

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2011 Vol.53 No.8

8

論 説

- パン酵母 β -グルカン, ブドウ皮粉碎物, 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
- 機能性素材: アロエベラ高純度エキス/AVGEの生活習慣病改善作用
- ー地域の食資源から抗酸化作用と生理機能の探索ー
アピオスの血圧降下作用
- パン酵母とそれに特異的なIgGを含む
シバヤギ乳IgG分画のマウスI型アレルギー軽減作用
- 若年女性の味覚感受性について ー舌の部位によって味覚感受性は異なるのかー
- 食品中の塩分濃度
- 蛍光標識テクノロジーを利用した食中毒細菌エコロジーの理解
- 業界を変えた驚くべきヒット食品 ー「こくうま」東海漬物株式会社 ー

連載 ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

- 第8回 北アジアーモンゴルの遊牧民の事例

連載

- 薬膳の知恵 (59)
- 築地市場魚貝辞典 (アユ)



論 説

- ☐ パン酵母 β -グルカン, ブドウ皮粉碎物, 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
..... 酒本 秀一, 糟谷 健二, 海野 徹也, 古澤 修一 1

- ☐ 機能性素材:
アロエベラ高純度エキス/AVGEの生活習慣病改善作用
..... 山田 宗夫, 野間口 光治, 樋田 知宏, 岩附 慧二 12

- ☐ -地域の食資源から抗酸化作用と生理機能の探索-
アピオスの血圧降下作用
..... 岩井 邦久 19

- ☐ パン酵母とそれに特異的なIgGを含む
シバヤギ乳IgG分画のマウスI型アレルギー軽減作用
..... 大谷 元 28

- ☐ 若年女性の味覚感受性について
-舌の部位によって味覚感受性は異なるのか-
..... 小林 三智子 39

- ☐ 食品中の塩分濃度
..... 堀口 恵子 46

- ☐ 蛍光標識テクノロジーを利用した
食中毒細菌エコロジーの理解
..... 澤辺 桃子, 澤辺 智雄 57

- ☐ 業界を変えた驚くべきヒット食品
-「こくうま」東海漬物株式会社-
..... 田形 暁作 67

Contents

2011 年 8 月号

連載 ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

□ 第 8 回 北アジア—モンゴルの遊牧民の事例

..... 平田 昌弘 67

□ 築地市場魚貝辞典 (アユ)

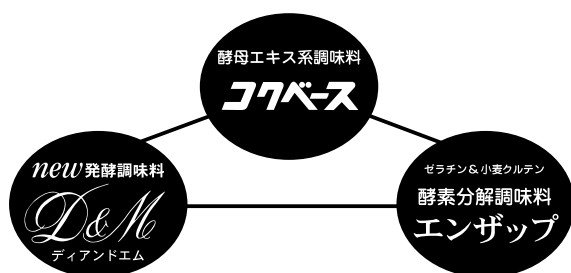
..... 山田 和彦 87

□ 薬膳の知恵 (59)

..... 荒 勝俊 93

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ



新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

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



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

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

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

酒本 秀一^{*1} 糟谷 健二^{*2} 海野 徹也^{*3} 古澤 修一^{*4}

^{*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)

^{*3} UMINO Tetsuya (広島大学大学院 生物圏科学研究科 水産増殖学研究室)

^{*4} FURUSAWA Shuichi (広島大学大学院 生物圏科学研究科 免疫生物学研究室)

Key Words : パン酵母 β - グルカン・ブドウ皮・ビタミン C + E・アユ・遺伝子発現・免疫賦活

前回の報告¹⁾で、「①ニジマスの鰭欠損症や体表の穴開き症は *Flavobacterium* 属細菌感染症の一症状であり、感染防御には体表の粘液が重要な役割を果たしている。②パン酵母 β - グルカン (β -1,3/1,6- グルカン) とブドウ種子抽出物は経口投与で *Flavobacterium* 属細菌の感染を予防する効果を持つ。しかしながら両者の併用効果は認められない。③ β -1,3/1,6- グルカンとブドウ種子抽出物には至適添加量があり、添加量が少なすぎても多すぎても効果が劣る。④ β -1,3/1,6- グルカンとブドウ種子抽出物にビタミン C とビタミン E を併用すると、効果がより強くなる。⑤ビタミン C とビタミン E にも至適添加量がある。⑥ブドウは種子抽出物のみでなく、皮や種の粉砕物にも同様の効果が有る。⑦ブドウ種子抽出物の種類、用いるブドウの種類、皮であるか種であるかなど、多くの要因によって効果の程度が違ふ。使用する前にそれぞれの至適添加量を確認しておく必要が有る。⑧効果の指標としてスーパーオキシド消去活性が利用出来る。」などを報告した。さらに、実際の養殖池で *Flavobacterium* 属細菌の分布を調べ、養殖池内での感染拡大機構を推定するとともに対応策について考えた。

今回は β -1,3/1,6- グルカンあるいはブドウ皮

粉砕物, ビタミン C, ビタミン E を添加した飼料で重要な養殖対象魚であるアユを飼育し, その効果を調べた。さらに, 飼育試験終了時に肝臓の遺伝子発現状態を調べ, これらの物質がどのような機構で効果を表すのかを推定した。

試験は β -1,3/1,6- グルカンの効果を調べる試験 I と, 生体内で抗酸化作用を有するブドウ皮粉砕物, ビタミン C, ビタミン E の効果を調べる試験 II に分けて行った。それぞれの詳細を以下に順を追って説明する。

試験 I : β -1,3/1,6- グルカンの効果

【材料と方法】

1. 供試魚

魚の飼育場所である広島大学生物圏科学研究科では, 水温の関係でニジマスの長期飼育が難しい。よって, 広島大学で飼育法が確立されている魚で, 重要な養殖対象魚であり, しかも *Flavobacterium* 属細菌 (冷水病: *F. psychrophilum*) の被害が著しいアユを用いて試験行うことにした。供試魚は, 広島県太田川漁業協同組合で生産された人工種苗を購入して用いた。

2. 試験飼料

β -1,3/1,6- グルカンは前報と同じ MacroGard (パン酵母由来 β -1,3/1,6- グルカンで飼料用: Acucareira Quata S.A. 社製) を用いた。養魚飼料の原料から考え、飼料に酵母を添加しない限り酵母由来の β -1,3/1,6- グルカンが含まれる可能性は無い。よって、試験 I では一般的なアユ用飼料の配合を参考にして試験飼料の組成を決めた。表 1 に試験飼料の組成と分析値を示す。 β -1,3/1,6- グルカンの添加量は 0, 0.1 および 0.3% とした。前報のニジマス試験で β -1,3/1,6- グルカンの添加量が 0.5% 以上になると飼育成績が多少劣るのではないかと思える結果が得られたので、再現性を調べる意味もあってこの添加量にした。

飼料の調製法は以下の通り。大豆油以外の原料を混合して微粉碎する。大豆油と水を添加して混練し、均一にするとともに適切な物性にする。ミートチョッパーを用いて押し出し成型し、適切な長さのペレットにする。棚式乾燥機で低温送風乾燥する。業務用コーヒーマルで粗粉碎し、篩で必要な大きさの飼料を回収する。使用時まで -20°C の冷凍庫で保存する。

表 1 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C
配合組成			
魚粉 (%)	56	56	56
小麦粉	25	24.9	24.7
脱脂大豆粕	8	8	8
米糠	6	6	6
大豆油	2	2	2
ビタミン混合	1.5	1.5	1.5
ミネラル混合	1.5	1.5	1.5
β -1,3/1,6- グルカン		0.1	0.3
分析値			
水分 (%)	6.1	6.2	6.5
粗蛋白質	47.2	47.0	47.0
粗脂肪	7.3	7.3	7.2
粗灰分	12.9	12.9	12.8
炭水化物	26.5	26.6	26.5

飼料の分析は飼料分析法に従った。但し、炭水化物は 100 - 他成分合計値である。

3. 飼育試験

広島大学生物圏科学研究科に設置されているコンクリート水槽 (縦: 210 cm, 横: 100 cm, 水深: 60 cm) を用い、1 試験飼料に 2 水槽を割り当てた。飼育期間は 6 月 12 日から 7 月 12 日までの 31 日間で、投餌は日に 2 回行い、8:30 と 16:30 に魚が餌を食べなくなるまでゆっくりと与えた。

4. 体重他の測定法

飼育試験開始時と終了時に全魚を取り上げ、区毎に総体重と尾数を測定した。尾数の変化から生残率を、増重量と投餌量から飼料効率 (増重量 $\times$ 100 / 投餌量) を求めた。飼育試験終了時に各区から 10 尾をサンプリングし、全長と体重を測定して肥満度 (体重 $\times$ 100 / 全長³⁾ を求めた。さらに各魚の体重と肝臓重量から、肝臓体重比を求めた。内臓脂肪組織の重量も測定し、内臓脂肪組織体重比も求めた。但し、アユの消化管には多数の幽門垂 (硬骨魚類の幽門の部分にある房状の盲嚢で、消化酵素を分泌する。アユには特に細い幽門垂が多数存在する。) が有り、幽門垂と幽門垂の間に脂肪組織が入りこんで存在しており、完全に脂肪組織を単離するのは難しい。よって、この内臓脂肪組織体重比は正確度に多少問題があるので、参考値程度に見て欲しい。

5. 末梢血と頭腎の貪食細胞の活性

飼育試験終了時に各区から 10 尾をサンプリングし、ヘパリン処理したシリンジで尾柄部から採血した。10 尾分の末梢血をプールし、貪食細胞を分離したあと、ビーズを用いて 4 回の貪食試験を行った。また、採血後直ちに腹部を切開して頭腎 (腎臓の頭部側の部分。魚には骨髓が無いので、頭腎が主たる造血器官である。) を取り出す。取り出した頭腎はスライドガラスの擦り面を利用して磨砕し、末

梢血と同様に貪食細胞を分離し、6回の貪食試験を行った。貪食細胞の分離と貪食試験は以下の方法で行った。

予め46%と50%のPercoll液を重層しておき、これに末梢血あるいは磨砕した頭腎液を加え、1500回転で15分間遠心分離する。46%と50%の境界面に分離した細胞をパスツールピペットを用いて分取する。1×BSA・PBSを加え、1000回転で10分間遠心分離し、上澄みを取り除く。同様の作業を2回繰り返し、余剰のPercoll液を取り除く。得られた細胞の一部を用いて塗抹標本を作製し、マクロファージ様細胞と赤血球の混在比率を求めた。次に、細胞をハンクス溶液で希釈し、細胞数を測定後、全細胞：ビーズ(Fluoresbrite-EYG Microspheres 2.00 μ m) = 1:10になるようにビーズを添加・混合し、20℃で10時間インキュベートした。さらに、0.02%トリプシン溶液と0.05%EDTA液を全液量の1/3加え、室温で5分間インキュベートした。貪食されなかったビーズをBSA・PBS・グルコース/トリプシン・EDTA液による濃度勾配遠心分離で取り除いた。得られた細胞群ペレットをハンクス・EDTA液に懸濁し、フローサイトメーター(Fluorescence-activated cell analyzer, FACSalibur, Becton Dickinson)でビーズを貪食した細胞数と貪食されたビーズ数を調べた。解析細胞数は20000個とし、Cell quesでデータの解析を行った。

6. 肝臓の遺伝子発現状態の調査

肝臓の遺伝子発現状態は図1に示す手順で行った。但し、時間と人手の問題で、調べたのはA区(対照区)とB区(0.1% β -1,3/1,6-グルカン添加区)のみで、C区(0.3%添加区)は調べなかった。

本研究では、生きた状態の魚から単離された肝臓を用いて、PCR-Select cDNA Subtraction Kit User Manual等^{2~4)}の手順に従って処理を行った。但し、このキットは

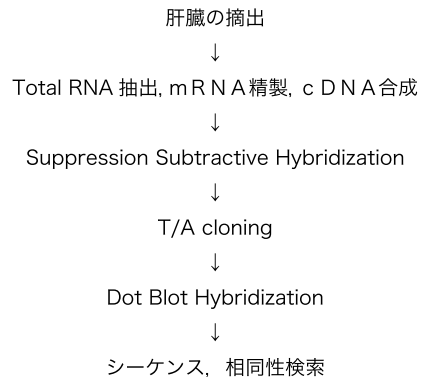


図1 遺伝子発現状態の調査手順

マウス及びヒト用なので、一部魚に合うように改変した。

Suppression Subtractive Hybridization 法(SSH法)は、二種類(対照区と試験区)のmRNAグループを比較し、一方(試験区)の特異的発現遺伝子を濃縮、クローン化出来る方法のひとつである。

【結果】

1. 飼育試験

表2に飼育試験と魚体測定の結果を2水槽の平均値で示す。増重量と飼料効率が β -1,3/1,6-グルカン添加区(特に0.3%添加区)で対照区よりやや低いが、2水槽間のバラツキが大きく、試験区間で有意差は認められなかった。但し、図2に示すように、飼育試験終了時の各区の平均体重と飼料効率は飼料への β -1,3/1,6-グルカンの添加量との間に非常に強い負の相関が認め

表2 飼育試験と魚体測定の結果

試験区	A	B	C
生残率 (%)	98.7	98.0	100.0
増重量 (g)	676	654	608
摂餌量 (g)	1435	1435	1435
飼料効率 (%)	47.1	45.6	42.4
肥満度	1.61	1.59	1.63
肝臓体重比 (%)	0.98	0.94	0.96
内臓脂肪組織体重比 (%)	5.42	5.48	6.12

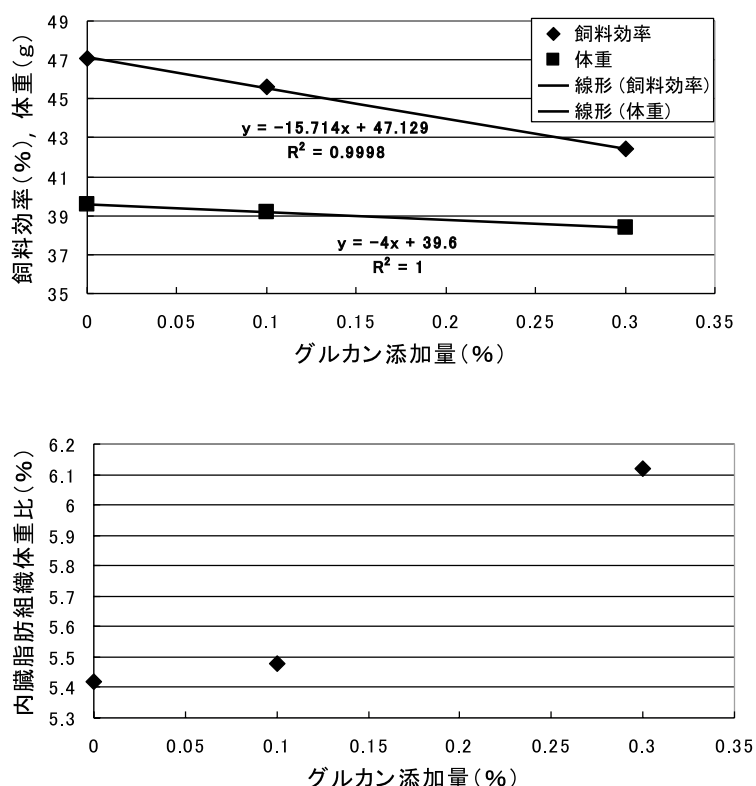


図2 β -1,3/1,6- グルカンの添加量が魚の成長・飼料効率および内臓脂肪組織量におよぼす影響

られた。また、 β -1,3/1,6- グルカンの0.3% 飼料添加区で内臓脂肪組織体重比が大きくなる傾向が認められた。

2. 貪食細胞の活性

貪食細胞への赤血球の混入率を補正して求めた貪食細胞によるビーズの取り込みは以下の通りである。末梢血では、細胞1個当たり1個のビーズを取り込んだ細胞の比率はA区（グルカン添加量0%）で12.1%，B区（0.1%）で11.5%，C区（0.3%）で12.7%であった。また、複数のビーズを取り込んでいた細胞の比率はA区で34.1%，B区で29.8%，C区で30.0%であった。一方、頭腎においては、1個のビーズを取り込んだ細胞の比率はA区で13.1%，B区で15.4%，C区で13.4%であり、複数のビーズを取り込んでいた細胞の比率はA区で31.2%，B区で33.1%，C区で32.7%であった。これら

の数値は末梢血は4回，頭腎は6回の貪食試験の平均値であるが，試験毎に貪食率に大きな変動が認められた。そこで，貪食活性（試験区の貪食細胞の出現率（%）/対照区の貪食細胞の出現率（%））と比較した。この場合，試験区の貪食能が対照区より高ければ1以上の値を示し，低ければ1以下となる。その結果，末梢血ではB,C区とも略1を示したが，頭腎ではB区，C区とも1.2程度の値を示した。つまり，末梢血の貪食細胞の貪食能は飼料への β -1,3/1,6- グルカン添加の影響を受けなかったが，頭腎の貪食細胞の貪食能は飼料への β -1,3/1,6- グルカンの添加によって強化されたことを示している。

3. 遺伝子の発現状態

SSH法で得られたライブラリーから，506クローンについてDifferential Screeningを行った結果，シグナル強度に顕著な差を示した48サ

ンプルを陽性クローンとした。さらにシーケンス・相同性検索を行った結果、遺伝子発現が上昇したクローンは14サンプル、減少したクローンは16サンプル検出された。そのうち既知の遺伝子と50%以上の相同性を示したものは以下の通りである。

発現量が上昇した遺伝子は、Complement component C3, Cellular repressor of E1A-stimulated genes, Inter-alpha (globulin) inhibitor H2, Antithrombin, Isoform A, Transcript variant 1, Putative cytochrome C oxidase protein, Ribosomal protein S7, Coat protein などである。

減少した遺伝子は、Complement component C9 protein, Transferrin, Uncoupling protein 1 (UCP1), At4g26630, Serine or cysteine proteinase inhibitor, Clade A, Alanine-glyoxylate aminotransferase, Growth-arrest-specific protein 1 precursor などである。

【考察】

1. 飼育試験

前報¹⁾のニジマスを用いた試験で、 β -1,3/1,6-グルカンの添加量が0.5%になると成長と飼料効率がやや劣る傾向が認められた。今回のアユの試験でも各区間で有意差は認められなかったものの、各区の平均体重(=成長)と飼料効率のいずれにおいてもグルカン添加量との間に非常に強い負の相関が認められた。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。今回のアユの結果と前回のニジマスの結果から、養魚飼料への β -1,3/1,6-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と考えられる。

β -1,3/1,6-グルカンの過剰投与によって内臓脂肪組織の量が増える傾向が認められたことについては、今後 β -1,3/1,6-グルカンと脂質代謝の関係を調べる必要がある。

2. 貪食細胞の活性

β -1,3/1,6-グルカン添加区の頭腎貪食細胞の貪食能が対照区の1.2倍を示しており、 β -1,3/1,6-グルカンの飼料添加によって貪食細胞が活性化されたことが分かる。しかしながら、末梢血の貪食細胞ではこの活性化は認められず、試験方法も含めて今後さらなる検討が必要である。

3. 遺伝子の発現状態

β -1,3/1,6-グルカンの添加によって、非特異的免疫機能を司る補体成分遺伝子 Complement component C3 の発現上昇、Complement component C9 の発現減少が認められた。補体経路は約20種類の相互作用しあう蛋白質からなり、反応にあずかる成分はC1～C9, B因子, D因子で、他にも多数の調節蛋白質が含まれている。今回の試験ではC3の上昇とC9の減少が認められた。補体の活性化経路は、古典経路と代替経路の二種類が存在し、C3・C9ともに両方の経路に関与しているが、その経路は相互に関連しあい大変複雑である。C3遺伝子の発現上昇とC9遺伝子の発現減少が同時に認められているため、補体系の全体が活性化されていると断言するのは難しいが、免疫に直結する補体成分の遺伝子発現に変動が見られたことは大変興味深い。今後、さらなる検討を重ねる必要がある。

その他の遺伝子では、Cellular repressor of E1A-stimulated gene, Ribosomal protein S7, Cytochrome C oxidase などの発現が上昇していることから、代謝が活性化していることが考えられる。また、UCP1遺伝子の発現が減少しているが、UCP1は低温時に著しく発現が減少することが知られている。共役呼吸やATP合成の効率化に役立つ可能性があり、低温時の代謝を低下させ、化学エネルギーの節約が出来るはずである。よって、UCP1は低温ストレス時の生残に大きく関与する可能性がある。

試験Ⅱ：ブドウ皮粉砕物、ビタミンC、 ビタミンEの効果

【材料と方法】

1. 供試魚

試験Ⅰと同じ。

2. 試験飼料

一般の養魚用飼料には色々な原料が使用されており、原料由来のポリフェノールやビタミンC、Eが存在することが考えられる。それらの影響を無くすため、精製飼料で試験を行うことにした。試験飼料の組成と分析値は表3に示す通りで、アユ用試験飼料とマダイ用試験飼料⁵⁾の組成を参考にして作成した。ブドウ皮粉砕物、ビタミンC、ビタミンEを添加した分は、 α デンプンの使用量で調整した。なお、ブドウ皮粉砕物は北海道の浦臼町で以下の工程を経て製造された物を購入して用い

た。ワイン用のブドウ果汁を絞った後の残渣を篩い、可能な限り皮と種を分離する。皮の部分の部分を棚式乾燥機で加熱乾燥したあと、飼料に添加し易いように微粉砕する。ニジマスを用いた試験で、飼料への至適添加量は1%であることを確認した。ビタミンCとビタミンEは前報¹⁾と同じ物で、ビタミンEの有効成分量は50%である。

飼料の製造法は以下の通りである。各原料を混合し、加水・混練して適切な硬さにする。ガーリックプレスを用いて麺状に押し出す。重ならないようにバットに入れ、低温で送風乾燥する。乳鉢で適切な大きさに破砕する。分析篩を用いて必要な大きさの飼料を集め、使用時まで -20°C の冷凍庫で保存する。

飼料の分析法は試験Ⅰと同じ。

3. 飼育試験

試験場所、飼育水槽および投餌法は試験Ⅰと同じ。1試験飼料に1水槽を割り当てた。飼育期間は6月4日から7月4日までの31日間である。

4. 体重他の測定法

試験Ⅰと同じ。但し、今回は内臓脂肪組織重量は測定しなかった。

5. 肝臓の遺伝子発現状態の調査

試験Ⅰと同じ。但し、今回は全区調べた。

【結果】

1. 飼育試験

飼育試験の結果を表4に示す。各区とも試験飼料を良く食べ、飼料の嗜好性に問題はなかった。飼育期間中の死亡魚はC区の200尾中1尾のみであった。増重量、飼料効率、肥満度および肝臓体重比は各区間で多少の違いは認められるが、有意差は認められなかった。

2. ブドウ皮粉砕物添加区(B区)の遺伝子発現状態

SSH法で得られたライブラリーから、576ク

表3 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C
配合組成			
ビタミンフリー カゼイン (%)	45.0	45.0	45.0
デキストリン	20.0	20.0	20.0
α -デンプン	15.0	14.0	13.3
魚油	4.5	4.5	4.5
大豆油	4.5	4.5	4.5
ミネラル混合	4.0	4.0	4.0
ビタミン混合	4.0	4.0	4.0
アミノ酸混合*	4.0	4.0	4.0
ブドウ皮粉砕物		1.0	1.0
ビタミンC			0.5
ビタミンE (50%)			0.2
分析値			
水分 (%)	4.3	5.0	5.2
粗蛋白質	42.5	42.9	43.5
粗脂肪	8.8	8.1	8.2
粗灰分	4.0	4.0	4.0
炭水化物	40.4	40.0	39.1

* Val 1.0, Trp 0.1, Glu 1.0, Asp 0.8, Cys 0.1, Ala 0.2, Phe 0.2, Arg・HCl 0.1, Gly 0.2, His・HCl 0.1, Tau 0.2

表4 飼育試験と魚体測定の結果

試験区	A	B	C
生残率 (%)	100	100	99.5
増重量 (g)	1659	1739	1402
投餌量 (g)	3110	3110	3110
飼料効率 (%)	53.3	55.9	51.4
肥満度	1.01	0.95	1.01
肝臓体重比 (%)	1.06	1.11	1.03

ローンについて Differential Screening を行った結果、129 クローンでシグナル強度に違いが認められた。得られた陽性クローンのうち、シグナル強度に顕著な差があるものをシーケンス・相同性検索した結果、B 区で発現量が増加したものが27 サンプル 25 種、減少したものが13 サンプル 13 種検出できた。そのうち、既知の遺伝子と 50% 以上の相同性を示した遺伝子は下記の通りである。

発現量が上昇した遺伝子は、Complement component C3, Complement C3-Q1, Serologically defined breast cancer antigen 84, Transcript variant 2, Fatty acid binding protein 7 Brain (Fabp7), Testis cDNA, Clone:QtsA-14940, Similar to human protease (prosome, macropain) 26S subunit ATPase 4 (PSMC4), Transcript variant 1, Cadherin 1, D4 Cole 1e gene などである。

減少した遺伝子は、GRP 78 mRNA for glucose-regulated protein 78kDa (GRP78), HSP 47 mRNA for heat shock protein 47 (HSP47), Warm temperature acclimation-related 65 kDa protein mRNA (Wap65), Mitochondrial DNA, Embryonic alpha globin el mRNA などである。

3. ブドウ皮粉砕物、ビタミン C、ビタミン E 添加区 (C 区) の遺伝子発現状態

SSH 法で得られたライブラリーから、197 クローンについて Differential Screening を行った結果、46 クローンでシグナル強度に違いが見られた。得られた陽性クローンをシーケンス・相同性検索した結果、C 区で発現量が増加した

ものが23 サンプル 17 種類、減少したものが6 サンプル 5 種類検出できた。そのうち、既知の遺伝子と 50% 以上の相同性を示した遺伝子は下記の通りである。

発現量が上昇した遺伝子は、Complement component C3, Complement component C3-H1, Complement component C4, Complement component C4-2, Complement component C9, Wap65, HSP47, Glutamate dehydrogenase, Sterol-C4-methyl oxides-like (sc4mol), Novel alpha-type globin, Transcript variant 1, KAT protein, Piscicida partial coi genes for putative cytochrome C oxidase proteins, Clone pRDA 19 などである。

減少した遺伝子は、Complement component BF-2 である。

【考察】

1. 飼育試験

増重量、飼料効率、肥満度および肝臓体重比に各区間で有意差は認められなかったが、ブドウ皮粉砕物 (B 区) にビタミン C と E を添加 (C 区) すると飼料効率、増重量および肝臓体重比がやや小さくなっている。成長や肝臓体重比は魚の栄養状態や脂肪の蓄積状態と深く関係していることが知られている。各区とも飼料の摂取量に違いが無いので、栄養状態に差は無いと考えられる。よって、ビタミン C やビタミン E の飼料添加は、魚体への脂肪蓄積を抑制している可能性がある。

2. 遺伝子発現

今回の結果で最も興味を引くのは、免疫機能を司る補体 (Complement) 関連蛋白質の複数種類の遺伝子発現上昇である。これらの蛋白質は補体成分の一部であり、生物の自然免疫において欠かせない成分で、抗体の作用を促進・増強する働きを持つ。

B 区 (ブドウ皮粉砕物添加区), C 区 (ブドウ皮粉砕物, ビタミン C, ビタミン E 添加区)

の両方で複数の補体関連遺伝子の特異的発現が見られたが、特にB区では補体C3、C3-Q1の遺伝子発現が上昇し、C区では補体C3、C3-H1、C4、C4-2、C9の発現が上昇、Bf-2が減少した。

C3群は、古典経路・代替経路の両方で働く蛋白質であり、特に重要な補体蛋白質である。C4群は古典経路で、Bf-2は代替経路で働く蛋白質、C9は最終的な膜障害性複合体を形成する蛋白質である。これらの観察から、ブドウ皮粉砕物やビタミンC・Eの飼料添加によってアユの自然免疫力が活性化されていることが考えられる。B区とC区を比較した場合、ブドウ皮粉砕物にビタミンCとビタミンEを添加した場合の方が多彩な補体関連遺伝子の発現が上昇していた。よって、ビタミンCとビタミンEによって、より自然免疫系が強化されていることも考えられる。しかしながら、補体による免疫反応は多数の補体成分蛋白質の連鎖反応によって構成されているので、一部の遺伝子の発現量の上昇が確認出来ても、これのみで免疫反応全体が活性化されていると断定することは難しく、さらに検討を重ねる必要がある。

ストレスに係わる遺伝子にも特異的発現が起こっていた。B区ではHSP47、GRP78およびWap65の発現減少が、C区ではHSP47とWap65の発現上昇が認められた。HSP47とGRP78は小胞体ストレス付加で発現が誘導される蛋白質で、小胞体内で分子シャペロンとして働くため、ストレス耐性において重要な役割を担っている。この遺伝子の発現が減少したことは、ブドウ皮粉砕物の抗酸化作用によって活性酸素の作用を抑制することで、体内の酸化ストレスが軽減されていることが推察される。また、HSP47は温度ストレスによって高く誘導され、正常な蛋白質構造の維持に関与している。Wap65も温度ストレスに反応して発現が上昇する。B区では両遺伝子の発現は減少していた

のにC区では上昇していたので、ビタミンCとビタミンEの摂取によって温度変化に対する耐性も強化されていた可能性があるが、さらなる検討が必要である。

Fatty acid binding protein 7のような脂質代謝に関わる遺伝子の発現も影響を受けていたので、ブドウ皮粉砕物やビタミンC・ビタミンEの添加が免疫機能やストレス耐性以外にも幅広い影響を及ぼしている可能性がある。

全体のまとめ

1. 成長、飼料効率、魚体への脂肪蓄積

β -1,3/1,6-グルカンの過剰投与によってニジマスでもアユでも成長と飼料効率が悪くなる傾向がある。飼料の嗜好性に問題は無いので、 β -1,3/1,6-グルカンの過剰添加によって飼料成分の消化・吸収が抑制されている可能性がある。 β -1,3/1,6-グルカンは食物繊維として作用し、コレステロールや脂質の吸収を抑制する⁶⁾ことと関係しているのかも知れない。但し、 β -1,3/1,6-グルカンの過剰投与区において内臓脂肪組織が増える傾向があることは相容れないので、さらなる検討が必要である。

飼料への β -1,3/1,6-グルカンと成長との関係はプタで詳しく調べられている。効果が有るとする報告^{7~9)}の方が多く、無いとする報告¹⁰⁾もある。また、効果が有るとする報告でも、動物の成育ステージによって効果が異なるとしているので、魚でも成育ステージ別に調べてみる必要が有るのかも知れない。

ブドウ皮粉砕物の単独添加、ブドウ皮粉砕物とビタミンC・Eの併用、 β -1,3/1,6-グルカンの単独添加のいずれにおいてもアユの嗜好性に問題は無かった。ビタミンCとビタミンEを大量投与すると魚体への脂肪の蓄積を抑制する傾向が認められた。この結果はJiら¹¹⁾のクロダイにビタミンC (L-ascorbyl-2-monophosphate-

Mg) を体重 kg 当たり 1100mg 投与すると、脂肪の生合成酵素である Glucose-6-phosphate dehydrogenase や NADP-isocitrate dehydrogenase の活性を抑制し、脂質分解酵素を活性化することによって、魚体への脂肪の蓄積を減少させるという報告と通じるものがある。一般に養殖魚は運動不足の状態にあるうえに十分量の飼料が与えられるので、魚体に過剰な脂肪が蓄積する傾向にある。過剰な脂肪の蓄積を防ぐ意味でもビタミン C と E の併用が望ましい。

2. 免疫機能

魚類においては、生体の防御機構として、先天的防御機構（自然免疫応答）と後天的免疫機構（適応免疫応答）の二つが知られている。自然免疫応答は適応免疫応答が発動されるまでの感染防御に重要な役割を担うことから、細菌の初期感染においては適応免疫応答よりも自然免疫応答が主たる防御機構として積極的に機能していることが考えられる。特に、自然免疫応答は補体、好中球、マクロファージなどによって担われ、補体 C3b は異物に結合し、好中球やマクロファージの貪食能を上昇させるオプソニン化としての機能を有する。

今回の試験において、 β -1,3/1,6- グルカンあるいはブドウ皮粉砕物の単独添加の両区において C3 群の遺伝子発現が上昇していた。これは β -1,3/1,6- グルカンとブドウ皮粉砕物が貪食細胞を活性化していることを示すと思われる。 β -1,3/1,6- グルカンの添加によって頭腎貪食細胞の貪食能が活性化されていたことと整合性がある。ブドウ皮粉砕物にビタミン C とビタミン E を併用すると、より多くの補体関連遺伝子の発現が上昇していることは、前報¹⁾ のニジマス試験において、ブドウ種子抽出物と β -1,3/1,6- グルカンにビタミン C とビタミン E を併用すると、より強い抗病性を示すようになることと関係していると思われる。また、ニジマスとアユ以外の魚種では、アメリカナマス¹²⁾

において、ビタミン C の多量 (3000mg/ K g 飼料) 投与によって補体活性が著しく上昇することが報告されている。

前報¹⁾ で、 β -1,3/1,6- グルカンとブドウ種子抽出物を併用しても抗病性が上昇しないことを示した。これは今回の試験で、両物質とも C3 群の遺伝子の発現を促進することが分かったことと関係しているのではないかと。同じ遺伝子の発現を促進する物質は複数個必要ないのかも知れない。

今回の試験とは別の試験で、アユ用飼料に MacroGard とビタミン C・ビタミン E を強化すると、白血球の活性酸素産生能が有意に高くなり (=白血球の殺菌能が強くなる)、血漿中のリゾチーム活性も上昇することが証明されている。アユの体表粘液の溶菌活性はリゾチーム活性に依存していることが報告¹³⁾ されている。ニジマスでは *Flavobacterium* 属細菌の感染予防に体表の粘液が重要な役割を担っていることを前報¹⁾ で示した。これらの結果から、体表粘液の感染防御作用は単純な物理的作用 (菌の付着防止と洗い流し) のみではなく、リゾチームや補体などの化学的な作用も関与しているのではないと思われる。

ビタミン C と E の効果については、gilthead seabream (*Sparus aurata*)¹⁴⁾ において、ビタミン C の大量投与 (3000mg/kg 飼料) によって respiratory burst 活性が上昇し、活性酸素の産生量が増え、貪食細胞の殺菌能が強くなることと、ビタミン E の大量投与 (1200mg/kg 飼料) によって、補体活性と貪食活性が上昇することが報告されている。この様に、ビタミン C と E の効果については多くの魚種で共通性が認められる。

これまでに述べてきたことを纏めると、 β -1,3/1,6- グルカン、ブドウ皮粉砕物、ビタミン C およびビタミン E による抗病性は図 3 に示すような機構によるのではないと思われる。

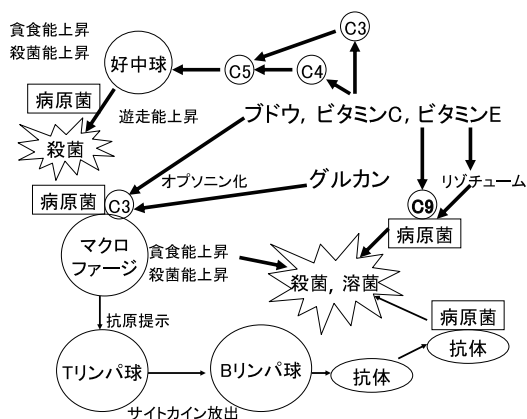


図3 作用機構の推定

れる。

β -1,3/1,6- グルカンとブドウ皮粉砕物によって補体 C3 群が活性化される。これによって病原菌と C3 が複合体を作り（オプソニン化）、貪食細胞に取り込まれ易くなる。貪食細胞の活性酸素産生量が増えているので、貪食細胞の殺菌能も上昇している。取り込まれた病原菌は速やかに殺菌される。さらに、ビタミン C とビタミン E の併用によって C3 群以外に C4 群も

活性化される。C3 と C4 によって C5 が刺激される。これによって好中球の走化性（＝遊走能）が上昇し、短時間で多数の好中球が病原菌の侵入場所へ集合する。オプソニン化された病原菌を好中球が活発に取り込み、好中球内で産生量が増加した活性酸素によって殺菌が促進される。また、これらの物質によって活性化された C9 やリゾチームによって病原菌の壁に穴を開けて溶菌することによる殺菌能力も上昇する。

以上の非特異的免疫の強化が β -1,3/1,6- グルカン、ブドウ皮粉砕物、ビタミン C およびビタミン E の主たる作用で、それ以降の特異的免疫の活性化は副次的な作用であると思われる。

3. その他の作用

今回の試験で、免疫系遺伝子以外に多数の遺伝子の発現が認められた。このうち生体内抗酸化作用やストレス耐性に関する遺伝子の発現状態も重要な役割を果たしていることを、その後の試験で明らかに出来た。これらについては次報で説明する予定である。

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

- 1) 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)
- 2) Clontech: PCR-Select cDNA Subtraction Kit User Manual. 1-44 (2008)
- 3) Luda Diatchenko *et al.*: Suppression subtractive hybridization: A method for generating differentially regulated or tissue-specific cDNA probes and libraries. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **93**, 6025-6030 (1996)
- 4) Nadya G. Gurskaya *et al.*: Equalizing cDNA subtraction based on selective suppression of polymerase chain reaction: Cloning of Jurkat cell transcripts induced by phytohemagglutinin and phorbol 12-myristate 13-acetate. *Analytical Biochemistry* **240**, 90-97 (1996)
- 5) 酒本秀一: マダイにおける飼料無機質の必要性和その欠乏症. 九州大学農学部附属水産実験所報告, No.5, 1-99 (1981)
- 6) 長谷川憲司, 岡村伸也: パン酵母由来 β グルカンの諸症状に対する予防・改善作用. 大野尚仁監修, β グルカンの基礎と応用—感染, 抗がん, ならびに機能性食品への β グルカンの関与—, pp. 220-230, シーエムシー出版 (2010)
- 7) T.-W. Hahn, J. D. Lohakare, S. L. Lee, W. K. Moon and B. 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)
- 8) 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)
- 9) J. Li, D. F. Li, J. J. Xing, Z. B. Cheng and C. H. Lai: Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J. Anim. Sci.*, **84**, 2374-2381 (2006)
- 10) 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 *Streptococcus suis* infection in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, **73**, 3341-3350 (1995)
- 11) Ji. A. D. Om, T. Yoshimatsu, T. Umino, H. Nakagawa and S. Sakamoto: Effect of dietary ascorbate on lipogenesis and lipolysis activities in black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*. *Fish Physiology and Biochemistry* **36**(3) 749-755 (2010)
- 12) Y. Li and R. T. Lovell: Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune response in Channel catfish. *J. Nutr.*, **115**, 123-131 (1985)
- 13) 伊丹利明, 高橋幸則, 佐藤和也: アユの体表粘液における溶菌活性. 日本水産学会誌 **53**(3) 401-406 (1987)
- 14) J. Orutuno, A. Cuesta, E. M. Angeles and J. Meseguer: Effect of oral administration of high vitamin C and E dosage on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, **79**(3-4) 167-180 (2001)

機能性素材：アロエベラ高純度エキス /AVGE の 生活習慣病改善作用

山田 宗夫^{*1} 野間口 光治^{*2} 樋田 知宏^{*3} 岩附 慧二^{*4}

^{*1} YAMADA Munee, ^{*2} NOMAGUCHI Kouji, ^{*3} TOIDA Tomohiro, ^{*4} IWATUKI Keiji

(森永乳業株式会社 食品基盤研究所)

Key Words：アロエベラ高純度エキス /AVGE・生活習慣病改善作用・肝機能異常肥満男性・アロエベラステロール

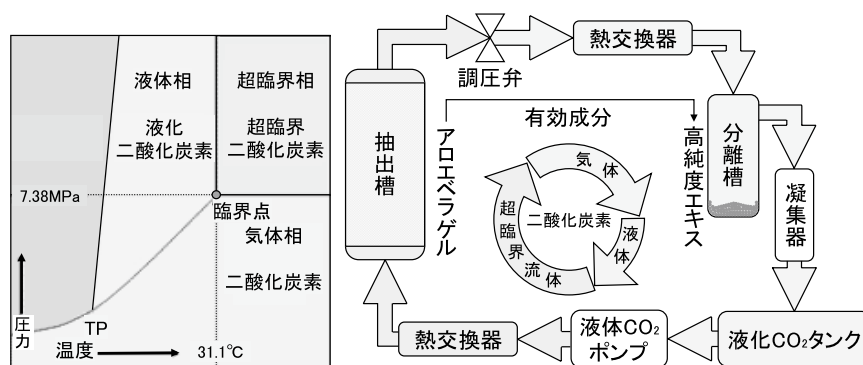
要 旨

機能性成分アロエベラステロールを含むアロエベラ高純度エキスの肝機能異常肥満成人男性に対する生活習慣病改善作用について報告する。生活習慣病改善作用の指標は、腹部脂肪量、肝機能、糖尿病および痛風に関わる臨床検査項目とした。アロエベラ高純度エキス /AVGE の 12 週間継続摂取により、腹部総脂肪量および腹部内臓脂肪量に減少が認められたが、プラセボ群との間に有意な差は認められなかった。しかし、肝機能検査（血清 ALT 値、血清 AST 値、血清 γ -GTP 値）および糖尿病に関わる臨床検査値のヘモグロビン A1c は、摂取前に比較して有意な低下が認められた。また、糖尿病に関わる臨床検査値の空腹時血糖値および痛風に関わる臨床検査値の尿酸値は、アロエベラ高純度エキス /AVGE の 12 週間継続摂取により、プラセボ群に比較し有意の低値が認められた。これらの成績から、アロエベラ高純度エキス /AVGE は、肥満に伴う肝機能、糖尿病および痛風などの生活習慣病の予防・改善が期待される機能性素材であることが示唆された。

