例を紹介する。当時、筆者は大学院を休学して、JICA（国際協力機構）の青年海外協力隊に参加し、シリアで3年間を過ごしていた。1993年から1996年のことである。当初は過放牧が自然環境に与える影響をアセスメントすることを目的として牧野で植生を調査していたのだが、牧野で牧畜民に出会い、その牧畜民の家畜管理の技法や生き方に魅せられ、次第に彼らの生活にはまり込んでいった。人生は出会いできる。以後、一貫して乾燥地帯での乳文化を研究することになったのも、ベドウィン（アラブ系牧畜民）との出会いによる。シリアは牧畜の本質に乳があることを気づかせてくれたフィールドなのである。

シリアは地中海岸沿いこそ年間降水量が1000mmもあるが、内陸に入るに従って少なくなり、最も乾燥した地域では100mmを下回る（図1）。シリアは、わずか100kmほどの間に湿潤地帯から乾燥地帯までが共存している。年間降水量200mm以下の地域では天水ではいかなる作物もできない。年間降水量200mm以下の地域はシリアでは実に国土の55.1%をも占めており、シリアの大部分は乾燥地帯に位置している。そして、もう一つシリアの自然環境で特

徴的なことは、シリアは地中海性気候にあり、乾期と雨期とがあることである。乾期に入る5月から雨期が再び始まる10月までは降雨はほとんどない。このように、シリアの自然環境の特徴は、大部分は乾燥地帯に位置しており、夏は高温乾期・冬は低温雨期にあるといえる。

ここで紹介する乳加工体系は、シリア北東部ハッサケ市近郊の乾燥地帯での事例である。年間降水量は200～300mmで、天水では大麦のみ栽培が可能な地域である。この乾燥地帯で、アラブ系牧畜民バッガーラ部族Baqqaraが、ヒツジ・ヤギを飼養して生業を営んでいる（写真1）。バッガーラは、アラビ半島からシリア北東部へ移動して来た当時、ヒツジ・ヤギおよびラ



写真1 アラブ系牧畜民バッガーラの放牧。牧童がロバに乗り、先頭をいってヒツジ・ヤギ群を誘導する。

クダを飼養する遊牧民であった。しかし、1950年頃からラクダを売却して自動車を購入し、同時にオオムギの耕作を始め、泥土の民家を建てて半定住を始めだした。本稿では、このバッガーラの乳加工体系を紹介する。

1. 搾乳と乳加工の季節的な偏りとその対処法

バッガーラは、乾燥地域でヒツジ・ヤギ混成群を飼養し、その乳に大きく依存した生活を送っている。しかし、搾乳は1年中おこなわれるわけではない。シリアで広く飼養されている

ヒツジはアワシと呼ばれている。尾に脂肪を蓄積した脂尾羊で、乾燥に適応した種である。また、バッガーラの飼養するヤギは、アラビア語で山を意味するジャバリーと呼ばれ、主に内陸の乾燥地に飼養されている種である。これらのヒツジとヤギは季節繁殖性をもつ。つまり、交尾と出産に時期があり、出産に伴う搾乳にも季節的な偏りが生ずる。図2に、シリア北東部のS村、A牧畜民世帯における出産頭数、仔畜への哺乳、搾乳、乳加工の季節的な推移、および、草本植物の生育曲線を示した。A世帯は、ヒツジを210頭、ヤギを40頭飼養している。ヒツ

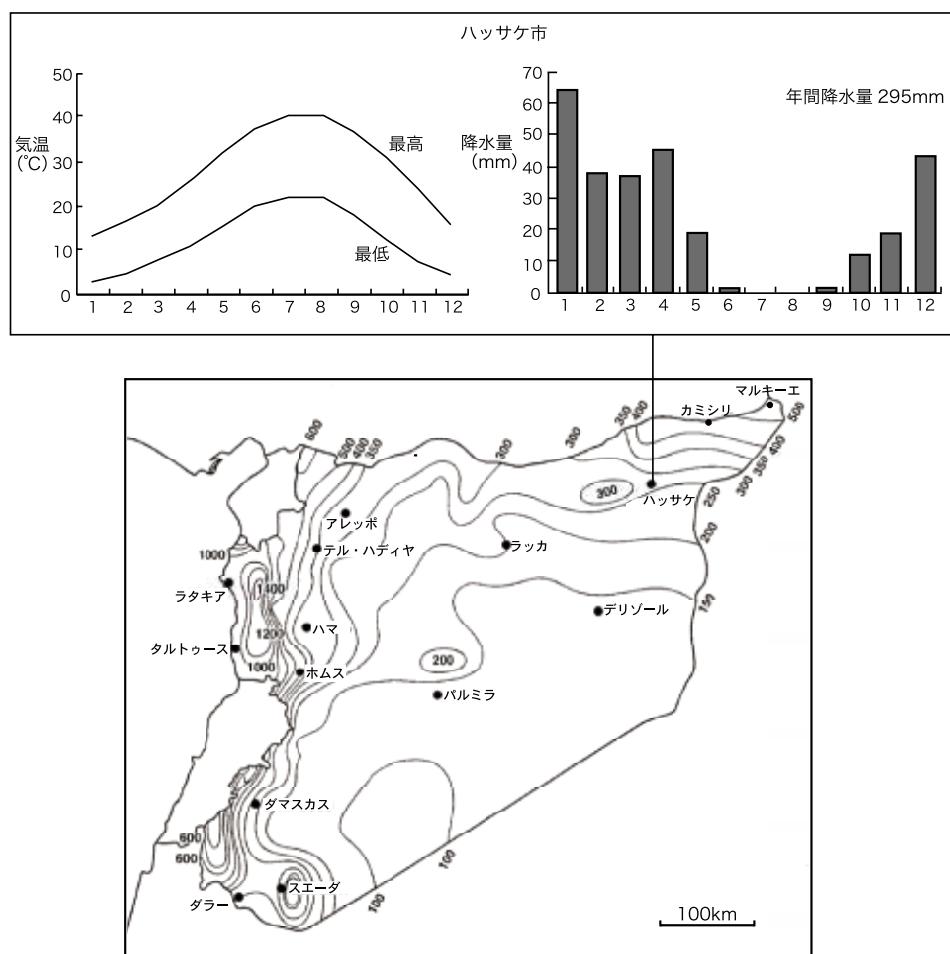


図1 シリアの等雨量線とハッサケ市の月別降水量と月別気温
(出典: Syrian Arab Republic, 1977; FAO, 1987)

ジの出産は、だいたい11月頃から始まり、1月から2月にかけてが最も盛んで、わずかであるが4月と5月まで続く。ヤギの出産はヒツジより遅れ、12月から1月にかけて始まり、3月と4月が比較的多く、5月まで続く。

3月から4月にかけては、気温が上昇してうららかな日々が続き、飼料資源となる草本植物は急激に伸び出し、環境条件は一年のうちで最も良くなる(図2)。ヒツジの仔畜が誕生するのは、主に1月から2月にかけてであり、仔畜は最も環境条件の良い時期ではなく、それより約1ヶ月程前に多くが生まれている。仔畜は出生後、しばらくは母畜から乳のみを飲む。仔畜が本格的に草を喰むようになりだす1ヶ月後には、草資源の状態は最も良くなる。シリア北東部では、ヒツジの仔畜は最も環境条件の良い時に誕生するのではなく、誕生して仔畜が草を喰むようになりだす頃が最適になるように誕生している。

仔畜への哺乳は出生後3ヶ月齢まで続けられる。その後は、母仔隔離が最低2ヶ月間はおこなわれて、母仔認識が消滅させられる。一番遅く生まれた仔畜への哺乳は6月下旬まで続けられた。搾乳は1月中旬頃から始められ、哺乳と並行しておこなわれる(写真2)。出生時期によって日数が異なるが、たいてい出生後3日から20日してから母畜から搾乳が開始される。初めに搾乳をしてから、後に哺乳がおこなわれる(写真3)。搾乳量は6月下旬から7月上旬にかけてが最も多く、9月下旬まで続けられる。この年、母畜から搾乳した最後の日は、ヒツジでは8月2日、ヤギでは9月20日であり、ヤギの方が約1月半ほど遅くまで搾乳されている。放牧する際、ヤギは群から外れることが多く、群管理において

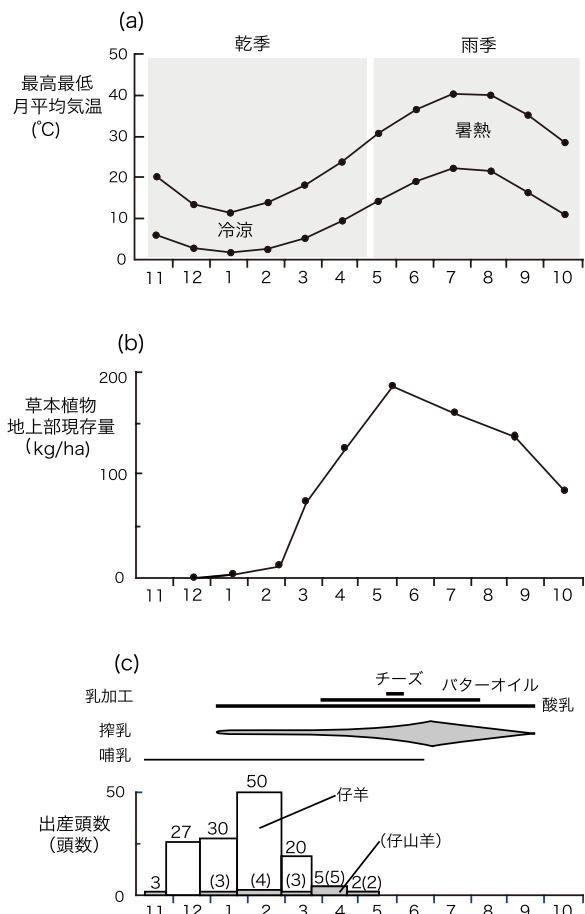


図2 シリア北東部における最高最低気温(a)、草本植物の地上部現存量の推移(b)と出産頭数、哺乳、搾乳、乳加工の推移(c)

