

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

New food indust. 59 (11): 2017.

11

論文

- 乳酸菌スターターを用いたザワークラウトの開発
Lactic acid bacteria as starter culture for sauerkraut production.
- フレボタイドが食品（パン・中華麺）に与える影響
- 酵母が醸すお酒の世界 – 酵母のアルコール発酵と二日酔い対策 –
- Influence of differences in the amount of added water on quality of white sorghum flour bread

解説

- グルテンフリー食品用の各種素材 (3)
- クマザサ葉抽出液は骨芽細胞と破骨細胞を相反的に制御することで骨形成を促進する
Extract of *Sasa senanensis* Rehder leaves promotes osteo-formation by differently modulating the osteoblast and osteoclast.

連載

- ニジマスの親魚用飼料-3
- 野山の花 – 身近な山野草の食効・薬効 –
ヤマノイモ *Dioscorea japonica* Thunberg (ヤマノイモ科 Dioscoreaceae)
- デンマーク通信 デンマークの便利食品

解説

- 国際的コミュニケーション能力の重要性(5) どのようにしたら時代に取り残されないか？
The importance of international communication skills (5)
How can we not be left behind in the times?
- 非分解プラセンタ内服による肌解析結果の考察

会告

- ヘスペリジン研究会 第9回研究発表会



論文

- 乳酸菌スターターを用いたザワークラウトの開発
Lactic acid bacteria as starter culture for sauerkraut production.
..... 玉川 英幸, 小川 則義 1

- フレボタイドが食品（パン・中華麺）に与える影響
..... 蒲池 加寿子 11

- 酵母が醸すお酒の世界 –酵母のアルコール発酵と二日酔い対策–
..... 中川 智行 20

- Influence of differences in the amount of added water
on quality of white sorghum flour bread
.....Kyoko Tsuchiya 29

解説

- グルテンフリー食品用の各種素材（3）
..... 瀬口 正晴, 木村 万里子 38

- クマザサ葉抽出液は骨芽細胞と破骨細胞を
相反的に制御することで骨形成を促進する
Extract of Sasa senanensis Rehder leaves promotes osteo-formation
by differently modulating the osteoblast and osteoclast.
..... 友村 美根子, 友村 明人, 大泉 高明, 安井 利一, 坂上 宏 38

会告

- ヘスペリジン研究会 第9回研究発表会
..... 82

連載

- ニジマスの親魚用飼料ー 3
..... 酒本 秀一 46

- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —
ヤマノイモ *Dioscorea japonica* Thunberg
(ヤマノイモ科 Dioscoreaceae)
..... 白瀧 義明 62

- デンマーク通信 デンマークの便利食品
..... Naoko Ryde Nishioka 66

解説

- 国際的コミュニケーション能力の重要性 (5) どのようにしたら時代に取り残されないか？
The importance of international communication skills (5)
How can we not be left behind in the times?
..... 坂上 宏, 肖 黎, 戴 秋娟, 大石 隆介, 神崎 龍志, 土田 幸広 69

- 非分解プラセンタ内服による肌解析結果の考察
..... 筑丸 志津子 85

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料

コクベス

セラチン&小麦グルテン

酵素分解調味料

エンザップ

new 発酵調味料

D&M

ディアンドエム

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

コクベス

ラクティックイーストエキス

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

DM 大日本明治製糖株式会社

食品事業部

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

乳酸菌スターターを用いたザワークラウトの開発

Lactic acid bacteria as starter culture for sauerkraut production.

玉川 英幸 (TAMAKAWA Hideyuki)¹ 小川 則義 (OGAWA Noriyoshi)²

¹ 地方独立行政法人岩手県工業技術センター, ² 株式会社青三

¹Local Independent Administrative Agency Iwate Industrial Research Institute, ²Aosan company limited

Key Words: 乳酸菌 スターター ザワークラウト Lactic acid bacteria, starter culture, Sauerkraut

はじめに

昨今の漬物業界, とりわけ中小の漬物製造企業を取り巻く環境は厳しい状況にある。食の欧米化を背景に漬物の市場規模はここ20年で約半分近くまで低下した (Fig.1)¹⁾。一方で大手企業の寡占化が進み, 廃業を強いられる伝統的な漬物メーカーは年々増加している。こうした

背景の中で中小の漬物製造企業が生き残るには, 現代の食文化にマッチし, 大手企業が注目しないニッチ市場に参入することが有効だと考えられる。

ザワークラウトはドイツの伝統的なキャベツの漬物である。乳酸菌 (Lactic acid bacteria; LAB) の発酵によってもたらされるその酸味は

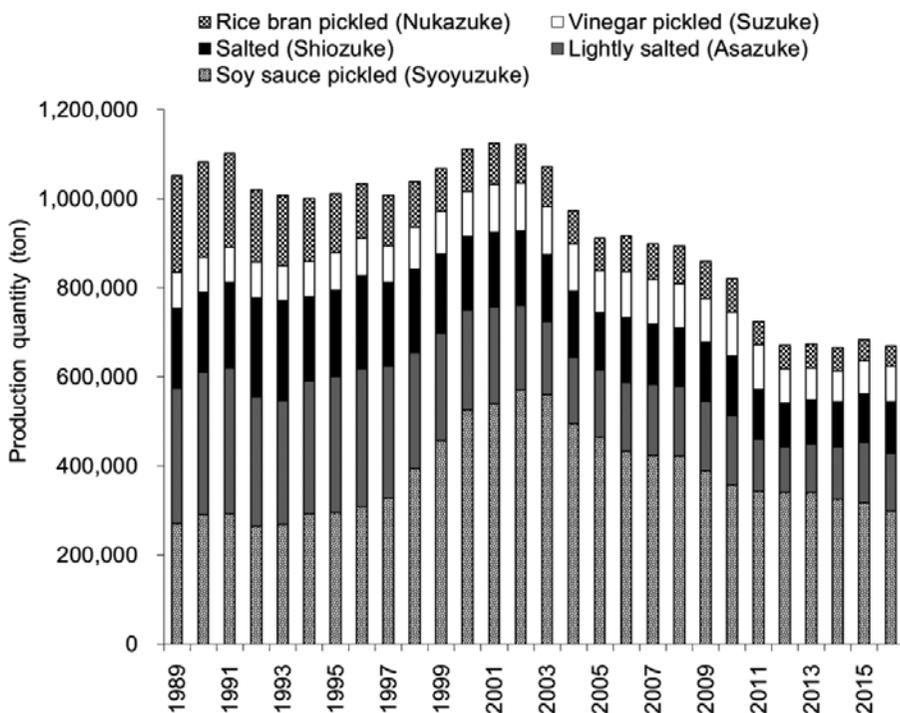


Fig.1 Pickles production quantity.

肉料理との相性が良く、食の欧米化が進む日本において潜在的なニーズが高い商品であると考えられる。現在ドイツ系レストランでは、加熱殺菌された輸入ザワークラウトがソーセージの付け合せとして提供されていることが多く、加熱強度の低い国産ザワークラウトが入り込む余地は多分に残されている。しかしながら、著者らの知る限り乳酸発酵による国産ザワークラウトが定常的に量産されている例はない。飲食店の検索サイト²⁾でドイツ系レストランを検索すると、全国で1000店舗以上（そのうち約半数が首都圏）がヒットすることから、現在のザワークラウトの業務用としての市場規模は少なくとも5～10億円程度はあると想定される(3kg消費/日/店舗×500円/kg×365日×1000店舗=5.5億円)。国産ザワークラウトは、大企業にとっては決して大きい市場とは言えないこと、小規模の事業者によっては参入するに技術的、経営的にハードルが高かったことから、これまで注目されてこなかった市場と言える。

ザワークラウトの製造においては乳酸発酵の制御が最も重要である。ヨーグルトやチーズなどの発酵乳製品においては、発酵前に“種菌”として乳酸菌スターターを接種することが一般的である。これらの活用は腐敗菌の増殖抑制、発酵期間の短縮、品質の安定化などに優位性がある。接種する乳酸菌種は人類の長い歴史の中で選抜が行われており、ヨーグルトには *Lactobacillus delbrueckii* と *Streptococcus thermophilus*³⁾、チーズには *Lactococcus lactis*⁴⁾ というように現在ではある程度決まった菌種が用いられる。一方、ザワークラウトを含めた漬物に分類される食品において、その製造では未だ天然の乳酸菌、すなわち、製造環境や野菜由来の乳酸菌が発酵の主役となっている⁵⁾。これは漬物が従来、高い塩分濃度で長期間漬込みを行う保存食品であることに起因しているものと思われる。すなわち、漬物の製造時には高濃度の塩分が存在するために変敗菌等の増殖が抑制され、耐塩性の乳酸菌の選択的増殖が自然に行われている。そのため、わざわざスターターと

して乳酸菌を接種せずとも良好な発酵を行うことができているのである。しかし、昨今では食塩の過剰摂取の防止のため、漬物も低食塩化傾向となった。また、漬込み期間の短いものも多くなり、pHが中性領域の漬物、特に浅漬けでの衛生事故は絶えない⁶⁾。こうした低塩漬物の製造において、これまで塩が果たしてきた“腐敗菌の増殖抑制”という役割を、スターターとして接種された乳酸菌が代替することが期待されている。

現在までに確立した技術があるとは言えないものの、漬物用乳酸菌スターターの検討は国内外の研究者によって報告されている。石川らはカット大根での増殖性を指標に漬物用乳酸菌スターターとして、*Leuconostoc* sp. D-133株と *Lactobacillus casei* L-14株を選抜した。また、これらの菌株をスターターとして用いて大根の漬込み試験を行うことで、腐敗を抑制できること、2,3ブタンジオールなどの香気成分が増加することを報告した⁷⁾。また、Johanningsmeierらはスターターとして *Leuconostoc mesenteroides* を接種することで塩分濃度を0.5%まで低下させても食感や風味の質を維持した一定品質のザワークラウトを製造できることを報告している⁸⁾。このように漬物製造においても乳酸菌スターターの活用は有望であると考えられている。

これまで我々は、自社で製造する“きゅうりの古漬”から発酵に関与する乳酸菌を3種分離しており、これらをスターターとして接種することで塩漬けきゅうりの香味作り分けができる可能性を見出している⁹⁾。本研究ではこれら乳酸菌を用いて低い塩分濃度で製造されたザワークラウトの発酵特性を解析するとともに、スターターとしての活用の可能性について検討を行った。

方法

1. 使用菌株

実験に使用した乳酸菌株はTable 1に示した。

Table 1

Strain	Relevant genotype	Reference
<i>Pediococcus pentosaceus</i> AO-105	Wild type	9
<i>Lactobacillus brevis</i> AO-115	Wild type	9
<i>Lactobacillus plantarum</i> AO-118	Wild type	9

2. キャベツ破砕液の調製と増殖試験

市販のキャベツをジューサーで破砕した後、121℃、15分間オートクレーブ処理を行った。ガラス繊維ろ紙でろ過後、-30℃で凍結、20℃で融解した後、1 μm フィルター、0.45 μm フィルターを用いて段階的に吸引ろ過を行うことにより、キャベツ破砕液の清澄化を行った。清澄化した破砕液には終濃度 15 g/L の塩化ナトリウムを溶解させ、1N NaOH で pH6.7 に合わせた後、0.22 μm の滅菌フィルターを用いて無菌化を行った。乳酸菌の増殖試験にはキャベツ破砕液を用いた。同じ培地で培養した前培養液を初発 OD₆₀₀=0.01 となるように接種して増殖試験を開始した。30℃、静置条件で培養を行い、経時的に OD₆₀₀ を測定するとともに代謝物を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で解析した。

3. 漬込試験

乳酸菌の前培養にはキャベツ破砕液を用いた。キャベツは 2 mm 幅にカットし、次亜塩素酸ナトリウムを希釈して 100 ppm に調製した次亜塩素酸水に 15 分間浸漬した後、十分量の流水洗浄を行った。

キャベツの漬込みは真空包装下で行った。真空包装用の袋にキャベツ 200 g、20% 塩化ナトリウム 15mL、乳酸菌培養液を初発 OD₆₀₀=0.001 となるように接種し、減圧条件下でヒートシールを行い、20℃で漬込みを行った。経時的に漬液をサンプリングし、各種分析を行った。

4. 分析方法

グルコース、フルクトース、マンニトール、酢酸、乳酸、エタノールの定量は Shi らの HPLC による方法を一部改変して行った¹⁰⁾。60℃で保持した IC Sep-ION-300 カラム (Tokyo Chemical Industry, Tokyo) を用い、溶媒として

0.01 N 硫酸 (流速 0.4 mL/min) を使用した。検出には示差屈折率検出器 (RID-10A, Shimadzu, Kyoto, Japan) を用いた。

香気成分分析にはフラッシュ GC ノーズ HERACLES II (Alpha MOS, Toulouse, France) を用いた。漬液 1 mL を封入したバイアルを 60℃、1200 秒加温し、ヘッドスペース気層 5 mL を GC に導入した。カラムオープンは 1℃/sec の速度で 250℃まで昇温させ、検出には FID (水素炎イオン化型検出器) を用いた。主成分分析はフラッシュ GC ノーズ HERACLES II 解析ソフト付属の機能を用いて行った。

