

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2011 Vol.53 No.11

11

論 説

- ゲニステインによるインスリン誘導性転写因子 SHARP-2 の発現調節機構の解析
- ゾル状およびゲル状モデル食品の咽頭部における食塊の移動特性
- 疲労軽減効果を有する食品成分
- β グルカンの機能-1
- 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (3)
-日本海裂頭条虫の感染源となりうるもの (ノート)
- 関西が造りあげた発酵食品

連載 ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

- 第11回 バルカン半島
— ブルガリア南部の定住化移牧民の事例

エッセイ

- 伝える心・伝えたいもの - 焼畑が教えてくれたこと -

Report

- 持続可能な食と農を目指して

連載

- 薬膳の知恵 (62)
- 築地市場魚貝辞典 (カマス)

News Release

- UMAMI エンハンサ (酒粕加工粉末) 発売について ユニテックフーズ株式会社



論 説

- ゲニステインによるインスリン誘導性転写因子
SHARP-2 の発現調節機構の解析
..... 羽石 歩美, 高木 勝広, 浅野 公介, 山田 一哉 1

- ゼル状およびゲル状モデル食品の
咽頭部における食塊の移動特性
..... 森高 初恵 9

- 疲労軽減効果を有する食品成分
..... 渡辺 睦行 20

- β グルカンの機能-1
..... 酒本 秀一, 糟谷 健二 27

- 人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (3)
— 日本海裂頭条虫の感染源となりうるもの (ノート)
..... 牧 純, 関谷 洋志, 玉井 栄治, 坂上 宏 37

- 関西が造りあげた発酵食品
..... 田畑 麻里子, 松井 徳光 41

連載 ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

- 第11回 バルカン半島
— ブルガリア南部の定住化移牧民の事例
..... 平田 昌弘 50

Contents

2011年 11月号

エッセイ

- 伝える心・伝えられたもの — 焼畑が教えてくれたこと —
..... 宮尾 茂雄 61

Report

- 持続可能な食と農を目指して
..... 庄司 一郎 69

連載

- 薬膳の知恵 (62)
..... 荒 勝俊 82

- 築地市場魚貝辞典 (アワビ)
..... 山田 和彦 88

News Release

- UMAMI エンハンサ (酒粕加工粉末) 発売について
..... ユニテックフーズ株式会社 広告 4

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

new 発酵調味料
D&M
ダイヤモンドエム

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

DM **大日本明治製糖株式会社**
食品事業部

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

ゲニステインによるインスリン誘導性転写因子 SHARP-2 の発現調節機構の解析

羽石 歩美*1 高木 勝広*2 浅野 公介*3 山田 一哉*4

*1 HANEISHI Ayumi, *2 TAKAGI Katsuhiko, *3 ASANO Kosuke (松本大学人間健康学部 健康栄養学科)

*4 YAMADA Kazuya (松本大学大学院 健康科学研究科)

Key Words : 大豆イソフラボン・シグナル伝達経路・遺伝子発現・転写・Classical Protein Kinase C

要 旨

現代日本では、約 2,210 万人の国民が糖尿病患者およびその予備軍とされている。また、40 歳以上に限ると、男性の 2 人に 1 人、女性の 5 人に 1 人がメタボリックシンドロームであるとされている。これらの根底をなすのが、肥満やインスリン抵抗性である。したがって、インスリンシグナル伝達経路を刺激できる低分子化合物の研究は、これらの病態の予防や治療に有用であると考えられる。私どもは、肝において、インスリンによる血糖低下作用に関わる転写因子として、SHARP ファミリーを同定している。血糖低下作用を有することが知られている食品成分で、SHARP 遺伝子の発現を誘導できるかどうかを検討し、いくつかの候補成分を得ている。それらのうち、本稿では大豆イソフラボンによる SHARP-2 遺伝子の発現誘導とそのメカニズムについて議論する。

はじめに

生活習慣病の発症には遺伝的な素因に加えて、近年、環境要因として食生活の関与が大きく取り上げられている。実際、高炭水化物食や高脂肪食などの高エネルギー食の摂取により肥満やインスリン抵抗性が引き起こされ、さらに糖尿病・動脈硬化症などの生活習慣病の発症が惹起される¹⁻⁵⁾。

ラット enhancer of split- and hairy-related protein (SHARP) ファミリーは、basic helix-loop-helix (bHLH) 型転写抑制因子である⁶⁾。SHARP には SHARP-1 と SHARP-2 のファミリー遺伝子が存在しており、ヒトではそれぞれ DEC2 (BHLHB3, BHLHE41)、DEC1 (BHLHB2, BHLHE40) と呼ばれている。SHARP-1 は 411 個のアミノ酸から、SHARP-2 は 410 個のアミノ酸から構成されている (図 1)。いずれも N 末端側に DNA への結合に必要な塩基性領域

と、二量体形成に必要な helix-loop-helix 領域を含んでいる。中央部分には、bHLH タンパク質の特異性を決めるオレンジドメインを、C 末端側には転写調節に関わる領域を含んでいる。これらの SHARP ファミリータンパク質は、多くの遺伝子の転写制御領域に存在する E box 配列 (5'-CANNTG-3') に結合して転写を制御する⁶⁾。また、SHARP ファミリーは視交叉上核では概日リズムを調節する時計遺伝子の一つとして機能することが報告されている⁷⁾。一方、私どもは、高炭水化物食摂食後に膵β細胞から分泌されたインスリンにより、ラット肝で誘導され



図 1 SHARP ファミリータンパク質の構造⁶⁾

る転写因子として SHARP-2 を同定した⁸⁾。加えて、SHARP-2 を初代培養肝細胞等で過剰発現することにより、インスリンにより転写が抑制される糖新生系酵素のホスホエノールピルビン酸カルボキシキナーゼ (PEPCK) 遺伝子のプロモーター活性を低下させることにより、PEPCK 遺伝子の発現が抑制されることを示した⁹⁾。したがって、SHARP-2 がインスリンによる血糖低下に関与する可能性を考えている。

緑茶ポリフェノールであるカテキンには、(-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG)、(-)-epicatechin-3-gallate、(-)-epigallocatechin、(-)-epicatechin の4種類が存在する¹⁰⁾。これらのうち EGCG は最も生理活性が高く、生体では EGCG を含む食餌の摂取により、抗肥満・抗糖尿病・血糖低下効果が生じることが報告されている¹¹⁻¹²⁾。さらに、EGCG はマウス初代培養肝細胞及び高分化型ラット肝癌細胞株である H4IIE 細胞において、PEPCK 遺伝子の発現を低下させることも報告されている¹³⁻¹⁵⁾。私どもは、EGCG が SHARP-2 遺伝子の発現をインスリンと同様に早期に誘導することを報告してきた⁹⁾。したがって、EGCG のように、インスリン以外の物質で SHARP-2 遺伝子の発現を促進することができれば、食品成分によりインスリン抵抗性・糖尿病などの病態を改善しうる可能性があると考えている。

ゲニステインやダイゼインなどの大豆イソフラボンは大豆に含まれるポリフェノールの一種である。大豆イソフラボンは、非配糖体あるいは配糖体として存在するが、大豆中では多くのイソフラボンが配糖体として存在する¹⁶⁾。摂取後、これらのイソフラボンは唾液・小腸粘膜や腸内細菌により代謝され、非配糖体となった後に吸収され血中に移行する¹⁷⁻¹⁹⁾。ダイゼインは、ゲニステインの5位のOH基が欠如した構造をしている(図2)。これらのイソフラボンは女性ホルモンであるエストロゲンとも構造

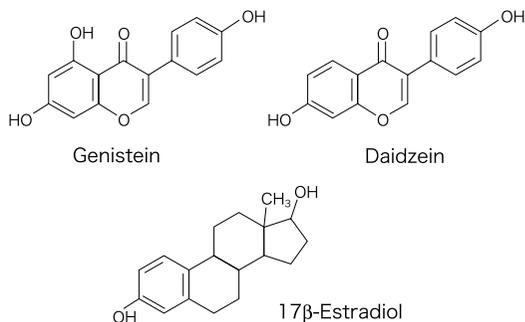


図2 大豆イソフラボンとエストロゲンの構造

がよく似ており、核内受容体であるエストロゲン受容体に親和性があり、エストロゲン様活性を示すことが知られている²⁰⁾。また、植物エストロゲンとしての作用以外にも、イソフラボンは抗酸化作用や他の生理活性を有することが報告されている²¹⁾。ゲニステインとダイゼインは、遺伝性肥満性糖尿病マウスにおいて血糖低下やヘモグロビン A1c 低下等の糖尿病状態の改善に係る報告がなされている²²⁾。また、ゲニステインを含む餌を摂食させた糖尿病ラットでの血糖低下や、ゲニステイン処理した膵β細胞でのインスリン分泌促進の報告もある²³⁻²⁵⁾。本稿では、インスリン誘導性転写因子 SHARP-2 遺伝子の発現を誘導できる活性をもつ大豆成分の検索とそのメカニズムの解析を行った研究について紹介する²⁶⁾。

1. ゲニステインによる SHARP-2 遺伝子発現の誘導

大豆成分がインスリン誘導性転写因子である SHARP-2 遺伝子の発現を誘導できるかどうかを検討するために、まず大豆イソフラボンのゲニステインに注目した。高分化型肝癌細胞株であるラット H4IIE 細胞を、様々な濃度・時間でゲニステイン処理を行い、各種遺伝子の mRNA の発現量をリアルタイム PCR 法を用いて測定した。リアルタイム PCR に用

いたプライマー配列は表 1 に示した。なお、SHARP-2 mRNA の発現量は内在性対照遺伝子であるリボソームタンパク質 36B4 mRNA 量との比で補正することにより算出した。図 3A

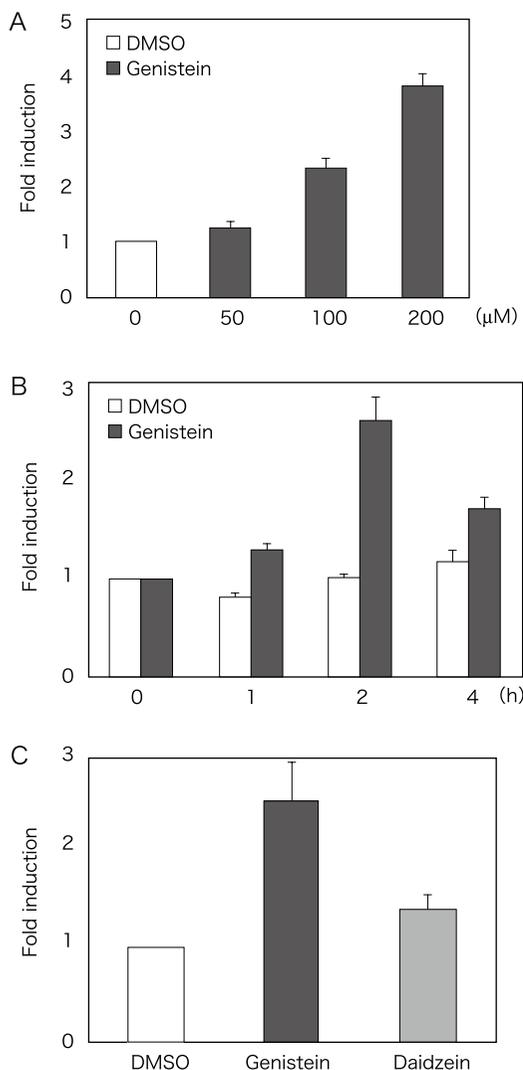


図 3 大豆イソフラボンによる SHARP-2 mRNA の誘導²⁶⁾

に示したように、ゲニステイン処理 2 時間では SHARP-2 mRNA 量は 50 μM から有意な上昇が認められ、濃度依存的に増大した (図 3A)。次に、100 μM 濃度での経時変化を検討したところ、SHARP-2 mRNA 量は処理後 2 時間目と、インスリンと同様に非常に早期に一過性に誘導されることが明らかとなった (図 3B)。一方、100 μM、2 時間の条件下で他のイソフラボンであるダイゼインで同様に処理を行ったところ、SHARP-2 mRNA の誘導は認められなかった (図 3C)。したがって、ゲニステインは特異的に SHARP-2 mRNA 量を増大させることが示された。ゲニステインやダイゼインは、植物エストロゲンとして女性ホルモン様作用を有することが知られている²⁰⁾。しかし、ダイゼインは SHARP-2 遺伝子の発現に影響しなかったため、ゲニステインの作用は女性ホルモン様作用以外の機構で SHARP-2 遺伝子の発現に寄与したと考えられた。

(A) 濃度依存的変化

示された濃度のゲニステインまたは溶媒のジメチルスルホキシド (DMSO) で H4IIE 細胞を 2 時間処理した。

(B) 経時変化

100 μM ゲニステインまたは DMSO で示された時間 H4IIE 細胞を処理した。

(C) ゲニステインとダイゼインの比較

100 μM ゲニステイン、100 μM ダイゼインまたは DMSO で H4IIE 細胞を 2 時間処理した。

表 1 リアルタイム PCR に用いたプライマー配列

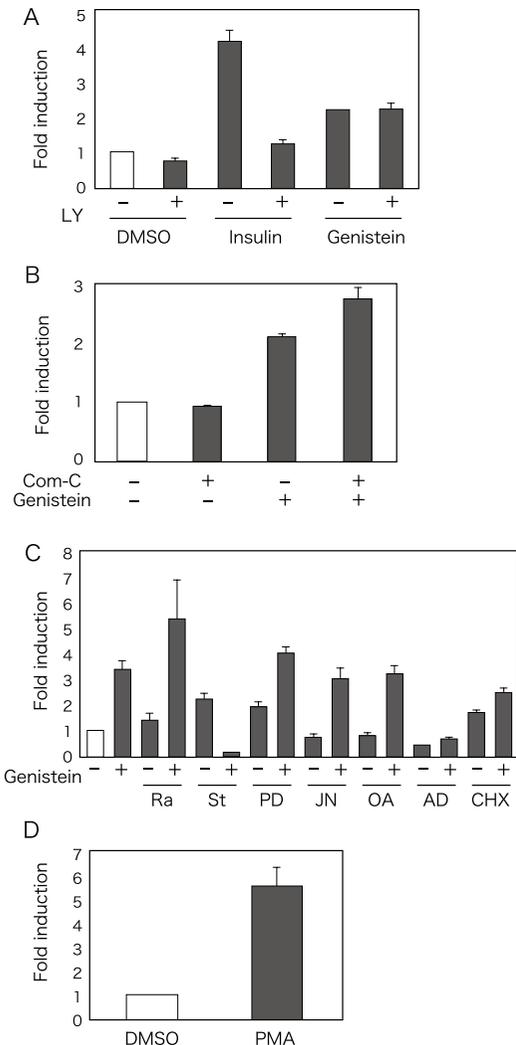
Primer		Sequences (5' to 3')
SHARP-2	Reverse	GCGTCAGCACAATTAAGCAAGA
	Forward	GGGTGAGGCCCAAGAAATG
36B4	Reverse	GCGACCTGGAAGTCCAAC
	Forward	GGATCTGCTGCATCTGCTT

2. ゲニステインによる *SHARP-2* 遺伝子の発現誘導に関わるシグナル伝達経路の同定

私どもは、*SHARP-2* 遺伝子の発現がインスリン処理後 2 時間で一過的に誘導され、この誘導が phosphoinositide 3-kinase (PI3K) の阻害剤である LY294002 処理により抑制されることを報告している⁸⁾。AMP-activated protein kinase (AMPK) は通常細胞内で ATP 濃度が低下した場合に活性化されるタンパク質リン酸化酵素であり、様々なシグナルにより活性化されること

が明らかになっている²⁷⁾。セリン/スレオニンプロテインキナーゼである AMPK は、AMPK kinase により 172 番目のスレオニン残基がリン酸化されることによって活性化される²⁸⁾。活性化 AMPK は、肝臓で糖新生や脂肪合成を抑制することが報告されている²⁷⁾。AMPK の活性化は、肝臓と筋肉で糖質代謝と脂質代謝を調節するアディポネクチンや、エネルギーのホメオスタシスを調節するレプチンでも引き起こされることから、糖尿病や肥満の予防との関わりで近年注目されている²⁷⁾。

そこで、ゲニステインによる *SHARP-2* mRNA の誘導にこれらのシグナル伝達経路が関与するかどうかについて検討した。H4IIE 細胞を PI3K の阻害剤である LY294002、あるいは AMPK の阻害剤である Compound-C で前処理を行った後、ゲニステインで 2 時間処理した。しかしながら、LY294002 処理でも、Compound-C 処理でもゲニステインによる *SHARP-2* 遺伝子の発現誘導は抑制されなかった (図 4 A と 4 B)。したがって、ゲニステインによる *SHARP-2* mRNA の誘導は、PI3K 経路でも AMPK 経路でもないことが明ら



(A) PI3K 経路の検討

H4IIE 細胞を 50 μ M LY294002 (LY) で 30 分間前処理後、10 nM インスリン、100 μ M ゲニステインまたは DMSO で 2 時間処理を行った。

(B) AMPK 経路の検討

H4IIE 細胞を 1 μ M Compound-C (Com-C) で 30 分間前処理後、100 μ M ゲニステインまたは DMSO で 2 時間処理を行った。

(C) シグナル伝達経路の同定

H4IIE 細胞を 0.1 μ M rapamycin (Ra), 0.1 μ M staurosporin (St), 25 μ M PD98059 (PD), 10 μ M JNK inhibitor II (JN), 10 nM okadaic acid (OA), 0.8 μ M actinomycin D (AD) ならびに 10 μ M cycloheximide (CHX) で 15 分間前処理した後、100 μ M ゲニステインの存在下または非存在下で 2 時間処理を行った。

(D) cPKC 経路の検討

1 μ M PMA または DMSO で H4IIE 細胞を 2 時間処理した。

図 4 ゲニステインによる *SHARP-2* 遺伝子の発現誘導に関わるシグナル伝達経路の解析²⁶⁾

かとなった。そこで、シグナル伝達経路を同定するために、p70S6Kの阻害剤である rapamycin, protein kinase C (PKC)の阻害剤である staurosporin, MAP kinaseの阻害剤である PD98059, Jun N-terminal kinaseの阻害剤である JNK inhibitor II ならびに protein phosphataseの阻害剤である okadaic acidの前処理を行った(表2)。用いた阻害剤のうち、staurosporin 処理によってのみ SHARP-2 mRNAの誘導が阻害されることが示された(図4C)。したがって、ゲニステインによる SHARP-2 mRNAの誘導は、PKC経路を介して生じる可能性が示唆された。PKCには少なくとも10種類以上のアイソフォームが存在するが、大別すると classical PKC (cPKC), novel PKC (nPKC), atypical PKC (aPKC)の3種類に分類される。cPKCは活性化にCa²⁺とジアシルグリセロール(DG)を必要とするが、nPKC活性化にはDGのみが必要で、aPKCはいずれも必要としない²⁹⁻³⁰。肝ではPI3K経路によってaPKCのアイソフォームの1つであるaPKCλが活性化されることが報告されている³¹。ゲニステインによる SHARP-2 mRNAの誘導はPI3Kの阻害剤である LY294002で干渉されなかったため、aPKCλは関与しないと考えられる。事実、aPKCλは活性化しないが、cPKCを活性化するホルボールエステルのPMAでH4IIE細胞の処理を行ったところ、SHARP-2遺伝子の発現がゲニステイン処理と同様2時間で誘導されることが明らかになった(図4D)。これらの結果から、SHARP-2遺伝子のゲニステインによる発現誘導には少なくともcPKCが関与することが明らかになった。

3. ゲニステインによるPKCαの活性化

cPKCにもいくつかのアイソフォームが存在するが、最も主要なアイソフォームとして

表2 各種阻害剤の標的酵素

Inhibitors	Target protein
LY294002	PI3K
Compound-C	AMPK
Staurosporin	PKC
PD98059	MAP kinase
Okadaic acid	Serine / threonine kinase-phosphatase
JNK inhibitor II	Jun N-terminal kinase
Rapamycin	p70S6 kinase
Actinomycin D	RNA polymerase II
Cycloheximide	protein synthesis

PKCαが知られている。PKCαは活性化されると497番目と638番目のスレオニン残基および657番目のセリン残基がリン酸化される³²。そこで、ゲニステイン処理により実際にH4IIE細胞内のPKCαが活性化されるかどうかを検討した。ゲニステインで一定時間処理した細胞から全細胞溶解液を調製し、PKCαまたはリン酸化型PKCαに対する抗体を用いてウエスタンブロット解析を行った。ゲニステイン処理後5分で活性化型のリン酸化型PKCαが増加し、15分後には減少することが示された(図5)。一方、同じ条件下では、全PKCα量には変動は認められなかった。したがって、ゲニステインは非常に早期に一過性にPKCαを活性化することが明らかになった。

4. ゲニステインによる転写レベルでのSHARP-2 mRNA誘導

次に、ゲニステインによるSHARP-2 mRNAの誘導が遺伝子の転写レベルで生じるのか、あるいはその誘導にタンパク質合成を必要とするかどうかについて検討した。H4IIE細胞をDNA依存性RNA polymerase IIの阻害剤である actinomycin D およびタンパク質合成の阻害剤である cycloheximide で処理した。SHARP-2 mRNAの発現誘導は、それぞれの阻害剤で抑制された(図4C)。したがって、ゲニステイ

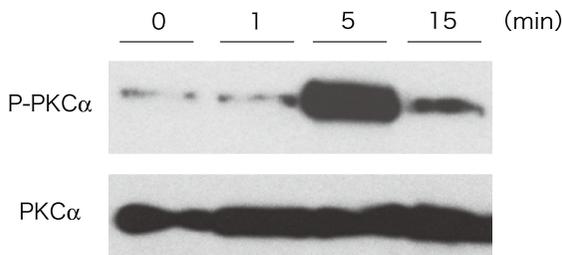


図5 ゲニステインによる PKCα の活性化²⁶⁾

100 μM ゲニステインで示された時間処理した H4IIE 細胞から調製した全細胞溶解液 (20 μg protein / lane) を 10%SDS-PAGE で展開し、ウエスタンブロット解析を行った。

上) 抗リン酸化型 cPKCα 抗体 下) cPKCα 抗体

ンによる SHARP-2 mRNA の誘導は転写レベルで生じ、誘導にはタンパク質合成を必要とする可能性が示唆された。ゲニステインは、HepG2 細胞においてアポリポタンパク質 A-I 遺伝子のプロモーター活性を促進することが報告されている³³⁾。また、転写因子 peroxisome proliferator-activated receptor α の発現を誘導することも報告されている³⁴⁾。したがって、ゲニステインが PKCα の下流に存在する何らかの転写因子の活性化を介して、SHARP-2 遺伝子の転写活性を促進することが想定できる。そこで、SHARP-2 遺伝子の転写制御領域のゲニステイン応答性 cis-acting element の同定を試みた。ラット SHARP-2 遺伝子の転写開始点上流 3kb までの領域を、ルシフェラーゼリポータープラスミドに挿入した。この領域は、様々な刺激による SHARP-2 遺伝子の転写促進に関与するエレメントが含まれていることが報告されている⁶⁾。そこで、このプラスミドを H4IIE 細胞にトランスフェクションし、ゲニステイン処理と未処理の細胞での SHARP-2 遺伝子のプロモーター活性を測定した。しかし、この領域にはゲニステインに応答して転写が促進される領域は存在しなかった (図6)。したがって、上流 3 kb まで以外の領域でゲニステインは SHARP-2 遺伝子の転写を促進すると考えられる。

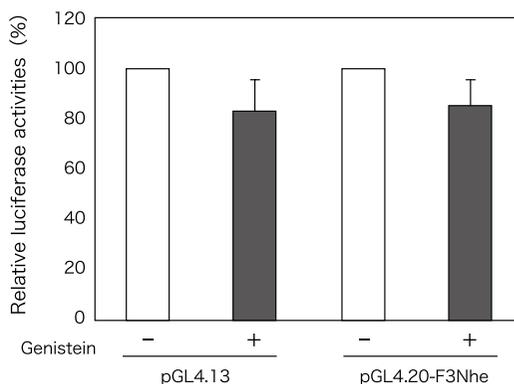


図6 ゲニステインによる SHARP-2 遺伝子の転写調節機構の解析

転写開始点上流 3kb までを含む SHARP-2 遺伝子プロモーター (pGL4.20-F3Nhe) あるいは SV40 のエンハンサープロモーターを含むルシフェラーゼリポータープラスミド pGL4.13 を 10 μg, phRLuc-CMV を 0.5 μg, H4IIE 細胞にトランスフェクションした。16 時間後に 100 μM ゲニステインの存在下、非存在下でさらに 2 時間培養し、これらの細胞のルシフェラーゼ活性を測定した。

おわりに

インスリンリセプター及びインスリンシグナル伝達経路を刺激できる低分子化合物の研究は、糖尿病、特にインスリン非依存性糖尿病の治療に有用である。私どもは、インスリン誘導性転写因子 SHARP-2 をマーカーとし、SHARP-2 遺伝子の発現を誘導できる食品成分の検討を行い、H4IIE 細胞を大豆イソフラボンのゲニステインで処理することにより、

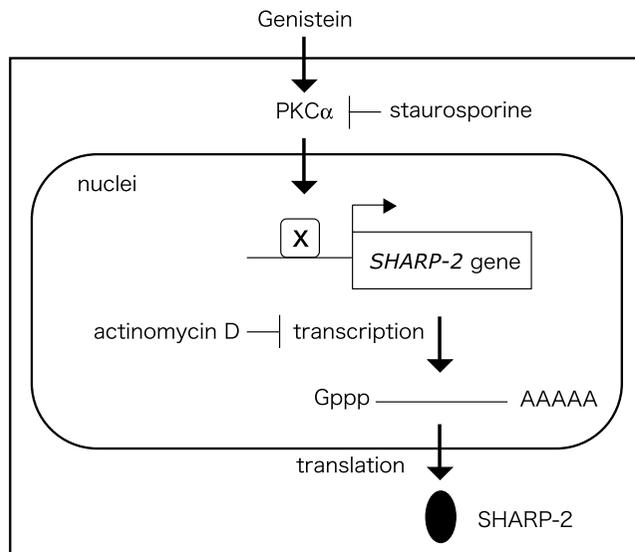


図7 ゲニステインによる *SHARP-2* 遺伝子発現調節の概要²⁶⁾

SHARP-2 遺伝子の発現を誘導できることを見いだした。すなわち、ゲニステインは少なくとも *PKCα* の活性化を促進し、何らかの転写因子の合成を介して *SHARP-2* 遺伝子の転写を促進すると結論する (図7)。今後は、ゲニステインによる *SHARP-2* 遺伝子の転写促進機構を明らかにしていきたいと考えている。

〔謝辞〕

本研究は文部科学省の科学研究費 (基礎研究 C 21500798), 不二たん白質研究振興財団及び松本大学学術研究助成金による援助を受けて行われた。ここに深謝する。

..... 参考文献

- 1) Andreassi MG: Metabolic syndrome, diabetes and atherosclerosis: influence of gene-environment interaction. *Mut. Res.* **667**: 35-43, 2009.
- 2) Dekker MJ, Su Q, Baker C *et al.*: Fructose: a highly lipogenic nutrient implicated in insulin resistance, hepatic steatosis, and the metabolic syndrome. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* **299** (5): E685-E694, 2010.
- 3) Melanson EL, Astrup A, Donahoo WT: The relationship between dietary fat and fatty acid intake and body weight, diabetes, and the metabolic syndrome. *Ann. Nutr. Metab.* **55**: 229-243, 2009.
- 4) Kahn R: Metabolic syndrome: Is it a syndrome? Does it matter? *Circulation* **115**: 1806-1811, 2007.
- 5) Hou M, Venier N, Sugar L *et al.*: Protective effect of metformin in CD1 mice placed on a high carbohydrate-high fat diet. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* **397** (3): 537-542, 2010.
- 6) Yamada K, Miyamoto K: Basic helix-loop-helix transcription factors, BHLHB2 and BHLHB3; their gene expressions are regulated by multiple extracellular stimuli. *Front. Biosci.* **10**: 3151-3171, 2005.
- 7) Honma S, Kawamoto T, Takagi Y *et al.*: Dec1 and Dec2 are regulators of the mammalian molecular clock. *Nature* **419** (6909): 841-844, 2002.
- 8) Yamada K, Kawata H, Shou Z *et al.*: Insulin induces the expression of the *SHARP-2/Stra13/DEC1* gene via a phosphoinositide 3-kinase pathway. *J. Biol. Chem.* **278** (33): 30719-30724, 2003.
- 9) Yamada K, Ogata-Kawata H, Matsuura K *et al.*: *SHARP-2/Stra13/DEC1* as a potential repressor of phosphoenolpyruvate carboxykinase gene expression. *FEBS Lett.* **579** (6): 1509-1514, 2005.
- 10) Brown MD: Green tea (*Camellia sinensis*) extract and its possible role in the prevention of cancer. *Altern. Med.*

- Rev. **4** (5): 360-70, 1999.
- 11) Moon HS, Lee HG, Choi YJ *et al.*: Proposed mechanisms of (-)-epigallocatechin-3-gallate for anti-obesity. *Chem. Biol. Interact.* **167** (2): 85-98, 2007.
 - 12) Thielecke F, Boschmann M: The potential role of green tea catechins in the prevention of the metabolic syndrome-a review. *Phytochemistry* **70** (1): 11-24, 2009.
 - 13) Collins QF, Liu HY, Pi J *et al.*: Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), a green tea polyphenol, suppresses hepatic gluconeogenesis through 5'-AMP-activated protein kinase. *J. Biol. Chem.* **282** (41): 30143-30149, 2007.
 - 14) Waltner-Law ME, Wang XL, Law BK *et al.*: Epigallocatechin gallate, a constituent of green tea, represses hepatic glucose production. *J. Biol. Chem.* **277** (38): 34933-34940, 2002.
 - 15) Koyama Y, Abe K, Sano Y *et al.*: Effects of green tea on gene expression of hepatic gluconeogenic enzymes in vivo. *Planta. Med.* **70** (11): 1100-1102, 2004.
 - 16) 扇谷陽子, 相澤博, 大谷倫子 *et al.*: 大豆のイソフラボン量について; 産地による比較. 札幌市衛研年報 **29**: 83-89, 2002.
 - 17) Day AJ, Cañada FJ, Díaz JC *et al.*: Dietary flavonoid and isoflavone glycosides are hydrolysed by the lactase site of lactase phlorizin hydrolase. *FEBS Lett.* **468**: 166-170, 2000.
 - 18) Setchell KD, Brown NM, Zimmer-Nechemias L *et al.*: Evidence for lack of absorption of soy isoflavone glycosides in humans, supporting the crucial role of intestinal metabolism for bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* **76** (2): 447-453, 2002.
 - 19) Turner NJ, Thomson BM, Shaw IC: Bioactive isoflavones in functional foods: the importance of gut microflora on bioavailability. *Nutr. Rev.* **61** (6): 204-213, 2003.
 - 20) Kuiper GG, Lemmen JG, Carlsson B *et al.*: Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta. *Endocrinol.* **139** (10): 4252-4263, 1998.
 - 21) Akiyama T, Ishida J, Nakagawa S *et al.*: Genistein, a specific inhibitor of tyrosine-specific protein kinases. *J. Biol. Chem.* **262** (12): 5592-5595, 1987.
 - 22) Ae Park S, Choi MS, Cho SY *et al.*: Genistein and daidzein modulate hepatic glucose and lipid regulating enzyme activities in C57BL/KsJ-db/db mice. *Life. Sci.* **79** (12): 1207-1213, 2006.
 - 23) Lee JS: Effects of soy protein and genistein on blood glucose, antioxidant enzyme activities, and lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats. *Life. Sci.* **79** (16): 1578-1584, 2006.
 - 24) Sorenson RL, Brelje TC, Roth C: Effect of tyrosine kinase inhibitors on islets of Langerhans: evidence for tyrosine kinases in the regulation of insulin secretion. *Endocrinol.* **134** (4): 1975-1978, 1994.
 - 25) Persaud SJ, Harris TE, Burns CJ *et al.*: Tyrosine kinases play a permissive role in glucose-induced insulin secretion from adult rat islets. *J. Mol. Endocrinol.* **22** (1): 19-28, 1999.
 - 26) Haneishi A, Takagi K, Asano K *et al.*: Genistein stimulates the insulin-dependent signaling pathway. *Front. Biosci.* **E3**, 1534-1540, 2011.
 - 27) Hardie DG: The AMP-activated protein kinase pathway-new players upstream and downstream. *J. Cell Sci.* **117** (23): 5479-5487, 2004.
 - 28) Hawley SA, Davison M, Woods A *et al.*: Characterization of the AMP-activated protein kinase kinase from rat liver and identification of threonine 172 as the major site at which it phosphorylates AMP-activated protein kinase. *J. Biol. Chem.* **271** (44): 27879-27887, 1996.
 - 29) Hug H, Sarre TF: Protein kinase C isoenzymes: divergence in signal transduction? *Biochem. J.* **291** (2): 329-343, 1993.
 - 30) Nishizuka Y: Protein kinase C and lipid signaling for sustained cellular responses. *FASEB J.* **9** (7): 484-496, 1995.
 - 31) Farese RV, Sajjan MP, Standaert ML *et al.*: Insulin-sensitive protein kinases (atypical protein kinase C and protein kinase B/Akt): actions and defects in obesity and type II diabetes. *Exp. Biol.* **230** (9): 593-605, 2005.
 - 32) Keranen LM, Dutil EM, Newton AC: Protein kinase C is regulated in vivo by three functionally distinct phosphorylations. *Curr. Biol.* **5** (12): 1394-1403, 1995.
 - 33) Lamon-Fava S: Genistein activates apolipoprotein A-I gene expression in the human hepatoma cell line Hep G2. *J. Nutr.* **130** (10): 2489-2492, 2000.
 - 34) Kim S, Shin HJ, Kim SY *et al.*: Genistein enhances expression of genes involved in fatty acid catabolism through activation of PPARalpha. *Mol. Cell Endocrinol.* **220**: 51-58, 2004.