注) S村、A牧畜世帯における事例



写真2 バッガーラの搾乳。搾乳は、基本的に女・子供の仕事である。一人がヒツジ・ヤギを固定し、一人が家畜の後脚の間から両手で搾乳する。

てはヒツジよりも手間のかかる家畜である。しかし、搾乳期間が長期化することで、ヤギの存在意義が格段に増す。

このように、ヒツジやヤギの搾乳には季節的な偏りが生じている。では、一時期に沢山生産される生乳をどうするか、乳の非生産時期にはどうするかである。それは、長期にわたり生乳を保存できる形態に姿を変えることである。搾乳期間にわたり、酸乳がつくられている。搾乳量が多くなり、毎日食べる自家消費用の酸乳を除いて、一定のまとまった量が得られると、酸乳からバターオイルが加工されるようになる。レンネット添加によるチーズ加工は、5月下旬から6月にかけての約10日だけ、自家消費用につくられている。搾乳の季節的な偏りに加え、搾乳した生乳を加工する内容にも季節的な偏りが生じている。

谷（1992:279）も、乳の場合、一年中搾乳できる状態でないから、特に貯蔵加工がきわめて重要なことだとしている。本来、保存食とは、季節的に大量生産される食糧を腐らせることがなく、非生産時期にまでいかに備えておくことができるか、その試行錯誤の繰り返しの過程で生まれてきたものである。ヒツジ群の飼養に依存した社会が形成されることは環境要因に大きく影響されている。しかし、ヒツジから産出され



写真3 仔ヒツジへの哺乳。搾乳後の残乳を仔ヒツジに分け与える。母ヒツジは、鳴き声と匂いとで実仔を確認し、哺乳を許容する。

た畜産物を処理する段階では、そこに住む人の価値観や技術に大きく影響される。次に、乳という素材を対象に、バッガーラの保存性を高める方法について紹介してみよう。

2. バッガーラの乳加工体系

近年ではマッキー・ハリーブ（直訳は「ミルクの機械」）と呼ばれるクリームセパレーターが広く普及し、乳製品を市場で売却して現金収入を得ることを強く意識して乳加工がおこなわれている。クリームセパレーターの普及により、バッガーラの乳加工体系は少なからず影響を受けることとなった。ここでは、クリームセパレーターがバッガーラに入り始める前、1981年以前の乳加工体系を紹介する。

生乳はハリーブ *haliib* と呼ばれている（図3）。バッガーラは搾りたてのハリーブを飲用することが稀はある。彼等がハリーブを飲用しているのは確かであるが、それでも全体の乳消費量に比べるとわずかであり、ハリーブの多くは色々な形に加工・利用されている。これは、乳糖不耐症の問題とも関連しており、生乳を加工して乳糖をできるだけ排除し、乳製品として利用しているのである。ただし、初乳は別格であり、チーズやバターオイルに加工されることはない。初乳はシリアでは一般にリビ *libi* と呼ばれるが、シリア北東部のバッガーラではアルバ *aluba* と呼ばれている。アルバは加熱しただけでゲル状になり、ホブス *khobz*（発酵平焼きパン）につけて食べ、黄色ががって、どろっとして甘い味がする。アルバをパサパサに成るまで加熱してから食べることもある。

搾られた生乳が最初に受ける処理は、加熱後に酸乳にするか加熱しないままレンネット添加によりチーズにするかである。バッガーラは酸乳のことをハーセル *khaather* と呼ぶ。ハーセルの加工法は、生乳を先ず加熱し、沸騰したらす

ぐに火を止めて、そのまま放置する。人肌にまで温度が下ったら、前回分のハーセルの一部を入れる。1994年4月29日の事例では、ハーセルができるまでに6時間位の静置を要した。気温が変動するため、この静置時間は冬、春および夏で変化する。この酸乳スターの操作を何回続けても品質には問題ないという。搾乳シーズン開始の最初の酸乳には、乾燥したヒゲット（以下説明）を利用する。今日ではハッサケ市から牛の酸乳を購入して最初の酸乳スターとすることもある。ハーセルはそのまま毎日の食事として食べられる他、余剰となる大部分は以下で説明するバターやチーズ加工に用いられる。バッガーラの乳食において、乳の中に残存する乳糖およびその発酵産物を積極的に摂取するのは、この酸乳の食用のみである。バターオイル加工やチーズ加工は、乳から乳脂肪分もしくは乳蛋白質を抽出するプロセスであり、結果的には乳糖を排除するプロセスである

と見なすこともできる。

ジブデ *jibde* とはバターのことである。シャチュワ *shaquwa* と呼ばれるヒツジの皮袋の中に、ハーセルと水を入れ、最後に空気を吹き込んでから、注ぎ口を紐で縛る。シャチュワは、手足の四ヶ所を紐で固定的に縛られて袋状となっており、首の部分が自由に開閉できるようになっている。シャチュワは天井もしくは三脚にぶら下げられ、左右に振盪される（写真4）。空気が吹き込まれたのは、シャチュワの中でハーセルがよく振とうされるためである。振盪を続けると、微小な脂肪球どうしが凝集し、米粒のような脂肪の小さい塊ができる。これを布で漉し取ったものがジブデである（写真5）。シャチュワの中にジブデが残らないように、最後に水を入れてから左右に再び振って、ジブデを洗い出す。ジブデは小型のシャチュワに収容され、シャチュワ表面からの水分蒸発に伴う気化熱発生で冷たく保たれている。1981年頃以

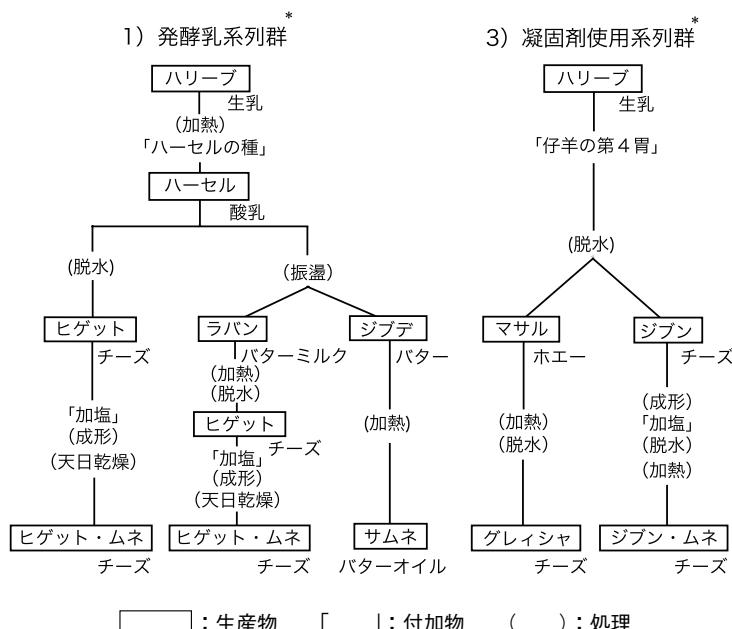


図3. シリア北東部のアラブ系牧畜民バッガーラにおける乳加工体系
クリームセパレーターが登場する1981年頃以前の事例

* : 1) 発酵乳系列群, 3) 凝固剤使用系列群の数字番号は、中尾佐助氏の系列群モデルに付した番号に従っている（本文参照）。

前においては、この振盪作業は女性にとって重労働であり、1回当たりの振盪作業は3時間位かかった。朝未だ暗い3時頃より作業を始め、何回か繰り返して朝10時位まで続けられたという。バッガーラのテントを春や夏に訪れると、このつくりたでのジブデにホブスと砂糖を添えて出しててくれる。つくりだての発酵バターの爽やかさと砂糖の甘さが調和して、それはそれは上等な味がする。「つくりだての瑞々し発酵バターの爽やかさとクリーミーさ」という牧畜民のコンセプトは、日本でも十二分に通用すると思う。

ジブデは食事に利用されるが、多くはサムネ



写真4 振盪法によるジブデ(バター)づくり。シャチュワと呼ばれるヒツジの革袋に、ハーセル(酸乳)と水とを入れ、そして空気を吹き込んで、左右に振盪する。



写真5 できたてのジブデ(バター)(左)。ジブデは小型のヒツジの革袋に入れておく(右)。皮袋は気化熱で冷たく保たれている。

samneh加工に回される。サムネとは、バターオイルのことであり、ジブデを加熱して水分含量を落し保存性を高めた乳製品である。バッガーラの乳脂肪の保存の最終形態は、バターではなくバターオイルの形態を採用している。このサムネは、数年の保存が可能であるという。サムネは小型のシャチュワに入れて保存されるが、今ではジュースなどのペットボトルも保存用の容器として利用されている。ジブデを加工する際、中に交ざったゴミを吸収させるために、小麦の穀実などを混ぜて処理することもある。

ジブデ加工で、シャチュワの中にハーセルを入れて左右に振った際、ハーセルは固体部分のジブデと液体部分のバターミルクに分離する。バッガーラはこのバターミルクのことをラバン labanと呼んでいる。この液体部分のラバンを冷やして、シニーネ shiniineと呼ばれ飲物として利用する。酸乳を水で薄めた飲物であるジリア jiriyahとは区別している。夏の熱い日中に牧畜民テントを訪れ、この冷たいシニーネを飲ませてもらう時はいつも生き返る思いがした。わずかな酸味で、あっさりとして喉ごしが良い。ジリアに塩を加えたものが、トルコでいうアイランに相当する。脱脂している分、喉ごしはシ



写真6 ラバン(バターミルク)を加熱・凝固させて、チーズのヒゲットに加工する。



ニーネの方が断然良い。

ラバンを加熱してから（写真6），布に入れて天日乾燥させたものをヒゲット *hiqed* と呼ぶ（写真7）。ヒゲットは主に，加熱変性により凝固した蛋白質からなっている。ラバンは生乳から脂肪分が抽出されただけであり，未だ豊富に含む乳蛋白質をバッガーラが見逃すはずがない。乳蛋白質の大部分はカゼイン蛋白質であり，熱に比較的安定であるが，乳酸発酵により酸性度が高くなった状態では加熱したらカゼインミセルが容易に凝固してくる。このカゼインミセルの凝固物がヒゲットである。ここで生じた液体部分もラバンと呼ばれ，シャチュワから出てきた液体部分の名称と同じ語彙が当てられている。