結果と考察

1. キャベツ破砕液での乳酸菌の増殖

野菜は塩漬けにすることにより、脱水に伴う原形質分離によって細胞が死滅し、細胞内の成分が漬液中へ浸出する¹¹⁾。通常の野菜の漬込みにおいては、こうした野菜の細胞内成分浸出と漬液中での微生物の発酵が同時に起こっている。また、次亜塩素酸水で事前の殺菌処理を行うとはいえ、野菜由来の微生物の混入を完全に抑制することは難しい。したがって、最終的な漬物の品質は共存する微生物の影響にも配慮しなければいけない可能性がある。本研究ではまず、スターターとして添加した乳酸菌の発酵特性を正確に評価するため、キャベツ破砕液を用いて、スターター候補である各乳酸菌の発酵特性を解析した。キャベツ破砕液はキャベツ搾汁液を加熱処理した後に滅菌ろ過したものである。キャベツの収穫時期や調製ロットによって糖濃度は異なるものの、含まれる溶質のおおよそ 6 割がグルコースとフルクトースで構成される。今回使用した破砕直後のキャベツ破砕液は Brix4.1、pH5.2 の赤褐色の溶液であり、単糖として 11.5 g/L のグルコース、9.3 g/L のフルクトースが含

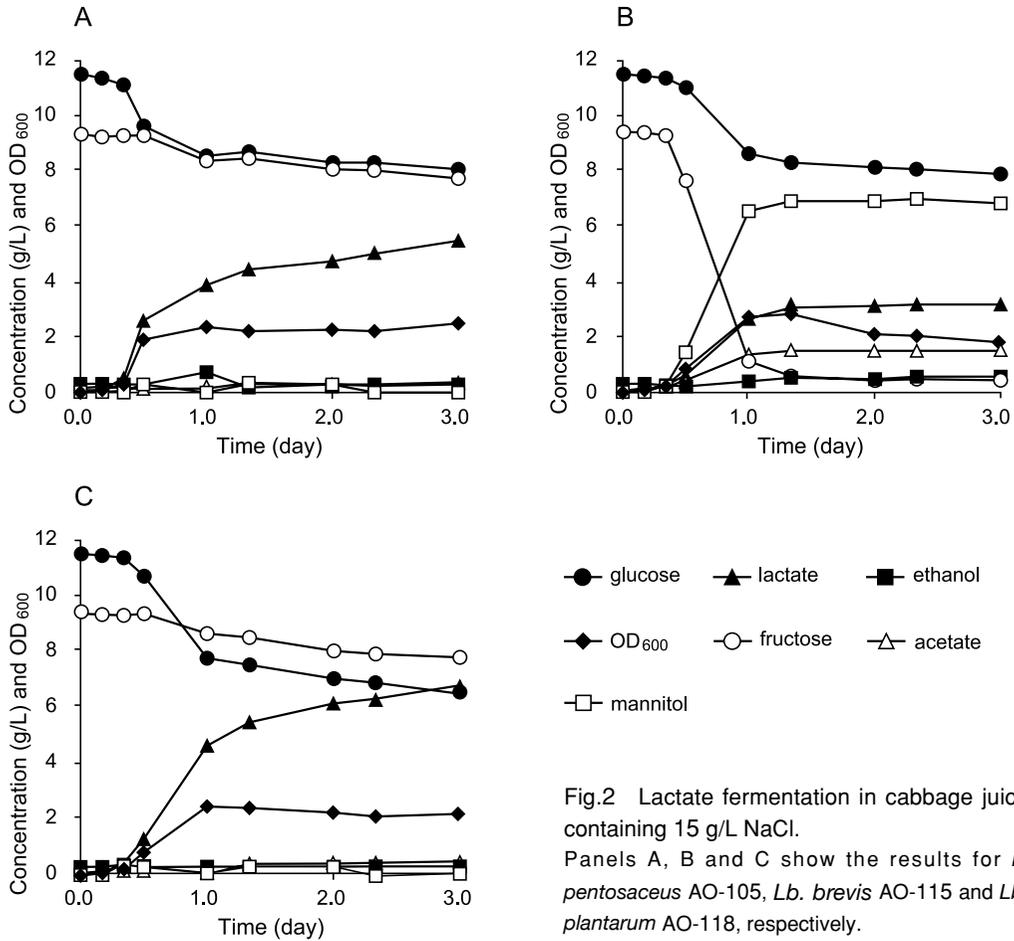


Fig.2 Lactate fermentation in cabbage juice containing 15 g/L NaCl. Panels A, B and C show the results for *P. pentosaceus* AO-105, *Lb. brevis* AO-115 and *Lb. plantarum* AO-118, respectively.

まれていた。このキャベツ破碎液に 15 g/L の塩化ナトリウムを溶解し、キャベツ漬込み時の初期 pH である pH6.7 に調整した後、フィルター滅菌を行い、乳酸菌の培養試験を行った。

キャベツ破碎液で各乳酸菌の発酵特性を解析したところ、初期の OD₆₀₀ の増加速度、乳酸の生成速度は *Pediococcus pentosaceus* AO-105 株が最も早く、培養 12 時間後にはほぼ定常期初期に至っていた (Fig. 2)。一方、培養 3 日後の残糖量は最も多く、グルコースが 8.0 g/L、フルクトースは 7.7 g/L 残存していた。生産物としては 5.4 g/L の乳酸のみが検出された。*Pediococcus* 属細菌は乳酸のみを生産するホモ型発酵乳酸菌であり、この結果はこれまで報告されている内容と相違ないものである¹²⁾。一方 *Lactobacillus brevis* は乳酸以外に様々な代謝

物を生成するヘテロ型発酵をする乳酸菌として知られており¹²⁾、AO-115 株にもおいても 3 日間の発酵で、3.2 g/L の乳酸、1.6 g/L の酢酸、0.6 g/L のエタノール、6.8 g/L のマンニトールを生成した。また、7.9 g/L のグルコースが残存していたものの、フルクトースは検出されないほどに減少していた。*Lb. brevis* を含む幾つかのヘテロ型発酵をする乳酸菌においては、フルクトースを 1 ステップでマンニトールに変換することが知られており (マンニトールデヒドロゲナーゼによって触媒される)、この反応は非常に効率的に行われることが報告されている¹³⁾。AO-115 株に発酵様式はフルクトースのマンニトールへの変換とグルコースの代謝がほぼ同時に行われたものと思われる。*Lactobacillus plantarum* AO-118 株は 3 種の菌株間で乳酸生成量が最も

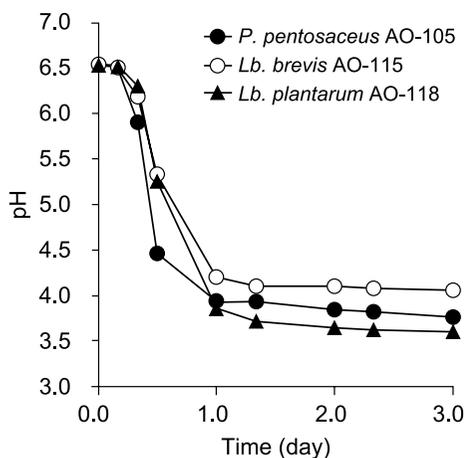


Fig.3 Changes in pH during lactate fermentation in cabbage juice containing 15 g/L NaCl.

多く、3日間の発酵により6.8 g/Lの乳酸を生成した。残糖量はグルコースが6.5 g/L、フルクトースが7.8 g/Lだった。

また、いずれの株においても乳酸濃度の増加に伴い、pHは急速に低下し、発酵1日目には定常状態に達した (Fig. 3)。最終的な pH は *P. pentosaceus* AO-105 株は 3.77, *Lb. brevis* AO-115 株は 4.07, *Lb. plantarum* AO-118 株は 3.60 であった。グルコースやフルクトースが残存しているにもかかわらず、すべての菌株において乳酸生成が停止したのは pH の低下に起因するものと考えられた。

2. キャベツ漬液の主要発酵産物分析

キャベツの漬込みにおける各乳酸菌株の特性を解析した。今回は、3種の乳酸菌をそれぞれ接種した試験区に加え、乳酸菌を接種しない試験区 (いずれも3連で実施) を準備し、各漬込み試験を実施した。

試験区ごとに漬込みによって生成した主要代謝物を測定した結果、3種の乳酸菌をそれぞれ接種した試験区においては、3連で実施した試験間でのばらつきが少なく、濃度は異なるものの主要な代謝物パターンはキャベツ破碎液の結果を概ね再現していた (次ページ Fig. 4, 5)。*P. pentosaceus* AO-105 株の接種区では漬込み4.3

日目に OD₆₀₀ はピークとなり、その後減少したが、グルコースとフルクトースを同時に消費しながら乳酸生成は継続し、漬込み28日目には10.3 g/Lまで増加した。*Lb. brevis* AO-115 株はの接種区では、漬込み1日目にピークとなったグルコースとフルクトースは漬込み3日後には完全に消費され、それに伴い OD₆₀₀ と代謝産物も定常状態に達した。最終的に6.5 g/L 乳酸, 1.7 g/L 酢酸, 5.9 g/L マンニトールが生成された。*Lb. plantarum* AO-118 株の接種区では漬込み7日目に OD₆₀₀ が定常状態となった。乳酸生成は漬込み28日目まで継続し、13.5 g/Lまで増加したが、フルクトースは残存した。

今回の漬込み試験の結果は、キャベツの破碎液を用いた先の試験と比較すると乳酸菌の糖の消費率が高く、生成された乳酸量も多かった。漬込み試験における最終的な pH は *P. pentosaceus* AO-105 株は 3.68, *Lb. brevis* AO-115 株は 3.97, *Lb. plantarum* AO-118 株は 3.47 であり (Fig. 6)、キャベツ破碎液での発酵試験とほぼ同等の pH に維持されたことから、これらの2つの実験における乳酸菌の発酵能の差はキャベツ破碎液と漬液の緩衝能の差によるものと思われる。すなわち、漬込み環境下では常に野菜の細胞からアミノ酸などの成分が常に供給されるため、緩衝能が高くなっているものと考えられる。

一方、乳酸菌を接種しなかった試験区 (乳酸菌非接種区 1-3) では、発酵による乳酸の生成は認められたものの、3連で実施した漬込みそれぞれにおいて多様な代謝物パターンを示した (Fig. 5D, E, F)。乳酸菌非接種区 1 では乳酸のほかに酢酸やマンニトールの生成が認められたことから、ヘテロ型の乳酸菌が優勢になったと想定される。また、乳酸菌非接種区 2 と 3 は乳酸のみが主に生成されており、代謝物パターンは *P. pentosaceus* AO-105 株のものとよく似ていた。しかし、乳酸菌非接種区 2 では発酵後期に急激なフルクトースの減少とマンニトールの増加が認められ、マンニトールデヒドロゲナーゼ活性を有する微生物が増加したと考えられ

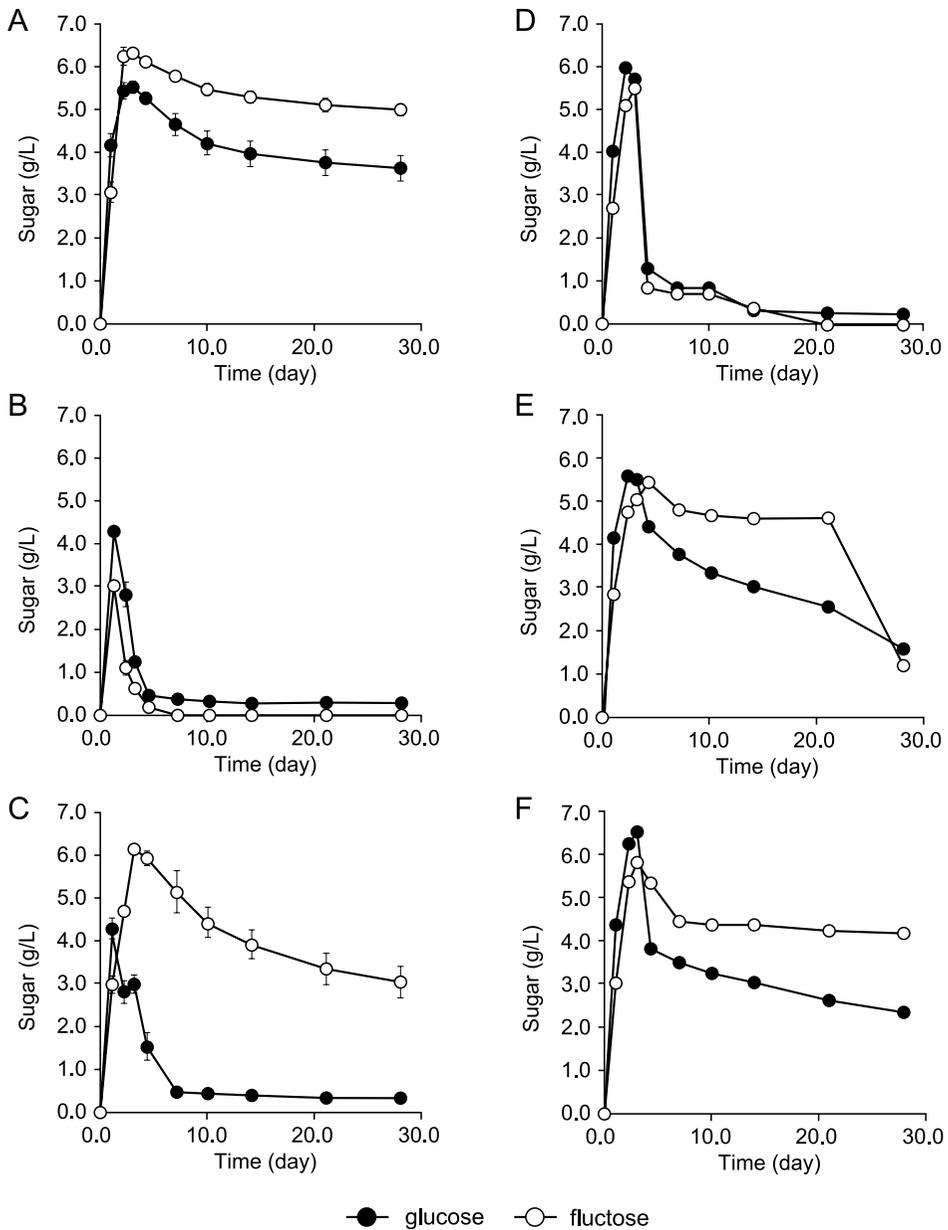


Fig.4 Changes in reducing sugar during sauerkraut fermentation.