ゾル状およびゲル状モデル食品の 咽頭部における食塊の移動特性

森高 初恵*

* MORITAKA Hatsue (昭和女子大学 大学院生活機構研究科)

Key Words : 咀嚼・嚥下・食塊の移動特性・ゼラチン・寒天・澱粉・ゲル・テクスチャー

咀嚼・嚥下障害は身体的のみならず、心理的、社会的にも影響を与え、生活の質 (QOL) を大きく低下させる。経口による摂食・嚥下機能を維持することは、食べ物の風味や喉越しのよさを感じるだけでなく、粘膜の保護、発がん性物質の作用抑制などを有する唾液や唾液ホルモンの分泌、脳への血流量の増加など健康上からも重要であり、何よりも生きることの喜びや生きてゆこうとする気力を呼び覚ましてくれる。身体機能の低下した者に安心して安全に咀嚼あるいは嚥下させるためには、食品のテクスチャーが重要な役割を果たし、食品の物性を変化させることで食塊の形成が容易となり、咽頭部での食塊の移送速度をある程度低下させることが可能となる。

摂食・嚥下運動は、一般的には口腔期、咽頭期、食道期の3期に分けられる。しかし、認知症による摂食障害や脳卒中等の運動機能障害により生じる咀嚼・嚥下障害へ対応するために、口腔内へ食物を取り込む前段階の先行期 (認知期) や準備期を加えた5期の分類などもなされている。

口腔期には、食塊は舌前方から嚥下反射が誘発される奥舌部位に移送される。この運動は随意的なコントロールが可能のため、随意相とも

呼ばれる。咽頭期は食塊が咽頭から食道へ運ばれる運動であるが、咽頭期の前期と後期では状態が異なる。咽頭前期では、軟口蓋は後咽頭壁と接触して鼻咽腔を閉鎖し、鼻腔からの呼吸は停止され、鼻咽腔への食塊の流入も止められ、また気管口は喉頭蓋によって塞がれる。咽頭後期では、食塊は食道へ送られる。嚥下過程において、咽頭部における過程が秩序だて行われると、食塊は気管に入ることなく、咽頭から食道さらに胃へと正常に送られる。咽頭期は不随意反射で行われるため、随意的なコントロールは不可能であり、不随意相とも呼ばれる。食道期では食塊の後尾部が食道内に入ると、食道入口は閉鎖され、食塊は蠕動運動と重力により胃へと送り込まれる。食道入り口が閉鎖されると、舌骨、喉頭および喉頭蓋は安静時の状態へと戻る。

食塊の嚥下過程においては測定の対象となる身体部位は露出しておらず、随意的な嚥下動作を介せずに反射性嚥下だけを誘発することはできないため、咽頭部における食塊の状態を測定することは極めて困難である。食塊の嚥下過程についての客観的な評価方法には、嚥下造影検査や内視鏡検査による方法があるが、両測定方法共に医師の立会いが必要である。また、造影



Fig. 1 超音波パルスドップラー法による食塊の移動速度の測定の様子

検査では、被験食に造影剤の混合が必要となり、測定時には被爆するため、データの集積は極めて困難である。嚥下過程における咽頭部の食塊の移動特性を、超音波パルスドップラー法により測定する方法がある。Fig.1に示すようにスキャンプローブを咽頭部正面中央部に水平に対して上方へ60度の角度になるように固定して測定する方法である。

1. うるち米澱粉ともち米澱粉食塊の咽頭部での移動特性に及ぼす澱粉濃度の影響¹⁾

日本では、正月にもちを食べる習慣があるが、正月前後に高齢者がもちを喉につめて亡くなる事故が報告されている。もちは嚥下しにくい食品の代表としてあげられる。その一方で、とろみ剤として澱粉が用いられるなど嚥下しやすい食品としてもあげられる。米澱粉ゾルあるいはゲルの咽頭部における移動特性について検討した。

6%, 12%, 18%, 24% うるち米澱粉と6%, 12%, 18%, 24%, 30% もち米澱粉を一口量を

6gとし、1秒間に1回の割合で5回咀嚼後嚥下したときの、咽頭部における食塊の移動特性を測定した。

うるち米およびもち米澱粉の食塊の咽頭部における最大移動速度は、水よりも有意に遅かった (Fig.2)。最も濃度の低い6%うるち米あるいはもち米澱粉は12~24%うるち米あるいはもち米澱粉よりも有意に速かったが、それ以外では有意差は認められなかった。うるち米澱粉はアミロースとアミロペクチンから構成され、もち米澱粉はほぼ100%アミロペクチンから構成される。そのために、うるち米澱粉ともち米澱粉の咀嚼前の試料の物理的性質は異なったが、咀嚼することで試料が唾液と混合され、さらに唾液アミラーゼの影響を受け、食塊の物理的性質が互いに似た性質へと変化したと考えられる。

うるち米澱粉については、官能評価項目の「飲み込みやすさ」と相関のあったのは、官能評価項目の「容器からの離れやすさ」「硬さ」「歯や口腔粘膜への付着性」「飲み込む力」であった。

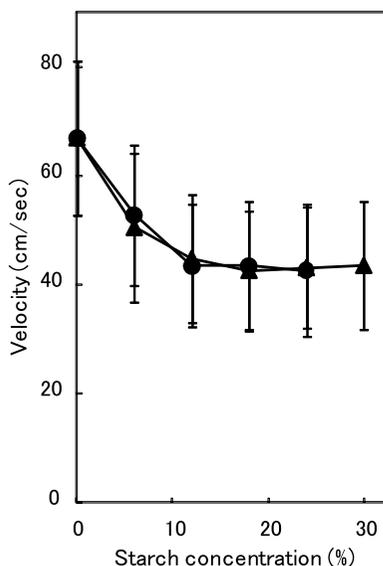


Fig. 2 うるち米澱粉ともち米澱粉食塊の咽頭部における最大移動速度

●：うるち米澱粉, ▲：もち米澱粉

「飲み込む力」と相関があったのは、「容器からの離れやすさ」「硬さ」「歯や口腔粘膜への付着性」および機器測定での凝集性であった。しかし、咽頭部における最大移動速度と相関の認められた項目はなかった。うるち米澱粉では、容器から離れやすく、柔らかく、口腔内で付着しにくく、凝集性が低く、飲み込む力が少なくすすむものでは、飲み込みやすいといえる。

一方、もち米澱粉については、官能評価項目の「飲み込みやすさ」と相関があったのは、官能評価項目の「容器からの離れやすさ」「硬さ」「歯や口腔粘膜への付着性」「食塊のまとまりやすさ」「嚥下時のばらつき」「飲み込む力」、機器測定での付着性と硬さであった。「飲み込む力」と相関があったのは、「容器からの離れやすさ」「硬さ」「歯や口腔粘膜への付着性」「食塊のまとまりやすさ」「嚥下時のばらつき」および機器測定での付着性と硬さと凝集性であった。もち米澱粉は、容器から離れやすいものほど、柔らかいものほど、口腔内で付着しにくいものほど、まとまりにくいものほど、ばらつきやすいものほど、飲み込む力を必要とせず、飲み込みやすいといえる。

この中で注目すべき点は、まとまりにくいものほど、ばらつきやすいものほど飲み込みやすいと評価された点である。言い換えると、まとまりやすく、ばらつきにくいものほど飲み込みにくいこととなる。一般に、嚥下機能の低下した者にとって、まとまりやすく、嚥下時にばらつきにくいものは飲み込みやすいと報告されている。しかし、もち米澱粉では反対の評価であった。これは、一般に飲み込みやすいとされる状態のもち米澱粉では固体のように固まったままで嚥下することとなるため、嚥下しにくいと評価されたのであろう。このことは、もち米澱粉が咀嚼時に大きく変形するために噛み切りやすく、何回咀嚼してもバラバラになりにくい性質のためと考えられる。

2. 寒天およびゼラチンゾル・ゲル食塊の咽頭部での移動特性に及ぼす濃度の影響²⁾

0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% 寒天ゾル・ゲルと0.8%, 1.4%, 2.0%, 2.6% ゼラチンゾル・ゲルの一口量を6gとし、咽頭部における食塊の移動速度を前述の米澱粉の場合と同様の方法により測定した。咀嚼前試料の機器測定による硬さおよび凝集性は0.2～0.8%寒天と0.8～2.0%ゼラチンでほぼ同程度であったが、2.6%ゼラチンでは両テクスチャー特性値は増加し、付着性はゼラチンで大きかった。

寒天の食塊の最大移動速度は、水よりも0.2%寒天では有意に減少し、0.4%ではさらに減少したが、0.4%以上の濃度では有意差は認められなかった (Fig.3)。水の水速度スペクトルの面積は寒天よりも有意に広く、反対に0.8%寒天では水を含んだ全ての濃度の寒天試料よりも有意に狭く、水は咽頭部において移動速度が寒天よりもばらつき、反対に0.8%寒天の食塊は他の寒天試料よりもまとまって移動すると考えられる (Fig.4)。

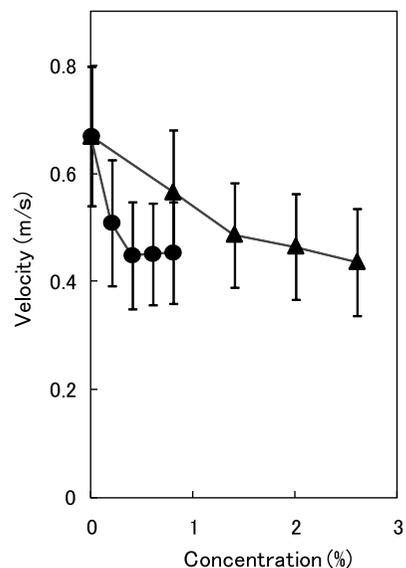


Fig. 3 寒天とゼラチンゲル・ゾル食塊の咽頭部における最大移動速度

●: 寒天, ▲: ゼラチン

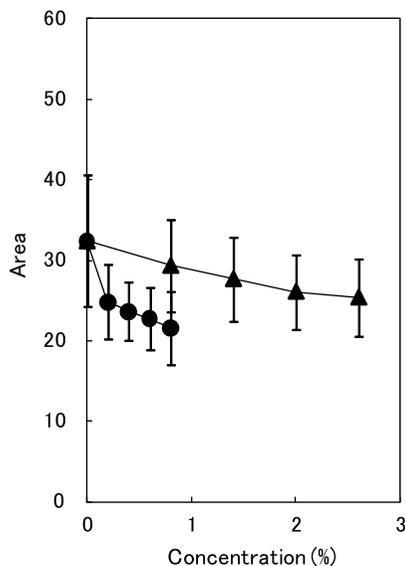


Fig. 4 寒天とゼラチンゲル・ゾル食塊の咽頭部における速度スペクトルの面積

●：寒天，▲：ゼラチン

ゼラチンの最大移動速度は、水から0.8%ゼラチンさらに1.4%ゼラチンと有意に低下し、2.0%ゼラチンと1.4%ゼラチンでは有意差は認められなかったが、2.6%ゼラチンでは再び有意に低下した (Fig.3)。0.8%ゼラチンはすべての濃度の寒天の最大移動速度よりも有意に速く、1.4%ゼラチンでは0.4~0.8%寒天の最大移動速度よりも有意に速かったが、2.0%、2.6%ゼラチンの最大移動速度は0.2%寒天のみと有意差が認められた。速度スペクトルの面積は、2.0%と2.6%ゼラチン間を除き、他のすべての濃度のゼラチン間で有意差が認められ、濃度が高くなると速度スペクトルの面積は狭くなり、移動速度のばらつきは小さくなると考えられる (Fig.4)。すべての濃度のゼラチンはすべての濃度の寒天よりも速度スペクトルの面積が有意に大きかったことから、移動速度のバラつきがゼラチンでは寒天よりも大きいと考えられる。寒天では咀嚼により試料は破壊され、食塊は細かい破片の集合体となる。しかし、ゼラチンでは破壊と同時に融解が生じ、寒天試料と比較し

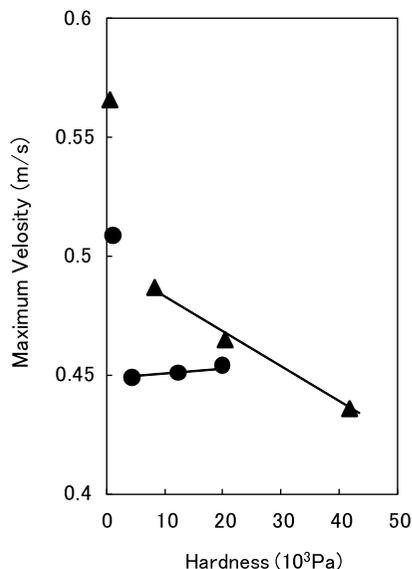


Fig. 5 寒天とゼラチンゲル・ゾルの食塊の最大移動速度と咀嚼前の試料の硬さとの関係

●：寒天，▲：ゼラチン

液状化の程度が進む。本実験では、咀嚼回数と口腔内の停滞時間を同じとしたために、ゼラチンの濃度が変化すると、融解の程度が微妙に異なることが影響したと考えられる。

最大移動速度と硬さの関係から、最も高濃度の0.8%寒天と2.6%ゼラチンを除いて、寒天の最大移動速度と硬さの直線の傾きの絶対値はゼラチンの傾きの絶対値よりも小さかった (Fig.5)。つまり、寒天では硬さが増加しても最大移動速度の変化はほとんど認められなかったが、ゼラチンでは硬さが増加すると最大移動速度は緩慢に遅くなることが示唆された。

寒天とゼラチンで共通して「飲み込みやすさ」と相関が認められた項目は、官能評価項目の「硬さ」と機器測定項目の硬さであった。このことから、寒天とゼラチンの飲み込みやすさにとって硬さは重要な指標であるといえる。しかし、寒天の最大移動速度と官能評価項目、機器測定項目との間で相関の認められる項目はなかった。ゼラチンでは、最大移動速度と相関が認められたのは、「噛み切りやすさ」「食塊のば

らつきやすさ」「飲み込む力」, 機器測定の凝集性であり, 壊れやすいものほど, 嚥下時にばらつき難いほど, 飲み込む力が大きいものほど, 最大移動速度は遅くなると評価された。

寒天で誤嚥しにくい濃度は, 最大移動速度の傾きが大きく変わる濃度の0.4%であると考えられる。この寒天濃度では, 食塊の流速が遅く, 安定していた。しかし, ゼラチンでは最大移動速度が最も遅くなる2.6%で飲み込みやすいと考えられた。前述のうるち米ともち米でんぷんでは, クラスタ解析の結果, 最大移動速度からみた嚥下機能低下者用の適正濃度の試料は同一グループに分類された。一方, 寒天とゼラチンについてのクラスタ解析では, 0.4%寒天と2.6%ゼラチンは同一グループとはならなかった。これは, 寒天とゼラチンでは, 物理的性質が大きく異なるためと考えられ, 咽頭部においてできる限り安心で安全な流速を示す食材の濃度については, 個々の食品について検討する必要があると考えられる。

3. 寒天ゲルとゼラチンゲルの食塊の移動特性に及ぼす咀嚼回数と摂食量の影響³⁾

(1) 超音波パルスドップラー法によって測定された移動特性

1.0%寒天と3.0%ゼラチンを試料とし, 一口摂食量を3, 6, 9, 12g, 咀嚼回数5, 10, 30, 50回とし, 咀嚼速度は1秒間1回として, 咽頭部の食塊の移動速度を測定した。

寒天ゲルの最大移動速度は, 咀嚼回数の少ない5回咀嚼において, 摂取量の多い試料(9g, 12g)と摂取量の少ない試料(3g, 6g)との間に有意差が認められた(Fig.6)。これは, 摂取量の多い試料では, 硬さが寒天ゲルの食塊中で最も大きかったことから, 口腔内で試料が咀嚼しきれず, 唾液量も少なく, まとまりが悪く, 飲み込み難いことから, 勢いよく飲み込みことで最大速度が大きくなったのではないかと考えられる。

ゼラチンゲルの最大移動速度では, 摂取量の少ない試料(3g, 6g)の50回咀嚼で高い値を

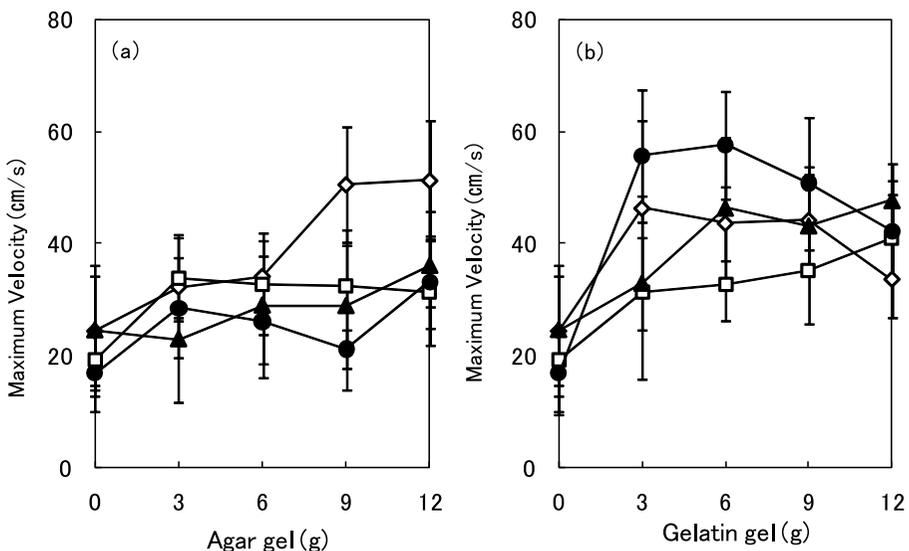


Fig. 6 咽頭部における寒天ゲルおよびゼラチンゲル食塊の最大移動速度

(a): 寒天ゲル, (b): ゼラチンゲル

◇: 5回咀嚼, □: 10回咀嚼, ▲: 30回咀嚼, ●: 50回咀嚼

示した。この試料では、機器測定における硬さが小さく、摂取量が少なく、咀嚼回数が多いために唾液も多く、ゲルがゾル化して食塊が液状化したことなどが原因と考えられる。

超音波パルスドップラー法による結果と造影検査による結果を比較すると流速を示す値が近似していたことから、超音波パルスドップラー法によって人の咽頭部の食塊の流速を測定することは有用であると判断された。

咽頭部の食塊の通過時間は、寒天ゲルでは摂取量が増加すると通過時間は長くなる傾向が認められた。さらに、ゼラチンゲルの通過時間は寒天ゲルよりもより強く摂取量の影響を受けた。

(2) 造影検査によって測定された移動特性

測定部分を、食塊の先端部分が軟口蓋挙上時から口狭に到達するまで (①)、口狭から食道入口部に到達するまで (②)、食道入口部から第6頸椎に到達するまで (③) の過程における、移動速度を比較すると、最も流速が速かった部位は、食塊の先端部分が食道入口部から第6頸椎まで (③) を通過する過程であった (Fig.7)。これは、食道内は蠕動運動による動きも加わり、食塊の流路もまっすぐであるためと考えられる。反対に、最も流速が遅かった部位は、軟口蓋挙上時から口狭まで (①) であった。

食塊の先端部分と後端部分の流速を比較すると、造影剤入り寒天ゲル、造影剤入りゼラチンゲルともに、先端部分の流速が後端部分の流速よりも顕著に速い値を示した。後端部分の流速の差は、どの試料においても、またどの咀嚼回数においても同程度であり、食塊の後端部分の流速は先端部分の流速よりも咀嚼回数や摂取量の影響を受け難いと考えられる。

食塊は咽頭部を通過する際には、形状が変化して細く伸びることにより、先端部分より後端部分では流速が低下すると考えられ、食塊の先端部分の速度を制御することで誤嚥を防げるこ

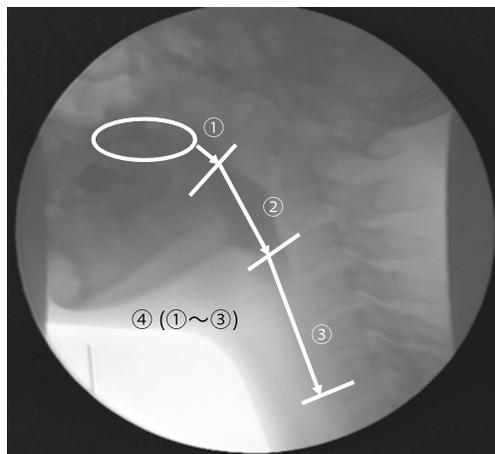


Fig.7 食塊通過時のX線写真

①軟口蓋挙上時～口狭、②口狭～食道入口部、③食道入口部～第6頸椎、④①～③の平均

との可能性が示唆された。

(3) 咀嚼回数と咽頭部での食塊の最大移動速度との関係

寒天ゲルとゼラチンゲルの機器測定より求めた硬さ、付着性、官能評価の咀嚼の程度、まとまりやすさ、飲み込みやすさ、超音波測定による最大移動速度、通過時間を変数として、摂取量と咀嚼回数を対象に主成分分析を行うと、寒天ゲルとゼラチンゲルでは明確に分布が異なった (Fig.8)。寒天ゲルでは、摂取量が多く咀嚼回数が少ないグループでは硬く、最大移動速度が速く、反対に咀嚼回数の多いグループでは、軟らかく最大移動速度は遅くなった。この結果より、寒天ゲルの最大移動速度は咀嚼回数によって制御でき、よく咀嚼することで最大移動速度を遅くすることが可能であると考えられる。

一方、ゼラチンゲルでは、咀嚼回数の多い軟らかいグループでは最大移動速度が速くなった。ゼラチンゲルの食塊の硬さと最大移動速度との関係は寒天ゲルよりも弱く、どのグループも最大移動速度は全般に速い領域に属し、一概に咀嚼回数によって最大移動速度を制御することは

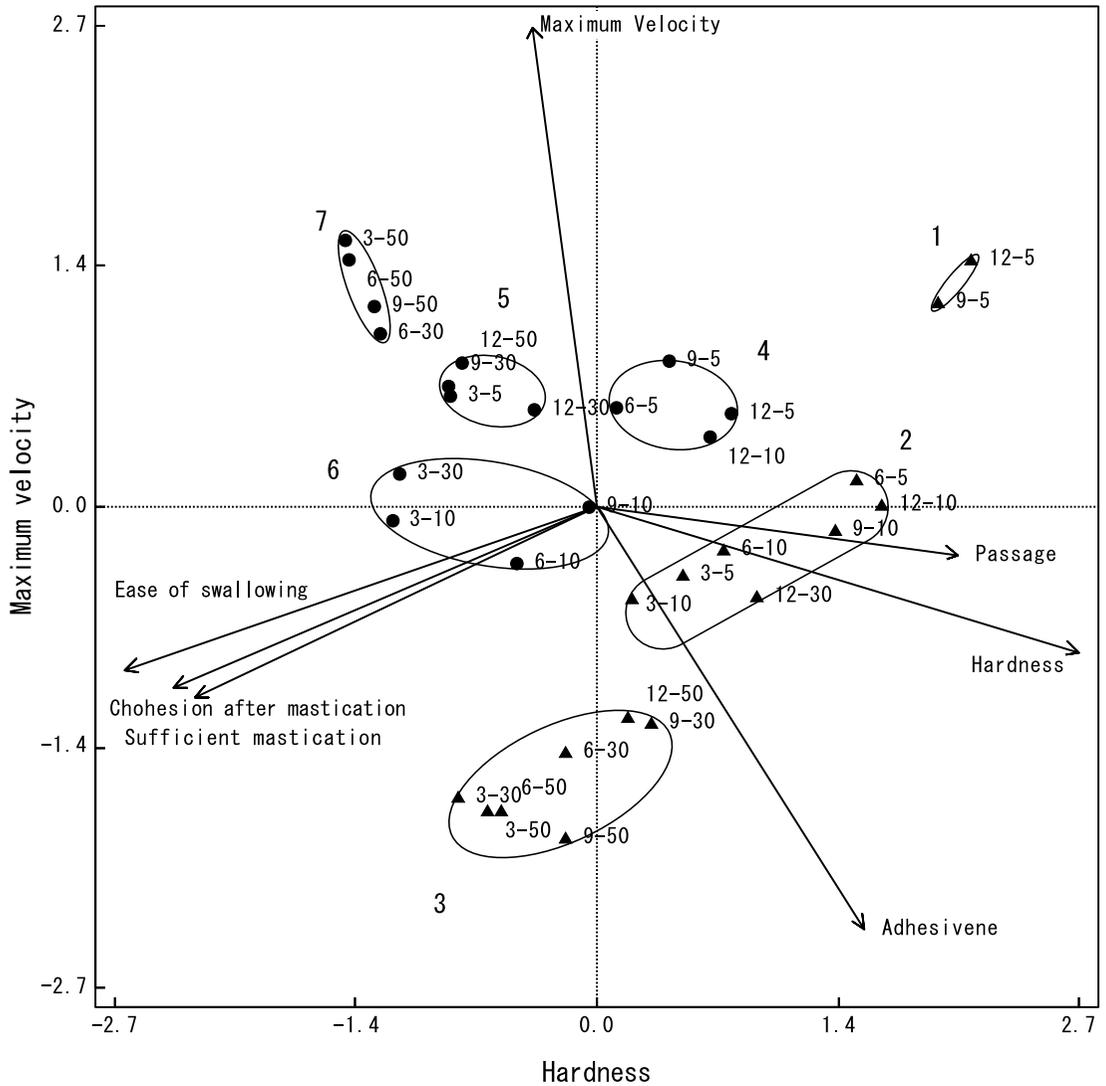


Fig. 8 主成分分析のスコア
 ▲：寒天ゲル，●：ゼラチンゲル
 マークの数値はゲルの摂取量と咀嚼回数を示す

困難であると考えられる。特に、ゼラチンゲルにおいて咀嚼しすぎることは、最大移動速度を反対に速めることになり、注意が必要である。

4. 寒天ゲルの咽頭部の食塊の移動特性に及ぼすペースト添加の影響⁴⁾

(1) 超音波パルスドップラー法による流動速度
 市販されている増粘剤には主原料によって、

キサンタンガム系、グアーガム系、澱粉系の3タイプに分類される。そこで、増粘剤として、貯蔵弾性率が同程度で、硬さが $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ 前後ではほぼ等しい、5%キサンタンガム、2%グアーガム、4%澱粉を用い、比較として水も分散媒として用いた。分散する固体は一辺が5mmの立方体の1.5%寒天ゲルとし、分散媒の添加割合は0、25、50、75、100%とした。一口あたりの量を6gとし、咀嚼速度は1秒間に

1 回とし、咀嚼回数は 5 回と 30 回とした。

水添加では、水の割合が高くなるに従い流速スペクトルは大きくなった。グアーガム、キサンタンガムではペーストが添加されると流速スペクトルは小さくなり、グアーガム 100% では最も小さかった。

5 回咀嚼の食塊の最大移動速度 (Fig.9a) は、分散媒が水では他より有意に高かったが、30 回咀嚼 (Fig.9b) では最大移動速度は遅くなった。機器測定において、水添加試料の 30 回咀嚼では貯蔵弾性率、損失弾性率およびテクスチャーの硬さは低下するが、凝集性が増加していたことから、咀嚼回数の増加により、寒天ゲルが破壊され、唾液と試料が混ざり合い、食塊の量も多くなり、一塊となってゆっくり移動すると推察される。

5 回咀嚼のキサンタンガム、グアーガムはペーストの添加割合が異なる試料間において有意差は認められなかった。キサンタンガムでは 5 回咀嚼と 30 回咀嚼においても有意差は認め

られなかったことから、飲み込みに固形物の割合や咀嚼回数の影響がないことが示唆された。

5 回咀嚼の澱粉の最大移動速度は添加割合 50% で最も低くなり、添加割合 0, 25, 100% 間で各々有意差が認められた。しかし、30 回咀嚼では、澱粉の添加割合が 50% 以上になると有意に高い値を示し、分散媒が水の試料と類似した挙動を示した。これは、口腔内での滞留時間の長さや咀嚼回数の増加により、アミラーゼによる澱粉の分解が進み、ゾル化した試料の割合が多くなった結果と考えられる。

食塊の咽頭部の最大移動速度とテクスチャー特性、官能評価の相関係数を求めると、5 回咀嚼では、分散媒が水の場合、咽頭部での食塊の最大移動速度との間に相関が認められたのは、機器測定の硬さ、官能評価項目の「硬さ」「飲み込み易さ」および「飲み込む力」であった。このことから機器測定での硬さが大きいほど官能評価でも硬く、飲み込みにくいと感じ、飲み込む力は大きくなり、最大移動速度が

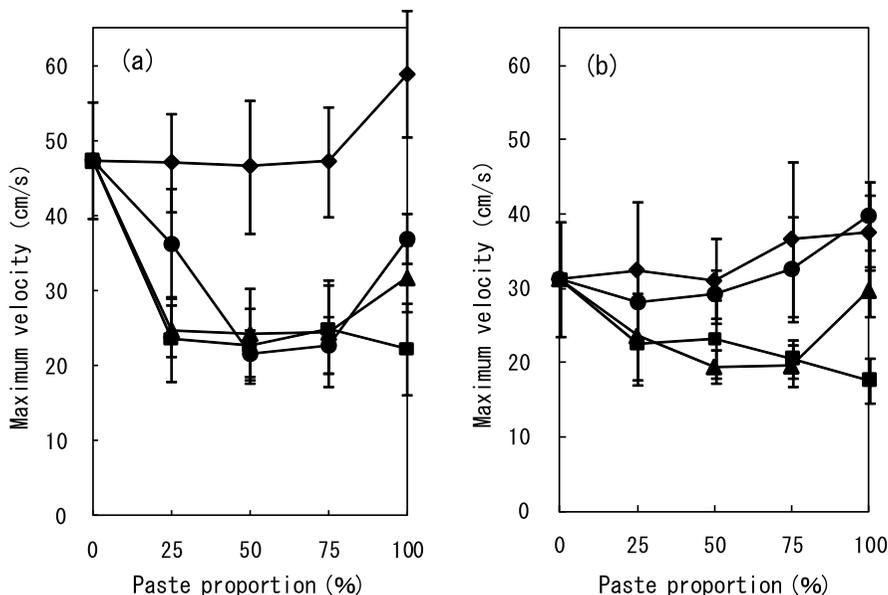


Fig.9 咽頭部における寒天ゲル分散ペースト食塊の最大移動速度
(a): 5 回咀嚼, (b): 30 回咀嚼
◆: 水, ▲: キサンタンガム, ■: グアーガム, ●: ポテトスターチ

低下することが示唆される。完全に噛み砕かれていない寒天ゲルの固形部分と分散媒の水が、最大移動速度に大きく反映した結果であると考えられる。

キサントタンガムとグアーガムでは添加割合による飲み込みやすさ、飲み込む力への影響は認められなかった。キサントタンガムではテクスチャー特性の測定結果より分散媒のペーストの性質が寒天ゲルよりも強く反映しているため、咽頭部での食塊の最大移動速度との間に相関が認められなかったと考えられる。30回咀嚼では、グアーガムの最大移動速度と相関が認められたのは、機器測定の硬さ、付着性、官能評価項目の「硬さ」「付着しやすさ」であった。グアーガムでは硬さと付着性は食塊の移動速度を考える際、重要な因子であると考えられる。

澱粉の30回咀嚼時では5回咀嚼時の水とほぼ類似した相関関係が認められ、液状の挙動を示した部分が最大移動速度に反映していた。以上の結果より、キサントタンガムペーストは硬さ、凝集性および最大移動速度がペーストの添加割合や咀嚼回数の影響を最も受けなかったことから、軽度の嚥下機能低下者用介護食用増粘剤として適していると考えられる。

5.