はじめに

平成 18 年人間ドック全国集計成績によると、肝機能異常者の頻度は 1984 年には 10% 以下であったが、2005 年には約 25% に増加しており、肝機能異常の頻度は男性で 32.0%、女性で 16.4% といずれも高く、男性では検査項目中最も異常の頻度が高いことが報告されている¹⁾。肝疾患の有病率は、BMI (Body Mass Index) の増加と共に増加傾向を示すことから、肝機能異常は肥満と関連すると考えられている。これらの肥満などの生活習慣病に伴う肝機能異常者の多くは、通常エタノールとして 60 g (日本酒換算 3 合) / 日以上以上の飲酒を 5 年以上継続することによって発病するアルコール性肝疾患とは異なる非アルコール性脂肪性肝疾患と推察されている。

アロエは、古くから火傷、便秘、高血圧、糖尿病などの予防・改善²⁻⁴⁾ に広く民間療法として用いられている植物である。日本ではキダチアロエとアロエベラが広く知られており、アロエベラの外皮を取り除いたゼリー状のゲルはヨーグルトなどの嗜好食品に広く用いられている。アロエベラ高純度エキス /AVGE は、アロエベラゲルより二酸化炭素超臨界流体抽出法にて得られる抽出物で、医薬品非臨床試験ガイドラインに基づいた単回投与毒性試験、90 日反復投与毒性試験、変異原性試験、生殖発生毒性試験および肥満および肥満傾向の男性を対象とした 12 週間継続摂取試験により安全性が確認されている。アロエベラ高純度エキス /AVGE は、過栄養・肥満動物モデルを用いた試験にて体重増加の抑制、体脂肪蓄積の抑制、血糖値の



超臨界流体は、気体と液体が共存できる限界（臨界点）を超えた状態にあり、気体の性質（拡散性）と、液体の性質（溶解性）を併せ持つ。

図1 二酸化炭素超臨界流体抽出法

上昇抑制、血清中性脂肪および血清コレステロールの低下、インスリン抵抗性の改善、炎症マーカーの抑制などさまざまな作用が報告されており、過食、運動不足など生活習慣の乱れからおこる生活習慣病の予防や改善が期待される機能性素材である。

本報では、肥満および肥満傾向の成人男性を対象としたランダム化二重盲検並行群間比較試験から得られた成績から、肝機能異常の肥満および肥満傾向の成人に対するアロエベラ高純度エキス/AVGEの保健機能について報告する。

1. アロエベラ高純度エキス/AVGE

アロエベラ高純度エキス/AVGEは、アロエベラの外皮を取り除いたゼリー状のゲルより、脱カフェインコーヒーやホップエッセンス製造など香味成分の分離や加工に広く用いられている二酸化炭素超臨界流体抽出法⁵⁾（図1）にて得られる疎水性成分を含む抽出物である。アロエベラ高純度エキス/AVGEは、表1に示すように医薬品非臨床試験ガイドラインに基づいた単回投与毒性試験、90日反復投与毒性試験、変異原性試験、生殖発生毒性試験およびヒトでの12週間継続摂取試験により安全性が確認さ

表1 アロエベラ高純度エキスの安全性試験成績

試験項目	試験成績
単回投与毒性試験	無作用量 150 mg/kg 体重/日以上
90日反復投与毒性試験	無作用量 150 mg/kg 体重/日以上
生殖発生毒性試験	無作用量 150 mg/kg 体重/日以上
変異原性毒性試験	陰性
小核試験	陰性

れている食品素材である。

アロエベラ高純度エキス/AVGEは、機能性成分として5種類の植物ステロール⁶⁾（アロエベラストロール図2）が含まれている。アロエベラストロールは、肥満糖尿病動物モデルdb/dbマウス、ZDFラットの糖代謝や脂質代謝を改善すること^{7,8)}、高脂血症治療剤、インスリン抵抗性改善剤、糖尿病治療剤として使用されているフィブラート系薬剤やチアゾリジン系薬剤の作用機序と似た機序⁹⁾にて保健機能を発揮する可能性が報告されている。また、これらの薬剤には、肥満に伴う非アルコール性脂肪性肝炎患者（NASH）の肝機能検査値ALTの有意な低下や肝組織像の改善¹⁰⁾、非アルコール性脂肪肝患者（NAFLD）のALT値や肝体積の減少など幅広い作用が報告されている¹¹⁾。これらのことから、アロエベラ高純度エキス/AVGEは、肥満に伴う肝機能の改善、糖尿病および痛風などの生活習慣に伴うさま

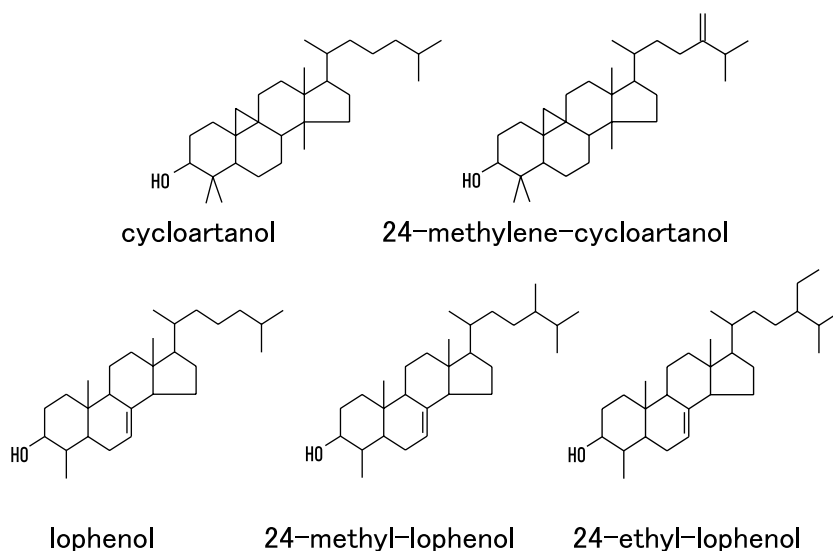


図2 アロエバステロール

ざまな代謝疾患に対する予防・改善が期待される。

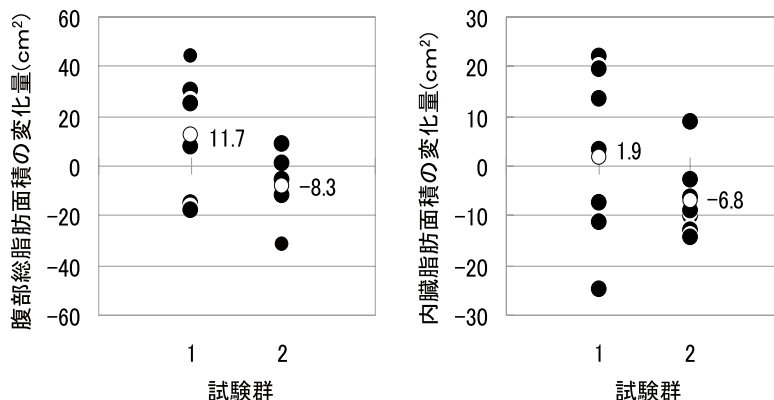
2. アロエバ高純度エキス /AVGE の保健機能

肥満および肥満傾向の成人男性に対する有効性および安全性の評価を目的として実施したアロエバ高純度エキス /AVGE を含む飲料 (AVGE 8 mg/日) の12週間継続摂取試験から、肝機能検査値 ALT が異常域 (1.663 logU/L, 実測値 46 U/L 以上) の症例を対象として、アロエバ高純度エキス /AVGE 摂取による腹部 CT 計測による腹部脂肪量, 肝機能検査 (血清 ALT 値, AST 値, γ -GTP 値), 腎臓機能検査 (血清尿酸値, 尿素窒素値, クレアチニン値) および糖尿病検査 (血糖値, HbA1c 値) を経時的に行い, アロエバ高純度エ

キス /AVGE の腹部脂肪量, 肝機能, 糖尿病および痛風に関わる臨床検査値に対する作用を評価した。

(1) アロエバ高純度エキス /AVGE の腹部脂肪量への作用

図3にアロエバ高純度エキス /AVGE 飲料 (AVGE 8 mg/日), プラセボ飲料を1日1本, 12週間継続摂取前後の腹部 CT 計測による各症例の腹部総脂肪量, 腹部内臓脂肪量の変化量



試験群 1: プラセボ群

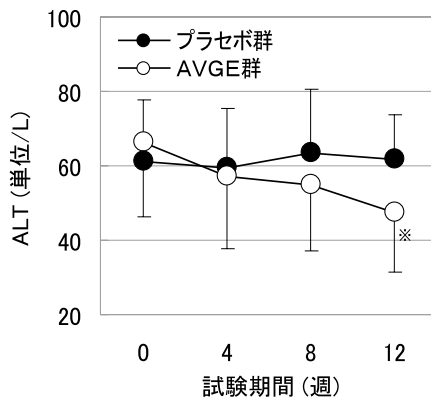
試験群 2: アロエバ高純度エキス /AVGE 摂取群

図3 アロエバ高純度エキス /AVGE 摂取前後の腹部脂肪量の変化

(●) およびその平均値 (○) を示す。アロエベラ高純度エキス /AVGE 群に摂取前に比較し腹部総脂肪量, 腹部内臓脂肪量および腹部皮下脂肪量の減少が認められたが, 全ての項目において, プラセボ群とアロエベラ高純度エキス /AVGE 群の間に統計的に有意な差は認められなかった。

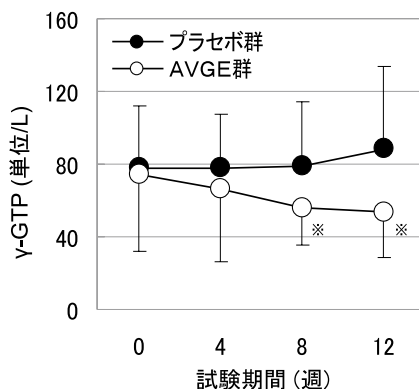
(2) アロエベラ高純度エキス /AVGE の肝機能への作用¹²⁾

血清 ALT 値の経時的変化を図 4 に示す。アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の血清 ALT 値は, 摂取期間の経過と共に低下し, 12 週間摂取



※: $p < 0.05$ 試験食品摂取前値との比較

図 4 アロエベラ高純度エキス /AVGE 摂取期間の血清 ALT の変化



※: $p < 0.05$ 試験食品摂取前値との比較

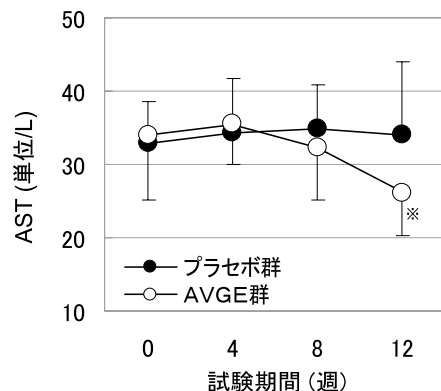
図 5 アロエベラ高純度エキス /AVGE 摂取期間の血清 γ -GTP の変化

取後において摂取前に比較し統計学的に有意な低下が認められた。また, アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の摂取前後の血清 ALT 値変化量は, プラセボ群の摂取前後の変化量と比較し統計的に有意に増加した。

血清 γ -GTP 値の経時の変化を図 5 に示す。アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の血清 γ -GTP 値は, 摂取期間の経過と共に低下し, 8 週間摂取後および 12 週間摂取後の血清 γ -GTP 値は摂取前に比較し統計学的に有意な低下が認められた。また, アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の摂取前と 12 週間摂取後の血清 γ -GTP 値の変化量は, プラセボ群の摂取前後の変化量と比較し統計学的に有意に増加した。

血清 AST 値の結果を図 6 に示す。アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の血清 AST 値は, 試験開始時 $1.518 \pm 0.104 \log U/L$ (実測値 34 U/L), 12 週間摂取後 $1.412 \pm 0.091 \log U/L$ (実測値 26 U/L) と統計学的に有意な低下が認められた。プラセボ群の血清 AST 値は, 試験開始時 $1.517 \pm 0.075 \log U/L$ (実測値 33 U/L), 12 週間摂取後 $1.515 \pm 0.127 \log U/L$ (実測値 34 U/L) と変化は認められなかった。

これらの成績からアロエベラ高純度エキス /AVGE の継続摂取は, 肥満に伴う肝機能異常を



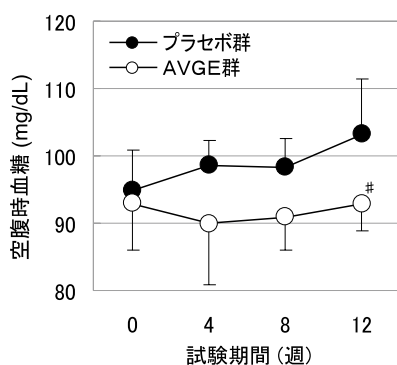
※: $p < 0.05$ 試験食品摂取前値との比較

図 6 アロエベラ高純度エキス AVGE/ 摂取期間の血清 AST の変化

改善する可能性が示された。

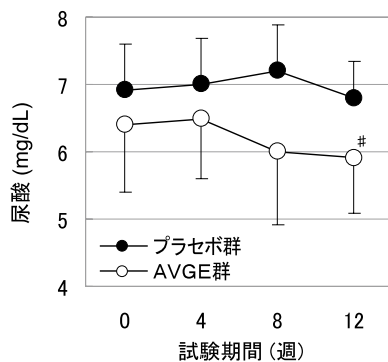
(3) アロエベラ高純度エキス /AVGE の糖尿病予防に関わる作用

アロエベラ高純度エキス /AVGE の糖尿病予防に対する作用を評価するため空腹時血糖値および3～4ヶ月間の血糖値の状態を示すヘモグロビン A1c (HbA1c) 値を経時的に測定した(図7, 図8)。プラセボ群の空腹時血糖値は、試験期間中漸増が認められ、12週間目の空腹時血糖値はプラセボ群とアロエベラ高純度エキス /AVGE 群の間に統計学的に有意な差が認められた。アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の HbA1c 値は、摂取期間の経過に伴って低下し、12週間摂取後において摂取前と比較し統計学



: $p < 0.05$ プラセボ群との比較

図7 アロエベラ高純度エキス /AVGE 摂取期間の空腹時血糖の変化



: $p < 0.05$ プラセボ群との比較

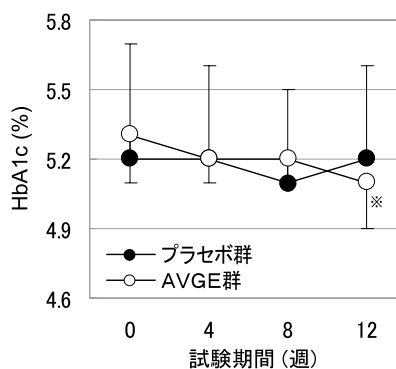
図9 アロエベラ高純度エキス /AVGE 摂取期間の血清尿酸の変化

的に有意な低下が認められた。

これらの成績からアロエベラ高純度エキス /AVGE の継続摂取は、肥満および肥満傾向で肝機能 ALT 軽度異常値の成人男性の糖尿病への移行を遅延または改善する可能性が示された。

(4) アロエベラ高純度エキス /AVGE の痛風予防に関わる作用

肥満および肥満傾向で肝機能 ALT 軽度異常値の成人男性の痛風予防に対するアロエベラ高純度エキス /AVGE の作用を評価するために、血清尿酸値、血清クレアチン値を経時的に測定した(図9, 図10)。アロエベラ高純度エキス /AVGE 群の血清尿酸値は、摂取期間の経過とともに低下し、12週間摂取後においてプラセ



* : $p < 0.05$ 試験食品摂取前値との比較

図8 アロエベラ高純度エキス /AVGE 摂取期間の HbA1c の変化

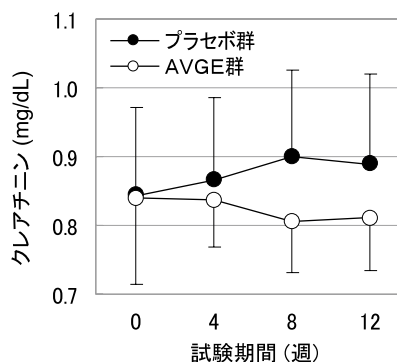


図10 アロエベラ高純度エキス /AVGE 摂取期間の血清クレアチニンの変化

ボ群に比較し、統計学的に有意な低値をしめした。血清クレアチン値は、プラセボ群で漸増、アロエベラ高純度エキス /AVGE 群で漸減が認められたが、プラセボ群との間に統計学的に有意な差は認められなかった。

おわりに

アロエベラの葉肉（ゲル）は、ヨーグルトなどの嗜好食品に幅広く用いられており、食経験が豊富で、さまざま保健機能が知られている食品素材である。二酸化炭素超臨界流体抽出法を用いて、アロエベラゲルに含まれている疎水性保健機能成分を抽出する試みは世界に例がなく、当社が世界に先駆けて実用化に成功した技術である。アロエベラ高純度エキス /AVGE は、アロエベラゲルの疎水性保健機能成分アロエベラステロールを約 5 万倍濃縮した抽出物で、アロエベラ高純度エキス /AVGE 2 mg には、アロエベラゲル 100 g 摂取に相当するアロエベラステロールが含まれている。アロエベラ高純度エキス /AVGE の乳化液、乳化粉末はサプリメント、飲料、菓子などさまざまな形態の食品への

応用が可能であり、境界型糖尿病症例を対象としたヒト試験¹³⁾において有用性が認められたアロエベラゲル 100 g に含まれているアロエベラステロールの摂取が手軽にできる素材である。アロエベラ高純度エキス /AVGE に含まれているアロエベラステロールは、経口摂取後、消化管、リンパ管を介して生体内に吸収され、吸収されたアロエベラステロールの 85 ~ 86% が肝臓に認められていること¹⁴⁾、また、肝機能異常症例の肝機能検査値がアロエベラ高純度エキス /AVGE の摂取によって改善¹²⁾されることから、主たる作用部位は、肝臓であると推定される。アロエベラステロールを保健機能成分とするアロエベラ高純度エキス /AVGE は、肝臓などの異所性脂肪蓄積の抑制、抗炎症作用などにより肝機能、糖尿病や痛風などの生活習慣の乱れに伴う代謝疾患の改善をすると考えられる。アロエベラ高純度エキス /AVGE は、2 ~ 3 ヶ月継続的に摂取することで「健康診断・人間ドックにおける生活習慣病に関わる臨床検査値の改善」という価値を提供できる機能素材である。

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

- 1) 2006 年「人間ドッグの現状」. 人間ドッグ協会. 日本病院会.
- 2) Yagi A: Bioactive ingredients of Aloe. Annual report of the faculty of pharmacy & pharmaceutical Science Fukuoka university, **20**:37-63, 2002.
- 3) Yongchaiyudha S, Rungpitarangsi V, Bunyapraphatsara N, *et al*: Antidiabetic activity of Aloe vera L. juice. I. Clinical trial in new cases of diabetes mellitus. *Phytomedicine*, **3**:241-243, 1996.
- 4) Bunyapraphatsara N, Yongchaiyudha S, Rungpitarangsi V, *et al*: Antidiabetic activity of Aloe vera L. juice. II. Clinical trial in diabetes mellitus patient in combination with glibenclamide. *Phytomedicine*, **3**:245-248, 1996.
- 5) 長浜邦雄, 鈴木功: 食品への超臨界流体応用ハンドブック. ライフサイエンス社, 東京, pp17-25, 2002.
- 6) Tanaka M, Misawa E, Yamada M, *et al*: Identification of five phytosterols from Aloe vera gel as Anti diabetic compounds. *Biol Pharm Bull*, **26**:1418-1422, 2006.
- 7) 三澤江里子他: 食餌性肥満モデルラットにおけるアロエベラゲル超臨界抽出エキス投与による体脂肪低減効果. 日本肥満学会誌 (Supplement), pp267, 2008.
- 8) Misawa E, Tanaka M, Nomaguchi K, *et al*: Administration of phytosterols isolated from Aloe gel reduce visceral fat mass and improve hyperglycemia in Zucker diabetic fatty (ZDF) rats. *Obesity Research & Clinical Practice*, **2**:239-245, 2008.
- 9) Nomaguchi K, Tanaka M, Yamada M, *et al*: Aloe vera phytosterols act as ligands for PPAR and improve the expression levels of PPAR target genes in the livers of mice with diet-induced obesity. *Obesity Research & Clinical Practice*, doi, **10.1016/j.orcp.2011.01.002**.
- 10) Belfort R, *et al*: A placebo controlled trial of pioglitazone in subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *N Engl J Med*, **355**:2297-2307, 2006.
- 11) Marchesin G, *et al*: Metformin in non-alcoholic steatohepatitis. *Lancet*, **358**:893-894, 2001.
- 12) 山田宗夫他: アロエベラゲル超臨界抽出物の肥満男性成人を対象としたランダム化二重盲検プラセボ対照 4 用量並行群間比較試験による 12 週間摂取安全性試験探索的データ解析: アロエベラゲル超臨界抽出物の血清 ALT 異常値肥満男性の肝臓機能に及ぼす作用. *Progress in Medicine*, **31**(4)153-158, 2011.
- 13) 山田宗夫他: 糖尿病が強く疑われる人または可能性を否定できない人に対するアロエベラゲルの空腹時血糖, ヘモグロビン A1c およびインスリン抵抗性への影響. *Progress in Medicine*, **31**(1)191-196, 2011.
- 14) 石川文子, 都築毅, 池田郁男他: アロエ由来植物ステロールの体内蓄積量の検討. 第 64 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, pp95, 2009.

—地域の食資源から抗酸化作用と生理機能の探索—

アピオスの血圧降下作用

岩井 邦久*

*Iwai Kunihisa (青森県立保健大学・健康科学部・栄養学科)

Key Words：アピオス・高血圧・ACE 阻害活性

はじめに

食品成分には、例えば、消化器系、循環器系、内分泌系などの生理系統に関与して、健康の維持や回復に好ましい効果を及ぼす働きがあることが明らかになってきている。このような食品の三次機能が研究され、注目されるようになった背景には、生活習慣病の増加とそれに対する一次予防の重要性が認識されるようになったことがあげられる。そこで、我々は、地域の食資源の中から生理機能に優れた素材を探索するため、抗酸化活性を指標にスクリーニングを行ってきた。これは、多くの生活習慣病の原因が、生体内で過剰に発生した活性酸素種やフリーラジカルによる酸化傷害であることが明らかになってきたからである¹⁾。

生活習慣病の中でも高血圧症は代表的な慢性疾患の一つであり、心疾患や脳血管疾患の重要なリスク要因になることが良く知られている²⁾。また、高血圧は食品成分、特に塩分やタンパク質の摂取量と密接に関連していることも指摘されてきた。従って、治療には薬物療法が必要となるが、高血圧の予防には天然の食品成分を利用することを含めた生活習慣の改善が効果的である³⁾。その中には禁煙や減塩、カリウムの積極的な摂取なども含まれており、この

ことは食生活を含めた生活習慣が高血圧に大きく関わっており、その是正が血圧改善を可能にすることを示唆している。また、近年では、種々の食品から派生するペプチドが降圧作用を有し、高血圧の低下に寄与することが幅広く研究されてきた^{4,5)}。いくつかのペプチドの血圧低下作用は、既に自然発症高血圧ラット (SHR) の実験やヒト・ボランティアにおいて実証されている^{6,7)}。

我々は、これまでに行った地域食資源から生理機能の探索において、アピオス (*Apios americana* Medikus) に抗酸化活性を見出した。後述するが、この食品は様々な保健効果が経験談として言われており、その中には高血圧の緩和も含まれている。また、カリウムが豊富に含まれていることも分った。これらのことから、本稿では、高血圧と脂質代謝に焦点を当てて解明を試みたアピオスの生理作用について紹介する。

1. アピオスとは

アピオス (*Apios americana* Medikus) はマメ科のつる性植物で、つるは3～4 mにも伸び、葉は5～7枚の複葉をなし、8月に赤紫色の花が咲く (図 1-A)。その地下茎は1 mほどに伸び

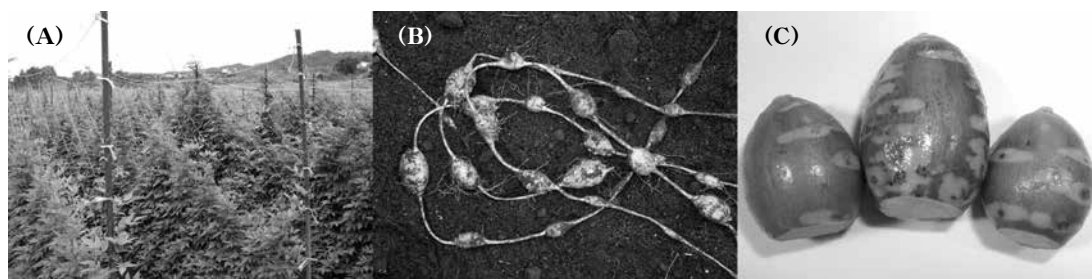


図1 アピオス圃場 (A)、収穫時のアピオス (B) および洗浄後のアピオス (C)

る過程で5～10 cm 間隔で肥大し、食べられるイモとなる(図1-B)⁸⁻¹⁰⁾。直径2～4 cm, 長さ3～6 cm 程度に大きくなったイモは11月頃に収穫でき, ジャガイモと自然薯を合わせたような味を呈する。日本では「アメリカホドイモ」や「ホドイモ」などと呼ばれているアピオスは原産地が北米で, フロリダからテキサスに広く分布している。そのアピオスがリンゴ苗木の土中に混じっていたために, アメリカからリンゴが導入された際にアピオスも日本に伝来したと考えられており, 青森県が日本での発祥の地と言われている。実際に青森県では栽培法を確立しており, 種芋を頒布した。現在, アピオスは北日本を中心に耕作物として栽培され, 販売されている(図1-C)。

アピオスは, 星川らの研究⁸⁻¹⁰⁾もあり, 栄養価の高さや健康にまつわる言い伝えなどによって, 一時期, 多くの消費者の注目を集めた。慢性の便秘解消, 産前産後の障害緩和効果, 肥満や糖尿病に対する効果, 高血圧の解消, 精力減退の克服, 腰痛に対する効果などの様々な効果効能がアピオス愛好家らの体験談とともに記述された書もある。その一方, 科学的にもアピオスの栄養成分^{11, 12)}, 脂質組成¹³⁾ およびアミノ酸組成¹⁴⁾ などは研究されている。さらに, DDMP サポニン¹⁵⁾ やゲニステイン¹⁶⁾ など

の生理機能に関わる成分もアピオスから見出されている。しかしながら, 上述した保健効果に関する科学的根拠や研究報告は見当たらない。

そこで, 我々は身近な存在でありながら余り良く知られていなかったアピオスに興味をもち, 健康的有益性を解明する目的でアピオスの生理作用を検討してきた。

2. アピオスの栄養成分

我々は, 青森県五戸町倉石地域で収穫されたアピオスを使用して研究を進めた。そのアピオスには, 水分55.3%, タンパク質6.6%, 脂肪0.6%, 灰分1.7%, 食物繊維9.8% および炭水化物26.0% が含まれていた(表1)。アピオスの一般栄養成分の報告は既にあるが^{11, 12)}, 倉石

表1 アピオス, ジャガイモおよび大豆の栄養成分の比較(100 g 中)

	アピオス	ジャガイモ*	大豆*
エネルギー (kcal)	175.0	76.0	180.0
水分 (g)	55.3	79.8	63.5
タンパク質 (g)	6.6	1.6	16.0
脂肪 (g)	0.6	0.1	9.0
炭水化物 (g)	26.0	16.3	2.7
食物繊維 (g)	9.8	1.3	7.0
灰分 (g)	1.7	0.9	1.8
カルシウム (mg)	260.0	3.0	70.0
ナトリウム (mg)	4.0	1.0	1.0
カリウム (mg)	720.0	410.0	570.0
ビタミンC (mg)	17.0	35.0	微量

* ジャガイモ(生) および大豆(茹で)は五訂増補食品成分表より引用した。

地域で栽培されたアピオスもそれと同様であった。この栄養成分の結果は、アピオスがジャガイモよりもタンパク質が多く、大豆よりも脂肪が少ないことを表しており、また、カルシウム (260 mg/100 g) とカリウム (720 mg/100 g) が豊富であることも明らかになった。即ち、アピオスは栄養素の観点からも健康的な食素材であることが再確認された。

3. 血圧に対するアピオスの作用

アピオスの抗高血圧作用を評価するために、アピオス食およびアピオス抽出物を用いた動物試験をデザインした。AIN-93G 組成に基づく基礎飼料をコントロールとする正常食 (N 群) と、基礎飼料に 1% コレステロールを添加したコレステロール食 (C 群) を調製した。これらにアピオス乾燥粉末を 5% 添加した正常 - アピオス食 (NA 群) およびコレステロール - アピオス食 (CA 群) をそれぞれ用意した。各飼料の栄養成分組成は、アピオスに含まれるタンパク質、食物繊維および炭水化

物量に基づいてカゼイン、セルロースおよびスターチ量を調節し、各飼料の栄養素含量を同等に調製した (表 2)。

雄性 SHR を 4 群に分け、これらの飼料を自由に摂取させて 3 週間飼育し、試験開始から 1 週間毎に非観血式血圧測定器を用いて血圧を測定した。図 2 はアピオス食を 3 週間摂取した SHR の収縮期血圧、拡張期血圧および心拍数の推移を示す。N 群および C 群の血圧は週齢とともに増加したが、NA 群の収縮期血圧は他

表 2 試験飼料の栄養組成 (%)

	N	C	NA	CA
カゼイン	20.0	20.0	19.2	19.2
α -スターチ	13.2	12.9	12.2	11.9
β -スターチ	39.5	38.6	36.7	35.8
スクロース	10.0	10.0	10.0	10.0
セルロース	5.0	5.0	4.8	4.8
コーン油	7.0	7.0	7.0	7.0
ビタミン混合 AIN-93	1.25	1.25	1.25	1.25
ミネラル混合 AIN-93G	3.5	3.5	3.5	3.5
メチオニン	0.3	0.3	0.3	0.3
重石炭酸ナトリウム	0.25	0.25	0.25	0.25
コール酸ナトリウム	0	0.25	0	0.25
コレステロール	0	1.0	0	1.0
アピオス粉末	0	0	5.0	5.0

N: 正常群, C: コレステロール群, NA: 正常 - アピオス群, CA: コレステロール - アピオス群. アピオス粉末由来のタンパク質、食物繊維および炭水化物量はカゼイン、セルロースおよびスターチ量で調節した。

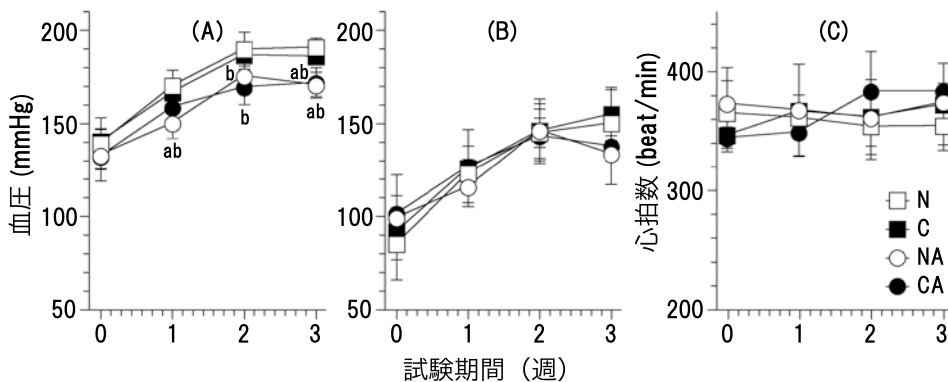


図 2 アピオス食を 3 週間摂取した SHR の試験期間中の収縮期血圧 (A)、拡張期血圧 (B) および心拍数 (C) の変化

□: N 群 (正常食), ■: C 群 (コレステロール食), ○: NA 群 (正常 - アピオス食), ●: CA 群 (コレステロール - アピオス食). データは各群 5 匹の平均値土標準偏差を示す. a は N 群に対する, b は C 群に対する有意差を表す ($P < 0.05$).

の群より低めで推移し、1週間後および3週間後にはN群より有意に低い血圧となった。CA群の血圧もNA群と同様に他より低いレベルで推移し、2～3週間後ではC群より有意に低い血圧となった(図2-A)。NA群およびCA群の拡張期血圧は、3週間後にN群およびC群より低下する傾向を示した(図2-B)。一方、多少の増減はあるものの、心拍数の推移にアピオス摂取の有無による差は見られなかった(図2-C)。3週間の試験期間中に、N群およびC群の収縮期血圧は46～52 mmHg、拡張期血圧は63～65 mmHg増加したが、アピオス摂取群の収縮期および拡張期血圧の増加は40 mmHg以下であった。これらのことから、アピオスの摂取により血圧が低下することが明らかになった。

この効果をさらに調べるため、アピオスの水抽出物(AWE)およびメタノール抽出物(AME)を調製し、これらを雄性SHRおよびWistar Kyoto ラット(WKY)に絶食下で200 mg/kg 単回経口投与し、1時間後の血圧を測定した。SHRでは、蒸留水を投与したコントロールに比べてAWEおよびAMEを投与した時の収縮期血圧および拡張期血圧が有意に低下し、投与前の血圧と比較しても有意に低下した。陽性対照としたリシノプリル50 mg/kgの投与ではWKYでも血圧の低下が見られたが、AWE

およびAMEを投与したWKYの血圧はコントロールとはほぼ同じであった(表3)。どの投与でも心拍数に変化はなかった。この結果から、アピオス抽出物の血圧降下作用はACE阻害薬に比べると弱いことが示された。

また、AWEを単回経口投与したSHRの血圧を投与後2時間まで0.5時間間隔で測定したところ、投与後0.5時間および1時間で血圧は投与前より低下したが、2時間後にはほぼ投与前のレベルに血圧は戻った。このことから、アピオスの血圧降下作用は緩やかで、持続性は短いことが推察された。

この研究では、加齢とともに血圧が上昇する特徴を持つSHRをアピオスの降圧作用を検討するために使用した。その結果、アピオス食を3週間摂取したSHRでは、摂取しないSHRに比べて約10%血圧が低下した。AWEを単回投与した時も1時間後に約10%の血圧低下が見られたが、2時間後には元の血圧に戻り、抽出物の血圧降下はリシノプリルよりも弱いものであった。これらのことから、アピオスの降圧作用はマイルドなものであると言える。200 mg/kgのAWEはアピオス粉末639 mg/kgの投与量に等しく、これは体重60 kgの成人男性だと38.3 gのアピオス摂取量に換算される。一方、アピオス食摂取の実験では、SHRは毎日2.75 g/kgのアピオスを摂取し、これから換算され

表3 リシノプリルおよびアピオス抽出物を単回経口投与後1時間でのSHRおよびWistar Kyoto ラットの血圧(mmHg)

	SHR		WKY	
	SBP	DBP	SBP	DBP
コントロール	198.6 ± 15.3	177.8 ± 8.5	134.4 ± 15.1	111.4 ± 9.7
リシノプリル	143.6 ± 19.6*	110.3 ± 14.7*	112.2 ± 7.4*	80.8 ± 10.5*
AWE	159.2 ± 20.1*	132.1 ± 17.6*	122.7 ± 9.3	102.7 ± 11.6
AME	162.8 ± 9.4*	133.9 ± 8.3*	115.8 ± 18.9	92.4 ± 20.8

AWE: アピオス水抽出物, AME: アピオスメタノール抽出物. SHR: 自然発症高血圧ラット, WKY: Wistar Kyoto ラット, SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧. 投与: コントロール: 蒸留水, リシノプリル: 50 mg/kg, AWE および AME: 200 mg/kg. データは各群6匹の平均値±標準偏差を示す. * はコントロール群に対する有意差を示す ($P<0.05$).