A, B and C show the results for *P. pentosaceus* AO-105, *Lb. brevis* AO-115 and *Lb. plantarum* AO-118, respectively. Data represent the average of three independent fermentation experiments. Panels D, E and F show the results for LAB-uninoculated samples Lot1, Lot2 and Lot3, respectively.

た。また、乳酸菌接種区と比較すると非接種区ではOD₆₀₀が高く、特に非接種区3では最大9.3まで増加した。乳酸菌の非接種群は概して乳酸濃度が低かったことから、これらの結果は、乳酸菌非接種群において乳酸菌以外の共存する微

生物が多いことを示唆するものである。

このように乳酸菌を接種した区では接種した乳酸菌の性質に合わせて安定的に特異な代謝物パターンを示したのに対して、非接種区では試験区によって代謝物パターンが異なっており、

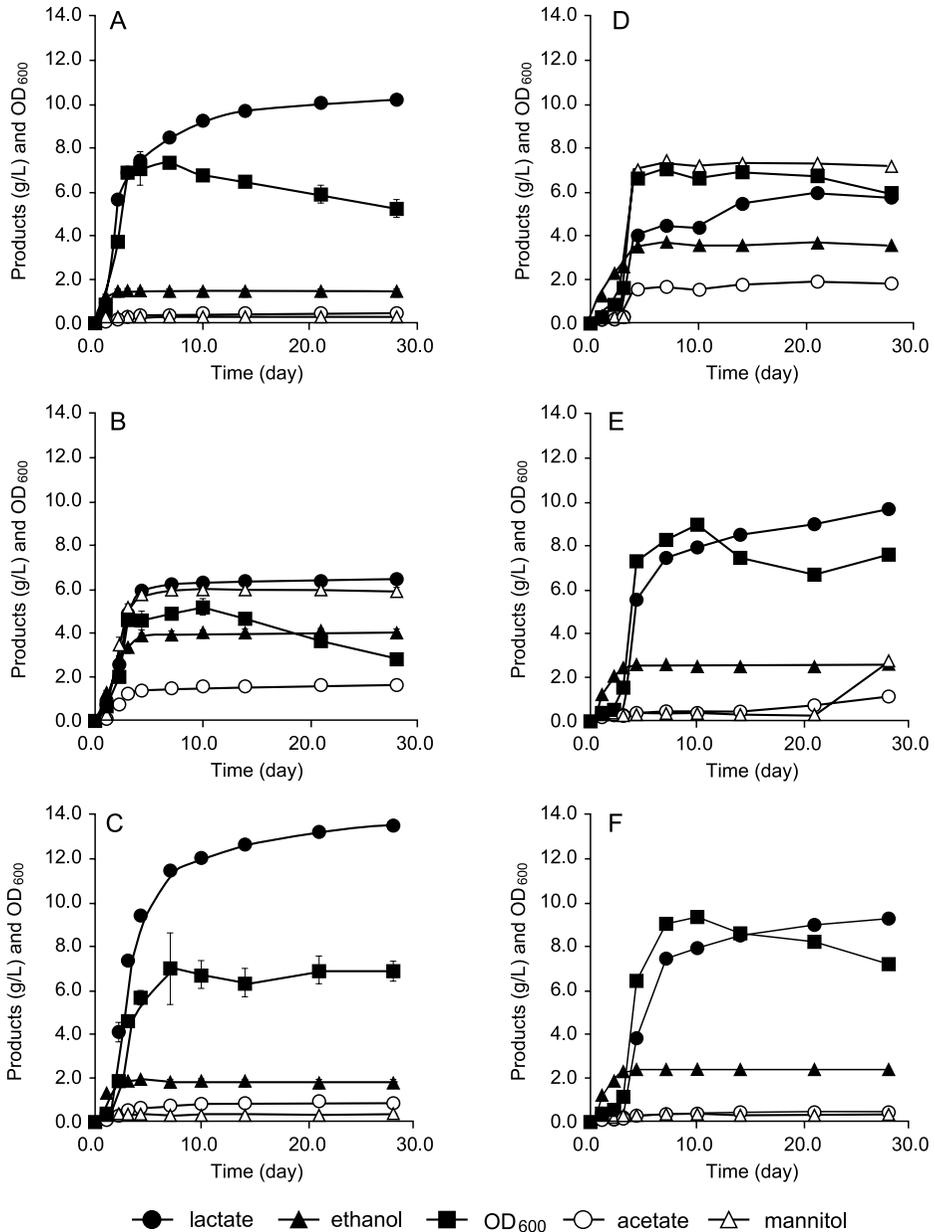


Fig.5 Changes in metabolite products during sauerkraut fermentation.

A, B and C show the results for *P. pentosaceus* AO-105, *Lb. brevis* AO-115 and *Lb. plantarum* AO-118, respectively. Data represent the average of three independent fermentation experiments. Panels D, E and G show the results for LAB-uninoculated sample Lot1, Lot2 and Lot3, respectively.

優勢になる菌種が異なっていたと想定された。これらの結果はスターとして乳酸菌を接種することが安定的な漬物製造に大きな寄与があることを示していることともに、今回採用した3種の乳酸菌が漬物用スターとして有望で

ある可能性を示唆するものである。

3. キャベツ漬液の香気成分分析

次に漬込み試験を行ったキャベツ漬液の香気成分の評価を行った。香気成分評価に用いたフ

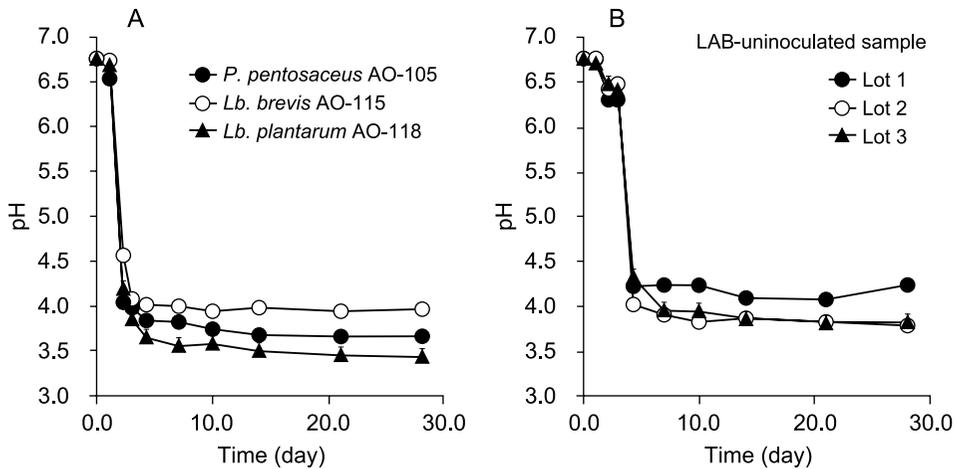


Fig.6 Changes in pH during sauerkraut fermentation. A and B show the results for LAB-inoculated/uninoculated samples, respectively.

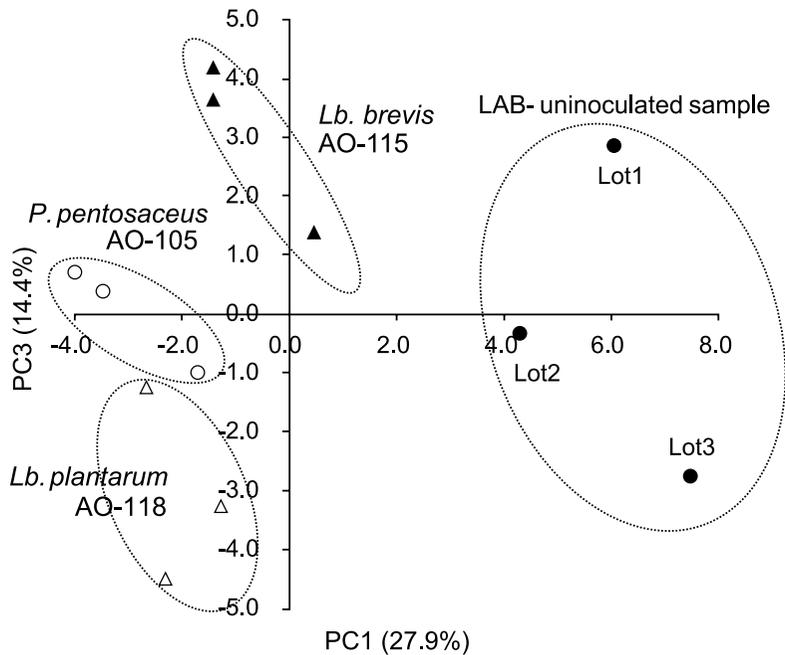


Fig.7 Multivariate analysis by principal component analysis via the ultra-fast gas chromatography Heracles II (Alpha MOS Co.).

Symbols; *P. pentosaceus* AO-105 (opened circles), *Lb. brevis* AO-115 (closed circles), *Lb. plantarum* AO-118 (opened triangles) and LAB-uninoculated samples (closed circles).

ラッシュ GC ノーズ HERACLES II システムは 60℃で揮発した物質を極性の異なる 2 種のカラム (DB5: 微極性, DB-WAX: 高極性) で分離し, それぞれのカラムに接続された FID で検出するものである¹⁴⁾。得られた各ピーク面積を変

数として扱い, 主成分分析を行うことで使用する乳酸菌の違いが香気成分パターンに与える影響を評価した。

すべての試験区で代謝物がほぼ定常状態に達した発酵 21 日目の漬液を用いて香気成分評価

を行った。第1主成分では乳酸菌の非接種群と接種群を分離した (Fig. 7)。乳酸菌の非接種群においては、雑菌の共存が示唆されたこと、最終的には乳酸発酵が行われたことから、第1主成分は接種した乳酸菌が共通して生成する成分というよりは共存する雑菌が生成する香气成分の固有ベクトルに起因しているものと考えられる。第3主成分では使用する乳酸菌の菌種を分離する軸として機能しており、*Lb. brevis* AO-115株が高い値を示し、*P. pentosaceus* AO-105株と*Lb. plantarum* AO-118株が低い値を示したことから、主にヘテロ型とホモ型の乳酸発酵形態を分離した。

このようにきゅうり古漬けより分離された3種の乳酸菌は、ザワークラウトの製造においても安定的な香味の作り分けが可能であり、それぞれがスターターとして有望であることが明らかとなった。

おわりに

本稿における検討によって、3種の乳酸菌株はいずれもザワークラウト製造のスターターとして製造適性が確認された。現在我々はその中でも*Lb. brevis* AO-115株を対象としてザワーク

ラウトの開発を進めている。*Lb. brevis* AO-115株は極めて短期間でキャベツ由来の単糖を完全消費することが可能であり、3種の中でも製造適性が高いと考えられた。また、香气成分の主成分分析においては他の乳酸菌と異なる位置にプロットされ、特徴的なフレーバーを有している。さらに*Lb. brevis* AO-115株はヘテロ型の発酵様式を示す乳酸菌であり、代謝物には酢酸が含まれる。一般的に等しいpHにおける比較では、一般に強酸よりも弱酸の酸味が強く、また弱酸の中では酢酸の酸味が強いとされている^{15,16)}。これらのことから、*Lb. brevis* AO-115株の酢酸を生成する性質は、良好な酸味を有するザワークラウトの製造において、大きな寄与があるものと考えられる。

冒頭に示したようにザワークラウトは、国内で大きな市場があるとは言えないものの、昨今では「乳酸キャベツ」と称されて、注目を浴びつつある¹⁷⁾。日本国内で製造されるザワークラウトが、海外の模倣ではなく日本独自の価値ある商品として完成されていくための道標として、本研究が役に立つことを期待したい。

引用文献

1. 社団法人食品需給研究センター：食品製造業の生産動向（漬物製造数量平成28年度資料）。
2. <https://tabelog.com/>
3. Rawson HL, Marshall VM, Effect of 'ropy' strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yogurt, *Int J Food Sci*, **32**, 213-220, 1997.
4. Ryan MP, Rea MC, Hill C, Ross RP, An application in cheddar cheese manufacture for a strain of *Lactococcus lactis* producing a novel broad-spectrum bacteriocin, lactacin 3147., *Appl Environ Microbiol*, **62**, 612-619, 1996.
5. Chen YS, Yanagida F, Hsu JS, Isolation and characterization of lactic acid bacteria from suan-tsai (fermented mustard), a traditional fermented food in Taiwan, *J Appl Microbiol*, **101**, 125-130, 2006.
6. 原怜子, 倉持一江, 赤坂実, 福田健治, 天下井昭, 沢田俊之, 山田正則, 岸本剛, 正木宏幸, 新階敏恭, 砂川富正, 藤井逸人：カブの浅漬けに関連した老人保健施設における腸管出血性大腸菌 O157 感染症の集団発生一埼玉県, *IASR*, **21**, 272-273, 2000.
7. 石川健一, 加藤文雄, 小宮孝志：低食塩漬物用の乳酸菌スターターカルチャーの開発, *日本食品科学工学会誌*, **46**, 311-318, 1999.
8. Johanningsmeier S, McFeeters RF, Fleming HP, Thompson RL: Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter culture on fermentation of cabbage with reduced salt concentrations., *J Food Sci*, **72**, 166-172, 2007.
9. 玉川英幸, 伊藤良仁：きゅうり古漬けから単離された乳酸菌の同定と諸性質, *岩手県工業技術センター研究報告*, **19**, 62-68, 2017.