固体分散ペーストの咀嚼・嚥下に及ぼす摂食量の影響⁵⁾

摂食量と咀嚼回数について検討するため、寒天ゲルを5%キサントタンガム、2%グアーガム、4%澱粉および水に0, 25, 50, 75, 100%添加した固体分散ペーストを試料とし、一口あたりの量を3, 6, 9, 12g, 咀嚼回数を5回と30回として測定した。

力学特性や官能特性、および超音波パルスドップラー法による生体計測により求めた最大移動速度、通過時間を変数として、摂食量と咀嚼回数を対象に主成分分析を行った結果、

第1主成分は食塊の最大移動速度、第2主成分は飲み込みやすさであった、主成分得点の差が小さい各々のプロットを集約すると、a～cのグループに分類できた (Fig.10)。

グループaは5回咀嚼、30回咀嚼のペースト0% (寒天ゲル100%) 試料で、食塊の最大移動速度が速く、飲み込み難い領域に分類された。摂食量が少ない試料は原点に近い位置にプロットされ、摂食量が多い試料は縦軸、横軸の得点が高くなり、高い位置にプロットされた。30回咀嚼は5回咀嚼よりもプロット位置が低く、固形物のみの場合は咀嚼回数を増加させることで、最大移動速度を低くし、飲み込みやすくすることが可能であることが示唆された。また、咀嚼回数が同一の場合、摂食量が少ない試料ほど飲み込みやすく、最大移動速度が遅かった。

グループbは5回咀嚼の水添加、澱粉ペースト添加試料で、食塊の最大移動速度が高いが、グループaよりは飲み込みやすい試料に分類された。澱粉ペースト添加試料は唾液アミラーゼにより澱粉の分解が進行し、液状に近い物性となり、水添加試料と類似した評価となった。液体と固体の混合試料の場合には、固体試料よりも飲み込みやすいと評価されたが、食塊の移動速度が速く、特に摂食量の増加に影響して速度が速くなりやすい試料であることが示唆された。

グループcは、30回咀嚼の水添加、澱粉ペースト添加試料であり、飲み込みやすい試料に分類された。グループbと比較すると、液体と固体の混合試料の場合には、咀嚼回数の増加により、食塊の移動速度の制御は見られないが、飲み込みやすくなるといえる。

グループd, eは、グアーガム、キサントタンガムペースト添加試料であり、グループdは、摂食量3gのグアーガム、キサントタンガムペースト添加試料で、食塊の移動速度が遅く、飲み込みやすい試料、グループeは、主に摂食

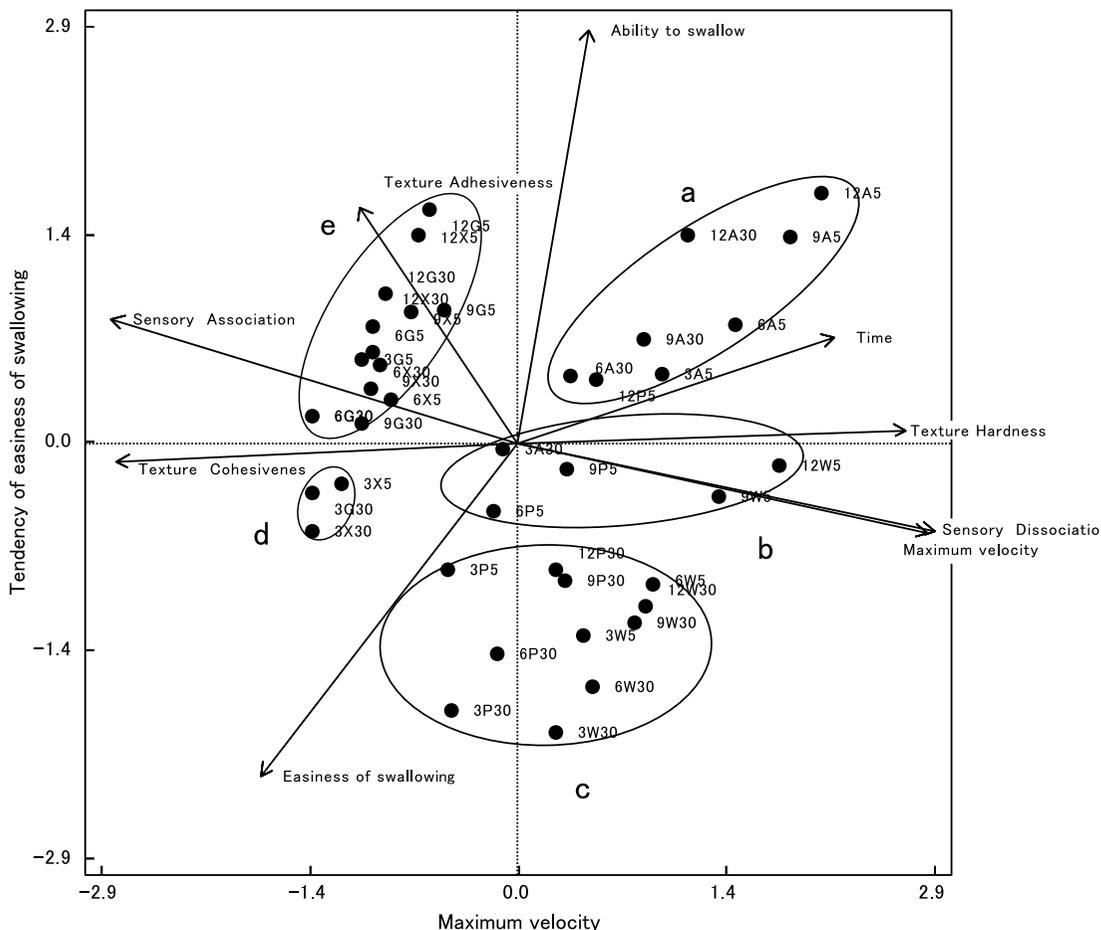


Fig. 10 主成分分析のスコア

3 : 3g, 6 : 6g, 9 : 9g, 12 : 12g

P : 澱粉, G : グアーガム, X : キサンタンガム, W : 水, A : 寒天ゲル

5 : 5 回咀嚼, 30 : 30 回咀嚼

量 3g 以外の 6, 9, 12g のグアーガム, キサンタンガムペースト添加試料で, 食塊の移動速度が遅く, 飲み込みにくい試料に分類された。グアーガム, キサンタンガムペースト添加試料は 5 回咀嚼と 30 回咀嚼において, プロット位置に大きな差は認められなかった。グアーガムは D-マンノースからなる主鎖に側鎖として, マンノース 2 分子に α -1-6 グリコシド結合した D-ガラクトース鎖を持ち, 水溶液は高い粘稠性と強い付着性を有する。一方, キサンタンガムは主鎖のグルコース 2 分子にマンノース 2 分子とグルクロン酸 1 分子が結合した側鎖基が結

合し, 主鎖に対する側鎖の割合が大きい構造をとっている。キサンタンガムの水溶液は低攪拌状態では高い粘性を示すが, 攪拌速度の増加に伴い構造が破壊され, 粘度が急激に減少し, この状態は静置と攪拌によって可逆的に変化する。グアーガム, キサンタンガムペーストは咀嚼・嚥下の段階で, ある程度の粘弾性を持っているために, 食塊を作りやすい状態になっているが, 摂食量が 9, 12g では飲み込み難いとされた。

試料が固形物, または液体と固形物の混合の場合, 摂食量が増加すると食塊の移動速度は有

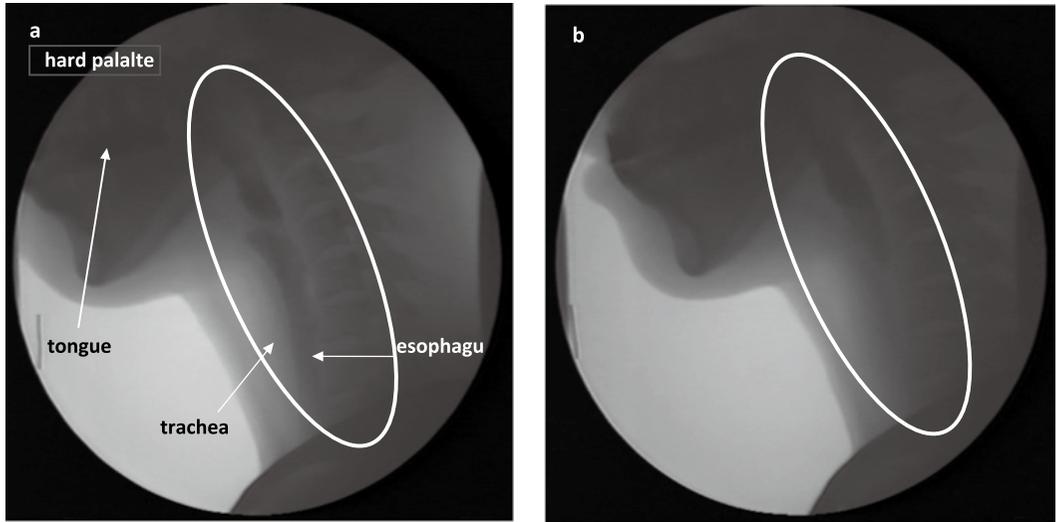


Fig. 11 食塊通過時のX線写真

a: 寒天ゲル分散水試料, b: 寒天ゲル分散キサンタンガムペースト

意に速くなることが示唆された。また、ある程度の粘弾性をもっている試料は摂食量が増加しても、食塊の移動速度はほとんど変わらず、まとまりやすさも変わらないが、飲み込みにくいと感じ、飲み込み時の力が大きくなった。

嚥下時の食塊の形成は、液体試料や液体と固体との混合試料では摂食量が増加すると、X線撮影において食塊は細く長く伸びた様子が観察され、グアーガム、キサンタンガムペース添加試料では、まとまっている状態が観察

された (Fig.11)。

本報告でこれまでに示した結果は、咽頭部を通過する食塊の移動特性が、食品の力学的性質とヒトの咀嚼・嚥下運動の相互作用によって変化することを示していた。したがって、食塊の移動特性に影響を及ぼす要因は、食品あるいは食塊の物理的性質、摂食量、咀嚼の程度、唾液との混合状態、飲み込み方など多岐にわたり、全容を解明するには更なるデータの集積が必要であり、今後の研究の進展が望まれる。

..... 参考文献

- 1) Moritaka, H. and Nakazawa, F. (2009), The rheological and swallowing properties of rice starch. *Food. Sci. Technol. Res.*, **15**, 133-140
- 2) Moritaka, H. and Nakazawa, F. (2010), Flow velocity of a bolus in the pharynx and rheological properties of agar and gelatin, *J. Texture. Studies*, **41**, 139-152
- 3) 井上悠季, 笹井美友紀, 志賀清悟, 森高初恵 (2009), 寒天ゲルとゼラチンゲルの咽頭部通過時における移動速度に及ぼす摂取量および咀嚼回数の影響, *日本食品科学工学会誌*, **56**, 261-270
- 4) 佐川敦子, 森下真理子, 森高初恵 (2008), 寒天ゲルを分散したペーストの力学特性と飲み込み特性, *日本食品科学工学会誌*, **55**, 267-286
- 5) 佐川敦子, 金子仁美, 寺島真美恵, 志賀清悟, 森高初恵 (2010), 固体分散ペーストの咀嚼・嚥下に及ぼす摂食量の影響, *日本食品科学工学会誌*, **57**, 503-516

疲労軽減効果を有する食品成分

渡辺 陸行*

* WATANABE Nakamichi (昭和女子大学生生活科学部 生活科学科)

Key Words：疲労回復・サトウキビワックス・大豆・テンペ・ルイボス・アスパラチン

はじめに

「栄養・運動・休養」は健康づくりの3要素である。健康の増進のためには、バランス良くおいしいものを食べ、適度な運動を行い、質の良い睡眠をとることが重要である。ライフステージや健康状態に応じた「栄養・運動・休養」を明らかにするために、多くの研究が実施されている。

筆者らは、3要素の中でも特に「食品成分と運動との関係」に着目して研究を進めてきた。「運動」はメタボリックシンドロームの予防などを目的とするだけでなく、糖尿病においては食事療法と並んで大切な療法の1つとして利用されている。いずれにしても、「運動」は健康増進のために行われるべきであり、「運動」によって過剰な疲労が蓄積することは好ましいことではない。

これまでに、トウガラシに含まれる辛味成分であるカプサイシン¹⁾、コーヒーや紅茶、緑茶、チョコレート、ココアなどに含まれる苦味成分であるカフェイン²⁾、レモンなどの柑橘類に含まれる有機酸の1つであるクエン酸³⁾、トリ胸肉に含まれるペプチドであるアンセリンやカルノシン⁴⁾、の有する疲労軽減効果(持久力増強効果)が報告されている。

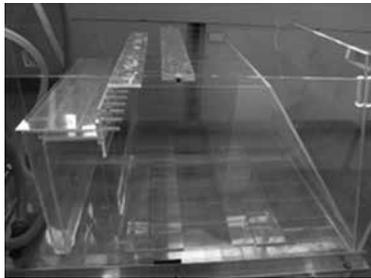
また、必須アミノ酸のうちのバリン、ロ

イシン、イソロイシンを指す分岐鎖アミノ酸(BCAA)は、筋肉の構成成分であるタンパク質のアクチンとミオシンの主成分であり、筋肉で代謝される良好なエネルギー源であることは良く知られている。BCAAの摂取には、持久力増強効果だけでなく、低血糖の危険を回避し、さらには運動による筋損傷を軽減させて血中乳酸濃度の上昇を抑制する効果があることが期待されている⁵⁾。

本稿では、筆者らが実施した研究結果をもとに「さとうきび表皮ワックス」「大豆および大豆発酵食品テンペ」「ルイボス」の疲労軽減効果について、紹介する。

1. 遊泳試験

遊泳試験は、実験動物の運動負荷に古くから用いられている方法である。怪我の危険性が低い等のメリットがある一方で、ただ浮いているだけであったり、潜水してしまったりと、実験者の期待通りの運動を負荷することが難しいとも言われている。本稿での遊泳試験には、水槽が6レーンに区切られており一定方向から一定速度の水流を負荷することによって、定量的な運動負荷を与えることが出来るアニテック社の京大松元式運動量測定流水槽を用いた(図1)。



(左) 横からの写真



(右) 真上からの写真

図1 京大松元式運動量測定流水槽

本稿で紹介する遊泳試験は全て以下の条件にて実施した。実験動物には、雄性 Balb/c 系マウスを用いた。マウスの鼻先が7秒間水面下に沈んだ時を遊泳試験終了とし、引き上げた後遊泳時間を記録した。水温はマウスが遊泳中に体温を保持することができ、最もよい運動成績が得られると言われている 34 ~ 36℃ に設定した。本研究は全て、昭和女子大学実験動物委員会の承認を得た後、動物実験倫理規定に従い実施した。

2. サトウキビワックスの疲労軽減効果

天然ワックスの構成成分は、炭素数 20 以上の高級脂肪族アルコール（ポリコサノール）や高級脂肪族アルデヒド（ポリコサナール）であり、サトウキビ、コウリヤン、米ぬかなどに含まれている。

オクタコサノールはポリコサノールのひとつで炭素数 28 個の直鎖アルコールであり、1972 年に小麦胚芽中から TK Cureton によって発見された⁶⁾。その後、米国イリノイ大学の体育学科生や米国海軍・海兵隊の協力による研究結果から、オクタコサノールには持久力増強、ストレス抵抗性などの効果があることが明らかにされている。さらに、反射の向上、筋肉機能の促進、収縮期血圧の低下、基礎代謝率の向上、血中

コレステロール濃度の低下、LDL-コレステロールの酸化抑制、などの効果があることも報告されている^{7,8)}。

筆者らは、オクタコサノールを約 80% 含むサトウキビワックス（沖縄さとうきび機能研究所から提供）を 0.5% 混ぜ込んだ飼料（AIN-93G を基本として作成）をマウスに与え、遊泳試験を実施した。

飼育開始後、2 週目、3 週目、4 週目にマウスの遊泳時間を測定したが、サトウキビワックスの摂取によって、有意な差はみられなかったものの遊泳時間は延長傾向にあった（図 2）。また、飼育開始 5 週目に全てのマウスに同じ時間遊泳を負荷すると、サトウキビワックスの摂取によって血中乳酸濃度および筋肉損傷の程度を示す血漿クレアチンキナーゼ活性値が有意に低下した（図 3, 4）。また、有意ではなかったものの、血漿 GOT 活性値が低く、筋肉中グリコーゲン量が多い傾向がみられた。以上より、サトウキビワックスの摂取には、筋肉のグリコーゲン量を高めることによって疲労を軽減する効果があることが示された。

オクタコサノールをはじめとするワックスの機能を議論する上で常に問題となるのは、その吸収率である。ワックスは非常に融点が高いため、吸収されない、または、吸収されたとして

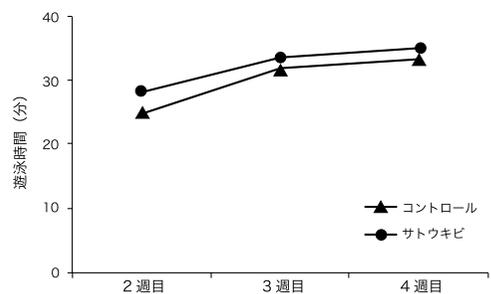


図2 飼育開始 2, 3, 4 週目のマウスの遊泳時間

(データは平均値で示した、n=6)

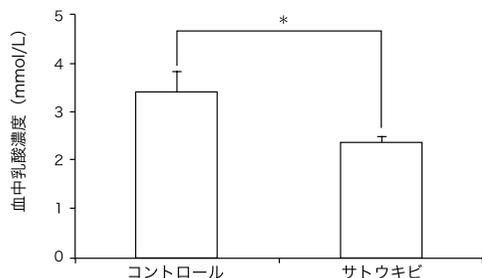


図3 飼育5週目に一定時間遊泳させたマウスの血中乳酸濃度

(データは平均値±標準誤差で示した、n=6、*p<0.05)

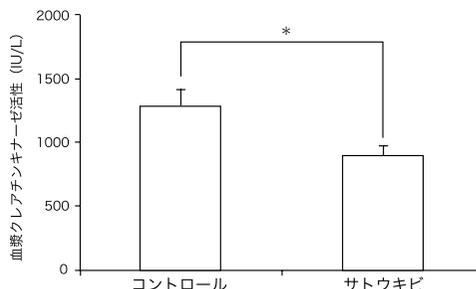


図4 飼育5週目に一定時間遊泳させたマウスの血漿クレアチンキナーゼ活性

(データは平均値±標準誤差で示した、n=6、*p<0.05)

も非常に微量であることが考えられる。

筆者らの研究では、オクタコサノールを摂取したマウスの、血漿、脳、心臓、肝臓、腎臓、脾臓、骨格筋からは、オクタコサノールは検出されなかった。小腸、白色脂肪組織でもオクタコサノールが検出されなかったとの報告もある⁹⁾。

一方で、オクタコサノールの腸管吸収はわずかだが、褐色脂肪組織を中心に脂肪組織に取り込まれる¹⁰⁾、また、14C 標識をしたオクタコサノールをラットに繰り返し投与したところ、肝臓に投与量の約9.5%、消化管に8.2%、筋肉に3.5%が分布し、他の組織には取り込まれなかった、との報告もある¹¹⁾。

いずれにしても、オクタコサノールの吸収については不明な点が多く、これを明らかにすることは、オクタコサノールの疲労軽減効果のメカニズムを明らかにする上でも重要であろう。

3. 大豆の疲労軽減効果

大豆たん白質の摂取には運動時の疲労を軽減する効果があることが、2005年に開催された6th International Symposium on the Role of Soyにて報告された。この効果は、大豆の抗酸化性によるものであることが示されている¹²⁾。

筆者らは、大豆タンパク質を摂取させたマウスに遊泳試験を実施し、疲労軽減効果について

検討した¹³⁾。また、筆者らは、インドネシアの伝統的な大豆発酵食品テンペには、未発酵の大豆と比較して強い抗酸化性があることを既に明らかにしていることから¹⁴⁾、このテンペについても合わせて検討を行った。飼料はAIN-93Gを基本として作成し、タンパク質源として、コントロール群にはカゼインを、大豆群には大豆タンパク質を、テンペ群にはテンペタンパク質を与えた。

飼育開始後、2週目、3週目、4週目にマウスの遊泳時間を測定したが、大豆タンパク質およびテンペタンパク質の摂取によって、遊泳時間の有意な延長はみられなかった(図5)。しかし、飼育開始5週目に全てのマウスに同じ時間遊泳を負荷すると、大豆タンパク質の摂取によって、血中乳酸値および血漿クレアチンキナーゼ活性が低下する傾向がみられた(図6, 7)。また、大豆タンパク質の摂取は遊泳後のマウス血漿遊離脂肪酸濃度を有意に上昇させた(図8)。以上より、大豆タンパク質は、運動時にホルモン感受性リパーゼ(HSL)の活性を上昇させることで、貯蔵脂肪のエネルギー源としての利用性を向上させていることが示唆された。一方で、テンペタンパク質の摂取は、マウスの疲労および持久力に対して好ましい影響を与えなかった。

大豆の摂取による疲労軽減効果は、アスパラ

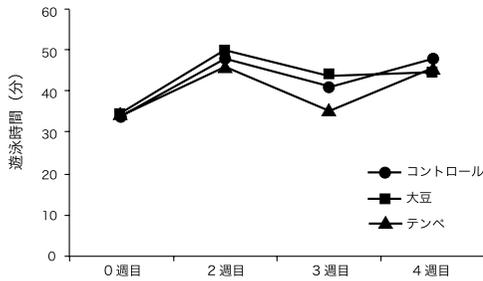


図5 飼育開始0, 2, 3, 4週目のマウスの遊泳時間
(データは平均値で示した, $n=6$)

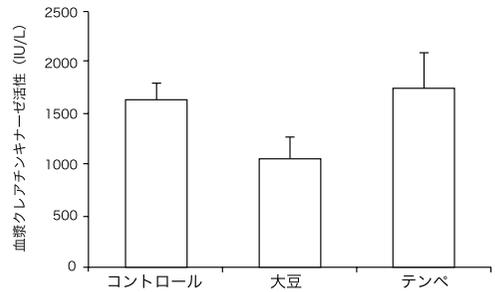


図7 飼育5週目に一定時間遊泳させたマウスの
血漿クレアチンキナーゼ活性
(データは平均値±標準誤差で示した, $n=6$)

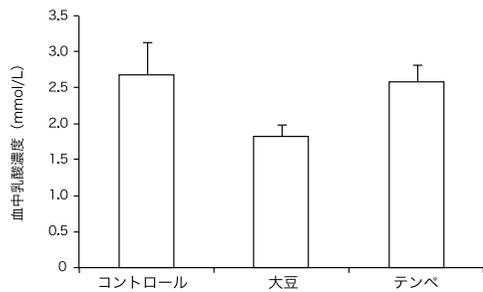


図6 飼育5週目に一定時間遊泳させたマウスの
血中乳酸濃度
(データは平均値±標準誤差で示した, $n=6$)

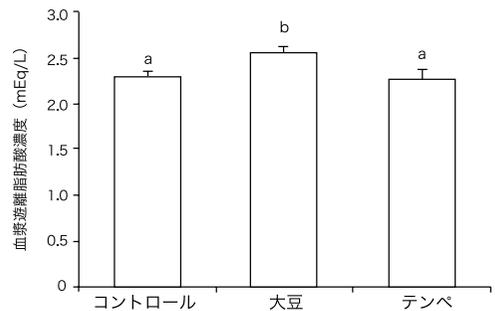


図8 飼育5週目に一定時間遊泳させたマウスの
血漿遊離脂肪酸濃度
(データは平均値±標準誤差で示した, $n=6$)
(a, b: 異なった記号は有意差を示している, $p<0.05$)

ギン酸やアルギニン, 分岐鎖アミノ酸を豊富に含む大豆たん白質に起因すると言われている。また, 脱脂した大豆粉を枯草菌を用いて発酵させペプチド含量を増やした飼料をマウスに与えると, 遊泳時間が延長し疲労も軽減されることを報告している¹⁵⁾。これらの効果は, スーパーオキシドやヒドロキシラジカルに対する強い消去活性によるものであることから, 大豆を *Rhizopus* にて発酵させ, 遊離脂肪酸やペプチド, およびオリゴペプチドの量を増加させ抗酸化性が増強したテンペの摂取には¹⁴⁾, 持久力増強効果や疲労軽減効果が期待されたが, 本研究の条件ではこれらの効果を明らかにすることは出来なかった。

今後, 大豆タンパク質を摂取させたマウスの遊泳後の HSL の活性を測定すれば, 本試験における大豆タンパク質による疲労軽減のメカニ

ズムを明らかできると考えられる。

4. ルイボスの疲労軽減効果

ルイボスは, 南アフリカ北西ケーププロバンス山岳地帯で栽培されているマメ科の低木植物である。この葉を発酵させることで作られるルイボスティーは, 鎮静, 健胃, 抗炎症等の効果を持つ健康茶として日本でも 10 年以上前から飲用されている。ルイボスティーには, 組織, 特に腎臓における脂質過酸化を抑制する作用や, 免疫増強作用があることが報告されている¹⁶⁾。

近年, 発酵ルイボスに加えて, 非発酵のルイボスが開発された。非発酵ルイボスは, グリーンルイボスと呼ばれ, アスパラチンを多く含む

ことが報告されている。アスパラチンは分子量 452.48 のポリフェノールの 1 種であり、ジヒドロカルコンにグルコースが C-C で結合する特異な構造を持っている (図 9)。

これまでアスパラチンには、AMP kinase の活性化を介した GLUT4 のトランスロケーションの増加作用、これによる骨格筋へのグルコース取り組みの促進による、血糖値の低下作用があることがマウスを用いた試験にて明らかにされている¹⁷⁾。

筆者らは、骨格筋へのグルコース取り込みの促進は、言い換えれば、血糖の利用性の向上につながり、ひいては、疲労軽減や持久力の増強をもたらすのではないかと仮定した。そこで、グリーンレイボスとアスパラチン (タマ生化学株式会社から提供) を摂取させたマウスに遊泳試験を実施し、疲労軽減効果について検討した。グリーンレイボス粉末の飼料への添加量は 1% とした。アスパラチンの添加量は、グリーンレイボス 1% 中に含まれるアスパラチン含量と等

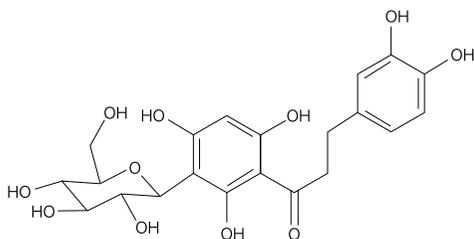


図 9 アスパラチンの化学構造式

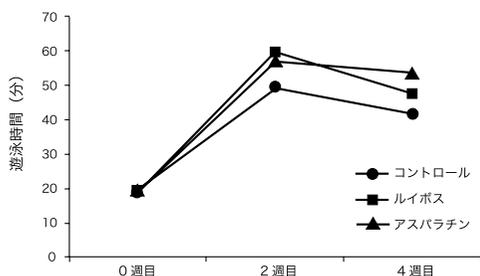


図 10 飼育開始 0, 2, 4 週目のマウスの遊泳時間

(データは平均値で示した, n=6)

しくなるよう、0.2% とした。

飼育開始後、2 週目、4 週目にマウスの遊泳時間を測定したが、グリーンレイボスとアスパラチンの摂取によって、有意な差はみられなかったものの遊泳時間は延長傾向にあった (図 10)。飼育開始 5 週目に全てのマウスに同じ時間遊泳を負荷した後の測定では、血中乳酸値 (図 11)、血漿クレアチンキナーゼ活性 (図 12)、血漿遊離脂肪酸濃度 (図 13)、全てにおいて、グリーンレイボスやアスパラチンの効果は認められなかった。一方で、肝臓中および骨格筋 (ヒラメ筋と腓腹筋を合わせて分析した) 中のグリコーゲン量 (図 14, 15) が、グリーンレイボスおよびアスパラチンの摂取によって有意に高値を示した。

以上より、グリーンレイボスの摂取は、主に

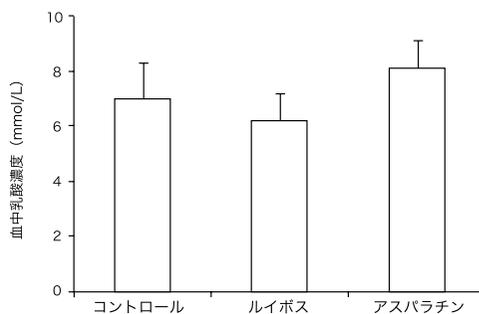


図 11 飼育 5 週目に一定時間遊泳させたマウスの血中乳酸濃度

(データは平均値±標準誤差で示した, n=6)

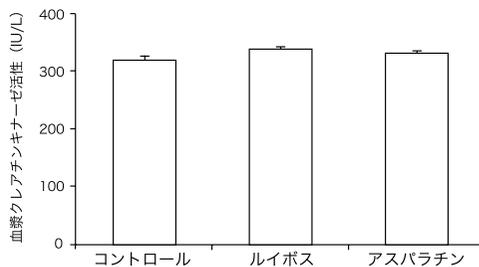


図 12 飼育 5 週目に一定時間遊泳させたマウスの血漿クレアチンキナーゼ活性

(データは平均値±標準誤差で示した, n=6)

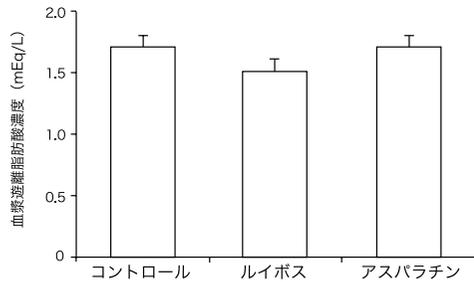


図 13 飼育 5 週目に一定時間遊泳させたマウスの血漿遊離脂肪酸濃度

(データは平均値±標準誤差で示した、 $n=6$)

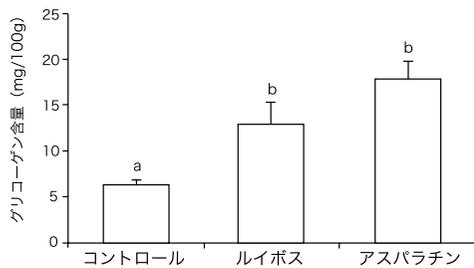


図 14 飼育 5 週目に一定時間遊泳させたマウス肝臓中のグリコーゲン量

(データは平均値±標準誤差で示した、 $n=6$)
(a, b: 異なった記号は有意差を示している、 $p<0.05$)

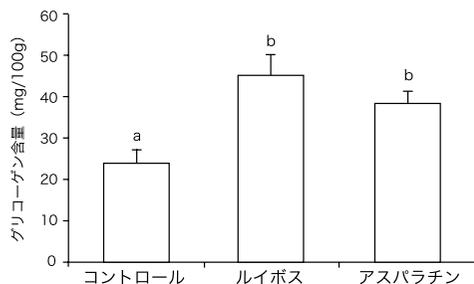


図 15 飼育 5 週目に一定時間遊泳させたマウス筋肉中のグリコーゲン量

(データは平均値±標準誤差で示した、 $n=6$)
(a, b: 異なった記号は有意差を示している、 $p<0.05$)

アスパラチンの作用により、血糖の利用性を向上させることで肝臓および骨格筋中のグリコーゲン含量を増加させることが示された。グリコーゲンは運動時のエネルギー源として用いら

れるため、グリーンルイボスやアスパラチンを摂取したマウスの遊泳時間が延長傾向にあったものと考えられる。

5. 血中乳酸濃度と疲労について

本稿にて疲労を評価する指標の1つとして用いた血中乳酸濃度は、TCAサイクルに対して解糖系の反応が急に進行した場合（グルコースの分解が急激に進んだ場合）に上昇する。例えば、急に運動強度を上げた場合などがこれに該当する。

運動時に筋肉で産生された乳酸は、血中に放出された後肝臓に到達し、糖新生によってグルコースに変換される。また、速筋繊維にて産生された乳酸は、乳酸トランスポーター4 (MCT4) から放出された後、遅筋繊維のMCT1から取り込まれエネルギーになることが明らかにされており、乳酸は単純な疲労物質ではないと考えられている。

また現在は、疲労そのものについて様々な議論がなされており、疲労は、リン酸の蓄積、カリウムの漏出、体温上昇、血糖値の低下などによって複合的に引き起こされると言われている。

おわりに

筆者が在籍している大学でも、スポーツ栄養や食品と疲労の関係に興味を持つ学生は多く、特にトップアスリートを対象にした研究にひかれるようである。もちろん、トップアスリートを対象にした研究は重要である。しかしそれと同じように、一般人、つまり、健康の維持や増進のために、少し運動をしたい人、身体を動かしたい人、を対象にした研究にも注目したい。同じ運動をしても、疲れが残らなければ（疲れが心地良ければ）、また次の日にも運動をしたと感じるであろう。しかし、次の日に、ひどい疲労や筋肉痛が残れば、今日だけ運動はお休

みにしようと考え、気付けば1週間1か月が経過してしまうのが人情というものである。「運動による疲労を軽減できる食品」は「運動を習慣付けることのできる食品」になり得る。

筆者らは、現在、糖尿病モデルマウスに運動療法を施しながら、疲労との関係について検討を進めている。近い将来、この結果についても発表する予定である。

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

- 1) Kim KM, Kawada T, Ishihara K, *et al.*, Increase in swimming endurance capacity of mice by capsaicin-induced adrenal catecholamine secretion. *Biosci Biotechnol Biochem*, **61**, 1718-1723, 1997.
- 2) Ryu S, Lim K, Choi SK, *et al.*, Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J Nutr Sci Vitaminol*, **47**, 139-146, 2001.
- 3) 三宅義明, 下村吉治, 大沢俊彦, レモン果汁成分の運動生理作用 疲労回復効果と酸化ストレス低減作用, 果汁協会報, **495**, 1-38, 1999.
- 4) 佐藤三佳子, 原田理恵, 田口靖希ら, トリ胸肉抽出物(チキンエキス)のマウス遊泳持久力に対する効果, 日本栄養・食糧学会誌, **55**, 73-78, 2002.
- 5) De Araujo JA, Falavigna G, Rogero MM, *et al.*, Effect of chronic supplementation with branched-chain amino acids on the performance and hepatic and muscle glycogen content in trained rats. *Life Sci*, **79**, 1343-1348, 2006.
- 6) TK Cureton, The physiological effects of wheat germ oil on humans in exercise: Forty-two physical training programs utilizing 894 humans. Springfield, IL: Thomas, 525, 1972.
- 7) NC Ho, LK Yiu, H Yu, *et al.*, Policosanol has no antioxidant activity in human low-density lipoprotein but increases excretion of bile acids in hamsters. *J Agric Food Chem*, **53**, 6289-6293, 2005.
- 8) CR Echenique, R Mesa, R Mas, *et al.*, Effects of policosanol chronically administered in male monkeys (*Macaca arctoides*). *Food Chem Toxicol*, **32**, 565-575, 1994.
- 9) CPF Marinangeli, AN Kassis, D Jain, *et al.*, Comparison of composition and absorption of sugarcane policosanols. *Br J Nutr*, **97**, 381-388, 2007.
- 10) Y Kabir, S Kimura, Biodistribution and metabolism of orally administered octacosanol in rats. *Ann Nutr Metab*, **37**, 33-38, 1993.
- 11) Y Kabir, S Kimura, Tissue distribution of (8-14C)-octacosanol in liver and muscle of rats after serial administration. *Ann Nutr Metab*, **39**, 279-284, 1995.
- 12) R DiSilvestro, Soy protein intake has broad positive interactions with exercise. Symposium Program (6th International Symposium on the Role of Soy), 34, 2005.
- 13) 渡辺睦行, 作田智美, 発酵大豆たん白質のマウス持久力増強効果の関する研究, 大豆たん白質研究, **13**, 154-158, 1999.
- 14) N Watanabe, K Fujimoto, H Aoki, Antioxidant activities of the water-soluble fraction in tempeh-like fermented soybean (GABA-tempeh). *Int J Food Sci Nutr*, **58**, 577-587, 2007.
- 15) Y Bo, L Zhao-Xin, B Xiao-Mei, *et al.*, Scavenging and anti-fatigue activity of fermented defatted soybean peptides. *Eur Food Res Technol*, **226**, 415-421, 2008.
- 16) 山本格, ルイボス茶の免疫増強作用について, *Bio Ind*, **20**, 25-34, 2003.
- 17) A Kawano, H Nakamura, S Hata, *et al.*, Hypoglycemic effect of aspalathin slinearis, in type2 diabetic model db/db mice, *Phytomedicine*, **16**, 437-443, 2009.