る AWE 量は 860 mg/kg となる。また、アピオス食で降圧効果が現れるのに約 2 週間を要していることから、アピオスに含まれる降圧成分の含有量またはその体内への吸収は多くはないと考えられる。一方、アピオス抽出物による WKY の血圧低下が見られなかったため、正常血圧に対するアピオスの影響は弱いことが推察された。以上のことから、アピオスには血圧の上昇を抑制する効果のあることが示され、その作用は薬剤に比べると弱いものの、継続的に摂取することで効果が得られることが示唆された。

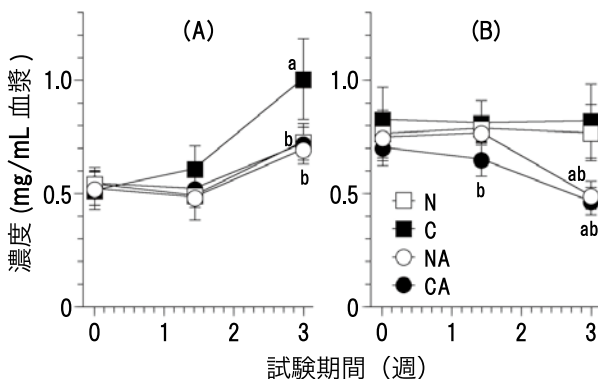


図3 アピオス食を3週間摂取した SHR の試験期間中の血漿中総コレステロール濃度(A)および中性脂肪濃度(B)の推移

□: N 群 (正常食), ■: C 群 (コレステロール食), ○: NA 群 (正常 - アピオス食), ●: CA 群 (コレステロール - アピオス食)。データは各群 5 匹の平均値 ± 標準偏差を示す。a は N 群に対する, b は C 群に対する有意差を表す ($P < 0.05$)。

4. 脂質濃度に対するアピオスの作用

アピオス食摂取試験において、ラットの脂質代謝への影響も検討した。アピオス食摂取の初日、10 日後および 3 週間後に絶食下で SHR の尾動脈から採血し、血漿中の総コレステロール (T-CHO) およびトリグリセリド (TG) 濃度を測定した。NA 群の血漿中 T-CHO 濃度は試験期間中 N 群と同レベルであった。一方、コレステロール食を摂取した C 群は試験期間を通じて血漿中 T-CHO レベルが増加し、3 週間後では N 群より有意に高い濃度となった。これに対して、CA 群の血漿中 T-CHO 濃度は C 群より有意に抑えられ、その濃度は N 群と同じレベルであった (図 3-A)。

N 群および C 群の血漿中 TG 濃度は、試験期間中はほぼ同じレベルで推移した。これに対し、NA 群の血漿中 TG 濃度は 10 日後までは試験前と同じレベルであったが、3 週間後には低下し、N 群よりも有意に低い TG 濃度となった。CA 群の TG 濃度は試験期間を通じて減少傾向を示し、3 週間後には C 群より有意に低値を示した (図 3-B)。

また、試験終了時、全ての SHR を 20 時間の絶食後に解剖し、肝臓、腎臓および動脈のホモジネートからクロロホルム - メタノールで粗脂質を抽出し、コレ

表4 アピオス食を3週間摂取した SHR の血漿および臓器中コレステロール濃度

	N	C	NA	CA
血漿 (mg/mL)	0.738 ± 0.063	1.002 ± 0.241 ^a	0.706 ± 0.048 ^b	0.790 ± 0.048
赤血球 (mg/mL)	1.414 ± 0.119	1.432 ± 0.134	1.539 ± 0.080	1.574 ± 0.047
肝臓 (mg/g)	9.758 ± 1.203	15.344 ± 6.259 ^c	3.634 ± 1.059 ^{ab}	10.266 ± 2.079 ^c
腎臓 (mg/g)	3.757 ± 0.293	4.110 ± 0.464	3.754 ± 0.343	3.593 ± 0.143
動脈 (mg/g)	5.079 ± 0.702	6.964 ± 3.045	4.031 ± 0.494	3.934 ± 0.459

N: 正常群, C: コレステロール群, NA: 正常 - アピオス群, CA: コレステロール - アピオス群。データは各群 5 匹の平均値 ± 標準偏差を示す。a は N 群に対する, b は C 群に対する, c は NA 群に対する有意差を表す ($P < 0.05$)。

ステロール濃度を測定した。その結果、NA 群は N 群より低い肝臓中コレステロール濃度を示し、他の臓器中コレステロール濃度は N 群と同じであった。C 群は全ての臓器でコレステロール濃度が N 群より増加傾向となったが、CA 群では臓器中コレステロール濃度は N 群と同程度であった (表 4)。

以上の結果から、アピオスは、コレステロール負荷食によって引き起こされる血漿および臓器中コレステロールの増加を抑制する傾向を示した。コレステロール無添加食では、アピオスは肝臓コレステロールと血漿 TG も低下させることが明らかになった。これらの結果は、アピオスが脂質の吸収や代謝に何らかの作用を持っていることを示唆している。ダイゼインやゲニステインなどの大豆イソフラボンが血漿

T-CHO や TG の低下作用、エストロゲン様作用、抗酸化作用や血圧降下作用を有することは良く知られている^{17, 18)}。アピオスにもゲニステインが見出されていることから¹⁵⁾、脂質代謝への作用はイソフラボン類により引きこされたことが予測される。しかし、後述するが、この研究では顕著な抗酸化作用は見られなかったことから、アピオスの脂質低下作用の解明には、イソフラボン類だけでなく、栄養素の吸収に及ぼす食物繊維などの影響を調べる必要性も考えられた。

5. アピオスの脂質過酸化に対する作用

アピオスの抗酸化作用を調べる目的で、SHR の血漿および臓器の過酸化脂質濃度をチオバルビツール酸反応生成物 (TBARS) として測定した。図 4 は、試験期間中の血漿および赤血球中 TBARS 濃度の推移を示した。どちらの TBARS でも 4 群間に有意差は見られなかった。また、肝臓、腎臓などの臓器中 TBARS 濃度においても、N 群と NA 群の間に差はなかった (表 5)。この中で、C 群の肝臓中 TBARS は N 群および NA 群より有意に高まり、他の臓器においても C 群の TBARS は高い傾向を示したが、CA 群の臓器中 TBARS 濃度は C 群より低い傾向を示した。抗酸化物質であるゲニステインやサポニン類がアピオスから見出されているが^{15, 16)}、アピ

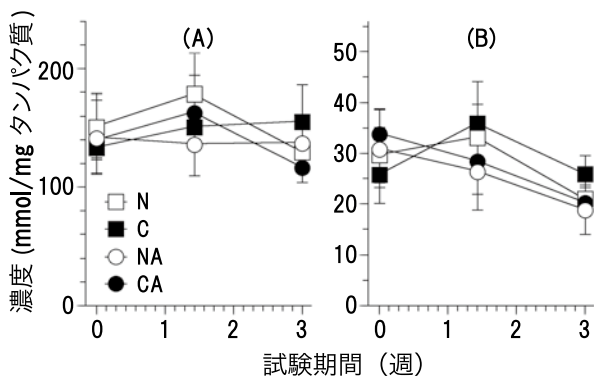


図 4 アピオス食を 3 週間摂取した SHR の試験期間中の血漿 (A) および赤血球 (B) 中過酸化脂質濃度の推移
□: N 群 (正常食), ■: C 群 (コレステロール食), ○: NA 群 (正常 - アピオス食), ●: CA 群 (コレステロール - アピオス食)。データは各群 5 匹の平均値 ± 標準偏差を示す。

表 5 アピオス食を 3 週間摂取した SHR の生体内過酸化脂質濃度 (TBARS)

	N	C	NA	CA
血漿 (nmol/mg タンパク質)	0.130 ± 0.009	0.156 ± 0.031	0.137 ± 0.022	0.117 ± 0.014
赤血球 (nmol/mg タンパク質)	0.021 ± 0.002	0.026 ± 0.004	0.019 ± 0.005 ^b	0.020 ± 0.002
肝臓 (nmol/mg タンパク質)	0.069 ± 0.012	0.151 ± 0.016 ^a	0.077 ± 0.017 ^b	0.142 ± 0.010 ^{ac}
腎臓 (nmol/mg タンパク質)	0.179 ± 0.079	0.320 ± 0.157	0.162 ± 0.034	0.240 ± 0.050
動脈 (nmol/mg タンパク質)	0.123 ± 0.012	0.262 ± 0.105	0.180 ± 0.062	0.249 ± 0.187

N: 正常群, C: コレステロール群, NA: 正常 - アピオス群, CA: コレステロール - アピオス群。データは各群 5 匹の平均値 ± 標準偏差を示す。a は N 群に対する, b は C 群に対する, c は NA 群に対する有意差を表す ($P < 0.05$)。

オス食の摂取では期待したほどの顕著な抗酸化作用は見られず、アピオスの抗酸化作用は弱くまたは抗酸化成分が少ないことが示唆された。

6. アピオスの生育への影響

3週間のアピオス食摂取試験において4群のSHRの体重に有意差はなく、全ての群は正常な体重の推移を示し、生育への影響はないことが推測された(図5)。C群は少ない摂食量で体重増加量が多い傾向を示したため、C群の食餌効果はN群より有意に高まったが、CA群の食餌効果はN群と同等であり、NA群の体重増加量、摂食量および食餌効果はN群と同等であった。また、3週間後、C群とCA群には肝肥大が見られたが、腎臓重量には差が見られなかった(表6)。

アピオス食による体重増加やタンパク質効率

がカゼイン食より低いとのラットにおける研究があるが¹⁹⁾、その原因には摂食量の減少が指摘されている。しかし、我々の研究では、アピオスの添加量を日本人のマメ摂取量²¹⁾に基づいて設定し、飼料の栄養組成はタンパク質、セ

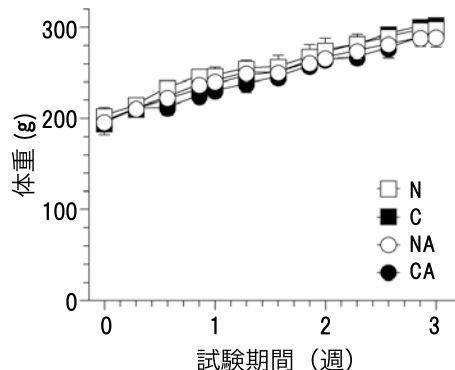


図5 アピオス食を3週間摂取したSHRの試験期間中の体重推移

□: N群 (正常食), ■: C群 (コレステロール食), ○: NA群 (正常 - アピオス食), ●: CA群 (コレステロール - アピオス食)。データは各群5匹の平均値±標準偏差を示す。

表6 アピオス食を3週間摂取したSHRの体重増加量、摂食量、食餌効果、肝臓重量および腎臓重量

	N	C	NA	CA
体重増加量 (g/d)	4.89 ± 0.54	5.39 ± 0.72	4.61 ± 0.24	4.81 ± 0.45
摂食量 (g/d)	27.58 ± 0.69	25.99 ± 1.13	27.97 ± 1.65	29.00 ± 1.32 ^b
食餌効果 (%)	17.19 ± 1.46	20.81 ± 3.01 ^a	16.49 ± 0.70 ^b	16.58 ± 0.96 ^b
肝臓重量 (g)	8.588 ± 0.261	14.018 ± 0.840 ^a	7.764 ± 0.432 ^b	12.745 ± 0.735 ^{ac}
腎臓重量 (g)	1.916 ± 0.052	1.929 ± 0.054	1.839 ± 0.048	1.926 ± 0.068

N: 正常群, C: コレステロール群, NA: 正常 - アピオス群, CA: コレステロール - アピオス群。データは各群5匹の平均値±標準偏差を示す。aはN群に対する、bはC群に対する、cはNA群に対する有意差を表す ($P < 0.05$)。

表7 アピオス食を3週間摂取したSHRの血漿生化学値

	N	C	NA	CA
AST (U/L 血漿)	103 ± 6	219 ± 74 ^a	106 ± 13 ^b	208 ± 76
ALT (U/L 血漿)	18 ± 2	68 ± 43 ^a	22 ± 3 ^b	67 ± 22
NH ₃ (μg/mL 血漿)	1.838 ± 0.243	2.372 ± 0.279 ^a	0.962 ± 0.093 ^{ab}	0.960 ± 0.098 ^{ab}
UA (μg/mL 血漿)	24.20 ± 6.38	24.00 ± 3.24	15.20 ± 2.17 ^{ab}	11.20 ± 1.79 ^{ab}
CRE (μg/mL 血漿)	4.000 ± 0.071	5.800 ± 0.447 ^a	3.800 ± 0.447 ^b	6.000 ± 0.071 ^{ac}

AST: アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ, ALT: アラニンアミノトランスフェラーゼ, NH₃: アンモニア, UA: 尿酸, CRE: クレアチニン。N: 正常群, C: コレステロール群, NA: 正常 - アピオス群, CA: コレステロール - アピオス群。データは各群5匹の平均値±標準偏差を示す。aはN群に対する、bはC群に対する、cはNA群に対する有意差を表す ($P < 0.05$)。

ルコースおよびスターチ量で同等に調節して行った。その結果、3週間摂取させても SHR の体重推移、摂食量、肝臓および腎臓重量に差は認められなかった。一部に肝肥大が認められたのはコレステロールを添加したからであって、アピオス添加によって引き起こされたものではない。肝機能の指標となるアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST) やアラニンアミノトランスフェラーゼ (ALT) などの生化学値にもアピオスの摂取による差は見られず、他の血液生化学値にアピオス摂取による異常は認められなかった (表 7)。これらの結果から、アピオスが栄養不良や臓器機能不全などの負の影響を及ぼさないことが明らかになった。

7. アピオスの生理活性成分

さらに我々は、アピオスの降圧作用に関与する活性成分を探索した。まず、アミノ酸組成を分析したところ、アピオス粉末にはアスパラギン酸 (Asp) が最も多く含まれ、次いでグルタミン酸 (Glu)、グリシン、ロイシン (Leu) およびプロリン (Pro) が高い含量を示した。AWE では Asp が主要なアミノ酸で、次が Pro であり、AME で最も多いアミノ酸は Pro であった。アピオスの主要なアミノ酸は Asp と Glu であり、次いで Leu と Pro が多く存在することが報告されている¹⁴⁾。我々も、アピオス粉末で同様の結果を得たが、抽出物では Asp の次に多いのが Pro であり、さらに、遊離アミノ酸で最も多いのは Pro (33 ~ 49%) であることを明らかにした。

次に、血圧降下作用に関係するアンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害作用を測定した。AWE に ACE 阻害が認められたが、その活性はリシノプリル²¹⁾より弱く、単回経口投与時の血圧の結果と同様になった。このことから、抽出成分の ACE 阻害作用は弱いと考えられるが、AWE は Pro に富んでおり、Pro を含むペプチドには ACE 阻害作用のあることがいくつか報告されている^{22, 23)}。また、強力な ACE 阻害ペプチドには C 末端に Pro が存在するものが多い²⁴⁾。そのため、アピオスが消化吸收の過程で分解され、生成したペプチドが血圧降下作用に関与していることが予想される。それは、アピオス摂取による降圧効果が緩やかに現れることや、アピオスの抽出物は Pro を含むが ACE 阻害活性が弱いことから考えられる。その後、我々はアピオスから ACE 阻害ペプチドを見出した。これについては機会があれば紹介したい。

おわりに

様々な保健効果が言われていたアピオスであるが、緩やかな降圧効果を持つことが明らかになった。その作用は、消化の過程で生成する成分の ACE 阻害作用によることが推測されたが、その解明は今後の課題である。また、アピオスは脂質濃度を低下させることも明らかになり、それにはイソフラボン類や食物繊維などの関与が予想される。以上のことから、アピオスが高血圧や高脂血症への予防効果を備えた有益な機能性食品素材となり得ることが科学的に明らかとなった。

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

- 1) T. Osawa: Protective role of dietary antioxidants in oxidative stress. Free Radicals in Chemistry, Biology and Medicine, T. Yoshikawa, S. Toyokuni, Y. Yamamoto, Y. Naito, eds.; OICA International, pp.476-482, 2000.
- 2) W. B. Kannel: Blood pressure as a cardiovascular risk factor: prevention and treatment. *J. Am. Med. Assoc.*, **275**, 1571-1576, 1996.
- 3) M. Yoshikawa, H. Fujita, N. Matoba, Y. Takenaka, T. Yamamoto, R. Yamauchi, H. Tsuruki, K. Takahata, K.: Bioactive peptides derived from food proteins preventing lifestyle-related diseases. *Biofactors*, **12**, 143-146, 2000.
- 4) N. Yamamoto: Antihypertensive peptides derived from food proteins. *Biopolymers*, **43**, 129-134, 1997.
- 5) T. Takano: Milk derived peptides and hypertension reduction. *Int. Dairy J.*, **8**, 375-381, 1998.
- 6) N. Yamamoto, A. Akino, T. Takano: Antihypertensive effects of different kinds of fermented milk in spontaneously hypertensive rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **58**, 776-778, 1994.
- 7) S. Sekiya, Y. Kobayashi, E. Kita, Y. Imamura, S. Toyama: Antihypertensive effects of tryptic hydrolysate of casein on normotensive and hypertensive volunteers. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **45**, 513-517, 1992.
- 8) K. Hoshikawa, Juliarni: The growth of Apios (*Apios americana* Medikus), a new crop, under field conditions. *Jpn. J. Crop Sci.*, **64**, 323-327, 1995.
- 9) Juliarni, K. Hoshikawa: Characteristics of dry matter production and yield of Apios (*Apios americana* Medikus) clones. *Jpn. J. Crop Sci.*, **65**, 98-102, 1996.
- 10) Juliarni, Y. Goto, T. Nakamura, K. Takahashi, K. Hoshikawa: Tuberization in Apios (*Apios americana* Medikus). *Jpn. J. Crop Sci.*, **66**, 466-471, 1997.
- 11) W. M. Walter, E. M. Croom, Jr., G. L. Catignani, W. C. Thresher: Compositional study of *Apios priceana* tubers. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 39-41, 1986.
- 12) H. Kinugasa, Y. Watanabe: Nutritional compositions of the tubers of American groundnut (*Apios americana* Medikus). *Sonoda Women's Coll. Studies*, **26**, 209-218, 1992.
- 13) P. W. Wilson, J. R. Gorny, W. J. Blackmon, B. D. Reynolds: Fatty acids in the American groundnut (*Apios americana*). *J. Food Sci.*, **51**, 1387-1388, 1986.
- 14) P. W. Wilson, F. J. Pichardo, J. A. Liuzzo, W. J. Blackmon, B. D. Reynolds: Amino acids in the American groundnut (*Apios americana*). *J. Food Sci.*, **52**, 224-225, 1987.
- 15) K. Okubo, Y. Yoshiki, K. Okuda, T. Sugihara, C. Tsukamoto, K. Hoshikawa: DDMP-conjugated saponin (soyasaponin β g) isolated from American groundnut (*Apios americana*). *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **58**, 2248-2250, 1994.
- 16) H. B. Krishnan: Identification of genistein, an anticarcinogenic compound, in the edible tubers of the American groundnut (*Apios americana* Medikus). *Crop Sci.*, **38**, 1052-1056, 1998.
- 17) A. H. Lichtenstein: Soy protein, isoflavones and cardiovascular disease risk. *J. Nutr.*, **128**, 1589-1592, 1998.
- 18) D. S. Martin, N. P. Breitkopf, K. M. Eyster, J. L. Williams: Dietary soy exerts an antihypertensive effect in spontaneously hypertensive female rats. *Am. J. Physiol., Regulat. Integ. Comp. Physiol.*, **281**, R553-560, 2001.
- 19) M. A. Ameny, P. W. Wilson, M. Hegsted: Protein quality of weaning baby food from African white fleshed sweetpotato varieties and *Apios americana* with pigeon peas added as a complementary protein. *Nutr. Res.*, **14**, 1397-1406, 1994.
- 20) 国民栄養の現状 . 平成 12 年国民栄養調査結果 , 厚生労働省 , 2002.
- 21) P. Li, M. C. Chappell, C. M. Ferrario, K. B. Brosnihan: Angiotensin-(1-7) augments bradykinin-induced vasodilation by competing with ACE and releasing nitric oxide. *Hypertension*, **29**, 394-400, 1997.
- 22) Y. Nakamura, N. Yamamoto, K. Sakai, A. Okubo, S. Yamazaki, T. Takano: Purification and characterization of angiotensin I-converting enzyme inhibitors from sour milk. *J. Dairy Sci.*, **78**, 777-783, 1995.
- 23) T. L. Chen, Y. C. Lo, W. T. Hu, M. C. Wu, S. T. Chen, H. M. Chang: Microencapsulation and modification of synthetic peptides of food proteins reduces the blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 1671-1675, 2003.
- 24) H. S. Cheung, F. L. Wang, M. A. Ondetti, E. F. Sabo, D. W. Cushman: Binding of peptide substrates and inhibitors of angiotensin-converting enzyme. Importance of the COOH-terminal dipeptide sequence. *J. Biol. Chem.*, **255**, 401-407, 1980.

パン酵母とそれに特異的な IgG を含む シバヤギ乳 IgG 分画のマウス I 型アレルギー軽減作用

大谷 元^{*1}

^{*1} OTANI Hajime (信州大学大学院農学研究科 機能性食料開発学専攻)

Key Words：微生物 IgG 複合物・Fcγ 受容体・免疫調節・I 型アレルギー軽減

はじめに

哺乳類は母乳を介して多量の抗体を新生仔に与える。与えられた抗体は母動物が生息している環境の病原性微生物を認識したものである。そのために新生仔の能動免疫系が成立するまでの間、母乳からの抗体は新生仔の感染防御に寄与する。

1900 年代初期に、ヒトはこのような母乳を介した抗体の受け渡し機構に着目し、牛乳 IgG を感染予防に用いることの検討を始めた¹⁾。1950 年代後半から研究を進めていたスターリ研究所 (Stolle Milk Biological International 社とその後社名変更) は、1987 年にヒトの感染性細菌 26 種類を注射したウシの乳汁を原料にした健康食品の製造法の特許を取得した。同社は 1992 年にこの特許に基づく食品を開発し、台湾を始めとして、アメリカ合衆国、ニュージーランド、香港、韓国、マレーシア、日本などで販売してきた²⁾。

この牛乳 IgG を含む食品の摂取による体調の変化に関する各国での聞き取り調査結果は、アレルギー性疾患、リウマチ性関節炎、血清コレステロール、悪性腫瘍、血圧、頭痛、嘔吐、食欲不振、消化不良、便秘などの改善を示した。しかし、それらの改善効果が免疫に用いた病原性細菌を認識した牛乳 IgG に由来するという

科学的根拠は乏しい³⁾。

筆者らは、牛乳タンパク質やその消化物の免疫調節機能を系統的に調べる過程で、大腸菌とその牛乳 IgG を経口投与したマウスの獲得液性免疫系が強く抑制されることを観察し、その抑制メカニズムに関する興味深い知見を得た⁴⁾。本総説は、牛乳 IgG のマウスにおける獲得液性免疫調節機能と、パン酵母に特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画のマウスでの I 型アレルギー軽減作用を中心にまとめた。

1. 牛乳 IgG の獲得液性免疫調節機能

獲得液性免疫系は全身免疫系と局所 (粘膜) 免疫系に大別され、前者は脾臓が、後者は腸管関連リンパ組織 (GALT) が主役を担っている。また、前者の主要抗体は IgG であり、後者のそれは分泌型 IgA である。C3H/HeN 系マウス脾臓細胞および腸管関連リンパ組織の一つであるパイエル板細胞の培養系に牛乳 IgG を添加して培養すると、図 1 に示すように、IgG と IgA レベルがともに牛乳 IgG 無添加の場合よりも統計的に有意に高くなった⁵⁻⁶⁾。ところが、牛乳 IgG を添加した飼料で C3H/HeN 系マウスを 5 週間飼育すると、図 2 に示すように、飼料中の

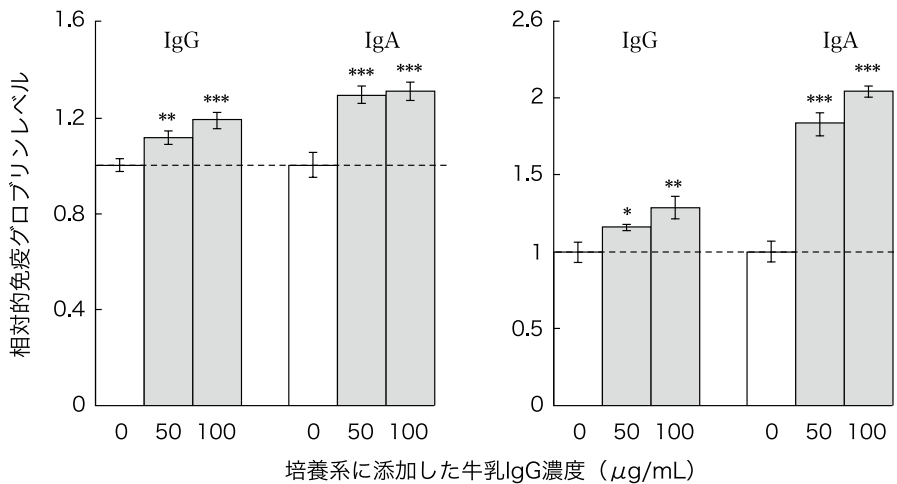


図1 C3H/HeN系マウス脾臓細胞（左図）およびパイエル板細胞（右図）の72時間培養時の相対的IgGとIgAレベルに及ぼす牛乳IgGの影響

IgG無添加の場合との統計的有意差：* $p<0.05$ ，** $p<0.01$ ，*** $p<0.001$ 。

オボアルブミンに対する腸管のIgG、IgAおよびIgEレベルが、牛乳IgG無添加飼料での飼育の場合よりもいずれも統計的に有意に低くなった⁷⁾。

一般に抗原提示細胞などの免疫細胞は、FcγR I、FcγR II b、FcγR IIIと命名されたIgGのFc領域受容体を有している。FcγR Iは抗原と結合していない遊離のIgGに親和性が高いが、FcγR II bおよびFcγR IIIは遊離のIgGとの親和性は低くIgGと抗原との複合物との親和性が高い⁸⁾。また、IgGがFcγRIを介して免疫細胞に結合するとIgA産生を促すIL-6の生産が促進され、FcγR II bを介して結合するとIL-6生産シグナルが阻害されてIgA産生は抑制される⁹⁾。上述した細胞培養系には牛乳IgGが認識している抗原は含まれていない。そのため、細胞培養系では遊離のIgGが作用したことにより、免疫グロブリンの産生が促されたと考察される。また、牛乳IgGをマウスに経口投与した場合は、牛乳IgGと腸内細菌との間で抗原抗体複合物が形成され、それが免疫細胞に作用したことによりIgGやIgA産生が抑制されたと考察される⁶⁾。このことを証明するために、大腸菌と結合できない牛乳IgG（大腸菌

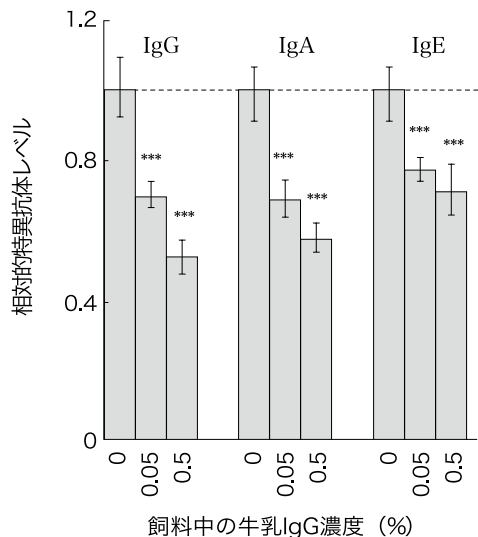


図2 牛乳IgG添加飼料で5週間飼育したC3H/HeN系マウス腸管の飼料タンパク質であるオボアルブミンに対する相対的抗体レベル(n=5)

IgG無添加飼料の場合との統計的有意差：*** $p<0.001$ 。

非特異的牛乳IgG）または大腸菌と特異的に結合できる牛乳IgG（大腸菌特異的牛乳IgG）と大腸菌の混合物をC3H/HeN系マウスパイエル板細胞培養系に添加して培養した。図3に示すように、大腸菌との複合物を形成できない大腸

菌非特異的牛乳 IgG の場合は CD80 や CD83 を発現した樹状細胞割合が有意に高くなった。逆に、複合物が形成できる大腸菌特異的牛乳 IgG の場合は低くなった⁶⁾。CD80 および CD83 は樹状細胞などの抗原提示細胞が抗原提示する上で不可欠なタンパク質である¹⁰⁾。したがって、これらの結果は上述した細胞培養系では遊離の牛乳 IgG が抗体産生を促し、経口投与では腸内細菌との間で形成された IgG 複合物が抗体産生を抑制したという考察を支持している。なお、筆者らは遊離の牛乳 IgG はマウス樹状細胞の FcγRI に結合し、大腸菌と牛乳 IgG の混合物は FcγR II b に結合することも確認している⁶⁾。

大腸菌とそれに特異的に結合できる牛乳 IgG を添加した飼料で C3H/HeN 系マウスを 5 週間飼育し、そのマウスパイエル板細胞の遺伝子の網羅的解析を行った¹¹⁾。表 1 に示すように、大腸菌とその牛乳 IgG の混合物添加飼料での飼育により、抗体産生に不可欠な抗原提示細胞である成熟樹状細胞やその抗原提示補助タンパ

ク質である CD80、T 細胞受容体の補助タンパク質である CD28 および液性免疫を司る Th2 細胞への分化の指標である IL-4 の mRNA 発現量が低下し、抗体産生制御性 T 細胞への分化の指標である CD122 の mRNA 発現量が増加した。合わせて、IgE レセプターのサブユニットである FcεRI-α、FcεRI-β、FcεRI-γ およびリウマチ性関節炎患者の B 細胞に多量発現する Fc receptor-like 3 の mRNA 発現量は減少し、ガン抑制タンパク質の mRNA の発現量は増加した¹¹⁾。すなわち、これらの結果は、大腸菌とそれに特異的な牛乳 IgG の混合物の経口摂取は I 型アレルギーの軽減、リウマチ性関節炎および悪性腫瘍などを軽減する可能性を示唆している。26 種類の病原性細菌に対する牛乳 IgG を含む食品の摂取により、アレルギー性疾患、リウマチ性関節炎、悪性腫瘍などが改善されたという聞き取り調査結果があることを上述した³⁾。それらの改善効果が、26 種類の病原菌を認識した牛乳 IgG を摂取したヒトの腸管で、牛乳 IgG と腸内細菌との間で偶然抗原抗体複合物が形成され、

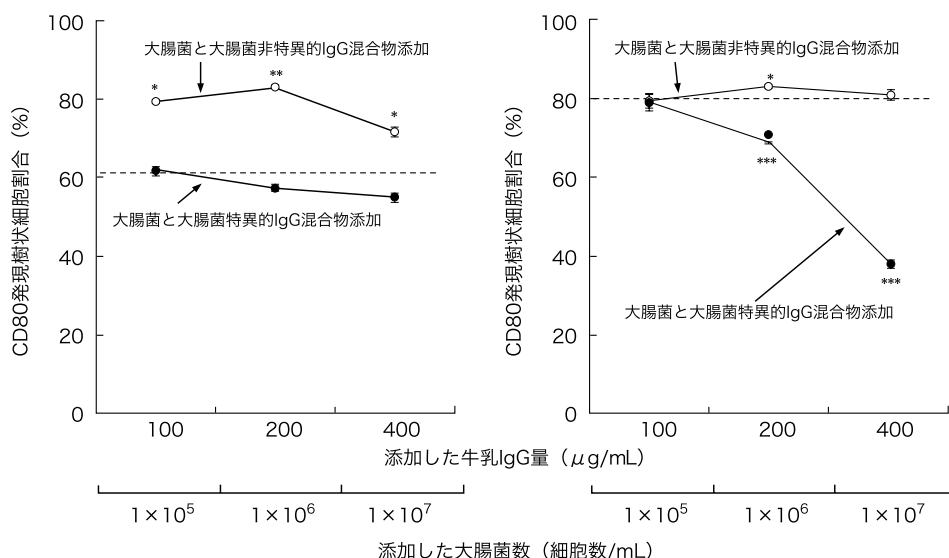


図3 C3H/HeN系マウスパイエル板中のCD80およびCD83発現樹状細胞割合に及ぼす大腸菌とそれに非特異的または特異的牛乳IgG混合物の影響

波線は大腸菌と牛乳IgG無添加時の細胞割合

大腸菌と牛乳IgG無添加時の場合との統計的有意差：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ 。

表1 大腸菌とその牛乳 IgG 混合物添加飼料での5週間の飼育により変動が見られた C3H/HeN 系マウスパイエル板細胞の生体防御関連遺伝子

遺伝子シンボル	翻訳後の分子名	機能	相対的発現レベル (大腸菌とその牛乳 IgG 混合物 添加飼料群 / 無添加飼料群)
Adamdec1	Decysin	成熟樹状細胞マーカー	0.270
Cd80	CD80	抗原提示補助分子	0.524
Cd28	CD28	T 細胞受容体補助因子	0.759
Il18r	IL-18 受容体	Th1 細胞分化マーカー	1.471
Il4	IL-4	Th2 細胞分化マーカー	0.841
Il10	IL-10	Th2 細胞生産サイトカイン	0.580
Tgfb1	TGF-b1	Th3 細胞分化マーカー	2.093
Cd10	CD10	未熟 B 細胞マーカー	2.599
Cd122	CD122	制御性 T 細胞マーカー	2.030
Fcer1a	FceRI- α	IgE 受容体 α 鎖	0.457
Fcer1b	FceRI- β	IgE 受容体 β 鎖	0.613
Fcer1g	FceRI- γ	IgE 受容体 γ 鎖	0.336
Fcgr3a	Fc receptor-like 3	関節リウマチ患者に多量発現する分子	0.451
Atm	ATM	ガン抑制	3.021
Brca1	BRCA1	ガン抑制	2.142
p53	p53	ガン抑制	2.104

それが腸管の免疫細胞に作用して生じたという可能性がないでもないように思われる。

そこで、シバヤギをパン酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) で免疫し、パン酵母とパン酵母に特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物の経口投与がマウスの I 型アレルギー症状に及ぼす影響を検討した。なお、大腸菌を抗原として用いなかった理由は、本研究成果を食品に応用する場合、大腸菌は食品素材として許可されないために、食経験のあるパン酵母を

分離、酸処理、40% 飽和硫酸アンモニウム処理および凍結乾燥処理を施して IgG 分画を調製した¹²⁾。図4に示すように、初乳 IgG 分画と成熟乳 IgG 分画の固定化 *Saccharomyces* (*S. cerevisiae* JCM7255 (以下の実験ではすべて本菌株を抗原として用いている。本論文では本菌株も便宜上、免疫に用いた市販パン酵母と同様にパン酵母と呼ぶ) との ELISA 値のパターン (反応性) は殆ど同じである。本結果は、調製した初乳 IgG 分画と成熟乳 IgG 分画にはパン酵母に特異的な IgG が含まれ、両分画中のパン酵母に特異的な IgG の割合は殆ど同じであることを示している¹²⁾。そこで、それらの2つの分画を混合し、パン酵母特異 IgG 分画として以下の実験に用いた。

パン酵母 (*S. cerevisiae*)、パン酵母に特異的なシバヤギ乳 IgG 分画、およびパン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物 (以後、混合物という) を C3H/HeN 系 (健康) マウスパイエル板細胞培養系に添加して6時間培養し、Rnf128 および Stat6 の mRNA 発現

2. IgG 分画の調製とパン酵母とその IgG 分画を投与した健常マウスの免疫系

抗原とした。

妊娠シバヤギ (*Capra hircus*) に Freund の完全アジュバントでエマルジョンにした市販パン酵母を免疫し、分娩日から1週間目までの初乳と分娩後8日目から63日目までの成熟乳をそれぞれ回収した。それら初乳と成熟乳に遠心

を調べた¹²⁾。図5に示すように、 $CD4^+CD25^+$ 制御性 T 細胞の指標である GRAIL の mRNA である *Rnf128* の発現は、パン酵母特異 IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画および混合物を添加して培養すると、パン酵母を添加して培養した場合のそれぞれ 1.6 倍および 1.8 倍に上昇した¹²⁾。一方、アレルギーと深く関係する IL-4 発現を調節することにより Th2 細胞を優位にする *Stat6* の mRNA である *Stat6* はシバヤギ乳 IgG 分画を添加して培養するとパン酵母を添加した場合の 1.25 倍に上昇し、混合物を加えて培養すると 0.25 倍に減少した¹²⁾。これらの結

果は、パン酵母単独やシバヤギ乳 IgG 分画単独ではなく、それらが同時に存在することにより、I 型アレルギー軽減作用が生じる可能性が高いことを示唆している。事実、図6に示すように、混合物を含む飼料で5週間飼育した C3H/HeN 系（健常）マウスの血清と腸管の総 IgG 量は無添加飼料で飼育した場合よりも明らかに低下し、混合物により獲得液性免疫応答が抑制されたことを示していた¹²⁾。また、それらのマウスの腸管パイエル板細胞遺伝子の網羅的解析により、図7に示すように、混合物添加飼料で飼育すると、遺伝子シンボル *Fos*, *Jun*,

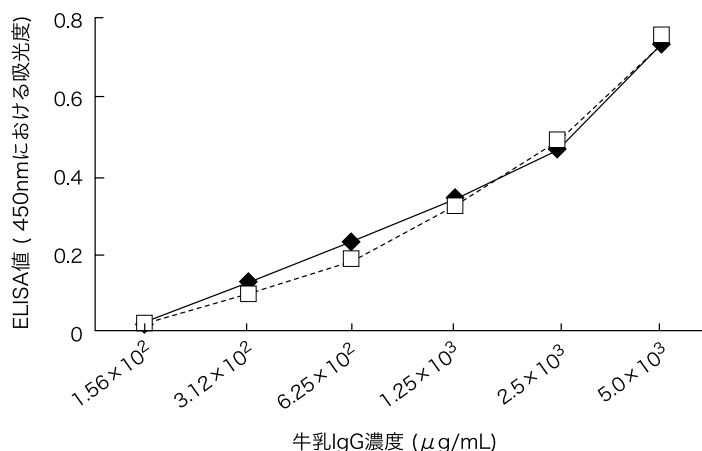


図4 固定化 *S. cerevisiae* と分娩後7日目までのシバヤギ乳から調製した初乳 IgG 分画 (□) および分娩後8日目から63日目までのシバヤギ乳から調製した成熟乳 IgG 分画 (◆) の反応性

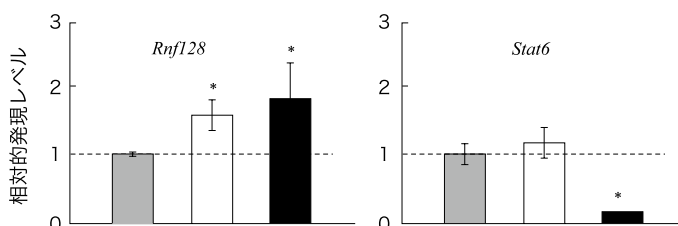


図5 パン酵母 (*S. cerevisiae*, ■), パン酵母特異 IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画 (□) およびパン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物 (■) を添加して培養した C3H/HeN 系マウスパイエル板細胞の *Rnf128* と *Stat6* の発現レベル

波線はパン酵母もシバヤギ乳 IgG 分画も添加していない（無添加）時の発現を示している。

S. cerevisiae とシバヤギ乳 IgG 分画の添加量はともに 100 μg/ml

S. cerevisiae と IgG 無添加の場合との統計的有意差: * $p < 0.05$.

Lck, Nfatc1, Itk, Nf-kb2, Ikkb および Stat6 で表すトランスクリプトームが無添加飼料の場合の0.6倍以下になり、FcγrIIb, Btla, Muc13, Il-18, Ccl25, Leap2, Rnf128, Muc3, Ccl21 および Defcr5 で表すトランスクリプトームは1.5倍以上になった¹²⁾。Fos, Jun, Lck, Nfatc1, Itk, Nf-kb2, Ikkb および Stat6 の転写により生じるタンパク質は Fos, Jun, Lck, NFAT, Itk, NF-κB2, IkkB および Stat6 である。また、FcγrIIb, Btla, Muc13, Il-18, Ccl25, Leap2, Rnf128, Muc3, Ccl21 および Defcr5 の転写で生じるタンパク質は FcγrIIb, Btla, ムチン 13, IL-18, CCL25, 肝臓抗菌ペプチド 2 (Leap2), GRAIL, ムチン 3,

CCL21 およびデフェンシンである。NF-κB の活性化は獲得免疫応答において必要であり、IkkB は NF-κB の活性化において不可欠である。Lck はプロテインキナーゼの一つで T 細胞の活性化に不可欠である。CD80 の抗原提示細胞上での発現は獲得液性免疫応答において不可欠であり、この発現は FcγrIIb により阻害される。IL-18 は制御性 T 細胞の誘導において重要である¹²⁾。すなわち、これらのことは、パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画を同時に経口摂取すると、獲得液性免疫応答が抑制されることを示唆している。一方、Jun や Fos グループのタンパク質の重合体であ

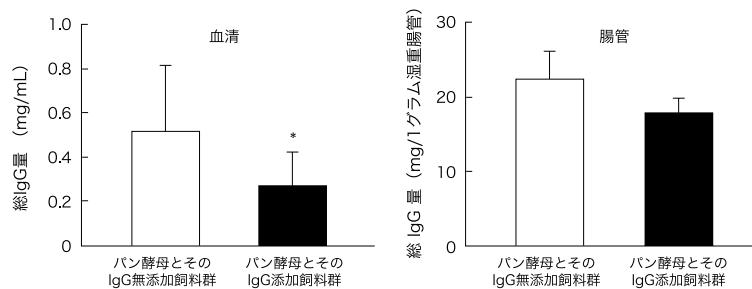


図6 パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物を添加していない飼料と添加した飼料で5週間飼育した C3H/HeN 系マウスの血清および腸管の総 IgG 量 (n=5)

無添加飼料群との統計的有意差: * $p < 0.05$.

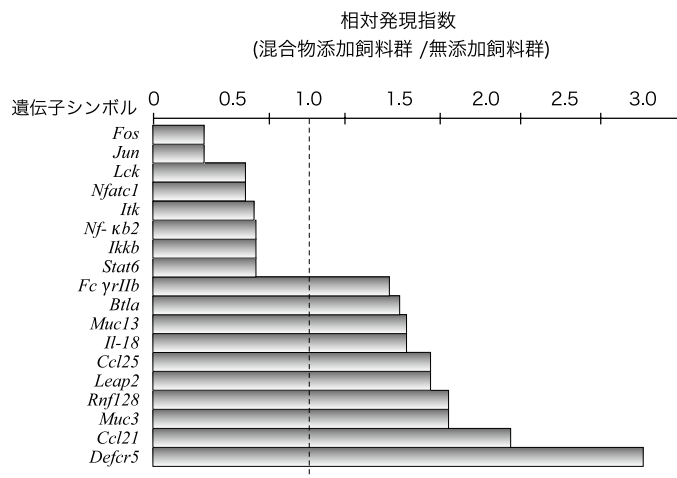


図7 パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物添加飼料で5週間飼育した C3H/HeN 系マウスパリエル板細胞において発現変動の見られた免疫関連遺伝子

る AP-1 は肥満細胞の脱顆粒において必要なタンパク質である。NFAT はエフェクター T 細胞が IL-4 遺伝子を発現する上で重要である。Stat 6 は上述したようにアレルギーと深く関係する IL-4 発現を調節することにより Th2 細胞を優位にする。Itk は T 細胞や肥満細胞で生産され、その量が少ないと IgE が関係するヒスタミンの放出量が少なくなる。さらに、GRAIL は上述したように CD4⁺CD25⁺ 制御性 T 細胞の指標タンパク質である¹²⁾。すなわち、これらのことは、パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画を同時に経口摂取すると、I 型アレルギーを患い難くなることを示唆している。他方、CCL21 と CCL25 は CC-ケモカインファミリーに属するサイトカインで、CCL21 は樹状細胞の食作用を促し、CCL25 は腸管内で IgA 産生細胞のホーミングに関与する。また、ディフェンシンと LEAP-2 はともにスペクトルの広い抗菌ペプチドである。特に、ディフェンシンは自然免疫系において重要であるとともに、獲得免疫の調節にも寄与していると言われている。Leap2 は腸管組織で生産され、“体内の天然抗生物質”と言われている。ムチン 3 は上皮を守る高度にグリコシル化したタンパク質であり、ムチン 13 は胃腸管の上皮層に存在するムチンで

ある。これらのムチンは腸管内バリアーの形成において重要な役割を担っている¹²⁾。すなわち、これらのことは、パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画を同時に経口摂取すると、腸管の自然免疫系が強化されることを示唆している。

以上のように、パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物のマウスへの経口投与は、I 型アレルギーを軽減し、

3. パン酵母に特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の遺伝的に I 型アレルギーを自然発症するマウスのアレルギー症状に及ぼす影響

自然免疫系を増強することを示唆している。

遺伝的に I 型アレルギーを自然発症する NC/Nga 系マウスにパン酵母 (*S. cerevisiae*) とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物 (以後、混合物という) を毎日 1 回経口投与しながら、4 週齢から 21 週齢まで飼育した。また、その間にダニ抗原で I 型アレルギーを誘導した。なお、混合物を投与せずにダニアレルギーを誘導した群も設定した¹²⁾。図 8 に示すように、I 型アレルギー症状の一つである耳の腫れ (耳の厚さ) は、混合物を経口投与した群が

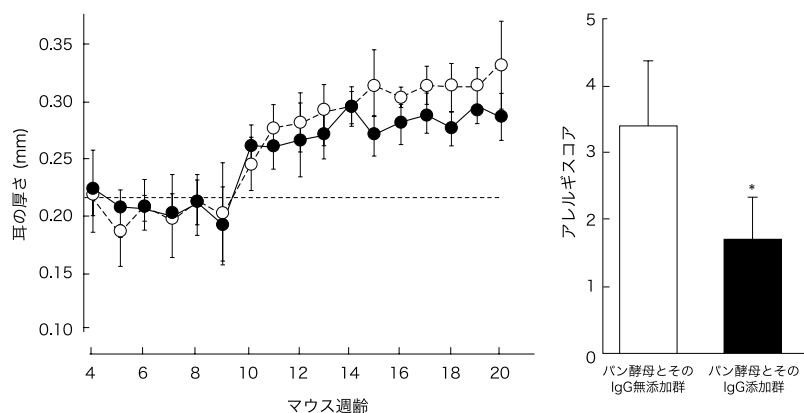


図 8 パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物を投与していない NC/Nga 系マウス (○) と投与した NC/Nga 系マウス (●) の耳の厚さとアレルギースコア (n=5)

波線は試験試料投与前の耳の厚さ、非投与群との統計的有意差: *p < 0.05.

非投群よりも小さかった（薄かった）。21 週齢における総合的なアレルギースコアは非投与群が 3.4 ± 0.9 であり、混合物投与群が 1.7 ± 0.6 と危険率 5% で有意に低かった¹²⁾。また、図 9 に示すように、21 週齢時の脾臓の IFN- γ ⁺CD4⁺ 細胞数と IL-4⁺CD4⁺ 細胞数、すなわち、Th1 細胞数と Th2 細胞数をみると、Th1 細胞数には混合物投与の有無による違いは殆どないが、Th2 細胞数は非投与群が $(1.29 \pm 0.19) \times 10^4/10^6$ 脾臓細胞であり、混合物投与群の $(0.58 \pm 0.35) \times 10^4/10^6$ 脾臓細胞と比べて危険率 5% で統計的に有意に多かった¹²⁾。

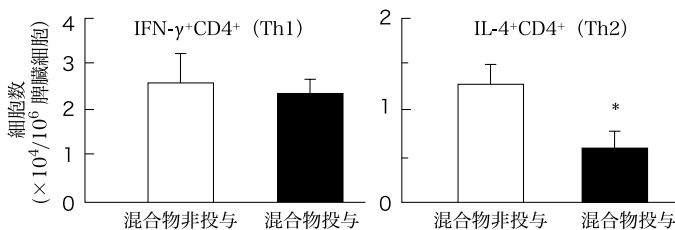


図 9 パン酵母とそれに特異的なシバヤギ乳 IgG 分画の混合物を投与していない NC/Nga 系マウスと投与した NC/Nga マウスの IFN- γ ⁺CD4⁺ (Th1) および IL-4⁺CD4⁺ (Th2) 細胞数 (n=5)
非投与群との統計的有意差：*p<0.05.