10. Shi NQ, Cruz J, Sherman F, Jeffries TW: SHAM-sensitive alternative respiration in the xylose-metabolizing yeast *Pichia stipitis*, *Yeast*, **19**, 1203-1220, 2002.
11. 小川敏男：最新漬物製造技術，食品研究社，1986.
12. 小崎道雄，内村泰，岡田早苗：乳酸菌について，内村泰，岡田早苗 編：乳酸菌実験マニュアル 朝倉書店，1992.
13. Weymarn N, Hujanen M, Leisola M, Production of D-mannitol by heterofermentative lactic acid bacteria, *Process Biochem*, **37**, 1207-1213, 2002.
14. Wiśniewska P, Śliwińska M, Namieśnik J, Wardencki W, Dymerski T: The verification of the usefulness of electronic nose based on ultra-fast gas chromatography and four different chemometric methods for rapid analysis of spirit beverages, *J Anal Methods Chem*, Article ID 8763436, 2016.
15. Harvey RB, The relation between the total acidity, the concentration of the hydrogen ion, and the taste of acid solutions, *J Am Chem Soc*, **42**, 712-714, 1920.
16. Johanningsmeier SD, McFeeters RE, Drake MA, A hypothesis for the chemical basis for perception of sour taste, *J Food Sci*, **70**, 44-48, 2005.
17. 井澤由美子：乳酸キャベツ健康レシピ，マガジンハウス，2016.

Correspondence to : Hideyuki Tamakawa

Local Independent Administrative Agency Iwate Industrial Research Institute
2-4-25 Kitaiioka Morioka, Iwate 020-0857, Japan
TEL: +81-19-635-1115 FAX: +81-19-635-0311
E-mail: h-tamakawa@pref.iwate.jp

連絡先：〒 020-0857 岩手県盛岡市 2-4-25
地方独立行政法人岩手県工業技術センター
Tel：019-635-1115 Fax：019-635-0311
E-mail：h-tamakawa@pref.iwate.jp

フレボタイドが食品（パン・中華麺）に与える影響

蒲池 加寿子 (KAMACHI Kazuko)*

* クロレラ工業株式会社

Key Words：クロレラ フレボタイド 遊離アミノ酸 マルトース

はじめに

クロレラが健康食品として市場に登場したのは1964年、それから半世紀にわたり様々な分野でクロレラ粉末およびその熱水抽出物（以下クロレラエキス）の研究・開発が進められてきた。現在では、クロレラには人の健康に有効な「コレステロール低下作用¹⁾」, 「血圧低下作用²⁾」, 「解毒作用^{3,4)}」, 「生体防御機能調節作用^{5,6)}」, 「緑黄色野菜代替作用」など種々の生理作用があることが広く知られるようになり健康食品として不動の地位を築いている。

一方、一般食品への利用は、クロレラエキスの乳酸菌に対する増殖促進効果を利用して初めて発酵乳製品に用いられた。その後、クロレラエキスには食品の味を調える作用があることがわかり、クロレラ粉末は葉緑素含量の高さを利用して緑の着色を目的に使用されるようになった。現在、クロレラ粉末は着色料としてクロレラエキスは調味料・製造用剤として食品添加物リストにも収載され一般食品にも広く使われている。

当社クロレラ工業(株)では、一般食品向にクロレラ粉末をさらに微粉末加工した緑の色づきのよい「商品名：クロレラマイクロパウダー」、クロレラエキスは糖と塩で保存性を高めた「商品名：フレボタイド（糖液）、フレボタイド（塩液）」（以下フレボタイド）を製造している。ク

ロレラマイクロパウダーの用途は「緑の色づけ」がほとんどであるが、フレボタイドはパンや麺、和菓子などの食味や物性に効果があるとして多様な食品に利用されている。しかしながらそのフレボタイドが食品に与える影響は製造者の経験や感覚によるものでありほとんど科学的に実証されていない。

そこで本稿では、パンと中華麺を対象としてフレボタイドが食味や物性に与える影響を検証したので報告する。

1. パンに与える影響

1-1. パンの調製

・材料

パンの材料は、強力小麦粉（カメリア、日清フーズ(株)）、上白糖（スプーン印、三井製糖）、塩（クッキングソルト、(財)塩事業センター）、ドライイースト（カメリアドライイースト、日清フーズ）および水（水道水）を使用した。フレボタイドは糖液を使用した。

・調合

対照区のパンの配合量は、強力小麦粉 325g、上白糖 23.4g、塩 5.2g、水 227.5mL およびドライイーストは 5.0g とした。

試験区のパンは、フレボタイドを小麦粉重量に対して 0.5%、1.0% を添加した。なお水と砂糖の量はフレボタイド由来分を差し引き、0.5%

添加区では上白糖 22.18g・水 225.8mL, 1.0% 添加区では上白糖 20.96g・水 224.3mL とした。

・調製

製パンは、1日目に発酵したパン生地を冷凍し、2日目に焼成した。

1日目:家庭用製パン器(Siroca(株)製ホームベーカリー SHB-712)で混捏20分間,1次発酵(温度32℃,70~90分間(目安:パン生地体積約2.5倍膨化),ガス抜き,ベンチタイム15分間,成型,冷凍保存(-30℃)までとした。

2日目:自然解凍(3時間),2次発酵(温度37℃,40~50分間(目安:パン生地体積約2倍膨化)後,オーブン温度200℃焼成20分間とした。

対照区・試験区とそれぞれ3回調製した。焼成したパンは,常温に冷ました後(室温で2時間放置)ラップフィルムで包装しさらにポリエチレン袋に入れて冷凍(-30℃)保存した。

1-2. テクスチャー解析

テクスチャー解析は,焼成後冷凍(-30℃)したパンを室温で3時間自然解凍し,さらに20℃の恒温器に測定前1時間放置したものを試料とした。試料は厚さ約20mm(6枚切相当)にスライスし中心付近を約15×40mmにカットしたものを8片取り出し測定試料とした。

測定には,クリープメーター(RE2-33005S山電(株)製)を用い,条件はプランジャーは直

径8mmの円筒形,歪率50%,速度は1mm/s,圧縮回数は2回とした。その結果を「硬さ」と「凝集性(弾力)」で比較した。「硬さ」は,対照区に比べフレボタイド0.5%添加区(試験区)では約1割,1.0%添加区(試験区)では約3割顕著に低く(=柔らかく)(図1),「弾力」は,1.0%添加区(試験区)のほうが有意に約2割高かった。(図2)

これらの結果から,フレボタイドを添加することでパンは柔らかくなり弾力は増す傾向であることが明らかとなった。

1-3. 発酵試験(生地の膨化とガス発生量)

・生地の膨化

1次発酵前と解凍後の2次発酵前の生地各50gを200mL容メスシリンダーに入れ37℃の恒温器内で発酵させ10分毎に体積を測定した。発酵は,生地の膨化が停止し体積が小さくなったところで終了とした。その結果,1次,2次どちらの発酵でも対照区が最も早く膨化が停止し最大体積が小さく,とくに1次発酵では生地の伸びが悪く破れて体積が減少した。

一方,試験区(フレボタイド0.5%添加,1.0%添加)は対照区の膨化がとまった後も30分以上膨らみ続け,とくに2次発酵での最大体積はフレボタイド0.5%添加区(試験区)が約1.1倍,1.0%添加区(試験区)では約1.2倍となり生地が破れることなく30分以上維持して

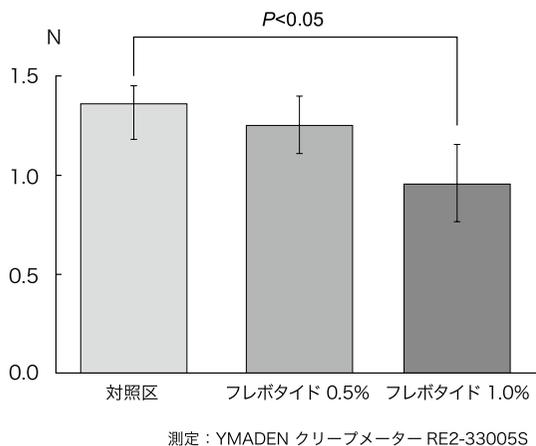


図1 パンの硬さ

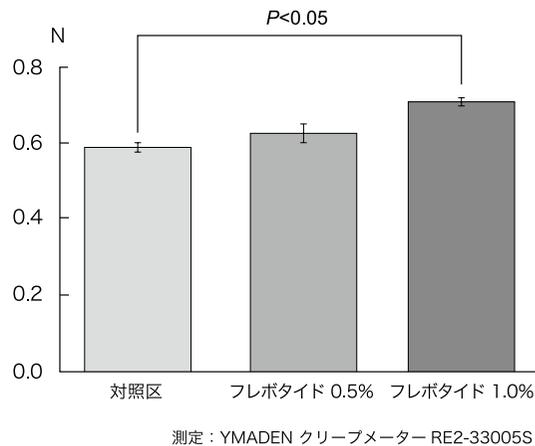
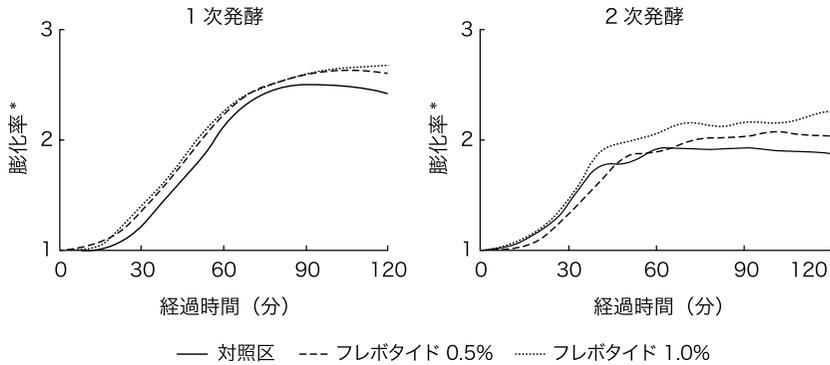


図2 パンの弾力



*膨化率：経時的に測定した生地 の体積を開始時の体積で割った値

図3 発酵中の生地 の体積変化

いた(図3)(写真1)。

これらのことから、フレボタイドを添加した生地は弾性と伸展性が向上し炭酸ガスの保持力が高まったと推察される。また、生地を冷凍したことでイーストが低温障害をおこしたと考えられるが、試験区 の体積は対照区より大きいことからイーストを低温から保護した可能性も考えられた。

・炭酸ガスの発生量

生地 の膨化実験では、対照区 の生地が破れてしまい炭酸ガス発生量を確認できなかったため、小麦粉を懸濁した試料液を発酵させ炭酸ガス発生量を測定した。

試料液は、強力小麦粉 5g、ドライイースト 100mg、*フレボタイド 0.5mL(対照区はフレボタイドと同糖度の糖液)に水を 44.5mL 加えた。*フレボタイド添加量 :1.0%(対試料液重量) 試料液を 37℃の恒温水槽中で発酵させ発生した炭酸ガスを水中置換法にてメスシリンダーに誘導し 10 分毎に目盛を読み取り炭酸ガス発生量とした。その結果、対照区と試験区では、120 分後まではほぼ同じ発生量とパターンを示したが対照区は 200 分後に炭酸ガスをほとんど発生しなくなった。(図4) 一方、試験区ではその後も 30 分間あたり 0.3 ~ 0.5mL 程度の炭酸ガスを 270 分後まで発生し続けた(図5)。