β グルカンの機能— 1

酒本 秀一^{*1} 糟谷 健二^{*2}

^{*1} SAKAMOTO Shuichi, ^{*2} KASUYA Kenji (オリエンタル酵母工業株式会社 研究統括部 酵母機能開発室)

Key Words : β グルカン・食物繊維・整腸作用・腸管保護, 強化・抗生活習慣病・抗ストレス

グルカンとはグルコースがグリコシッド結合で長く繋がった多糖の総称で、結合様式によってα型とβ型に分けられる。α型は糖構造の平面より下方向に置換基が結合したα-グリコシッド結合で、β型は平面より上方向に結合したβ-グリコシッド結合で繋がっている。αグルカンには1-4, 1-4/1-6, 1-6などの結合形態があり、米のデンプンや動物のグリコーゲンなどが代表例である。αグルカン類は栄養学的には重要であるが、機能性についてはそれ程重要視されていない。一方、βグルカンには1-3, 1-3/1-6, 1-3/1-4, 1-4などの結合形態があり、酵母、キノコ、海藻、大麦、木質など多彩な物に含まれている。

βグルカンは、その構造と分子量の大きさから体内に殆ど取り込まれないか、極僅かしか取り込まれないとされている。従って、栄養学的には重要視されておらず、もっぱら色々な機能について研究が進められてきた。βグルカンには多くの機能が報告されているのに、何故その様な機能が現れるのかを纏めた例は少なく、断片的である。よって、本報告ではこれまでに明らかにされているβグルカンの機能と、その機能が現れるメカニズムを文献類と当社パン酵母βグルカンの試験結果を中心に要約する。

構造

βグルカンの由来と構造については既に詳しく報告¹⁾されている。酵母(パン酵母やビール酵母など)や黒酵母(*Aureobasidium sp*)などのグルカンはβ-1,3/1,6-グルカンで、主鎖はβ-1,3-結合で長く繋がり、それにβ-1,6-結合で枝分かれした側鎖が付いている。枝分かれ部以外の側鎖部分もβ-1,3-結合である。キノコは主鎖および側鎖の結合様式、側鎖分岐の頻度、側鎖の長さなどが種類によって著しい違いがあるが、主体はβ-1,3/1,6-グルカンのようである。大麦のグルカンは1,4位でβ結合した2~3個のブドウ糖分子が1,3位で結合し、これがさらに繰り返し結合した直鎖状の多糖体で、他のグルカン類とは明らかに構造が異なる。木質のグルカンはβ-1,4-結合が連なったいわゆるセルロースである。

機能

βグルカンの機能として整腸作用(便秘改善, 下痢の改善), 腸管の保護・強化, 生活習慣病の改善(脂質代謝改善, 糖質代謝改善, 肥満抑制), 抗ストレス作用, コラーゲン代謝促進作

用,免疫賦活作用(抗病性向上,腸管免疫強化),抗アレルギー作用(花粉症症状軽減,アトピー性皮膚炎症状軽減),抗腫瘍作用,抗放射線障害作用などが報告されている。

これから何報かに分けてそれぞれの機能が表れるメカニズムを説明する予定であるが,本報告ではまずβグルカンが食物繊維として作用することによって表れる機能を中心に説明する。

整腸作用

βグルカンの整腸作用は水溶性画分の比率が高い大麦のβグルカンなどで詳しく調べられている^{2,3)}。大麦のβグルカンは不消化性で保水性が強く,食物繊維としての作用を有する。不消化性で保水性が強いことから,糞便の量が増加するとともに柔らかくなる。糞便量が増えることによって腸管が刺激を受け,腸の動きが活発化する。更に不消化物は腸内細菌(特に*Bifidobacterium*)の良い苗床になり,腸内細菌叢が改善され,腸内環境が向上する。また,βグルカンは大腸で腸内細菌によって分解され,酢酸,プロピオン酸,酪酸などの短鎖脂肪酸が産生されるので腸内のpHが低くなり,腸内発酵も促進される。さらにpHが低下することによって腸管上皮細胞のイオンチャンネルが刺激され,腸の蠕動運動が活性化される。これらの作

用によって便通が改善されたり,下痢を防いだりする。要約すると図1のようになる。

このような機構は主に水溶性の食物繊維で証明されているが,不溶性であるパン酵母βグルカンでも当社の試験で以下の結果が得られている。

ヒトでの試験は茨城キリスト教大学と共同で行った^{4,5)}。健康な女子大学生60名を2群に分け,一方にはオリエンタル酵母工業(株)の食品用パン酵母βグルカン(BBG)を1日当たり500mg,もう一方にはプラセボとして同量のαコーンスターチを与えた。試験はシングルブラインド・クロスオーバー方式で行った。評価項目は試験期間を通じて毎日の排便状況(回数,量,便の性状,排便後の感覚,便の臭い,便の色,整腸効果)を参加者にアンケート形式によりスコアで回答してもらった。スコアの解析は,正常群(排便が1日に1回以上),準便秘群(0.5~1回),便秘群(0.5回以下)に分けて行った。結果は,便秘群においてBBG投与期の便性状と排便後感覚のスコアはプラセボ投与期に対して有意に低い値を示した。また,有意差は認められなかったものの,整腸効果の自己評価では便秘群で8名中5名がBBGの効果を感じると回答した。一方,正常群と準便秘群ではBBG投与期とプラセボ投与期において各評価項目スコアに差は認められなかった。以上の結果から,便秘傾向にあるヒトがBBGを1日500mg取る

ことで便秘の改善効果があることと,便秘でない正常なヒトがBBGを同量取っても便通への悪影響は無いことが示唆された。また,次々報で説明する予定の当社ボランティアによる花粉症抑制試験においても,BBGを1日に100mgあるいは500mg摂取すると整腸効果が認められたと答えたヒトが多かった。この様に水不溶性であるパン酵母βグルカンでも1日に100mg以

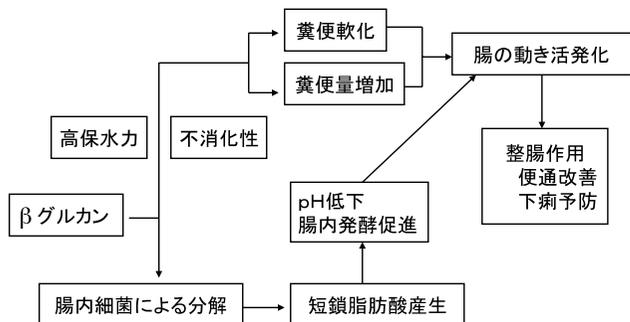


図1 βグルカンの整腸作用

上摂取すると、水溶性βグルカンと同様の効果が有ることが分かった。

動物ではラットを用いてBBGの食物繊維としての効果を調べた⁶⁾。BBGあるいはセルロース(CE:代表的な食物繊維)を1%, 3% および5% になるようにAIN-93M 粉末飼料に混合し、これらと無繊維食を7週令SD雄性ラット各区5尾に4週間自由摂取させた。その結果、盲腸組織重量は5%BBG群で5%CE群と比較して有意に増加し、盲腸内容物のpHは有意に低下していた。盲腸内容物の酢酸、プロピオン酸、酪酸などの短鎖脂肪酸は5%BBG群で5%CE群と比較して有意に増加しており、これらの短鎖脂肪酸が盲腸内容物のpH低下に寄与していると考えられた。さらに、糞の水分含量も5%BBG群で5%CE群と比較して有意に増加していたことから、BBGは盲腸内発酵を促進して大腸内の水分保持に寄与していることが示唆された。BBGの食物繊維としての効果は代表的な食物繊維であるCEより高いと判断出来る。

以上の様に、βグルカンの由来や水溶性・不溶性には関係なく、いずれのβグルカンにおいても同様な整腸作用が認められた。なお、低分子化(MW40,000-100,000)した大麦βグルカンには明確な整腸作用が認められなくなることから、高分子のβグルカンの物性が作用に影響していると推定されている³⁾。しかしながら、「βグルカンが食物繊維としての効果を発揮するには、どの程度以上の分子量がなければいけないか」はまだ不明確である。

腸管の保護・強化

腸管内で産生された酢酸、プロピオン酸、酪酸などの短鎖脂肪酸は吸収され、主として腸管上皮細胞のエネルギー源となる。これによって

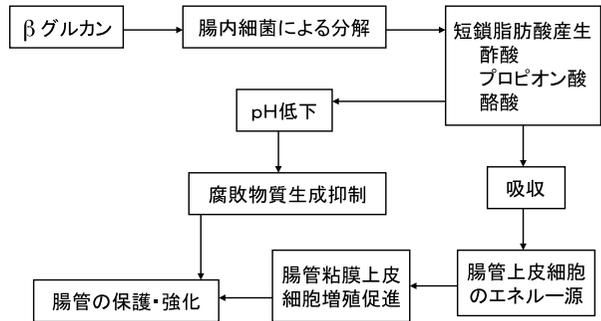


図2 βグルカンの腸管保護・強化作用

腸管粘膜上皮細胞の増殖が促進される。

腸管内容物pHの低下ともあいまって腐敗物質の生成が抑制され、腸管の保護・強化が促進される^{2,6)}。ラットを大麦βグルカン添加飼料で14日間飼育後21時間の水浸ストレスを与えると、非添加飼料で飼育した対照群に比較して有意な潰瘍抑制効果が認められた。これはβグルカンが胃表層粘膜細胞の増殖と粘液分泌を促進し、ストレス性潰瘍を抑制することによって⁷⁾。要約すると図2のようになる。また、抗癌剤UFTと黒酵母*Aureobasidium pullulans* GM-NH-1A1由来の低分子βグルカンを併用(25~100mg)すると、UFTの副作用である下痢の発症を抑えることが報告されている。これはβグルカンが小腸粘膜の損傷を抑制することによって⁸⁾。

不溶性βグルカンで腸管の保護・強化作用を調べた報告は見当たらない。

生活習慣病の改善

1. 脂質代謝改善

水溶性食物繊維は腸管内の粘性を高めることによってコレステロールも含めた脂質の消化吸収を遅延させるとともに吸収率を低下させ、脂質の排泄割合を増やす。食事に含まれる脂質は腸管内において胆汁酸とミセルを形成することによって吸収される。生体内のコレステロール

は胆汁酸として腸管内へ排出され、大部分が小腸の後半部で再吸収される。ところがβグルカンは胆汁酸と結合することによってミセルの形成を阻害して吸収を抑制し、排泄される脂質の量を増やすことが知られている。脂質の吸収が抑制されることによって血漿中の脂質濃度も減少する。

腸内細菌の作用によって腸管内で産生された短鎖脂肪酸、主としてプロピオン酸は肝臓でのコレステロール代謝関連酵素を阻害し、コレステロールの生合成を阻害する。これによっても血漿中のコレステロール濃度は低下する。

血漿中のコレステロールは高すぎると問題であるが、生体の恒常性を維持するには重要な物質である。従って、血漿中のコレステロール濃度が低下すると体内のコレステロールの動員を促進させ、血漿中のコレステロール濃度を一定に保とうとする。その結果として、肝臓のコレステロール含量はより低くなる。

この様に水溶性食物繊維は腸管から脂質の吸収を抑制するとともに、体内脂質の排泄を促進することによって脂質代謝を改善する。血漿中のトリグリセライドやLDLコレステロール濃度が低下することによって高血圧が改善され、冠状動脈心疾患リスクを低減させることが出来る^{2,3,9,10)}。要約すると図3のようになる。

同様の効果は水溶性βグルカンのみでなく、不溶性βグルカンであるパン酵母βグルカン

¹¹⁾にも認められる。ラットでBBGがコレステロールの吸収と排泄に及ぼす影響をCEを対照食物繊維として調べた。血漿の総コレステロールはCE群で飼料へのコレステロール添加によって上昇傾向を示し、更にコール酸の添加によって著しく上昇した。一方、BBG群では、これらを低下させる傾向にあった。血漿HDLコレステロールはCE群で飼料へのコレステロールおよびコール酸の添加によって有意に低下したが、BBG群では低下傾向にあったもののコレステロールおよびコール酸を添加しない対照群と有意差は無かった。さらにBBGは肝臓の肥大を抑制し、糞中に排泄されるコレステロール量を増加させる傾向を示した。以上の結果は、BBGが食事性コレステロールの排泄を促進することで血中コレステロールの上昇を抑制することを示唆している。

また、島根大学医学部での研究結果として、以下の様に述べられている。

高純度パン酵母βグルカンを3%含む試験飼料と含まない対照飼料でC57BL/6Jマウス(食事誘導型の肥満、脂質代謝異常を誘発しやすい系統)を75日間飼育した。その結果、βグルカン添加区は体重増加、白色脂肪組織の増大、血中の中性脂肪、遊離脂肪酸の上昇などを抑える効果が確認された。肝臓重量ではβグルカン添加区が有意差は無いものの低値を示した。この様に、パン酵母βグルカンは肝臓、白色脂肪組織を中心とした脂質代謝の異常を抑制している可能性がある。

2. 糖質代謝改善

水溶性食物繊維はアミラーゼやリパーゼの活性を抑制することによって糖質と脂質の消化・吸収を抑制することや、腸管内で不攪拌水相の粘性を上昇させることによって糖質と酵素の接触を阻害して糖質の消化を抑制すると

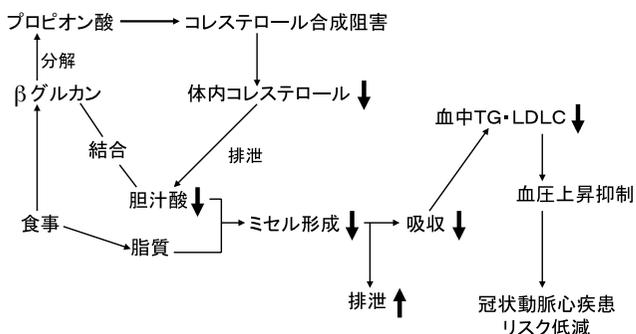


図3 βグルカンの脂質代謝改善作用

ともに糖質と消化管との親和性を低下させて糖質の吸収を遅延・抑制することなどが知られている。これに伴って食後血糖値の急激な上昇が抑制されるのでインスリンの分泌も減少する。また、水溶性食物繊維は胃での食物の滞留時間を短くするので、消化管GIP (Glucose-dependent Insulinotropic Polypeptide: グルコース依存性インスリン分泌刺激ポリペプチド) の分泌が抑制される。GIPは脂質が刺激となっ

て十二指腸のK細胞から分泌される蛋白質で、血糖値依存的に膵臓のβ細胞からインスリンの分泌を促進している。GIPの分泌が抑制されるので、当然インスリンの分泌も抑制される。血中のインスリン濃度が低くなるので、血中のグルコースが体細胞へ取り込まれてエネルギー源として利用される率が低下し、細胞中のグリコーゲンや脂質がエネルギー源として利用されるようになる。脂肪細胞にはGIPの受容体が存在し、GIPと結合することによって血中のグルコースの取り込みを促進し、脂質に変換してエネルギー源として細胞内に貯えている。水溶性食物繊維によってGIPの分泌が抑制されるので、血中のグルコースが脂肪細胞に取り込まれて脂質として貯蔵されるのも防がれる。

腸内細菌の作用によって産生された短鎖脂肪酸は肝臓でのグルコースの産生を抑制する。これによっても血中のグルコース濃度の急激な上昇は避けられる。

水溶性食物繊維は食物に含まれる糖質の吸収を遅延するとともに吸収率を低下させ、血糖値の急激な上昇を抑制する。また、GIPやインスリンの分泌を抑制することによって血糖を体細胞に取り込んでエネルギー源として利用するのを抑制し、体細胞中に蓄積されているグリコーゲンや脂質をエネルギー源として利用する。さらに腸内細菌の作用によって産生された短鎖

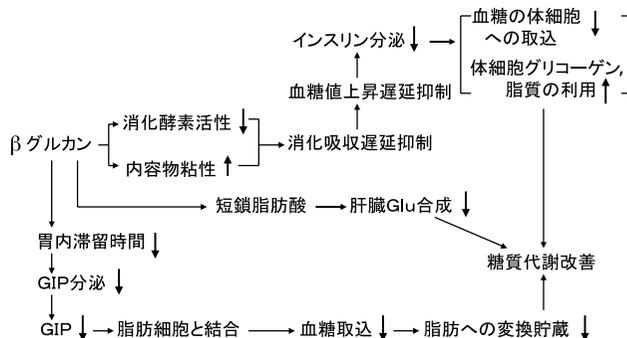


図4 βグルカンの糖質代謝改善作用

脂肪酸が肝臓におけるグルコースの生産を阻害し、血糖値の急激な上昇を抑制する。このような機構で水溶性食物繊維は糖質代謝を改善し、糖尿病などの発症を防いでいる^{2, 9, 12, 13, 14)}。要約すると図4のようになる。

水不溶性βグルカンによる詳細な糖質代謝改善試験の報告は無く、わずかにヒト腸管上皮細胞(Caco-2)を用いてパン酵母βグルカン高純度品によるα-グルコシダーゼ活性の抑制効果が調べられているのみである¹⁵⁾。今後の検討が望まれる。

3. 肥満抑制

脂質代謝改善と糖質代謝改善の項で述べたように、βグルカンは食事の中の脂質と糖質の吸収を遅延させると共に抑制し、排泄される脂質と糖質の割合を高くする。消化・吸収を遅延させることによって腸管内容物が多くなり、血糖値の上昇も緩やかになる。これによって満腹感が持続し、食事が減少する。結果としてエネルギー摂取量が減少し、肥満が抑制されることになる。また、体内に蓄積されている脂質と糖質を分解し、エネルギー源として利用する方向に代謝が進む。

食物繊維は消化管を機械的に刺激する。これによって迷走神経系が刺激され、消化管ホルモンであるコレシストキニンの分泌が促進され

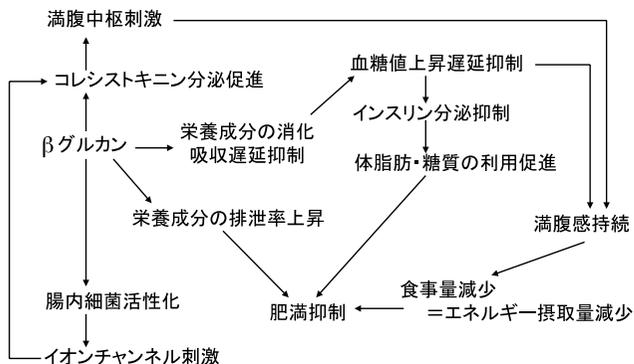


図5 β グルカンの肥満抑制作用

る。これが脳の視床下部に作用し、満腹中枢が刺激されて摂食行動が抑制される。また、食物繊維によって腸内細菌が活性化され、オリゴ糖のCa塩、Mg塩を分解する。CaイオンとMgイオンが遊離、吸収されることによってイオンチャンネルが刺激される。これによってコレシストキニンの分泌が促進され、満腹中枢が刺激されることによって摂食行動が抑制される²⁾。要約すると図5のようになる。

この様に、βグルカンは食事の脂質と糖質の消化・吸収を遅延・抑制することによって体内に取り込まれるエネルギーを減少させる。また、満腹中枢を刺激することによって食事を減らす。さらに、体内に蓄積された脂質と糖質をエネルギー源として利用する方向に代謝を進める。その結果として、肥満が抑制される。

これらの作用が一緒になって生活習慣病の発症が抑制されることになる。もちろん、βグルカンさえ取ってれば生活習慣病にならないということではない。あくまでバランスの取れた食事をし、適切な運動を行うことが基本である。

成長と飼料効率

生活習慣病の改善の項で述べたように、βグルカンは食事の脂質と糖質の消化・吸収を遅延・抑制することによって体内に取り込まれる

エネルギーを減少させると共に、体内に蓄積された脂質と糖質をエネルギー源として利用する方向に代謝を進めることによって機能を発揮している。こうなると当然動物の成長が遅くなるのではないかと想像出来る。ヒトでは成長が問題になることは無いが、経済動物では飼料を効率よく利用して成長を促進することが強く要求される。これは健康な動物を育成することとは別問題である。

飼料へのβグルカンの添加と動物の成長の関係はブタで良く調べられている。パン酵母βグルカンの投与が成長に寄与するとする報告¹⁶⁻¹⁸⁾と寄与しないとする報告¹⁹⁾など、結果は色々である。プラスに作用するとの報告においても、動物の発育ステージによって結果が異なるとされている。幼若な動物ほど効果が認められ、その作用は餌の栄養成分の消化・吸収が改善されることによるとされている。

我々もオリエンタル酵母工業(株)の飼料用パン酵母βグルカン(MacroGard)を用いて養殖魚のニジマス²⁰⁾とアユ²¹⁾の成魚で試験を行った。その結果、両魚種とも飼料へのMacroGard添加によって病気に対する抵抗力は上昇していたが、ニジマスではMacroGard添加量が0.5%以上になると成長と飼料効率がやや劣る傾向が認められ、アユでは0.3%以上になると成長と飼料効率が著しく劣った。アユは大変敏感な魚で、成長や飼料効率は飼料の影響を強く受けることが知られている。βグルカンの使用において、副作用やマイナス面は無いとの記述が時々認められるが、動物の成長や飼料の効率に及ぼす影響も見逃してはならない。今回のニジマスとアユの結果から、養魚飼料へのβグルカンの添加は慎重に行い、至適添加量を厳密に守るべきであることが分かる。

マダイ成魚では、飼料へCMC(Carboxymethyl-

cellulose) を添加することによって糖質とタンパク質の消化・吸収が約2時間ほど遅くなり、それに伴って食後の血糖値と血漿アミノ態窒素の上昇も遅れると同時にピークの高さも低くなる。これによって飼料中の糖質やタンパク質がエネルギー源や体成分合成の原料として効率よく利用され、その結果として魚の成長と飼料の効率が改善されると報告されている^{22,23)}。

当社でもニジマスを用いた試験で、各種増粘剤の飼料添加と飼料の消化・吸収率の関係を調べたことがある。結果は下記の通りであった。①増粘剤の種類によって効果に違いがある。②至適添加量までは増粘剤の添加によって消化・吸収率が高くなるが、至適添加量を超えると急激に低下する。③増粘効果が高い物ほど至適添加量が少ない傾向にある。④増粘剤の添加によって腸管内容物の移動が遅くなり、消化・吸収率が高くなる傾向にある。多分、これらのことがマダイ成魚で得られた結果と関係しているのであろう。

栄養成分の消化・吸収に対し、 β グルカンも CMC 他の増粘剤と同様に食物繊維として機能していると思われるが、この違いが何に起因しているのか、今後解明すべき問題である。

次に、魚の発育ステージの影響を調べるため、卵から孵化して餌を食べ始める大きさのマダイとゼブラフィッシュで試験を行った²⁴⁾。このステージの魚はまだ配合飼料を食べられない大きさなので、生物餌料であるシオミズツボムシを餌に用いた。先ず微粉碎した MacroGard とブドウ種子抽出物 (GSE) をシオミズツボムシに取り込ませ、これを魚に与えた。その結果、対照区と有意差は認められなかったものの、飼育日数を経るにつれて試験区の魚の成長が良くなる傾向が認められた。この様に魚においても発育ステージによって結果が違い、幼

若な魚ほど効果が認められたのはブタと同じである。幼魚において添加効果が認められた理由を明らかにするため、飼育試験終了時にマダイとゼブラフィッシュの全魚体を遺伝子発現状態の調査に用いた。その結果、MacroGard と GSE を摂取した魚はタンパク質合成やヌクレオチド結合に関する遺伝子の発現が上昇していた。その一方で、タンパク質分解に関する遺伝子の発現は抑制されていた。これは体タンパク質ひいては体細胞や体組織の形成が促進され、分解が抑制されていることを示している。また、エネルギー源となる ATP 合成に関する酵素や補酵素に関する遺伝子なども発現が上昇していた。これは MacroGard と GSE の摂取によって、成長や代謝に必要なエネルギーが十分量供給出来る体制に変化していることを示しているものと思われる。

以上の結果から、幼若な動物では β グルカン を摂取することによって、餌に含まれる栄養成分の消化・吸収が改善されると共に、体タンパク質の合成 (= 体細胞と体組織の形成) が促進され、分解が抑制されることによって成長が促進されている可能性がある。

要約すると図6のようになるが、動物の発育ステージによって結果が異なる理由には不明な点が多い。成長した動物では β グルカン によって飼料栄養成分の消化・吸収が遅延・抑制され

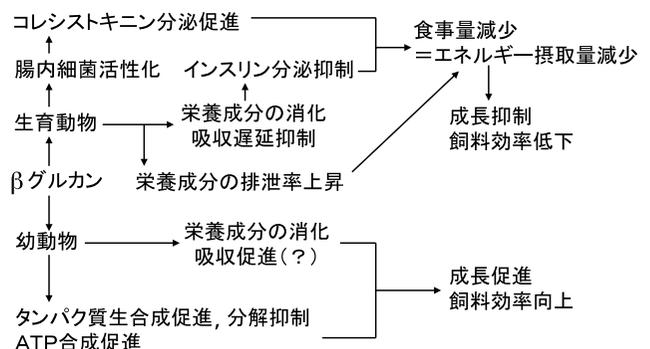


図6 β グルカンが動物の成長と飼料の効率に及ぼす影響

るのに、幼動物では何故促進されるのであろう。まだまだ詳細な検討が必要な段階である。

抗ストレス作用

黒酵母 *Aureobasidium pullulans* 由来分子量数万～30万の低分子βグルカンで鈴木¹²⁾は以下の報告を行っている。マウスに水またはβグルカンを1日25、50および100mg/kg体重で7日間経口投与し、3日目、5日目および7日目にそれぞれ12時間の強制拘束（同時に絶食ストレスも負荷）を行った。7日目の拘束解除と同時に下大静脈から採血を行い、血漿のコルチコステロン濃度を測定した。その結果、血漿中のコルチコステロン濃度は水投与区で上昇したが、βグルカン投与区では有意な低下（50mg/kg投与区）が認められた。コルチコステロンはストレス暴露によって上昇するマーカーであることから、βグルカンはストレス緩和作用を有していることが確認出来た。

ヒトでは、被験者28名にβグルカン100mgあるいはプラセボ入りのドリンクを2週間飲んでもらい、その期間前・中・後に自覚的なストレス症状を示すアンケート（VAS試験）と、唾液中のストレスマーカーの測定を行った。その結果、βグルカンは主に疲労感を中心としたストレスを緩和させる働きがあることが分かった。

パン酵母βグルカンでは以下の報告²⁵⁾がなされている。ヒトの腸管で吸収されやすい大きさである2～4μmに粒径を調整した高純度（91.5%）βグルカンあるいはプラセボを被験者（75名のマラソン選手）にマラソン後1日当たり250mgと500mgを4週間経口摂取させる二重盲検プラセボ対照比較臨床試験をおこなった。2週間目と4週間目にβグルカンの効果を健康関連質問表による評価と、妥当性を確認済みの6項目の精神的要因からなる精神的ストレ

ス評価の二つの方法で調べた。その結果、βグルカンの250mg/日の投与でも健康関連評価では咽頭痛、鼻汁、咳など、精神的ストレス評価では、緊張、気力、明快性、疲労、怒り、抑うつとの6要素全てにおいて有意な改善効果が認められた。また、中高レベルのストレスを抱えている一般のヒトを対象にして、同じβグルカンを用いて精神的・身体的ストレスに対する改善効果を調べた²⁶⁾。その結果、前述のマラソン選手とほぼ同様の結果が得られた。日本においても、パン酵母βグルカンの連続摂取によるストレス性精神症状の改善効果が調べられている²⁷⁾。都内某クリニックの職員のうち、POMS（profile of mood states：1971年にMcNairらによって開発された質問用紙で、緊張—不安、抑うつ—落ち込み、怒り—敵意、活気、疲労および混乱の6種の気分・感情を同時に測定出来る方法）によりストレス状態にあると思われた16名に高純度パン酵母βグルカンを125mg含むカプセルを1日1個30日間連続摂取した際の気分や感情の変化を調べた。その結果、14日間の高純度パン酵母の継続摂取は感情状態を総合的に改善させ、それ以降も継続摂取することにより、効果が持続することが示唆された。特に疲労感を改善する効果が高かった。

これらの試験結果から、βグルカンには物理的・精神的ストレスを軽減させる作用があるのは明らかであるが、そのメカニズムについては未だ不明な点が多い。

考 察

従来は大麥βグルカンのような水溶性グルカンのみが食物繊維としての強い作用を有するとされていた。ところが本報告で説明したように、由来、構造、水溶性、分子量などの違いに係わらず、いずれのβグルカンも食物繊維としての作用を有することが分かった。何が食物繊維

維としての作用を起こしているのであろう。保水力、粘性、水溶解性、不消化物の割合、腸内細菌叢の栄養源としての役割、短鎖脂肪酸の産

生量などと食物繊維としての作用の関係を整理し直してみる必要が有る。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 文 献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) B. A. Stone: Chemistry of β -glucans. Chemistry, biochemistry and biology of (1 \rightarrow 3)- β -glucans and related polysaccharides (Ed. by A. Bacic, G. B. Fincher and B. A. Stone). *Academic Press, USA*, 5-46 (2009)
- 2) 森貞夫, 立部誠, 高垣欣也, 竹村禎一郎: 食物繊維が示す瘦身作用. *Food Style 21*, **8**(4), 88-91 (2004)
- 3) 荒木茂樹, 伊藤一敏, 青江誠一郎, 池上幸江: 大麦の生理作用と健康強調表示の現況. *栄養学雑誌*, **67**(5), 235-251 (2009)
- 4) M. Hanai, A. Inaoka, S. Inoue, A. Kurosawa, K. Kasuya and K. Kanzaki: 19th International Congress of Nutrition ; Abstract book, No.1425 (2009)
- 5) 酒本秀一, 糟谷健二, 伊藤千夏, 神前健: パン酵母由来 β -1.3/1.6-グルカンのもつ機能性. *New Food Industry*, **52**(4), 21-31 (2010)
- 6) 福田伊津子, 小土井理恵, 久保麻友子, 藤嶽暢英, 藤田剛, 芦田均: パン酵母 β -グルカン摂取によるラットの盲腸内容物および糞排泄に及ぼす影響. *生物工学会誌*, **87**(4), 170-174 (2009)
- 7) 中村尚夫, 幣健一郎, 平田明子, 林祐吉: 麦粉末によるラットの水浸ストレス潰瘍抑制効果. *日本栄養・食糧学会誌*, **40**(1), 61-64 (1987)
- 8) Y. Kimura, M. Sumiyoshi and T. Suzuki: Protective effects of water-soluble low-molecular-weight β -(1,3-1,6)D-glucan purified from *Aureobasidium pullulans* GM-NH-1A1 against UFT toxicity in mice. *J. Pharm. Pharmacol.*, **59**, 1137-1144 (2009)
- 9) 椿和文: 大麦 β グルカンの健康機能性とその応用について. β グルカンの基礎と応用(大野尚仁監修), シーエムシー出版, 東京, 220-230 (2010)
- 10) 鎌田直: 高機能大麦 β グルカン素材「 β -グルカンオリゴ」とマルチファイバーサプリメント「BEAUTY β -OLIGO」. 同上書, 211-219 (2010)
- 11) 福田伊津子, 小土井理恵, 久保麻友子, 岡本隆志, 藤田剛, 芦田均: パン酵母 β -グルカンのラットにおける脂質異常症予防効果. *生物工学会誌*, **87**(3), 129-134 (2009)
- 12) 鈴木利雄: 黒酵母 β グルカン「アクア β 」の新たな生理機能 - ストレスと免疫システムへの影響について - β グルカンの基礎と応用 (大野尚仁監修), シーエムシー出版, 東京, 152-165 (2010)
- 13) 山中大輔, 元井益郎: アガリクス. 同上書, 239-248 (2010)
- 14) 山本恭介, 木村隆: β グルカン高含有キノコ「ハナビラタケ」の健康保健効果について. 同上書, 263-274 (2010)
- 15) 韓峻奎, 坂本雅俊, 磯田博子: パン酵母由来 β -グルカンの新たな生理活性機能. *Food Style 21*, **11**(9), 70-72 (2007)
- 16) T.-W. Hahn, J. D. Lohakane, S. L. Lee, W. K. Moon and J. Chae: Effects of supplementation of β -glucans on growth performance, nutrient digestibility, and immunity in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, **84**, 1422-1428 (2006)
- 17) S. D. Eicher, C. A. McKee, J. A. Carroll and E. A. Pajor: Supplemental vitamin C and yeast cell wall β -glucan as growth enhancers in newborn pigs and immunomodulators after an endotoxin challenge after weaning. *J. Anim. Sci.*, **84**, 2352-2360 (2006)
- 18) J. Li, D. F. Li, J. J. Xing, Z. B. Cheng and C. H. Lau: Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotopic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J. Anim. Sci.*, **84**, 2374-2381 (2006)
- 19) S. S. Dritz, J. Shi, T. L. Kielian, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, M. D. Tokach, M. M. Chengappa, J. E. Smith and F. Blecha: Influence of dietary beta-glucan on growth performance, nonspecific immunity, and resistance to

- Storeptococcus suis infection in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, **73**, 3341-3350 (1995)
- 20) 酒本秀一, 糟谷健二: 魚類の細菌感染症に対するブドウ種子抽出物と β -1,3/1,6- グルカンの予防効果. *New Food Industry*, **53**(7), 26-40 (2011)
- 21) 酒本秀一, 糟谷健二, 海野徹也, 古澤修一: パン酵母 β - グルカン, ブドウ皮粉砕物, ビタミン C およびビタミン E の投与で魚の抗病性が向上する理由. *New Food Industry*, **53**(8), 1-11 (2011)
- 22) K. Morita, M. Furuichi and Y. Yone: Effect of carboxymethylcellulose supplemented to dextrin-containing diets on the growth and feed efficiency of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **48**(11), 1617-1620 (1982)
- 23) M. Furuichi, K. Morita and Y. Yone: Effect of carboxymethylcellulose supplement on the absorption of dietary nutrients, and on the levels of blood sugar and plasma amino nitrogen., *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **49**(9), 1367-1370 (1983)
- 24) 酒本秀一, 糟谷健二, 山本真司, 村田修, 海野徹也: パン酵母 β - グルカンとブドウ種子抽出物を生物餌料経由でマダイ及びゼブラフィッシュ仔魚に与えた効果. *New Food Industry*, **53**(9), 15-26 (2011)
- 25) S. Talbott and J. Talbott: Effect of BETA 1,3/1,6 GLUCAN on upper respiratory tract infection symptoms and mood state in marathon athletes. *J.Sports Sci.Med.*, **8**, 509-515 (2009)
- 26) S. Talbott and J. Talbott: Beta 1,3/1,6 glucan decreases upper respiratory tract infection symptoms and improves psychological well-being in moderate to highly-stressed subjects. *Agro Food Industry Hi-Tech* 21, 21-22 (2010)
- 27) 梶本庸右, 野崎まゆ, 杉崎弘章: パン酵母グルコポリサッカライド (GPS) の連続摂取が気分・感情状態に及ぼす影響. *Biotherapy*, **24**(3), 255-259 (2010)

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭酸
カルシウム
とは?