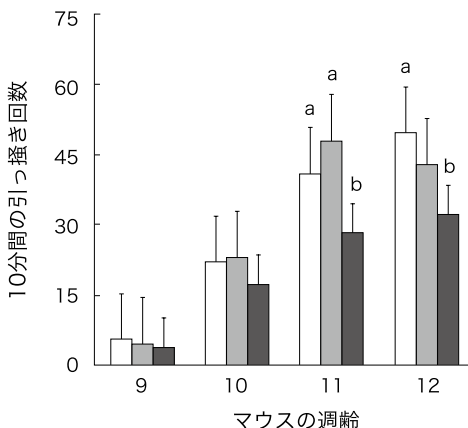


図 10 オボアルブミンで I 型アレルギーを誘導した BALB/c 系マウスのパン酵母とそれに対する IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画 (混合物) 無添加 (□)、パン酵母 (*S. cerevisiae*) 添加 (■) および混合物添加 (■) 飼料での飼育による引っ掻き行動の変化 (n=6)

異なるアルファベットを記述した群間の統計的有意差：* p<0.05.

I 型アレルギーは Th2 型免疫応答により産生される IgE が肥満細胞膜上で抗原と反応して脱顆粒が起こることにより発症する。このことから、遺伝的に I 型アレルギー自然発症マウスへのパン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物の経口投与は、Th1/Th2 バランスの改善によりアレルギー症状を軽減し

4. パン酵母に特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画のオボアルブミンで誘導した I 型アレルギーマウスのアレルギー症状に及ぼす影響

たことが示唆される。

BALB/c 系マウスの腹腔内にオボアルブミンを注射後、鼻腔にオボアルブミンを連続投与すると I 型アレルギーが誘導される¹³⁾。そこで、5 週齢の BALB/c 系マウスをパン酵母 (*S. cerevisiae*) 添加飼料、パン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物添加飼料（以後、混合物添加飼料という）およびパン酵母もシバヤギ乳 IgG 分画も含まない飼料（以後、無添加飼料という）で 12 週齢まで飼育した。また、その間、腹腔と鼻腔にオボアルブミンを投与して I 型アレルギーを誘導した¹³⁾。図 10 に示すように、11 週齢と 12 週齢時のアレルギーに伴う引っ掻き回数は無添加飼料やパン酵母添加飼料での飼育よりも、混合物添加飼料での飼育において危険率 5% で有意に少なかった¹³⁾。すなわち、本結果はパン酵母とそのシバヤギ乳 IgG 分画の混合物を経口摂取すると、前項で述べた遺伝的な I 型アレルギーだけ

ではなく、健常マウスに後天的に生じる I 型アレルギーも軽減することを示している。

そこで、12 週齢時マウス脾臓の免疫細胞を調べた。図 11 に示すように、 $\text{IFN-}\gamma^+\text{CD4}^+$ 細胞数、すなわち、Th1 細胞数はパン酵母添加飼料での飼育により、無添加飼料や混合物添加飼料での飼育よりも危険率 5% で統計的に有意に多く、 $\text{IL-4}^+\text{CD4}^+$ 細胞数と $\text{CD80}^+\text{CD11b}^+$ 細胞数、すなわち、Th2 細胞数と抗原提示細胞数はパン酵母添加飼料や混合物添加飼料での飼育により無添加飼料での飼育よりも危険率 5% で統計的に有意に少なかった¹³⁾。また、Th1/Th2 比は、パン酵母添加飼料で最も高く、次いで混合物添加飼料、無添加飼料の順であった¹³⁾。混合物添加飼料での飼育は、無添加飼料やパン酵母添加飼料での飼育と比べて I 型アレルギー症状が

軽減することを上述した。これら免疫細胞数の測定結果は、混合物添加飼料での飼育によりアレルギー症状が軽減したのは Th1/Th2 バランスの改善や抗原提示細胞数の減少が直接の要因でないことを示している。

一方、図 12 に示すように、 $\text{CD8}^+\text{CD122}^+$ 細胞数と $\text{IL-10}^+\text{CD4}^+$ 細胞数は無添加飼料やパン酵母添加飼料での飼育よりも混合物添加飼料での飼育により統計的に有意に多く、 $\text{IgE}^+\text{B220}^+$ 細胞数と $\text{Fc}\epsilon\text{RI}\alpha^+\text{CD117}^+$ 細胞数は有意に少なかった¹³⁾。 $\text{CD8}^+\text{CD122}^+$ 細胞は制御性 T 細胞である。 $\text{IL-10}^+\text{CD4}^+$ 細胞は様々なサイトカインの合成阻害や IgE 産生を抑制することで炎症反応を抑える。また、 $\text{IgE}^+\text{B220}^+$ 細胞は IgE 産生細胞である。さらに、 $\text{Fc}\epsilon\text{RI}\alpha^+\text{CD117}^+$ 細胞は高親和性 IgE 受容体を有する肥満細胞である¹³⁾。こ

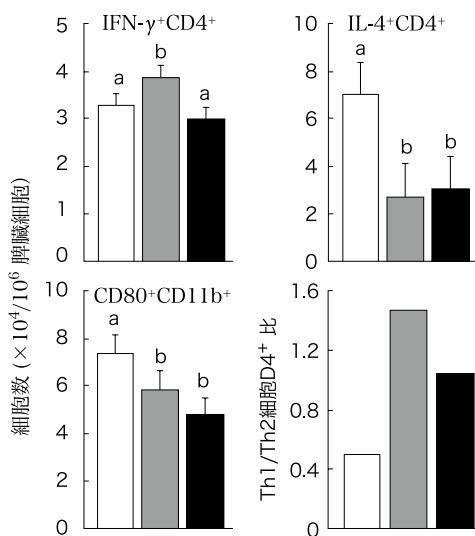


図 11 オボアルブミンで I 型アレルギーを誘導した BALB/c 系マウスのパン酵母とそのシバヤギ乳 IgG 分画 (混合物) 無添加 (□), パン酵母 (*S. cerevisiae*) 添加 (■) および混合物添加 (■) 飼料での飼育後の $\text{IFN-}\gamma^+\text{CD4}^+$ (Th1)、 $\text{IL-4}^+\text{CD4}^+$ (Th2) および $\text{CD80}^+\text{CD11b}^+$ (抗原提示) 細胞数、並びに Th1/Th2 細胞比 (n=6)

異なるアルファベットを記述した群間の統計的有意差：
* $p < 0.05$.

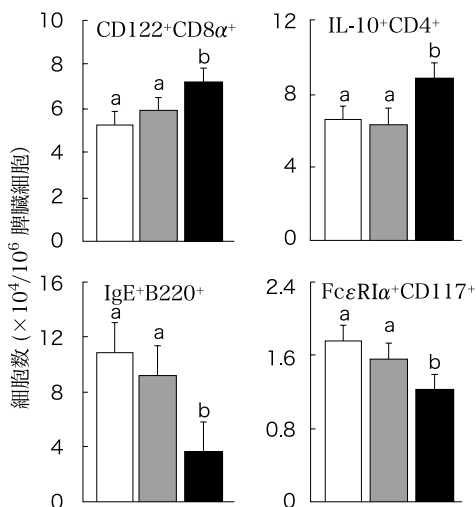


図 12 オボアルブミンで I 型アレルギーを誘導した BALB/c 系マウスのパン酵母とそれに特異的な IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画 (混合物) 無添加 (□), パン酵母 (*S. cerevisiae*) 添加 (■) および混合物添加 (■) 飼料での飼育後の $\text{CD122}^+\text{CD8}\alpha^+$ (サプレッサー)、 $\text{IL-10}^+\text{CD4}^+$ (制御性 T)、 $\text{IgE}^+\text{B220}^+$ (IgE 産生) および $\text{Fc}\epsilon\text{RI}\alpha^+\text{CD117}^+$ (高親和性 IgE 受容体発現肥満) 細胞数 (n=6)

異なるアルファベットを記述した群間の統計的有意差：
* $p < 0.05$.

これらのことは、パン酵母 とそれに対する IgG を含むシバヤギ乳 IgG 分画の混合物による I 型アレルギー軽減作用は、制御性 T 細胞の誘導による IgE 産生細胞数の減少や、高親和性 IgE 受容体発現肥満細胞数の減少に起因することを示唆している¹³⁾。

腸管を始めとした局所免疫の主要抗体は IgA である。しかし、腸管には IgG も存在し、腸管の免疫細胞は複数種の IgG 受容体を有している。上述したように、パン酵母とその IgG のマウスへの経口投与は、遺伝的に I 型アレルギー自然発症マウスのアレルギー症状も健常マウスにオボアルブミンで誘導した I 型アレルギー症状も軽減した。経口摂取した IgG は胃で酸変性を受け、ペプシンにより消化されるために、IgG 結合能を有したまま腸管まで到達することは一見困難なように思われる。しかし、マウスの胃の pH は 5.5 付近であり、マウスに IgG を経口投与すると腸管や糞便中に高い抗原結合能やプロテイン G 結合能が見出されることを筆者らは確認している¹⁴⁾。また、大腸菌とその牛乳 IgG の複合物はマウス M 細胞からパイエル板に取り込まれて樹状細胞に結合することも筆者らは確認している⁹⁾。すなわち、これらのことは、マウスに経口投与した大腸菌やパン酵母とそれに対する牛乳やシバヤギ乳 IgG が抗原抗体複合物結合能や免疫細胞との結合能を有した状態で腸管に到達し、腸管で抗原抗体複合物を形成し、免疫細胞に結合できることを支持している。

近年、先進国において I 型アレルギー患者が激増していることの説明に「アレルギーの衛生仮説」がある¹⁵⁾。これは、ヒトの清潔志向が過ぎるあまりに、乳幼児期に病原菌に接する機会が少なくなり、胎児期の Th2 優位の体制がそのまま維持され I 型アレルギーを起こし易くなったというものである。筆者はこの衛生仮説に関して、以下の説明を加えたい。

「近年、生活様式の変化により様々な抗原が反復して腸管に侵入する機会が少なくなった。そのために、腸管内で多様な抗原と IgG 複合物が形成され難くなった。その結果、制御性 T 細胞が誘導され難くなったことをはじめとして種々の免疫細胞の割合が変化したことにより、I 型アレルギーを患う人が増加した。」

おわりに

ヒトの病原菌を免疫したウシの IgG を摂取すると、アレルギー性疾患、リウマチ性関節炎、血清コレステロール、悪性腫瘍、血圧、頭痛、嘔吐、食欲不振、消化不良、便秘などに改善がみられたという聞き取り調査結果がある³⁾。

上述したように筆者らは、大腸菌とそれと結合できる IgG の混合物を含む飼料で飼育したマウスは、混合物無添加飼料での飼育の場合よりも、抗体産生に不可欠な成熟抗原提示細胞の指標となるデサイシンや抗原提示補助タンパク質である CD80、T 細胞受容体の補助タンパク質である CD28 および液性免疫を司る Th2 細胞の指標となる IL-4 の mRNA 発現量が低くなり、抗体産生制御性 T 細胞の指標となる GRAIL の mRNA 発現量が高くなること、IgE レセプターのサブユニットや関節性リウマチ炎患者の B 細胞に多量発現する Fc receptor-like 3 の mRNA 発現量が低くなり、ガン抑制タンパク質の mRNA の発現量が高くなることを観察した。これらのことは、牛乳 IgG を含む食品を摂取した一部の人の腸管において、偶然にも腸内細菌との間で IgG 複合物が形成され、それが腸管の免疫細胞に作用したことにより、予期せぬ体調改善効果をもたらしたのかも知れない。

筆者らのマウスを用いた実験成果がヒトに当てはまるかどうかという幾つかの疑問がある。例えば、経口摂取した牛乳やシバヤギ乳の IgG がヒト腸管の免疫細胞の受容体、特に免疫抑制

ヒトIgG1 ²⁵⁶TPEVTCVVVD VSHE D P²⁷¹
 ウシIgG1 ²⁷⁷TPEVTCVVVD VGHDD P²⁹²
 ウシIgG2 ^{???}TPEVTCVVVD VGHDN P^{???}

図 13 ヒト FcγRIIb との結合領域のヒト IgG1 のアミノ酸配列とその領域に相当するウシ IgG サブクラスのアミノ酸配列 ¹⁶⁻¹⁸⁾

ヒト IgG1 のヒト FcγRIIb との結合領域のアミノ酸配列と牛乳 IgG のおよそ 90% を占めるウシ IgG1 のその領域に相当するアミノ酸配列には極めて高い相同性がある。

型の Fcγ II b 受容体に結合できるかということである。図 13 に示すように ¹⁶⁻¹⁸⁾, ヒト Fcγ II b 受容体と結合するヒト IgG1 とウシ IgG1 の領域の主要アミノ酸配列は同じである (ウシ血清では IgG1 と IgG2 のサブクラスがほぼ同量含まれるが、乳汁ではおよそ 9 割が IgG1 である)。また、牛乳 IgG が胃で酸変性や消化を受けることなく腸管まで到達できるかという疑問もある。ヒトの胃の pH はマウスよりもはるかに低く、一般に 1 ~ 3 と言われている。この pH 領域では牛乳 IgG は失活する ¹⁴⁾。IgG を未分解のまま腸管まで確実に到達させるためには、酸に安定なカプセル化などの前処理を施すことが必

要である。しかし、胃酸の分泌が悪い人がいることも事実である。したがって、胃酸の分泌の悪い人が牛乳 IgG を摂取した場合、同時に摂取した食品成分との相互作用により、牛乳 IgG が抗原や免疫細胞との結合能を有した状態で腸管に到達する可能性が全くない訳ではないように思われる。

本論文で筆者は、牛乳やシバヤギ乳 IgG がマウスにおいて I 型アレルギーを軽減する飼料素材であることを示した。今後、ヒトでの臨床試験により、シバヤギ乳や牛乳 IgG が I 型アレルギーによる不快感の軽減のために利用されることを切に期待する。

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

- 1) 大谷 元, ミルクサイエンス, **47**, 63-75, 1998.
- 2) 大谷 元, New Food Industry, **48** (10), 1-14, 2006.
- 3) 大谷 元, 大貫秀隆, 畑 勲, 機能性食品と薬理栄養 (日本機能性食品医学会認定誌), **2**, 241-247, 2005.
- 4) 大谷 元, ミルクサイエンス, **55**, 1-14, 2006.
- 5) Mizutani A, Ohnuki H, Kawahara T, Otani H, Milchwissenschaft, **62**, 9-12, 2007.
- 6) Ohnuki H, Otani H, Milchwissenschaft, **62**, 450-453, 2007.
- 7) Ohnuki H, Mizutani A, Otani H, Int. Immunopharm., **6**, 1315-1322, 2006.
- 8) Daëron M, Ann. Rev. Immunol. **15**, 203-234, 1997.
- 9) Krutman J, Kimbauer R, Köck A, Schwarz T, Schöpf E, May LT, Sehgal PB, Luger TA, J. Immunol., **145**, 1337-1342, 1990.
- 10) Dhodapkar KM, Kaufman JL, Ehlers M, Banerjee DK, Bonvini E, Koenig S, Steinman RM, Ravetch JV, Dhodapkar MV, PNAS **102**, 2910-2915, 2000.
- 11) Sueda Y, Otani H, Milchwissenschaft, **64**, 354-357, 2009.
- 12) Sekimura Y, Onodera N, Banno M, Hata I, Hamano K, Shimosato T, Otani H, Milk Science, **58**, 119-128, 2009.
- 13) Sekimura Y, Shimosato T, Otani H, Milchwissenschaft, **66**, 7-10, 2011.
- 14) Ohnuki H, Otani H, Anim. Sci. J., **76**, 283-290, 2005.
- 15) Strachan DP, Br. Med. J., **299**, 1259-1260, 1989.
- 16) Medgyesi D, Uray K, Sallai K, Hudecz F, Koncz G, Abramson J, Pecht I, Sármay G, Gergely J, Eur. J. Immunol., **34**, 1127-1135, 2004.
- 17) Kacsokovics I, Butler JE, Mol. Immunol., **33**, 189-195, 1996.
- 18) Shields RL, Namenek AK, Hong K, Meng YG, Rae J, Briggs J, Xie D, Lai J, Stadlen A, Li B, Fox JA, Presta Lg, J. Biol. Chem., **276**, 6591-6604, 2001.

若年女性の味覚感受性について

—舌の部位によって味覚感受性は異なるのか—

小林三智子*

* KOBAYASHI Michiko (十文字学園女子大学 人間生活学部)

Key Words：女子大生・味覚感受性・味覚地図・5基本味・舌の部位差

はじめに

女子大学に勤務していると、学生の昼食について目がいく。まして、私が所属するのは食物栄養学科。学生たちは管理栄養士の卵である。手作りのお弁当を毎日持参する学生もいるが、カップ麺だけの学生も多い。また、タバスコや唐辛子を必要以上に使って味付けをする学生も見かける。そんな彼女たちの味覚感受性について、いくつかの測定法を用いて検討した。味覚感受性の測定法には絶対的な方法がなく、いくつかある方法の中からその目的や対象に適したものを選択するのが実際であると思う。本稿では著者が行ってきたいいくつかの心理物理学の測定結果¹⁾を中心に紹介し、その中で特に舌の部位によって味覚感受性は異なるのかという点をまとめた。対象者は女子大生に限られており、ここで述べる結果はあくまでも若年女性に限定されることを最初にお断りしておく。

舌面や口腔内の部位によって5基本味に対する味覚感受性に差があることは古くから言われている。いわゆる“味覚地図 (taste map)”と呼ばれるもので、舌尖では甘味に、舌縁では塩味と酸味に、そして舌奥では苦味に敏感に感じるとされている。しかし、最近では、舌の場所によってそれぞれ独特の味に敏感であるという

味覚地図は必ずしも正しくないという考え方に変わりはじめており、さらに、舌の部位により味覚感受性の違いはないとまで言い切る研究者すらいる。そこで、舌の上の味覚の局在について検討した内容を紹介する。

1. 味覚感受性の測定方法

味覚機能の臨床試験において、電気味覚検査は定量検査に、ろ紙ディスク法は定性検査として用いられることが多い^{2~4)}。2種類の検査方

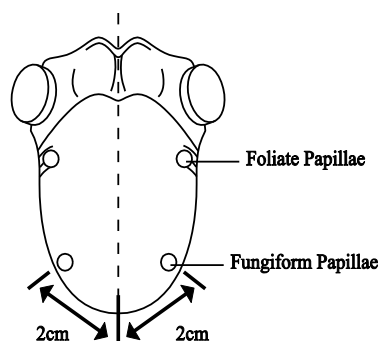


Figure 1 The location for the measurement of electrogustometry and filter-paper disk method.

Both tests were carried out by stimulating 4 different regions of tongue (two regions 2 cm away from the tip of the tongue in which fungiform papillae are situated and other two posterior lateral side of the tongue in which foliate papillae are located).

Table 1 Substances for five basic taste qualities

Taste	Substance
Sweet	Sucrose
Salty	NaCl
Sour	DL-Tartanic acid
Bitter	Quinine sulfate
Umami	MSG

Table 2 Electrical gustatory threshold

	Left				Right			
	dB				dB			
Apical (Fungiform Papillae)	-2.05	±	0.72	a	-2.45	±	0.47	a
Posterior (Foliate Papillae)	0.65	±	0.71	b	0.4	±	0.95	b

Values are means ± SE

n=40

a,b Different letters show significant differences ($P<0.05$)

法は舌の部位別診断に優れている。

- (1) 対象：19～21歳の健康な女子学生を対象とし、測定前には本学研究倫理委員会で審査と承認を受け、全被験者からインフォームド・コンセントを得た。また、対象者は全員非喫煙者であり、測定前には口腔内にある歯や口内炎による痛みのないこと、食後2時間以上経過していることを確認した。
- (2) 刺激部位：Figure 1に測定の刺激部位を示した。茸状乳頭領域の左右舌縁（舌尖から2cm）と、葉状乳頭領域の舌根に近い左右の計4箇所である。以下、茸状左、茸状右、

葉状左、葉状右とする。味覚感受性に関して舌の左右差はない^{5,6)}ことが明らかにされたので、2箇所刺激の場合は操作しやすい茸状左と葉状左とした。さらに順序効果が出ないように、刺激の順序は測定のたびに交互に行った。

- (3) 味溶液：5基本味の溶液をTable 1に示した。甘味（スクロース）、塩味（塩化ナトリウム）、酸味（酒石酸）、苦味（硫酸キニーネ）およびうま味（グルタミン酸ナトリウム；MSG）溶液調製には、超蒸留水を使用した（Millipore社、Direct-Q）。5基本味溶液

Table 3 Threshold of five basic taste stimuli in filter-paper disk method (mM)

Substance	Apical (Fungiform Papillae)							
	Left				Right			
Sucrose	81	±	7.78	a	70	±	4.47	a
NaCl	496	±	27.36	a	480	±	39.28	a
DL-Tartanic acid	22.88	±	2.97	a	21.38	±	2.43	a
Quinine sulfate	2.15×10^{-2}	±	2.04×10^{-3}	a	1.76×10^{-2}	±	1.61×10^{-3}	a
MSG	2136	±	115.94	a	2176	±	93.93	a
Substance	Posterior (Foliate Papillae)							
	Left				Right			
Sucrose	124	±	6.37	b	126	±	6.33	b
NaCl	414	±	38.95	a	408	±	24.94	a
DL-Tartanic acid	18.25	±	1.24	a	18	±	1.4	a
Quinine sulfate	3.71×10^{-2}	±	3.11×10^{-3}	b	3.66×10^{-2}	±	2.63×10^{-3}	b
MSG	2000	±	105.48	a	1944	±	119.29	a

Values are means ± SE

n=40

a,b Different letters within the same row show significant differences ($P<0.05$)

の濃度は、予備実験で大多数のパネルが認知できる濃度を予め決定し、その前後の5段階の等倍希釈濃度について測定を行なった。測定はいずれも、20～23℃の室内で行い、味溶液は室温と同じ温度でパネルに供した。

(1) 電気味覚計による測定

電気味覚計(株)リオン社 TR-06 型 (Figure 2) を用いて、電気味覚感受性の測定を行った。Kuga ら⁷⁾の方法に準じ、Figure 3 に示した電極の接触部(ステンレス製、直径5mm 円形)を舌の測定部に載せて密着させ、20 dB の電流を流し電気味覚はどのようなものであるかを被験者に認識させた。次に、-6 dB より 4 dB 毎に最初に感知するまで刺激電流を上昇させ、2 回



Figure 2 The electrogustometer(TR-06 model, Rion Inc.,Tokyo) was used for electrogustometry.



Figure 3 The electric stimulation was applied using a stainless steel anode (5mm in diameter). The time for the electric stimulation was 0.5 sec.

続けて感知できた最低の刺激電流を閾値とした。刺激時間は 0.5 sec とした。個々のパネルの電気味覚閾値は、別の日にそれぞれ行なった3回の測定値を平均して求めた。1回の測定は2部位までとし、刺激順序は毎回変えて順序効果が出ないように配慮した。電気味覚検査で用いた刺激量の単位はデシベルで示され、日本人の標準閾値 8 μ A を 0 dB と設定されているものである。

(2) ろ紙ディスク法による測定

パネルには予め超蒸留水で口をゆすいでもらい、直径 6 mm の円形ろ紙((株)アドバンテック東洋、ペーパーディスク抗生物質検定用)に試料溶液を浸し、ピンセットで口腔外に突き出された舌に載せた。パネルは舌を動かさず、10秒以内に感じられた味の種類を指示板の文字を指差すことによって答えた。次の試料へ移るときには、超蒸留水で口をゆすいだ。閾値の求め方は、電気味覚検査と同様に行なった。ろ紙ディスク法でも、一回の測定は2部位までとし、5基本味について測定した。直径 6 mm の円形ろ紙を使用したのは、電気味覚計の電極とできるだけ刺激面積を揃えたかったからである。

2. 舌の部位による味覚感受性の違い

(1) 味覚地図とは

味覚地図は、Kiesow⁸⁾の発表した論文を基にしていることが多い。Kiesow は 1894 年に発表した論文の中で、「甘味は舌尖部、酸味は舌縁部、苦味は舌根部において感受性が高いが、塩味の感受性は舌の部位であり差はない」という報告をした。この実験は、0.5ml の各味溶液を刷毛につけて舌を刺激し、わずか7症例のデータを表にただけのものである。その後、1901年に発表された Hanig⁹⁾による実験結果によると、舌の各部位による感度の差はごくわずかだったとしている (Figure 4)。味覚地図につ

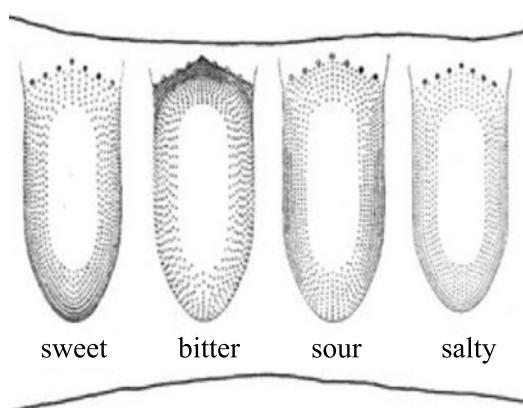


Figure 4 Chemotopic representation of the human tongue according to Hänig, the first source on tongue maps, showing that no taste area is sensitive to less than 4 taste qualities.

Taste sensitivity (inverse detection threshold) is represented by the density of symbols. For each of the 4 qualities shown, sensitivity extends across anterior, lateral and posterior (vallate) parts of the tongue. It is highest for sucrose-sweet at the tip, for HCl-sour at the sides and for quinine-bitter at the back, but the differences in sensitivity within each quality are moderate (they are also controversial).

いて書かれた最も古い文献は、Schneider ら¹⁰⁾による生理学書が最初であると考えられている (Figure 5)。その後、Tomita ら¹¹⁾、Collings¹²⁾、佐藤ら¹³⁾が部位別の味覚感受性を求めているが、いずれも、基本味に関して味覚地図のような明らかな感受性の差は認められないとしている。現在では、5 基本味に対して部位別に極端な感受性の差が存在するのではない、という考え方が主流である。実際に、「舌の味覚地図」が誇張され広く伝わっていることを警告する図もある (Figure 6)。

(2) 舌の部位差における電気味覚閾値

舌の各部位における電気味覚閾値の結果を Table 2 に示した。舌尖部においても舌縁後方においても、舌の左右では両者に有意差はなかった。しかし、舌の前方と後方で比較すると、舌縁後方の値はそれぞれ、舌尖の茸状乳頭の左右の値と有意差があり、舌尖は舌縁後方よりも

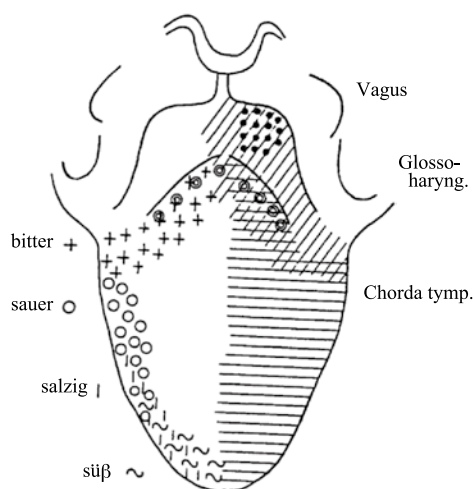


Figure 5 The taste map according to Schneider M.



Figure 6 The Taste Map: All Wrong. Smith D.V. and Margolskee R.F.: *Scientific American*, March, 32-39, 2001

味覚感受性が高いことが示された。

電気味覚計は、舌面に弱いプラスの通電をすることにより電気刺激を与え酸味や苦味、金属味が感じられるものである。これは、通電により電解質が電気分解され H^+ などが味細胞を刺激するという考え方¹⁴⁾と、電流が直接味細胞を刺激するという考え方¹⁵⁾があるが、舌背表面がプラスに分極すると味細胞の基底側膜はマイナスに分極し、この電位勾配によって陽イオンが受容膜から流入しやすくなるものと考えら

れる。電気の直流陽極刺激によって、釘をなめたような酸っぱい味がするが、ヒトが電気味覚を感じる範囲は、1～400 μ A位であって、それ以上の電流の強さでは痛覚を刺激することになる。

遠藤ら³⁾が求めた舌および口蓋の各点の電気味覚閾値では、舌尖が最も閾値が低く、次いで舌縁であり、舌体の中央は急速に感受性が低下していると報告している。本研究では舌体中央の測定は行っていないが、他2部位では同様の結果が得られた。茸状乳頭領域は鼓索神経が支配し、葉状乳頭領域の舌根に近い領域は舌咽神経が支配しているが、今回の測定はその差が表れたというよりも、舌の各部位の上皮構造の違いにより、電流または電解産物が味細胞を効率よく刺激できるかの違いによるものと考えられる。

(3) 舌の部位差における5基本味認知閾値

5基本味の認知閾値の結果をTable 3に示した。舌の各部位における認知閾値に関して有意差が認められたのは、甘味と苦味である。両味ともに、舌尖部のほうが舌縁後方よりも閾値が低く、味覚感受性が高いことが示された。これは、電気味覚計による電気味覚閾値と同様の結果である。有意差はないが、塩味・酸味およびうま味については、舌縁後方の閾値が低く、葉状乳頭領域において味覚感受性が高い傾向が認められた。

ろ紙ディスク法による4部位の認知閾値測定では、電気味覚閾値と同様の結果が得られたのは、甘味と苦味であった。苦味に関して、キニーネの閾値は舌尖部のほうが低い、濃度を上げていくと舌根部のほうで強く感じる¹²⁾と報告されている。本実験は、閾値を求めているので舌尖部の感受性が高い結果となった。確認のため、口腔奥の有郭乳頭領域の測定を試みたが吐逆反応を起こし、測定は難しかった。

丸山と山口¹⁶⁾は、舌の5箇所を対象にして、

閾値以上の濃度で刺激した場合の感受性を報告しているが、甘味は舌尖で、塩味は舌全体で、酸味と苦味は舌後方舌縁部でより強く感じ、うま味はことに後方舌縁部で認識するとしている。本実験とは、苦味の結果が異なるが、これは前述したキニーネの濃度の問題によると考えられる。なお、うま味に関しては閾値が2M近辺の極めて高濃度の値になったが、うま味の特異性を示している。うま味はろ紙を舌に載せたときには味を感じにくい、ろ紙を取り除くと直ちに味を感じ、後味がいつまでも口腔内に残った。

また、本実験ではいずれの味質についても、舌の左右差は電気味覚閾値と同様に認められなかった。McMahonら¹⁷⁾が、ヒト舌の左右の閾値を求めているが、やはり舌の左右差は認められなかったと報告している。さらに、本実験ではろ紙ディスク法により認知閾値を求めているために、全口腔法で求めた認知閾値¹⁸⁾よりも大きな値となっている。

(4) 味覚地図の検証

電気味覚検査とろ紙ディスク法を用いて若年女性の舌の部位の違いによる味覚感受性を検討した結果、電気味覚閾値では舌の左右差は認められなかったが、茸状乳頭領域と葉状乳頭領域における電気味覚閾値には有意差が認められた。舌尖部が舌後方に比べてより味覚感受性が高いことが示された。

ろ紙ディスク法による5基本味の認知閾値は、甘味と苦味に電気味覚閾値と同様の結果が認められたが、塩味・酸味およびうま味は舌縁後方の方が舌尖よりも感受性が高いことが認められた。5基本味の認知閾値に関して、舌部位の違いによる明らかな感受性の差は認められなかったが、苦味を除く4味に関しては概ね従来の味覚地図を支持するような結果が得られた。

味覚は、口中全体にある味蕾によって受容さ

れるが、その分布は舌尖と舌奥中央付近、舌根の縁、および軟口蓋に集中している。味蕾が集中している部分ではより敏感にそして強く味を感じる。また、それぞれの部位を支配する神経応答性の違いによって、味覚感受性は異なる。原則的には、味蕾が密集している部分ではより敏感により強く味を感じるの、舌尖は味刺激に対してとくに敏感で、舌縁や舌中央は鈍感ということになる。したがって、舌の上に味に対する敏感な特定の部分があるという点では、味覚は局在していることは間違いない。

本実験では、舌の先端部で甘味と苦味に対する感受性が有意に高く、舌縁部で塩味、酸味およびうま味に対する感受性が高い傾向にある、という結果が得られた。しかし、この差は厳密な実験条件下で表れる相対的なものであり、その部位のみで感じるという結果ではない。また、閾値という味覚を引き起こす最も低い刺激濃度を測定しているため、閾値が低い部位ほど味を強く感じるわけでもない。閾値の測定法に標準的なものがなく、異なる手法、異なる解析法での閾値の比較は、あまり意味がないともいえる。閾値の相互比較には、測定条件の統一が必要である。

おわりに

最初に、最近の女子大生のあまり好ましからざる食生活について述べたが、味覚感受性

については近年とみに低下しているということとはなさそうである。著者は、最近10年の女子大生の味覚閾値を調べているが、閾値の上昇は見られない、すなわち感受性は低下していない。しかし、より刺激の強い味を求める傾向は依然として強い。今後、継続的に女子大生の味覚閾値を測定し、その経時変化を捉えたいと考えている。

さらに、女性の場合、性ホルモンの変動により味覚感受性にも変化が生じると言われ、月経周期と味覚感受性との関連性あるいは妊娠中の味覚感度の変化等の研究も多く見られるが、一定の結果は得られていない。この点に関しても、若年女性の月経周期と味覚感受性の関連性について若干の知見を得、現在詳細に検討中である。併せて、ミラクルフルーツの味変容効果を実際の食品や調理に応用し、臨床の場での利用の可能性を探っているところである。

本稿では、実験紹介を含め、できる限り最新の内容となるよう心がけたが、忌憚のないご意見、ご叱正を賜れば幸いである。

本研究は、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科生体情報科学分野の戸田一雄教授ならびに岡田幸雄准教授の御指導のもと完成させた論文¹⁹⁾を中心にまとめたものである。両先生に深謝申し上げます。また、本研究におけるデータの収集にご協力頂いた学生諸姉に感謝いたします。

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

- 1) 小林三智子：味覚感受性の評価と測定法～若年女性の味覚感受性を中心として～．日本調理科学会誌，**43**(4), 221-227, 2010.
- 2) 奥田雪雄：濾紙ディスク法による味覚検査法—濾紙ディスク味覚検査—. 日耳鼻，**83**, 1071-1082, 1980.
- 3) 遠藤壮平，鈴木伸，富田寛：口腔内電気味覚閾値の mapping について．日本味と匂誌，**2**, 491-494 1995
- 4) 富田寛：電気味覚計，耳喉，**63**, 773-339, 1981.
- 5) Kobayashi M, Tanaka S, Okada Y, *et al* : Effects of salty taste inhibitory substance, amiloride, on sodium chloride sensitivities. *Jumonji Journal of Human Life Sciences*, **4**, 83-91, 2006.
- 6) Kobayashi M, Okada Y and Toda K : Gustatory Sensitivity in Different Regions of Tongue in Japanese Young Women. *Journal of Japan Dental Society of Oriental Medicine*, **26**, 16-22, 2007.
- 7) Kuga M, Ikeda M and Suzuki K : Gustatory changes associated with the menstrual cycle. *Physiol. Behav.*, **66**, 317-322, 1999.
- 8) Kiesow F: Beitrage zur Physiologischen psychologie des geschmackssinnes. *Phlos.Stud.*(in Germany), **10**, 329-368, 1892.
- 9) Hänig D.P.: Zur Psychophysik des Geschmackssinnes. *Phlos. Stud* (in Germany), **17**, 576-623, 1901.
- 10) Rein H and Schneider M : Einfuehrung in die Physiologie des Menschen, 13, Springer Verlag(in Germany), 572-575, 1960.
- 11) Tomita H and Pascher W : Uber die Geschmacksfunktion nach Ausfall der sesorieschen Zungennerven. *HNO*. (in Germany), **12**, 163-169, 1964.
- 12) Collings V.B.: Human taste response as a function of stimulation on the tongue and soft palate. *Perception & Psychophycs*, **16**, 169-174, 1974.
- 13) 佐藤かおる，遠藤壮平，富田寛：いわゆる舌の味覚地図の再検討．日本味と匂誌，**1**, 316-319, 1994.
- 14) Bujas Z : Taste. Electrical taste. In Handbook of Sensory Physiology, Vol.4, Pt.2, Taste (Ed. Beidler L.M.), Springer-verlag, Berlin, 180-199, 1971.
- 15) Frank M.E. and Smith D.V.:Electrogustometry; A simple way to test taste. In Smell and Taste in Health and Disease (Eds. Getchell, T.V., Barthshuk L.M., Doty R.L. and Snow J.B. Jr.), Raven Press, New York, 503-514, 1991.
- 16) 丸山郁子，山口静子：うま味の感受性部位と呈味特性，日本味と匂誌，**1**, 320-323, 1994.
- 17) McMahon D.B.T., Shikata H and Breslin P.A.S.: Are human taste thresholds similar on the right and left sides of the tongue?. *Chem. Senses*, **26**, 875-883, 2001.
- 18) Yamamoto Y and Kobayashi M: Effects of Amiloride on the Gustatory Sensitivity of Five Basic Tastes -Comparison of Electrical Gustatory Threshold with Whole Mouth Gustatory Test-. *Bulletin of Kokusaigakuin Saitama Junior College*, **29**, 33-40, 2008.
- 19) Kobayashi M : Psychophysical Study on Gustatory Sensitivity in Japanese Young Women. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in medical and dental sciences. Nagasaki University, 2007.