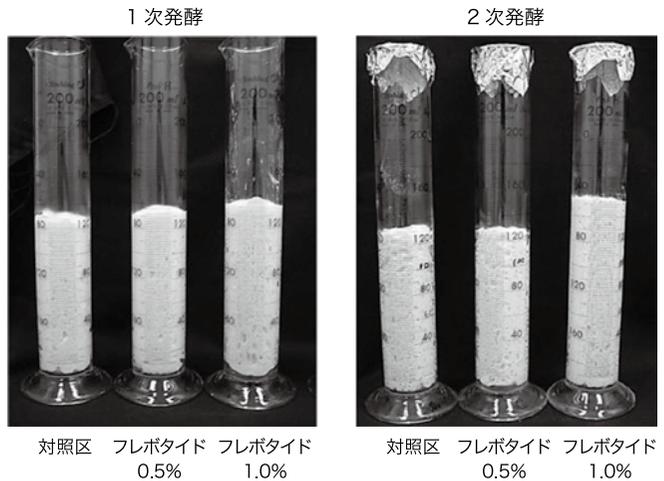


写真1 発酵開始 60 分後

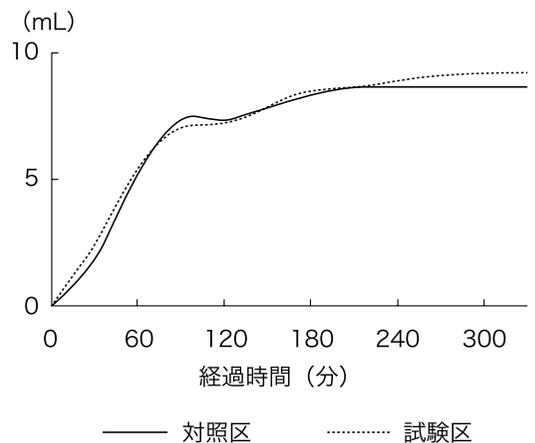


図4 炭酸ガス発生総量

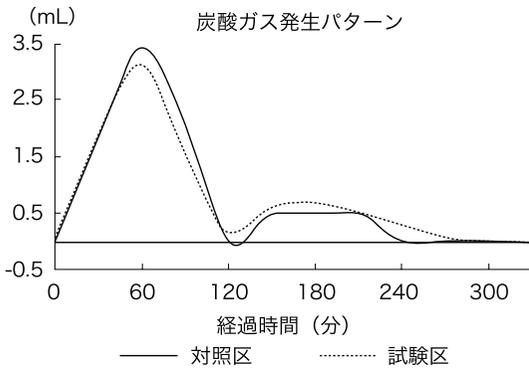


図5 30分毎の炭酸ガス発生量

パンは、製パン工程中に小麦粉由来のβ-アミラーゼが澱粉に作用してマルトースを生成し発酵の基質になることが知られている。これらのことから、試験区はマルトースを生成する好適な状態であることが推測され炭酸ガスの発生促進効果が期待できると考えられた。

1-4. 糖類の含有量

パンのマルトース含有量を酵素法(ロシユ(株)製のF-Kit使用)にて測定した。凍結乾燥したパンをミルサーで粉末化した試料1gに80%エタノールを10mL加えて1時間室温で攪拌抽出した。その後、遠心分離(3500rpm, 15分)して得られた上清を濃縮乾固し蒸留水50mLに溶解し測定試料とした。その結果、フレボタイド1.0%添加区(試験区)は対照区の約2倍量のマルトースを含んでおり(図6)、前の実験結果である炭酸ガス発生量が多いことを裏付けることとなった。また、マルトースには、水分保

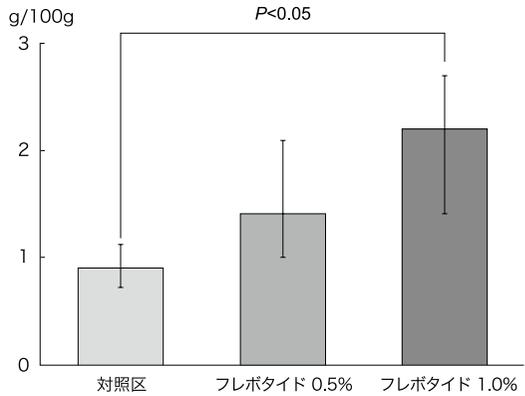


図6 パンのマルトース含有量

持効果、甘味増加効果、澱粉の老化(硬化)遅延効果があるためテクスチャーや味に影響を与えていると考えられた。

1-5. 官能評価

同じ調製日の対照区のパンを基準試料として、1日目と2日目に官能評価を実施した。評価は、「やわらかさ」「しっとり感」「弾力(もちもち感)」「飲み込みやすい」「おいしい」の5項目とした。

基準試料を0とし、正の評価を「やわらかい」「しっとりしている」「もちもちしている」「飲み込みやすい」「おいしい」とし、負の評価を「硬い」「パサパサしている」「もちもちしていない」「飲み込みにくい」「おいしくない」とする7段階評点法で評価した。パネルは社内の10名とした。その結果、試験区(フレボタイド0.5%添加, 1.0%添加)が全ての項目で対照区を上回る評価となった。(図7)

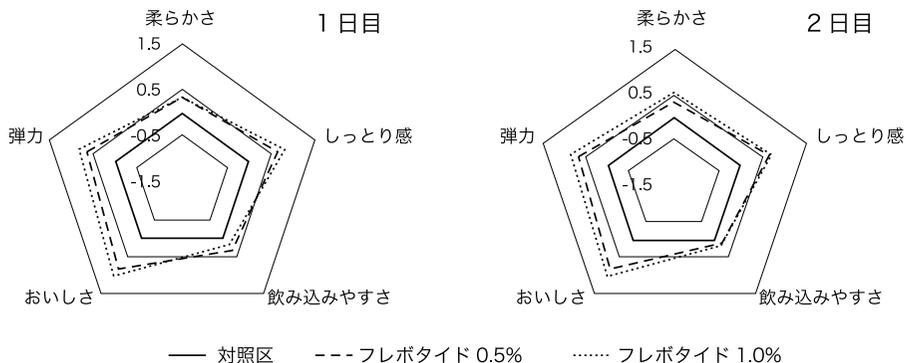


図7 パンの官能評価

試験区(フレボタイド0.5%添加,1.0%添加)のほうがやわらかく弾力があるという評価はテクスチャー解析値と同じ傾向だった。また複数のコメントに「パンが甘く感じる」とあったことや「しっとり感がある」という評価はマルトース含量を反映したものだと考えられる。「おいしさ」が5項目の中で最も高評価を得ていることや官能評価時に複数のパネルが「2日目のほうが対照区との差がわかりやすくおいしい」といった声もあったことからマルトースによるパンの老化遅延効果も期待できると考えられた。

1-6. まとめ

本実験により、フレボタイドがパンの物性・味に与える影響としてマルトースの蓄積による「パンの老化遅延効果」「甘味増加効果」「炭酸ガス発生促進効果」が期待できることが考えられる。また、要因は不明であるが実験結果から、生地の弾性・伸展性の増加による「ガス保持力の向上」も期待できると考えられる。

2. 中華麺に与える影響

2-1. 中華麺の調製

・材料

中華麺の材料は、強力小麦粉(カメリア,日清フーズ株),重曹(タンサン,共立食品株),塩(クッキングソルト,(財)塩事業センター)および水(水道水)を使用した。フレボタイドは塩液を使用した。

・調合

対照区となる中華麺の配合量は、強力小麦粉250g,重曹2.0g,塩2.0gおよび水90mLとした。試験区は、フレボタイドを小麦粉重量に対して0.5%,1.0%添加した。なお水と塩の量はフレボタイド由来分を差し引き,0.5%添加区では塩1.69g,水88.75m,1.0%添加区では塩1.38g,水87.5mLとした。

・調製

フィリップス社製ヌードルメーカーHR2365/01を使用した。この自動製麺機は、生地に約720kgの圧力をかけながらグルテンを形

成し、用途に応じた形状のアタッチメントから3段階で押し出すしくみとなっている。本実験では、混捏は5分間、アタッチメントは丸麺($\phi 2\text{mm}$)を使用した。製麺後はビニール袋に入れて、25℃の恒温槽に1晩放置した。

2-2. テクスチャー解析

テクスチャー解析は、15cmに切断した生麺100gを2リットルの沸騰水中で3分間茹で、ざるに取り出し流水(水道水約20℃)で30秒間冷却した後、水を切り密閉容器に入れて測定試料とした。測定には、クリープメーター(RE2-33005S山電(株))を用い、破断強度とテクスチャー及び引張強度試験を行った。測定は、1ロットにつき5回繰り返し、これを3回行った。破断強度の測定は、楔型プランジャー(先端0.1cm×2cm)を用い、試料台の移動速度を0.5mm/sとして麺線の厚みの99%まで垂直に圧縮し破断応力を測定した。

テクスチャーの測定は、円筒型プランジャー(直径5mm),速度5mm/s,歪率30%で行い、その結果から「付着性」「凝集性(弾力)」「硬さ」「厚み」を求めた。「引張り強度」は、速度5mm/sで引っ張り、最大応力を示したときの歪率で求めた。その結果、「破断強度」は、フレボタイド1.0%添加区(試験区)が3.718N/m²であり対照区の3.374N/m²より高く歯切れのよい麺である結果となったが有意差は見られなかった(図8)。

「付着性」は、対照区に比べ試験区(フレボタイド0.5%添加,1.0%添加)は有意に低く($p<0.05$),表面のべたつきの少ないつるつると

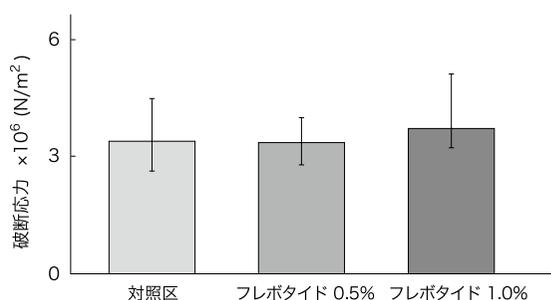


図8 破断強度

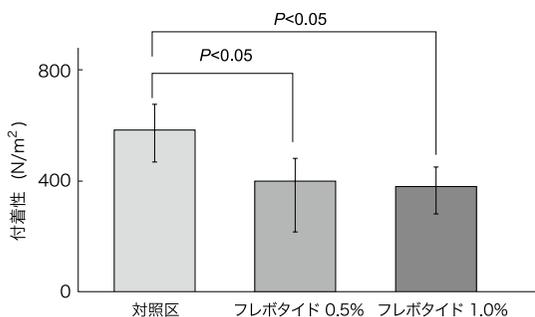


図9 付着性

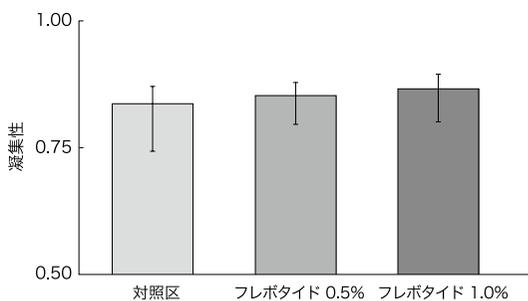


図10 凝集性

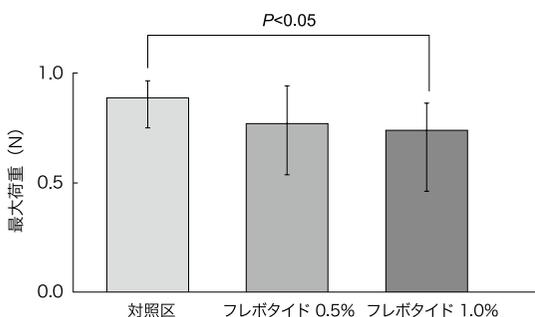


図11 硬さ

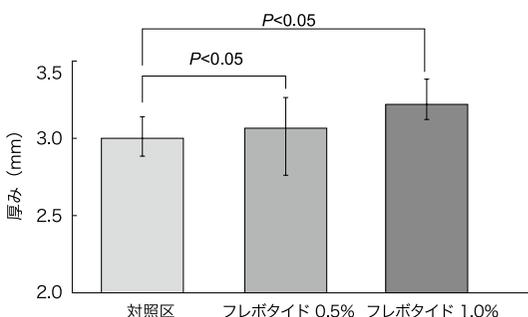


図12 麺の厚み

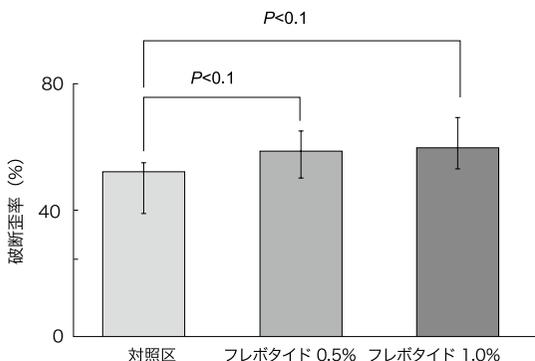


図13 引張り強度

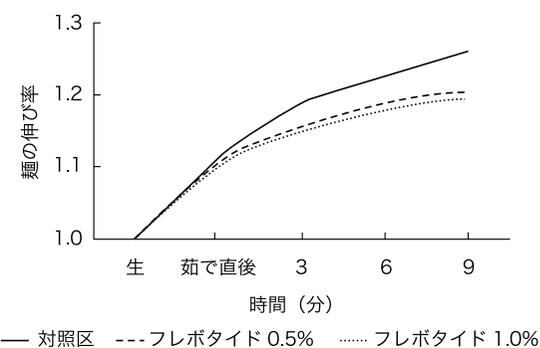


図14 麺のゆで伸び

した舌触りのよい麺であると考えられた(図9)。

「凝集性(弾力)」は、対照区より試験区(フレボタイド0.5%添加, 1.0%添加)がわずかに高い傾向であるが(図10), 「硬さ」は逆に低くフレボタイド1.0%添加区(試験区)では有意差も見られた。(図11)「厚み」は、試験区(フレボタイド0.5%添加, 1.0%添加)は対照区より有意に大きかった($p < 0.05$)。これらのことからふっくらと大きな弾力のある麺になっている一方、茹で時間の短縮ができるとも考えられる(図12)。