ハーセルからもヒゲットはつくられる。ハーセルを布に入れて天日乾燥させてつくる（写真7）。ラバンから加工したヒゲットもハーセルから加工したヒゲットもこのままの状態で食べられることはまずなく，自家消費用の保存食として更に加工されるか業者に売却される。ヒゲット中の水分が少し残っている時点で塩を付加し，小さな団子状の塊にして天日乾燥を進め，十分に乾燥させて保存する。この長期保存用のヒゲットをヒゲット・ムネ *hiqed muune* と呼ぶ（写真8）。ムネとは「保存」を意味する。保存食用の塩付けヒゲットを消費するのは秋から冬

にかけて搾乳がおこなわれない時期である。主に1月，2月に利用される。利用する際，ヒゲット・ムネがカチカチに乾燥しているので水に数時間浸しておいてから利用する。オリーブオイルやクミンをかけてホブスに付けて食べたり，肉と米と一緒に煮てスープにしたりする。ジリアのようにして飲用にもする。キャンディーのように，口のなかで転がして食べることもある。

一方，生乳はレンネット処理によるチーズ加工にも用いられる。このチーズはジブン *jibun* と呼ばれる。加熱殺菌していない生乳に，仔ヒツジの第四胃の断片を少量混ぜる。胃の断片を加えると，カゼイン蛋白質が部分的に分解され，カゼインミセルが重合・巨大化することにより，すぐにカゼイン蛋白質の凝固が始まる（写真9）。固体部分を布に入れて脱水すればジブンができる。バッガーラは仔ヒツジの胃のことをマジバナ・ハルーフ *majibana kharuuf* と呼ぶ。マジバナとは生後4，5日齢までの未だ草を採食しだす前の仔ヒツジの胃を，ハルーフとは雄の仔ヒツジを指すが，ここでは仔ヒツジの総称として用いられている。草を採食した後仔ヒツジの胃ではジブンができるといふ。生後4,5日齢までの仔ヒツジがもし死んでしまったならば，第4胃を取り出し，塩を振り掛けて天日で乾燥させる。塩を振りかけるのは悪臭を



写真7 ヒゲットつくり。加熱・凝固したラバンを布に入れて脱水してつくる。また、ヒゲットは、ハーセル（酸乳）の天日乾燥によってもつくられる。

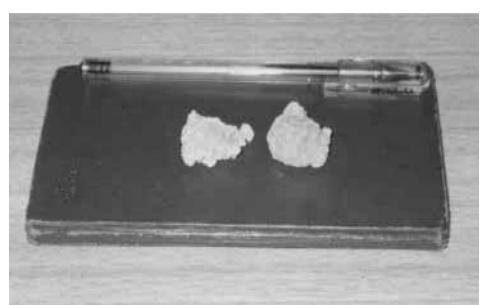


写真8 長期保存用チーズのヒゲット・ムネ。ヒゲットに塩を加え、小さく丸めて、天日で十分に乾燥させてつくる。

抑えるためであるという。仔ヒツジの胃を乾燥させれば保存が効き、後は使いたい時に使うことができる。しかし、最近では簡便さのため、近郊ハッサケ市の薬局で購入したダワ・ドール・ジブン（直訳は「チーズ加工用の薬」）と呼ばれるレンネットを使用している。

沈殿した固形部分をジブンと呼ぶのに対し、液体部分のホエイをマサル masal もしくはマイ・ジブン mai jibun（直訳は「チーズの水」）と呼ぶ。マサルを加熱し、濾過することにより上部に浮いてきた固形部分を集めたものがグレイシャ qureysha である。マサルには熱に不安定な水溶性ホエイ蛋白質が未だ残存しており、グレイシャ加工は熱変性によりこのホエイ蛋白質を抽出する技術である。グレイシャは少量しか取れず、乾燥保存することなく、すぐに消費してしまう。そのままホブスと一緒に食べたり、砂糖をかけておやつ程度に食べたりしている。

ジブンの多くは、脱水を進めて保存食用に更に加工される（写真9）。長期保存用に処理されたチーズはジブン・ムネ jibun muune と呼ばれる。ジブンを高濃度の塩水で煮たてて、ジブンからの脱水を進めて石のようにカチカチにさせる。5月から6月にかけてジブンを加工することは既に触れた。



写真9 ジブンとよばれるチーズ加工。レンネットを生乳に添加すると（左）、固形部分のジブンと液体部分のマサルに分かれる。ジブンを長期に保存するためサイコロ状に切り分け（右）、高濃度の塩水で煮立てる。

3. バッガーラの乳加工技術体系の類型分類

前号のVol.53 No.1（平田, 2011）に、乳加工体系の類型分類の手法として、中尾佐助氏が考案した1) 発酵乳系列群、2) クリーム分離系列群、3) 凝固剤使用系列群、4) 加熱濃縮系列群の4つのモデルを説明した（中尾, 1972）。この中尾モデルにバッガーラの乳加工体系を照らし合わせると、2) クリーム分離系列群と4) 加熱濃縮系列群は存在せず、1) 発酵乳系列群と3) 凝固剤使用系列群の2つを利用しているということになる。バターオイルであるサムネ、チーズであるヒゲットの加工処理は、加熱してからまず酸乳であるハーセルを加工し、酸乳を経てからバターオイルやチーズが加工されており、発酵乳系列群に当たはまっている。仔ヒツジの第4胃もしくはダワ・ドール・ジブンを用いて加工されるチーズは、凝固剤使用系列群に入る。ただし、シリアの場合は西欧のチーズと異なり、できたチーズをすぐに食べるか高濃度の塩水で煮つめるかするため、熟成による風味の添加が伴っていない。

ダワ・ドール・ジブンを利用する前は、仔ヒツジの第4胃を使ってチーズを加工していた世帯がある一方、チーズを全く加工しなかった世帯もあった。チーズを全く加工しなかった世帯では、搾乳シーズにあり余る生乳を何に加工していたかというと、サムネつまりバターオイルにひたすら加工していた。搾乳シーズを通してバターオイル加工に専念していたのである。バッガーラの乳加工の形態を類型分類すると、発酵乳系列群と凝固剤使用系列群の2つに大別され、補足するならば発酵乳系列群による乳脂肪分の抽出に専念した乳加工体系の文化であるといえる。

この中尾モデルにより乳加工体系を類型分類していくと、他地域の乳加工体系との類似性や相違性を検討することができ、地域間比較によりそれぞれの特徴を抽出していくことができ

る。次号では、シリアの都市部・農村部の事例を、次々号ではイランでの事例を紹介してから、中尾モデルによる西アジア広域地帯における乳加工体系の類型分類を試みてみたい。

・・・・・参考文献・・・・・

- 1) 中尾佐助, 1972. 『料理の起源』日本放送出版協会.
- 2) 谷泰, 1992. 「乳食文化の系譜」雪印乳業株式会社健康生活研究所編『乳利用の民族誌』中央法規出版株式会社, 267 - 293 貢.
- 3) 平田昌弘, 2011. 「ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品 第1回 人類が出会った乳利用」『New Food Industry』53(1): 89-95.
- 4) 平田昌弘, 1999. 「西南アジアにおける乳加工体系」『エコソフィア』3: 118-135.
- 5) Syrian Arab Republic, 1977. *Climate Atlas of Syria*, Climate Division, Meteorological Department, Ministry of Defence, Damasus.
- 6) FAO, 1987. *Agroclimatological data for Asia*, FAO, Rome.

注) 本稿は、1999年に『エコソフィア』誌に発表した「西南アジアの乳加工体系—シリア北東部のアラブ系牧畜民バッガーラの事例をとおして」をもとに書き改めたものである。クリームセパレーターが普及し始めた1981年以降の乳加工体系については、本論文を参照されたい。



牧野での昼食。携えてきたホブス(発酵平焼きパン)と酸乳(ヨーグルト)、そして、紅茶。灌木を燃やしてつくった香ばしい紅茶、優しい味のする酸乳とが、牧童たちをひととき放牧の仕事から開放させる。

フランス チーズ事情 1

コンテ (前編)

清田 麻衣

KIYOTA Mai (チーズ生産地探訪家)



いち観光客としてフランスを訪れてから、いつのまにか乳製品の美味しさと豊富さに魅せられていた。6年前からはフランスの酪農家、チーズ製造者を訪問し、時には短期ながら居候をし、調査と記録を行うに至った。さらに2009年から2010年にかけ、フランスのチーズ店で働いた「つて」もあり、今まで訪問する機会を得ることが出来なかった、比較的大規模なチーズ生産者を訪問することができたので、この場を借りて、その訪問の記録をもとにフランスのチーズをいくつか紹介したい。

1. AOC, AOPについて

フランスのチーズについて述べるにあたり、まずAOCとAOPについて記しておく。AOC(原産地呼称統制)は、長年にわたって築き上げられてきたその土地固有の製品のオリジナリティをフランス政府が保証する制度¹⁾で、チーズの他、各種農産物、その加工品が対象となっている。AOP(原産地呼称保護)は同様の内容をEUが保証するものだ。これらの認証を得るために、チーズ製造関連者、例えば酪農家やチーズ製造者、熟成者は数々の規定を守り製造に従事することになる。例えば、コンテというチーズは無殺菌の牛乳から製造することが規定されているが、これは長い間無殺菌の牛乳からコンテを製造してきた歴史に基づいている。しかし理由はそれだけではないようだ。もし、すべての製造過程を伝統に基づき規定にしたら、AOC, AOPの認定を受けたチーズの製造は全く近代化できなくなってしまう。