食品中の塩分濃度

堀口 恵子*

*HORIGUCHI Keiko (明和学園短期大学)

Key Words：みそ・しょうゆ・即席めん・スナック菓子・漬物・塩分・測定・アンケート調査

はじめに

ヒトは、健康で生活できるよう気をつけているが、知らず知らずのうちに塩分を取りすぎている。日本人の1日当たりの平均塩分摂取量は、10.7gである。50歳以上の中高年男性は平均を大きく上まわっている。厚生労働省は国民の健康維持向上の観点から「日本人の食事摂取基準」で、男性は1日9.0g未満、女性は7.5g未満を目標量としている（2010年版）。日本高血圧学会の目標量は、高血圧の患者に対して積極的な減塩を勧めており6.0g未満を目標量としている。慢性腎臓病ガイドラインでも6.0g未満を目標量とし、世界保健機関では、5.0g以下を目標量としている。

脂肪の摂取が少なく、健康的であると言われている日本食でも、意外と多くの塩分が含まれている。多くの塩分が含まれている食品には、みそ汁、漬物、梅干しなどがあり、さらに、良く食べられているラーメンやうどん、そばなどの麺類の汁にも多く含まれている。

そこで、食品の塩分濃度を知ることにより、食生活により目を向けた生活、さらには栄養士として栄養指導の時に役立つことを目的として日常の食で良く口にするみそ汁、しょうゆを使用した料理、カップラーメン、インスタントラ

メン、スナック菓子、漬物などの食品の塩分濃度に注目し測定した。

1. 方法

塩分濃度の測定は、1982年から2010年までの28年間に食品学実験のモール法で行った。アンケート調査は、2010年の学生18歳から21歳までの48名と高崎市で行われた介護調理実習に参加の年齢60歳以上の男女（以下シルバー）29名である。

2. 結果

1. みそ汁のアンケートによる使用実態調査

1) みその種類

各家庭で使用しているみその種類は7種類であった。こうじみそがシルバー、学生ともに多く、31～41%を占めていた。特に差が大きかったみそは、自家製みそでシルバーの家庭は48%、学生の家庭は13%であった。白みそもシルバーの家庭は27%、学生の家庭は3%とかなりの差があった。豆みそもシルバーの家庭は17%、学生の家庭は2%であった。麦みそもシルバーの家庭は利用していたが、学生の家庭で

の利用はなかった。シルバーの家庭の方がみその種類を多く利用していることがわかった(図1)。複数回答の結果である。

2) だしの種類

使用しているだしの種類は、天然だし(にぼし、かつおぶし、こんぶ)がシルバーの家庭で62%と多く、学生の家は27%と低かった(図2)。化学調味料は、学生の家で多く73%、シルバーの家では、34%であり学生の家の1/2弱程度であった。シルバーの家では、天然だしと化学調味料の併用が、28%ほどあった。学生の家庭での併用は、0であった。このことは、シルバーは健康に気をつけて天然だしをとっていることがうかがえた。学生の家庭では、簡単な化学調味料の利用の多いことがわかった。

3) 具の種類

図3にみそ汁の具としての利用の多い食材をあげた。一番多かったのは年代を超え豆腐とわかめであり、77~86%の家庭で使われていた。次に多かったのは、大根、長ねぎ、油揚げ、きのこ、玉ねぎであり、27~63%の家庭で使われていた。ジャガイモはシルバーの家では、59%もの家庭でみそ汁の具として使われているのにもかかわらず、学生の家庭では、19%しか使われていなかった。葉物野菜もシルバーの家では、14%もの家庭で使われていたが、学生の家庭では、全く使われていなかった。

4) みそ汁の摂取状況

(1) 一日のうちでいつ飲むか

みそ汁の摂取状況についてシルバーの家では、朝食が53%と多くついで夕

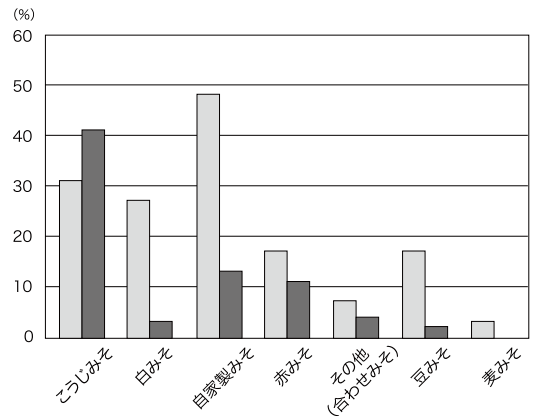


図1 みその種類

(以下、図5まで □ シルバー、■ 学生を表す)

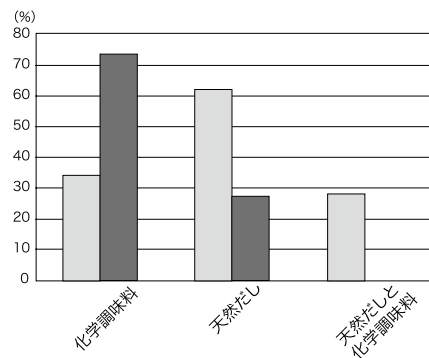


図2 だしの種類

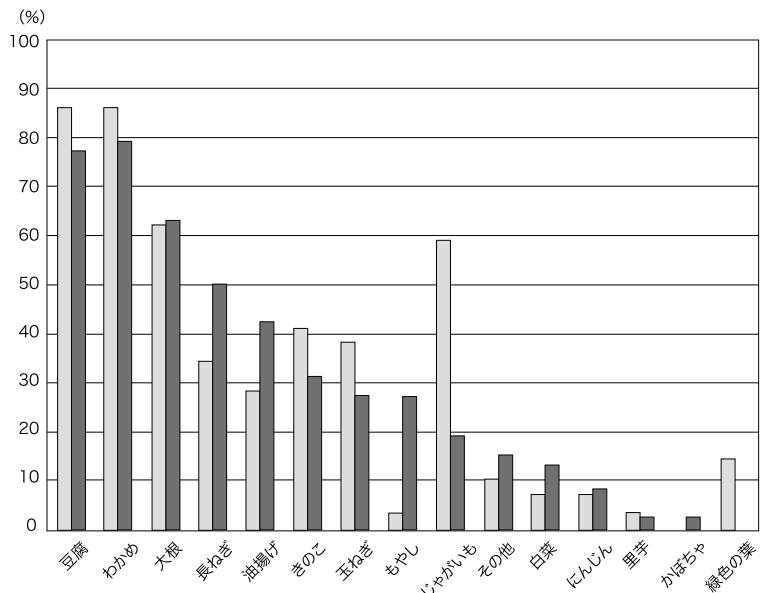


図3 具の種類

食が44%であった。学生の家庭では逆に夕食が最も多く67%であり、朝食は27%であった(図4)。このことから学生の家庭の朝食は忙しくて熱いみそ汁をゆっくり飲んでいられないことがうかがえた。

(2) 1週間当たりの摂取状況

図5に1週間あたりのみそ汁の摂取状況を示した。シルバーの方は、毎日1杯飲む人が59%と多く学生は6%であり、みそ汁離れがわかった。学生は、1週間に1から2杯が25%であり、ほとんど飲まないが17%もあった。

2. みそ汁の塩分濃度の測定

(1) 試料

学生の各家庭におけるみそ汁

(2) 実験方法・モール法による

- ①みそ汁をひだ付き東洋ろ紙 No.2 でろ過する。
- ②100mL 容メスフラスコに fill up する。
- ③蒸発皿にホールピペットで 10mL 採取する。
- ④③に 2% K_2CrO_4 溶液(指示薬)を駒込ピペットで 1mL 加える。
- ⑤④に $N/50AgNO_3$ 溶液を加えて滴定する。
- ⑥3回実施し平均を出す(その差が0.05mL 以内)

(3) 結果

図6に2010年の各家庭のみそ汁の塩分濃度測定結果を示した。平均は、0.90%であり、最大1.57%,最小0.44%であった。

3. みそ汁の塩分濃度測定値の経年変化

図7にみそ汁の塩分濃度測定値の経年変化を示した。縦軸に調べた家庭の数を%で横軸に塩分濃度%を表わした。昭和58～63年、平成1～5年

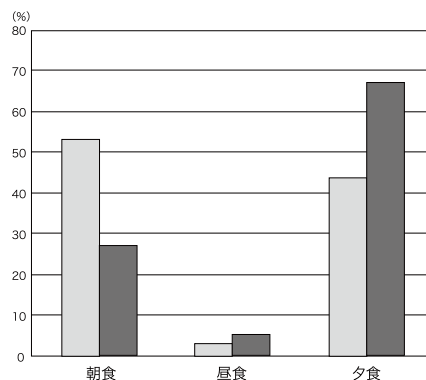


図4 みそ汁の摂取状況(1日のうちでいつ飲むか)

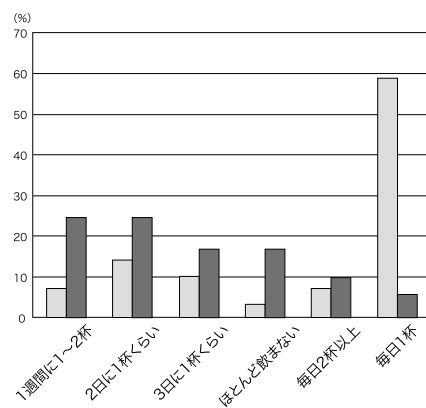


図5 みそ汁の摂取状況(1週間当たり)

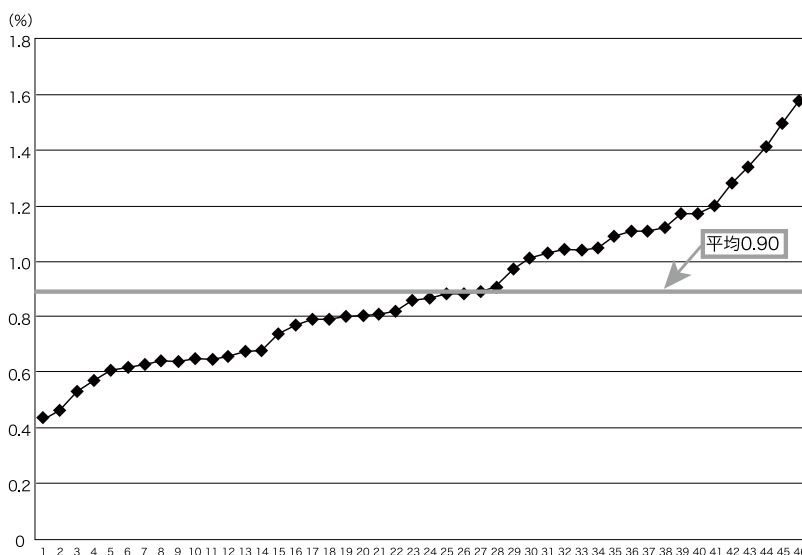


図6 各家庭のみそ汁の塩分濃度測定値

までのみそ汁の濃度は1%弱であったが、平成15～現在は、それよりも低い値になっていることがわかる。

みそ汁は、みそ中の大豆に含まれる食物繊維、さらにわかめを具として使用した場合には海草由来の食物繊維が多く含まれる健康的な食品なのである。みそ汁の塩分濃度は、0.8～1.0%（たばこ塩産業塩事業版の塩なんでもQ&A）の塩分濃度ならば、豆腐やわかめなどの海草を具に入れると、栄養的にも充実し食塩を取りすぎない上に食塩の害を減らすことができるので、一石二鳥であると記載されている。そこで、次

にこの一石二鳥について調べた。

1) みそ汁と具のナトリウムとカリウム量

みそ汁の場合には、具により塩分の心配が解消される。塩分で問題となるのは、ナトリウムであるが、必要以上のナトリウムは、それが高血圧や動脈硬化につながる。

みそ汁の場合には、必要な量以外のナトリウムを体外へ排出する。そのためには、カリウムや食物繊維の多い具沢山のみそ汁が良いのである。

$Na + (わかめ + K) = K + (わかめ + Na)$ これが重要である。これは、わかめのみそ汁の場合であるが、わかめに含まれるカリウムは胃の中が酸性

性のために分離され、体内に吸収される。残ったわかめは、ナトリウムを吸収して排泄される。つまり余分なナトリウムが体内に残らないのである。

表1に食品中のナトリウムとカリウムの量を示した。

みそ健康づくり委員会のホームページにあるこの表を参考にすると、ナトリウム/カリウムを3以下にするのが、医学的に良いと記載さ

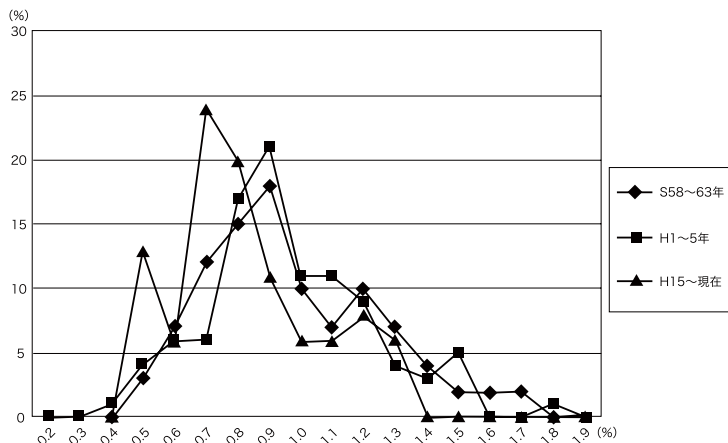


図7 みそ汁の塩分濃度測定値の経年変化

表1 食品中のナトリウム量とカリウム量 mg (100g 中)

品 名		Na	K	品 名		Na	K
いも類	さといも	1	610	海藻類	ひじき (乾)	1400	4400
	さつまいも	13	460		わかめ (生)	610	780
	じゃがいも	2	45	きのこ類	えのきだけ	4	360
野菜類	ほうれん草	21	740		ひらたけ	2	360
	はす	28	470		しめじ	9	300
	春菊	50	610		なめこ	6	90
	にんじん	26	400	豆類	大豆	1	330
	ごぼう	6	330		豆みそ	4300	930
	大根 (根)	14	240		米みそ (赤色辛口)	5100	44
	はくさい	5	230		とうふ (絹ごし)	4	140
	なす	1	220		緑豆もやし	3	130
	キャベツ	6	210		生揚げ	3	120
	ねぎ	1	180		とうふ (もめん)	3	85
	たまねぎ	2	160				

れている。例えば、じゃがいもを 50g 使用した場合には、ナトリウム（みそ 17g からのナトリウム 867mg とじゃがいも 50g からナトリウム 1mg）868/カリウム（みそ 17g からのカリウム 75mg とじゃがいも 50g からのカリウム 225mg） $300=2.89$ となり、理想的なナトリウムとカリウム比になる。シルバーの家庭のみそ汁の具にジャガイモが多かったということは、経験的に健康に良いということを理解してかどうかは、わからないが先人の知恵は素晴らしいと思う。このように食は、昔の人の知恵に学ぶことが多いのである。

2) 濃度差によるみそ汁の官能評価

学生の家庭のみそ汁の塩分濃度の平均は図 6 から 0.9% であったので、この濃度を基準に 0.6% と 1.2% のみそ汁を作り官能検査を行った。みそは、食塩濃度既知の「H 社のみそ」と「八丁みそ」を使用した。だし汁は、1L の水に 20g のかつおだしとした。みそ汁は汁のみで具はない。結果は、「塩分濃度 12.01% の H 社のみそ」は、0.6% で少し薄いがかうど良い塩味であり、0.9% は塩辛いであり、1.2% はすごく塩辛いであった。「塩分濃度 12.04% の八丁みそ」では、0.6% は塩味が薄く、少し酸味と苦味を感じ、0.9% は塩辛く、少し酸味と苦味があった、1.2% はすごく塩辛く、少し酸味と苦味を感じた。このことより、だしをしっかりとると 0.6% でも美味しくみそ汁が飲めることがわかった。

さらに「H 社のみそ」を使って、加熱時間による塩味の変化を調べた。0.6% と 0.9% のみそ汁を 700W の電子レンジで 1, 2, 3 分と加熱し官能検査に供試した。その結果、0.6% のみそ汁は、時間に関係なくできたてと変わらない塩味であったが、0.9% のみそ汁は、1 分ではできたてと変わらない塩味であったが、2 分加熱では 1 分より塩辛く感じ、3 分加熱では 2 分加熱と変わらない塩味であった。この事より塩分濃度の低い 0.6% のみそ汁では、電子レンジ加

熱による差はなかったが、0.9% のみそ汁では 1 分加熱ができたてと変わらない塩味であった。加熱時間が 2, 3 分と増すと 1 分加熱よりも塩辛く感じた。

温度差による塩味と香りの変化を、「H 社のみそ」を使い 0.9% のみそ汁で調べた。温度は、42℃、52℃、62℃の 3 段階とした。塩味は、温度が低くなるに従い塩辛さが増した。香りは、62℃のみそ汁はみその良い香りがした。52℃では、良くにおいを集中してかがないとわからなかった。42℃では、ほとんどみその香りはしなかった。

「八丁みそ」のみそ汁に使うと豆みそであるので、豆みそは香りが少ないが味が深く酸味や苦味を感じた。においも独特で酸臭を感じた。米麴を使った米みそは、においも味も甘味を感じると言われているが実験で確認できた。米みそ、麦みそ、豆みそ、それぞれの味と香りを持ち、塩分濃度が同じでも加熱時間、加熱温度により味覚の感じ方が違うことが確認できた。この実験をみその料理に生かしたいと学生は、感想に記載していた。

4. 市販みその塩分濃度測定値の比較（1982 年と 2010 年）

図 8 に市販みその塩分濃度の測定値を示した。グラフの「マ」はまるこめ、「ハ」は、はなまるきとした。12 種類のみそについて同じものを測定していたので比較した。1982 年の

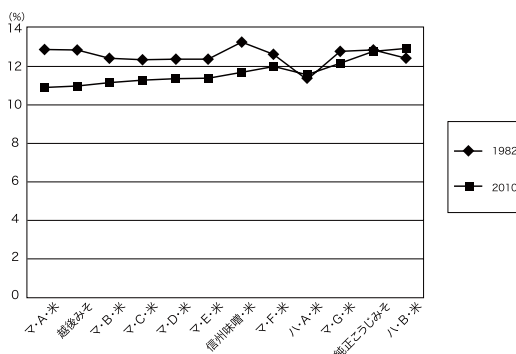


図 8 市販みその塩分濃度比較

みそ平均は、12.53%であり、最大13.28%、最小11.39%であった。減塩をうたっているみその平均は、4.72%であり5%をきっていることがわかった。2010年の市販みその塩分濃度の平均は、11.66%であり、最大12.9%、最小10.88%であった。減塩をうたっているみそは、5.52%であった。

5. 自家製みその塩分濃度測定値の比較（1982年と2010年）

図9に自家製みその塩分濃度測定値の比較を示した。1982年は、AからDの品名、2010年は、GからJの品名で示した。1982年の自家製みその平均は、14.73%と高く、最大は17.03%であり、最小は12.07%であった。2010年の自家製みその平均は、12.03%、最大は13.7%であり、最小は9.75%であった。時代と共に自家製みその塩分濃度も低くなってきていることがわかった。

6. 市販こいくちしょうゆの塩分濃度測定値の比較（1982年と2011年）

図10-1に1982年の市販こいくちしょうゆの塩分濃度測定値を示した。平均は、16.27%であり、最大17.41%、最小15.74%であった。グラフの「本」は本醸造、「キ」はキッコーマン、「ヒ」はヒガシマル、「正」は正田、「粕」は粕川、「み」はみすず、「森」は森を示した。

図10-2に2010年の市販こいくちしょうゆの塩分濃度の測定値を示した。平均は、16.07%であり、最大16.89%、最小15.09%であった。グラフの「お」はおいしい塩加減、「和」は和田かん、「イ」はイチビキ、「キ」はキッコーマンを示した。減塩とは表示してないがおいしい塩加減は平均7.84%であり、我々が

表示を調査した減塩しょうゆの塩分濃度の平均8.08%と近い値であった。近年は、減塩と書いてあるしょうゆが少なくなったと感じていたの

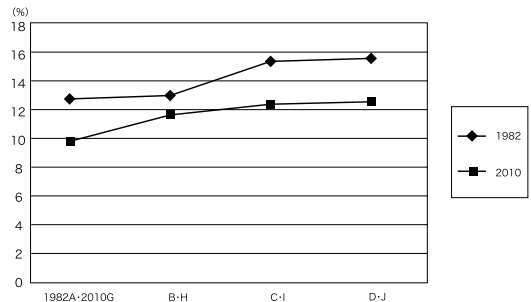


図9 自家製みその塩分濃度測定値の比較（1982年と2010年）

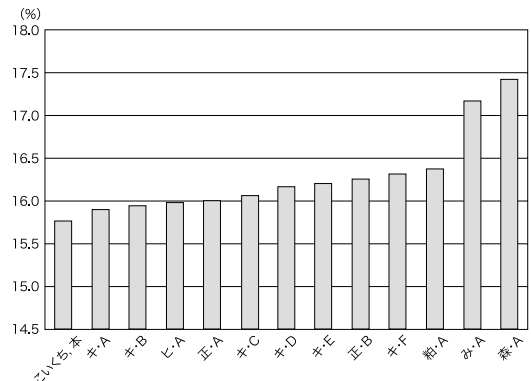


図10-1 こいくちしょうゆの塩分濃度測定値（1982年）

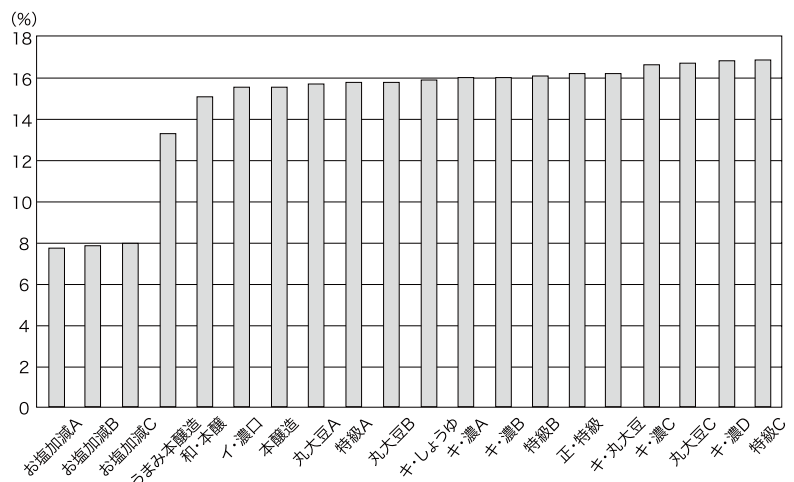


図10-2 こいくちしょうゆの塩分濃度測定値（2010年）

で、知人の製造業者に何うと減塩とうたうといろいろなしばりがあり美味しくないしょうゆしか作れないので、減塩とうたわないという裏話も聞いた。食品成分表によると、こいくちしょうゆは14.5%，うすくちしょうゆは16.0%であり28年前とほとんど変化は見られなかった。

1) しょうゆの料理への応用によるおせち料理の塩分濃度測定値

材料はすべて一人分として、こいくちしょうゆは塩分濃度14.5%，うすくちしょうゆは16.0%で計算した。図11におせち料理の塩分濃度の測定値を示した（2008年）。Aは栗きんとん、Bは刺身2切れにつけるしょうゆ、Cは五色なます、Dは黒豆照り煮、Eは紅白かまぼこ（2切れ30g）、Fはロースハム（2枚）、Gはいり鶏、Hは菊花かぶ、Iは伊達巻、Jは鶏肉

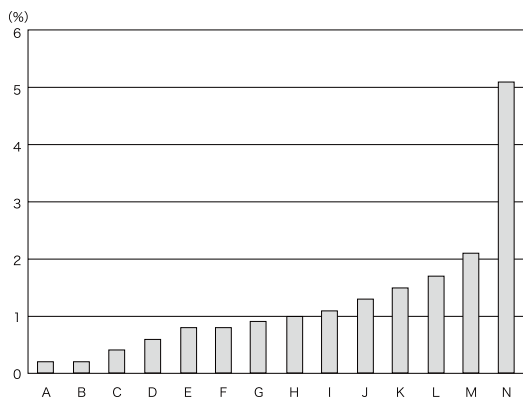


図11 おせち料理の塩分濃度測定値（2008年）

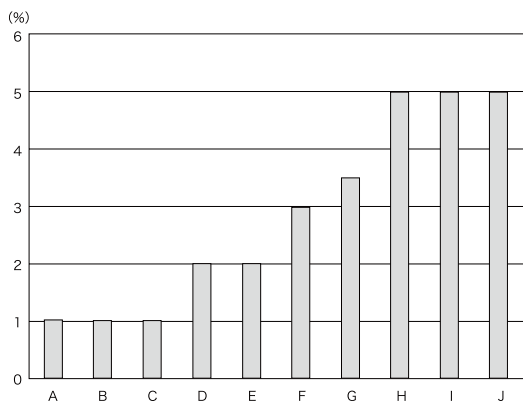


図12 一品料理の塩分濃度測定値（2008年）

の松風焼き、Kはかずのこ（小2個）、Lは田作り、Mは昆布巻き、Nは雑炊（（1食1.7）3食で）とした。

昔は保存食としてのおせち料理であったので、塩分も高かったであろうが、現在は、それほど塩分の高い料理はなかった。

2) しょうゆを使用する代表的な一品料理の塩分濃度測定値

図12にしょうゆを使用する代表的な一品料理の塩分濃度測定値を示した。Aは刺身（片面）、Bは刺身（わさびあり）、Cは寿司（ネタにしょうゆ）、Dは刺身（両面たっぷり）、Eは寿司（ご飯にしょうゆ）、Fは刺身のつま（だいこん）、Gはほうれん草お浸し（あわせ酢）、Hはほうれん草のお浸し、Iは冷奴（豆腐150g 薬味のねぎ13g）、Jは野菜炒め香り付けを示した。ほうれん草のお浸しと冷奴は、5%ものしょうゆを使用することがわかった。寿司を食べる場合にも、ご飯にしょうゆをかけると2%，ネタにしょうゆをつけると1%で食べられることが解った。

7. 市販漬物液の塩分濃度測定値の比較（1982年と2010年）

図13-1に1982年の市販漬物液の塩分濃度測定値を示した。平均は、4.39%であり最大6.7%，最小2.38%であった。

図13-2に2010年の市販漬物液の塩分濃度測定値を示した。塩漬けの平均2.63%であり最大4.81%，最小1.87%であった。酢漬けのらっきょうは2.04%であり、紅しょうが6.51%であった。

1) 市販漬物液の塩分濃度測定値・味別の比較（1982年と2010年）

図14に1982年と2010年の市販漬物液の塩分濃度測定値の味別の比較を示した。Aは一夜漬け・塩漬け、Bはしょうゆ漬け、Cは酢漬け・らっきょう、Dは沢庵漬け、Eは福神漬けを示した。28年前の結果と2010年を比較すると、すべての漬物で塩分濃度が低くなっていることが確認できた。このことは「漬物と気になる塩

分のホームページ」と同様の傾向を示していた。このホームページには、愛知県漬物協会青年部が調べた塩分濃度が記載されていたが、梅干は1960年には約20%あった塩分が1999年、つまり39年後には8%で漬けられていた。福神漬は、約10%が約5%に減塩、沢庵は、約12%が4%にと減塩されていた。他の漬物も塩分は半分から、1/3に減塩されていた。

8. カップラーメンの味別塩分濃度測定値

図15にカップラーメンの味別塩分濃度測定値を示した。カップラーメンの汁をすべて飲んだとしての濃度である。平均は、1.2%であり、一般的な汁物の平均より少し高い値であった。みそ味の最大は、3.4%もあった。最小は、とんこつ味の0.65%であった。

9. インスタントラーメン中の「乾麺」および「茹で麺」中の塩分濃度測定値の比較

図16にインスタントラーメンの「乾麺」および「茹で麺」中の塩分濃度測定値の比較を示した。

乾麺の場合には、最大1.88%でありそれを茹でると0.25%まで麺の塩分は低くなることがわかった。

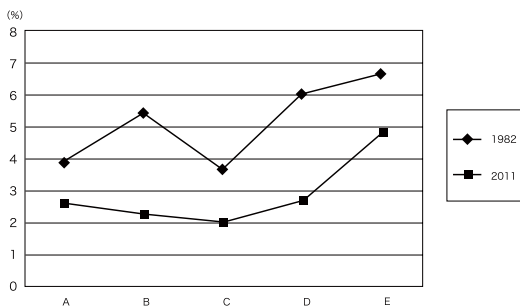


図14 市販漬物液の塩分濃度測定値・味別の比較 (1982年と2010年)

10. スナック菓子の塩分濃度測定値

図17にスナック菓子の塩分濃度測定値を示した。Aはじゃがりこサラダ, Bはポテトチップス コンソメパンチ, Cはポテトチップス

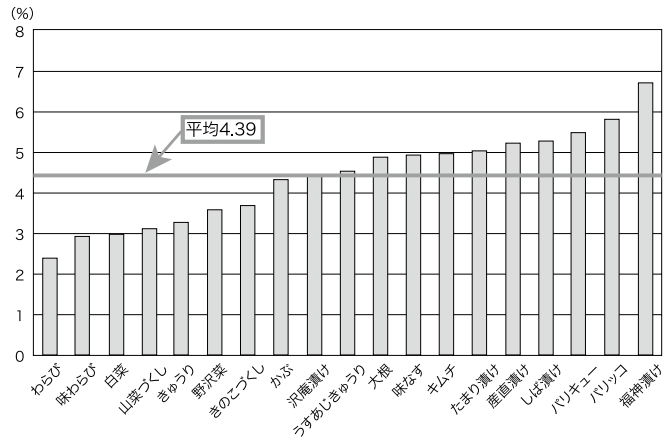


図13-1 市販漬物液の塩分濃度測定値 (1982年)

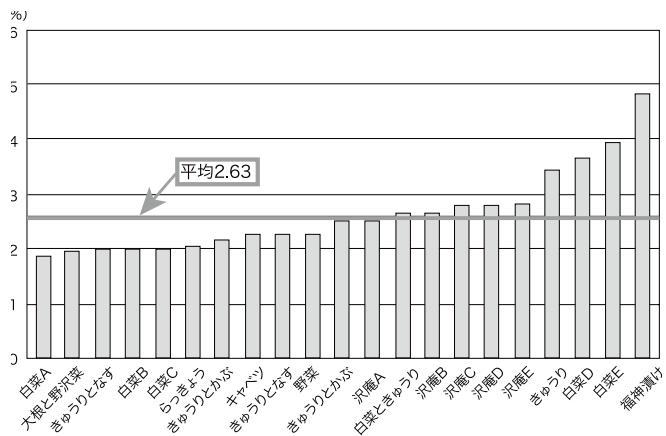


図13-2 市販漬物液の塩分濃度測定値 (2010年)

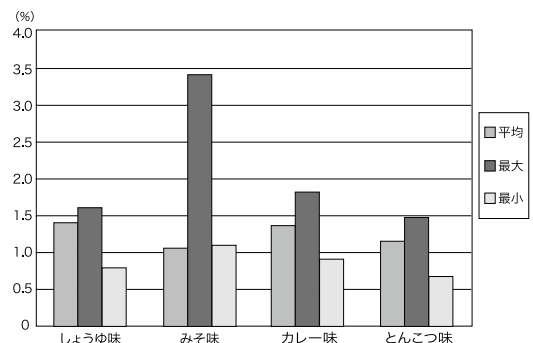


図15 カップラーメンの味別塩分濃度測定値

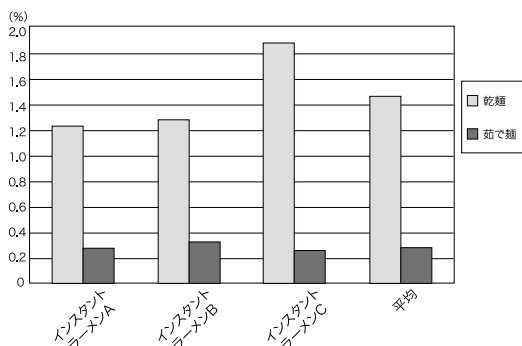


図 16 インスタントラーメンの「乾麺」および「茹で麺」中の塩分濃度測定値の比較

うす塩、Dはさやえんどう さっぱり風味、Eはピザポテト、Fはポテトチップス のり塩、Gはスコーン、Hはカール、Iはカラムーチョ、Jはかっぱえびせん青じそ風味を示した。さっぱり塩のうす塩、平均1.2%であり、一番塩辛かったのは、かっぱえびせんの青じそ風味の2.25%であり、低かったのは、じゃがりこサラダの0.8%であった。

3. 考察

1) みそ汁のアンケートによる使用実態調査

みそ汁のアンケートは、シルバーと学生との比較をしたが現在の家族の食が覗けてとても参考になる結果であった。東海女子短期大学の渡辺周一先生らの報告書の「家庭におけるみそ汁の塩分摂取状況」でも、みそ汁の具は、使用頻度の高い順に豆腐、わかめ、ねぎ、油揚げ、大根でまったく同じ結果であった。高齢者は、じゃがいものみそ汁を好み、若者の家庭では、じゃがいもは、軟らかくなるまでに時間がかかり、共働きの忙しい家庭では、なかなか利用されていないことがわかった。じゃがいものカリウムは、身体の中に入ったナトリウムを排出するのに役立っていることも、この実験を通して調べてわかった。

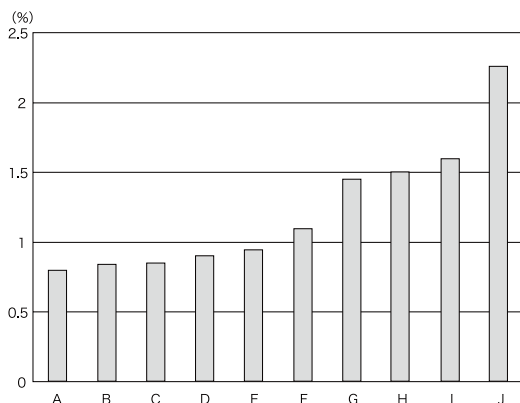


図 17 スナック菓子の塩分濃度測定値

2) みそ汁の塩分濃度の測定

みそ汁では、調べ始めた28年前の1982年のみそ汁の平均濃度は、1.05%であった。

今年の平均は、0.9%であったので確実に減塩に向かっていることがわかった。

みそ汁については、塩分摂取が健康への最大の悪のように言われていた時代もあり、年々濃度の薄いみそ汁に変化していることが一目でわかる結果が出たことは、実験を指導している者としてとても興味深い結果が出たと思っている。データーの蓄積がいかに大切かを学生に身をもって示せることは、この上ない喜びである。

3) 市販みその塩分濃度測定

市販みその塩分濃度は、28年前は平均12.34%であった。2010年は、11.93%でありほとんど変化は見られなかった。2011年2月の前橋、高崎市内のスーパーマーケットのみその市場表示調査によると、塩分表示があった56種類のみそのうち米みそ50種、赤だし4種、白みそ1種、減塩1種であった。米みその塩分の表示の平均は11.83%であり、我々の分析値11.93%とほとんど変わらなかった。赤だし4種の塩分表示の平均は10.63%、白みそは4.9%であり共に米みそよりも低かった。28年前の自家製みその塩分濃度は、平均14.73%であった。2010年は12.03%であり2.7%もの減少が確

認できた。28年後のみその塩分をこのように確認したが、市販みその塩分は若干減少していたものの変化があるという結果ではなかった。

五訂増補食品成分表 2010 によると、淡色辛みそは 12.4%、赤色辛みそは、13.0% であり、実験値の平均 11.93% と比べると結果としては、納得できるものであった。

江戸時代のことわざに、「医者に金を払うよりも、みそ屋に払え」というものがある。みそは、昔から食事にはなくてはならないものとされてきた。最近では、みそが老化防止、胃腸病の予防、がん予防などさまざまな効能が確認されてきている。

総務省の「家計調査」によると、みその消費量は、1986 年に 50 歳以下は 2,477g であり、50 歳以上は 3,812g であり、平均 3,022g であり、2009 年に 50 歳以下は 1,202g であり、50 歳以上は 2,769g であり、平均 2,115g であった。23 年間に 907g もの減少であることがわかった。健康食品としての位置付けもされつつあるみそを、もっと利用して健康的な生活をおくりたいと思った。

4) 市販こいくちしょうゆの塩分濃度測定

2010 年に測定したしょうゆの塩分濃度の平均は、16.30% であり、最大 18.64%、最小 15.11% であり、みそ同様に食品成分表によると、こいくちしょうゆは 14.5%、うすくちしょうゆは 16.0% であり 28 年前とほとんど変化は見られなかった。2011 年 2 月の前橋、高崎市内のスーパーマーケットのしょうゆの市場表示調査によると、塩分表示があった 15 種類のうち減塩と記載があったのは、7 種類であり塩分濃度の平均 8.08%、そのうちの 1 種は減塩 1/5 であり塩分濃度 3.2% であった。減塩とは記載がないが、小豆島産の 9.27%、タケヤ特醸の 12.2%、豊熟天然醸造の 12.6% と濃度の低いしょうゆもあった。残り 5 種の平均塩分濃度は 16.20% であり、食品成分表のこいくちしょ

うゆの食塩相当量 14.5% よりもかなり高い値であった。

総務省統計局の「家計調査報告」による家庭での消費量（平成 20 年）は、一人当たり年間 7.1L である。地域で見るとしょうゆの嗜好性についてふれると、一番多く全国で消費されているこいくちは 83.8% であり、関西地方を中心に使われているうすくちは 12.8% であり、東海地方を中心に広く使われているたまりは 1.5% であり、さいしこみは 1.0% であり、しろは 0.9% であると報告されている。

「日本の食卓の味」を強く支えている食材であることが、良く理解できた。うすくちしょうゆの塩分濃度が、こいくちよりも高いという結果に学生は驚いていたが、このような実験値を社会として活躍する時に、それぞれの職場で生かしてほしいと願っている。実際に体験して得たデーターというものの数値は、生涯忘れられないものである。

5) しょうゆの料理への応用によるおせち料理の塩分濃度測定

しょうゆの料理への応用による各料理の塩分濃度では、生寿司のようにご飯にしょうゆをつけるとネタに付けるよりも倍しょうゆを摂取してしまうことがわかり、これからの食生活にすぐ生かせる結果であり、とても参考になった。

6) 市販漬物液の塩分濃度測定

市販漬物の塩分濃度であるが、漬物は昔は保存食であったが、生活様式の変化により各家庭で大きな樽に漬物を漬ける習慣が薄らぎ、漬物は買ってくるものというイメージが確立された。冷蔵庫の普及により低塩で漬物を作るようになり、漬物は保存食から、ただの食品へと変わってしまった。そこで、塩分濃度も一気に低塩化された。28 年前は、平均 4.39% でまだ保存食の域にあったのであるが、今年は、平均 2.63% になり保存食から一般の食品へと変化したことが、よく理解できる。このことは、日本

人として食の変化を知る上で大きな出来事であることを、周知しておく必要がある。栄養士として将来働く学生に私は、この世の中の食で、一番変化した食品は漬物である、という話をよくするのである。この結果も大変興味深い結果だと自負している。

また、漬物の表示であるが、28年前は、一夜漬けやしょうゆ漬けの表示の漬物が沢山販売されていたが、現在は、塩漬けという表示が多く一夜漬けやしょうゆ漬けは少ないことに気づいた。

7) カップラーメンの味別塩分濃度測定

カップラーメンの味別塩分濃度では、これほど味別により差がでることは予想もしなかった。これからカップラーメンを食べる時には参考にしようと思った。

8) インスタントラーメンの「乾麺」および「茹で麺」中の塩分量の測定

インスタントラーメンの「乾麺」および「茹で麺」中の塩分量の測定では、麺の中にこんなに多くの食塩が含まれていることがわかり、ラーメンを食べる時には、さっと茹でてから汁を別に作り食べたほうが、塩分摂取が少なくすすむことがわかり、これもこれからの食生活に

生かしていける結果であったと考えている。

9) スナック菓子の塩分濃度測定

スナック菓子の塩分濃度は、かっぱえびせんが前回調べた時にも一番高かったと記憶しているが、一度食べ始めたら止められない、塩分が高いがほど良い味になっているのではないかと、1964年以来のロングセラー商品としての位置づけもうなずける感じがする。これだけの長期にわたり人々に愛されてきた商品として、特別に味のバランスが研究されているように感じてならない。

他のスナック菓子の平均は1.11%であり、かっぱえびせんはこれらと比べて非常に塩分濃度が高い。カルビー(株)のホームページによるとかっぱえびせんの塩分濃度は、2.45%との記載してある。我々が調べたかっぱえびせん青じそ風味の測定値は2.25%であり大きな開きはなかった。

以上のように、身近な食品の塩分濃度を知ることにより実生活での食塩摂取の参考にと、これから栄養士として社会で活躍する時に役立つことを願って、28年間の食品学実験のまとめとしたい。

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

- 1) 長谷川忠男監修：フローチャートによる食品学総論実験 地人書館 (2008)
- 2) 厚生労働省：平成21年国民健康・栄養調査結果 (2009)
- 3) 厚生労働省：日本人の食事摂取基準 (2010年度版)
- 4) 文部科学省：五訂増補日本食品標準成分表 (2010)
- 5) 日本高血圧学会：高血圧治療ガイドライン 2009 (JSH2009)
- 6) 全国味噌工業協同組合連合会：味噌関連統計 みそ健康づくり委員会 (2009)
- 7) 総務省：家計調査 (2009)
- 8) 農水省：米麦加工食品生産動態統計調査 (2009)
- 9) 渡辺周一ら：食生活における食品摂取量と塩味嗜好について 東海女子短期大学紀要 14,45-53, (1988)

蛍光標識テクノロジーを利用した 食中毒細菌エコロジーの理解

澤辺 桃子^{*1} 澤辺 智雄^{*2}

^{*1} SAWABE Toko (函館短期大学・食物栄養学科), ^{*2} SAWABE Tomoo (北海道大学大学院・水産科学研究院)

Key Words : FISH・GFP・化学走性・緑膿菌・カンピロバクター・腸炎ビブリオ

はじめに

細菌の細胞はそれ自身に「色」がついていない。そのため細菌細胞を観察し易くするために様々な染色法や標識法が開発されてきた。その中で「蛍光標識テクノロジー」は近年最も注目され汎用的になった細菌検出技術であり、①蛍光色素を用いる染色法、②蛍光標識物質を用いる方法、③蛍光タンパク質遺伝子を発現させる方法などがその主体的技術として知られている。蛍光色素による染色にはアクリジンオレンジ、DAPI (4', 6-diamidino-2-phenylindole)、臭化エチジウムなどが用いられている。これらの色素は細胞内の核酸と特異的に結合する性質があるため、培養困難な細菌も含めた試料中の全菌数を蛍光顕微鏡などにて直接計数することができる。蛍光標識物質を用いる方法には、蛍光抗体法や蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション (fluorescence *in situ* hybridization: FISH) がある。FISH は、FITC や TAMRA といった蛍光物質を標識したオリゴヌクレオチドプローブを目的の遺伝子と会合反応させ蛍光顕微鏡などで検出する方法である。細菌の 16S または 23S rRNA の特異的な配列と相補的なオリゴヌクレオチドプローブを使用することが多く、環境試料¹⁾や腸内細菌叢の群集構造解析²⁾に利用されて

いる。FISH の最大の利点は、検出したい特定の細菌だけを検出することができる高い特異性である。蛍光タンパク質遺伝子を発現させる方法は、細菌を生かしたまま可視化できる特長がある。オワンクラゲから単離された緑色蛍光タンパク質 (Green fluorescence protein: GFP) に代表される蛍光タンパク質遺伝子を遺伝子組換え技術を用いて細菌ゲノムやプラスミドに導入することで蛍光タンパク質標識細菌を創出することができる。現在は緑色 (GFP) だけでなく、シアン (CFP)、黄色 (YFP)、赤色 (RFP) による標識が可能となり、デュアルあるいはマルチの蛍光検出系も利用できるようになっている。

著者らは FISH に短時間の培養を組合せた培養併用蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション (fluorescence *in situ* hybridization following cultivation: FISHFC) 法を緑膿菌、カンピロバクターおよび腸炎ビブリオで開発してきた。また、腸炎ビブリオに GFP 標識を行う技術も開発してきた。食中毒細菌を対象とした「蛍光標識テクノロジー」を確立することで、食中毒細菌エコロジーの全容解明に寄与したいと考えている。本稿では、FISHFC 法による緑膿菌、カンピロバクターおよび腸炎ビブリオの特異検出

法の開発と GFP 標識した腸炎ビブリオの走化性応答を可視化した研究例を紹介し、食中毒細菌エコロジーを理解するための「蛍光標識テクノロジー」の可能性を示す。

1. FISHFC 法による食中毒細菌の検出

FISHFC 法は、2003 年に大坪ら^{3~4)}が確立した新しい細菌検査法で細菌の特異的かつ迅速な検出を可能にする方法として注目されている。特異プローブと反応した微小集落は 40 ~ 100 倍程度の低倍率でも十分に検出できるため、検出の際に広い視野面積を確保できるとともに食品や環境試料中に混在している検出阻害物（ノイズ）との判別も容易となる特長がある。また、迅速検出法の代表とされる PCR 法が特異的な遺伝子配列の増幅産物を検出するのに対し、FISHFC 法は短時間培養を組合せるため、増殖できる細菌を検出する点で汚染防止を目的とする食品の細菌検査には有用であると考えられている。