「引張り強度」は、対照区に比べ試験区(フレボタイド0.5%添加, 1.0%添加)が有意に($p < 0.1$)高い傾向があり、切れにくい伸長性のある麺になっていると考えられた(図13)。

2-3. 麺の茹で伸び

5cmに切断した生麺100gを2リットルの沸騰水中で3分間茹で、ざるに取り出し流水(水道水約20℃)で30秒間冷却した後、湯中(85℃)に放置し3分毎に取り出し長さを計測した。測定は、1ロットに10本取り出し、これを3回行った。その結果、生麺の長さを1とすると茹

表 1 各遊離アミノ酸の味

旨味系	甘味系		苦味系	
アスパラギン酸	アラニン	スレオニン	アルギニン	フェニルアラニン
グルタミン酸	グリシン	アスパラギン	ヒスチジン	バリン
	プロリン	グルタミン	イソロイシン	チロシン
	セリン		ロイシン	シスチン
			リジン	トリプトファン
			メチオニン	

で直後は対照区, 試験区 (フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加) とも 1.1 倍で差はほとんどなかった。しかし, 9 分後に対照区は 1.26 倍, 試験区 (フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加) は 1.20 倍となり, 試験区が茹で伸びしにくい結果となったが, ばらつきが大きく有意な差は見られなかった (図 14)。

2-4. 遊離アミノ酸含有量

凍結乾燥した 1 日目と 2 日目の中華麺を粉碎しエタノールで遊離アミノ酸を抽出した後, PTC-アミノ酸誘導体化法にて遊離アミノ酸総量およびその組成

を測定した。遊離アミノ酸には, それぞれ味があり「旨味系」, 「甘味系」, 「苦味系」の 3 つに分けることができ, その組成が麺の味に影響すると考えられたため, 結果は個々のアミノ酸を 3 つの味に区分し比較した (表 1)。その結果, 1 日目の遊離アミノ酸総量は, 対照区が 150mg/100g で, フレボタイド 0.5% 添加区 (試験区) は 172mg/100g, 1.0% 添加区 (試験区) は 166mg/100g で試験区の方が多かったがばらつきがあり有意差は見られなかった。アミノ酸の構成比は, 対照区, 試験区 (フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加) どちらもほぼ同じだった。

2 日目の遊離アミノ酸総量は対照区で 177mg/100g, フレボタイド添加 0.5% 区 (試験区) で 252mg/100g, 1.0% 添加区 (試験区) では 269mg/100g でフレボタイドを添加した麺は有意 (0.5% 添加 $p<0.1$, 1.0% 添加 $p<0.05$) に

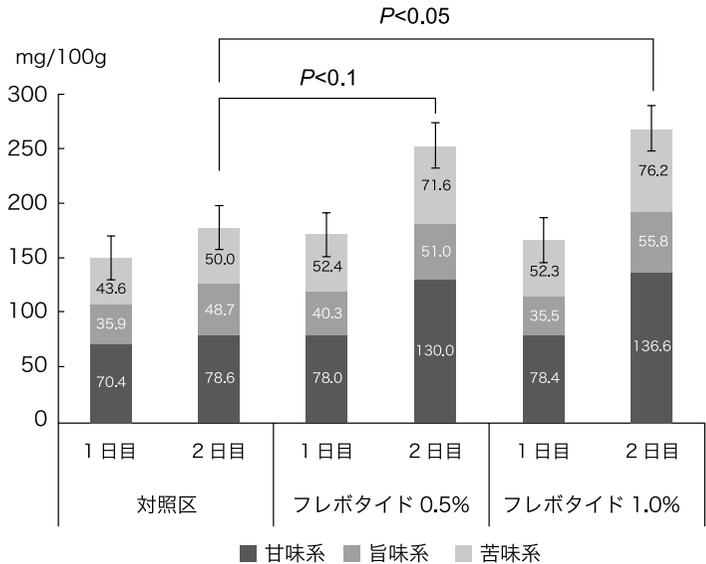


図 15 遊離アミノ酸総量とその構成比

増加していた。また各種アミノ酸も増加していたが構成比が変化しており, 対照区では甘味系アミノ酸が減少し旨味系アミノ酸が増加, 試験区 (フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加) では苦味系アミノ酸が減少し甘味系アミノ酸が増えていた。(図 15) これらの結果からフレボタイドを添加することで甘味のある味のよい麺になると考えられた。

2-5. マルトースの含有量

凍結乾燥した 1 日目と 2 日目の中華麺を粉碎しエタノールで糖を抽出した後, マルトース含有量を酵素法 (F-キット (ロシュ株) 使用) で測定した。その結果, 1 日目のマルトース含有量は試験区 (フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加) が高い傾向であったが有意差は見られなかった。2 日目は, 対照区が 786mg/100g, フレボタイド 0.5% 添加区 (試験

区) が 901mg/100g, 1.0% 添加区が 936mg/100g で試験区が有意 ($p<0.1$) に増加しておりパンと同じ傾向がみられた(図 16)。麺は生麺をねかす(熟成)ことで味わい深くなるといわれ, その要因のひとつに酵素作用による甘味の増加が考えられている。

これらのことから, フレボタイドを添加することでねかしの効果が高まる可能性があり味わい深い甘みのある麺になることが考えられる。

2-6. 官能評価

対照区を基準試料として, 官能評価を実施した。評価は, 「硬さ」「つるみ」「弾力」「つや」「おいしさ」の 5 項目とした。

基準試料を 0 とし, 正の評価を「硬い」「つるみがある」「弾力がある」「つやがある」「おいしい」とし, 負の評価を「やわらかい」「つるみがない」「弾力がない」「つやがない」「おいしくない」とする 7 段階評点法で評価した。パネルは社内の 10 名とした。その結果, 試験区(フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加)は全ての項目で対照区を上回る評価となった(図 17)。試験区(フレボタイド 0.5% 添加, 1.0% 添加)の方がつるつるとした食感で弾力があるという評価はテクスチャー解析値と同じ傾向だった。また複数のコメントに「味わい深い」や「自然な甘味がある」などとあり, これは遊離アミノ酸やマルトース含有量が反映していると考えられる。

2-7. まとめ

本実験により, 中華麺にフレボタイドを添加することで「弾力があり, つるつるとした食感で, 歯切れが良く, 伸長性がある麺」になることが明らかとなった。また遊離アミノ酸やマルトースが増加することから, フレボタイドはねかし(熟成)の効果を高めている可能性があると考えられる。

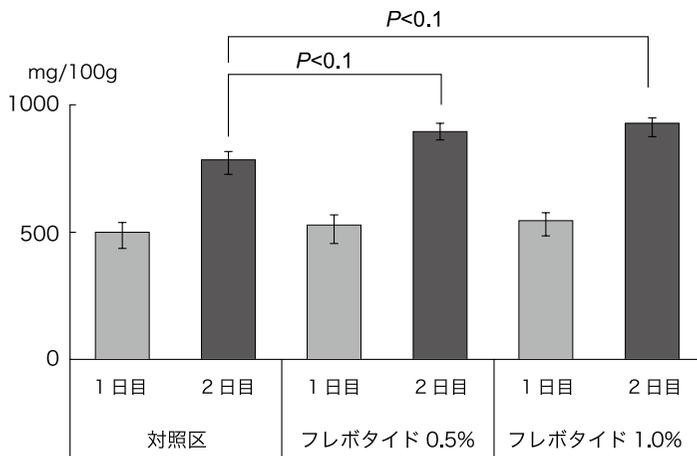
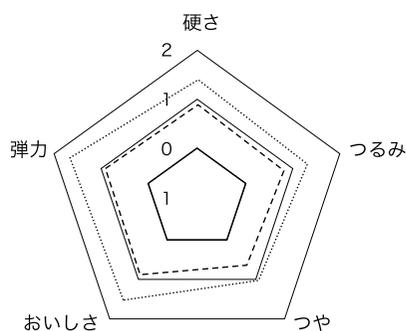


図 16 マルトース含有量



— 対照区 --- フレボタイド 0.5% フレボタイド 1.0%

図 17 中華麺の官能評価

おわりに

当社クロレラ工業は, 創業以来半世紀にわたり単細胞緑藻クロレラの持つ可能性について研究・開発を続け健康食品や食品素材として製造販売を行ってきた。

この 50 年以上の食経験と研究成果から, クロレラは副作用や習慣性のない安心して毎日食べられる天然食品素材といえる。またその安全性の高さを裏付けるものとして(公財)日本健康・栄養食品協会の健康食品安全性自主点検認証制度により「クロレラ粉末」(認証コード番号 10A114001), 「クロレラエキス」(認証コード番号 10A113001)は認証登録を得ている。

本実験結果からフレボタイドがパンと麺に対して食味や硬さなどの物性に影響を与えることが明らかとなった。これは合成添加物の過剰な

摂取による健康被害が問題視され、天然素材が求められる現代において意義あることだと考えられる。

クロレラのさらなる可能性について今後も検証を重ねるとともにより安心安全な食品素材としての幅広い利用を期待している。

参考文献

1. 藤原洋子, 平川敬三, 新保國広: 高脂血症患者に及ぼすクロレラ長期投与の影響, 日本栄養・食糧学会誌, **43**(3), 167-173(1990)
2. 宮脇真理子, 他: *Chlorella* (筑後産) に関する研究 (第4報)- とくに血圧症例に対して - 基礎と臨床, **14**(12), 191-200(1980)
3. K. Morita, T. Matsuda, T. Iida, *et al.*: *Chlorella* accelerates dioxin excretion in rats. *Journal of Nutrition* **129**(9),1731-1736,(1999)
4. T. Uchikawa, A. Yasutake, Y. Kumamoto, *et al.*: The influence of *parachlorella beyerinckii* CK-5 on the absorption and excretion of methylmercury (MeHg) in mice. *J.Toxicological Science*, **35**(1),101-105(2010)
5. K.Tanaka, Y.Tomita, M.Tsuruta, *et al.*: Oral administration of *chlorella vuigaris* augments concomitant antitumor immunity. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, **12**(2), 277-291(1990)
6. T.Hasegawa,Y.Kimura,K.Hiromatsu, *et al.*: Effect of hot water extract of *chlorella vuigaris* on cytokine expression patterns in mice with murine acquired immunodeficiency syndrome after infection with *listeria monocytogenes*. *Immunopharmacology*, **35**, 273-282(1997)
7. 丸山功: クロレラ. 藻類ハンドブック. 渡邊信, 丸善出版(株), 2012
8. 山木一史, 榎賢治, 田中彰, 他: 北海道産小麦の製パン適性に関する研究, 北海道立食品加工研究センター, **3**, 9-13(1998)
9. 伊藤聖子, 木川梨沙, 新井映子: 米粉パンの老化に及ぼすイモ類粉末の影響, 日本調理科学会誌, **46**(4), 254-261(2013)
10. 相良泰行: 食パンの破断特性および粘弾性計測法, 冷凍, **80**(931), 36-44(2005)
11. 岩瀬祥一, 三浦靖, 小林昭一: 2次発酵条件を変化させたパン生地の物性と製パン特性との関連性, 日本レオロジー学会誌, **34**, 147-156(2006)
12. 杉本雅敏: そばの製麺工程における糖含量も変化と糖化関連酵素との関係, 福井県農業試験場研究報告, **41**, 71-75(2004)
13. 北村進一, 中屋慎: 糖の定量法・生物化学工学基礎講座・バイオよもやま話, 生物工学会誌, **90**(12), 790-793(2012)
14. 河合美佐子: 味を決めるアミノ酸・生物化学工学基礎講座・バイオよもやま話, 生物工学会誌, **89**(11), 679-682(2011)
15. うま味の基本情報, <https://www.umamiinfo.jp/what/whatsumami/>, 閲覧日 2017/5/22
16. 館和彦, 小川宣子, 下山田真, 他: 中華麺の物性, 構造に及ぼす乾熱卵白の影響, 日本食品科学工学会誌, **51**(9),16-22(2004)
17. 阿部芳子, 上船津暢子, 市川朝子: 麺の食味と物性におよぼす卵の影響, 日本調理科学会誌, **39**(5), 289-295(2006)
18. フィリップス「日本の主食を考える」ヌードルメーカー・マイナビニュース, <http://news.mynavi.jp/articles/2014/06/03/philips/>, 閲覧日 2017/8/8

酵母が醸すお酒の世界

—酵母のアルコール発酵と二日酔い対策—

中川 智行 (NAKAGAWA Tomoyuki)*

* 岐阜大学 応用生物科学部

Key Words：出芽酵母 清酒 吟醸香 アセトアルデヒド

はじめに

古来より人類は「酒の持つ不思議なチカラ」に陶酔してきた。酒はヒトに昂揚感を与え、特別な精神状態を作り出すことから、人類は酒を神聖なものと崇め、神への捧げ物、さらには神の領域に近付くための重要なツールとして祭事や儀礼などで利用してきた。さらに酒は、時には「憂いの玉箒」とあるように心の憂いを拭い去ってくれ、時には「人間関係の潤滑油」として交渉事や冠婚葬祭など様々な宴席で親睦を深めるためのツールとして活用されてきた。このように、人類は酒の持つ偉大なチカラを知り、その魅力を楽しみ、それらを巧妙に活用することでそれぞれの文化を発展させてきた。また人類はその文化の構築の過程で「より美味しい酒」を追い求め、それぞれの文化に見合った酒を醸造する技術を長い歴史の中で発展させてきたことから、酒は各々の地域文化を映し出す鏡であると言っても過言ではない。