ある農業従事者に聞いたところ、AOC, AOP認定制度は土地と伝統的産物を関連付け人々へ印象づけるほか、規定を利用して一定以上の品質を守るためにも有効に利用できるという。それを考えると、コンテにとって、無殺菌乳で製造されることが品質面でも欠かせないポイントであり、それ故に規定としているとも考えられる。実際に現地でコンテを紹介してくれた人々は、無殺菌乳でコンテを製造するので、ウシが食べる多様な草花の香りがチーズにも反映され、複雑な風味となるのだ、と語った。

以下、製造場所を回った記録を記すにあたって、製造方法などいくつかのポイントでそれが規定であるとの記述を加えるが、規定は単なる厳しいきまりではなく、長年の手法・伝統に基づき、中には安全や風味といったコンテの品質にも寄与する工程も含まれていると念頭において読み進めなければと思う。なお、AOCとAOPは保証がフランス政府によるか、EUによるかの違いであり、

さらに規定内容に違いはなく、AOPに認定されるチーズは全て事前にAOCに認定されていることから、以下これらは併記せず、AOPとだけ記す。

2. コンテとは

既に名前を出した「コンテ」というチーズについて、2回にわたり記述していく。このチーズはAOP認定を受けたチーズである。フランスのAOPチーズの中では生産量は最大で、2008年にはおよそ1,250,000個にあたる502,041トン製造された²⁾。褐色の外皮をもち、中の生地はアイボリーから麦わら色をした、加熱圧搾タイプのチーズである。高さ8～13cm、直径60cmほどの円盤型をしており、重さは30～48kgもある³⁾。最低4ヶ月、平均で8ヶ月熟成する²⁾。

製造地域として規定されているのは2010年6月の情報によるとフランス東部ジュラ山脈からその裾野に広がるドゥー県、ジュラ県のほぼ全域の他、アン県東部、ソーヌ・エ・ロワール県、オート・サヴォワ県のごく一部である(図1)³⁾。この製造地域の多くを占めるドゥー県、ジュラ県は、フランス東部、フランシュ・コンテ地域圏(県よりも大きい行政区域)にあたる。北はロレーヌ地域圏とアルザス地域圏、南はローヌ・アルプ地域圏、西はブルゴーニュ地域圏、東はスイスに面している。よって、この地方で車を走らせていると、道路の行き先を示す看板にはスイスの地名が出てくることもある。実際、私が訪問したコンテの熟成業者は、東に10kmも走ればスイスという位置にあった。

フランシュ・コンテ地域圏の中心都市、首府はブザンソンであるが、そこから南50kmのポリニーというまちが「コンテの中心都市」と言われている。これは、コンテの熟成業者16軒のうち、5軒がこのまちに集中しているからだそうだ。

3. コンテ製造の役割分担

乳を生産する酪農家3000軒、乳から熟成前のコンテを製造するフリュイティエ160軒、熟成業者16軒がコンテの製造を担っている。そこでコンテについて記すにあたり、2010年7月、コンテ製造者としてフリュイティエ、熟成業者を訪問した記録を中心に、メゾン・デュ・コンテというコンテ博物館も興味深いものだったので、それについても記載していく。なお、上記の各軒数は調査媒体や年度により多少のズレが認められるが、ここではコンテ博物館訪問時に聞いた数値を採用した。

フランシュ・コンテ地方原産のウシとして、モンベリアードがあげられる(写真1、2)。フラン

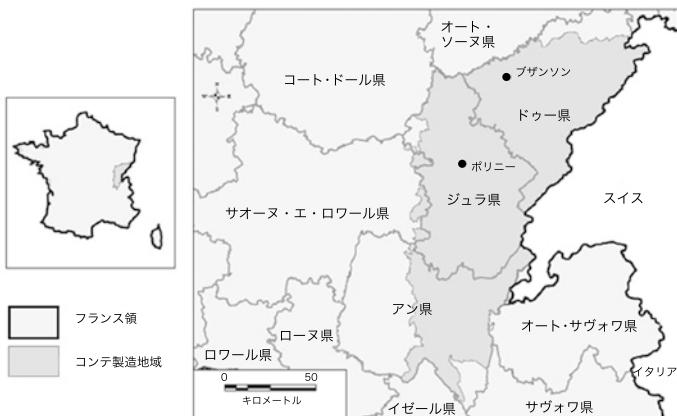


図1 コンテの製造地域



写真1 放牧地で水を飲むモンベリアード



写真2 搾乳を待つモンベリアード

スでは2番目に多く飼育される乳牛で、40年以上前から飼育頭数が増加している。タンパク質含量が多く、チーズ製造に向いた乳質で、乳房炎に強く、また肉牛としても適性がある⁴⁾。フランシュ・コンテ地方では乳牛の95%を占め（残り5%はシメンタールフランセーズ）、AOPチーズの製造原料となる乳を産出する。

コンテ博物館で説明された数値では、ひとつ約45kgのコンテを製造するのに、400～500リットルの乳が必要であり、これは概算でモンベリアード23頭が1日に算出する乳量にあたるという。このように、ひとつのコンテを製造するのに多量の乳を必要とすることから、次に記すフリュイティエがチーズ製造を担当する。酪農家がそれぞれチーズを製造するのでは、1日に製造できるチーズが非常に少数であったり、乳が中途半端に数百リットル余ったり、場合によっては1軒だけではひとつもチーズが製造できないことが推測される。よって、近隣農家が算出する乳を一箇所に集めチーズ製造に供することは非常に効率がよいと言える。

4. フリュイティエ

複数の酪農家から牛の乳を集め、コンテの製造を引き受けるのがフリュイティエである。私はドゥー県リエブルモンという村のフリュイティエを訪問した。コンテに関して非常に驚くのが、このように製造者が訪問を実に気軽に受け付けてくれる点である。全てではないが多くのフリュイティエが業界関係者だけでなく、観光客にも門戸を開いており、電話一本で訪問予約がとれる。フリュイティエの住所と電話番号はコンテチーズ生産者協会のHPに公開（<http://www.lesroutesducomte.com/home.html>）され、冊子にもまとめてあり、地元の観光局に問い合わせればこの冊子は無料で入手できる。酪農家、熟成業者に関しても、フリュイティエ工程ではないが観光客の訪問を受け付けているところがある。英語で対応可能な地元の観光局を経由して訪問予約をすることもできる。

さて、このフリュイティエは牧草地帯を抜ける細い道路沿いにあり、すぐ脇でウシが放牧されていた。チーズ製造所の外観は農村の一軒家のようで一見ここがチーズ製造所とはわからない（写真3）が、内部には電動の、近代的な施設も導入されている。ここでは2人がコンテ製造に従事して



写真3 フリュイティエ。右手に駐車しているのは集乳車

おり、1日24個のコンテを製造することができる。銅釜が2400リットル容量で4基。それぞれから6個のチーズを製造できるキャパシティがある。2010年7月上旬の見学日ではそれぞれの銅釜から5個、合計20個のチーズを製造していた。午前4時に作業を開始し、午前11時で1日の仕事は終了する。ただし週末の土日はフリュイティエの作業者2人が交代で休みをとるため、1人で集乳からチーズ製造まで行うので大変忙しくなるそうだ。この日は平日であったため、業務には比較的余裕があり、私が到着した午前8時くらいから、製造の合間に説明を受けることができた。以下、製造工程として聞いた内容

をまとめる。このフリュイティエ特有の製造方法と、AOPで規定している共通の製造方法とが混在するが、AOP規定として説明を受けた部分にはその旨を記載する。

早朝4時より6時まで、フリュイティエで働く2人が分担して、10軒の酪農家から集乳する。乳は前日の朝および夕に搾乳されたもの。12°Cに冷却している。AOPの規定によると、フリュイティエから25km圏内にある酪農家の、牧草・干草のみを食べているモンベリアードの乳を、搾乳後24時間以内で製造に用いることになっている（実際には、シメンタールフランセーズの乳も可³⁾）。集めた乳は脱脂せずそのまま製造に用いる。ただし、冬季はチーズ製造前に乳の脂肪分を少し取り除くということだった。夏の乳はタンパク質が豊富なため脱脂しないが、冬の乳はタンパク質が減るので、人為的に脂肪分を減らしたほうが風味のバランスがとれるということだ。

乳を31.5°Cに加温し、乳酸菌を添加する。45分後、凝乳酵素と、さらに最初に加えたものとは異なる乳酸菌を3種類添加する。これらの乳酸菌は、釜の中で、あるいは熟成中などのタイミングでそれぞれの異なる役割を期待して添加しているとのことだった。乳を温め、凝乳をつくる釜は銅製である。銅は加熱コントロールしやすいほか、熟成中にガスを発生し、チーズを膨張させる微生物の繁殖を防ぐ役割があるという。銅釜の洗浄に洗剤や漂白・殺菌剤は使用せず、みがき粉と乳清で磨く。乳清のpHが低いという特徴を利用しているそうだ。

凝乳酵素等を加えて約30分後、凝乳を切る。この切るスピードは重要で、凝乳の粒の大小が決まり、乳清がきちんと出たり出なかったりすると聞いた。切ったら25分間かけて56°Cまで加温し、その後40分間、温度を保持しながら乳清のなかで凝乳の攪拌を続ける（写真4）。この間に凝乳から乳清が抜けるため、この攪拌後



写真4 乳を固めた銅釜の中で、凝乳を切り、攪拌している



写真5 ポンプで凝乳を乳清ごと型の中へ送り込んでいる



写真6 乳清が抜けたら、高さを出すために差し込んでいた円筒を引き抜く

の凝乳粒は1～2mm角の、クスクスの粒程度になっていた。

攪拌終了後、ポンプを利用して凝乳を乳清ごと直径10cmはある太いチューブで吸い上げ、型の中へ凝乳を送り込む（写真5）。型そのものの高さは15cmほどだが、凝乳と乳清で一時的にかなりの体積のものが送り込まれるため、このときあらかじめ高さ50～60cmの円筒を型に差し込んでおき、凝乳が溢れるのを防ぐ。そして、型の底からゆっくりと乳清が抜けるのを待つ。乳清が抜け、型そのものに凝乳が収まるほどのかさになったら、円筒は取り外す（写真6）。