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

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

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

人体への寄生虫感染を警戒すべき食材 (3)

—日本海裂頭条虫の感染源となりうるもの (ノート)

牧 純*1 関谷 洋志*1 玉井 栄治*1 坂上 宏*2

*1 MAKI Jun, SEKIYA Hiroshi, TAMAI Eiji (松山大学薬学部感染症学)

*2 SAKAGAMI Hiroshi (明海大学歯学部病態診断治療学講座薬理学分野)

Key Words : 寄生虫感染・日本海裂頭条虫症・サナダムシ・感染源・予防対策

Abstract

Maki J, Sekiya H, Tamai E and Sakagami H : Food that needs precautionary awareness for infection in human body (3) - Prevention of people from the infection with *Diphyllobothrium latum* in Japan (note)

It seems that Japanese people are rather indifferent to parasitic infections nowadays. However, they are unconsciously infected with parasites such as *Diphyllobothrium latum*, a kind of cestodes measuring 10 m long, to their astonishment. This parasite causes severe diarrhea and the aches of the abdomen following eating raw fresh salmon. Needless to say, we should be careful not to be infected with this parasite. The important sources of its infection have been demonstrated to be salmons. In addition to this fact, several fresh water fish have been incriminated as the second intermediate host. The distribution, life cycle, symptomatology of *D. latum*, briefly described in this communication, are also expected to be useful for the other preventions, namely the second and third prevention of this tapeworm disease.

要約

価値ある学識を基盤とした「予防医学」「予防薬学」が必須の現代ではあるが、ヒトの感染症予防には必ずしも十分な注意が払われていないのが現状である。ここでは、その一例として激しい下痢と腹痛をもたらす日本海裂頭条虫症(広節裂頭条虫症)に着目する。これは条虫(俗称サナダムシ)の一種で、ヒトに感染すると腸管腔において10メートルもの長さには達することすらある。従来その感染源の代表は国内産のサケ、マスの刺身や切り身のオードブルとされてきたが、近年生鮮輸入品も大きな問題となっている。それにも拘わらず、意外と生の食べものに対する警戒心が足りない。本論文は、これまでの文献などの徹底的な調査を行い、生食により日本海裂頭条虫の感染源となりうる魚種、その予防対策、治療に関する概要を記載した。健康的な食生活を目指す上で有益な情報と考えられる。

緒言

講義室で顔を合わせる新しい世代の学生たちは昭和の生まれと平成の生まれが混ざっている。感染症学の授業で寄生虫のことを知っているかと尋ねると、いずれの世代からも曖昧な返事しか返ってこない。確かに寄生虫病は、とも

すると最早過ぎ去った時代のものであるとのイメージが強いが、それは時として大きな間違いであることに我々は気付く。次の世代の学生たちにもしっかりと寄生虫のことを教えておかなばならないと改めて肝に念じる。

時間的に世界が狭くなった現在、海外で寄生

虫に感染し帰朝する例も決して珍しくない。外国で日本にいるときと同じような気持ちで、生鮮食料品を生食すると寄生虫に感染することはごく普通のことである。また日本で生活していても、当然生鮮輸入魚に気をつけるべきである。

海外で気をつけるべきことは当然として、実は国内においても、国内産の魚類からの寄生虫感染も決して稀なことではないことを忘れるべきでない¹⁾。流通のよくなった日本で、地域によっては根強くその危険性が残っているというようなレベルの話でもない。寄生虫に感染したケースを扱う臨床寄生虫学会では毎年、全国から多数の症例が紹介されている。国内にも日常的に感染する寄生虫が多数存在することがわかる。

松山大学薬学部医療薬学科および明海大学歯学部の学生たちへの講義のなかで、現在の日本においてアニサキス、横川吸虫、日本海裂頭条虫（広節裂頭条虫と殆ど同じで、日本に分布する種類）がとりわけ新鮮な魚類の生食で感染しやすいものであると彼らは習う。

ここに改めて、我々が日常生活の場で、口にすることの多い魚種から感染する「日本海裂頭条虫」に注目してみることにする。この寄生虫そのものについて種々専門書等を改めて紐解いてみた。本論文は、これまでの文献などの徹底的な調査を行い、生食により日本海裂頭条虫の感染源となりうる魚種、その予防対策、治療に関する概要を記載した。これは健康的な食生活を目指す上でも有益な情報と考えられる。我々の日本における日常の食生活に役立つと判断される。

1. 材料・方法

教科書、成書をできるかぎり広汎に調べた。それら関係の文献をすべて引用した^{1~17)}。とりわけ教科書としては『図説人体寄生虫学』⁶⁾

に注目した。改めて、ネット検索や図鑑^{2,3,4)}により、この条虫の感染源となりうる種々の魚類について調べた。目黒寄生虫館も改めて訪問し、一般の方々が条虫の標本を実際見られることを確認した。本虫も写真だけでなく、実物からもその特徴について認識を新たにした。

2. 結果・考察

寄生蠕虫のひとつのグループである条虫類に関する概略とポイント

寄生虫は多種多様なので、分類的な説明が必要となる。単細胞からなる原虫および多細胞の蠕虫に関する概略は、既に *New Food Industry* 53 (5) p.23-26 (2011) に述べてあるのでそれを参考とされたい。ここでは多細胞からなる蠕虫に含まれる線虫や吸虫と並んで重要な「条虫」の特徴について概説する。

●条虫は読んで字のごとく、ひよろ長い形をしている。いにしえの都の通りで、数字のあとに条を付するのは、条がひよろ長いところからくる。成虫で長さ数ミリメートルから10メートルほどのものまで様々であるが、長く平べったいのは共通している。蠕虫に属する吸虫も平べったいが、あまり長くない（数ミリメートルからせいぜい数センチメートルである）。条虫は例外なく雌雄同体である。

消化管がなく体表より栄養素を吸収する。その体表構造は栄養素の吸収に役立つようにと、ギザギザのビリイ (villi) に似た構造をなしている。

●やや専門的な内容とはなるが、条虫は円葉類と擬葉類に大別される。中間宿主を前者は1つだけが必要とするが、後者は2段階の中間宿主を経て、成虫となる。本虫は擬葉類に属する。これに属する条虫で、日本での感染があるものの例として、他には大複殖

門条虫, マンソン裂頭条虫等がある。

3. 日本海裂頭条虫の概要

本条虫について, 概略を記す。教科書等^{1~16)}を参考に, まず一般的な内容を記す。

分布—日本では北海道, 東北, 北陸が中心であったが, 流通がよい現在では全国的にこの感染が見られる。生鮮のサケ, マスが食べられるところであれば, 地域を問わない。海外では, 北欧, シベリア, 北米などやはりサケ, マスを食するところに多い。彼らには, サケ, マスの刺身を食する習慣はないが, サラダにその切り身を入れるとか, 時に不完全調理の状態で賞味することがあると考えられる。なお同様な虫種が南米(チリ, アルゼンチン¹⁴⁾)からも報告があるので, 旅行の際は要注意である。

感染源—サケやマスの生食で感染する。やや詳細に魚種名を記すと, シロサケ, ベニザケ, サクラマス, カラフトマス, カワカマス, スズキなどとなる。

マイナス20度で丸2日間冷凍したものは, その魚肉内幼虫の感染性が損なわれ, 感染の危険はまずない。新鮮なマスをを用いたマス寿司からも感染がありうる。魚肉を酢に浸したぐらいでは, 感染性は損なわれない。ヒトの胃酸にも耐えて小腸で感染したものが成虫へと生育するのである。十分な熱処理により感染性がなくなる。誰かが感染していると, その家族もかかっていることが珍しくない。受診の際, 大切なことである。

生活史—第一中間宿主はケンミジンコ, 第二中間宿主はサケ, マス等である。感染魚類の生食でヒトに感染し, ひと月たてば, 糞便中に虫卵が見つかるようになる。この成虫は10メートル以上にもなり, 毎日のように肛門より懸垂状にさがるので不気味である。ヒト以外ではイヌ, ネコ, キツネ, クマ等も終宿主である。つ

まり自然界では, ヒトを介さなくてもこの寄生虫の生活史は維持されている。

症状—腹部膨満感, 下痢, 腹痛, 貧血がよくいわれてきたが, 貧血はやや稀である。

診断—肛門から虫体が垂れ下がるのが特徴である(北海道のヒグマで本虫に感染していると, 肛門より白いテープ状ないし紐状のものが垂れ下がっていることがあるらしい)。糞便中に特有の虫卵を排出することから, 検便で一応の診断がつく。虫1匹が1日当り100万個もの卵を産出するので, 爪楊先に付く程度の糞微量(3~5mg)で検出出来る。しかし, 気をつけねばならないことが2点ある。ひとつには, 多数の虫卵を含んだ虫体の体節が肛門辺りで切れて排出されている場合には, 虫卵が見つかりにくい可能性もあることを想定されねばならない¹⁴⁾。もうひとつは, 本虫の虫卵は, 大複殖門条虫卵とは光学顕微鏡では区別が付かないので, 虫卵で同定するには無理があることである。体節による同定が必要となる。但し治療薬(駆虫薬)はいずれの虫種に関しても同じである。

治療—以前は他に方法がなく, カマラなどが投与された⁸⁾。現在では優れた駆虫剤であるプラジカンテル(praziquantel), すなわちバイエル薬品(株)より処方箋医薬品として販売されているビルトリシド錠[®]が賞用される。しかし, 駆虫効果の高い薬といえども, 時に頸部から頭節の部分が腸壁に付着して残っていることもありうる。それがまた伸びてきて産卵を再開する。念のため, 一月後に再度の投薬を実施することが望ましい。

4. 補遺および結語

医療関係者は, 全国, 海外でサケやマスを生食して激しい下痢と腹痛に悩んでいる患者については, 本虫感染の可能性を考えてみるべきで

ある。また時として、本虫が肛門より懸垂しているのを患者が見つke、仰天することが有る。しかし、適切な処置を施せば、驚く必要はないと安心してもらうことが大切である。すなわち落ち着いた行動が基本である。

社会情勢の変化により、国内には寄生虫がいなくなったとの誤解がまだ一部にはあるようである。しかしながら、いまだに自然界で寄生虫の生活史のまわっている地域も残っていることを医療関係者のみならず一般の人々も認識しなければならない。

更なる詳細にわたって、寄生虫に関する卒業研究が現在松山大学で実施されている。卒業研究生たちの研究が実社会、日常生活に役立つことを望みつつ、今日も調査と作業が進められている。

謝辞

この文献研究は各方面の方々の協力を得て進められた。卒業研究の学生たちも大いに協力してくれた。本著者一同、ここに記して謝意を表す。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 文 献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 1) 高澤 泉, 松岡裕之: 生きた虫体を動画記録できた日本海裂頭条虫の1例, 第21回日本臨床寄生虫学会学術大会 (2010年6月19日, 自治医科大学), プログラム・抄録集 p.15, (2010)
- 2) 宮地伝三郎, 川那部浩哉, 水野信彦: 『原色日本淡水魚図鑑』保育社, 大阪, (1996)
- 3) 末広恭雄: サケマス, 『魚の博物事典』講談社学術文庫, 講談社, 東京, (1989)
- 4) 相賀昌宏編著: 『Mature 自然大博物館』, 小学館, 東京 (1992)
- 5) 吉田幸雄: 『医動物学』南山堂, 東京, (2003)
- 6) 吉田幸雄・有蘭直樹: 『図説人体寄生虫学』第7版, 南山堂, 東京 (2008)
- 7) 松林久吉編集, 横川宗雄: 『人体寄生虫学ハンドブック』, 朝倉書店, 東京, (1972)
- 8) 佐々 学: 『人体病害動物学—その基礎・予防・臨床・治療』医学書院, 東京, (1975)
- 9) 稲臣成一: 横川吸虫『臨床寄生虫学』(大鶴正満編集) 南江堂, 東京 (1978)
- 10) 柳沢十四男, 井上義郷, 中野健司: 『寄生虫・衛生動物・実験動物』講談社サイエンティフィック, 講談社, 東京 (1983)
- 11) 勝部泰次著: 『本邦における人獣共通寄生虫症』(林滋生編集代表) “食品衛生と人獣共通寄生虫症” 文永堂, 東京 (1983)
- 12) 保阪幸男著: “横川吸虫” 『新医寄生虫学』(鈴木了司, 安羅岡一男, 柳沢十四男編) 第一出版, 東京 (1988)
- 13) 青木克己: 『NEW 寄生虫病学』(小島莊明編集) 横川吸虫症, 南江堂, 東京, (1993)
- 14) 伊藤洋一: 『医療技術者のための医動物学』講談社サイエンティフィック, 講談社, 東京, (1995)
- 15) 関水 and 久編著: 『やさしい微生物学』廣川書店, 東京, (2011)
- 16) 土屋友房編: 『微生物・感染症学』化学同人, 東京, (2008)
- 17) 寄生虫症薬物療法の手引き 改訂第6.0版: 『熱帯病・寄生虫症に対する稀少疾病治療薬の輸入・保管・治療体制の開発研究』班, (2007)

関西が造りあげた発酵食品

田畑 麻里子^{*1} 松井 徳光^{*2}

^{*1} TABATA Mariko, ^{*2} MATSUI Tokumitsu (武庫川女子大学生生活環境学部食物栄養学科)

Key Words : 発酵食品・清酒・酢・味噌・醤油・漬物

はじめに

発酵食品は各民族の食文化を特徴づける際に非常に重要な食品である。たとえば、世界中のほとんどの民族はそれぞれ独自の酒を持つという。また、発酵は最も古典的な食品の保存手段の一つで、数千年も昔から、人々は牛乳をチーズにしたり、野菜を漬物にしたりと、さまざまな発酵食品を作り、食材の乏しい季節を過ごした。さらに発酵食品は、成分が微生物の分泌する各種酵素によって分解されており、もとの食材にはない旨味を持つ。味噌や醤油といった日本を代表する調味料は、いずれも発酵食品である。

さて、日本は高温多湿の気候で微生物の生育に適しており、世界でも類を見ないほど多数の発酵食品を有する国である。その中でも関西という地域は、世界、あるいは日本内部のさまざまな地域との異文化交流を重ねながら、独自の文化を形成してきた地域である。とりわけ19世紀以前は、関西から全国に向けてさまざまな文化が発信され、日本の文化形成に大きな影響を及ぼしてきた。

本稿では、さまざまな発酵食品の成立および発展と、関西との関わりについて述べる。

1. 清酒

清酒は日本酒とも言われる、日本を代表する醸造酒である。日本における清酒の醸造は、朝廷で政治のために造られた酒から始まり、寺院、酒屋に受け継がれ、それぞれの時代で発見された知見を生かしながら発展し続け、そうして今日の「清酒」が誕生した。さまざまな時代に発明された革新的な清酒製造技術の多くは、関西で考案されたのである。

1-1 朝廷の酒から寺院、酒屋の酒へ

平安時代初期には、すでに、米、米麴、水で酒を仕込む方法が確立されていた。当時の宮廷においては、年中行事や儀式が政治そのものであった。醍醐天皇の時代、延喜年間(927年)に編纂された『延喜式』によると、「酒造司」なる役所が酒造りを担当し、上納された各地の米を使い、酒部という専門の家柄の人々が醸造を担当した。白殿で仕女が米を搗き、移動式の韓かまどで米を蒸し、麴殿で麴(よねもやし)をつくり、酒殿で醪(もろみ)仕込んだ。醪を濾した酒に蒸米を仕込むことを繰り返し造った酒を醞(しおり)というが、この時代の酒の一つである御酒は、この手順を四度ほど繰り返し

て製造される非常に濃い酒であった。なお御酒はアルコール度3%、糖分34%ほどであったと考えられている。

平安末期から鎌倉、室町時代にかけて、朝廷の権力が衰えた頃、朝廷の酒造組織にかわって、寺院や神社で酒が醸造されるようになった。寺院で醸造される酒は「僧坊酒」と呼ばれ、高い評価を受けていた。有名な僧坊酒として、高野山の「天野酒」、奈良(平城)の「菩提泉」があり、いずれも関西で造りだされたものである。さらに、鎌倉時代頃には、京都を中心に造り酒屋が隆盛し始めた。京都の「柳酒屋」、 「梅酒屋」などが有名である。

1-2 製造技術の発展

16世紀には、「諸白(南都諸白)」の仕込み方法が完成した。これは、麴米、掛米のいずれも白米を用いる製造法で、今日の清酒造りの完全な原型ができあがったのである。なお、これ以前の方法は「片白」と称し、麴を玄米でつくり、掛米には白米を用いていた。麴に玄米を用いると、糠層に存在するたんぱく質が発酵作用で分解され、清酒としては好まれにくい風味が生じる。それを、「諸白」にすることによって、余計なたんぱく質分解物の生成を可能な限り少なくし、より清酒として好ましい風味をつくりだすことに成功したのである。

諸白が始まったのと同じ頃、それまでの、米と麴と水の全量を一度に仕込んでいた酒造法に代わって、酒母作りと醪作りとを独立させる酒造法が発明された。

その母体となったのは、「菩提泉」という、菩提山正暦寺(奈良市)で作られた銘酒である。菩提泉は、炊いた飯と生米とを混ぜ水に漬けて乳酸発酵させ、生じた乳酸の作用で液を酸性にして雑菌の繁殖を抑え酵母だけを繁殖させることで、酒の腐敗を予防した。

当初、菩提泉はそのまま飲まれていたが、次第に腐敗せずに確実に酒として発酵してい

る菩提泉に蒸米と麴を掛けていくことで、品質の良い酒を大量に製造する酒造法がとられていった。

そして、菩提泉を「菩提醪」あるいは「水醪」というようになり、酵母を自然に集殖する醪作りという日本独自の技法が生まれたのである。

1-3 灘の酒の台頭

江戸中期になると、海運の発達や問屋組織の確立と共に、酒造りが地元のみで生産・消費される「地の酒」を超越して、巨大な産業へと発展していった。この時に最も台頭してきたのが「灘の酒」である。「灘の酒」は樽廻船で江戸へ運ばれ、庶民の絶大な人気を誇るようになった。灘の酒が台頭する以前は、伊丹の酒が勢力を伸ばしていた。当時の伊丹の酒造りの様子が、寛政11年(1799年)に刊行された、日本各地のさまざまな名産品の生産の様子を紹介した、現代でいうところのガイドブックに相当する、日本山海名産図会に記されている(図1)。さて、伊丹の酒が発展した要因の一つとして、伊丹では足踏み精米によって、大量の白米を生産することに成功していたことが挙げられる(図2)。それに対して、灘では六甲山系からの急流を利用して水車を回し精米する水車精米が考え出された(図3)。この方法は、自然の水の流れを利用して精米するため、人件費もかからず、24時間休むことなく精白することが可能であり、さらに、精白の程度が足踏み精米よりも格段に向上する。そのため、灘ではより精白された白米を使うことができ、より美味しい清酒を造ることが可能になったのである。

また、江戸時代初期までには、1年間に5回(「新酒」、「間酒」、「寒前酒」、「寒酒」、「春酒」)仕込む方法が普及しており、中でも冬の寒い時期に仕込む寒造りでできる「寒酒」が最も優れた品質であることが明らかにされていた。江戸時代中期に、灘では、最も美味しい「寒酒」を



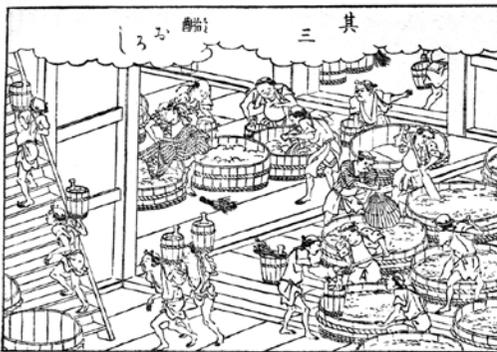
(1) 洗米作業

半切桶1枚に3人が1組となり40～50回水を取り替えて不純物を取り除く。



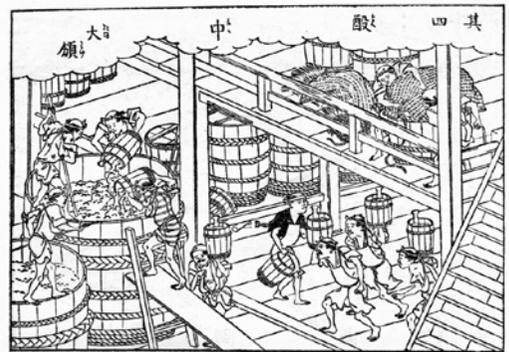
(2) 麴仕込み

図の右上に描かれた出入口の向こうは麴室である。



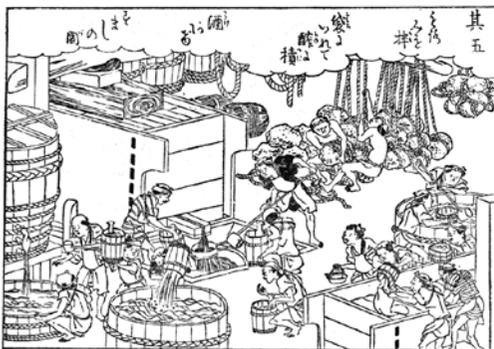
(3) 麴仕込み

米が蒸しあがると半切桶に分け、麴・水を加えて発酵させる。



(4) 醪仕込み

仕込み醪を集め、その上に一定量の蒸米・麴・水を3回に分けて加える。最初の添加を初添え、2回目を中添え、3回目を留添えという



(5) 搾り作業

醪が十分熟成すると酒袋に入れ、酒船の中に重ね、上から重量をかけて搾る。酒船の下部から流れ出ているのが清酒、これを大桶に入れて4～5日たつと底に滓が沈殿し、上澄が純質の清酒である。



図2 足踏み精米(伊丹の酒造り)『摂津名所図会』

図1 伊丹の酒造り(1)～(5)『日本山海名産図会』

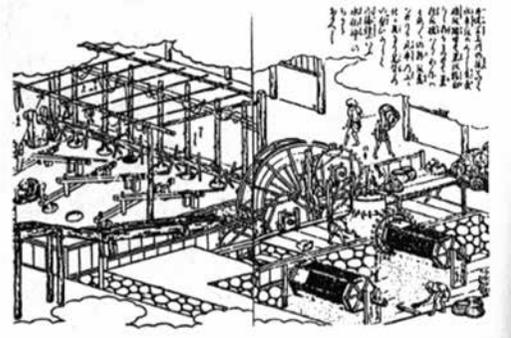


図3 水車精米（灘の酒造り）『捨遺都名所図会』

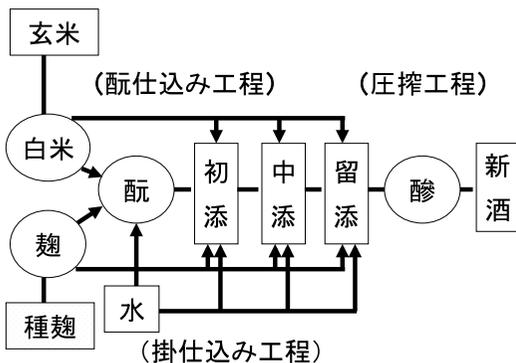


図4 三段仕込みの清酒の仕込み工程
現在は、酏に純粋培養した酵母を加えている。

集中的に大量に造り出す方法が考案された。

まず、材料である玄米から白米を水車精米で大量につくり、白米の一部にはコウジカビを繁殖させ、米麴を調製し、米麴、米、水を混合して酏をつくる。しばらく発酵を行い、引き続き、初添として米麴、米、水を加え、しばらく発酵させる。再度、中添として米麴、米、水を加えて発酵を行い、さらに、留添として米麴、米、水を加えて発酵を行い、短期間に急激に倍増させた醪を造るというものであった（図4）。

このように、朝廷での政治のために酒が造られた時代から、寺院や造り酒屋などへ酒造りの裾野が広がった時代を経て、近世の酒造りの技術革新の時代に至るまで、関西は清酒の発展に大きく貢献していたのである。

2. 酢

日本に酢の製造法が伝来したのは応神天皇（369 - 404）の時代で、酒の醸造法と相前後して、和泉の国（現在の大阪府南部）に伝えられたとされる。酢の製造技術は、鎌倉、南北朝、室町、桃山の各時代を通じて、主にこの和泉の国で引き継がれ、和泉の国は長い間、わが国の酢の主産地であった。

『延喜式』（巻四十）の「酒造司」に、米酢の作り方が記されている。この酢の醸造法は、江戸時代になって、相模の中原、駿河の善徳寺や市上、尾張の半田などにも「和泉酢」の名で伝えられ、そこでも作られるようになった。

酢を使った料理の最も古い具体的な記載は、奈良時代の『万葉集』巻十六に見られる。そこには酢、醬、蒜、鯛、水葱を詠める歌と題し、「醬酢に蒜搗き合てて鯛願ふ 吾にな見せそ水葱の羹」という、長寸守意吉麻呂が宮廷の宴席の食膳を詠んだ和歌が収録されている。塩や酒、醬そして酢は昔から重要な調味料で、当時はそれを「四種」（くす）と呼び、平安時代にはこれらの調味料を小さい器（四種器）に盛り、宴会の際の卓上調味料として利用する習慣があった。鎌倉、室町時代の文献からも、酢を利用した料理に関する記述は多数見出されており、酢が調味料として長く利用されてきたことが伺える。

このように、遥か奈良時代から重用されてきた和泉酢であるが、しかしながら江戸時代の粕酢の流行に伴い、衰退した。粕酢の台頭には、握りずしの流行が関係している。

握りずしは文政年間（1818 - 1829）に本所元町の鮭屋である花屋与兵衛が始めたものである。握りずしには、みりんや砂糖を加えなくても、塩と酢のみの調味で美味しいすし飯ができ、生魚の味を引き立てる粕酢（商標名「三ッ判山

吹」が好まれた。

江戸の町で人気を博した粕酢は、尾張の国（愛知県）で作られたものであった。当時の文献に「酢 江戸にては尾の名古屋の丸勘の印の製を専用とす」『守貞漫稿』とあり、その人気ぶりが伺える。粕酢の製造には関西は直接関与しないが、その原料である酒粕は、灘や伊丹など、関西のものが使われた。これは、知多半島における清酒の製造が灘や伊丹に押されて衰退し、知多産の酒粕の価格が高騰したためである。現在のミツカン酢の母体である中埜酢工場は、明治37年（1904年）尼崎に工場を作り、原料の確保が容易な地域への工場進出を図ることで、着実に酒粕仕入高を増やした。中埜酢工場は、大正12年（1923年）に株式会社中埜酢店となり、さらに発展し今日に至っている。

酢が関西に伝わり、その後「和泉酢」として関西で発展し、貴重な調味料の一つとなった。また和泉酢が廃れる原因の一つともなった粕酢の醸造において、その原料の供給に灘地方が利用されたことから、わが国の酢の発展に関西が大きく関わっているといえる。

3. 味噌

3-1 味噌の起源

味噌は、食材を塩漬けにして発酵させた醬（ひしお）から発生したものであるといわれている。古代中国では、肉や貝、魚などを原料とした醬が作られていたが、日本では動物性食品を原料とした醬はあまり普及せず、もっぱら大豆を原料とした醬が作られた。

日本における醬の製造は、藤原京（694-710）の遺跡から出土した木簡（墨で木札に文字などを書き、送り状や文書に使用したもの）に「醬」の記述があることから、遅くとも奈良時代には始められていたようである。また、酢

の項でも紹介した、万葉集の酢、醬、蒜、鯛、水葱を詠める歌からも、当時、すでに醬が調味料として用いられていたということが知れる。醬が文献に登場しはじめる奈良時代や平安時代の文化の中心は、名のおり奈良や京都という関西の都市であり、味噌の原型は関西で作られたといえる。

3-2 味噌の普及

鎌倉時代までは、醬や味噌は貴族や僧侶、武士といった特権階級のみが食べることでできるものであった。味噌が庶民にも広く食べられるようになったのは室町時代からである。室町時代に大豆・稗・粟の栽培が奨励されることで大豆の生産量が増え、一般庶民も味噌を自家醸造して食べるようになる。そして戦国時代になると、味噌はさらに普及した。兵糧食として各藩が味噌造りを奨励することによって、味噌は日本各地に定着する。味噌は、動物性食品を食べることが少ない昔の日本人の食事のたんぱく質源として、なくてはならないものとなった。

3-3 味噌の地域性

味噌は、食のグローバル化が進んだ現代でも、比較的地域性の高い食品である。米どころの多い東北や関東地方の味噌には、米味噌が多い。また、仙台味噌（伊達政宗）、信州味噌（武田信玄）、佐渡味噌（上杉謙信）、加賀味噌（前田利家）など、戦国時代に兵糧として作られたことに端を発するものが多く、貯蔵性を優先させるために塩分濃度を高くし長く発酵させた味噌がよく見られる。一方、四国や九州など南の地域は大豆の栽培に適さない。そこで、大豆の使用割合を減らして、米より豊富にグルタミン酸を含む麦を用いた麦味噌が多く生産されている。

さて、関西の味噌では、西京味噌のような、米の割合が多い味噌が有名である。西京味噌は麴の配合割合が大豆の約2倍と高いため甘口

で、味噌汁には京雑煮にする以外はほとんど用いられず、主に普茶料理や懐石料理などの高級料理に使用される。関西以外の地域では、味噌は貴重なたんぱく源として米と並んで食事の要であったが、京都では、戦後まで味噌汁を日常的に食べるという習慣があまりなかった。これは、はるか昔から政治の中心であり、地方からさまざまな食材が税として集まった京では、栄養摂取を味噌のみに頼らなくても良かったからであると考えられる。また、京は朝食に粥を食べる習慣があったため、軟らかい粥と味噌汁が合わないから味噌汁が普及しなかったとも伝えられている。

このように、味噌の原型である醬は、関西で形作られた。また、古くから都があり貴族文化の栄えた京都で、数ある味噌の中でも、発酵期間が短く塩分濃度も低い、製造の主目的が保存ではない西京味噌が広く用いられたことは、関西の食文化の豊かさを物語っている。

4. 醤油

現在の醤油の県別生産量は、1位の千葉県が2位以下を大きく引き離してのトップである(表1)。千葉県は野田、銚子という二大醤油産地を擁し、キッコマン、ヤマサ、ヒゲタといった大手メーカーが多数存在している。しかしな

がら、日本で最初に醤油の生産が行われたのは関西である。

4-1 醤油醸造技術の伝播

湯浅は、和歌山市の南約20kmに位置する町で、醤油醸造業が盛んに行われていた。湯浅における醤油醸造は、安貞2年(1228年)に宋での修行から帰った開山覚心が径山寺味噌の製法を伝えたことに端を発するとされている。この地では自家消費でない醤油の醸造はかなり古くから行われている。最も古い伝承は、正応元年(1288年)に岩佐某が近隣へ醤油の販売をしたというものである。その後も、天文3年(1535年)に赤桐右馬太郎が百余石(18kℓ強)の醸造を行い、大坂雑魚場小松屋伊兵衛に販売を委託したとされており、これは他国輸出の嚆矢であるといわれている。また、天正19年(1591年)には赤桐三郎五郎が豊臣秀吉の大坂出陣の際に兵糧米を献納した恩賞として、代々船一艘相伝が許されたので、醤油廻送船をつくって他国へ移出を開始したといわれている。このように、湯浅の醤油の製造と販売は、他の地域よりも早い時期からはじまっていたようであるが、史料が少なく伝承に頼る部分が多く、それを実証することは難しい。

湯浅の醤油醸造の特徴は、他の地域より古くから行われていたということと、淡口醤油が優勢である関西に位置しながら濃口醤油の製造が

表1 都道府県別しょうゆ等出荷数量(平成21年度)

都道府県	しょうゆ 出荷数量 合計	シェア	生揚げ		しょうゆ	
			販売用	自家 加工用	販売用	自家 加工用
千葉	296,240	34.13	1,394	3,442	261,029	30,375
兵庫	124,420	14.34	765	30	118,340	5,285
愛知	53,613	6.18	876	677	49,067	2,993
群馬	47,419	5.46	451	454	44,555	1,959
香川	46,896	5.40	4,562	1,072	39,186	2,076

単位：kL, %

(注) 農林水産省総合食料局資料による。(但し、一部については業界推計)

盛んに行われていたということが挙げられる。湯浅で淡口醤油の製造が行われたのは遅く、明治以降とされている。

湯浅の醤油醸造技術は、千葉県の銚子に伝わり、関東の醤油醸造業に影響を与えたといわれている。銚子沖は黒潮と親潮が合流する地点で、それぞれの海流に乗ってきた魚が豊富に捕れる良い漁場である。1590年頃、木綿の肥料となる鰯を求めて、黒潮に乗って紀州の漁師が多数銚子に移住し、港を作った。そのとき同時に醤油の醸造方法が伝わったと考えられている。紀州から移住した醤油醸造家の中でも特に大きな規模を誇ったのが、浜口儀兵衛がはじめたものであった。これは、現在日本で2番目の醤油のシェアを誇るヤマサ醤油の母体である。浜口儀兵衛は銚子で醤油醸造をはじめた後も本拠は紀州にいていた。広村（現和歌山県有田郡広川町）は径山寺味噌が日本で最初に伝わったという湯浅に程近く、湯浅の醤油醸造の技術が直接銚子に伝わったという伝承は見つからないが、広村の醤油醸造が湯浅の醤油醸造と全く無関係であったとは考えにくい。