1. 1. ミネラルウォーター中の緑膿菌の検出

緑膿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) は自然界に広く分布し、ピオシアニン（青緑色素）をはじめとし複数の色素を産生するグラム陰性無芽胞桿菌である。本菌には複数の抗生物質に耐性をもつ株が存在する。この多剤耐性株は院内感染原因菌の一つとして免疫力の低下した患者に敗血症や肺炎などの重篤な感染症を引き起こすことが知られている⁵⁾。また、本菌は有機物濃度の低い滅菌水や水道水中でも長期間存在できる⁶⁾。そのため食品衛生法では昭和 61 年度の規格基準改正（省令第 35 号、告示第 111 号）からミネラルウォーター類のうち未殺菌または未除菌のもの（容器包装内の二酸化炭素圧力が 20℃で 98 kPa 未満）は緑膿菌陰性でなければならないと定めている。食品衛生検査指針⁷⁾で推奨されている本菌の検査方法は推定試験と

確定試験の 2 段階であり、緑膿菌陽性の最終結果を得るまでには 4 ~ 5 日を要する。

緑膿菌の世代時間は、グルコースを含む最少培地で 40 分という報告⁸⁾があり、これを参考にするにたった 1 個の細菌細胞が 1 日 (24 時間) で 100 億個以上にも増殖することになる。本菌による食品の汚染拡大を防止するには迅速な検査方法が必要とされている。著者らは緑膿菌の FISHFC 法を開発し、培養菌体では FISHFC 法と平板培養法との計数値に有意な差が認められないことを示した⁹⁾。

食品の細菌検査には、食品の種類や状態が異なると同種の細菌であっても選択培地上では増殖できなくなる損傷菌の問題が絶えずつきまといっている¹⁰⁾。損傷菌は回復するのに時間を要することから、細菌検査では生菌数として検出限界以下であったとしても、時として食品中で増殖し、食中毒を引き起こす可能性が懸念されている^{11~12)}。このため、食中毒細菌の迅速検出法の開発には、損傷菌の存在も考慮する必要である。損傷菌は温度、飢餓、乾燥などにより生じる。ミネラルウォーターに緑膿菌が混入したとすると飢餓条件におかれ、飢餓損傷を受ける細胞が増えることが予想される。そこで、緑膿菌を添加したミネラルウォーター試料を 15℃で保管し、飢餓生残した緑膿菌を FISHFC 法で検出できるか検討した。

緑膿菌 (*P. aeruginosa*) IAM 1514^T を供試し、FISHFC 法は、澤辺ら⁹⁾ および「培養併用インサイチューハイブリダイゼーション法により生きている緑膿菌を迅速かつ特異的に計数するための遺伝子プローブおよびその方法（特開 2008-263829）」に従って行った。すなわち、供試菌液を濾過してフィルター上に菌体を捕集し、これを寒天培地上に貼り付け、短時間培養したのちに FISH 反応を行い、蛍光顕微鏡下で観察した。無作為に選んだ約 60-80 視野にある微小集落を計数し、得られた平均値に視野面積

とフィルターの有効濾過面積に由来する係数を乗じて CFU を算出した。

FISHFC 法による計数値と食品衛生検査指針⁷⁾で推奨されているメンブレンフィルター法の計数値を比較するため、10 または 100 mL の試料を吸引濾過し、菌体を捕集したフィルターを普通寒天培地 (NA) と緑膿菌の選択培地であるナリジクス酸セトリミド (NAC) 培地 (日本製薬株式会社) にそれぞれに貼り付け 37℃ で 48 時間培養して菌数を計数した。NAC 培地は、緑膿菌の色素産生能を強化し、ほとんどのグラム陽性菌と緑膿菌以外のグラム陰性菌の発育が抑制される培地であり、緑膿菌は NAC 培地上で鮮やかな緑色のコロニーとなるため、緑膿菌以外の細菌の混入がないことを容易に確認できる。

ミネラルウォーター試料は次のように調製した。供試菌株の新鮮培養菌体をブイヨン 10 mL (ポリペプトン：日本製薬株式会社 10 g, 肉エキス：カツオ由来, 和光純薬株式会社 5.0 g, NaCl 1.2 g, DW 1,000 mL, pH 7.2) に 1 白金耳量を接種し、25℃, 120 rpm で 24 時間振盪培養した。培養後、滅菌生理食塩水 (0.85% NaCl) で希釈し、およそ 10^2 CFU/mL 程度になるように調整した。この菌液 5 mL を 500 mL 耐圧瓶に用意した滅菌ミネラルウォーター 495 mL に加え、緑膿菌の終濃度を約 1 CFU/mL とした。一般的なミネラルウォーターの保管場所は、冷暗所として記載されている。冷暗所とは常温よりも低い温度でありかつ、光の当たらない場所のことである。約 1 CFU/mL に調整した緑膿菌を添加したミネラルウォーター試料を冷暗所に相当する 15℃ の培養室に保管し、緑膿菌数の経時的变化をメンブレンフィルター法にて検討したところ、菌数は 5 日目には 10^2 CFU/mL に、20 日目には 10^5 CFU/mL に達していた (図 1)。Legnani ら¹³⁾ は、19～24℃ の室温で、 10^2 CFU/mL に調製した緑膿菌を含むミネ

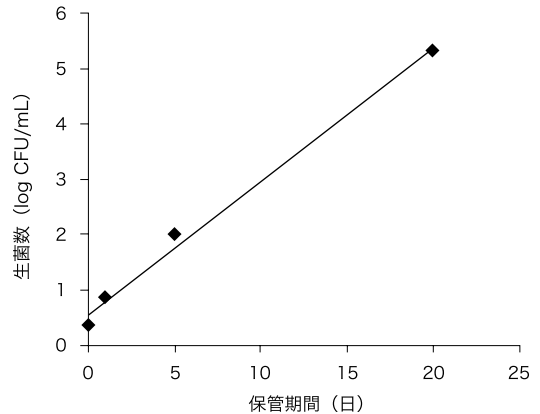


図 1 15℃ 保管ミネラルウォーター中での緑膿菌の生残

ラルウォーターを 5 年間保存して生菌数を調べたが、その際も最初の 20 日までは対数増殖し、その後の 70～100 日程度は一定となったことを報告している。また、保管期間が長くなると緑膿菌の菌数が普通寒天培地のような富栄養培地より NAC 培地のような選択培地を用いた場合の方が低く見積もられることも報告している。このような現象は低栄養のミネラルウォーター中に長期間存在することで緑膿菌が損傷を受け、選択培地では十分に回復・増殖できないことがその理由として挙げられている。

15℃ で 10 日間保管したミネラルウォーター試料を用いて、FISHFC 法による緑膿菌の検出を行った。その結果、FISHFC 法による微小集落の大きさが保管期間 10 日と保管前の試料で異なった (図 2)。フィルターを普通寒天培地に貼り付け、6 時間培養した後に FISH を行った場合、保管期間 0 日の試料では微小集落の直径が 36.6 μ m であったのに対し、保管期間 10 日では微小集落を検出できなかった。同じ試料の計数において培養時間を 7 時間にしたところ、保管期間 10 日の試料でも微小集落を検出できたが、その直径は 16.4 μ m であった。保管期間 0 日の試料は、7 時間培養すると直径 76.3 μ m となり、その差は約 60 μ m に達した。ミネラルウォーター中の緑膿菌は、15℃ で 10 日間

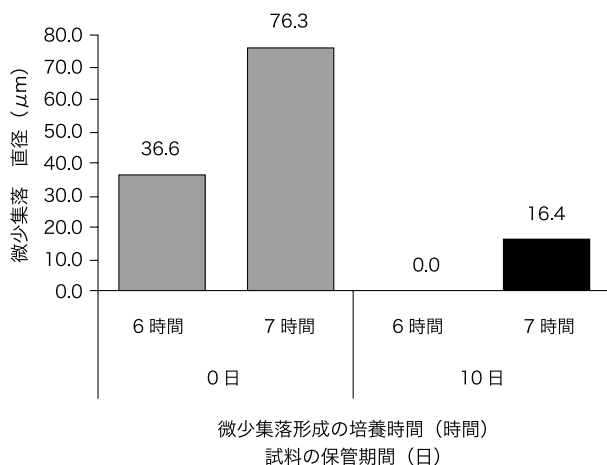


図2 ミネラルウォーターに添加した緑膿菌のFISHFC法による検出

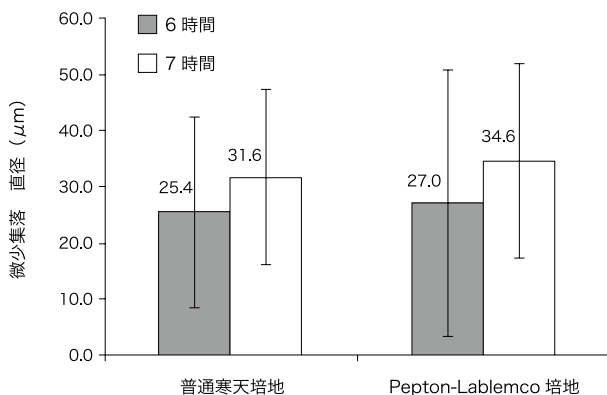


図3 飢餓生存緑膿菌のFISHFC法検出に与える培地の影響

保管することで、損傷菌となっていた。

次にこの損傷菌の検出を可能にするために操作手順の改善を行った。Peterz¹⁴⁾は寒天プレートを重ねることで上下や真ん中のプレートで温度差が生じ、定量的な結果に影響を与えることを報告している。そのため、短時間での微小集落形成には寒天培地の取り扱いに細心の注意を払う必要がある。菌体を捕集したフィルターを貼り付ける寒天培地はあらかじめ37℃で30分間プレインキュベートし、フィルターを貼付け後はプレートを1枚ずつラップで包み、インキュベーター内で重ねることなく静置して培養した。培地の種類と培

養条件の厳格な管理により6時間培養でも微小集落の平均直径が25 μm以上になり(図3)、寒天培地の取り扱いが微小集落径に大きな影響を与えることがわかった。また、損傷緑膿菌の増殖を向上させる培地を検討した結果、普通寒天培地あるいは牛肉エキスを含むPepton-Lablemco培地が微小集落形成に適していた¹⁵⁾。この実験結果から、ミネラルウォーターのような低栄養条件下では明らかに緑膿菌の菌体が損傷し、その回復には培養温度、時間および培地を工夫することで、FISHFC法を用いて10～12時間で検出できることを示した¹⁵⁾。

1. 2. カンピロバクター属細菌の判別

カンピロバクターは、イプシロンプロテオバクテリアに属する運動性を有するらせん状桿菌であり、ブタやウシなどの家畜や、ニワトリなど家禽類の腸管に多く分布している¹⁶⁾。本菌は、微好気条件(O₂:3～10%, CO₂:10%)で発育し、大気中および室温下では急速に死滅する⁷⁾。現在までに、カンピロバクター属には19菌種、5亜種、3生物型が知られており¹⁷⁾、その中のいくつかは、ヒトに対

して腸炎や敗血症、髄膜炎を引き起し、先進国、発展途上国を問わず健康被害が報告されている病原性細菌である。日本でも平成12年頃から*Campylobacter jejuni*および*C. coli*による食中毒事件が細菌性食中毒の中で最も多くなっている。主に鶏肉などの食肉が原因食品であるが、本来、食肉となる筋肉組織に本菌は分布していない。食肉処理施設における解体処理工程で、洗浄水などから食肉へ交差汚染し¹⁸⁾、汚染された生肉や、地下水、飲料水を介してヒトへ感染すると考えられている。本菌は、潜伏期間が5～7日間と長く、酸素や凍結などの環境ストレスに弱いため、感染源の特定や感染経路を解

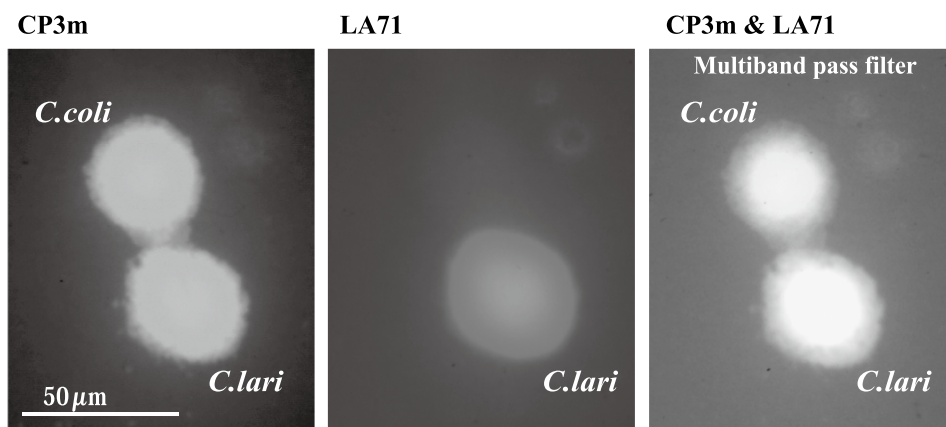


図4 FISHFC 法による *C. coli* と *C. lari* の同時検出

明することは非常に困難となっている。特に微好気性で増殖に時間がかかることから、迅速な検査システムの確立が難しい。著者らは、生存性をもつカンピロバクターを迅速に検出するためにFISHFC法を開発した。

はじめに既報のFISHプローブであるCP3プローブ¹⁹⁾の特異性をさらに上げるように配列を変更し、CP3mとした。次にCP3mと競合プローブを同時に反応させることで、カンピロバクター属の中の*C.jejuni*、*C.coli*、*C.lari*および*C.insulaenigrae*の4種にのみFISHのシグナルが得られるように条件を検討した。さらに、食中毒の原因となる*C.jejuni*と*C.coli*のみの特異検出を行うために、*C.lari*の特異プローブLA71をデザインした。CP3mはFITC標識を、LA71にはTAMRAを標識し、上述の緑膿菌の場合と同様にFISHFCを行った。プローブ配列と反応条件の詳細は、「培養併用 *in situ* ハイブリダイゼーション法により生きているカンピロバクター菌を迅速かつ特異的に計数するための遺伝子プローブおよびその方法 (特開2010-22336(p2010-22336a))」に従った。ブルセラブロス(BD)で培養した供試菌液を、0.2 μmのヌクレオポアフィルター(Whatman)でろ過し、そのフィルターをmCCDA平板培地上にのせて42℃で12-14時間微好気培養し

た。微好気培養には、三菱ガス化学株式会社の角型ジャーとアネロパックを用いた。フィルター上の微小集落をエタノール固定して、プローブミックスと1時間ハイブリダイズさせて蛍光顕微鏡で観察した。CP3mと競合プローブのミックスは、*C.jejuni*および*C.lari*、*C.insulaenigrae*の4種にのみ反応し、LA71は、*C.lari*のみを検出することが確認できた(結果示さず)。また、*C.coli*と*C.lari*を混合したサンプルでは、CP3mの緑のシグナルが両方で確認され、LA71の赤のシグナルは*C.lari*のみで検出された(図4)。*C.insulaenigrae*は、今回の42℃、14時間程度の培養では、微小集落は形成しなかった。CP3mとLA71の両方のシグナルを重ね合わせることで、*C.lari*のシグナルが黄色になることから、ヒトに病原性を示す*C.coli*と*C.lari*をFISHFC法で容易に判別することが可能となった。

従来の培養法はコロニーを確認するまでに2日を要するが、FISHFC法では14時間程度の微小集落形成とハイブリダイゼーションの時間を合わせても18時間程度で正確な検出が可能になる。本法は、カンピロバクター食中毒の主な原因細菌である*C.jejuni*と*C.coli*だけを判別できる有用なツールになると考えられる。

1. 3. 加熱・凍結損傷を与えた腸炎ビブリオの検出

腸炎ビブリオ (*Vibrio parahaemolyticus*) は、海水中に生息する好塩性で運動性をもつグラム陰性桿菌である。本菌は、1950 年に大阪で発生した「シラス干し」を原因食品とする食中毒事件で発見され、魚介類を生食する習慣があるわが国では、年間の発生件数が 400 件を超える細菌性食中毒の代表格となった。厚生労働省は 2001 年に「腸炎ビブリオ食中毒防止対策のための水産食品に係る規格及び基準」を設定し、「加工に当たっては、飲用に適する水を使用すること、ただし、海水を使用する場合は、殺菌海水または人工海水を使用すること」と食品卫生法施行規則及び告示の一部を改正した。本改正の施行後、腸炎ビブリオ食中毒は激減し、現在では年間の発生件数が 20 件未満となっている。

食品の腸炎ビブリオ検査法には MPN 法が使用されているが、検出までに時間がかかり、かなりの労力を要することが知られている。また、正確性にもかけるため、迅速で正確な検出法が求められている。そこで、2003 年に大坪らは、新しい検査法を考案し、8 時間以内で生菌数測定を可能にした培養併用 *in situ* ハイブリ

ダイゼーション法 (FISHFC 法) を開発した^{3~4)}。本項目では、FISHFC 法による腸炎ビブリオの計数精度と加熱および凍結損傷を与えた腸炎ビブリオの計数について紹介する。

V. parahaemolyticus LMG 2850^T 株を ZoBell 2216E 液体培地で 37℃、一晚、130 rpm で振盪培養した菌液を滅菌人工海水で希釈したものを供試菌液とした。供試菌液を濾過してフィルター上に菌体を捕集し、これを寒天培地上に貼り付け、短時間培養したのちに FISH 反応を行い、蛍光顕微鏡下で観察した。プローブ配列と反応条件の詳細は Sawabe *et al.* の報告²⁰⁾ に従った。FISHFC 法と比較する平板塗抹法は、ZoBell 2216E, TCBS (日水製薬) および CHROMagar (関東化学) 培地を用いた。腸炎ビブリオは ZoBell 2216E 培地では乳白色のコロニーを、TCBS 培地では緑色のコロニーを、CHROMagar 培地では酵素基質培地で藤色のコロニーを形成する。

V. parahaemolyticus LMG 2850^T 株をフィルター捕集後、37℃ で 5 時間培養し、46℃ で FISH 反応を行った。FISHFC 法と平板塗抹法で計数した生菌数の比較を図 5 に示した。独立 3 回の実験を繰り返し、得られた生菌数の平均値を一元分散分析 (ANOVA) および Tukey

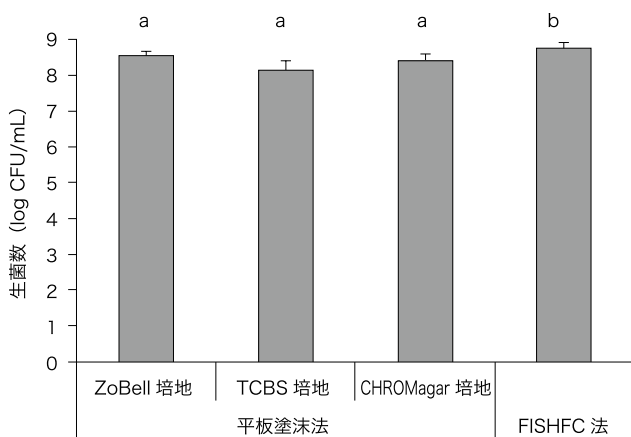


図 5 FISHFC 法と平板塗抹法による腸炎ビブリオの生菌数測定値の比較

グラフに記載された同じアルファベットは統計的な差がないことを示している ($P < 0.05$)

HSD により検定したところ、FISHFC 法と平板塗抹法との平均値の差は有意水準 1% で統計学的に有意であった。FISHFC 法は、公定法で使用される TCBS 培地や CHROMagar 培地による計数よりも高い精度で腸炎ビブリオを計数できることが確認された。また、従来法では、腸炎ビブリオの検出に 3 日以上かかっていたものが、8 時間以内で検出が可能となった。しかし、目視による計数は大変な労力を必要とするため、本法を食品検査で実用化するには計数の自動化が欠かせない。

次に食品の細菌検査で問題となる損

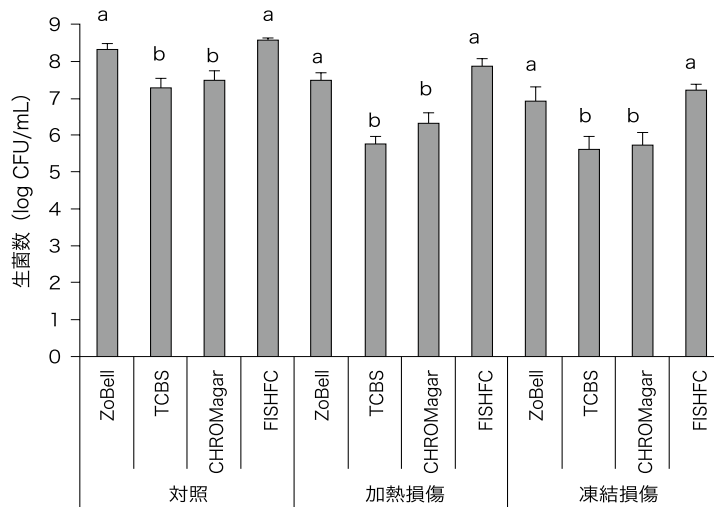


図6 加熱・凍結損傷した腸炎ビブリオの生菌数測定値の比較
各実験区においてグラフに記載された同じアルファベットは統計的な差がないことを示している ($P<0.05$)

傷菌について検討するため、加熱および凍結損傷を与えた腸炎ビブリオについて FISHFC 法と平板塗抹法による計数値を比較した。*V. parahaemolyticus* LMG 2850^T 株を ZoBell 2216E 液体培地に白金線で接種し、37℃で一晩、130 rpm で振盪培養した。培養した菌液を 100 倍に希釈し 2 本の滅菌試験管に分注し、一方は 50℃、2 分の加熱損傷を与え、もう一方は -20℃一晩の凍結損傷を与えた。各処理の後、FISHFC 法と平板塗抹法による計数を行った。加熱および凍結損傷させた菌体では TCBS 培地および CHROMagar 培地による計数値が ZoBell 2216E 培地および FISHFC 法よりも 1～2 桁低かった (図 6)。一方、FISHFC 法で計数された生菌数と ZoBell 2216E 培地による平板培養計数値との差は有意水準 1% で統計学的に有意ではなかった。このことから、加熱および凍結損傷した腸炎ビブリオの回復には富栄養培地である ZoBell 2216E 培地が適しており、FISHFC 法では 37℃で 5 時間の培養条件で十分に回復し、検出可能なサイズの微小集落を形成できることが示された。食品の細菌検査において問題

となる損傷菌も FISHFC 法の培養時間を少し増やすことによって従来法よりも迅速かつ正確に計数することができると考えられた。

2. GFP 標識腸炎ビブリオによる化学走性の可視化

腸炎ビブリオは、菌体の一端に極単毛性鞭毛をもち液体培地中では活発な運動性を示す。固形培地では菌体の周囲に側毛性鞭毛を形成し、拡散 (遊走) 現象を示すようになり、培地条件によって運動性の性質が切り替わることも知られている²¹⁾。このような運動性をもつことから、腸炎ビブリオは魚介類などと共に調理環境に入り込むと、調理器具などを介して他の食品に移り、増殖することで魚介類以外の食品が食中毒の原因食品となる二次汚染を引き起こす。特に 3% 程度の塩分濃度を好む腸炎ビブリオは浅漬けなどの漬物が、二次汚染による食中毒の原因食品になることが多い。徹底的な腸炎ビブリオの食中毒防止対策を講じるためには、調理環境における腸炎ビブリオの行動を把握し、情

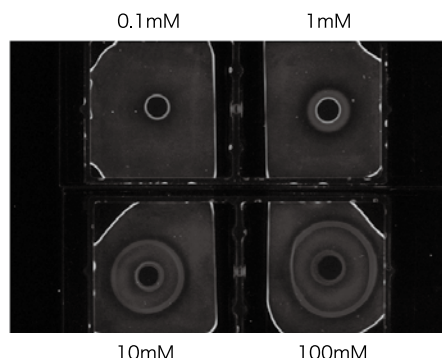


図7 GFP 標識腸炎ビブリオの菌体を用いた L-セリンに対する走性. 集積リングが明確に観察された

報を蓄積しておくことが必要となる。

細菌行動を評価する方法のひとつに化学走性があり、その解析方法には、キャピラリーアッセイ²²⁾やマイクロ流路アッセイ²³⁾、アガロースプラグアッセイ²⁴⁾などがある。アガロースプラグアッセイは定性的な手法であるが実験操作が比較的簡便であり、細菌が誘引物質の適切な濃度域に集積することで形成されるリングの有無で走性を評価できる。本項目では、アガロースプラグアッセイと緑色蛍光タンパク質 (GFP) を利用して腸炎ビブリオの走性行動を可視化したので紹介する。

耐熱性溶血毒 (TDH) 産生性 *Vibrio parahaemolyticus* O3:K6 に *gfp* 遺伝子を Sawabe *et al.* の方法²⁵⁾ に従い接合伝播にて導入し、腸炎ビブリオ GFP 株を作製した。供試菌液は次のよう調製した。ZoBell 2216E 培地で対数増殖期まで、37℃, 120 rpm にて振盪培養して集菌した。Chemotaxis media (8 mM K₂HPO₄, 2.2 mM KH₂PO₄, 0.1 mM EDTA, 2% NaCl²⁶⁾ で 2 回洗浄した後、600 nm の吸光値が約 2 になるように Chemotaxis media に懸濁した。

化学走性は Yu and Alam の報告²⁴⁾にある Agarose-in-plug bridge method を改変したアガロースプラグアッセイ法にて行った。ラブ

テック[®]チェンバースライドのシリコンスパーサー枠の中央部に、加温溶解した 1.5% アガロースと各種誘引物質を混合した溶液 12 μ L を載せた。直ちに Matsunami カバーガラス (24 $\times$ 24mm) を重ね、2-3 分静置した。カバーガラスの隙間から調製した腸炎ビブリオ菌液 400 μ L を注入し、LED 蛍光励起光源装置 VISIRYAS (ATTO) と SCF515 フィルターを装着したデジタルカメラにて観察し、撮影を行った。プラグの周囲に菌体が集積した明確なリングが形成された場合を陽性とした。陽性対照には、*Vibrio* 属細菌の多くで誘引性が確認されている 10 mM L-セリンを用い、陰性対照は誘引物質を添加しない 1.5% アガロースとした。

アガロースプラグアッセイにおける誘引物質濃度と菌体集積リングの直径との関係を検討したところ、誘引物質である L-セリンの濃度が高くなるほど菌体集積リングの直径が大きくなり、10 mM の濃度で最も観察しやすい直径となった (図 7)。アガロースプラグから同心円状に拡散した誘引物質に対して、腸炎ビブリオは適切な濃度域に走性にて集積しリングを形成することが示された。ここでは結果を示さないが、このリング形成を蛍光顕微鏡下で観察すると、リングよりもアガロースプラグに近い内側に存在する菌体は外側に向かって移動し、リングよりも外側に存在する菌体は内側のリングに向かって移動していることが確認できた。

次に魚介類粘液試料を誘引物質としてアガロースプラグアッセイを行った。その結果、複数の魚介類粘液に対して明確な菌体集積リングが確認できた。例えば、アジ鰓から調製した粘液試料の原液で菌体集積リングが確認できた (図 8)。菌体集積リングは、時間の経過とともに形成され 5 分程度で明確なものになった。

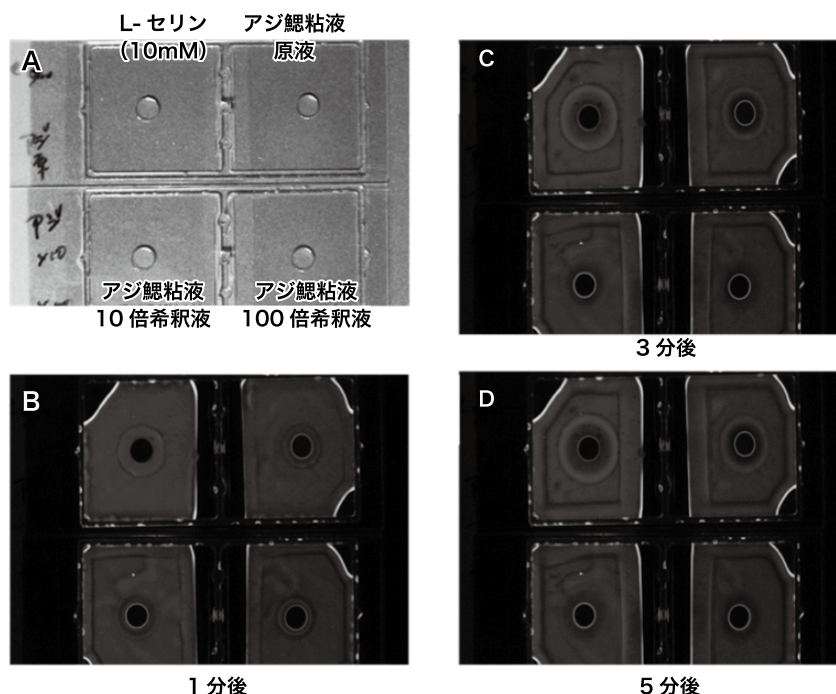


図8 GFP 標識腸炎ビブリオのアジ鰓粘液に対する化学走性

A. アガロスプラグアッセイ装置, B. 誘引 1 分後, C. 誘引 3 分後, D. 誘引 5 分後.

アガロスプラグアッセイは、定性的な手法であるが、GFP 標識した腸炎ビブリオを用いることで走化性を経時的に可視化できることがわかった。

おわりに

食品の細菌検査は、迅速性と正確性が求められる。それに加えて損傷菌も見逃さないようにしなければならない。短時間の培養を組み合わせた FISHFC 法は、従来の培養法よりも迅速に目的の細菌を特異検出できる。また、組み合わせる短時間培養を工夫することで損傷菌の検出にも対応できることがわかってきた。計数を目視から機器による自動化にすることで、検査に必要な労力をさらに抑えることも期待できる。また、GFP 標識細菌を用いた化学走性の可視化は、細菌の生態をより詳細に明らかにし、細

菌側の視点で食中毒の発生を防止する新たな技術の開発につながる。このような蛍光標識テクノロジーは、食中毒細菌のエコロジーを解き明かすために有用なツールの一つとなる

謝辞

本原稿をまとめるにあたりご指導をいただいた北海道立工業技術センター 大坪雅史博士に感謝申し上げます。本研究は、文部科学省 都市エリア産学官連携促進事業、科学研究費補助金 研究活動スタート支援（課題番号 21880049）、農林水産省委託プロジェクト「生産・流通・加工工程における体系的な危害要因の特性解明とリスク低減化技術の開発」および科学技術振興機構地域イノベーション創出総合支援事業の助成を受けて行った。ここに謝意を表する。

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

- 1) Llobet-Brossa E, Rosselló-Mora R, Amann R: Microbial community composition of Wadden sea sediments as revealed by fluorescence *in situ* hybridization. *Appl. Environ. Microbiol.* **64**: 2691-2696, 1998.
- 2) Parracho H M, Bingham M O, Gibson G R *et al.*: Differences between the gut microflora of children with autistic spectrum disorders and that of healthy children. *J. Med. Microbiol.* **54**: 987-991, 2005.
- 3) Ootsubo M, Shimizu T, Tanaka R *et al.*: Oligonucleotide probe for detecting *Enterobacteriaceae* by *in situ* hybridization. *J. Appl. Microbiol.* **93**: 60-68, 2002.
- 4) Ootsubo M, Shimizu T, Tanaka R *et al.*: Seven-hour fluorescence *in situ* hybridization technique for enumeration of *Enterobacteriaceae* in food and environmental water sample. *J. Appl. Microbiol.* **95**: 1182-1190, 2003.
- 5) Wilson R, Dowling R B: *Pseudomonas aeruginosa* and other related species. *Thorax* **53**: 213-219, 1998.
- 6) Favero M S, Carson L A, Bond W W *et al.*: *Pseudomonas aeruginosa*: Growth in distilled water from hospitals. *Science* **173**: 836-838, 1971.
- 7) 厚生労働省監修 社団法人 日本食品衛生協会. 食品衛生検査指針 微生物編, 2004.
- 8) Mashburn L M, Jett A M, Akins D R *et al.*: *Staphylococcus aureus* serves as an iron source for *Pseudomonas aeruginosa* during *in vivo* coculture. *J. Bacteriol.* **187**: 554-566, 2005.
- 9) 澤辺桃子, 大坪雅史, 澤辺智雄: 培養併用蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション (FISHFC) 法による緑膿菌の定量. 函館短期大学紀要 **35**: 51-56, 2009
- 10) 大坪 雅史: 微生物モニタリングに関する新システムの開発. 日本水産学会誌 **74**: 253-254, 2008.
- 11) Chambliss L S, Narang N, Juneja V K *et al.*: Thermal injury and recovery of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in ground chicken with temperature, pH, and sodium chloride as controlling factors. *J. Food Prot.* **69**: 2058-2065, 2006.
- 12) Miller F A, Brandão T R S, Teixeira P *et al.*: Recovery of heat-injured *Listeria innocua*. *Int. J. Food Microbiol.* **112**: 261-265, 2006.
- 13) Legnani P, Leoni E, Rapuano S *et al.*: Survival and growth of *Pseudomonas aeruginosa* in natural mineral water: a 5-year study. *Int. J. Food Microbiol.* **53**: 153-158, 1999.
- 14) Peterz M E G: Temperature in agar plates and its influence on the results of quantitative microbiological food analyses. *Int. J. Food Microbiol.* **14**: 59-66, 1991.
- 15) 澤辺桃子, 大坪雅史, 澤辺智雄: 培養併用蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション (FISHFC) 法によりミネラルウォーター中の飢餓緑膿菌を検出するための微小集落形成培養条件. 函館短期大学紀要 **36**: 23-28, 2010.
- 16) Newell D G, Fearnley C: Sources of *Campylobacter* colonization in broiler chickens. *Appl. Environ. Microbiol.* **69**: 4343-4351, 2003.
- 17) 伊藤 武: 人のカンピロバクター症. 獣医畜産新報 **60**: 911-915, 2007.
- 18) Mylius S D, Nauta M J, Havelaar A J: Cross-contamination during food preparation: a mechanistic model applied to chicken-borne *Campylobacter*. *Risk Anal.* **27**: 803-813, 2007.
- 19) Vanniasinkam T, Lanser J A, Barton M D: PCR for the detection of *Campylobacter* spp. in clinical specimens. *Let. Appl. Microbiol.* **28**: 52-56, 1999.
- 20) Sawabe T, Yoshizawa A, Kawanishi Y *et al.*: Multi-probe-fluorescence *in situ* hybridization for the rapid enumeration of viable *Vibrio parahaemolyticus*. *Microbes Environ.* **24**: 259-264, 2009.
- 21) McCarter L L: Dual Flagellar Systems Enable Motility under Different Circumstances. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **7**: 18-29, 2004.
- 22) Adler J: Chemotaxis in bacteria, *Science* **153**: 708-716, 1966.
- 23) Englert D L, Manson M D, Jayaraman A: Flow-based microfluidic device for quantifying bacterial chemotaxis in stable, competing gradients. *Appl. Environ. Microbiol.* **75**: 4557-64, 2009.
- 24) Yu H S, Alam M: An agarose-in-plug bridge method to study chemotaxis in the *Archaea* on *Halobacterium salinarum*. *FEMS Microbiol Lett.* **156**: 265-9, 1997.
- 25) Sawabe T, Fukui Y, Stabb E V: Simple conjugation and outgrowth procedures for tagging vibrios with GFP, and factors affecting the stable expression of the *gfp* tag. *Let. Appl. Microbiol.* **43**: 514-522, 2006.
- 26) Sar N, McCarter L, Simon M *et al.*: Chemotactic control of the two flagellar systems of *Vibrio parahaemolyticus*. *J. Bacteriol.* **172**: 334-341, 1990.

業界を変えた驚くべきヒット食品

— 「こくうま」 東海漬物株式会社 —

田形 皖作*

*TAGATAYoshinari (TAGATA食品企画・開発)

Key Words：キムチ・ヒット商品・商品開発・ブランド化・マーケティング戦略・こくうま

はじめに

2004年（平成16年）5月に発売を開始した「こくうま」キムチの店頭カバー率は発売直後に30%を超え、その後、順調に取扱店を拡大していった。09年7月～10年6月の漬物POSデータを表1に示した。ベスト10位までの商品のうち、キムチが実に9品（90%）ある。ベスト20位まででは14品（70%）がキムチである。ちなみにベスト50位までのキムチ商品は19品（約40%）、ベスト100位まででは29品（約30%）である。このことからキムチ商品の売り上げ順位は上位にあることが分かる。また、ベスト20位までの合計販売金額を100%とすると、東海漬物の「こくうま」キムチのシェ

アは27.5%である。表2には2011年1月度の漬物POSデータを示した。ベスト20位までに「こくうま」キムチは3品あり、そのシェアは29%である。また、ベスト10位までの商品のうちキムチは9品（90%）あり、ベスト20位まででは12品（60%）である。このようにキムチ商品が売り上げが上位を占めるようになったので、漬物メーカーはさらにキムチ商品を新規商品として発売してきた。こういった状況が起こってきた理由として表1、表2から東海漬物の「こくうま」キムチが漬物業界を牽引し、漬物業界を変えたことは間違いの無いことと推察される。

本稿を書くにあたり、東海漬物株式会社 伊藤常務に取材した。

1. 漬物の市場状況と消費者状況

漬物は日本人の伝統食品であり、ご飯の副菜の一つとして重要な加工食品である。ところが、米の購入金額が年々減少するにつれ（図1）、漬物の支出金額も減少する傾向にある（図2）。また、米の2人以上世帯の年齢別支出金額を表3に、また、漬物の支出金額を表4に示した。全ての漬物において50歳以上の世帯で支出金額



写真1 こくうま2品

が多く、年齢が低くなるほど漬物支出金額は少ない。表3の米と表4の漬物の年齢別の支出金額のパーセントを見ると同じ傾向がみられる。低年齢世帯ほど支出金額は少ない。今後、米の支出金額が減少すると漬物の支出金額も減少す

ることが予想される。こういった漬物市場の中で消費者がよく購入する漬物をみると図3のように2009年、2010年ともキムチがダントツ1位である。また、キムチの購入意向は2010年(68%)の方が2009年(59%)より約10%高い。

表1 TOPPAN POS データ (09年7月～10年6月)

順位	企業名	商品名	金額合計 (千円)	金額 シェア	平均売価
●1	東海漬物	東海 こくうま熟うま 辛キムチ 320g	126,411	18.5	295
2	フードレーベル	牛角 韓国直送 キムチ 400g	58,274	8.6	364
3	北日本フード	北日本 スーパー極上 キムチ 330g	48,962	7.2	326
4	東海漬物	東海 きゅうりの キューちゃん 120g	39,992	5.9	117
5	エバラ食品工業	エバラ おいしい キムチボトル 400g	36,496	5.4	355
6	ピクルス コーポレーション	ピクルス ご飯がススム 200g	35,685	5.2	205
7	備後漬物	備後 和風キムチ 650g	33,277	4.9	340
●8	東海漬物	東海 ブチこくうま キムチ 2食 100g	31,923	4.7	188
●9	東海漬物	東海 こくうま熟うま 辛キムチ 200g	29,053	4.3	246
10	備後漬物	備後 旨えびキムチ カップ 450g	28,646	4.2	310
11	岩下食品	岩下 新生姜 100g	28,043	4.1	214
12	シージーシー ジャパン	CGC 韓国キムチ 400g	26,434	3.9	283
13	美山	美山 好好キムチ 黒酢入り 500g	23,690	3.5	214
14	岩下食品	岩下 ビリ辛 らっきょ 150g	23,194	3.4	246
15	コプロ	生活良好 かつお梅干	21,086	3.1	256
16	フードレーベル	牛角 べったら de キムチ 250g	19,664	2.9	270
17	コプロ	生活良好 はちみつ梅干	19,298	2.8	262
18	秋本食品	秋本 王道キムチ 200g	17,814	2.6	279
19	マルハチ	マルハチ 若もぎ小茄子袋 110g	17,660	2.5	261
20	香味小夜子	香味小夜子 美味かキムチ	15,888	2.3	224

27.5%

計 641,480 100.0

出所：日本食糧新聞

すなわち、キムチの購入意向は高くなる傾向がある。その理由としてキムチは年齢、性別に拘わらず多くの人に好まれている。キムチが消費者にとって他の漬物と異なる点は、

①キムチは漬物というより“おかず”として

食されていること。

②キムチは漬物として食される以外に“キムチチャーハン”，“キムチなべ”など多岐にわたるメニューが開発されている。

表2 1月のPOS データ

No	企業名	商品名	取扱店舗当り		店舗	平均 売価	シェア 金額
			金額	数量			
●1	東海漬物	東海 こくうま 熟うま辛キムチ 320g	69,633	246	470	283	4.45
2	ピククルス コーポレーション	ピククルス ご飯がススム 200g	38,856	193	435	202	2.3
3	北日本フード	北日本 スーパー極上キムチ 330g	85,592	596	179	289	2.08
4	美山	美山 川越達也 イチオシキムチ 200g	32,448	161	338	202	1.49
5	フードレーベル	牛角 韓国直送 キムチ 400g	24,644	75	400	330	1.34
●6	東海漬物	東海 プチこくうま キムチ 2食 100g	12,152	67	522	181	0.86
7	エバラ食品工業	エバラ おいしい キムチボトル 400g	16,282	46	367	356	0.81
8	東海漬物	東海 きゅうりの キューちゃん 120g	9,216	80	595	115	0.75
9	シージーシー ジャパン	CGC 韓国キムチ 400g	31,902	117	166	273	0.72
10	備後漬物	備後 旨えびキムチ カップ 450g	19,998	64	244	312	0.66
11	岩下食品	岩下 新生姜 100g	11,779	57	400	206	0.64
●12	東海漬物	東海 こくうま熟 うま辛キムチ 200g	35,195	140	116	252	0.56
13	備後漬物	備後 和風キムチ 650g	34,070	106	117	323	0.54
14	九州農産	九州沢庵一本	29,589	137	128	216	0.51
15	ピククルス コーポレーション	ピククルス ご飯がススム辛口 200g	16,686	83	222	200	0.5
16	コプロ	生活良好 かつお梅干	29,096	113	117	257	0.46
17	北日本フード	北日本 味わい白菜 300g	62,509	349	54	179	0.46
18	備後漬物	備後おいしい 糖しぼりだいこん 1本	32,444	172	102	189	0.45
19	マルハチ	マルハチ 若もぎ 小茄子袋 110g	13,457	54	236	248	0.43
20	中川食堂	中川ゆず白菜 200g	77,335	425	41	182	0.43

5.87%
(29%)

出所：日本食糧新聞

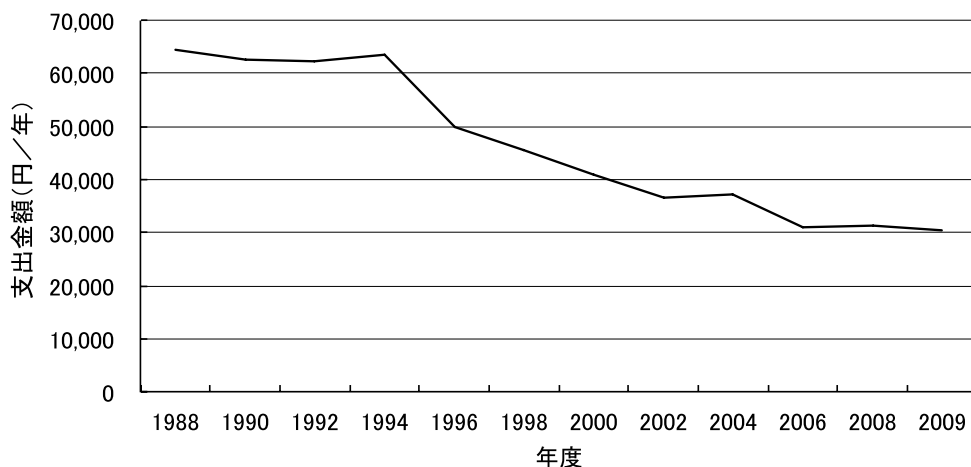


図1 米の支出金額 (円/年) 推移 (出所; 家計調査年報 平成 21 年)

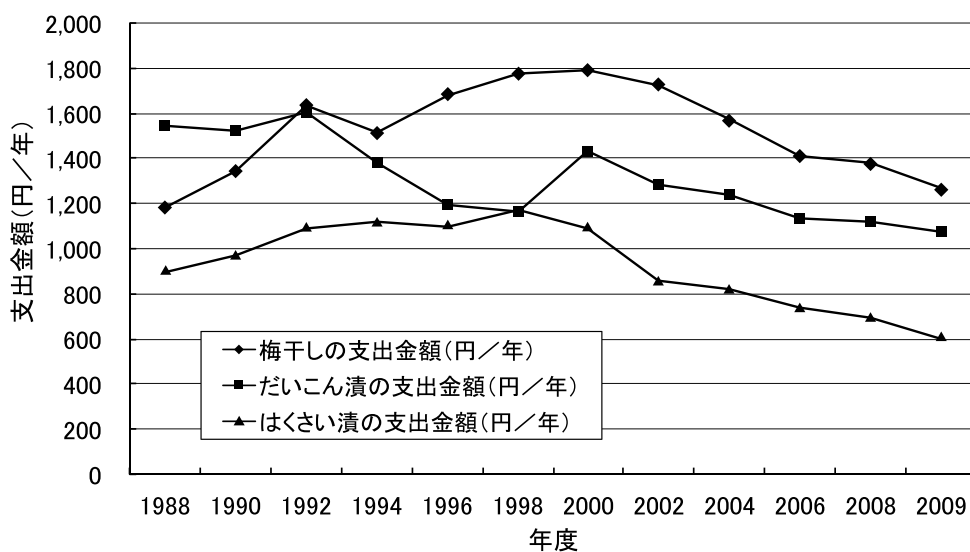


図2 一世帯あたり種類別年間出荷金額推移 (2人以上世帯) (出所; 家計調査年報 平成 21 年)

※キムチははくさい漬けに含まれる

2.