乳清は一部を取り分け42℃の恒温槽に入れておき、翌日の製造時に加える。乳清には先に加えた乳酸菌が生きているため、という説明だったが、それならば乳酸菌を新規に加えているのは何故か、という理由はわからなかった。これまで他のチーズの製造所で、乳清を、その中の乳酸菌の働きに期待して加えるという製造スタイルを幾度か目にしたが、その時同時に乳酸菌としては加えていなかった。ただそれに似た例としては、アルザス地方の農家で圧搾タイプのチーズをつくる際、乳酸菌が自然に増殖した前日の乳と同時に市販のヨーグルトを加える製法を見たことがある。ヨーグルトに生育する乳酸菌が、チーズの膨張を防ぐのだと言った。チーズ内部で働きガスを発生する菌が、ヨーグルトの乳酸菌と競合し生育しにくくなるのかもしれない。なお、残りの乳清はブタの飼料とするということだった。

話をコンテ製造に戻す。型に収まった凝乳はすでに癒着が始まっている。すこし凝乳を押しやつて側面にカゼインマーク（チーズの製造者番号や製造日を記したラベルのようなもの）を付け（写真7）、凝乳の上面に、小さい目がたくさん開いた円形のステンレスの網のようなものをのせる（写真8）。同様のものは底面にもあらかじめ敷いてある。型がちょうど一つ乗る大きさの小型リフトに、凝乳を型ごと滑らせて載せ、何台も並んだ圧搾機に一つづつ、今度はリフトから滑らせて載



写真7 凝乳の側面に隙間をつくり、カゼインマークをつけている

せていく。圧搾機で翌朝まで圧搾したら、型からコンテを出し隣室のカーブ（熟成用の倉庫）へ入れる。この日圧搾は9時半には開始していたので、圧搾時間は20時間ほどかと推測している。圧搾中、反転は行わない。大きい布で釜の中から凝乳をさらに集め、その布ごと型に押し込む従来の方法では反転が必要だが、このフリュイティエのように布を使わない一連の製造方法では反転は不要であるとのことだった。

製造場所の隣にあるカーブでは、熟成業者に渡す前の若いコンテが保管されている（写真9、10）。室温は12℃であった。このときコンテはまだ堅い褐色の外皮を形成しておらず、内部組織とおなじ淡い黄色であり、生地はコンニャクやカマボコほどではないがしなやかである。精製塩を表面にのせ、のち裏面にものせチーズに加塩する。その後は3日に一度、モルジュ液でチーズの表面をみがく。モルジュ液は、カーブ中で保管し使い続ける塩水で、菌が繁殖しているチーズの表面をみがくための液体で、これによりチーズ外皮の形成が促される⁵⁾。ここでは目視確認したのみだが、以前サヴォワ地方のチーズ製造所で、モルジュ液でチーズの表面をみがく作業を経験したとき、それはあまり透明度のない淡褐色の液体で、ゴム手袋ごしてあつたがわずかに粘性を感じた。このモルジュ液も外観では同様のものと見受けられた。

このフリュイティエでコンテを保管するのは製造から15日間ほどで、若いチーズは熟成業者に渡される。コンテの買い取り価格は、熟成業者がその質を判断して決める。良質であれば長く熟成することが出来、高価格で販売できるからである。乳の価格はフリュイティエが決める。月に3回分析（分析項目は聞き損じた）し、質の低下が認められるとペナルティとして乳の購入価格を下げるとのことだった。

以上が、フリュイティエで行われる作業として聞いた内容である。



写真8 圧搾前に、ステンレス製の網を被せる。小さな穴から、圧搾中も乳清がしみ出てゆく



写真9 朝、型から取り出されたばかりの前日製造したコンテ。右手にある白いバケツの中にはモルジュ液



写真10 熟成前のコンテ。チーズ側面の楕円形の印がカゼインマーク

5. メゾン・デュ・コンテ

コンテの中心都市、と呼ばれるジュラ県ポリニーにある博物館である。自由入場ではなく、ガイドの案内とともに館内を巡る。入り口で地理の説明を受けた後、コンテの製造をビデオで見たら、展示物を見て回ることになる。展示物から、嗅覚、触覚、視覚の面で、最後にはテイスティングもあり、味覚でもコンテを理解できる仕組みだ。

まずウシについて。牧地で180種類もの多様な植物を食べているとのこと。AOPの規定で、一頭あたり1ha以上の牧地が確保されないといけない。展示室内中央には干草が2種類（一番草、二番草の違いと思われる）がケースに入れてあり、鼻を近づけて匂いをかぐと、まだ草の匂いを残し

表1 テイスティングしたそれぞれのコンテの特徴

	1	2
外観	淡い黄色、クリーム色	黄色みが濃い、干草色
感触	しなやか	堅く、割れやすい
香り	乳製品（ヨーグルトやバター）の香り	チョコレートやコーヒーの香り
味わい	酸味があり、軽い	余韻がある
どんなコンテ	冬に製造 5ヶ月熟成	夏に製造 15ヶ月熟成

表2 コンテに感じられる香り（現地で掲示してあったものを日本語で再構成した）

カテゴリー	具体例
乳	新鮮な乳、温かい乳、熱で凝固した乳、凝乳、乳酸発酵のすんだ凝乳、ヨーグルト、乳清、パイ生地の切り落としカス、新鮮なバター、溶かしバター、古いバター、新鮮なクリーム、発酵のすんだクリーム、古いクリーム、ホワイトチョコレート、カンコワイヨット ^{※1}
フルーツ	アプリコット、オレンジ、グレープフルーツ、レモン、その他柑橘類、ブルーン、生のヘーゼルナッツ、乾燥させたヘーゼルナッツ、栗、くるみ、古いくるみ、アーモンド、ピーナッツ、カシューナッツ、ハチミツ、花
ローストした、 焦げた、 煎った食品	焼きたてパンの皮、ブリオッシュ、マカロニグラタン、グラタン、キャラメル、トースト、グリルしたタマネギ、グリルしたアーモンド、炒りピーナッツ、焦げたタマネギ、コーヒー、カフェオレ、チコリ ^{※2} 、ココア、ビターチョコレート、燻製、タバコ、焦げ
野菜	土、腐植土、きのこ、アンディーズ、アーティチョーク、カリフラワー、セロリ、ネギ、熱いジャガイモ、野菜のブイヨン、タマネギ、ニンニク、ネギの緑色部分、発酵した草、若草、湿った干草、緑色、未熟さを想起させる香り、ワラ、干草
動物	敷きワラ、馬、卵の黄身、湿った羊毛、革、搾乳用の家畜小屋、肉のブイヨン、反芻動物の第四胃
スパイス	スパイス一般、新鮮さを想起させる香り、メントール、コショウ、ナツメグ、バニラ

*¹ カンコワイヨット：フランシュ・コンテ地方のチーズをベースとしたペースト。パンに塗ったり、グラタンに用いたりする⁶⁾。

*² チコリ：ここではコーヒーの代用品として飲むチコリの根を乾燥したも⁶⁾のを指すと思われる。

ていることがわかる。モンベリアードの乳をコンテ製造に用いる理由は、乳脂肪分が十分にあり、この土地で伝統的に飼育されてきたウシだからだ、ということだった。これは Derville らのいう、モンベリアードの優れた点は乳中のタンパク質含量が豊富であることとする報告⁴⁾ とは異なるが、どちらであっても乳中固体分が多くなり、チーズを製造した際に歩留まりは大きくなると思われる。次の展示室ではミルク缶が設置してある。中に乳はないが、手を入れると、搾乳したときの乳の温度 (38℃)、乳酸菌を入れる前の乳の温度 (31℃)、凝乳の粒を攪拌しているときの温度 (53℃)、を体感することができる。

さらに次の展示室では、コンテの香りを体感できる。チーズが置いてあるのではなく、壁に複数ある小窓の奥にコンテから感じられるさまざまな香りの要素（レモンの香り、はちみつの香り、チョコレートの香り等）がそれぞれ一品ずつ隠されている。コンテからは色々な香りが感じられるのだと期待させる。最後の展示室にはコンテの模型が設置してある。コンテの重さを体感できるが、その前にガイドは訪問者にコンテがひとつ何 kg するか質問し、正解（ここでは 45kg としていた）とのギャップで重さを訪問者に印象付けたいようだった。

さて最後のティスティングである。1人あたり、消しゴムほどの大きさのコンテが2種類配られる。まず目視し、色の違いを確認した後、直接手に取りしならせてみる。そしてチーズを割り、割った面から発せられる匂いを確認し、ようやく口にいれることができるのだ。比較した2つのコンテの違いを、同時に館内を巡ったオランダ人家族やガイドと出した結果として表1に再構成した。コンテの香りは、先の展示室で小窓に隠されていた香りを思い出してもいいし、試食場所にコンテに感じられるとされる 83 種の香りが一覧（表2）となって壁に掲げてあり、これを見ながらどの匂いを感じるか挙げていってもよい。ティスティングで分析しながら味わうことにより、コンテをより記憶にとどめて欲しいという工夫なのではないかと思われた。2種類味わうことで、自分の好みのコンテはどんなものか——例えば冬造りか、夏造りか、熟成は長めか短めか——を理解し、購入を助けることにも繋がるだろう。というのも、コンテはフランスではチーズ専門店だけでなく、スーパーマーケットのチーズ売り場でさえも、主に熟成期間別に数種類販売していることがあるチーズだからだ。

次回後編で、熟成業者を訪問した記録を続ける。

参考文献

- 1) 本間るみ子: AOC のチーズたち. たまご社, 東京, フエルミエ, 2003
- 2) Le Comté. 1er fromage AOP de France : <http://www.comte.com/rapide-portrait-d-un-grand-fromage,3,0,0,1,1.html>
- 3) Institut national d'origine et de la qualité : http://www.inao.gouv.fr/public/produits/detailProduit.php?ID_PRODUIT=3387
- 4) Marie Derville, Stéphane Pantin, Laurent Avon : Race bovines de France. France Agricole. Paris, 2009
- 5) Dégustez le Comté. Le Comité Interprofessionnel du Comté. Poligny, 2001
- 6) 山本直文 : フランス料理用語辞典. 日仏料理協会. 東京, 白水社, 1995