また、同じく銚子の有力な醤油会社であるヒゲタ醤油は、飯沼村初期本百姓の一人である田中玄蕃家がおこした。田中玄蕃家は兵庫県西宮の江戸店持真宣九郎右衛門の教示により醸造を始めたと伝えられており、ヒゲタ醤油の発祥についても関西との関わりが示唆される。

このように、関東の主力醤油産地の一つである銚子における醤油醸造のはじまりは、関西の影響を大きく受けたものであった。

4-2 淡口醤油の完成

濃口醤油の製造は紀州湯浅で確立されたが、それに加えて、関西では淡口醤油の製造方法も確立された。淡口醤油は、現在の兵庫県の龍野で、寛文6年（1666年）に円尾孫右衛門によって開発されたと言われている。

龍野はもともと清酒の醸造が盛んに行われていた地域で、醤油は味噌の傍らで醸造されている程度であった。しかしながら、18世紀半ば以降から龍野の酒造業は衰退しはじめ、代わりに醤油醸造業が台頭するようになる。

龍野での本格的な醤油醸造業のはじまりは、播磨地方を平定していた赤松家の元家臣らが龍野の城下町で醸造業を始めたことに起因する。すなわち、天正4年（1577年）に羽柴秀吉が播磨地方を平定したことに伴い、当時の龍野城城主赤松広秀が城を明け渡し、それにより赤松家家臣団の多くが職を失った。これらの家臣の中で財力のあった円尾家、横山家、片岡家、平井家が城下町に下り、酒造、味噌醸造と並行する形で醤油醸造業を開始した。その後、寛文6年、円尾孫右衛門が淡口醤油を発明した。淡口醤油の基本的な製造方法は濃口醤油と同様であるが、色が淡く仕上がるよう、大豆と小麦の処理方法、塩の添加量、醸造期間などに工夫が凝らされている。また、文化6年（1809年）には淡口醤油に甘酒を入れる方法も発明された。この圧搾前の諸味に甘酒を添加するという工程により、醤油にまろやかな甘みと芳香が付加され、関西風のみりに合う甘口の醤油となる。一説には、醤油に甘酒を加えることになったきっかけは、龍野が酒造業から撤退する際に余った米麴を有効利用するための策だったのではないかと伝えられており、酒造業が盛んに行われていた龍野の地らしいエピソードである。

現在の日本の醤油は、湯浅地方で径山寺味噌の上澄み液を改良して作られたものであるという説が有力である。湯浅の醤油製造の技術は銚子に伝わり、ヤマサ醤油やヒゲタ醤油といった、日本を代表する醤油メーカーの母体となった。さらに、関西では、濃口醤油の製造方法が確立されただけでなく、より関西人の味覚に合う淡口醤油が生み出されたのである。

5. 漬物

5-1 日本の漬物作りと粕漬け

日本全国には、その地方ごとの風土、地域的習慣によって育まれたさまざまな漬物がある。日本の漬物は、その数が調べられているだけで600種類を超える。数ある漬物の中でも、米を使用する漬物は日本を象徴する食品といえる。その米と関連するものとして、日本酒の副産物である酒粕を使った「かす漬け」、その代表品である「奈良漬」の発展には、関西が深く関係する。

わが国における最古の漬物の所見は、奈良市二条大路のデパート建設現場（長屋王邸跡）で、昭和63年に発掘調査から出土した木簡である。



図5 漬物最古の記録が記載された木簡

木簡記載内容：

『進物○／加須津毛瓜／醬津毛瓜／醬津名我』

○／加須津韓奈須比 // ○右種四物○九月十九日』

それは奈良時代の頃（710 - 794）のもので、「進物加須津毛瓜」（たてまつりものかすづけものうり）と記載されている（図5）。

このように、日本最古の漬物の所見は粕漬けであり、数ある漬物の中でも粕漬けの歴史の長さが伺える。しかしながら、漬物そのものはさらに古い時代から、もっとシンプルな塩漬けのようなものが製造されていたと考えるほうが妥当であろう。

さて、当時の酒は現在の酒造りのように酒粕と上澄みを分けるといった製造方法ではなかった。この木簡に記載されている「加須」とは、絞り粕のことではなく、上澄みを酒（どぶろく）として飲んだ残りの、下に溜まったどろどろした沈殿物であったと推測される。

5-2 奈良漬の完成

奈良～鎌倉・室町時代に、現在の奈良漬の原型が作られ始めたと考えられる。奈良漬の発展は、清酒の副生成物である酒粕を用いるため、清酒造りの発展と関係する。この時代、酒は僧坊酒と呼ばれ寺院で造られていた。当時の醸造技術を伝える文献『御酒之日記』や『多聞院日記』には、「酒上了、ツホーツニ袋十八ニテ皆上了」（多聞院日記）とあり、発酵した酒を酒袋で搾っていることが分かる。そこでできた酒粕に野菜などを漬けるという現代の奈良漬製造法がほぼ完成したと考えられる。そして「ナラツケ」の呼称もこの頃から見られる。明応元年（1492年）の『山科家礼記』に「ミヤゲ、ナラツケオケー、マススシー桶、御コワー器」と記載され、宇治の土産として奈良漬をもらったとされるのが初見である。また山科言継の日記『言継卿記』に「奈良つけかうの物一鉢」と書かれている。このように初見としては明応元年（1492年）の『山科家礼記』であるが、それ以降の多く日記（天正18年（1590年）『北野社家日記』など）に「奈良漬」の名が登場している。

おわりに

今日、日本は、長い歴史があり、独自性豊かな国として評価されている。特に、発酵食品などの食文化においては、元来中国から伝来してきたものをただ受け継ぐだけでなく、日本人にとってより好ましいものへと改善・改良し、日本独自の食品を新たに生み出し、味噌や醤油のように、今日では海外へ輸出する側になった。現在の健康ブームとも重なり、世界における日本食のイメージは、「ヘルシー」であると高評価を得ている。

清酒などの発酵食品の製造は、高度な技術を必要とするため、杜氏と呼ばれる専門の職人が

登場し、長い歴史の中で、その技術が伝統的に弟子へと受け継がれ、今日の日本の食文化を形成させていった。また、懐石料理などが清酒の旨味を向上させ、清酒が懐石料理などの日本食をさらに美味しくさせるといった相乗効果も加わり、今日の日本食は素材を活かした「うまい」食品として、世界に誇れるようになった。

このような発酵食品を含む日本独自の食品が誕生する歴史の中で、江戸時代の中頃までは文化の中心地が関西であったということも確かであるが、関西圏の人々が大きく関与し、貢献してきたことは否定できない事実である。

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

- 1) 坂口謹一郎：坂口勤一郎酒学集成 1 日本の酒文化，岩波書店 (1997).
- 2) 秋山裕一：日本酒，岩波新書 (2003).
- 3) 宮城栄昌：延喜式の研究．史料篇，大修館書店 (1993).
- 4) 加藤百一：僧坊酒，酒史研究，7, 1-38 (1989).
- 5) 中尾進彦：灘の酒，のじぎく文庫 (1979).
- 6) 鎌谷親善：御酒之日記について，酒史研究，13, 1-33 (1995).
- 7) 柚木学：日本酒の歴史，雄山閣 (1975).
- 8) 小泉武夫：日本酒百味百題，柴田書店 (2004).
- 9) 黒岩東五：増補 純米米酢の効用，健康医学社 (1978).
- 10) 銚山實・大塚滋：酢の科学，朝倉書店 (1994).
- 11) 日本福祉大学知多半島総合研究所・博物館「酢の里」：中壱家文書にみる酢造りの歴史と文化，中央公論社 (1998).
- 12) 篠田寿夫：尾張国知多郡酒造業と尾張藩の財政政策 知多半島の酒つくりと酒粕価格高騰について，酒史研究，4, 1-28 (1986).
- 13) 前田利家：味噌のふるさと，古今書院 (1986).
- 14) 飯野亮一：醤油の歴史 1, *FOOD CULTURE*, 1, 15-18 (2000).
- 15) 飯野亮一：醤油の歴史 2, *FOOD CULTURE*, 2, 18-21 (2000).
- 16) 飯野亮一：醤油の歴史 3, *FOOD CULTURE*, 3, 18-21 (2001).
- 17) 飯野亮一：醤油の歴史 4, *FOOD CULTURE*, 5, 11-14 (2003).
- 18) 平野雅章：食の風俗民俗名著集成 7 醤油味噌の文化史，東京書房社 (1985).
- 19) 柴田書店編：味噌，柴田書店 (1999).
- 20) しょうゆ情報センターホームページ；<http://www.soysauce.or.jp/>
- 21) 林玲子・天野雅敏：日本の味 醤油の歴史，吉川弘文館 (2005).
- 22) 平野雅章：食の文化考，東書選書 (1978).
- 23) 田村善太：竜野醤油研究史料 第一輯，竜野醤油協同組合 (1959).
- 24) 龍野醤油協同組合要覧編集委員会編：龍野醤油協同組合要覧 平成 11 年度版，龍野醤油協同組合 (2001).
- 25) 小泉武夫：発酵食品礼讃，文藝春秋 (1999).
- 26) 小川俊男：漬物と日本人，日本放送出版協会 (1996).

持続可能な食と農を目指して

庄司 一郎*

*SHOJI Ichiro (郡山女子大学 家政学部 教授)

Key Words : 食文化・農業・食料自給率・屋上菜園・栄養素

1. 日本の食と農

1-1. 食の崩壊

我が国では、過去40年余りで国民所得が大きく増加し、そのことにより日本人の食卓は、低タンパク質、低カロリーの食事から、高タンパク質、高脂質、高カロリーの欧米型へと大きく変化した。海そう、根菜、魚、大豆、米の5つを基本とする和食は、ヘルシーかつ栄養バランスが理想的で、これらの食べ物によって日本人の体と心が養われてきた。しかし、今日では肉等脂っこいものを沢山食べるようになり、生活習慣病の問題が出てきている。

人間はそれぞれ、長い間の食生活で培われてきた民族としての遺伝子が組み込まれている。日本人の腸が長いのは、質素な食生活をしてきたため、長くないと栄養素を吸収出来ないからである。これだけ短期間に食生活が激変した民族は他にいないのだから、体と心に驚くような現象が出てくるのは当然であろう。

最近、日本人はキレやすくなったと言われている。この要因としてミネラル不足が指摘されている。ミネラルには、興奮状態を抑える働きがあり、昔は海そうや根菜などから摂取していた

が、この半世紀の間に摂取量が7分の1に減少したという調査結果もある。

上述の食文化の崩壊の背景には、戦後、工業大国になると引き換えに、食材は外国から金で買えば良いと考えるようになり、農水産業を生命維持産業として位置づけてこなかったことにある。

しかし、今日ではそうした考えが通用しない時代に来ている。その例としてマグロ問題がある。米国人も中国人もトロの味を好むようになったからである。BSE(牛海綿状脳症)や鳥インフルエンザの影響もあり、世界的に魚の需要が高まっていることも影響しているものと思われる。

図1は¹⁾1965年と2007年の42年を隔てた2時点をとってカロリー供給の視点から食の変容を示したもので、この図から次の3点が確認できる。

- ①1人1日あたりのカロリーには42年間、大きな変化は見られない。
- ②米からのカロリーは1090キロカロリーから597キロカロリーへと激変。
- ③畜産物は157キロカロリーから399キロカロリーへ、油脂類は159キロカロリーから363キロカロリーへと激増。

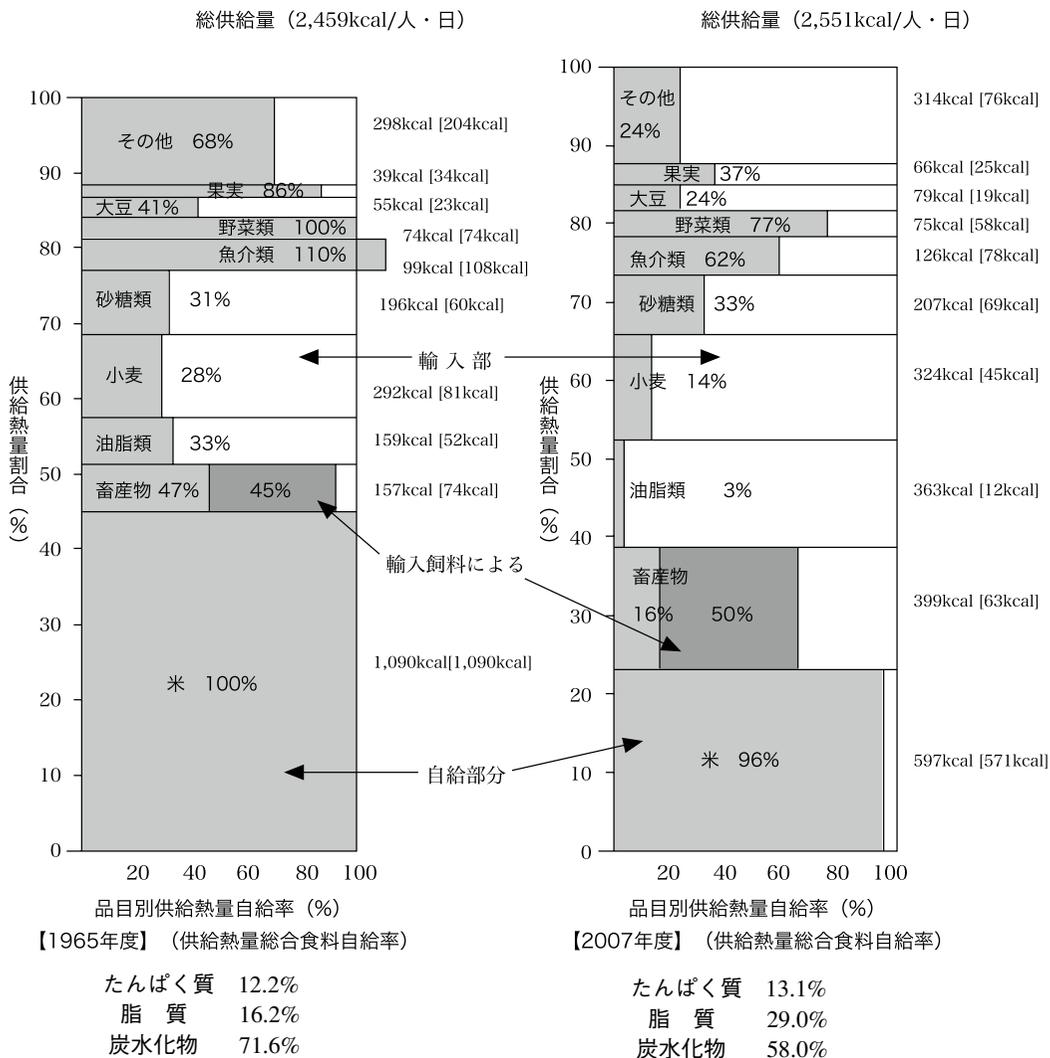


図1 日本の食構造の変化 (1965年～2007年)

資料：農林水産省 (食料・農業・農村白書)

この変化を食卓の姿の変化として描き直せば、1965年時点では、毎日の食事の中心にはご飯がありご飯を美味しく食べるためにはおかずが準備されるという形であった。ところが、2007年時点ではご飯の主役はおかずとなり、ご飯は添え物的位置に退いている。この42年に家庭で料理される食の比率は小さくなり、加工食品や外食が急激に増加したこともこうした

変化の背景にあり、食の外部化とされているプロセスでもある。

上述したように1965年頃の食生活パターンは日本型食生活と呼ばれ、国際的に高い評価を得ていたが、この42年間に日本型食生活は崩壊に近い状態になっている。また、図1に関して補足したいことは、対応する食料自給率の変化である。カロリーベース自給率で見ると

1965年は73%,2007年には40%となっている。食材の海外依存の拡大が、食の変容を増長しているといっても過言ではない。日本の食材を支えていた中国は現在経済成長と共に、輸出国から輸入国、即ち、食材を買う側に回り、米国のハリケーンや豪州の干ばつなど、供給国においても異常気象に直面するようになった。BSEや鳥インフルエンザ、遺伝子組み換えの問題もあるのに、その中で日本が食糧確保に対してどのように対応していくのかが全く見えない。

自分たちで食べるものを作らない民族ほど弱い者はいない。今世紀、食料は国家の国力を示す象徴として位置づけられ、戦略兵器のような存在となるのだろう。我が国にそうした危機感がないことは、国家として危機的な状況にあるのではないかとと言える。

日本の食料生産力を強くしていくには、魅力のある産業として復興させ、生命維持産業従事者を増やしていくしかない。その1つとして、若い人たちが現場で食について学ぶことを提唱したい。地元の食材や食糧生産の大切さをしっかり教え、田植や野菜作り、家畜の世話などを授業に義務づけたり、家政学部の学生を農学部で実習を体験させたりといった、思い切った発想が必要であろう。

1-2. 農の変貌

日本の農家は1965年に566万戸あった。2008年では252万戸と半分以下で、農業就業人口は250万人を切る状況にある。では、この間に農はどのように変わったのか1965年と2005年の40年間の農についての変化を見ると次のようになる。

社会全体における農の位置をみると、社会的多数派から少数派へと大きくシフトし農家人口は総人口の30.3%から6.6%へと減少。また、農業就業人口はこの間、総就業人口の20.6%から4.0%へと減少。ちなみに1955年には農家人口の比率は40.7%、農業就業人口の比率は

33.8%であった。この時期に日本社会は農業・農村社会から工業・都市社会にシフトした。

農業の様相も大きな変貌を遂げ、新規学卒就農者は、1965年の68,000人から2007年には2,500人と大きく減少。農業の世代継承は大変困難になっている。

日本の農家の現況について前述したので農協について触れてみたい。総合農協(JA)の数は、ピーク時の1950年に約13,000あったが、2008年には825に減少。JAが減少した要因にはホームセンターの出展が関与しているのではとの見方もある。

一方で、JAの職員は全国に約26万人、国・地方の公務員を合わせると約30万人もの人が農業人口の250万人弱の国で農業関連の仕事に従事している。これだけの人員を支えるために当然、間接費は高くなり、日本の農業が高コストになる要因一つに挙げられている。

日本の農業を補助金で縛るのでなく、経営の視点で捉え、いかに安く作って消費を増やすかが大切。即ち、全国一律の減反をやめ、農家への補助金を選択的な直接支払いとし、適地適産を進める政策が良いのではと考える。

米の消費ルートの拡大も積極的に進めることが肝要。米粒における良食味一辺倒の見直しや米粉を使った多様な製品(主食用米パン、米うどん等)を開発し、消費の拡大につなげたい。

日本は国土に占める農地の割合が13%と、先進国の中でも極端に少ない。就農者の高齢化が進み、人手不足も深刻。耕作放棄地は埼玉県の面積ぐらいに増加。国内総生産(GDP)に占める農業生産額の割合は40年前は10%程度だったが、今は1%弱と日本農業はますます国際競争力を失っている。

これを解決するには農地の転用や売買をしやすくするべきと考える。即ち、個別所得補償制度や減反を廃止し農地は所有するものではなく利用するものとする。具体的には農地を貸す側

は収穫物の3分の1を地代として受け取れる。そんな仕組みを作り、農地を流動化することにより、効率化を図ることができ、収量の高い魅力ある農業になるのではと考える。

農業こそ国の宝。若者が農の大切さを知る機会が少ないのも残念なことだ。そこで徴農制を提案したい。栄養士養成施設の大学の学生を中心に、人手の足りない農繁期に一定期間、農林水産業に強制的に従事させ、代わりに単位を与える。食環境などの分野で実技の単位とする。宿泊先は地元農家でのホームステイを利用する。農業改革を通して、日本が持つ三大資産(人、技術、土地)を有効に活用しなくては、日本の将来は見えてこない。

1-3. 食と農の乖離

1-1, 1-2で既述したように食と農の大きな変容は、戦後日本の政策選択と国際環境の変化の結果として生じた。その過程で、食と農の間には、貿易、食品加工、流通等の領域の資本が巨大化し、その結果、農を大切にしない食に仕組みが作られ、農の衰退が進行した。

政策選択と国際環境について考察すると、まず、1950年代・60年代の日本の対米従属を前提とした経済成長が基本路線にあり、この路線の下で、食と農に関しては、米国の余剰農産物の受け入れと、そのための食と農の構造再編が推進された。

食の分野では米を食べると太る、バカになるとの宣伝の下にパン食、洋食の強引な普及が図

られた。1954年にはアメリカからの小麦輸入を義務づけられた小麦協定が締結され、同じ年に学校給食法が制定されている。学校給食法では「完全給食」という概念が設定され、米国からの輸入小麦によるパン食と脱脂粉乳によるミルク給食が強制化されている。

農の分野では、1961年に農業基本法が制定され、米国からの穀物輸入と競合しない園芸の振興、輸入飼料の増大を踏まえた畜産の振興を内容とする選択的拡大政策。即ち、自給型農業から産業型農業への転換を目指す農業近代化政策が国をあげて推進された。

次に、1980年代になるとグローバルリズムと構造再編の本格化が起こった。端的には1985年の9月のプラザ合意と1995年のWTOの創設である。これによって円高が進行し、貿易の自由化、関税の引き下げが極限的に進められた。その結果、国産農産物は割高となり農産物輸入が急増し国内の農産物市場は供給過剰が構造化し、国内の農産物の価格は下落傾向がとまらなくなり、農業は構造的に採算のとれない産業分野となってしまった。

食料自給率はこの間一貫して下落を続け、下落の激しかった時期は1960年代と1980年代であり上述の二つの画期と対応している。

こうした過程で食と農の間に配置する流通加工などの分野の資本の大成長については先に述べたが、それについての最近の動きは表1に示した。この表からは食料産業全体の成長

表1 食料産業の内部構成の比率

(単位：10億円)

項目	1970年	1980年	1990年	2000年	2005年
食料産業全体	11516.7	32751.8	48260.2	52610.6	48223.1
内農・漁業	3998.9	7814.6	9556.3	6728.7	5811.4
内関連製造業	3373.6	9556.4	13097.3	15053.6	13609.8
内関連投資	334.6	1401.6	1647.4	1780.3	1049.9
内飲食店	875.6	4895.3	8697.0	9964.5	8597.0
内関連流通業	2934.0	9083.9	15261.8	19083.5	19154.9

資料 平成18年度「食料・農業・農村白書」

のピークは2000年頃であり、2005年には1990年の水準までに下落している。その内部構成は農・漁業は1990年以降一貫して下落し、逆に関連流通業は一貫して成長を遂げている。食料産業全体に占める農・漁業の比率は1970年には34.7%だったのが、2005年には12.1%となり、関連流通業の比率は1970年は25.4%、2005年には39.7%となっている。

ここに、食と農の大変容中での流通加工資本の主導性の高まりが端的に示されている。

かつて食と農は一体的なものであり地場生産、地場消費、即ち地産地消は当たり前だった。

食と農に関しては身土不二という真理の言葉がある。人の体と土は二つに分けることができない。人の健康は地域の農とつながる食を踏まえて保たれるという仏典由来の言葉である。気候温暖で優れた農の文化が築かれてきた日本では身土不二は極く当たり前のことであり、どこの地域にも身土不二、四方八里を踏まえた個性的な食と農があった。

しかし、今日では身土不二の真理は見えにくくなっている。その具体例として、中国製冷凍ギョーザ・農薬事件から多くの国民が気づいたことは身土不二が失われてしまっている現実とそのことの怖さである。冷凍ギョーザ事件を直視すれば、改めて地域の風土を重視する身土不

二や四方八里の原点に立ち返り、食の見直しと農の再生を図ることが国民的急務となっていることが理解できよう。

だが、多くの国民、特に働き盛りの世代にとって農は遠い存在となっている。表2は就業人口という視点から国民にとっての農の位置を見たものである。この表の中で特に注目したいのは「就農率 C/B」の値である。

この表からは、大まかに二つの現実が見てとれる。第一は高齢者にとっては農への参加は大変重要な位置を占めているということ、第二は働き世代層については、就農率は1%程度で、農への参加は極めて稀なことになっているということである。

第一の点は、農業就業人口の高齢化として否定的に紹介されていることの多い数字だが、視点を変えれば、むしろこれからの高齢化社会における農の可能性（特に団塊世代等）がここに示されていると理解すべきと考える。

問題は第二の点である。食材生産の中で、社会の基幹に位置づけられている働き盛りの世代層の約1%しか参加していないという現実は社会のあり様として異常なこととして受けとめるべきではないか。しかも、この世代層の残りの99%は、農についてはほぼ部外者となっており、日本の過去の歴史からみて国民の営みから農が

表2 農業就業人口等の年齢構成

(2005年国勢調査人口単位：千)

年齢構成	総人口 A	就業人口 B	就業率 B/A	就農人口 C	就農率 C/B	Cで主に仕事 D	主に仕事率 D/C
15～19歳	6,568	959	14.6%	7	0.7%	5	77.9%
20歳代	15,637	10,532	67.30%	87	0.8%	75	86.7%
30歳代	14,490	13,411	92.50%	138	1.0%	104	75.3%
40歳代	15,806	12,510	79.10%	249	2.0%	185	74.0%
50歳代	19,051	14,215	74.60%	498	3.5%	373	74.9%
60歳代	15,977	7,039	44.30%	776	10.9%	538	69.3%
70歳代	11,900	2,369	19.90%	792	33.4%	545	68.8%
80歳以上	6,339	417	6.70%	155	37.3%	102	65.4%
65歳以上(再掲)	26,672	5,415	21.1%	1,391	25.7%	953	68.5%
総計	109,764	61,506	56.0%	2,703	4.4%	1,928	71.3%

これほど軽視されたことはなかったのである。

こうしたなかで、食についてはおくれればせながら社会全体の流れとして、今日における食の海外依存は良しとしない方向へと認識されるようになりその対策として食育基本法が2005年に制定された。また、2008年には学校給食法²⁾が大改正され、学校給食は食育実践の場として極めて重要であると位置づけられた。

その主な改正内容は次の①～④である。

- ①日常生活における食事について正しい理解を深め、健全な食生活を営むことができる判断力を培い、及び望ましい食習慣を養うこと。
- ②食生活が自然の恩恵のうえに成り立つものであることについての理解を深め、生命及び自然を尊重する精神並びに環境の保全に寄与する態度を養うこと。
- ③食生活が食に関わる人々の活動に支えられていることについての理解を深め、勤労を重んずる態度を養うこと。
- ④我が国や各地域の優れた伝統的な食文化についての理解を深めること。

学校給食法が目指す目的は「身土不二」の考え方とほぼ同じである。よって、これらの目的は単に学校給食に止まらず、日本社会全体にとっても大きな時代的課題として受け止めるべき内容と考える。

1-4. 農の再生

農業はかつては自然に依拠して、その恩恵を安定的に得ていく自然共生の人類史的営みとしてであった。食における身土不二は農における自然共生と表裏の関係にあった。

ところが、1961年の農業基本法以来、国家的に推進されてきた農業近代化政策では、科学技術の名の下に農業を自然から離脱した人工の世界にシフトさせ、工業的技術とその製品を導入することで生産力を向上させる方向が目指されるようになった。この政策の中で、自然を育んできた農業は、地域の環境に負荷を与え、自

然を壊す存在となってしまい、食の安全・安心は損なわれ、農業の持続性自体も危うくなってしまっている。

こうした近代農業の問題点を修復し、自然の条件と力を農業に活かし、自然との共生関係、回復の線上に生産力展開を目指そうとする営みとして有機農業や特別栽培農法等の模索が積み重ねられてきている。

日本における有機農業や自然農法の取り組みは50年以上に歩みがある。その特徴は外部からの工業資材の投入によって生産力を向上させるという方向ではなく、環境負荷低減を内容とする環境保全型農業を推進する自然共生的な生産力形成により農作物の力を引き出す持続可能な農法を目指すものである。

環境保全型農業への国民の支持はいま大きく広がりを見せ、耕作放棄地などを活かした市民農園の取り組みも各地に見られるようになった。環境保全型農業の取り組みを国全体に広げ、新時代にふさわしい日本の風土に根ざした食の見直しと農の再生が図られることを願っている。

2. 食農教育の視点から

郡山女子大学は昭和22年、現学長関口富左により創設され「尊敬、責任、自由」を建学理念として教育活動を展開。その中で、学長が教育に求めた人間守護を主軸とした家政学は広く認識されるようになり、更にそれを深化させるために「自然を凝視めて新たな学を」掲げられた。屋上菜園は、その実践教育の場として郡山開成学園創立60周年記念事業の一環としてキャンパス内にある62年館屋上に平成18年4月に開設された。

地方でも都会同様都市化が進み、緑地が少なくなる傾向にある。そこで、自宅の生活空間や集合住宅を屋上菜園として有効に活用できるこ

とを62年館屋上をモデルとして立証することを目的とした。また、学生、生徒及び園児に安全で安心な環境を心がけた栽培を体験させ、フードシステム（川上、川中、川下）の一部を学ぶことで、将来、管理栄養士、栄養教諭、調理師等になるであろう学生、生徒に対して食材学（生産、加工・調理、流通、消費等）のスペシャリストとしての資質を向上させることを主眼としている。

尚、屋上菜園での取り組みは平成18～20年度私立大学教育研究高度化による特色ある教育に選定され、活動を展開したもので、本稿では、その活動の一部を記したものである。

2-1. 屋上菜園での食と農と命の教育

①屋上菜園の概要

屋上菜園は写真1に示すように62年館(4階)屋上の一隅を整備し、長さ24m、幅3m、高さ25cmの排水口のあるプラスチック製の枠で囲んだ施設を2ヶ所設置(総面積145m²)。菜園下地の構造は、ウレタン防水層を二重貼りし、防水層を強化するとともに保水と排水を円滑にするために保水排水層(黒曜石パーライト)をまた、スコップ等の衝撃から防水層を保護するため、ステンレス製金網を敷込んだ5層構造とした。又、客土の主原料は耐震構造軽減のため自然土の2分の1の荷重、即ち、鹿沼土と有機肥(木材チップ)を8:2を混ぜ合わせたものを使用。



②食農教育の実践

本学の教育目標は建学の精神にある尊敬、責任、自由。即ち、個性を重視し、互いを理解する個の確立と他との強調をもって、自主、自立できる女性としての人間育成を図るのが目的。屋上菜園では、この目的を達成するために、特別栽培(栽培期間中節減対象農薬不使用、化学肥料の窒素成分量50%以下)による命を育む栽培体験を通して、感性、感動、共生、循環、多様性を実感させ、これを生活の中で実践展開できる持続可能な食環境と社会を担う栄養士を育てることを主眼としている。

実践活動の中で、中核として屋上菜園を担当している学生は本学食物栄養学科4年の卒研生である(写真2)。栽培管理者は著者で、食材加工研究室の卒研生が毎年3～5名でチームを作り卒研の時間を中心に菜園に足を運び、陸稲、野菜類(葉菜類、根菜類、果菜類、花菜類)等様々な農作物の栽培管理や分析、加工調理を担当している。農作業とは無縁だった卒研生が菜園体験を通して進化していく様子を少し紹介させていただき、菜園で知る命の教育、即ち、食は生命なりについてふれることとする。ほとんどの学生は農作業は初体験で、畑には虫がいるというイメージはなく卒研を受講する学生たちである。初収穫の5月には野菜(キャベツ)に付いた虫(ヨトウ)が怖くて収穫さえできず、キャベツの半分を廃棄してしまった。育てたものを



写真1 屋上菜園



写真2 食材加工学卒論生（左）、陸稲もち米（右）

無駄にしてしまった罪悪感から一念発起し、再び挑戦。虫にも慣れてきた夏のある日、意外な発見をした。長雨が続いた後ようやく晴間がでたのでトマトの生育状態を観察させた所、莖葉が成長しすぎ繁茂し果実に光が当たらない状態になっていた。このままの状態では実は大きく成長しないことをアドバイスした。具体的には余分な枝を切り、生育環境を整備させ、元気な枝は挿し木による再生。即ち、クローン技術による再生を指導した。その後、3～4週間後には挿し木は根付き、クローン技術は見事に成功。無言の植物にはマメな手入れが大切な要素であることを実践で学び得たと同時に畑で知る命の大切さ、生きる力を大地から学ぶことができた感動し、良く視る、良く考える、良い機会になったようである。菜園での農業体験が管理栄養士国家試験を目指す学生たちに自信と勇気を与え、国家試験合格に結び付いたとの感謝の手紙をいただいた。学生と共に菜園に関わることができ、改めて屋上菜園を担当する機会を与えて下さった学長に心から感謝をし、学生と共にこれからも屋上菜園に情熱を注ぎ、屋上菜園を通して食農教育を実践できればと願っている。

屋上菜園に関わった学生が自分がないと育たない命があると感じ、受け身だった学生が積極的に学ぶようになり、菜園での出会いが、学生に大きな財産を残し、様々な関わりの中から、

多方面への視野を広げ、協力の大切さ、食べ物のありがたさ、そして、収穫の喜びを得たことは大きいと考える。

土を耕し、農作物を育て、収穫して分析・調理、食べる体験を通して生きるための基本である食とそれを生み出す農業を身近なものとして捉え、そこに関わる様々な関係性について学ぶことができたのではと考える。即ち「持続可能な屋上菜園の」のあり方について、具体的にイメージし、それに向かって行動することにより学生個人の、成長する姿から人間力を高め、自分らしく生きるための有効な教育手段としての多面的な教育力が屋上菜園には備わっている事が学生の成長する姿から確認されたことの意義は極めて大きい。

2-2. 屋上菜園での環境教育

—創立50周年記念出版—「されど私学は愉し」の中で、創設者の関口富左現学長は自然を凝視めて師としようを掲げ、その検証のフィールドとして屋上菜園は設置され、今年度で6年目を迎えた。