一方、江戸時代の儒学者・貝原益軒は「養生訓」の中で「酒は天の美禄なり。少し飲めば陽気を助け、血気をやわらげ、食気をめぐらし、愁を去り、興を発して甚だ人に益あり。」と記し、酒はヒトにとって有益なものであるとしている。しかし、同時に「少しのめば益多く、多くのめば損多し」、「すぐれて長生きの人の十人に九人は酒を飲まない人。酒を多く飲む人の長

命はまれである。酒はほろ酔いに飲むことで、長生きの薬になる。」と節度ある飲酒こそ「百薬の長」と忠告もしている。その通りで、ついつい飲みすぎた次の日は二日酔いになり、それが常習化してしまうとやがてアルコール使用障害に陥り、人体に多大な悪影響をおよぼすことはいうまでもない。この二日酔いの原因物質のひとつとして知られるアセトアルデヒドは、エタノールの酸化により体内で必ず生産される代謝中間体であり、フラッシング反応（顔面紅潮、吐き気、動悸、眠気、頭痛、頻脈、血圧低下、気管支収縮、アレルギー反応など）を引き起こすのみならず^{1,2)}、肝障害や発ガン性^{1,3-5)}、さらにはシックハウス症候群の原因物質でもある⁶⁾。つまり、飲酒時にはこのアセトアルデヒドの細胞毒性を上手に回避しながら宴席を楽しみたいものである。

このように酒には、素晴らしい機能と役割りの「明」の部分と過剰摂取等で健康に影響を及ぼす「暗」の部分と併せ持つ。私たちの研究グループでは酒の持つ「明暗」の特性を極めるべく、酒を醸す職人・出芽酵母の持つ細胞機能・発酵能力にフォーカスを当て、個性的でかつ魅力的な清酒を醸すことができる新奇な清酒酵母の分子育種、さらには二日酔い対策法・生物の持つアセトアルデヒド耐性機構を解明すべく研究を行ってきた。本稿では、前半はより良い美

味い清酒を醸すための清酒酵母の機能について、後半は出芽酵母のアセトアルデヒド耐性機構から考える二日酔い対策について私たちの研究成果を交えながら解説したい。

1. 出芽酵母が醸す清酒の味と香り

—出芽酵母の発酵力と清酒らしさ—

太古の昔から、私たちの先祖は微生物の存在を知る由もなく、19世紀半ば、パスツールが「出芽酵母がワインを醸している」ことを証明するまで、「酒は神からの賜物」と考え、酒を仕込む際には神様がアルコールを恵んでくれる最適な環境を作り出し、その条件を伝承してきた。つまり、先人たちはそれぞれの酒蔵に住みついている独自の「蔵付酵母」を神と崇拝し、蔵付酵母が効率的に発酵できる条件を徹底的に追求し、その能力を制御する方法を確立していたことになる。以後、出芽酵母の優れた酒を醸す能力が次々と証明され、清酒酵母においては、1904年（明治37年）に設立された国立醸造試験所が全国の蔵元から優秀な蔵付酵母を単離し、それを「きょうかい酵母」として他の酒蔵に頒布することで、全国の酒蔵の清酒の品質を一気に押し上げてきた^{7,8)}。

一方、私たちの研究グループでは「きょうかい酵母」とは異なる特性を持つ新奇な清酒酵母の開発を目的に、自然界から新たに野生酵母をスクリーニングし、その分子育種を行っている^{9,10)}。しかし、これまできょうかい酵母に匹敵する発酵力を持った野生酵母をなかなか獲得できていないのが現状である。では、きょうかい酵母の持つ特別な能力とはどのようなものなのだろうか。

1-1. 清酒酵母のアルコール発酵能力と清酒醸造

清酒の品質のうち「アルコール度数」と「日本酒度」は清酒酵母のアルコール発酵能力に依存する。発酵力が強いと清酒中の糖を十分に消費し、アルコール度数が上昇する。それに伴い清酒の密度が減少し、日本酒度が上がる、これが「辛口」の清酒となる。逆に発酵力が弱い酵

母で仕込んだ場合、清酒には糖が残り、低アルコールの「超甘口」の清酒しか醸造できない。清酒酵母が生産する「酸」も「清酒の甘辛」を左右する要因ではあるが、一般的に清酒酵母のアルコール発酵力が醸造できる「清酒の甘辛」の選択肢を決定づける最大の要因ということになる。

きょうかい酵母と実験室酵母のアルコール発酵力を比べた場合、きょうかい酵母は実験室酵母に比べて発酵期間を通じて高い発酵速度を示し、最終的なアルコール度数は実験室酵母では10%台前半が限界であるのに対し、清酒酵母では約18～20%にまで到達することが報告されてる¹¹⁾。このように、きょうかい酵母は、辛口の清酒醸造にも十分対応できる清酒酵母界の超エリートたちであることが分かる。私たちの研究グループでも自然界から多数の出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* を獲得してきたが^{9,10)}、これまで単離した野生酵母は遺伝的にきょうかい酵母と近縁であっても、残念ながらそれに匹敵する発酵力を持つスーパー野生酵母を獲得できていない¹⁰⁾。

渡辺らはきょうかい酵母の発酵力とストレス耐性の関連性について極めて興味深い報告をしている。きょうかい酵母は実験室酵母などと比べて、エタノールを含めた外環境からの「ストレスに対して非常に弱い」というのである¹¹⁾。その理由は、きょうかい酵母ではストレス応答に重要なシグナル伝達系 Rim15p-Msn2/4p の機能が遺伝的に欠落していることに起因し、これにより複数のストレス応答関連転写因子の機能が抑制され、実験室酵母よりも様々なストレスに対して耐性が低いことが分かってきた¹²⁻¹⁴⁾。また、実験室酵母も Rim15p-Msn2/4p 系を欠損させるとエタノール生産量が劇的に上昇することから¹²⁻¹⁴⁾、現在ではきょうかい酵母の弱いストレス耐性能が何らかの形で「高い発酵力」につながっていると考えられている。

このように、きょうかい酵母は進化の過程でストレス耐性能を捨て、より多くアルコールを

作る清酒醸造のスペシャリストとしての道を選択したことになる。裏を返せば人類はそのような職人的なきょうかい酵母を意図的に選抜してきた、つまりきょうかい酵母は長い年月をかけて人類が完全に家畜化した産業微生物であると言える。一方、酵母が自然界で生きていくためには、過酷な環境に適応するための高いストレス耐性能が求められるはずである。このことは、私たちがこれまできょうかい酵母に匹敵する高い発酵能力を持った野生酵母を自然界から獲得できていないことを示しているのかもしれない。ただ、渡辺らの報告から、ストレス感受性変異による育種で出芽酵母の発酵能を向上させることは可能であり、さらには私たちの野生酵母は低アルコール酒の醸造に使用するなど、その特徴を活かした新たな個性的な清酒の開発の可能はあると考えている。

1-2. 清酒の香りは清酒酵母が醸す

清酒の品質を特徴付けるものはアルコール度だけでなく、「香り」も重要な要素の一つである。私たちは、食品を口に入れたときに感じる味覚

や嗅覚などの総合的感覚から、その食品の「風味」を評価している。この「食品を口内に入れたとき感ずる香気」はフレーバーとも呼ばれ¹⁵⁾、複数の因子が複雑に影響し合うため、その表現や評価は困難である。近年、宇都宮らは清酒中の香味特性を表す用語を16のクラスに分類し、それらを体系的にまとめた「清酒のフレーバーホイール」を提案している¹⁶⁾。このフレーバーホイールにあるように、清酒は果実様、花様、カaramel様、脂肪様、酸臭など、様々な香味特性から成り、それぞれの香りの絶妙なバランスのもとその風味が形成されている。特に吟醸酒の「フルーティーで華やかな香り」はフレーバーホイールのクラス1に分類されている「吟醸香」と呼ばれ、リンゴ様の香りのカプロン酸エチルとバナナ様の香りの酢酸イソアミルがその代表格である(図1)。

もちろん、吟醸香は清酒の唯一の原料「米」由来ではなく、清酒酵母によって生成される発酵産物である。特に、きょうかい7号(長野・真澄)ときょうかい9号(熊本・香露)等のきょうかい酵母は吟醸香が高く⁸⁾、その吟醸香

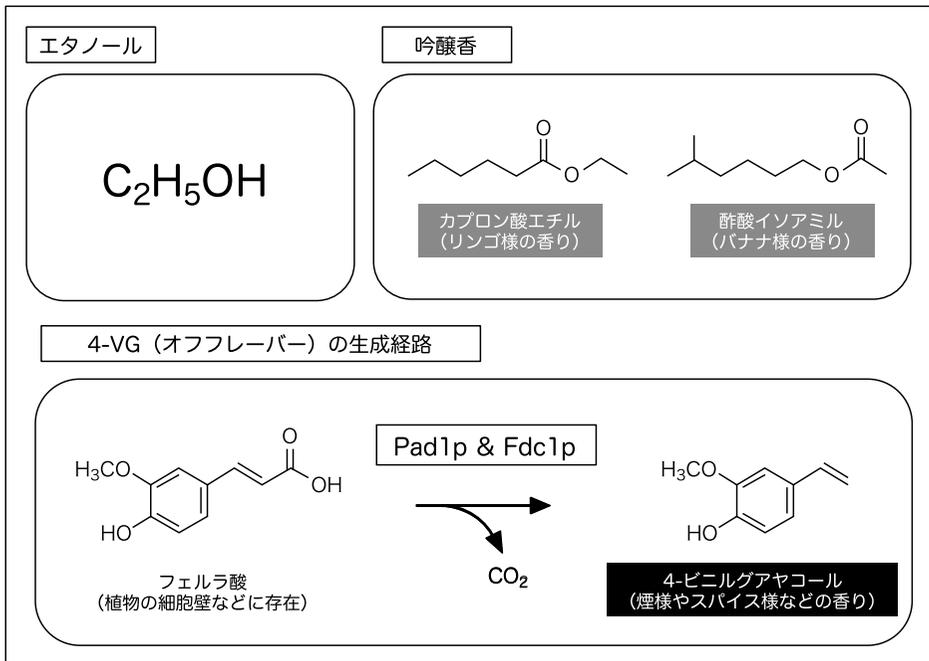


図1 清酒酵母が醸す清酒の品質に関する化学物質

の生成に関わる代謝経路もすでに同定されている¹⁷⁾。よって、現在、吟醸香の高生産株を遺伝的に分子育種することは可能であり、様々なグループでそれぞれ吟醸香の高生産酵母を戦略的に育種している。例えば、月桂冠の研究グループは、リンゴ様の香りを持つカブロン酸エチルの高生産株を高確率でスクリーニングする方法を確立している¹⁸⁾。カブロン酸エチルはカブロン酸 (C6:0) とエタノールがエステル化することで生成されるため、彼らは前駆体であるカブロン酸を十分に供給できれば、自ずとカブロン酸エチルの生産性が向上すると考えた。ノーベル賞を受賞された大村智先生が見出したセルレニン¹⁹⁾は、脂肪酸合成酵素による β -ケトアシル [ACP] の合成を阻害することが知られている¹⁹⁾。このセルレニン耐性を指標にスクリーニングすると、脂肪酸合成酵素の α -サブユニット Fas2p の特定のアミノ酸残基に変異が入った酵母株が高確立で獲得でき、これら変異株では長鎖脂肪酸の合成量が減少し、カブロン酸を多量に蓄積することが報告されている^{17, 18)}。つまり、セルレニン耐性によりカブロン酸エチルを高生産する変異株を容易に得るのである。カブロン酸エチル以外にも、酢酸イソアミルの高生産株など²⁰⁾、清酒の吟醸香を強化する清酒酵母の分子育種法はすでにいくつか報告されている。

一方、酵母が醸す「香り」は良い香りだけではない、時には製品の品質を低下させる臭い「オフフレーバー」を酵母が生産してしまうこともある。例えば、野生酵母を清酒醸造に用いるとどうしても独特な煙様・スパイス様の香りが出てしまう。この香りは出芽酵母が生産する4-ビニルグアヤコール (4-VG) に由来する²¹⁾。4-VG は米糠等に含まれるフェルラ酸を出芽酵母が脱炭酸することで生産され (図1)、ごく少量でもその臭いを感じてしまう²¹⁾。近年、出芽酵母の4-VG生産に関与する遺伝子 PADI と FDC1 が同定され、その両遺伝子が共に機能する場合のみ、出芽酵母が4-VGを生産することが明らかになった²¹⁾。私たちがこれまで獲

得してきた野生酵母の大部分は、4-VGを生産してしまうが、驚いたことにきょうかい酵母はこれら遺伝子に変異が入っており、4-VG生産能を完全に欠落している²²⁾。つまり、きょうかい酵母はオフフレーバーを生産することなく、清酒の香りを醸することができるようである。