“薬膳” の知恵 (54)

Key Words : 薬膳 ■ 食養生 ■ 夏

荒 勝俊 *

中医学は、《すべての物質は陰陽二つの気が相互作用し、表裏一体で構成されている》と考える（陰陽学説）と、《宇宙に存在する全ての事象は“木・火・土・金・水”と呼ばれる五つの基本物質から成り、その相互関係により新しい現象が起こる》と考える（五行学説）に基づいた独自の整体観から構成されている。中医学における治療は、古代帝王の神農が草木の薬膳などを記した「神農本草」を基に、医療技術と調理技術を双方修得した食医がおかげ、医療と食事を兼ね揃えた“薬食同源”という観点から食療法としての“薬膳”が形成された。即ち、 “薬膳”とは《中医学の基礎概念である陰陽五行学説に基づき、健康管理や病気治療のために食材の持つ様々な機能を組み合わせて作った食養生》のことである。薬膳には①食養生としての薬膳と、②治療補助的な意味の薬膳があり、健康維持を目指す薬膳は“養生薬膳”に属している。

“薬食同源”の歴史は周の時代に遡ることができ、食療法が論述された著書が多く執筆され

た。唐の時代の孫思邈が書いた『千金方』と『千金翼方』には食療法に関する専門的な論述があり、古代の食療法の発展に大きな影響を与えた。今月は自然界の陽気が旺盛な時期で、万物が成長するという特徴を持つ夏季に焦点を絞り、その養生法を紹介する。

1. 夏の養生



中医学では、24節気の立夏から立秋までの6つの節気（立夏、小満、芒種、夏至、小暑、大暑）が夏に分類される。立夏を過ぎると陽気が盛んになり、山野に新緑が目立ちはじめ、夏の気配が感じられる時期となる。夏は一年の中で一番暑く雨の多い時期であり、自然界の陽気が旺盛な時期で、万物が成長する季節でもある（別名“生長の季節”）。

●立夏（りっか、5月6日頃）

山野に新緑が目立ちはじめ、夏の気配が感じられる様になる。

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

●小満（しょうまん、5月21日頃）

草木が茂って天地に満ち始める時期。陽気が盛んで、田に苗を植える準備が始まる。

●芒種（ぼうしゅ、6月6日頃）

芒（のぎ）のある穀物（稻）を植えつける季節で、農家は多忙を極める。

●夏至（げし、6月21日頃）

昼の長さがもっとも長く、夜の長さがもっとも短い日。陽気が最も盛んな時期である。

●小暑（しょうしょ、7月7日頃）

夏至を境に日の長さは徐々につまつてくるが、暑さは日増しに加わってくる。

●大暑（たいしょ、7月24日頃）

最も暑気の激しい時期で、夏の土用はこの節気に入る。

夏の気は“暑”で、夏の六淫は暑邪（陽邪）である。暑邪は炎熱、上昇、発散の特性があり、また暑邪は皮膚の毛穴を開いて汗を出すので身体の水分（津液）を多量に消耗する。更に、息切れ、脱力、苛立ち、夏ばてなどによる気虚を引き起こす。また、夏は雨が多いので、湿気が多くなり湿邪を伴いやすい。

夏の養生法の基本原則は、暑さや湿気から身を守ると同時に、涼を求めて体内の陽気を衰えさせない事が肝要である。また、中医学では、夏は火に属し、心に通じるので、心気の保養が大切となる。

心は、①神志（しんし）を司る、②脈を司る、③脈・顔色・舌を司り、汗を生じる、といった機能を有する。神志とは、人の精神・意識・思惟活動を指し、心の機能が正常で気血が充分であれば、意識は明瞭で思考も敏捷である。暑さにより神志に影響が及ぼされると、焦燥感・睡眠が浅い・多夢などの症状となって現れる。また、心気は血を推動して脈中に運行させ滋養作用を發揮する。血流不調は、顔色暗く、唇や舌が青紫になり、息切れや胸の痛みとなって表れる。汗の出すぎは動悸や倦怠感などの症状とな

り、心気虚となると自汗となり、暑くないのに汗が出る様になる。このように、心の陽気は血液循環を動かし、生命活動を維持する重要な役割を果たしている。同時に、心血の栄養は、呼吸によって肺から取込まれた清気と、脾・胃の消化活動によって作られた水穀精微で成り立つており、心と他の臓腑間の連携が重要である。

①“暑邪”から身を守り、津液の消耗に注意

“暑邪”が体内に入り込む事で汗をかきすぎると水液の代謝が乱れて津液が損傷される。津液が損傷されると、唇や舌が渴く、大便が硬くなる、尿が黄色くなる、気分が不安定になり、けだるくなるといった症状が現れる。従って、夏は暑さを防ぐことが第一の養生である。

②土用の頃は湿気を防ぐ

土用の頃は高温・多湿で、住まいや着衣等の湿気が原因で『湿毒』を受けやすくなる。湿毒が体の浅い部分を侵すと、関節が重く動かしにくくなり、湿毒が体の深部に入り込むと脾臓の活動が衰え、口が粘つく、食欲不振、腹が張るといった症状が現れる。そこで、土用の時季は特に湿毒を防ぐ事が重要となる。

③冷えに注意

長時間冷房の部屋に居続けたり、冷たいものを飲んだりしていると夏風邪をひきやすくなる。即ち、風寒の気が人体に入ると、四肢が麻痺したり腰や膝が痛くなったりという症状を引き起こす。夏は「冷え」にも注意が必要である。



2. 夏の食養生



夏の食養生としては、心の活動が火の燃えるように盛んになる夏は五行では「火」に属し「心火上炎」という症状が出る。主な症状は寝つけない、夢が多い、顔面紅潮、イライラ、動悸、胸が暑苦しい、のどが渴くなどで、この時期は体内的“熱”を取り除き、「養心安心」の効果

清熱作用のある食材	湿邪を抑える食材	心を養う食材	長夏の時期の食材
西瓜 胡瓜 茄子	冬瓜 赤小豆	大根 蓼根 小麦	南瓜 胡瓜 さつまいも
セロリ トマト トウモロコシ	鯉 鮎	蜜柑 蓼の実 ラッキョウ	マスカット, 巨峰 デラウェア 西瓜
白菜 苦瓜 レタス	茯苓 薏苡仁	蕎麦	マンゴー 梨 冬瓜
梨 林檎 キウイ			鰯 鰯 穴子 鮯 鮓 鮑
バナナ 豆腐 緑茶			

図1 夏の食養生

野菜	果物	魚類
小松菜 ピーマン 苦瓜 セロリ	さくらんぼ あんず 梅	縞鯛 鰯
茄子 南瓜 胡瓜 トマト	アボガド 西瓜 メロン	カンパチ ヒラマサ
レタス 大蒜 青シソ シシトウ	マスカット, 巨峰 デラウェア	鯖 イサキ
トウモロコシ 冬瓜 ミョウガ オクラ	桃	
チンゲンサイ 枝豆 新ショウガ 葉ネギ	マンゴー ブラム 酢橘	赤イカ 昆布 ヒジキ

図2 夏の旬の食材

を有する食材と調理法が必要になる。

2-1 夏の食材

貝原益軒は『養生訓』において，“夏は気が盛んに発生し、汗が出て人間の皮膚が大いに開くために、外邪が侵入しやすい。涼風に長く当たってはいけない。入浴したあとで、風に当たってはいけない。さらに夏は伏陰といって、陰気が体内にかくれているから、食物の消化がおそい。だからなるべく少なめに飲食をするのがよい。温かいものを食べて脾胃をあたためるがよい。冷水を飲んではいけない。冷たい生ものはすべてよくない。冷えた麺も多く食べてはいけない。”と書いている。

夏の養生に用いる食材としては、夏の主味は苦味であり、苦瓜などの苦味によって熱を冷まし暑さを体の外に出す効果があるが、陰陽を消耗するので使用量は加減が必要である。夏季はまた汗が多くなる季節であり、汗と共に塩分の損失も多くなり、心に負担がかかる。『素問・臓氣法時論』には、「心は夏を主とし、心の苦しみは酸味を急いで食べて収める」と書かれている。心を養う食物としては、蓮の実、小麦、百合の根、蓮根などがある。

清熱の効果を有する夏の野菜としては、西瓜、胡瓜、茄子、トウモロコシ、梨、林檎、キウイ、トマト、バナナ、豆腐、緑豆、葛きり、緑茶などを用いると良い。

夏の時期に適した魚介類としては、鮎、いさき、いしもち、鰯、カレイ、かわはぎ、キス、スズキ、トビウオ、烏賊、海老、などがある。長夏の時期の食材としては、野菜は南瓜、胡瓜、糸瓜、さつまいも、冬瓜、果物としては酢橘、竜眼肉、西瓜、マスカット、デラウェア、巨峰、ピオーネ、梨、マンゴー、無花果、魚介類としては鮎、鰯、鰐、かます、スズキ、ハモ、鮑、鰻、穴子、などがある。

2-2 夏の養生茶

夏の薬膳茶として、清暑茶、緑豆薄荷茶、緑

豆荷葉茶、羅漢果橘茶、三瓜茶などが紹介されている。蒸し暑い香港では、身体の熱を冷ましてくれる「白茶」などが良く飲まれる。日本においても緑茶は身体を冷やしてくれる効果があり、覚醒効果もあるので暑い時期でも頭をすっきりさせてくれる。逆に冷房などで体が冷えた時は烏龍茶のなかでも「岩茶」が良い。

また、土用の湿気の多い時期には、利尿作用で溜まりやすい水分を流しだしてくれるお茶は良い養生になる。また、気分を晴れやかにする効果のあるジャスミンなどの花茶も良い。