「こくうま」を開発した東海漬物株式会社漬物機能研究所について

「こくうま」は2004年発売後、わずか2年でキムチ市場ではトップブランドになった。図4に2008.11～2009.10のキムチ・朝鮮漬販売個数シェアを示した。東海漬物「こくうま」が11%、東海漬物プチこくうまが5%であり、合わせるとシェア16%である。2位のF社が6%であることからダントツのシェアである。この

実現のために、こくうま専用工場や専用ラインを相次いで立ち上げ、現在全国7工場で生産。主原料の白菜は、工場に近い契約農場から、毎日必要な分だけ届けられている。1年中いつでも採れたての白菜を受け入れ、新鮮さを維持したままでおいしいキムチに加工されている。では「こくうま」を開発した漬物機能研究所の理念、研究開発原則、新技術 & 新製品開発5原則について紹介する。

《漬物機能研究所の理念》

東海漬物株式会社の経営理念に基づき、研究開発を通じて消費者の食生活を豊かにし笑顔、感動、安心のある商品を独創的な技術で開発する。

《漬物機能研究所の研究開発原則》

QCDS の向上原則

Quality：品質の面で、市場の競争力 UP

COST：価格の面で、市場での競争力 UP

Delivery：開発時間の面で、市場での競争力 UP

Safety：安全面で、市場での競争力 UP

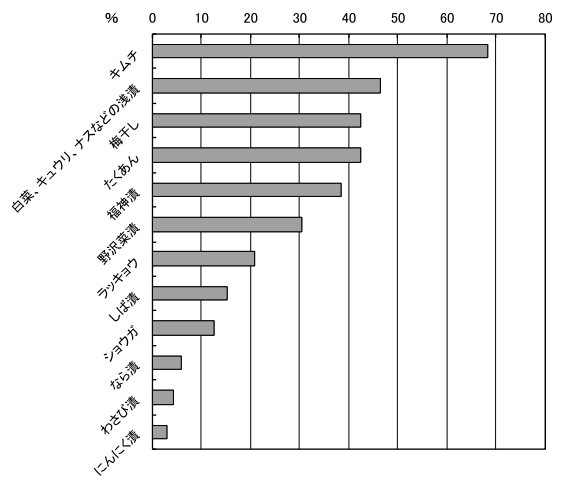
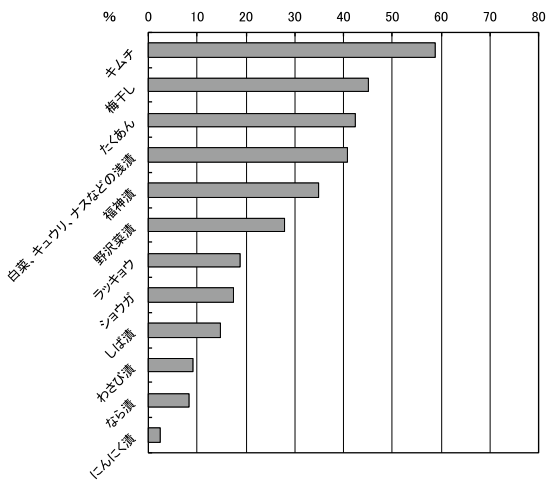
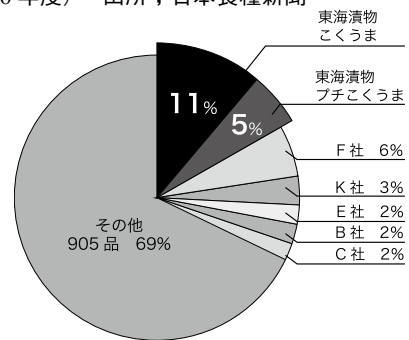


図3 よく購入する漬物（左 2009 年度、右 2010 年度） 出所；日本食糧新聞

表3 米の年間支出金額状況
(2人以上世帯, 2009 年度)

年齢別	米	
2人以上世帯平均	30,495	100%
～29歳	10,117	33%
30～39歳	19,672	65%
40～49歳	28,027	92%
50～59歳	32,353	106%
60～69歳	35,195	115%
70歳～	35,161	115%

出所：家計調査年報 平成21年



日経 POS データ
期間：2008/11～2009/10
出力方式：商品千人当たり個数ランキング (全国)

図4 キムチ・朝鮮漬販売個数シェア

表4 漬物の種類別、年間支出金額状況 (2人以上世帯, 2009 年度)

年齢別	梅干し	だいこん漬	はくさい漬	その他の漬物	合計	
2人以上世帯	1,267	1,073	600	5,728	8,668	100%
～29歳	408	239	129	2,239	3,015	35%
30～39歳	685	437	237	3,233	4,592	53%
40～49歳	991	674	409	4,816	6,890	79%
50～59歳	1,467	1,133	715	6,622	9,937	115%
60～69歳	1,472	1,405	762	6,961	10,600	122%
70歳～	1,604	1,552	787	6,379	10,322	119%

出所：家計調査年報 平成21年

《新技術 & 新製品開発5原則》

1. 漬物機能研究所は消費者にとって真に有用かつ安全な商品を開発する。
2. 漬物機能研究所は、消費者にとって創造的魅力商品を開発する。
3. 漬物機能研究所は、創造的技術が盛り込まれている商品を開発する。
4. 漬物機能研究所は、パフォーマンス・バイ・コストで他社のそれに勝る商品を開発する。
5. 漬物機能研究所は、開発する技術者、製造する工場並びに販売従事者・販売店に喜びをもたらす商品を開発する。

－東海漬物の経営理念－

『わが社の経営のために消費者が必要なのでなく消費者のためにわが社がなのである。わが社の必要性は食生活を豊かにするとこより優れた品質の製品を供給することにある。』

上記のように理念、研究開発原則、新技術 & 新製品開発5原則を研究所員が共有すれば、従来の市場に無い驚きのヒット商品を開発・上市し、さらには漬物業界を変える商品に育ったこととはなすける。

「こくうま」の商品コンセプトと技術開発

「こくうま」の商品コンセプト

- ごはんに合う
- コクと旨さ
- 良質な国産白菜を原料
- 日本人の嗜好にとことんこだわって作った
- 韓国キムチの模倣ではなく、日本の消費者の嗜好と価値観に基づいた“和”を重視

3. 技術開発

商品コンセプトを達成させるために

- スルメイカから生まれた「イカごろ」と、カツオを原料とした「かつお魚醤」。
- 「イカごろ」：するめいかの墨汁とワタを発酵

させて作った調味料。コクの豊かな調味料で、キムチの味の本格感を醸し出す。

「かつお魚醤」：かつおの内臓を原料として作られた魚醤。キムチのコクを醸し出す。

- 独自開発した乳酸菌発酵調味料である「ヨクジョ塩辛」新配合。

「ヨクジョ塩辛」：最高級のアミエビの塩辛を使用し、独自開発した乳酸菌発酵調味料。一段と深みのある“コク”と“旨み”へと進化。

- 良質の国産白菜：健康な土づくり、苗の育成から収穫まで。工場に近い農場で栽培。

毎日必要な数量を入荷しているの、新鮮な白菜を新鮮なうちにキムチに加工。

以上、大きく3つの技術で商品コンセプトを達成した。

4. 『新商品開発の5P』について

新商品を開発し、その商品がお客様の手元に届くために、筆者は図5の新商品開発5Pをチェック用に使っている。まず第一に「Product」ありきである。「Product」には商品コンセプト、商品仕様、ネーミングなどを決定しなければならない。第二は「Package」である。包装仕様、デザインなどを決定しなければ

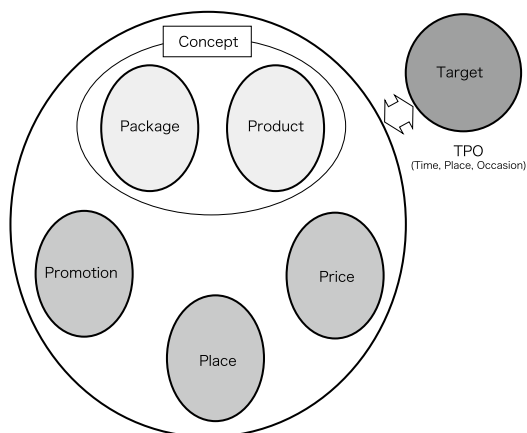


図5 商品開発5P；開発品はユーザーの手元に届く仕組みになっているか

ならない。第三は「Price」である。「Price」は販売、事業化に最も重要と考えている。第四は「Place」である。『Target』の属性を定め、お客様に届けるにはどのチャネルが良いのか。量販店なのか、CVSなのか、専門店なのか、ドラッグなのか、それとも通販なのか。色々なチャネルがあるので選択と集中が必要になる。

第五は「Promotion」である。店頭プロモーション、媒体プロモーションなど費用がかかるので効果的なメディアミックスが重要である。最後に5Pではないが、『Target』がある。全ての5Pは『Target』を明確にした後のことである。「Product」は『Target』が明確にならないと決まらないはずである。技術先行型の新商品は兎角『Target』を忘れて技術開発に自己満足する傾向がある。顧客あつての新商品であることは最重要である。

5. 「こくうま」の新商品開発とマーケティング・販売を5Pにのっとり紹介

キムチは1945年ころ日本の食卓に入ってきた。その後、少しずつ浸透しはじめ、1988年のソウルオリンピックの頃からキムチブームが始まり、2002年の日韓サッカー・ワールドカップ開催により一気に加熱した。さらに、韓流ブームで韓国に旅行する女性が増え、韓国でキムチを知った人が増えてきた。「こくうま」を発売した2004年はキムチ市場は未だ成長過程にあり、キムチは日本人の食生活にとっては必需的な商品になってきた。性別、年齢を問わず多くの人に食されているので、「Target」は既存の売れ筋商品になる。「Product」の商品コンセプトは次の通りである。

- ごはんに合う。
- コクと旨さ。
- 良質な国産白菜を原料。
- 日本人の味覚にとことんこだわって作った。

商品コンセプトを達成した技術は既に述べたように、海から作った3つの天然調味料である“スルメイカから生まれたイカごろ”と、かつおを原料とした“かつお魚醬”。さらに、独自開発した乳酸菌発酵調味料である“ヨクジョ塩辛”を配合。また、原料白菜は良質の国産白菜を使用。「Package」は消費者の視点から、容器の利便性をはじめ、大切な情報を精査し、正確な情報伝達と視認性を第一に、容器の開発を進めている。また、ネーミングの「こくうま」は東海漬物の登録商標であり、かつ、味のポイントである「コク」と「旨さ」を表した商品名である。

「Price」は最大のマーケティングである。「Price」の設定は開発・研究とマーケティング・販売では真っ向から対立するのが常である。開発・研究は高価格で販売して欲しい、ところがマーケティング・販売は店頭での売りやすさを重視し、比較的に低価格を指向する場合が多い。東海漬物の開発部門はこのクビキを回避するために、消費者調査を行い、実際に消費者が購入している市販キムチ商品の価格ゾーンを分析し、合理的に価格設定をした。調査結果では、意外なことに消費者はキムチ商品については低価格帯指向ではなく、所謂300円～400円の中価格指向であることが浮き彫りとなり、一般的な漬物商品の価格帯範疇に入らないことが判明したのである。

「Place」は自社漬物を販売している全チャネルで2004年全国一斉販売でスタートした。

「Promotion」は試食販売に徹した。食べてもらえれば必ず購買繋がるというプロモーション戦略を策定し、試食販売等の店頭活動を重視した。

おわりに

『こくうま』を2004年に発売し、2年後にはトップブランドに育成した。このことから、漬

物メーカー各社が益々キムチの商品化に注力し、漬物市場の売り上げベスト10の内、9品がキムチになってきた。「こくうま」が漬物市場を変えてしまった。今後、「こくうま」キムチのシェア拡大を実行するには、“既存品の改良”と“ライン拡張”が必要である。ライン拡

張は新たな顧客を獲得するためである。また、キムチ市場を拡大させていくには家庭内で新しい食べ方を提案していく必要がある。キムチを使用した商品の開発にもさらに注力し、店頭にキムチとキムチを使用した商品が多く並ぶことが重要である。

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭酸
カルシウム
とは？

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

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

一般の栄養強化には、「ホワイトン」

機能を求めるならば、「コロカルソ」

飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当にお気軽にお尋ね下さい。

 **白石カルシウム株式会社**

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

ユーラシア大陸の乳加工技術と乳製品

第8回 北アジア—モンゴルの遊牧民の事例

平田 昌弘*

*HIRATA Masahiro (帯広畜産大学)

Key Words：乳加工・乳製品・遊牧民・モンゴル・北アジア

本稿では、北アジアの乳加工技術と乳製品を、モンゴル遊牧民の事例で紹介してみたい。著者は1999年からモンゴル国を毎年訪れ、モンゴル遊牧民と生活を共に楽しみ、そして、乳加工体系について調査してきた(写真1)。モンゴルは、モンゴルを後にする時、遊牧民の温かさ、笑顔、人情とが心に込み上げ、またモンゴルを訪ねたいときと思わされる国だ。

モンゴル遊牧民は器具をほとんど使わずに、草原の中で家畜から乳を搾り取る。また、乳加工は、日常の調理器具を転用しておこなっている。このような搾乳・乳加工に特化した器具をほとんど持たないモンゴル遊牧民は、草原の中でいったいどのように搾乳し、どのよう

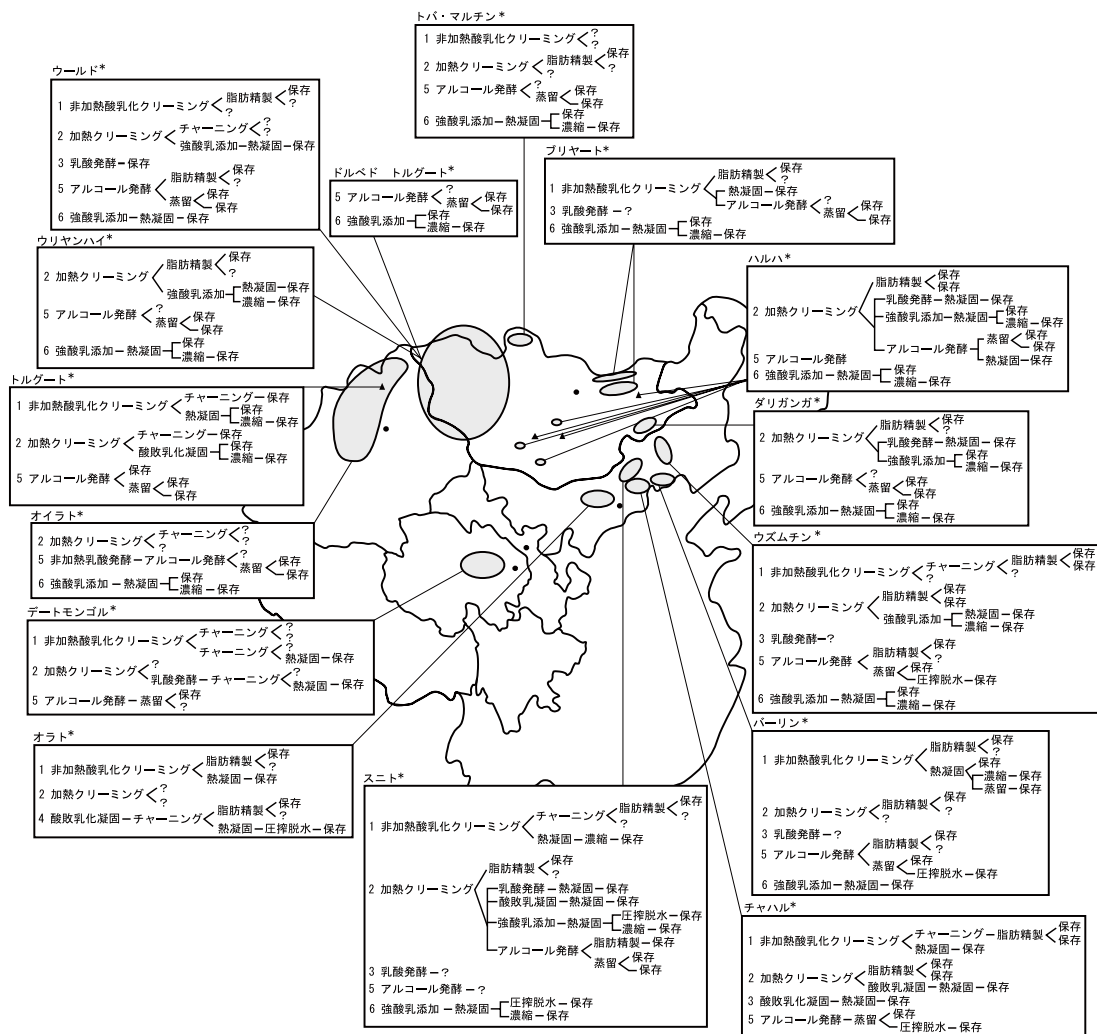
な乳加工技術を利用しているのだろうか。興味がわくところである。モンゴル遊牧民の乳加工の特徴は、アジア大陸北方域の人びとに広く採用されている技術を用いている。つまり、クリームをせっせと取り集め、チーズをつくるための凝固剤として酸乳そのものを用い、馬の乳で酒をつくっていることにある(平田, 2008; 2010)。モンゴルの乳加工体系が地域毎に多様に発達しているのは、これらの諸技術を自由に取捨選択して組み合わせているためで、実はその基本的な乳加工技術は多くの地域で共通している。本稿では、以下にモンゴル国中央部の事例をもとに、モンゴル式の搾乳の技法を先ず紹介してから、乳加工技術と乳製品とを紹介していきたい。

はじめに

モンゴルといっても、多くのモンゴル系言語集団から成り立っている。主なモンゴル系言語集団の乳加工体系を図1に示した。詳細な説明は平田(2011)に譲ることにして、北アジアにおいては複雑な乳加工体系が地域毎にそれぞれに発達していることを知って頂きたく図に示した。北アジアの乳加工体系といっても一枚岩ではなく、その全貌を理解することはなかなか



写真1 モンゴル遊牧民の放牧風景。家畜群の後ろを牧歩が追い、群を導く。家畜に多くを依存し、生活を成り立たせている。



?: 乳加工工程が不明確 *: モンゴル系言語集団名

図1 多様な北アジアの乳加工体系 (平田, 2010)

難しい。この多くのモンゴル系言語集団の中で、82%を占める大集団がハルハ集団である。そこで本稿では、北アジアの乳加工体系としてこのハルハ集団の乳加工体系を紹介することにしよう。事例地は、首都ウランバートルから南に約250 kmに位置するモンゴル国ドンドゴビ県サインツァガン郡とデレン郡である (図2)。年間降水量が約200 mmの半乾燥地であり、純草原型から沙漠性草原型の植生帯に位置している。

表1に、調査した4世帯の2001年における

所有家畜頭数と同年に生まれた仔畜頭数とを示した。4世帯ともヒツジとヤギが中心であることが分かる。家畜は、牝、去勢牡、種牡よりなる。T世帯によると、年間にヒツジ・ヤギを約40頭屠殺するという。半分が牡、受胎率を80%と仮定すると、ヒツジ・ヤギを100頭飼養すれば自らが消費する分の食肉は得られることになる。調査した4世帯はヒツジ・ヤギを171頭～428頭飼養しており、いずれの世帯も家畜に多くを依存して遊牧を営んでいくだけの十分

表1 モンゴル国ドンドゴビ県サインツァガン郡・デレン郡における4世帯の所有家畜頭数と1才齢仔畜頭数

調査世帯	ヒツジ (内1才齢)	ヤギ (内1才齢)	ウシ (内1才齢)	ウマ (内1才齢)	ラクダ (内1才齢)
G世帯	160 (60)	80 (30)	5 (0)	50 (14)	5 (0)
T世帯	149 (52)	105 (48)	8 (1)	15 (2)	2 (0)
B世帯	101 (36)	70 (4)	3 (0)	14 (3)	3 (0)
V世帯	320 (144)	108 (29)	32 (3)	58 (6)	7 (0)

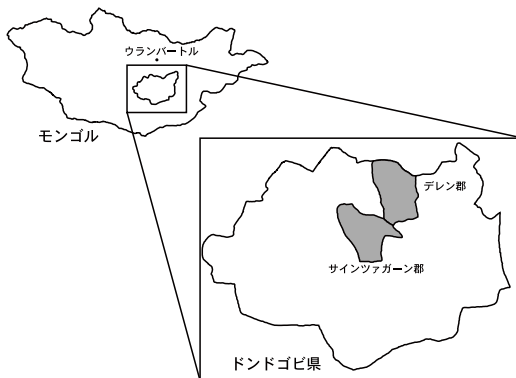


図2 モンゴル国ドンドゴビ県の位置と乳加工体系の事例地 (■)

な家畜を所有していることになる。2001年においては、4世帯ともにヒツジとヤギ、およびウマから搾乳していたが、ウシから搾乳していたのはV世帯のみであった。ラクダからの搾乳はいずれの世帯もおこなっていなかった。なお、G世帯とV世帯でウマの頭数が多いのは、1999年と2000年の2年続きでモンゴルにゾドjodと呼ばれる大寒波が襲い、そのゾドによる死亡頭数が少なかったことによる。

1. 搾乳の技法

ドンドゴビ県では、搾乳はヒツジ、ヤギ、ウシ、そしてウマとともに5月下旬から一斉に始まる(図3)。ウマの搾乳が7月に入ってからになることもある。ヒツジは8月下旬頃、ヤギは11月上旬頃まで搾乳される。2010年では、牧野に草本植物が多く残存していたため、T世帯では12月下旬までヤギから搾乳していた。い

ずれにしろ、ヤギはヒツジよりも約2ヶ月～3カ月ほど搾乳期間が長く、乳が不足し始める秋にヤギ乳は貴重な食料資源となっている。ウマの搾乳は9月下旬頃まで続けられ、その乳でつくった馬乳酒は夏と秋の重要な食料であり、馬乳酒が生活の中心ともなる。ウシは一年を通じて搾乳が可能であるが、牧野の草本植物が少なくなる11月頃から5月頃までの冬から春にかけては搾乳しないことの方が多い。ウシの所有も、冬の前半まで乳を遊牧民にもたらすことになる。冬-30℃ともなるモンゴルの寒い冬に、塩乳茶であるスーテー・ツァイ süütey čay (乳入りのお茶の意)と乳なしの塩茶であるハル・ツァイ qar čay (黒いお茶の意)とでは、スーテー・ツァイの方が身体の芯まで温まる。厳寒の時期、白いスーテー・ツァイが注がれた茶碗を差し出されると、思わず嬉しくなり、ヤギやウシの恩恵をひしひしと感じる(写真2)。

ヒツジとヤギの搾乳方法は、家畜囲いであるハシャー qašaa に母畜を先ず追い込み、首を紐で一頭一頭繋ぎとめてゆき、後足の間から搾乳する(写真3)。首を紐で結ぶところが、西アジアやインドと異なるところである。世帯に

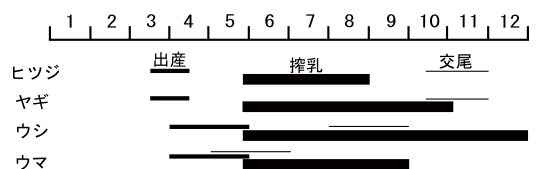


図3 モンゴル国ドンドゴビ県におけるヒツジ、ヤギ、ウシ、ウマの交尾時期、出産時期、搾乳時期

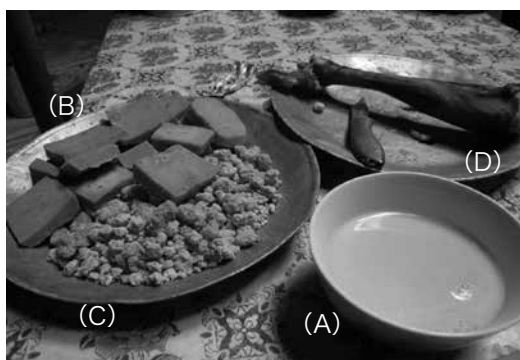


写真2 乳茶のスーティ・チャイ (A)、チーズのアーロール/ホロート (B)、エーズギー (C)、そして、湯がいたヒツジの脚肉 (D)。モンゴル游牧民のおもてなし。乳茶に入れる塩以外、畜産物だけで完結している。



写真3 ヒツジ・ヤギの搾乳。モンゴル游牧民は、ヒツジ・ヤギの首を紐で結びとめてから搾乳することが特徴である。

よってはハシャーを利用しない場合もある。ウシの搾乳の場合、仔ウシが催乳のために利用される。仔ウシにまず哺乳させて、直ぐに仔ウシを乳房から離して、地面に張られたゼル Jel と呼ばれるロープに繋ぎとめる。母ウシの頭部を仔ウシ付近に位置させ、母ウシをゼルに縛ることはない。搾乳者は小椅子に座り、両膝でバケツを抱えて、母ウシの右半身方向から搾乳する。母ウシが搾乳をいやがる場合、後両足を紐で縛り、母ウシの動きを制する。ウマの場合も仔ウマにまず哺乳させてから、搾乳者が母ウマの左半身方向から搾乳する (写真4)。左手は母畜の側方から、右手は後足の間から乳をリズムカ



写真4 ウマの搾乳。仔ウマを催乳に用い、1人が制御、1人がウマの左側から後ろ足を抱きかかえるように乳を搾る。1日5回～10回も搾乳するのがウマの特徴である。

ルに搾りあげる。右膝は地面につき、左膝は立てて中腰になり、バケツを左膝の上に乗せ、両肘でバケツを押さえながら搾乳する。また、搾乳している間、仔ウマを母ウマの頭部付近に留め、チューチューと仔ウマが母ウマから乳を吸い取る音を補助者が発する。ウシの場合は一人でも搾乳できるが、ウマの場合は最低二人が必要となる。ウマの搾乳は日本ではおこなわれておらず、その技法は極めて興味深いので、その動画を「デジタルアーカイブ乳文化に関わる希少情報」http://www.milkculture.com/archive/archive_country.php?area=MN_14に掲載しておいた。興味ある方は是非ご覧下さい。

搾乳回数は、ヒツジとヤギでは毎日、夕方に1回おこなわれるものの、10月ともなると2日に1回の搾乳となる (図4)。ウシは、毎日朝夕に2回ずつおこなわれるが、10月以降は毎日1回の搾乳となる。ウマは、毎日5回～10回、

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ヒツジ												
ヤギ												
ウシ												
ウマ												

図4 モンゴル国ドンドゴビにおけるヒツジ、ヤギ、ウシ、ウマの搾乳時期と搾乳回数

日中に搾乳される。日に何度も搾乳することがウマの特徴である。搾乳量は6月と7月が最も多く、8月から徐々に低下していく。従って、6月から8月にかけて、冬と春のために備蓄しておく保存用の乳製品が盛んにつくられることになる。

なお、交尾はヒツジとヤギのみ、種雄にフグugと呼ばれる前掛けが付けられ、繁殖がコントロールされる。10月中旬から11月にかけてフグを外して交尾をおこなわせ、妊娠5ヶ月後、3月中旬から4月中旬に仔畜が一斉に生まれるようにする。3月中旬より早すぎて出産すると、仔畜が本格的に採食を開始する頃になっても牧野の野生植物が未だ生育しておらず、4月中旬より後に出産してしまうと、仔畜が冬を乗り切れるまで十分に生育せずに厳寒の冬を迎えてしまうため、ヒツジ・ヤギの出産が3月中旬から4月中旬となるように交尾を管理しているという。ウシとウマにおいては、交尾をコントロールはしていない。



写真5 生乳は、加熱しながらすくい落としの工程を経る。加熱後は、一晩静置して、翌日には表面に浮いたクリームを取る。表面いっぱいに泡を立てることが重要とされる。

2. 乳加工体系

乳加工体系についてはヒツジ・ヤギ・ウシとウマとでは大きく異なるため、それぞれ別々に記述する。ウマは乳脂肪と乳タンパク質の含量が低く、乳糖の含量が高いためである。4世帯で共通した乳加工体系を図5に示した。

2-1. ヒツジ・ヤギ・ウシの乳

モンゴルでは、生乳をスー süü と呼ぶ。ヒツジ・ヤギ・ウシの乳の場合、スーに対する最初の加工は脱脂処理となる。スーを大鍋に入れ、糞を燃料として加熱する。スーが沸騰し、ふき上がってくると、柄杓でスーをすくい上げ、頭の高さくらいからスーを大鍋の中に落とし込む(写真5)。この作業を約20回ほど繰り返すと、表面が泡で包まれる。この乳をすくい落とし、泡立てる作業をフルールフ qöörүүлүг と呼ぶ。表面が泡で包まれると、すくい落としを止め、弱火で更に30分から1時間ほど静かに加熱する。この加熱の間に、泡はブツブツと音を立てて潰れていく。かまどの上にスーの入った大鍋をそのまま静置し、次の朝には表面にクリームであるウルム öröm がたまっている(写真6)。

静置は、表面の泡が飛ばされないように、風の無いところを選



写真6 ウルムと呼ばれるクリームをすくい取っているところ(左)とすくい取ったウルム(右)。ウルムは、わずかに乳酸発酵してサワークリームのように、極めて美味である。

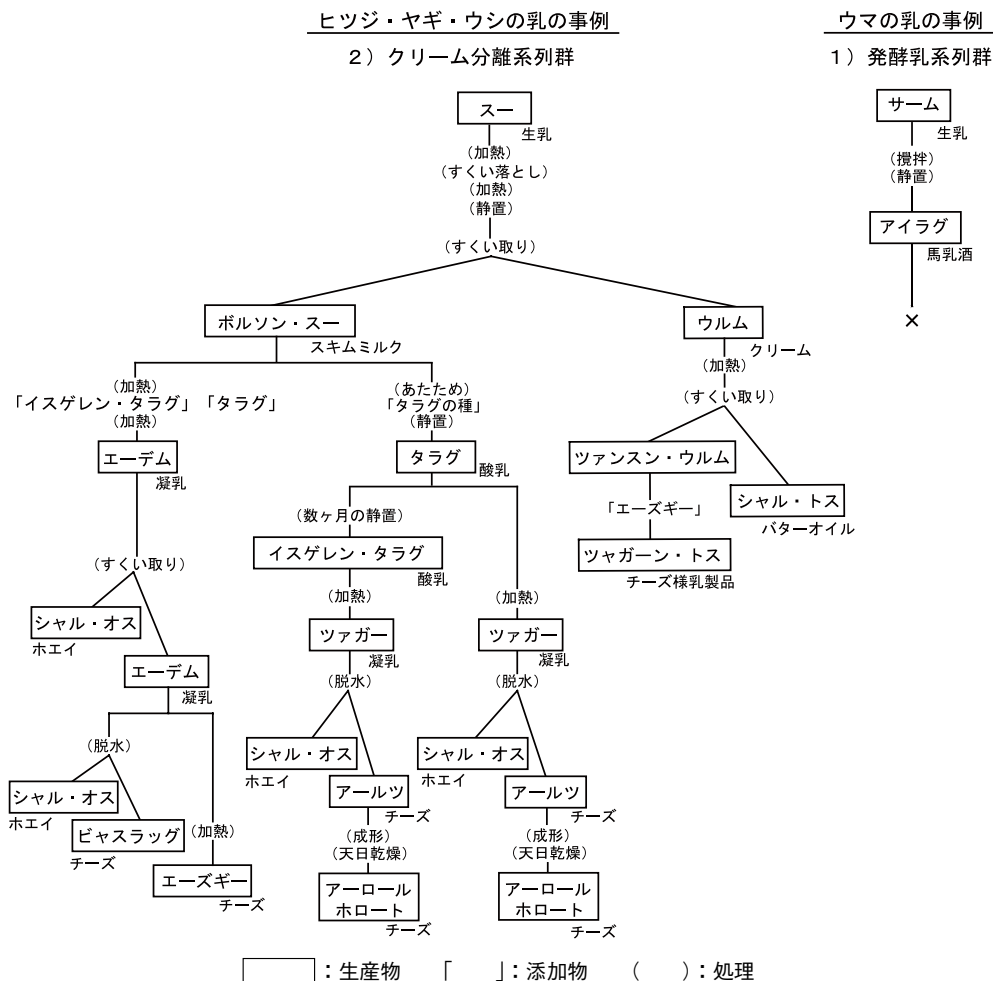


図5 モンゴル国ドンドゴビ県における乳加工体系

ぶという。表面は空気に触れて比較的固い膜状になっており、全体に黄色がかっている。表面の泡が潰れたところは小さくへこんでいる。このウルムをスプーンや手ですくい、皿に取り分ける。モンゴル遊牧民は、クリームを加工するのに、すくい落して乳の表面を泡立てるとは、随分と変わった技術を用いているものである。なお、スーをすくい落とす際、世帯によっては小麦粉をごく少量加える場合がある。小麦粉を加えると、表面にウルムができやすくなるという。また、スーのすくい落としが完了した際に、暖かいスーを飲むこともある。この全乳のスーは、ほのかに甘く、一日の疲労を優しく包み込んでくれる。

就寝前に「スーを飲むか」と聞かれた時は、とても嬉しく感じたものであった。しかし、加熱したスーを飲む量はわずかであり、その大部分は加工へと回される。

モンゴル遊牧民によれば、乳の表面に厚く泡を立てないと、厚いウルムがとれないのだという。その意味するところは不確かであるが、すくい落としにより脂肪球膜を破壊し、乳脂肪を凝集させて、比重の小さい乳脂肪の浮上を促す効果を狙ったものとは考えられる。翌朝に表面が黄色がかっていたのは、この乳脂肪の集合によるものであろう。また、すくい落としの際に加熱したのは、生乳を殺菌するとともに、加熱

により乳タンパク質を変性させ、表面に皮膜を形成させることによりウルムの生成を促進させるためであるとも考えられる。ともかく、モンゴル遊牧民は生乳から厚くしっかりとしたクリームを取り出すことに意識と注意を注いでいる。

ウルムは、円やかな優しい味がし、極めて上等な乳製品である。わずかに乳酸発酵しているので、サワークリームのようなものである。夏にゲル(天幕)を訪問すると、揚げパンであるボーブboowや乳製品の上にウルムが乗せられ、乳茶のスーテー・ツァイとともにもてなされる。ウルムは置いておくと酸っぱくなりすぎたり、フレッシュさが失われてしまったりするので、誠に美味しいウルムに出会い、味わうには、現地に赴くしかない。

ウルムはつくりたてが直ぐに食されるとともに、加熱処理によってバターオイルであるシャル・トス šar tos (黄色い油の意)へと更に加工される。5月下旬から始まる搾乳とともにウルムが取れ始める。ウルムを少量ずつポリタンクや木桶に移しとり、8月下旬頃まで溜めていく。この頃、T世帯では25ℓの容器1つがウルムで一杯になっていた。溜められたウルムは容器の中で乳酸発酵が進み、とても酸っぱくなっている。腐敗した感はない。9月上旬に約3カ月



写真7 クリームのウルムは、夏を通じて少しずつ貯蔵し秋に加熱してバターオイルのシャル・トスへと加工する。シャル・トスは数年の保存が効く。

間溜めたウルムを大鍋にあげ、ウルムのおこげであるホサム qosam をこすぎ取るように大鍋の底から柄杓で常にかき交ぜながら弱火で加熱する。約40分ほど加熱すると、表面に黄色のシャル・トスが浮いてくる(写真7)。シャル・トスは柄杓ですくって小型のアルミ缶に移す。25ℓのウルムでシャル・トスはわずか3ℓほどしが取れない。シャル・トスは常温では個体となり、このままで数年は保存が効くという。シャル・トスは、茶に入れたり、揚げパンにぬりつけたり、料理に用いたりする。とりわけ、乳製品の不足しがちな冬期には貴重な食材となる。既に紹介してきた通り、シリアのアラブ系牧畜民やインドの牧畜民は、酸乳を長時間チャーニングしていったんバターにし、バターを加熱することによりバターオイルを得ていた。モンゴル遊牧民の場合、わずかのすくい落としとただ静置するだけで、クリームとして乳脂肪の分画を成し遂げている。バターオイルを加工するために、モンゴル遊牧民を含む北方の人びとはなんとも少労な技法を生み出したものである。人は、より簡便な工程となるように技術を進展させていくものである。日本ではクリームを直接加熱してバターオイルを加工することはないが、バターオイル加工を考えておられる読者はモンゴル遊牧民の乳加工技術はたいへん参照になるであらう。

シャル・トスを取った後の残りの部分をツァンスン・ウルム čansan öröm (煮たウルムの意)と呼ぶ。世帯によっては単にウルムとも呼ぶ。ツァンスン・ウルムを大鍋の中で1時間ほど放置して冷ましてから、以下で説明するエーズギー eejgiy を加えて全体をよく混ぜ合わせる。ここでできた乳製品がツァガン・トス čagaan tos である(写真8)。ツァガン・トスは直訳で「白い油」を意味する。ツァガン・トスはヒツジやヤギの第一胃であるグゼー güjee に内部に空気が残らないようにたっぷり



写真8 ウルムを加熱し、バターオイルであるシャル・トスをすくい取った後に、右手に見えるエーズギーと呼ばれるチーズと混ぜて、ツァガン・トスに加工する。ツァガン・トスは冬期の貴重な食料となる。エーズギーはホエイとともに加熱濃縮したため乳糖が多量に含有しており、キャラメル色を呈している。

と詰め込み、最後に開口部を紐で結ぶ。ベッドの下などに置いて、日陰で乾燥を促す。ツァガン・トスは小便のような強烈な臭いがし、就寝するのに苦労したことを覚えている。モンゴル遊牧民と一緒に生活するのは、なかなか簡単ではない。こんなツァガン・トスではあるが、保存が効き、日陰に静置しておき、冬と春の貴重な食料となる。世帯によってはエーズギーを入れずにツァンスン・ウルムをそのままグゼーに詰め込んでツァガン・トスにもする。また、ウルムを直接グゼーに詰め込んでツァガン・トスとする場合もある。乳脂肪分であるシャル・トスを取り除いた残りが「白い油」と呼ばれる理由は、1) ツァンスン・ウルムの上にうっすらとシャル・トスが残る、表面が油ぎっている、2) もともとはクリームのウルムであったため、感覚的に「油」と同一視する、3) 食感は、乳酸発酵が進んだクリームを利用しているためにとても酸っぱいものの、残存する乳脂肪分のためにこってりとしていることなどによる。モンゴル遊牧民は、乳製品をできるだけ利用しようと工夫しており、無駄に捨てることはしない。