屋上菜園には二つの柱があり、一つは食と農に対する理解を深めさせること、二つ目は環境マインドを持った学生を育て、生活の中で実践できる能力を養うことにある。自然を師とすることの意義は人間の生きている様や生態、あるいは自然の様子を教育が学んで取り入れ、そし

て実際にやってみて、理論付けし、生活に返していくことの本質を究めることにある。

①屋上菜園と熱特性

現代社会は地球温暖化、オゾン層の破壊、エネルギー資源の枯渇、生物多様性の低下など様々な環境問題に直面している。これらの問題は、物質的な豊かさや利便性を求めて、大量に物を生産・消費・廃棄してきた我々の社会経済システムやライフスタイルのあり方に起因している。即ち、我々は現在の環境問題の被害者であると同時に加害者でもあるわけである。したがって、このような問題を解決し、将来にわたって地球という生命体を維持していくには、現在の社会構造のあり方などを根本的に見直していくことが重要である。

とりわけ都市部で深刻化しているヒートアイランド対策（直訳すれば熱の島）。郊外に比べ、都市中深部の気温がポツンと浮かんだ島のように高くなる現象。³⁾ 日本ではほとんど手付かずに残されたことから、最後の公害とも言われている。こうした熱汚染は、地表面の被覆の人工化（コンクリートの建物やアスファルト道路による熱だまり）による地形、気象条件の変化、

自然空間や緑の喪失、産業活動による生産熱や自動車の排気ガスの増加、OA 機器類や冷房機器などによる排熱などによる生活排熱の増加が大きな原因とされている。ヒートアイランド現象はこれらの排出熱が複雑に影響しあって環境に変化をもたらした結果ということになる。それらの結果、生活環境の影響としては、熱中症や暑さによる睡眠障害などの身体的影響が子供から高齢者まで精神面にも現れてきている。

②室内への断熱効果

ヒートアイランドを少しでも和らげる対策として、H19年度から屋上菜園での検証実験を開始、その結果は表3に示した。

冷房残存効果解消のため、夏休み期間中全館冷房を止めた状態（8/11～16）で実験。

H19年度の結果からは外気温度 38.0℃の時に屋上土壌は 25.0℃を計測。また、その際の屋上下教室の菜園なしは気温 34.1℃を示したのに対し、菜園ありは気温 32.2℃を示し、約 2.0℃温度が低下した。この要因としてはサツマイモの葉が持つ蒸散作用効果⁴⁾によるものとする。即ち、サツマイモの葉は、1m²当たり1日6Lの水分を発散し、周囲の温度を下げる自然の

表3 屋上菜園における作物栽培（サツマイモ）による断熱効果

(H21. 8. 15, PM14:00)

実験年度	外気温度 ^{*1}	屋上土壌 ^{*2}	屋上下教室 ^{*3}	
			菜園なし	菜園あり
19	38.0℃	25.0℃	34.1℃	32.2℃
20	37.0℃	24.5℃	33.9℃	31.9℃
21	35.5℃	24.0℃	33.9℃	30.9℃

*1：屋上表面 120 cm *2：土壌地中 10 cm *3：教室天井下 30 cm

表4 夏季の1日の屋上菜園の温度変化

(H21. 8. 15)

菜園条件	時間（時）											
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
外気温	25℃	25℃	25℃	30℃	30℃	33℃	36℃	39℃	30℃	25℃	25℃	25℃
菜園なし	26℃	26℃	26℃	26℃	30℃	38℃	44℃	47℃	36℃	34℃	34℃	25℃
菜園あり	26℃	25℃	25℃	26℃	26℃	26℃	25℃	26℃	26℃	26℃	26℃	26℃

が一般的である。総論としては多くの野菜に当てはまるがトマトやメロンなど、収穫後の追熟により品質が向上して食用に適するものにはあてはまらない。

一方、青果物の品質が最適に達した時を鮮度のスタートと考え、それ以前は鮮度の概念の範囲外にあるとする定義がある。この場合には、収穫してから熟するまでの期間の鮮度評価をどうするか、また、品質が最高に達した事をどのように判定するかが問題となる。

本稿では、野菜の鮮度を、収穫時を最高として、時間と共に低下していく「細胞の活性度」を光学的に検知し、スペクトル分析（鮮度アシスト）した結果を数値化した鮮度計⁶⁾（北海道衛生株）を鮮度の尺度とした。鮮度の評価と品質の評価は、独立としたものとする。例えば、同じように赤く熟したトマトでも、今収穫したばかりのトマトと1週間前に収穫したトマトを比較すれば、品質の評価は同じであっても、鮮度は前者のほうが良いと考えるのが妥当であろう。

鮮度の低下については、流通貯蔵条件が不適切であれば急速に低下し、適切な場合には、その低下が抑制されることには異論がないが、鮮度の指標として何を採用するのか、官能評価、あるいは成分などによって鮮度の評価は異な

る。野菜の項目により評価方法や評価基準などについては統一などを含めさらに論議が必要と考える。

上述を踏まえた上で、葉菜類について収穫後の保存条件と鮮度アシストによる鮮度評価値を測定。その結果、表5の収穫直後ではサニーレタス、ビタミンナが高く、ホウレンソウ、コマツナは低値を示した。保存条件ではいずれの葉菜類においても冷蔵保存は常温保存より鮮度が高く、特にホウレンソウは3日保存でも鮮度低下はわずかであった。常温保存ではいずれの葉菜類も3日保存で鮮度低下が大きく、特にサニーレタス・ビタミンナは鮮度低下が大きく、いずれの野菜とも3日保存で食用不可となる事が示唆された。

②野菜のおいしさ

野菜のおいしさには鮮度同様多くの要素が関わっており、味、香り、食感、色など物理化学的影響が大きい。どのような野菜をおいしく感じるかについては、食文化や食経験も含め、個人差が大きい⁵⁾。

野菜の味の主要なものは、甘味、酸味、風味、苦味、えぐ味等であり、それぞれ野菜の種類によって特徴となる要素が異なる。

甘味や酸味は糖度計やpHメーターで、さら

表5 葉菜類^{*1}の保存条件と鮮度値^{*2}

(HS)

保存条件(日)	サニーレタス	ホウレンソウ	コマツナ	ビタミンナ
常温 ^{*3}				
0	79.0	68.0	65.0	77.0
1	68.0	65.0	64.0	75.0
2	53.0 ※	61.0	61.0	74.0
3	50.0 ※	49.0 ※	49.0 ※	46.0 ※
冷蔵庫 ^{*4}				
0	79.0	68.0	65.0	77.0
1	75.0	68.0	65.0	77.0
2	66.0	65.0	63.0	71.0
3	65.0	66.0	57.0	62.0

*1: 葉の表面の先端部

*2: 数値が大きい程、鮮度大

*3: 20～25℃

*4: 5.0±1.0℃

※食不可

に HPLC によって各成分を調べる事が可能である。一方、食感はいまだ官能で評価される事が多かったが最近では組織を破断する際の微小な応力の変化や破断する際の音を周波数別に解析して食感の評価に用いる研究が行われており、今後、これらの評価法と官能評価との関連性が明らかにされるものと期待される。

上述したように野菜のおいしさには化学的な味と物理的な味が複雑にからみあって評価されるため個人差が大きい事を述べたが、本学の屋上菜園で栽培された各種野菜の機能性成分と食味特性の関連性について調査し、その一部を表 6 にまとめたので、美味しさの基準の参考になれば幸いである。野菜から摂取される代表的な栄養素はビタミン C、ビタミン A 等のビタミン類、カリウム、カルシウムなどのミネラル類である。

屋上菜園と市販品について野菜類 3 種類と根菜類 5 種類の栄養素比較では屋上菜園は市販品に比して総じて糖度、カリウム、リン、亜鉛、ビタミン C が高く、特に赤カブは糖度とビタミン C において糖度は市販品の 2.7 倍、ビ

タミン C は 6.4 倍それぞれ高値を示した。屋上菜園での栽培品目の中で、糖含量が高い要因としては平地栽培との地温差が関与しているものと推測される。即ち、屋上菜園の 12 月の地温は 5 ~ 6℃ に対して平地の地温は 10 ~ 11℃ と約 5℃ の温度差があり、屋上においては低温による根の吸水抑制⁷⁾ が起こり、そのため市販品の水分は 87.1 ~ 95.8% に対して、屋上菜園は 80.0 ~ 93.0%，8 品目総ての野菜とも水分が 0.6 ~ 13.6% 減少していた。特に赤カブは 8 品目の野菜の中で、水分が 80.0% と最も低く、低温による根の吸水制限を受けやすく糖度上昇の要因に関与したものと示唆される。また、ビタミン C が糖同様高値を示した要因としては糖が前駆体⁸⁾ である事によるものと考えられる。

ミネラルの中では屋上菜園は市販品と比して亜鉛は 8 種類総ての品目で 1.3 ~ 14 倍と高く、この要因としては土壌の中に保水の目的で木材チップが 2 割混入されており栽培期間中に木材に含まれる亜鉛成分が土壌から根全体に吸収され、特に、赤カブは他の品目よりその影響を、より受けやすい仕組みが働いたためと考える。

表 6 屋上菜園と市販品の機能性成分^{*1}と食味評価

野菜の品目 ^{*5}	機能性成分											食味評価 ^{*2}		
	糖度 (Br%)	水分 (g)	灰分 (g)	カリウム (mg)	カルシウム (mg)	マグネシウム (mg)	リン (mg)	鉄 (mg)	亜鉛 (mg)	銅 (mg)	マンガン (mg)		ビタミン C (mg)	
ホウレンソウ	A ^{*3}	10.5	86.5	1.9	839	87	74	75	1.6	2.5	0.1	1.48	77	1.0
	B ^{*4}	10.0	87.1	2.3	1032	94	96	107	1.7	1.9	0.2	1.62	68	0.9
シュンギク	A	7.8	87.0	1.6	468	201	47	62	2.2	2.4	0.14	1.38	88	1.6
	B	5.7	91.9	1.5	536	169	25	43	1.5	0.3	0.05	0.28	31	0.2
ハクサイ	A	6.9	93.0	0.7	309	28	13	61	0.3	0.5	0.03	0.17	31	0.7
	B	3.9	95.8	0.6	241	49	10	37	0.3	0.2	0.03	0.09	17	0.3
ニンジン	A	10.2	87.0	0.7	324	44	10	19	0.2	0.4	0.03	0.13	4	0.8
	B	7.5	91.4	0.7	309	30	9	25	0.2	0.2	0.03	0.11	5	-0.1
ダイコン	A	4.8	92.9	0.6	236	36	10	26	0.1	0.3	0.01	0.04	17	0.9
	B	4.2	95.0	0.5	191	31	9	15	0.1	0.1	0.01	0.03	14	0.6
ミニダイコン	A	5.4	93.0	0.6	221	36	12	23	0.1	0.4	0.04	0.03	19	0.5
	B	5.1	94.0	0.5	175	68	11	17	0.2	0.2	0.02	0.03	9	0.9
カブ	A	6.6	93.0	0.6	230	24	9	26	0.1	0.3	0.01	0.05	22	0.1
	B	4.8	94.5	0.5	194	33	11	33	0.2	0.1	0.03	0.05	14	0.3
アカカブ	A	17.1	80.0	1.3	556	40	33	78	0.7	1.4	0.11	0.27	147	2.6
	B	6.3	93.6	0.6	246	32	14	36	0.2	0.1	0.02	0.07	23	-0.2

*1: 可食部 100g 当たりの値

*2: 0 を基準にプラスで評価が大で、マイナスで評価が小 (1・2・3・0・-1・-2・-3) の相対評価

*3: 屋上菜園 (特別栽培, 農薬不使用)

*4: 市販品 (慣行栽培)

*5: ホウレンソウ, シュンギクが加熱後試食、他の品目は未加熱試食

野菜の品目と食味評価では、シュンギク、ニンジン、赤カブ等では屋上菜園と市販品では食味の差異がみられたが、他の品目では同程度であった。即ち、屋上菜園では赤カブ、シュンギクではプラスの評価が高く、市販品は赤カブ、ニンジンでマイナス側の評価に傾き食味が劣っていた。また、機能性成分と食味では糖度が高い場合は食味も高い傾向を示してしたが、総ての品目では共通性は見られず、糖度は1つの指標程度である事が示唆された。

従来、野菜の鮮度評価は官能評価が主であったが、反射光のスペクトルパターンから葉菜類の鮮度値を簡易計測法としての有用性が低温保存と常温保存における条件設定で明らかになりつつある事が示唆された。おいしさとミネラル、ビタミンCとの関係では一定の傾向はみられなかったが、糖度においては一部の野菜において共通性がある事が示唆された。

おわりに

食とは本来、生命を維持するための行為であったが、調理され料理となったとき、楽しむ事も加わった。

地球上には飢えて亡くなる人がいる一方で、食べ物をただの道具として扱うようなテレビ番組も見られる。料理を楽しめる環境に生きている事に感謝しつつ、食物が偏在していることも認識しなければならない。

つくった人、自然に感謝する事、食物が生産

されている環境を知り、自分のもつてくるまでを把握し、自分で納得のいく方法で調理して食べる事、これが基本ではないだろうか。食とは、生きるうえでこの価値観が顕著に表れるものであることを忘れてはならない。

また、農においては2007年から世界の穀物市場の価格が高騰し、一方で日本の経済が沈滞化する中、今後も食料を今まで通りに海外から入手することが困難となって、急速に日本農業政策の見直し論議が高まってきている。今まさに農業は工業とどのように異なる産業か TPP を含め十分に議論し、食料自給率を高め、国民的理解が得られる農業政策を実現する必要がある。即ち、農業生産の基盤となる土地を継続的にどう保全するのか、意のままならない天候や土地依存の農業様式をどのように担保するか、農業生産者にどのような生活水準を保証するか等の問題は、競争原理に基づいてた経済合理主義的考え方では解決できない問題で、国民的理解が必要である。

稲作を基幹とした農の複権、即ち日本の農耕民族としての良き伝統を後世に伝えるためには、自然に対しては花鳥風月を愛し、美的情緒を重んじる文化や、誇り高い品性や相互扶助を大切にすることにより、農の心が芽生え経済合理主義や論理万能主義に対峙する新たな価値観を生み出すきっかけとなり、持続可能な農を生み出すことにつながるのではないだろうか。

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

- 1) 食料・農業・農村白書，農林水産省編，21年版，東京（財）農林統計協会，p57，2009.
- 2) 食に関する指導の手引き，文部科学省，東京，（株）東山書房，p1，2010.
- 3) 岡沢立夫，道園美法，椿 真由己：農業及び園芸，83，10，1075-1080，2008.
- 4) 読売新聞：エコライフ，2008.
- 5) 永田雅靖：美味技術研究会シンポジウム，美味技術研究会，第6回大会，24-29，2008.
- 6) 佐鳥 新：施設と園芸，135，31-35，2006.
- 7) 井上めぐる，岡田益己，村井麻里：農業環境工学関連4学会2004年合同大会，73，2004.
- 8) 吉田企世子，森 敏，長谷川和久：野菜の成分とその変動，学文社，16-18，2005.

ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

第11回 バルカン半島

— ブルガリア南部の定住化移牧民の事例

平田 昌弘*

*HIRATA Masahiro (帯広畜産大学)

Key Words：乳加工体系・バルカン半島・レンネット起原・冷涼性

はじめに

ブルガリアという響きは、日本ではヨーグルト(酸乳)で有名な国とすぐに連想させられる。しかし、移牧に依存してきたブルガリアの人びとがヨーグルトばかりを食しているわけでもなく、食生活として乳を多角的に利用しているはずである(写真1)。ヨーグルトのイメージの強いブルガリアの人びとは、いったいどのような乳加工技術を適用し、どのような乳製品を利用しているのだろうか。乳利用の起原地であ



写真1 ブルガリア南西部ロドピ山脈の一般世帯の食卓。手に持つのはバター。左隅にヨーグルト、下方中央部に2種類のチーズ：シレネとカンカバルがみえる。

る西アジアとヨーロッパとの地理的・自然環境の中間地点に位置するバルカン半島での乳加工技術は、レンネットによる凝固剤使用系列群に特化していくヨーロッパの乳加工技術の変遷を考察するにおいても、きわめて重要な情報を提供してくれることになろう。乳文化を研究する者にとって、是非とも訪問してみたい国の一つである。

本稿では、ブルガリア南部のロドピ山脈での乳製品とその乳加工技術とを紹介したい(図1)。ロドピ山脈こそ、ノーヴェル生理学医学賞を受賞したエリー・メチニコフが、ブルガリアに百歳に達した長寿者が多いのは、彼らの日常的に摂取している乳酸発酵乳のヨーグルトに困るのではないかとアイデアを得た場所である。

1. 調査地の概要

ブルガリアは、国土の大部分に広大な平地が広がり、中央部には東西に伸びるバルカン(スターラ)山脈、南西部にはピリン山脈、リラ山脈、ロドピ山脈が散在している(図1)。山脈といっても最も高い地点でも3,000mを越えることはなく、標高1,000m台の比較的低い丘陵地帯が展開し、丘陵間には河川を伴った狭い低地が広

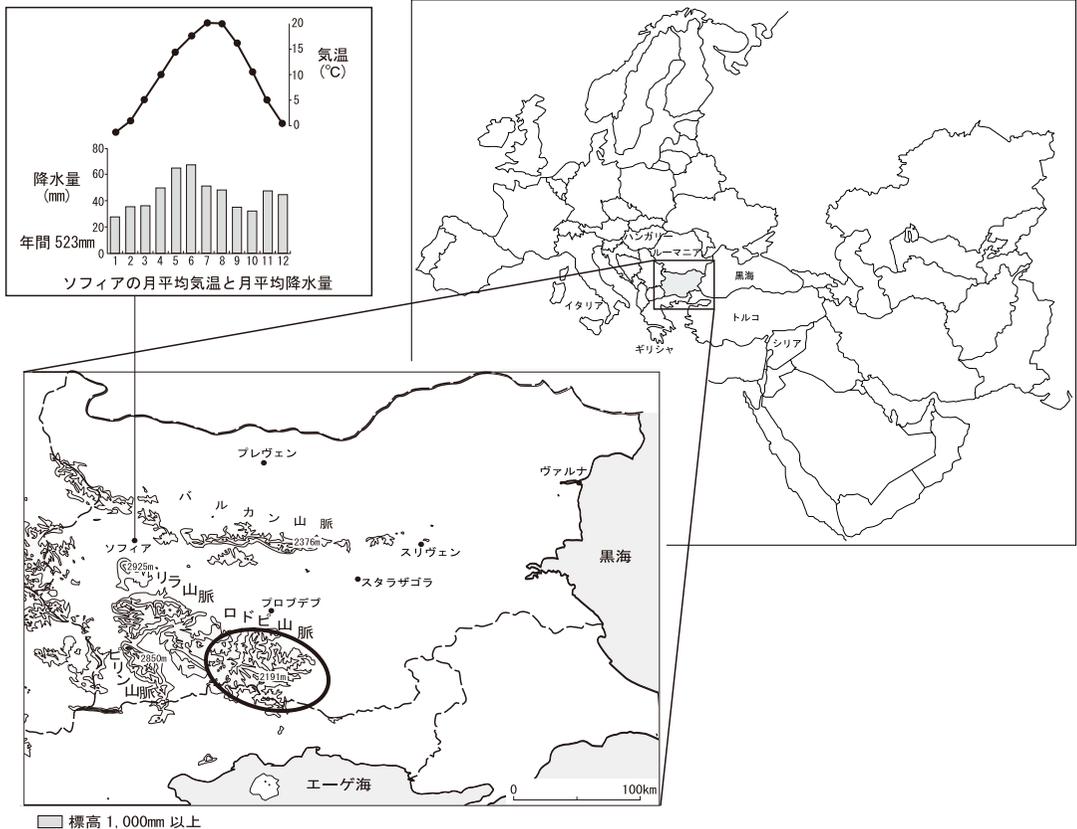


図1 ブルガリアの生態環境と調査地点 (○)

(国立天文台編, 1997; 篠原・ペトロフ, 2008 より改変)

がっていることが地理的特徴である (写真2)。

ブルガリアの首都ソフィアでは、月平均気温が夏でも 20°C前後と一年を通じて冷涼である。冬はわずかに 0°Cを下回る程度で、寒さもそれほどに厳しくない。丘陵地帯では、標高が高くなるにつれて気温はより低下することになる。降水は一年を通して平均的にあり、年間降水量は 523mm に達する。

ロドピ山脈などの丘陵地帯では移牧が長くおこなわれてきた。前号 (平田, 2011) のチベットの事例でも指摘した通り、移牧の特徴は、夏期などに家畜を導いて山地へ標高差を伴った季節移動はするものの、冬期もしくは春・秋期には必ず帰ってくる居住拠点があるということである。居住拠点では野菜や穀物を栽培する。つ



写真2 ブルガリア南西部ロドピ山脈の景観。標高 1,000m 台の丘陵地帯が展開する。中央に見える遠方の山々はギリシャ領である。

まり、移牧民は家畜を飼うと共に野菜・穀物も栽培する半農半牧という生業形態をとっている。第一次世界大戦までは、夏にはエーゲ海沿



写真3 ヒツジの放牧風景。定住化した現在でも、ヒツジを飼養して、生業を成り立たせている。ヒツジは在来種のカラカチャン種。

岸域まで数百頭のヒツジ群れを率い、秋には丘陵地帯に戻ってくる季節移動をおこなっていたという (Efstratiou, 1999)。ロドピ山脈からエーゲ海までは 100km 足らずである。国境の成立、社会主義集団農場化・解体、EU への加盟を通じ、移牧民は通年定住するようになり、家畜飼養規模は縮小化していった (写真 3)。

調査した事例は、夫が 75 才の老人世帯であり、6 才の頃から乳加工に携わってきたという。現在は家畜を飼養せず、隠居生活を送っている。かつては、在来品種カラカチャンヒツジを連れて、エーゲ海周辺とロドピ山脈とを季節移動していたという。かつての乳加工を思い出してもらい、乳加工についてのインタビューに答えてもらった。

2. ブルガリア南部の乳加工体系

約 70 年前の乳加工体系、つまり、1944 年に社会主義集団農場化する前の乳加工体系について以下に紹介したい。

2-1. 発酵乳系列群

ロドピ山脈に伝わる発酵乳系列群の乳加工技術では、搾乳して得られた生乳は、先ず布でゴミを濾しとりながら大鍋に移し入れ、加熱殺菌する (図 2)。生乳はムリヤーコ mlyako と呼ば

れる。加熱殺菌した生乳をそのまま静置して、40℃弱くらいまで冷却する。冷却温度は、指を生乳に当てて確認する。生乳が適温に達したら、前回の酸乳の残りを少量加え、よくかき混ぜる。酸乳を加えたなら、布などで覆って暖かい状態にし、3 時間～4 時間ほど静置すればスターター添加型酸乳 (以後、単に酸乳と略) となる。酸乳はキセロ・ムリヤーコ kiselo mlyako (酸っぱいミルクの意) と呼ばれる。酸乳は日々の食事に重要な食材となっている (写真 4)。

ブルガリア南部のロドピ山脈地域では、非搾



写真4 酸乳のキセロ・ムリヤーコ (手前) とチーズのシレネを混ぜたパイ生地のパンであるバーニツァ (奥)。両者の食べ合わせは良い。酸乳はブルガリアの人びとにとって重要な食材となっている。

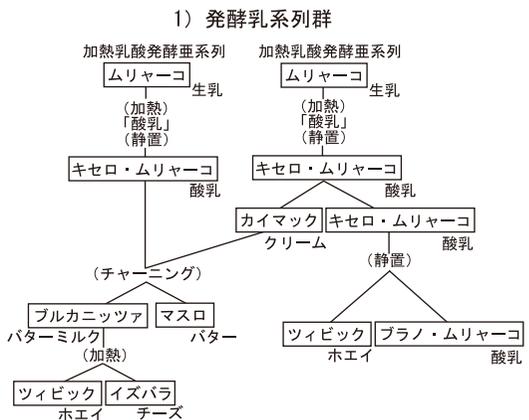


図2 ブルガリア南部の社会主義

乳期間（10月～5月）のための乳製品供給として、ヒツジの搾乳シーズンが終わる9月から10月にかけて酸乳の状態での長期保存のための加工処理をおこなっている。酸乳を長期にわたり保存するためには、表面に浮くクリームのカイマック kaimak を先ず除去する。カイマックがあると“味が壊れる”のだという。乳脂肪をそのまま長期間静置しておく、乳脂肪が酸化し、味覚上の低下を招いてしまい、この味の劣化を避けるためにクリームを除去するのである。このカイマックを除去した酸乳を、カツァ

katsa と呼ばれる木製の大樽に注ぎ込み、大樽の上を布で覆ってゴミが混入しないようにし、板で封をしておく（写真5）。カイマックを除去した酸乳を大樽に何度も何度も注ぎ込み、搾乳シーズンが終わる10月ごろには大樽いっぱいになり、120ℓにはなるのだという。最後に、溜まった酸乳の中央に窪みをつくり、ホエイのツイビック tsvik をしみ出させ、ホエイを掬い取って除去する。ホエイが出てこなくなるまで繰り返す、酸乳を脱水する。この脱水し溜め込んだ酸乳をブラノ・ムリヤーコ brano mlyako（溜めたミルクの意）と呼ぶ。ブラノ・ムリヤーコは乳酸発酵が進展し、とても酸っぱくなっている。この状態で、再び搾乳が始まる翌年5月まで保存が可能であるという。現在では、数世帯のみがブラノ・ムリヤーコ加工の技術を継承しているのみであるという。

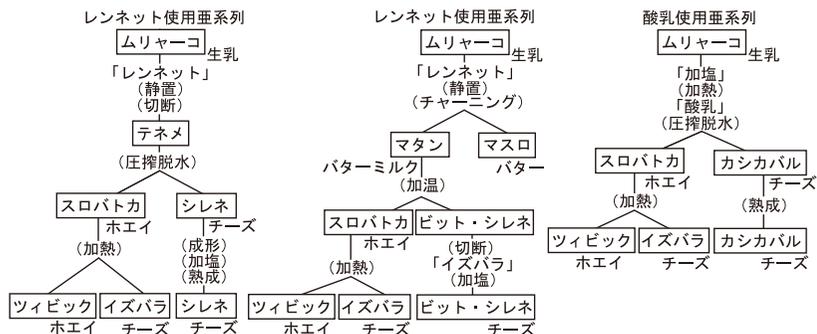


写真5 ブラノ・ムリヤーコを溜めた大樽カツァ（左）。樽底にブラノ・ムリヤーコがみえる（右）。

ロドピ山脈地域の人びとは、ヒツジの搾乳ができない10月から翌年5月まで、このブラノ・ムリヤーコを食べ続ける。食べる際は、その都度必要な分を表面からまんべんなく取っていくという。味は、とても酸っぱく濃厚で、舌を刺す感がし、チーズ様の香りがする。

除去したカイマックは、バター加工に利用される。ポリルカ borilka と呼ばれるチャーニ

3) 凝固剤使用系列群



□ : 生産物 「 」 : 添加物 () : 処理

体制移行前の乳加工体系



写真6 攪拌器のポリルカ。酸乳を上下に攪拌し、バターを生成する。攪拌棒の底面には穴が空けられている。大樽も攪拌器もヒノキ科ネズミサシ属 *Juniperus* の木材で作られている。

ング用の木樽（写真6）にカイマック、酸乳、および、ぬるま湯を注ぎ込み、攪拌棒で上下に1時間ほど攪拌してバターへと加工する。バターをマスロ *maslo* と呼ぶ。バターは塩水に漬けておけば、バターの状態で長期保存が可能であるという。

バターを収集した後に残るバターミルクをブルカニツァ *barkanitsa* と呼ぶ。バターミルクは、加熱することにより乳タンパク質を熱凝固させ、脱水する。ここにできたチーズをイズバラ *izvara*、ホエイをツイビックと呼ぶ。イズバラは料理に利用して直ぐに食べる他、次の凝固剤使用系列群で説明するビット・シレネ *bito sirene* の加工に用いることが多いという。ホエイのツイビックは、ヒツジやブタなどの家畜に与え、このツイビックを家畜に与えると家畜は肥るのだという。

2-2. 凝固剤使用系列群

ブルガリア南部で確認されたチーズには、シレネ *sirene*、ビット・シレネ *bito sirene*、カシカバル *kashkaval* の3種類、ホエイからのチーズにイズバラ *izvara* がある。凝固剤には、レンネットと酸乳とが用いられている。

シレネの加工では、生乳を加熱殺菌せず、搾乳したままの生乳に胃内容物の抽出液を加える。胃はシリシテ *sirishte* と呼ばれ、ウシ、ヒツジ、ヤギの反芻動物の仔畜の第四胃が用いられる。このシリシテの中には、小さい粒ヤトキ *yadki* が数個入っているという。仔畜が死亡し、第四胃が入手できた場合、この小さい粒を取り出し、紙などに挟み込んで吊り下げ、乾燥・保存しておいたという。凝固剤として利用する場合は、乾燥したヤトキをぬるま湯に入れ、しばらく置いてから、その液体を利用した。この液体をマヤ *maya* と呼ぶ。反芻動物の仔畜では、第四胃から凝乳酵素であるレンネットが生産される。マヤは、このレンネットを凝固剤として乳加工に利用した技術である。マヤの添加量は、生乳40ℓに対して大匙1杯程度である。現在では市販の液状マヤを利用している。

非殺菌乳にマヤを加えたならば、そのまま1時間ほど静置する。ここで凝固した凝乳をテネメ *teneme* という。その後、よくかき混ぜて凝乳を切断してから、布袋に入れ、重石などを置いて木製の濾し器を用いて圧搾脱水させる。ここで生成したチーズをシレネ、ホエイをスロバトカ *surovatka* と呼ぶ。チーズのシレネは、適度な大きさに切断して成形した後、ヒツジの皮袋であるミヤハ *myah* に塩水と一緒に詰めて保存する。味が良くなるとの理由で、塩水に漬けてから40日間位は静置し熟成させてから食するという。ホエイのスロバトカは、加熱してホエイタンパク質を熱凝固させ、チーズを生成させる。ここに生成したチーズをイズバラ、残りのホエイをツイビックと呼ぶ。

マンダラと呼ばれる牧夫の山小屋や一般世帯で加工されるチーズにカシカバルというチーズがある。カシカバルは、酸乳を凝固剤として用いて加工される。搾乳した生乳に、先ず塩を加える。加塩の量は、生乳1ℓに対して大匙5杯である。そして、かき混ぜながら加熱殺菌して

いく。生乳が沸騰してくるタイミングで酸乳キセロ・ムリヤーコを、生乳に対して1割程度加え、よく混ぜる。この酸乳を凝固剤として用いてチーズを加工する技術は、酸乳を加えることによって生乳のpHを下げ、乳タンパク質の等電点凝固を狙った加工である。凝乳を布で脱水し、重石を乗せるなどしてホエイの排除をしっかりと促す。布の中に残ったチーズがカシカバルで、排水されたホエイはスロバトカと呼ばれる。カシカバルを塊のまま木板の上に寄せ、時々反転させ、涼しい処に静置し乾燥を促し、30日～40日すれば自然に外側に皮膜ができるという。あまり長期保存はせず、30日～40日ほど静置・熟成させてから食すという。

レンネットを使用してビット・シレネ bito sirene と呼ばれるチーズ加工が、ロドピ山脈を中心に存在している。ビット・シレネ加工で特筆すべきは、チーズ加工の過程でバターが生成していることにある。今回の調査した地域では、インタビューした世帯のみが未だ記憶に留めていた加工法であるという。ビット・シレネ加工も、ブラノ・ムリヤーコの加工と同様に、人類の無形文化遺産から消え去ろうとしている。

まず地面に穴を掘り、木製チェーンのポリルカを埋めてしっかりと固定する。非殺菌の生乳40ℓを入れ、レンネットのマヤを加え、約1時間静置する。その後、温度を上げるために湯1ℓを加えてから、攪拌棒で上下に攪拌する。バターをマスロ、バターミルクはマタン matan と呼ぶ。バターは塩水に漬けておけば、長期保存が可能であるという。バターミルクのマタンは、大鍋に入れ、ゆっくりとかきまぜながら40℃～45℃に加熱し、乳タンパク質の凝固を促す。この加熱凝固の際、温度が高すぎると凝乳が固くなりすぎるため、加熱は注意深くおこなうという。凝乳を布に入れてホエイのスロバトカを排水し、布に入れたまま3日ほど吊るしておく。布の中に残った凝乳は、2cm角に切り、

イズバラ 1kg、塩 25g の割合で加え合わせ、ヒツジの皮袋ミヤハに詰めて、しっかりと空気を抜いて保存する。ここにできたチーズをビット・シレネと呼ぶ。ビットは“打った”を意味するブルガリア語のビット bit からきており、ビット・シレネの名称はチャーニング過程で攪拌棒を上下に打ったことに由来している。ビット・シレネは、シレネよりも長期保存が可能で、ヒツジの皮袋に入れたままにしておくとも2年は保存することができるという。かつて、チーズとしての長期保存は、シレネよりも、このビット・シレネに主に依っていたという。ホエイのスロバトカは、加熱してホエイタンパク質を凝固させ、チーズのイズバラへと加工する。ここで生じたホエイをツイビックと呼び、ツイビックは家畜に与える。このように、ロドピ山脈では凝固剤使用系列群の乳加工技術により、チーズを加工し、バターをも生成させている。搾乳期間中の5月から8月までは、ビット・シレネ/マスロへの加工を中心にして、かつてバター加工を主におこなっていたという。

3. ブルガリア南部に特徴的な乳加工体系を形成した要因とその由来

ここで、ブルガリア南部の乳加工体系の特徴を形成した要因や起原・由来について検討しておきたい。

3-1. 発酵乳系列群の由来と変遷：西アジア型の発酵乳系列群

酸乳からチャーニングしてバターを加工し、バターミルクからは熱凝固によりチーズを加工していた。この乳加工技術は、西アジアで乳加工の根幹を形成する発酵乳系列群の乳加工技術とまさに共通した技術である(平田, 1999)。搾乳技術と発酵乳系列群の乳加工技術が西アジアに起原し、この西アジア型の発酵乳系列群の乳加工技術が周辺に伝播したとすると(平田,