2-3 夏の薬膳

「益氣生津」の薬膳

夏は暑く大量に汗をかくので、気と津液が損傷される。そこで、食材は酸棗仁、キクラゲ、松の実、といった平・微涼のものを選び、脂っこいものや温熱の食材は避ける。

「健脾和胃」の薬膳

夏の暑さと湿気は脾の働きを損ない、また暑いときは冷たいものを多く食べて胃の働きを弱める。そこで、脾・胃の働きを助ける事働きを有する朝鮮人参、陳皮、茯苓、などを食材に用いた薬膳が良い。

「冬病夏治」

中医学では慢性気管支炎や喘息といった冬の慢性病や陽気不足の病気は、夏の養生によって好転すると考えている。そこで、陽気を充実させ、抵抗力を高める薬膳料理が良い。

3. 夏の気功養生

夏は播秀（ばんしゅう）と呼ばれ、陽気が最高潮に達する季節であり、体の奥に潜んでいた病気が徐々に表面に表われる。そこで、夏の気功養生として体の中に詰った邪気を発散させ、気の流れを良くする動功・自発動功が良い。動功で効果を発揮させるには、正しい動きと意識



図2 気功法と太極拳

の持ち方（体の内側に意識を向ける）が重要となる。そして、ゆっくりとのんびり動作を繰り返し行う事で、最初詰っていた気の流れの道が徐々に開く。

動功における気の流れの原則は《昇、降、開、合》である。“昇”は気を登らせる事で、臍の下の下丹田から頭の上の上丹田まで背骨に沿って気を登らせる。“降”は気を降ろす事で、頭の上の上丹田から体の前の任脈に沿って下丹田に気を降ろす。“開”は呼吸法において吐く呼吸に合わせて自分の体に詰まっているものを外側に全て吐き出すイメージを持つ事である。“合”は吸う呼吸に合わせて外から新鮮な気が下丹田に集まつくるイメージを持つ。

動功は主に発散の気功法なので、動作を終了する前に気を納める収功を行う。収功の方法には、気を溜める補法の気功法である三円式站樁功や瞑想法などがある。站樁功は独特的のポーズで一定の時間立つ（立禪とも呼ばれる）事により外から新しい気を取り込み、体の内側の気を充実させる方法である。手の位置や形を変える事で気を溜める場所や体の内側の気の流れを変え、自然治癒力を高めると言われている。站樁功で効果を得るには姿勢が重要である。背骨を真っ直ぐに伸ばし、頸を引いて、そのまま椅子に腰掛ける様にしてお尻を落とし、膝をちょっと曲げて全体が少し前に傾ける。手は三円式站樁功の場合は肩の力を抜いて目に見えないボールを抱える

様にお腹の前で広げる。意識としては見えないボールに感覚を集中させ、気がボールの中に集まつくる様なイメージをする。

今回は《夏》が題材の古典落語を紹介する。『夏の医者』は、古典落語の演目一つ。原話は、明和2年（1765年）に出版された笑話本・「軽口独狂言」の一編である『蛇（うわばみ）の毒あたり』。

主な演者として、6代目三遊亭圓生や2代目桂枝雀、三遊亭鳳楽などがいる。

ここで知っておきたいのは、「チシャ」と「大黄」。「チシャ」とは「葉萬芭」で、西洋ではレタス、日本では小松菜が同族の品種だ。その食感のため古くから世界中で食されてきたが、村の急病人もあまりに美味しかったので、お腹をこわすほど食べ過ぎてしまったわけだ。高温多湿な日本の夏は食欲が減退し、冷たくて口当たりが良い物ばかり食べていると、やがて夏バテとなり寝込む事になってしまう。

「大黄」は高さ1~2メートルにも生育するタデ科の植物で、根を乾燥したものを生薬として用い、清熱剤、下剤として多くの漢方薬に配合されており、江戸時代には下剤として多用されていた。また下剤としての効果が峻烈なため「將軍」という別名もあった。

【夏の医者】

真夏の炎天下、鹿島村の勘太が畑仕事をして倒れた。「もう歳だから」と息子が心配していると、見舞いに来たおじさんが医者に診てもらえという。しかし、この村に医者はいないので、八里半離れた隣村の一本松村の玄伯先生に往診してもらう事になる。そこで、勘太の息子が隣村まで山裾を迂回して医者を頼みに行く事・・・。

汗だくになって訪ねてみると、玄伯先生は畑で

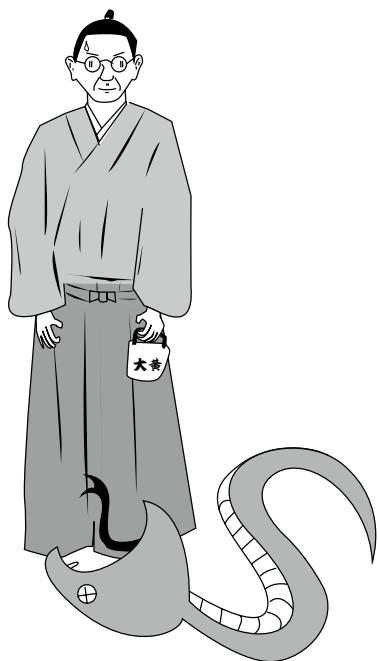


図4 夏の医者（江戸）

草取りの最中。早速頼み込み、息子が薬籠を背負って二人で村を出発した。

医者:「山越えのほうが近道だ…」と言うので、二人は峠を越え近道をして、てくてく山深い村まで歩いて行きました。夏の頃で峠に到着する頃には二人とも滝の様な汗をかいたので一服する事にする。

そこでしばらく休憩し、さあでかけよう…とした所で、なぜかあたりが急に真っ暗になった。しかし、なぜか周囲は温かい…。

医者：「こりやいけねえ。この山には、年古く住む大蛇（ウワバミ）がいる事は聞いちゃいたが、こりや、飲まれたかな？」

勘太の息子：「どうすんだ、先生」

医者：「どうすんだと言われても、こうしてい

ると、じわじわ溶けていくべえ」
うっかり脇差を家に忘れてきたので、腹を裂いて出ることもできない。

医者は、どうしようかと考えていると良い案が
うかんだ。息子に預けた薬籠から大黄の粉末を
取り出すと、ウワバミの腹の中へパラパラ…。
『初体験』の大黄に、ウワバミは七転八倒…ド
ターンバターン！

医者：「薬が効いてきたな。向こうにあかりが見えるべえ、あれが尻の穴だ……！」

うわばみは腹の中の物を大音響とともに排出し、二人は草の中に放り出された。

二人は転がるように山を下り、勘太の家にたどり着く。

医者はさっそく勘太の息子に病状を聞く。

医者：「なんぞ勘太は悪いものを食わなかつたか？」

勘太の息子：「あ、そうだ。チシャの胡麻あえを食いました。父つあんはとても好物だで…」
医者：「それはいけねえ。夏のチシャは腹に障(さわ)るだで」

薬を調合しようとすると、薬籠はうわばみの腹の中に忘れてきて無い。

困った先生は、もう一度うわばみに飲まれて取ってこようと、再び山の上へ登っていく。

一方…こちらは山頂のウワバミさん。下剤のせいですっかりグロッキーになってしまい、松の大木に首をダランと掛けてあえいでいた。

医者：「あんたに飲まれた医者だがな、腹ん中へ忘れ物をしたで、もういっぺん飲んでもれえてえがな！」

ウワバミは首を横に振っていやいや。

医者の先生：「どうしてだめなんじゃ」

うわばみ:「夏の医者（ちしゃ）は、腹にさわる」

引用文献

- 1) 中医学の基礎 平馬直樹・兵頭明・路京華・劉公望監訳 東洋学術出版社
- 2) やさしい中医学入門 関口善太著 東洋学術出版社
- 3) 中医臨床のための中薬学 神戸中医学研究会編著 医歯薬出版
- 4) [詳解] 中医基礎理論 劉燕池・宋天彬・張瑞馥・董連榮著／浅川要監訳 東洋学術出版社
- 5) 東洋医学のしくみ 兵頭明監修 新星出版社
- 6) 中医食療方 濑尾港二, 宗形明子, 稲田恵子著 東洋学術出版社
- 7) 全訳中医基礎理論 浅野周訳 たにぐち書店
- 8) 漢方アドバイザー養成講座テキスト 漢方に関する基礎知識編 第二巻 JACDS
- 9) 藥膳と中医学 德井教孝・三成由美・張再良・郭忻共著 建帛社
- 10) 医学生のための漢方・中医学講座 入江祥史編著 医歯薬出版
- 11) 全訳中医診断学 王憶勤主編 たにぐち書店
- 12) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社
- 13) 気功革命 治療力 盛鶴延著 コスマスライブラリー
- 14) よくわかる気の科学 仲里誠毅著 ナツメ社
- 15) 気功法の本 学習研究社
- 16) 気を科学する 町好雄著 東京電気大学出版局
- 17) ここまでわかった気の科学 佐々木茂美 ごま書房
- 18) 決定版 気の科学 品川嘉也・河野貴美子著 総合法令

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭酸カルシウムとは?