一方、ウルムを取り去った後の脱脂乳のことをボルソン・スー *bolson süü* (煮た乳の意) という。ボルソン・スーは毎日飲用される乳茶のスターター・ツァイに利用される。ボルソン・スーをそのまま飲むことはまずない。一方、ボルソン・スーからの加工は、酸乳へと加工する系列と酸乳添加により乳タンパク質を凝固させる系列との二つに大きく別れる。まず、酸乳にする系列は、ボルソン・スーを弱火で人肌くらいまで温め、スターターであるフルング *qürüngu* をボルソン・スーで溶いてから少量加える。フルングは、モンゴル語で「酵母、種子」の意味を有し、前回の残り分の酸乳を用いる。柄杓ですくい落としを約30回おこなってよく混ぜ合わせてから、温度が冷めないように鍋全体を布で包み込んで静置させる。鍋を揺らすと、乳全体がプルプルした弾力感を示せば酸乳であるタラグ *tarag* のできあがりとなる。2001年8月27日の事例では、静置に約4時間を要した。発酵に要する時間は、暑い時期で約3時間、涼しい時期で約5時間程度という。対象地域のドンドゴビ県ではタラグを頻繁に食している。朝よりも就寝前によく食べている。砂糖などをかける場合もある。モンゴルでは、タラグを食べるのではなく、「飲む」という。酸っぱさと甘さとが調和し、どこまでも続く草原の中で食べるタラグはなかなか美味しい。

タラグからの加工は、加熱による乳タンパク質の凝固によっている。タラグを約1時間ほど加熱し、乳タンパク質を変性させる。約1時間ほど加熱したタラグはどろっとしており、これをツァガー *čagaa* と呼ぶ。ツァガーはそのまま食されることはない。ツァガーを布に入れて脱水させる(写真9)。布の内部に残る固形分をアールツ *aarč*、布から排出したホエイをシャル・オス *šar os* (黄色い水の意) と呼ぶ。アールツはできたてを、砂糖と混ぜて食べたりする。ほとんどのアールツは保存用のチーズへと更に加



写真9 酸乳のタラグを加熱凝固させ、布に入れて脱水させて、アールツと呼ばれるチーズへと加工する。

工される。アールツを紐で薄く切り分けて成形し(写真10)、天日乾燥を進めてアールロール/ホロート qorood と呼ばれる保存用チーズにする。ドンドゴビ県サインツァガーン郡・デレン郡では、シャル・オスを更に加工することはない。家畜に与えたり、お腹の調子の悪い際に薬的に飲用したりする。また、タラグが数日経過して苦くなったり、数カ月間静置して乳酸発酵を進めたイスゲレン・タラグ isgelen tarag(酸っぱい酸乳タラグの意)を加熱してツァガーへと加工する場合もある。イスゲレン・タラグをホールモッグ qoormog と呼ぶ場合もある。ツァガー以降のアールロール/ホロートまでの乳加工は上記と同様である。ただし、タラグからできたアールロール/ホロートは酸っぱくはないが、イスゲレン・タラグからのアールロール/ホロートはとても酸っぱいものとなる。アールロール/ホロートは、お世辞にも美味しいと言えないチーズである。日本では、とうていウケないだろう。

ボルソン・スーからのもう一つの系列であ

る酸乳添加によるチーズ加工は、ボルソン・スーにイスゲレン・タラグ、もしくは、タラグを入れて乳タンパク質を等電点凝固させる。更に10分ほど加熱し乳タンパク質を変性させて凝固を促す。ボルソン・スーに加える酸乳の量は、ボルソン・スー10ℓに対しイスゲレン・タラグは柄杓1杯、タラグの場合は1ℓぐらいを加える。これらの凝固剤としての酸乳の添加量は少なければ少ない方が、できた乳製品は美味しくなるという。この乳タンパク質が凝固したものをエーデム eedem という。表面にたまったホエイを柄杓ですくい取り、エーデムを更に強火で約2時間ほど加熱して濃縮したものをエーズギー呼ぶ(写真2-c, 8の右側の乳製品)。エーズギーは天日で乾燥を進め、石の様に固くして保存用チーズにする。エーズギーはホエイとともに加熱濃縮したため乳糖が多量に含有している。そのため、焦げた乳糖によりエーズギーはキャラメル色を呈している。乳糖を利用した面白いチーズである。日本では同様なチーズはまだあるまい。ただ、味は美味しいというものではない。また、エーデムができたなら直ぐに火を止め、エーデムを布に入れ、加圧・脱水してビヤスラッグ byaslag と呼ばれるチーズもつくる。ビヤスラッグは水分含量が高いために日持ちはしない。ビヤスラッグを長期にわたり保存するには、ビヤスラッグを薄く切り分けてから天日



写真10 脱水して得たアールツは、糸で細く切り分けた後(左)、天日で乾燥させて(右)、アールロール/ホロートと呼ばれるチーズへと加工する。アールロール/ホロートは長期保存が可能となる。

乾燥させる。

このように、モンゴル遊牧民は、燃料としての家畜の糞、大鍋、柄杓、保存用容器だけで、クリーム、バターオイル、酸乳、数種類のチーズを製造し、乳から脂肪分とタンパク質を分画・保存していることになる。おそるべし、モンゴル遊牧民の乳加工技術である。

2-2. ウマの乳

ドンドゴビ県では、ウマの生乳は特別にサーム saam と呼び、ヒツジ・ヤギ・ウシの乳のスムとは区別して呼んでいる。サームは専らアイラグと呼ばれる馬乳酒つくりのみに用いられる。搾りたてのサームは温かいため、搾り受けたバケツの中でそのまま1時間ほど放置して冷めるのをまつ。冷めたなら、今日搾った分のサームを溜める容器に移し入れる。夕方、フフル ququur と呼ばれる皮袋に今日搾った分のサームを入れ、ブルール buluur と呼ばれる攪拌棒で上下に攪拌をおこなう（写真 11）。フフルには少量の馬乳酒を残しておきスターターとする。フフルにサームを入れる際、多量のアイラグが未だ残っているならば、アイラグを別の容器に取り別けておく。攪拌の回数は2000回～3000回くらいである。サームはフフルの中で攪拌・静置され、翌朝にはわずかに酸味を呈するアイラグとなっている。時間が経つに従って酸味が増す。アイラグは、たいていはその日の内に消費される。アイラグはアルコール度数1%ほどしかないが、酒である以上、飲み続けていると高揚してくる。モンゴル遊牧民は、馬乳を搾れる間は、このアイラグを友や客人、家族と朝から一日中飲み続け、



写真 11 馬乳酒のアイラグをつくっているところ。ウマ乳のサームをフフルと呼ばれる皮袋に入れ、ブルールと呼ばれる攪拌棒で上下に何千回と攪拌する。その後、一晩静置すれば、翌朝には馬乳酒となっている。

共に喜び笑い、短い夏の恵みを享受する。なんとも羨ましいモンゴル遊牧民の夏の楽しみだ。

おわりに

モンゴルといっても広大である。面積は156.4万 km²と日本の4.1倍、東西に約2400kmもある。冒頭でも指摘した通り、地域毎の民族集団によって、乳加工体系も多様に変化している。幸いなことに、これらの多様なモンゴルの乳加工技術と乳製品については、これまでに多くのモンゴルや日本の研究者によって既に調査研究されてきている。ここに主な参考文献を挙げておくので、モンゴルの乳文化について更に理解を深めたい読者は是非参照されたい。資料の入手が難しい場合は、ご連絡下さい。

【モンゴル関係の参考文献リスト】

- 1) 足立達, 2002.「中央アジアの伝統的乳製品」『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, 829-882 頁.
- 2) 梅棹忠夫, 1950.「乳をめぐるモンゴルの生態 (I) —序論, および乳しほりの対象となる家畜の種類について」『自然と文化』I: 187-214.
- 3) 梅棹忠夫, 1951.「乳をめぐるモンゴルの生態 (II) —乳のしほり方, およびそれと放牧との関係」『自然と文化』II: 119-172.
- 4) 梅棹忠夫, 1952.「モンゴルの飲みものについて」ユーラシア学会編『遊牧民族の社会と文化—ユーラシア学会研究報告』(「自然と文化」別編), 177-200 頁.
- 5) 梅棹忠夫, 1955.「モンゴルの乳製品とその製造法—乳をめぐるモンゴルの生態 (III)」ユーラシア学会編『内陸アジアの研究—ヘディン博士記念号 (ユーラシア学会研究報告)』3: 217-296.
- 6) 石毛直道編著, 1997.『モンゴルの白いご馳走』チクマ秀版社.
- 7) 石井智美, 1997.「馬乳酒をめぐる記述に関する文献的研究」『民族学研究』62 (1): 33-43.
- 8) 石井智美, 2001.「モンゴル国の伝統的な発酵乳製品に関する微生物学的検討 (ハルハとブリヤートの比較から)」『Milk Science』50 (1): 25-30.
- 9) 柏原孝久, 浜田純一, 1919.『蒙古地誌 (下巻)』富山房.
- 10) 越智猛夫, 1990.「モンゴルの乳利用とその用語について」『日本モンゴル学会紀要』21: 97-108.
- 11) 越智猛夫, 1997.『乳酒の研究』八坂書房.
- 12) 小長谷有紀, 1992.「モンゴルの乳製品」雪印乳業株式会社健康生活研究所編『乳利用の民族誌』中央法規出版株式会社, 218-251 頁.
- 13) 小長谷有紀, 1997.「乳を食すモンゴルの人々—乳加工体系にみる内在的論理—」『岩波講座文化人類学第3巻「もの」の人間世界』岩波書店, 165-204 頁.
- 14) 田中克彦, 1977.「モンゴルにおける乳製品を表す語彙について」『一橋論叢』77 (3): 279-300.
- 15) 中江利孝, 1976.「モンゴルの乳と乳製品について」『日本モンゴル学会会報』8: 23-29.
- 16) 利光有紀, 1984.「モンゴルにおける乳製品の製法体系」『季刊人類学』15 (3): 216-267.
- 17) 日野千草, 1998.「モンゴル国中央部における乳加工—中央県ブレン郡における事例をととして」『エコソフィア』1: 112-128.
- 18) 平田昌弘, 2008.「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』はる書房社, 174-197 頁.
- 19) 平田昌弘, 2004.「モンゴル国ドンドゴビ県サインツァガン郡・デレン郡における乳加工体系」『沙漠研究』12 (1): 1-11.
- 20) 平田昌弘, 2009.「中国内モンゴル自治区通遼市における現在の乳加工体系—定住したモンゴル農牧民世帯と漢族世帯の事例を通して—」『食品工学』52 (21): 38-46.
- 21) 平田昌弘, 2010.「北アジアにおける乳加工体系の地域多様性分析と発達史論」『文化人類学』75 (3): 395-416.
- 22) 平田昌弘, 内田健治, 元島英雅, ダムディン バトムフ, 2007.「モンゴル国中央部における乳加工体系—トゥブ県・アルハンガイ県・ウブスハンガイ県での事例を通じて—」『Milk Science』56 (1): 9-19.
- 23) 満鉄社長室調査課編, 1923.「満蒙における畜産製造品」『満蒙全書 第3巻』満鉄調査部, 799-849 頁.
- 24) 三秋尚, 1996.「モンゴル, ゴビ地域の遊牧民—母と娘の夏の一日」国立民族学博物館監修『季刊民族学』千里文化財団, 76: 105-113.
- 25) 水谷潤, 斉藤芳男, 渡部恂子, 高野俊明, 有賀秀子, 1997.「中華人民共和国内蒙古自治区における伝統的乳製品の製造法と乳利用体系」『Milk Science』46 (3): 193-200.
- 26) 山崎正史, 1997.『モンゴル国ゴビ地域における遊牧技術体系に関する研究』京都大学大学院農学研究科博士論文.
- 27) Badamkhantan S., 1996. *Oyradin Ugsaatni üy, 19-20 uuni aag Üye, Mongol Ulsin Ugsaatni uy 2 Bot, Suqbaatar*

company, Ulaanbaatar (キリル文字によるモンゴル語).

- 28) Badamkhantan S., 1996. *Mongol, Türeeq, Qamingan, Owogtoni Ugsaatni üy, 19-20 uuni aag Üye, Mongol Ulsin Ugsaatni uy 3 Bot*, Suqbaatar kompany, Ulaanbaatar (キリル文字によるモンゴル語).
- 29) 尾畔鯉晚責, 1990.『上蒙古風俗崗』内蒙古人民出版社 (ウイグル式文字によるモンゴル語).
- 30) 追晚釐, 唾性直帽, 1994.『抵性蒙風俗崗』内蒙古人民出版社 (ウイグル式文字によるモンゴル語).
- 31) 苏, 查干, 1991.『苏尼特風俗志』内蒙古人民出版社 (ウイグル式文字によるモンゴル語).
- 32) 追, 右咄斎喜格, 1994.『巴林風俗崗』内蒙古人民出版社 (ウイグル式文字によるモンゴル語).
- 33) 富東嘎拉, 阿木尔门德, 1992.『马珠穆沁風俗誌』内蒙古人民出版社 (ウイグル式文字によるモンゴル語).
- 34) 納巴生, 1990.『寮性蒙風俗誌』内蒙古人民出版社 (ウイグル式文字によるモンゴル語).
- 35) デジタルアーカイブ乳文化に関わる希少情報

http://www.milkculture.com/archive/archive_country.php?area=MN_14

注) 本稿は、2004 年に『沙漠研究』誌に発表した「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」をもとに大幅に書き改めたものである。



愛馬に乗るモンゴル遊牧民。モンゴル遊牧民にとってウマは、機動力であり、肉やミルクを提供してくれる動物だ。今日もまた、広大なモンゴルの乾燥地帯でモンゴル遊牧民はウマに乗ってヒツジの群を追っていることだろう。

築地市場魚貝辞典（アユ）

初夏の築地。今年は夏場の電力不足が懸念されているが、魚の仲卸店舗には、もともと冷房設備がない。氷で冷やされた鮮魚や、活魚が泳ぐ水槽は涼しげであるが、やはり暑いときは暑い。仲卸の中には何軒か淡水魚専門の店がある。話をうかがうと、海の魚に比べて需要が少ないとのことであった。店先を見ると、案外いろいろな川魚を見ることができるのであるが、やはりメインはウナギである。天然物もちろん店先にあるが、養殖物がコンスタントに入荷するので、冬場でもウナギが見えないときはない。しかし、季節が強く入荷する時期を左右している川魚がある。アユである。養殖ものもあるアユであるが、冬場には、ほとんど見かけなくなる。その清楚な姿は、生活史とあいまって、夏の魚である。今回は、アユを紹介する。



アユ

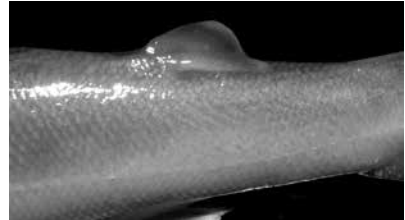
—分類—

アユを分類学的に表すと、キュウリウオ目アユ科アユ属アユとなる。硬い骨を持つ魚（硬骨魚類）の1グループであるキュウリウオ目に含まれる魚は、アユのほか、ワカサギやシシャモなど多くはない。体はやや細長く、大きくなる魚はいない。また、ほとんどの仲間は背びれの後ろに小さな脂びれを持っていることなどが特徴である。アユ科は、ワカサギやシシャモが含まれるキュウリウオ科に近い。ケイ藻を食べるための特殊化した歯を持っていることなどのほかは、キュウリウオ科とあまり違いがないので、アユを独立したグループとせず、キュウリウオ科に含める研究者もいる。アユ科に含まれるのはアユ1種だけである。種の下グループ分けである亜種には、リュウキュウアユがいる。近年、中国のアユも別亜種とする研究があるようである。このアユを世界の学会に知らせたのが、江戸時代の終わりに長崎に滞在し

たシーボルトである。シーボルトは、日本の品物を多く集めてオランダに送っていたが、生物の標本も精力的に集めていた。その中にアユもあった。シーボルトの送った標本に基づいて研究した学者（テミンクとシュレーゲル）は、アユを新種として世界に公表したのである。

一形態一

体は一般的な魚らしい形で、やや細長く、その断面は左右から押したようにいくぶん平たくなっている。目立つのは大きな背びれと口元であろう。背びれは背中中央付近に1つあり、鰭条(きじょう；鰭すじ)が長いので大きく見える。



脂鰭

また硬い棘(とげ)がないので、しなやかである。大きな背びれの後ろには小さな脂びれがある。口元は、鼻先が唇より前に突き出た独特の形をしている。口を開くと上下の顎(あご)に細かな櫛の歯状の歯が列を作って並んでいる。これは岩に付いたケイ藻をこの歯で削り取って食べるための、アユ特有のものである。鱗は細かく、体の表面は滑らかである。

体色は、背中側が淡い緑色、腹側は白い。鰓蓋の後ろに黄色い長い楕円形の斑紋がある。繁殖期には体全体が黒ずむ。これをさびアユと呼ぶ。ふつう体長15cmぐらいであるが、30cmまで成長するものもある。

一生態一

北海道西部から九州、朝鮮半島からベトナム北部までに分布する。奄美大島と沖縄本島には亜種のリュウキュウアユが分布する。河川の中流付近にある流れの速い浅瀬にすむ。主に川底の石に付く珪藻(けいそう；微細な藻)を、独特な形をした歯で削り取るようにして食べるほか、昆虫なども食べる。産卵期は北日本では8月下旬から9月、南に行くほど遅くなり、10月から12月に及ぶ。中流から下流にある川底の砂利の間に産卵



リュウキュウアユ



独特な形の歯

する。産卵後は、ほとんどの個体が死んでしまう。

1月から2月の冬の間、潮の干満の差が大きくなる大潮は夜間の下げ幅が大きくなる。ふだん海の底である場所まで潮が引いてしまうので、冷たい海に潜らなくても磯の生物を観察できる絶好のチャンスである。凍てつく真冬の夜の海は、行く決心をするまでが大変であるが、行けば何かしら発見があるので楽しみでもある。波のない海面を懐中電灯で照らすと、透き通った水の中にさまざまな生物が見えてくる。そんなとき水面近くを泳ぐ、透き通った細長い小魚が目につく。はじめは、イワシ類の稚魚、いわゆるシラスかと思っていたが、網ですくってみると、脂鱭がある。アユの稚魚である。ふ化したアユの稚魚は海へ下り、冬の間、餌を取りながら沿岸で過ごすのである。



はみ跡



群れる若アユ

3月から5月になり河川の水温が上がってくると、体長7～8cmに成長した稚魚は川に上がるようになる。一時期、汚染が進んでアユが見られなくなった東京の多摩川でも、水質の改善が進み、小さなアユの群れが、堤を飛び越えながら上流を目指す姿を見るようになった。中流の流れの速い浅瀬にたどり着くと、やがて単独で縄張りを作るようになる。これは、餌となるケイ藻を確保するために必要な広さを確保するためである。水槽の中で飼っていても、少ない数だと縄張り意識が芽生えて争いが絶えないが、たくさんのアユを入れておくと縄張り作りをあきらめて群れている。ふつう寿命は1年であるが、産卵後も生き残り、越冬する個体もいる。琵琶湖では、海へは下らず湖を海の代わりとして生活している。中には川に上らず、湖で生涯を終えるものもいる。このようなアユは大きくならず、コアユと呼ばれる。

一漁業一

アユの漁法というとは、まず思い浮かべるのが友釣りである。餌を使わず、四（おとり）に使うアユを牛の鼻輪のような金具で固定し、すぐ後ろに釣り針を垂らす。自分の縄張りを侵されたアユが、侵入したアユを追いかけておとすとき、この針に引っかかるという仕組みである。長め

の竿を操り、うまく縄張りを持つアユに近づけなければならないのだが、これがなかなかうまくいかない。そのうち囀のアユも疲れてきて、囀にならなくなってしまう。技術のいる釣りだと思った。

友釣りのほかにも、さまざまな漁法が工夫されている。網で川を仕切り、その中のアユを鉤状の針で引っ掛けて捕る引っ掛け漁。川を仕切った網に縄や竿でアユを追い込む追い込み漁。飼いならした鵜(ウ。主にウミウ)捕らせる鵜飼。浅瀬の群れに上から網をかぶせる投網(とあみ)。スノコで川を仕切り、川を下るアユを捕る梁(やな)など。川にすむ魚で、これほど多様な漁法があるのも、アユと人とのかわりが深かったことを示すものであろう。

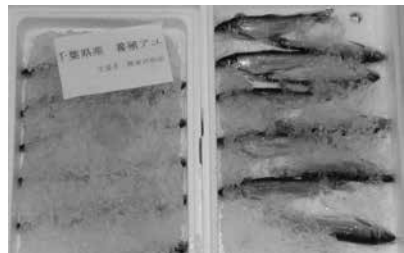
天然のアユ以上に流通していると思われるのが養殖アユである。成長が早いので、いろいろなサイズのアユが出荷されている。以前は、養殖アユというと脂がくどかったり、配合飼料の味がする、といったこともあったが、餌や飼育方法の改善により天然のアユに近いものも見られるようになっている。

朝鮮半島からベトナム付近まで分布しているので、輸入も考えられるが、今のところ中国産のサンプルをただけで、定期的な入荷はないものと思われる。

築地市場には、鮮魚または活魚で入荷する。夏が近づいてくると、



天然アユ



養殖アユ



活魚



子持ちアユ

仲卸店舗にアユの入った水槽がおかれ、いかにも涼しげである。実際に入荷するのは、活魚よりも鮮魚の方が多い。日本各地から入荷するが、滋賀県や徳島県、岐阜県、和歌山県といった大きな川や湖のある地方からの入荷が多い。3月ごろには、早くも小ぶりのアユが並び始める。5月から8月にかけての入荷が多く、10月から2月にかけては極めて少ない。これは、アユが1年魚であることの証でもある。ただ、養殖アユでは生産時期をずらすことも出来るので、季節はずれのアユが出回ることもある。アユの成熟は、日照時間が強く影響しているので、養殖場で照明を点けておくと秋になっても成熟せず、冬場に出荷できる。天然物に近いアユの登場で、見極めも困難になってきている。以前は、養殖のアユといえばずんぐりと太り、ヒレは丸まり、体色もくすんだ感じで、一目で養殖ものとわかった。ところが、最近の“天然仕上げ”の養殖ものは、体はスマートで、ヒレも長くピンとしており、体側面の斑紋まではっきりしている。仲卸の方にうかがうと、臀鰭（しりびれ）を縁取る赤い色の濃さやらなにかで、区別できると言っていたが、一目での識別は難しかった。

一利用一

さすがに川魚の王様である。古くから親しまれてきたので、調理法も多い。シンプルな塩焼き、味噌を塗って焼いた田楽、寿司、刺身を冷水にさらした洗い、ご飯といっしょに炊き込んだアユご飯、アユ素麺、甘辛く煮付けた甘露煮、天ぷら、干物などなど。稚魚は釜茹でや佃煮にもされる。内臓を使った「うるか」は、高級珍味として名高い。

日本最長の川として知られる最上川。山形県を車で行くと、最上川沿いに何軒もアユを食べさせる店が並んでいる。急ぐ旅でもなかったもので、車を止めて塩焼きを頼んだ。焼きたてのアユの塩焼きは、シンプルそのものであったが、焼けた皮は香ばしく、身はかすかに川の香りがしておいしかった。アユの塩焼きは、夏休みで滞在した愛知県の山中でよく出されていたのであるが、そのときはカツ丼の方が何十倍も美味しいと思っていた。もったいない話である。さらに子供の頃、家の近くに関西の箱寿司を売っている店があった。白身の魚やエビ、厚焼き玉子などをモザイクのように並べて押しをした寿司は、見た目にも美しいが、子供には上品過ぎてなじめなかった。その店のショーケースに、夏になるとアユを形のまま握った姿寿司が並んだ。腹開きにして酢でメタアユを酢飯で握ったものであったが、これだけは気に入っていて、夏の楽しみの一つであった。最近では、このアユの姿寿司を見る機会がない。

アユの産卵期は秋である。水温が上がり、産卵期を前にして餌をたくさん食べている夏が旬である。水のきれいな川にすみ、姿も清楚なアユは、イメージ的にも夏の魚である。

ーエピソードー アユの名前の由来が話題になることがある。産卵のために川を下るので、下るを意味する古い言葉の「あゆる」に由来するとか、「あ」は小さい、「ゆ」は白いを意味することから付けられたなど、いくつかの説がある。今日のように、誰々が、これこれという意味合いで、こういう名前にした、などと書かれたものがあるわけではないので、その原点にたどり着くことは難しい。これほど古くから日本人に親しまれてきたアユのことであるから、誰かがこういう名前にするぞ、と宣言する前に、自然発生的に呼ばれていたと考えるのが自然かと思う。アユを漢字で書くと鮎となるが、これは神功皇后の出征を占う故事に由来するという話が有名であるが、これも事実をよくわからない。中国でナマズを意味する鮎を、日本へ導入するときに取り違えたのではないか、なんてことも考えてしまう。

5月も終わりに近いある日、震災で大きな被害を出した陸前高田市を流れる気仙川を、たくさんのアユが上ってくる光景をテレビのニュースで見た。三陸の海の中も津波による影響は大きかったと思われるが、海にいたアユたちは津波を乗り切り、例年通り川に上ってきた。被災地復興に、一筋の光を見るような気がした。

文 献

- 1) 川那部浩哉・水野信彦（編・監）：山溪カラー名鑑 日本の淡水魚，山と溪谷社
- 2) 高橋勇夫・東 健作：ここまでわかったアユの本，築地書館（2006）
- 3) 仲坊徹次（編）：日本産魚類検索 全種の同定 第2版，東海大学出版会（2001）
- 4) 宮地伝三郎：アユの話，岩波書店（1960）



“薬膳”の知恵 (59)

Key Words： 薬膳 ■ 食養生 ■ 慢性疲労 ■ 食養生

荒 勝俊*

『最近疲れがなかなか取れないの…』といった会話が日常茶飯事になってきた。中医学では、“疲れ”とは体の隅々まで巡っている「気」という生命エネルギーが消費される事で現れると考えている。「気」は人間のすべての生理機能を指すが、「気」は体内に取り込まれた栄養物（精微）が変化したものであり、「気」に変わる為の栄養物質の過剰な消費が原因となる。特に、過度の運動等による肉体疲労は比較的早く気がつくが、精神活動も同様に体力を消耗している事にはあまり注意が払われていない。中医学では感情を「喜, 怒, 憂, 思, 悲, 恐, 驚」の七つに分類（七情）している。これらの情動が過剰になったりすると疲労が発生し、次第に回復不能となる。不規則な食事や不摂生な生活、過度の性生活、長期にわたる病気や病後の不養生も「疲労」の原因になる。

こうした“疲労”の予防は、“疲れ”をためないことである。初期の段階で“疲労”を回復させて、深い病にまで進展させない事が重要である。休養を十分に取り、気分転換をすると同

時に日々の食生活の改善が重要となる。

中医学では人体を一つの有機的統一体と考え、人体の構成要素である気・血・津液の状態をこれまで延べてきた診断法にて診断し、そのバランスを改善させる事でその人が本来もっている臓器の機能を回復させ、身体の内を整え、新陳代謝を改善し、臓腑に多くの栄養を供給する事で気・血を充実させ、疲労を回復させて健康を維持できると考えている。こうした中医学の基礎概念である陰陽五行学説に基づき、健康管理や病気治療のために食材の持つ様々な機能を組み合わせて作った食養生が“薬膳”なのである。薬膳を日常生活の中に取り入れる事で、疲労を溜め込まない生活を送る事が肝要と考える。



1. 慢性疲労とは



最近、現代病の一つとして慢性疲労症候群が知られている。慢性疲労症候群は、これまで健

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

康に生活していた人が原因不明の強い全身倦怠感、微熱、脱力感、頭痛、思考力の低下、抑鬱等の精神神経症状などが起こり、長期にわたり健全な社会生活が送れなくなるといった状態を指す。

中医学では、“慢性疲労”を消化機能の低下による気・血の不足と考え、中薬を用いての治療が行われている。中医学における“慢性疲労”の生活素因として、特に①過度の性生活、②過労、③飲食起居（偏食、飲食不節、暴飲暴食、飲酒過度、不規則な生活）、があげられている。特に、肉体疲労に関しては【黄帝内経 素問・宣明五氣篇】において“久視傷血、久臥傷気、久坐傷肉、久立傷骨、久行傷筋”と述べられており、久視、久臥、久坐、久立、久行などの活動が傷血、傷気、傷肉、傷骨、傷筋などの肉体疲労の症状を引き起こし、更に五臓六腑の精気不足を引き起こすと考える。精神疲労に関しては、【黄帝内経 素問・陰陽応象大論篇】において“怒傷肝、喜傷心、思傷脾、憂傷肺、恐傷腎”と述べられており、精神情緒が内臓への悪影響を引き起こす事が記述されている。



2. 慢性疲労と食養生



中医学の立場からみると、先にも述べたが慢性疲労は五臓六腑の精気が様々な原因で消耗されて虚損になり現れた症状と表現されている。

2-1. 脾虚利湿証

“脾は後天の元であり、気血を生化し、四肢を主る”と言われており、慢性疲労は脾気虚と関係がもっとも深いと言われている。

脾気虚は「清陽不升 濁陰不降」という病態を起こし、瘀血や痰飲などが体にたまり病状が悪化すると腎に影響が及び治りにくくなる（久病及腎）。症状としては、食欲が無い、胃腸が脹る、体が重くけだるい、手足・顔・日に浮腫み、

口の粘り、大便がゆるい、などが有り、舌質は淡で舌苔が薄く、脈は濡を示す。中医学では「久病挟瘀」「痰成怪病」と呼び、治療としては脾気を補い清気を上昇させる事に加えて、病状に合わせて腎精を補い、瘀血や痰飲を除く手法がとられる。一般的にはお腹を改善し気を高める効果の有る“補中益気湯（医王湯）”が良く使用されている。

脾気を補う人參、黄耆、白朮、炙甘草などと、気を上昇させる柴胡、升麻などが基本となっている。瘀血があるときは丹參、当歸、桃仁、紅花などを、痰飲があるときは半夏、茯苓、陳皮などが併用されるが、注意すべきことは自己判断で「慢性疲労症候群」と即断して薬店などで薬を買い求めないことである。証に合わなければ、かえって症状を悪化させることになるので、自分の証に合った処方漢方医に処方してもらう事が重要である。

食材としては、健脾作用（脾の機能を回復）の有るはと麦、あわ、山芋、棗、ライチといった食材や利水作用（体の余分な水分を取り去る）のある西瓜、白菜、冬瓜、赤小豆、トウモロコシ、鴨肉、といった食材を選ぶ。

2-2. 気血両虚証

先天的なものや、病後、長引く病気などによって、気血が不足した状態による疲労を指す。症状としては、顔色が青白い、唇の色が薄い、眩暈、動悸、月経量が少ない、などを呈し、舌質は淡、脈拍は無力である。

食材としては、気と共に血を補う食材を選ぶ。補気の食材としては、うるち米、もち米、あわ、大麦、山芋、棗、椎茸、鶏肉、牛肉、兎肉、補血の食材としては人參、ライチ、竜眼肉、松の実、白キクラゲ、棗、豚肉、羊肉、牛レバー、羊レバー、スッポン、ナマコ、などが用いられる。

2-3. 暑熱傷気証

暑さや熱の邪気により、特に汗と共に気が損なわれる事で起こる疲労を指す。症状としては、

脾虚利湿証の食材	気血両虚証の食材	暑熱傷気証の食材
【健脾の食材】  はと麦  山芋  ライチ  棗	【補気の食材】  梗米・糯米  山芋  大麦  棗  椎茸  鶏肉	 西瓜  赤小豆  緑茶
【利湿の食材】  西瓜  白菜  冬瓜  トウモロコシ  鴨肉  赤小豆	【補血の食材】  人参  ライチ  白キクラゲ  羊肉  牛のレバー  羊のレバー  棗  ナマコ  スッポン	

図1 慢性疲労の食養生

呼吸が浅い、言葉に力が無い、体が熱い、イライラする、喉が渇く、体が重くけだるい症状、などを呈する。脈は虚数を示す。

食材は、熱を冷まし、気も補う食材を合わせて用いる。湿が有る場合は利湿作用のある食材も用いる。清熱解暑の作用を有する食材としては、西瓜、緑豆、赤小豆、緑茶などが用いられる。



3. 慢性疲労と食養茶



烏龍茶を代表とする半醗酵茶の“青茶”は、神経系統を刺激するので、疲労回復、眠け覚ましに効果を有する。また、降血压作用、血中コレステロールの抑制作用、心臓病予防作用なども報告されている。

今回は夏バテ疲労回復で知られる“鰻”を題材にした落語を紹介する。

『鰻の幫間』（うなぎのたいこ）は古典落語の演目の一つ。作者不詳の落とし話で、いわゆる幫間ものに分類される。明治中期ごろから初代柳家小せんが得意にし、その後5代目古今亭志ん生、8代目三笑亭可楽、6代目三遊亭圓生、8代目桂文楽などが持ちネタとしていた。

主人公は野幫間（のだいこ）の一八。野幫間とは特定の旦那を持たずに、お金を持ってそうなる旦那衆に手当たり次第に近づき「よいしょ」しまくりご祝儀を頂く幫間のこと。

鰻：鰻が初めて食材として登場したとされる文献は、奈良時代にまで遡り、万葉集の中で大伴家持が読んだ「石麻呂に吾もの申す夏やせに

よしといふ物そむなぎ（昔は“鰻”の事を“むなぎ”と呼んでいた）取り食せ」だと言われている。この歌は、家持が友人の石麻呂に対して「夏痩せには鰻が良い」と伝えたものだ。しかし、この頃の鰻は料理というよりも薬用的な材料であり、一般的に庶民が料理として食す様になったのは江戸中～後期からである。また、当初は鰻をそのままぶつ切りにして串に刺して焼いたので、その見た様子が「蒲の穂」に似ていた事から“蒲焼”と呼ばれていた。その後、現在のように背（関西は腹）から包丁を入れて尾まで割き、背骨やキモを取り、頭を切落して、蒸したり焼いたりしながらタレなどをかけるなどの調理の末、広く江戸庶民に食べられる様になった。

江戸時代の発明家として有名な平賀源内は、当時人気の無かった鰻屋を繁盛させようとして、店の入口に「本日土用の丑の日」と大書したところ、大変人の目を引き客が集まったという話は有名である。

鰻は非常に栄養豊富な食材で、特にビタミンAは蒲焼き1人前で一日に必要な摂取量の3倍も含まれる。ビタミンB₁、ビタミンB₂、ビタミンD、ビタミンE、DHA、EPAなども豊富で、ミネラル、カルシウム、亜鉛、鉄なども含まれる。

【鰻の幫間】

時は真夏の盛り。

炎天下の街を、陽炎のようにゆらゆらとさまよいながら、金持ちの良い客を取り込もうとする野幫間の一八。

何しろ金の有りそうな旦那はみな、避暑だの湯治だのと江戸を後にしてしまっている。

こうなったら手当たり次第と覚悟を決め、向こうをヒョイと見ると、どこかで見かけたような旦那。俺の顔見てニコニコ笑ろてるが、誰やったかいなあ……？ 太鼓持ちが人の顔覚えてへんちゅうのは、こらいかんがな。浴衣着て手拭

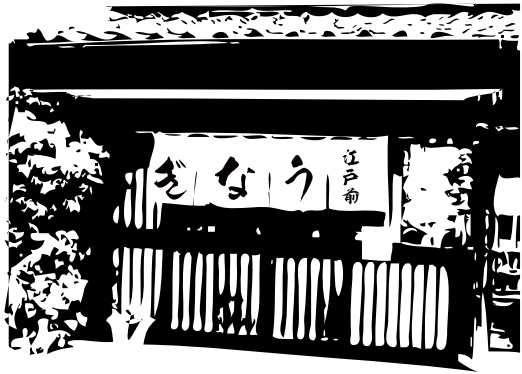


図2 鰻の幫間

持って、どこ行くんかな。

野幫間の一八：「いよっ、だんな。その節はご酒をいただいて、とんだ失礼を」

旦那：「いつ、てめえと酒をのんだ」

野幫間の一八：「のみましたヨ。ほら、向島で」

旦那：「何言ってやがる。てめえと会ったのは清元の師匠の弔いで、麻布の寺じゃねえか」

話がかみ合わないが、話は盛り上がって。

旦那：「今から風呂屋行くねん」

野幫間の一八：「風呂屋、よッ、お供しまひよか？」

旦那：「アホなこと言うなお前、風呂にお供してどないすんねんな」

野幫間の一八：「なんかご馳走になりたいもんやなあと思ひまして」

旦那：「まるで寄生虫やな。このまま分かれるのもなんやし、何ぞ食べるか」

野幫間の一八：「食べます。牛でも豚でも四本足なら何でも食います。しかし、四本足でも樽炬燵だけは食いまへん。これは「当たるから」言って、ハッハッ」

旦那：「せっかく会ったんだから鰻でも食っていこうじゃねえか」

もう一八は夢見心地。

鰻屋に着くと、旦那が家は汚いと釘をさしていた通り、とても繁盛しているとは見えない。

この際贅沢は禁物と一八は腕によりをかけてヨ

イショを始める。

野幫間の一八：「いいご酒ですな。……こりゃ結構な香の物で……そのうちお宅にお伺いを……お宅はどちらで？」

旦那：「先のとこじゃねえか」

野幫間の一八：「あ、ああそう先のとこ。ずーっと行って入口が」

旦那：「入口のねえ家があるもんか」

そのうちに、蒲焼が来る。

大將はちょっとはばかりへ行ってくると、席を立て、なかなか戻らない。

一八、取らぬ狸で、ご祝儀は十円ももらえるかもしれない、お宅に出入りできたら、奥方から何か……と、楽しい空想を巡らす、あまりだんなが遅いので、心配になって便所をのぞくとモヌケのから。

野幫間の一八：「えらいっ！ 粋なもんだ、勘定済ましてスーッと帰っちゃうとは。」

ところが、仲居が「勘定お願いします」とくる。仲居：「お連れさんが、先に帰るが、二階で羽織着た人がだんなだから、あの人にもらってくれと。」

野幫間の一八：「まだ勘定いただいてません。ほな何かい、わしゃ今までずっと手銭でこれ呑んでたんか。太鼓持ちがこんな目に遭うとは思わなんだ。」

野幫間の一八：「姐さん、あんたなあ、このなり見たら分かるやろ。」

姐：「けど先ほどのお客さんが、“わしの方が浴衣着て、向こおが羽織着てるさかいに、向こおが大將で、わしがお供やさかい”と、おっしゃってましたんで。」

野幫間の一八：「ふう～ん、姐さんそこへ座り。あのな、鰻屋に二人が来てやで、二つの盃の柄が違うのはどおいうわけや。片方が九谷で、片方が伊万里なら分かるで。」

それからこの鰻や、わしゃ客の手前“舌の先でとろける”言うたけど、バリバリ音してるやないか。それから、この家は何やねん、ちょっと掃除したらどないやねん。わしも

いろんな家の色見たで、これ佃煮色やないかホンマに。ほんで、そこの床の間の掛軸は何や？

二宮金次郎やないか、鰻屋の二階で女ごでもくどこかちゅうのに、何で働く人の掛軸が飾ったあんな。

これまでの不平不満を姐さんにぶちまけて少し落ち着いたところで、

野幫間の一八：「もお分かったわかった、払うがな。で、なんぼやねん。九円七十五銭？

ちょっと待ちいな、鰻が二人前に酒が五本、あと二本追加したって九円七十五銭で高いやないかい。」

姐：「旦那が六人前土産を持って帰りました。」

一八、泣きの涙で、女中に八つ当たりしながら、なけなしの十円札とオサラバし、帰ろうとするとゲタがない。

姐：「あ、あれもお連れさんが履いてらっしゃいました」

野幫間の一八：「はあ～、そこまでやるか。ほんだらええわい、あいつの草履があったなあ、あれ出してくれッ。」

姐：「ああ、あれはお供の方が新聞紙へ包んで、持ってお帰りになりました。」

*****◀

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

- 1) 中医学の基礎 平馬直樹, 兵頭明, 路京華, 劉公望監訳 東洋学術出版社
- 2) やさしい中医学入門 関口善太著 東洋学術出版社
- 3) 中医臨床のための中薬学 神戸中医学研究会編著 医歯薬出版
- 4) [詳解] 中医基礎理論 劉燕池, 宋天彬, 張瑞馥, 董連榮著/浅川要監訳 東洋学術出版社
- 5) 中医臨床のための舌診と脈診 神戸中医学研究会編著 医歯薬出版
- 6) 中医食療方 瀬尾港二, 宗形明子, 稲田恵子著 東洋学術出版社
- 7) 全訳中医基礎理論 浅野周訳 たにぐち書店
- 8) 漢方アドバイザー養成講座テキスト 漢方に関する基礎知識編 第二巻 JACDS
- 9) 薬膳と中医学 徳井教孝, 三成由美, 張再良, 郭忻共著 建帛社
- 10) 医学生のための漢方・中医学講座 入江祥史編著 医歯薬出版
- 11) 全訳中医診断学 王憶勤主編 たにぐち書店
- 12) 中医診断学ノート 内山恵子著 東洋学術出版社

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

ニューフードインダストリー 第53巻 第8号

印刷 平成 23 年 7 月 25 日
発行 平成 23 年 8 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