2008a), ブルガリアで実践される発酵乳系列群も西アジアから伝わった乳加工技術である可能性が極めて高いことになる。

ただ、乳脂肪の分画・保存はバター段階で終わっている。西アジアでは暑熱環境にあり、水分含量の高いバターのままでは腐敗し易く、乳脂肪分画の最終形態として必ずバターオイルまで加工し、水分含量をより低くして長期保存する。ブルガリアでは月平均気温が夏でも20℃を下回る。このような冷涼環境であるために、バターのままでもビン容器に入れて半地下に置いておけば、もしくは、加塩して水分活性を低下させた状態で、長期保存が可能となる。このように、ブルガリアの発酵乳系列群は西アジア由来の乳加工技術である可能性が極めて高く、冷涼性ゆえに乳脂肪分画の最終形態がバターで終り、バターオイルへの加工が欠落していったと考えられる。

3-2. 酸乳のままでも長期保存を可能にする環境設定：冷涼性

酸乳ブラノ・ムリャーコは、クリームを除去し、木樽に入れ、ホエイをできるだけ排除するだけで、山小屋の涼しい場所で翌年の搾乳シーズンが始まるまで長期保存させていた(写真7)。このブルガリアのブラノ・ムリャーコの事例は、冷涼な地域ではチーズの形態まで加工しなくとも、水分含量の比較的高い酸乳の状態でも長期保存が可能であることを示している。

西アジアでは暑熱環境下にあるため、酸乳を長期保存するには、酸乳を脱水し、加塩して、直ぐに天日乾燥させ、水分含量を極度に抑えたチーズの形態にせざるをえない。アジア大陸南方域においては、水分含量の高い酸乳の状態でも長期保存することは決してない。一方、酸乳の長期保存はブルガリアと同じ冷涼地域のモンゴルなどでも報告されている(平田, 2008a; 2002)。この冷涼性こそが、酸乳のままでも長期保存を可能にさせ、更には乳加工を多様に展

開させることを可能にする状況を提供しているものと考えられる。冷涼性こそ、酸乳の保存、クリーム分離、熟成、カビ利用など、ヨーロッパ、中央アジア、北アジアで乳加工技術を展開させた動力源なのである。

3-3. 萌芽的なクリーム分離系列群の存在

バター加工は、酸乳の上層に浮くクリームを取り分けて、全乳からの酸乳と一緒にしてチャングしておこなっていた。発酵乳系列群からクリーム分離系列群へと展開していく萌芽的な乳加工技術として極めて興味深い。

クリーム分離系列群とは、生乳から最初にクリームを分離し、クリームからの乳脂肪分画とスキムミルクからの乳タンパク質分画がそれぞれに展開していく乳加工技術である。これまでに著者らは、西アジアのシリア(平田, 2008b)やコーカサスのグルジア・アルメニア(平田, 2009)などを事例として、発酵乳系列群からクリーム分離系列群への発達史論を考察してきた。発酵乳系列群の乳加工技術が西アジアから北方地域に伝播し、北方地域でクリーム分離系列群へと展開していった経緯を鑑みると、発酵乳系列群からクリーム分離系列群への発達史論は人類の乳加工史・乳利用史を再構築する上で



写真7 羊舎の脇にある小さな山小屋。ここで乳加工がおこなわれる。酸乳のキセロ・ムリャーコやブラノ・ムリャーコなどの乳製品が、この山小屋に静置され、長期保存される。

極めて重要な論考となる。西アジアのシリアでは、乳脂肪は浮上するという性質とバター加工の作業効率性から、発酵乳系列群からクリーム分離系列群への乳加工技術へと変遷していった可能性が高いと考えられた。コーカサスのグルジア・アルメニアでは、冷涼な生態環境にあるがために発酵乳系列群からクリーム分離系列群へと発達していった可能性が高いと考えられた。

ブルガリアの事例では、酸乳キセロ・ムリャーコからクリームのカイマックを分離し、プラノ・ムリャーコとして長期保存していた。このクリームを酸乳から分離するのは、クリームは長期に放置してしまうと味の劣化が生じ、酸乳を長期に保存するには不要な存在であるがために、クリームを酸乳から分離していた。もっとも、酸乳の状態のままで長期に保存できるのは、既に検討した通り、ブルガリアが冷涼な生態環境下にあるためである。つまり、ブルガリアでクリームを分離するのは、冷涼な生態環境条件のもと、酸乳を長期保存するには不必要であるから乳脂肪を除去しているのである。冷涼な生態環境と酸乳の長期保存における不必要性が、ブルガリアにおいては発酵乳系列群から萌芽的なクリーム分離系列群の乳加工技術へと変遷させていったと考えられる。ブルガリアでは、西アジアにもコーカサスにも認められない食味の低下という味覚上の問題が、クリーム分離の一要因となっているのである。このクリーム分離の処理は、ヨーロッパでクリームからバターを効率的・衛生的に大量に加工するという乳脂肪分画技術へと洗練されていくことになる。

3-4. レンネット利用の起原論：レンネットを用いたバター加工

レンネットを用いて生乳を凝固させ、凝乳をチャーニングしてバターとチーズ（ビット・シレネ）を加工していた。レンネットを用いてバターを加工しているのは、アジア大陸におい

ては他には報告されていない。アフリカ大陸やヨーロッパにおいても確認されていない。西アジアやヨーロッパでは、レンネットはチーズを加工する際に凝乳酵素として専ら利用されているだけで、バター加工には全く利用されていないのである。乳利用の起原地の西アジアでは、バター加工は酸乳のチャーニングのみによっている。バターとチーズの加工にレンネットを用いることは、人類の乳加工史上において極めて珍しい乳加工技術であるといえよう。

乳加工の本質は“保存”である（中尾, 1992）。生乳の場合、いかに乳脂肪と乳タンパク質とを分離・保存するか、に、乳加工の価値がかかっている。バター／バターオイルやチーズの保存形態にまで加工できたからこそ、搾乳の端境期を乗り切れ、牧畜民は乳に生活の多くを依存できているのである（平田, 1999）。バターを加工するためには、乳中に含まれる脂肪球に衝撃を与え、脂肪球膜を物理的破壊して、脂肪球内部から乳脂肪を取り出し、乳脂肪同士を重合させる必要がある。この脂肪球膜を物理的破壊する作業がチャーニングである。アジア大陸では脂肪球に衝撃を与える作業として、ヒツジなどの革袋や攪拌桶・棒がたいい利用されている。チャーニングしてバターを生成させるためには、脂肪球に衝撃を伝えられるように生乳の抵抗力を高めた方が有効である。アジア大陸の牧畜民は、生乳の抵抗性を高めるために、ゲル状の酸乳にするという酸乳化の技術を利用している。ただ、生乳に抵抗力を高めさせるには、酸乳化であってもレンネットによるカゼイン蛋白質の重合であっても、チャーニングによるバター加工のための摩擦力増加の役目は果たすことになる。本来は、西アジアでみられるように、生乳を酸乳にして、抵抗力の増した酸乳をチャーニングしてバターを加工していた。バルカン半島に至って、バター加工の対象物が酸乳に加えて、レンネット凝乳が加わっている。バ

ルカン半島北部に隣接するハンガリーでみられる酸乳タールホー加工では、乳酸発酵が速やかに進行しない場合、仔ヒツジの第四胃内の凝固乳を加えるという（足立，2002）。バルカン半島域では凝固を促すために、確かにレンネットが使われているのである。本来のレンネット利用、つまり、仔畜の第四胃および第四胃内凝固乳の利用は、当初はチーズ加工にはなく、生乳の凝固、更にはバター加工のためだったのかもしれない。ブルガリアでは、当初はレンネットが生乳の凝固やバター加工に利用されていたものが、チャーニングせず、そのまま脱水することによりチーズの加工へと転用されていった可能性があるのである。このように考えると、このブルガリアにおけるバター加工のためのレンネット技術は、チーズ加工におけるレンネット利用の起原である可能性があり、注目に値する事例である。足立（2002）も、中央アジアから西アジアにおけるアーリア系およびチュルク系の民族移動史とレンネット利用、ハンガリーやルーマニアでみられるレンネットの原始的な利用法などを鑑み、レンネット利用の起原をバルカン半島北部と推定している。

もし、最初のレンネット利用が生乳凝固・チャーニングによるバター加工にあったのであれば、レンネット利用はバルカン半島が発祥となる。このレンネットこそ、ヨーロッパで開花するチーズ文化へと繋がっていく乳加工技術である。その起原地の一候補地がバルカン半島であるといえるのである。

3-5. 熟成型チーズ加工の原型：西アジアとヨーロッパの中間的なブルガリアのチーズ加工

チーズのシレネを塩水漬けにしてから、40日前後は静置すると味が落ち着く、旨くなるとしていた。ブルガリアでは、塩水に漬けた形態で「熟成」という考え方がチーズに対して確かに働いている。熟成とは、「食品をある条件において良好な状態にさせること（野口，2002）」

を意味する。チーズは熟成中に、原料乳由来の酵素、レンネット、乳酸菌やカビ由来の酵素により、乳中の乳タンパク質、乳脂肪、乳糖が分解され、風味成分へと変換し、組織も柔らかく滑らかなものへと変化する（相沢，1998）。ブルガリアでは、シレネを冷涼な塩水に漬けて酵素の働きにより有機物の分解を進めて風味を確かに良くさせているのである。

乾燥地の西アジアでは、気温が高いために良好な条件に置くことができず、チーズは熟成することが難しく、天日乾燥させて直ぐに酵素活性を停止させてしまう。暑熱環境下では、熟成よりも保存することが第一の目的となる。夏に乾燥するイタリアでは、チーズ加工にはカビを用いるよりも、主に乳酸菌由来の酵素を活用し、加塩してから涼しい場所に静置して、数ヶ月から数年間熟成させて旨味を引き立たせる加工法が主流となる。イタリアでは、熟成させることがチーズ加工において特化しており、極めて重要な工程となっている。一年を通じて冷涼で比較的湿度の高いフランスやイギリスなどでは、カビを用いてチーズを熟成させ風味をつける。フランスやイギリスなどでもチーズの熟成は、厳密に温度（低温）と湿度（高湿度）を管理し、静置期間を規定し、チーズ加工において繊細で極めて重要な工程となっている。

ブルガリアのチーズ加工は、天日に当てて直ぐには乾燥させず、ただ塩水に漬けて数ヶ月間静置して熟成させる。その工程は、塩水に漬けておくだけで、それほどまでに熟成には特化されていない。西アジアとヨーロッパとで比較すると、バルカン半島のブルガリアのチーズ加工技術は西アジアとヨーロッパのちょうど中間的な位置にあるといえよう。

チーズの加工は、熟成という点で冷涼・湿潤なヨーロッパで見事に開花する。そんな熟成型チーズ加工の原型が、今日のブルガリアでみられる塩漬けチーズであるという可能性は確かに

考えられる。ブルガリアでみられるチーズ加工がヨーロッパ諸国に伝わったとすると、ブルガリアで今日も実践されるチーズ加工がヨーロッパのチーズ加工の土台を形成したことになる。レンネット利用・熟成のチーズ加工の発達史を考察する上で、バルカン半島のブルガリアの事例は極めて有益で意義のある情報を提供しているといえよう。

おわりに

本稿では、ブルガリア南西部の乳加工体系とその特徴を明らかにし、その乳加工発達史を論考した。ブルガリアのチーズ加工技術は西アジアとヨーロッパのちょうど中間的な位置にあり、ヨーロッパのチーズ加工の土台を形成した可能性が高く、レンネット利用によるチーズ加工の起原地の一候補地がバルカン半島である可能性もあることなど、ブルガリアの乳文化は人類の乳加工史において極めて重要な乳加工技術を今日に伝えている。

ブルガリアの人びとは、もてなしが厚く、とても親切で、知り合いになるといつも笑顔で迎え入れてくれる。アジアの多くの牧畜民の人びとも、とても親切で、もてなしが厚い。しかし、バルカン半島のブルガリアの人びとは、アジアの牧畜民の人びとは異なる種類の深いあたたかさを持っている。例えるならば、それぞれ

の地域に個性的なパイ生地パンのバーニツァ(写真4)を時間をかけて丁寧に手作りを用意し、自家製の酸乳キセロ・ムリャーコとで人をもてなし、夕方にでもなれば自家製のワインやワイン蒸留酒であるラキアを飲みながら食事と語り合いとで長時間共にする、というような楽しみと喜びとを共有し合うあたたかさである。

だが、そんなブルガリアの地方農村における伝統的な風習や生活が崩壊の危機に瀕している。ウシ飼養頭数10頭以下の小規模農家は、乳製品を販売することも法律で禁止されてしまい、家畜の飼料代も高騰を続けている。乳加工技術も、多くは既に忘れ去られ、更に乳加工そのものがおこなわれなくなるという状況に陥っているのが現状である。ブルガリアの家畜頭数は、社会主義の崩壊、EU経済圏への加入と、社会経済の体制が激動する中、減少の一途をたどっている(漆原・ピーター, 2008; 平田ら, 2010)。若者も都市へと流出し、農村自体が成り立たなくなっているのである。ブルガリアに限らず、ユーラシア大陸の多くの地域で、伝統的な乳加工技術が喪失しようとしている。ユーラシア大陸の広域にわたる乳文化調査は、今こそ調査の必要性に迫られているのである。乳文化という人類の貴重な無形文化遺産を失う前に。

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

- 1) 相沢茂, 1998. 「チーズ」伊藤敏・渡邊乾二・伊藤良編『動物資源利用学』文永堂, 94-104頁.
- 2) 足立達, 2002. 『乳製品の世界外史—世界とくにアジアにおける乳業技術の史的展開—』東北大学出版会.
- 3) 国立天文台編, 1997. 「気象」『理科年表』丸善, 308-372頁.
- 4) 漆原和子・ピーター ペトロフ, 2008. 「ブルガリアにおける EU 加盟後の羊の移牧の変貌」『法政大学文学部紀要』57: 57-67.
- 5) 中尾佐助, 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, 267-293頁.
- 6) 野口忠, 2002. 『栄養・生化学辞典』朝倉書店.
- 7) 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.

- 8) 平田昌弘, 2002. 「モンゴル国ドンドゴビ県サインツァガーン郡・デレン郡における乳加工体系」『沙漠研究』12(1): 1-11.
- 9) 平田昌弘, 2008a. 「アジア大陸における乳文化圏と発酵乳加工発達史」石毛直道編著『世界の発酵乳』はる書房, 174-197 頁.
- 10) 平田昌弘, 2008b. 「発酵乳系列群からクリーム分離系列群へ発達史論～シリアの半農半牧民の事例から～」『沙漠研究』18(2): 57-65.
- 11) 平田昌弘, 2009. 「コーカサスにおける乳加工体系—グルジア・アルメニアの農牧民の事例を通して—」『Milk Science』58(1): 1-14
- 12) 平田昌弘, ヨトヴァ マリア, 内田健治, 元島英雅, 2010. 「ブルガリア南西部の乳加工体系」『Milk Science』59(3): 237-253.
- 13) 平田昌弘, 2011. 「ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品 第10回 アジア大陸中央部高原地帯—インド北部でのチベット系移牧民ラダークの事例」『New Food Industry』53(8): 75-86.
- 14) Efstratiou, N., 1999. Pastoralism in highland Rhodope' Archaeological implications from recent observations. In Bartosiewicz, L. and Greenfield, H.J. (eds), *Recent Perspectives from Archaeology History and Ethnology*, ARCHAEOLOGIA ALAPÍTVÁNY, Budapest, pp. 145-158.

注) 本稿は、2010年に『Milk Science』誌に発表した「ブルガリア南西部の乳加工体系」をもとに大幅に書き改めたものである。



70年前の移牧をおこなっていた当時の乳加工体系について、まるで昨日のように熱く語ってくれるA氏。その語り口は力強く、逞しさと優しさとにつつまれている。

伝える心・伝えられたもの

—焼畑が教えてくれたこと—

宮尾 茂雄

(東京家政大学)

焼畑を訪ねて

「焼畑」という言葉を初めて耳にしたのは中学の社会科の時間であった。化学肥料などは使わず、森を伐採して焼き、それらを肥料として作物を作る原初的な農耕法であると思っていた。その後、お茶の起源を調べるなかで出会った「照葉樹林文化とは何か」の中で、佐々木高明氏は焼畑を「照葉樹林文化を支えるもっとも重要な生業」¹⁾と位置づけ、中国、東南アジア、台湾、日本（西南日本・五木村など）と地域は異なっているが、火を入れて焼いた跡の焼畑で栽培される陸稲、アワなどの雑穀類やマメ類、サトイモなどのイモ類といった作物構成の類似性を指摘された。さらに興味深いことに、これらの地域の食文化には、粽やおこわなどのもち米食、なれずし、納豆、麴酒などの発酵食品、茶葉の食用や飲用などの共通性があった¹⁾。しかし遠い地域の話であり、一方、国内では戦後の高度経済成長期頃までといわれており¹⁾、現在焼畑が行なわれている地域があることを私自身は知らなかった。

朝日新聞の紙面（平成 22 年 8 月）で、鶴岡市郊外で焼畑栽培や藤沢カブなど山形在来作物の発掘、保護、育成に取り組む山形大学農学部江頭宏昌先生の記事を目にした時、驚きとともに焼畑を身近なものと感じた。焼畑で栽培されたカブは従来の畑で採れたものと比べて美味しいとも言われているので、機会があれば是非訪れてみたいと思っていた。

平成 22 年 11 月末に山形市で行なわれた研究会の後、月山道路を抜けて鶴岡まで足を延ばした。焼畑栽培が行なわれている地域は鶴岡市郊外ということだけで、詳細は分からなかった。市の農政課に問い合わせたところ、「個人的なことはお話できないが、山形県の在来作物を使った漬物を作っている漬物店、本長（ほんちょう）さんは、焼畑栽培の農家の方とも親しいので、お話などを聞くことができるかもしれない。」と紹介して下さった。それが株式会社本長、本間光廣さんの会社であった（写真 1）。

本長は鶴岡から電車で一駅、羽前大山という酒造りが盛んな土地にあり、地元の造り酒屋に勤めておられた先々代が明治 41 年、酒粕を利用した漬物の製造を始められたそうだ。今もその当時の一部を漬物蔵として使用している。本間光廣さんは以前から、山形の在来作物に関心を持ち、藤沢カブの焼畑栽培が復活し、軌道に乗り始めた平成 2 年以降は収穫されたカブを買い上げて漬物に加工利用する道を開き、現在も

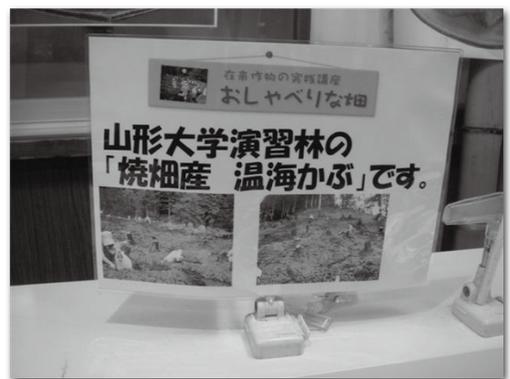


写真 1 焼畑産温海カブの紹介（本長にて）



写真2 漬物用の藤沢カブ（本長にて）



写真3 山の斜面に造られた焼畑



写真4 切り株の周囲に育った藤沢カブ



写真5 藤沢カブ

続けておられる（写真2）。本間さんとは以前研究会でお会いしたことがあり、今回突然伺った経緯を説明したところ、カブの収穫は10月から始まるので、今も残っているかどうかわからないとお話であったが、お忙しい中、時間をさいて焼畑栽培が続けられている藤沢地区に案内して下さいました。

藤沢地区は藤沢周平が中学校の教師をしていた湯田川温泉の近くにあった。水田から細い急傾斜の山道に入り、車を降りて、沢沿いの道をさらに登っていった。まもなく山の斜面一区画の木々が伐採された跡に、30～60cm程の切り株があちこちに残っていた（写真3）。切り株のまわりには、11月末の寒さにもかかわらず、一面に緑の葉が勢い良く繁っていた（写真4、5）。薄暗い林道を歩いてきたので、急に空がぽっかり開けたようで、カブ畑には明るい日差しが注いでいた。元気な葉は藤沢カブであり、根



写真6 藤沢カブは地上部分が紅色であざやか

元を見ると紅く色づいたカブの一部が地面から数センチ頭を出していた（写真6）。

林道からは作業用の細い階段が畑まで続いていた（写真7）。急な斜面は、当日の雨の後でぬかるんでおり、一步一步進むのが容易ではなかった。山砂や土を混ぜて指先一つみくらの少量の種を播いていく、平地と違い傾斜がきついで、雨水で流されない工夫なのだろう。込み入ったところは間引きを行い、カブを育てる。カブの直径が2～3cm程度に太くなったら収穫する。農作業のすべてはこの急斜面で行われるわけで、たいへんな重労働だろう。藤沢カブは昭和60年代には渡会美代子さんという地元の農家の方がお一人で細々と栽培するだけとなっていたが、その後、種は地元の農家に引き継がれた。周囲からの支援もあり、今は漬物や鶴岡市内のレストランの食材として利用され、多くの人が口にできるまでに広がっている²⁻⁴⁾。



写真7 畑への登り口

焼畑の一年

本間さんから焼畑の「火入れ」の様子をうかがった。前年の秋に杉の木を伐採し、梅雨明け後「山ばらい」を行う。斜面に残った枝や葉を乾燥した後、敷きつめて火床の準備を行なう。8月10日前後に、「火入れ」を行う。山の風が凩いだ午前2時頃から日の出までの間に火をかけて、山裾へと火を追って行く。下まで焼き下ろすには昼頃までかかるそうだ。責任者を中心に、号令を出しながら、何人もの共同作業で行なわれる。勢いよく燃え上がる炎が相手であり、チームワークが必要だ。本間さんや会社の従業員の方も参加されたそうだ。「見物人の方が多いくらいでした。」と笑っておられた（写真8, 9）。地面がまだ熱いうちに種を播き、カブを育てる。10月に入ると、収穫できるようになる。

冬が近づき、カブの収穫が進んで株の間から地面の黒土が見え始め、畑の中を楽に歩き回ることができるようになると、その年のカブの収穫は終了する。残ったカブはそのまま深い雪の下で春



写真8 火入れ、夜明け前（本間光廣さん提供）



写真9 火入れ、昼頃（本間光廣さん提供）



写真 10 本間光廣さん (左)

を待つ。雪が溶け、茎が伸びて花が咲く（とう立ち）。4月末から5月初めにかけてカブ畑一面が黄色い花畑に変わるそうだ。「とてもきれいですから是非いらして下さい」と本間さんがおっしゃっていた（写真 10）。5月末にはカブの種を採り、また新しい一年が始まる。

山仕事とカブの栽培は密接に関連している。カブを栽培したのち、杉などの苗木を植林する。何十年後になるか、大きく育った木は木材として出荷される。伐採を行った際に残る枝や葉を焼いて灰にすることで土壤の消毒、寄生虫防除

ができ、木灰は肥料にもなり、農薬を使わずに作物栽培が可能となる。植林した山は子供や孫の世代へと引き継がれていく。林業と焼畑、50年から100年位の周期を考えているという。

カブの由来

「寒い夏はカブの種を播け」という言い伝えが鶴岡にはあると本間さんが教えてくださった。米が不作の時はカブを育て、飢饉に備える。カブは8月に種を播いても、10月には収穫できる。ソバと並んで生育の早い作物である。その年の稲の作柄があまり良くないと予測された時点で種を撒いても冬までには収穫できる。このような救荒作物としての優れた面が、庄内地方に今も残る多様なカブの品種（温海カブ、田川カブ、宝田谷カブ、藤沢カブなど）を生み出したのだろうか。

カブはもともと日本原産ではなく、かなり古い時代に日本国内に伝えられた。奈良時代の書物「日本書紀」の持統天皇7年（693年）3月17日条には、「桑、紵（カラムシ、イラクサ科の多年生植物、丈夫な繊維がとれるため古代から利用されていた）、梨、栗、蕪菁（かぶら）らの草木を勧め植えて、以て五穀を助けしむ」との詔が出され⁵⁾、栽培が奨励されたとある⁶⁾。「阿乎奈（あおな）」、「蔓菁（あおな）」、「河夫毘（かぶら）」と書かれた木簡が当時の遺跡から出土し、葉も根もいろいろに調理されたことがわかっている⁷⁾。温海カブの起源を遡ると鎌倉時代までいきつく⁶⁾。江戸時代、江戸の町では高値で取引されていたそう³⁾。

焼畑は二酸化炭素の放出で地球温暖化を促進するとの意見もあるが、江頭先生は植林すれば数十年後には同等の二酸化炭素は回収でき、大きな問題にはならないと考えておられる³⁾。南米などで進行中のジャングルを焼き払い、収益性の高い単一作物、例えばバイオエタノールとして需要の高いトウモロコシなどの大規模栽培とは全く発想が違う。木や農作物、それを生み出す土を慈しむ持続可能な栽培法である。しかし現在、国産杉材の価格低迷により材木が売れず、伐採地（焼畑候補地）も激減し、また焼畑人口の高齢化により焼畑栽培は存続が難しくなっている^{3,4)}。

庄内地方の焼畑はいつ頃から行われていたのだろうか。焼畑農耕文化は縄文時代の後・晩期に日本列島、西日本の照葉樹林帯に伝来したとされ⁸⁾、「稲作以前の日本農業の形」を伝承している⁶⁾。九州、四国、中部地方の山村で営まれていた焼畑の主要作物はアワ、ソバ、ダイズ、アズキ、ヒエ、サトイモなどで、カブ栽培の記述は見あたらない^{1,8)}。またこれらの地域は照葉樹林帯、庄内地方は落葉広葉樹林帯に属しており、従来から言われている「焼畑文化圏」とは地理的にも異なる。

一方、日本在来のカブには洋種系と和種系の二種があり、東日本には洋種系のカブが分布している^{6,8)}。これらはシベリア、中国東北部から日本に入ってきたとされているが、カブの伝来とともに焼畑栽培の技術も大陸から伝わったのだろうか。それとももっと近世になって始められたものなのだろうか。

鶴岡市農政課のお話では、「庄内では江戸時代には平場は全て水田になり、米作りが行なわれていた。山間部、米を作れないところに他の作物、カブなどを栽培していた」とのことだ。山を拓く手段として、焼畑が生まれたのだろうか。

温海カブに会う

山形県温海温泉に近い山間の集落でも古い時代から「温海カブ」が焼畑で栽培されてきた。これを平地で作るとカブ本来の性質が出ないので、この栽培法が守られてきた⁶⁾。

藤沢地区から、江頭先生が「焼畑ロード」と名づけた国道 345 号線に入ると、国道沿いには山林を切り開いた焼畑がところどころに見えた（写真 11）。畑の際まで入ると、種採り用に残された直径 5cm 位の丸々とした鮮やかな赤カブが残っていた（写真 12）。このあたりは標識に田川地区とあるので、「田川カブ」だろうか。国道を途中から温海温泉方面に右折し、一霞地区をめざした。知人のお父様、本間時夫さんが温海カブを栽培しているので、立ち寄らせていただいた。時夫さんは長い間山仕事に従事され、以前は山を拓き、焼畑で温海カブを作っていたが、数年前に腰を痛めてから、平地で栽培している。山で焼畑をしていた頃は、火入れの時期が来ると息子さんたちが手伝いに来られていたそう



写真 11 田川地区の焼畑



写真 12 田川カブ

だ。傾斜の畑が管理できなくなってからも、枝や葉を山から持ってきて、畑にまいて焼いている。そうすることで、「虫やバイキンを防ぐこ



写真 13 本間時夫さんとカブ畑



写真 14 温海カブの収穫



写真 15 真紅に色づいた温海カブ

とができる」とのお話だった。

お会いすると、今年は夏の暑さと水不足でカブはまったくの不作とがっかりされていたが、さっそく畑に案内していただいた(写真 13)。川沿いの畑には真紅に色づいた温海カブがたくさん頭を出しており、好きなだけ採っていくようにと言っていた。ご自分でも「これは美人、自慢できるけれど、これはだめだね」、「やっぱりきれいに赤くならないといけない」などと話しながら抜いてくださった(写真 14)。土が柔らかいせいか、軽く引っ張るだけでカブが抜ける。根は丸くふくらんだ部分にはほとんどなく、先の方にあるだけで(写真 15, 16)、絵本「おおきなかぶ(ロシア民話、福音館)」のようにおじいさん、おばあさんから動物たちまで絵がかりで「うんとこしょ、どっこいしょ」と力いっぱい引き抜く必要はなかった。

いただいた温海カブは東京に持ち帰り、教えていただいた漬け方でさっそく甘酢漬けにした。葉や根を落して正味で 6kg もあった。やがて、やや表面がしわくちゃで鮮やかな赤色に染まったカブが甕にどっさり漬かった(写真 17)。ほどよい食感と噛みしめたときのややツンとした独特の辛み、甘酸っぱさで美味しかった。

現在は甘酢漬けが多いが、30年くらい前はみそと塩(ときには麴や柿)で漬け込む「あば漬け」が主流だったそうだ³⁾。1976年発行の「漬け物読本<茂野悠一著>」には山形の漬け物として焼畑栽培の温海カブの漬物「あば漬け」が



写真 16 秋の日に輝く、ご自慢の美人カブ



写真 17 温海カブの甘酢漬け

紹介されている。本間光廣さんのお話では「温海カブの軽い味噌漬」とのことだ。カブの味噌漬け(軽い塩漬け後、陰干ししてから味噌に漬け込む)は手入れを良くすると1年以上長持ちさせることができる⁹⁾。次の収穫期までの1年間保存食として、味噌漬のカブを大切に食していたのかもしれない。

山形は在来作物の宝庫

山形には在来作物がたくさん残っている。だだちゃ豆、雪菜、民田なす、米沢のウコギ、オカヒジキなど約130種ともいわれる^{3,4)}。そのうち在来カブは藤沢カブ、温海カブなど約22種類あり、丸カブや長カブ、白カブや赤カブなど様々で、一部は今も焼畑栽培が続けられている³⁾。山形在来作物研究会編「どこかの畑の片すみで—在来作物はやまがたの文化財—」の中には、「なぜ、山形県には多くの在来作物が残っているのでしょうか。在来作物を栽培している人々に聞くと一番多く返ってくる答えは「美味しいから」とある。そして「焼畑でつくられた作物は、体験的に普通畑のものよりもおいしいといわれることがある。」³⁾という。焼畑ロードの途中で立ち寄った茶店の方も、毎年カブをたくさん漬けて東京の知人に送り喜ばれているそうだ。「このあたりの焼畑で作るカブでないと美味しくできない、きっとどこか違うのでしょうかね。」と嬉しそうに話されていた。本間時夫さんのお宅にお邪魔した時も、車で甘酢漬けを取りに来られる方があり、ファンが多いようだ。

何故美味しくなるのだろうか。長年にわたり木曾の人々の暮らしを記録された市川健夫氏によると「ソバ作りと森林の関係は、極めて濃厚」であるが、明治時代から木曾御料林では焼畑耕作が禁止されたために、ソバ畑では刈敷(クヌギ、ナラの若枝)やクマザサの灰を肥料として使っていた。「ソバのように品種改良をあまり経ていない作物は、化学肥料のみで栽培するとうましくない。(略)最近ソバの風味がなくなったのは、(略)新品種が作られるようになり、また有機質肥料があまりつかわれなからだ」という¹⁰⁾。在来作物にはそれに適した栽培法があり、それを継承することが美味しさの秘密なのだろう。

「美味しい」という作物に対する信頼、地元の方や大学の研究者など多くの方の協力で続けられた焼畑と在来作物の栽培、問題はまだまだ山積みかもしれないが、素晴らしいネットワークができている。漬物の味は素材の良さに負うところが大きい。農作物そのものの持つ力がおいしい漬物を生み出してくれる。漬物を知るには、農作物を知ること、それを守り、育てようと努力される方の作物に対する愛情や知恵を知ることが大切である。農作物は人と土に支えられた自然の賜物であるとあらためて思った。

ご多忙にもかかわらずカブ畑に案内していただき、興味深いお話をさせていただいた株式会社本長の本間光廣様、一霞地区本間時夫様に感謝申し上げます。なお本文中写真8及び9は本間光廣様からご提供いただき、掲載のご許可をいただいたものです。

参考資料

- 1) 佐々木高明：照葉樹林文化とは何か，中央公論新社（2007）
- 2) つちだよしはる：おじいちゃんのカブづくり，そうえん社（2008）
- 3) 山形在来作物研究会編：どこかの畑の片すみで—在来作物はやまがたの文化財—，山形大学出版会（2007）
- 4) 山形在来作物研究会編：おしゃべりな畑—やまがたの在来作物は生きた文化財—，山形大学出版会（2010）
- 5) 木村茂光：ハタケと日本人，中公新書 1338，中央公論社（1996）
- 6) 菅 洋：有用作物，ものと人間の文化史 119，法政大学出版局（2004）
- 7) 廣野 卓：食の万葉集，中公新書 1452，中央公論社（1998）
- 8) 佐々木高明：日本文化の基層を探る ナラ林文化と照葉樹林文化，NHKブックス [667]，日本放送出版協会（1993）
- 9) 家庭漬物の漬け方辞典，東光書院（1934年）
- 10) 市川健夫：山と木の日本人 森に生きる木曾人の暮らし，NHKブックス〈カラー版〉，日本放送出版協会（1989）

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

ニューフードインダストリー 第53巻 第11号

印刷 平成 23 年 10 月 25 日
発行 平成 23 年 11 月 1 日
発行人 宇田 守孝
編集人 村松 右一
発行所 株式会社食品資材研究会
〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)
TEL:03-3254-9191(代表)
FAX:03-3256-9559
振込先:三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318
三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432
郵便振替口座 00110-6-62663
印刷所 株式会社アイエムアート
定 価 2,100円(本体2,000円+税)(送料100円)

email:info@newfoodindustry.com