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

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

一般の栄養強化には、「ホワイトン」

機能を求めるならば、「コロカルソ」

飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当にお気軽にお尋ね下さい。

白石カルシウム株式会社

食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8 TEL 03-3863-8913
本社：大阪市北区同心 2-10-5 TEL 06-6358-1181

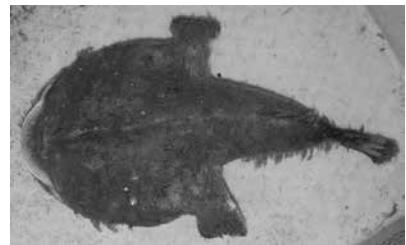
築地市場魚貝辞典（アンコウ）

寒くなると暖かいものが恋しくなる。築地市場の行きかえりに場外市場を通ると、おでんの具が気になる。有名店を含め何件かの練り製品屋さんがあって、ついつい足を運んでしまう。今でも店の奥ですり身などを加工して揚げ物を作っている所もある。場内には、そんな練り製品の材料となる魚を扱う場所がある。通称“サメ部”と呼ばれる所である。近年は練り製品も、作業の簡素化などから出来合いのすり身を使うことが多いようであるが、かつては様々なわゆる雑魚がここに並んだそうである。私も十数年前からのぞいていたが、そのころは少なくなったとはいえ、丸ごとの大きなサメが並ぶことがしばしばあった。それ以前には、かなり珍しいサメや深海魚が雑然と売られていたそうである。今の築地では深海魚らしい深海魚を目にする事はほとんどなくなった。そんな中で、純粋な深海魚とは呼べないかもしれないが、アンコウ類は数少ない深海魚である。

今回はアンコウ類を紹介する。紹介する前に築地市場ではアンコウとキアンコウを区別せずに扱っているので、両種を説明するときは「アンコウ類」、個々に説明するときはそれぞれの種名を表記するようにしたのでご了承願いたい。

一分類一

アンコウ類を分類学的に表すと、アンコウ目アンコウ科アンコウ属とキアンコウ属となる。言い換えると、背鰭の一番前にある鰭すじ（鰭条）が釣竿（誘引突起）に変形した魚のうち、腹鰭があり、体色は真っ黒ではなく、体が平たい仲間で、鰓孔（えらあな；さいこう）が胸鰭付け根より上に切れ込まない魚ということになる。鰭の一部が釣竿に



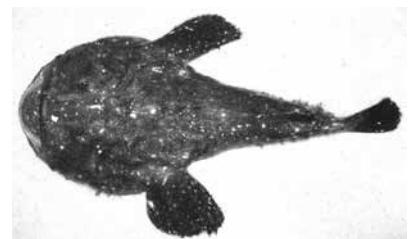
アンコウ

変化し、その先端に餌に似せた擬餌状体があつて、餌となる魚をおびき寄せるというのは、アンコウの仲間（アンコウ目）の大きな特徴である。アンコウ属とキアンコウ属は良く似ているが、胸鰭と背鰭の間付近にある棘が枝分かれする（アンコウ属）か、枝分かれしない（キアンコウ属）で区別される。

アンコウ目には18科が含まれるが、アンコウ科のほかは、チョウチンアンコウ科やオニアンコウ科といった深海魚、カエルアンコウ（以前のイザリウオ）科やフウリュウウオ科といった小型の種類が多いグループがほとんどで、市場ではなじみがない。アンコウ科にはアンコウ属とキアンコウ属のほか、ヒメアンコウ属がある。アンコウ属はアンコウ1種のみ、キアンコウ属はキアンコウを含め世界に7種が知られている。

一形態一

体はやや平たく、頭（鰓穴より前の部分）が大きい。口は大きく上下の顎には細かく鋭い歯が剣山のように多数並ぶ。以前、知人が死んだと思ったキアンコウの口に手を入れて噛まれ、たいへんであった。口内の下顎側は、アンコウでは大柄の水玉模様があるが、キアンコウにはない。前方の背鰭は6本の棘に変化しており、一番前の棘は長く先端に幕状の擬餌状体が付いている。腹鰭は小さく鰭状が5本なので、小動物の手のように見える。胸鰭はやや大きく、鰓孔の上にある。胸鰭と背鰭の間付近に棘があるが、皮膚に埋もれて触



キアンコウ



キアンコウの口内



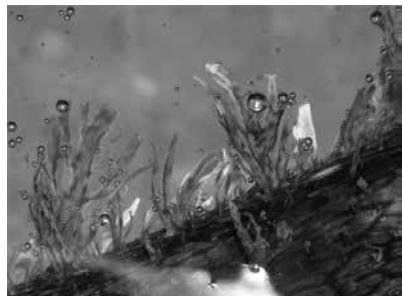
アンコウの口内



アンコウの頭部

らないとわからない。鱗はなく、皮膚はゼラチン質でゆるゆるした感じがする。また体の周囲に樹状の突起（皮弁）が多数ある。

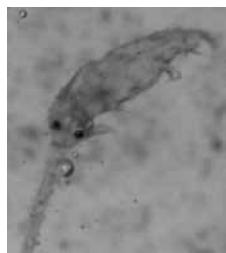
体色は、背面は褐色から黒褐色で不規則な網目模様に小斑点がある。腹側は白い。体長は、アンコウで70cm、キアンコウで1mを超える。



キアンコウの皮弁

一生態

アンコウは、北海道からフィリピン、アフリカ、水深30～500mに分布する。キアンコウは、北海道から黄海、東シナ海北部水深25～560mまでに分布する。両種とも海底に横たわり、体に砂や泥を被り、釣竿（背鰭最前部の棘）を振り、先端に付いた擬餌状体で餌となる魚をおびき寄せて食べる。まさにルアーフィッシングである。とくにアンコウの擬餌状体には1対の黒点があって、まるで小魚のように見える。産卵期はアンコウでは5月から11月の長きにわたる。キアンコウでは九州で早く2月から5月、千葉県で5月から6月、仙台湾で5月から7月。卵は1.3mmであるが、数十万から百数十万粒の卵が長さ4～5m、幅30cm前後のゼラチン状の卵帯として産み落とされ、海面に漂う。ふ化後、体長5cmぐらいまでは体が透明で浮遊生活をするが、その後成魚と同じ体型となり海底で生活するようになる。キアンコウは1年で12cm、2年で20cm、3年で30cm、5年で40cmぐらいに成長する。寿命は12年以上。アンコウはキアンコウより小さい。



アンコウの擬餌状体



キアンコウの擬餌状体

一漁業

海底で生活するので、海底に下ろした網を船で引っ張る底曳網での漁獲が多い。ほかに、泳ぎあがったときに魚の通り道に仕掛けられた定置網（迷路のような網）や刺し網（魚を絡めとる網）でも漁獲される。養殖は行われていない。

築地市場には、主に鮮魚で入荷する。深い海から引き上げられるので、生きたまま出荷するのが難しいためであるが、まれに活魚も見ることがある。トロ箱に仰向けに入れられ、腹の一部を割いて肝の大き

さを見せて売られていることが多い。ほぼ通年入荷するが、春から夏の間の入荷は非常に少ない。北海道から九州までの各地から入荷する。関東では千葉県から茨城県にかけて多く漁獲され、茨城県の名物でもあるが、場内で聞くと青森県や北海道で漁獲されるものの質が良いという。

輸入のアンコウ類も頻繁に入荷する。多いのは、韓国と中国からのキアンコウまたはアンコウである。丸ごとの入荷もあるが、肝だけで入荷するものも多い。肝だけのものはアメリカやヨーロッパからも入荷する。

—利用—

アンコウといえばアンコウ鍋であろう。冬の寒い日に、熱々の鍋は体を心底温めてくれる。地域によっていろいろな作り方があるが、茨城県では肝臓を鍋で炒ってから出汁を入れて身やほかの部分、野菜煮る。ふつうに出汁や味噌で煮るより、濃厚な味を楽しめるようである。築地市場内にある食堂でも、冬場はアンコウ汁を売りにしているところもある。アンコウは骨以外捨てるところがないといわれる。俗にアンコウの七つ道具といい、皮、鰓、鰓、肉、胃、肝臓、卵巣の7つの部位をさす。なお、鍋以外はあまり一般的ではないが、湯引きや煮付け、一夜干しなどにもされる。

身以上に珍重されるのが肝臓、すなわち肝(きも)である。和製のフォアグラとも称され、きめの細かい舌触りと濃厚な味わいは、まことに珍味である。蒸しあげた肝をもみじおろしとポン酢食べるとしつこさもなく食べられる。築地場外市場などでは、アンキモ(アンコウの肝)を練りこんだ卵豆腐ふうのアンキモ豆腐が売られている。さっぱりした中にもこくがあって、アンキモが苦手な人にも食べやすいかもしれない。

アンコウの産卵期は春から夏なので、ふつうに考えると産卵前で体内に栄養を蓄えている冬がアンコウの旬といえる。さらに、アンコウの



肝を見せて売られるキアンコウ



あんきも

身質は季節的にあまり変化なく脂がある魚でもないので、一年を通して味はあまり変わらないともいわれる。ただし、上記のように鍋物にされることが多い魚なので、夏には鍋は敬遠されがちである。以上の2点から見ても冬の魚として異存はないように思われる。

—エピソード—

アンコウは悪食で、なんでも食べるといわれることがある。口が大きく、腹を割くと大きな胃袋にはたしかにたくさん魚が入っていることがある。そこで登場するのが鳥を食べた話である。むかしの子供向けの本には、アンコウが海面に上がって海鳥に噛み付いている絵があったように覚えている。しかし、いくら大食漢のアンコウといえども、活発な海鳥を海面で捕らえるほど敏捷でないように思えてならない。たぶん、定置網で漁獲されたときに、アンコウと海鳥が混獲され、網が絞られて暴れているうちに口に入ったというのが真実ではないだろうか、と密かに思っている。

アンコウというと、ノミノ夫婦ならぬアンコウの夫婦で、オスがメスの体に寄生する話しが登場する。しかし、これはアンコウといってもアンコウ科の魚ではなく、ビワアンコウやオニアンコウといった、完全な深海性のチョウチンアンコウの仲間の話である。アンコウ、キアンコウとともにメスの方が大きいが、その差は10cmにも満たない。ちなみに光ることで有名なチョウチンアンコウであるが、アンコウとキアンコウは、もちろん発光しない。

文 献

- 1) 坂本一男：旬の魚図鑑，主婦の友社（2007）
- 2) 仲坊徹次（編）：日本産魚類検索 全種の同定 第2版，東海大学出版会（2001）
- 3) 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次：東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会（2007）

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

ニューフードインダストリー 第53巻 第2号

印 刷 平成 23 年 1 月 25 日
発 行 平成 23 年 2 月 1 日
発行人 宇田 守孝
編集人 村松 右一
発行所 株式会社食品資材研究会
〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)
TEL:03-3254-9191(代表)
FAX:03-3256-9559
振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318
三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432
郵便振替口座 00110-6-62663
印刷所 株式会社アイエムアート
定 價 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:info@newfoodindustry.com