このように、清酒酵母が醸す「香り」は「アルコール発酵力」と共に清酒の品質を左右する非常に重要な因子の一つである。これらの能力において、きょうかい酵母は清酒醸造界の絶対的エースであり、一般的な野生酵母の能力ではきょうかい酵母のような華やかでかつ力強い清酒の仕込みは到底期待できないことがよく理解できる。よって、きょうかい酵母と同じ性質を追い求めて野生酵母の育種を試みても、結局「似非 (エセ) きょうかい酵母」を生み出す作業をしているだけに過ぎない。私たちは野生酵母の欠点を克服する必要があるものの、きょうかい酵母とは異なる特性を持ち、その特徴を前面に押し出した清酒を醸することができる個性的でかつチャーミングな清酒酵母を創出していく必要があると考えている。つまり、私たちが目指す清酒酵母は総選挙でセンターをとるスーパーアイドル的存在であるよりも、地域で評価される通好みのご当地キャラ的存在の清酒酵母である必要があるのかもしれない。

2. 出芽酵母のアセトアルデヒド耐性機構と二日酔い対策

飲みすぎた次の日、二日酔いになるのはとても辛い…。前述の貝原益軒は「酒を飲むには、各人によってよき程の節あり。」としている。つまり、酒の強さには個人差があり、それぞれ自身の「よき程の節」を知っておくのは重要である。現在、ヒトの下戸と上戸は遺伝的に説明されている。飲酒によって生じたアセトアルデヒドを処理するアルデヒドデヒドロゲナーゼ (ALDH2) にはノーマル型 (N型) と活性をほとんど持たない変異型 (M型) の存在が知られ、その遺伝型がヒト個人の酒の強さを反映しているとされている²³⁻²⁶⁾。

アセトアルデヒドは、分子内に強い還元性・反応性を示すカルボニル炭素を持ち、生体内のタンパク質や核酸のアミノ基と非選択的に結合することで様々な代謝や細胞機能を阻害するため、すべての生物に対して強い毒性を示す^{3,4)}。よってアセトアルデヒドを無毒化する ALDH2 の遺伝型がヒトの上戸と下戸を分ける因子のひとつであることは納得できる。しかし、M 型を持つ下戸な人々も飲酒の際に何らかの形でアセトアルデヒドの毒性を回避できれば、ある程度、上戸に近づくことができるのではと考えてしまう。

一方、アセトアルデヒドは出芽酵母のアルコール発酵の重要な代謝中間体であることから、発酵中、出芽酵母は常にアルデヒドストレスに曝され続けており、その間ずっと二日酔いと戦っていることが容易に想像できる。つまり、出芽酵母はかなりの上戸であると思われ、そのアセトアルデヒドに対する細胞応答と耐性機構は私たちの二日酔い対策のヒントを与えてくれると考えている。

2-1. 出芽酵母のアセトアルデヒド耐性関連遺伝子群 (AAT)

このような背景のもと、私たちのグループでは出芽酵母を用いて、遺伝子が欠損することで感受性を示す 50 以上のアセトアルデヒド耐性関連遺伝子 (AAT) を同定してきた²⁷⁾。AAT には様々な機能を持つ遺伝子群が含まれていたことから、出芽酵母はあの手この手でアセトアルデヒド対策をおこなっていることが容易に想像できる。特に、ほとんど全てのペントースリン酸経路 (PPP) の構成酵素をコードする遺伝子が AAT であり、その遺伝子発現はアセトアルデヒドにより大きく上昇する²⁷⁾。また、大部分の解糖系遺伝子の欠損株は逆にアセトアルデヒド耐性が上昇し、グルコースリン酸イソメラーゼ遺伝子 *PGII* の発現はアセトアルデヒドストレス下では低レベルに抑制される²⁸⁾。一方、転写制御因子である *Stb5* もまた AAT の一員であり、欠損により強いアセトアルデヒド

感受性を示す²⁸⁾。そこで *Stb5* によって発現が制御される AAT 遺伝子の同定を試みたところ、*Stb5* はアセトアルデヒドストレス下では PPP 関連遺伝子の発現を上昇させ、同時に *PGII* の発現を抑制していた²⁸⁾。このことは、出芽酵母はアセトアルデヒドストレス下で *Stb5* によりグルコースの代謝フローを解糖系から PPP に流れるよう、PPP を活性化する方向に代謝を制御していることが伺える。実際、メタボローム解析を行ってみると、アセトアルデヒド存在下では細胞内において PPP の代謝中間体の濃度が劇的に上昇する (未発表)。つまり PPP はアセトアルデヒド耐性機構において何らかの重要な役割を持つことが推察される。

2-2. アセトアルデヒドストレス下における NADPH を要求する代謝系の機能と役割

出芽酵母は何故、アセトアルデヒドストレス下で PPP を強化する必要があるのだろうか？アセトアルデヒドストレスに関するメタボローム解析のデータを眺めてみると、出芽酵母はアセトアルデヒドストレス下では細胞内 NADPH 量を非ストレス条件下と比べて 3 倍以上に増加させる (未発表)。さらには NAD (H) をリン酸化する NAD (H) キナーゼの欠損が弱いながらもアセトアルデヒド感受性を示すことから (未発表)、アセトアルデヒドによる PPP の活性化は「NADPH の供給」が主要な役割であることが推測できる (図 2)。

では、出芽酵母はアセトアルデヒドストレス下で NADPH を強化しなければならないのか？実は AAT 遺伝子群には NADPH を要求する酵素をコードする 3 つの遺伝子 *OARI*, *GLRI*, *HOM6* が含まれていた²⁷⁾。これら NADPH 依存型酵素のうち *OARI* は、脂肪酸伸長反応系の 3-オキソアシル [ACP] レダクターゼ (*Oar1p*) をコードしており²⁹⁾、実際、出芽酵母はアセトアルデヒド存在下で *Stb5* 依存的に *OARI* の発現を上昇させ、細胞内のオレイン酸 (C18:1) 量を増加させる²⁷⁾。また、生育環境へのオレイン酸の添加は、PPP 欠損のアセトアルデヒド

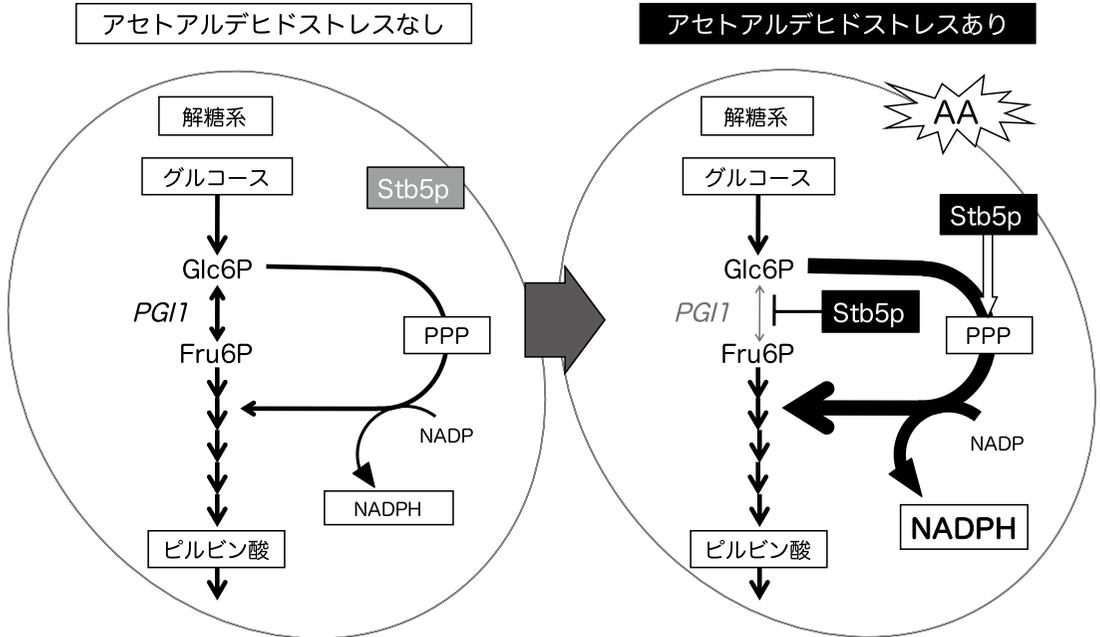


図2 出芽酵母のアセトアルデヒドによるペントースリン酸経路の活性化

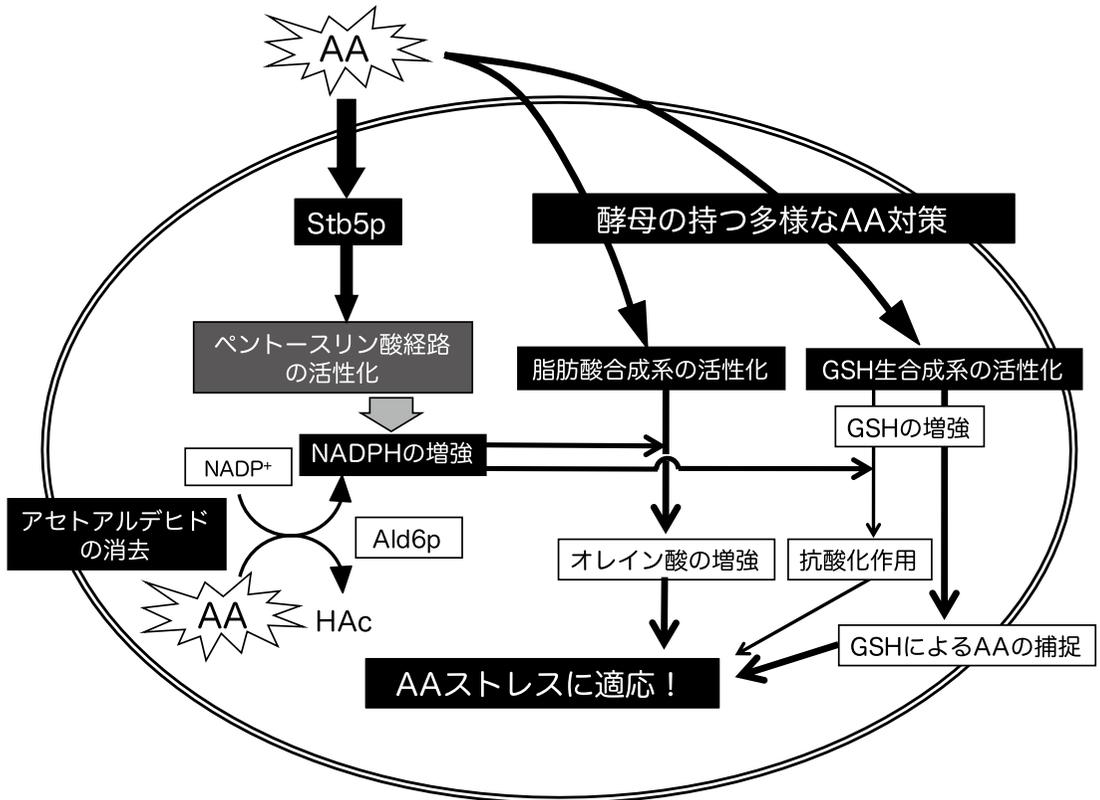


図3 これまで明らかとなってきた出芽酵母のアセトアルデヒド耐性機構

感受性を部分的に解消する²⁷⁾。このことから、出芽酵母の NADPH を要求するアセトアルデヒド耐性系のひとつはオレイン酸合成系であることが示唆される。

また、グルタチオン (GSH) レダクターゼも NADPH 依存型酵素であり³⁰⁾、その遺伝子 *GLR1* の欠損も強いアセトアルデヒド感受性を示す³¹⁾。GSH 生合成経路の律速段階をコードする *GSH1* はアセトアルデヒドストレスにより発現量が3倍以上に増加し³²⁾、また GSH 生合成経路の遺伝子欠損株は強いアセトアルデヒド感受性を示す³¹⁾。さらには、還元型 GSH を添加することで出芽酵母のアセトアルデヒド感受性を解除できることから³¹⁾、還元型 GSH が出芽酵母のアセトアルデヒド耐性機構で重要な役割を持つことは明白である。しかし、GSH に依存するメジャーな生体防御システム「活性酸素種 (ROS) の消去系」と「GSH 抱合による解毒系」は^{33, 34)}、共に関与する遺伝子群を欠損させてもアセトアルデヒド耐性に影響を及ぼさない³²⁾。つまり、GSH は両システムとは異なる方法でアセトアルデヒド耐性に寄与していることになる。

一方、GSH はアセトアルデヒドストレス下において合成経路が活性化されるにもかかわらず、細胞内レベルはその負荷量に反比例して劇的に減少した³¹⁾。GSH の分解産物である Cys や Cys-Gly はアセトアルデヒドを素早く共有結合的に捕捉することが報告されているが³⁵⁻³⁷⁾、アセトアルデヒドストレス下でも Cys と Cys-Gly の細胞内濃度は変化しなかった。一方、GSH のアセトアルデヒド結合能を観察してみると、GSH は数時間後にやっとアセトアルデヒドとの付加体を形成し、最大4分子のアセトアルデヒドを分子内に補足することが明らかとなった³¹⁾。アルコール発酵の場合、重要な代謝中間体アセトアルデヒドを不可逆的に補足し、その細胞内の絶対量を低減させてしまうと、発酵を停滞させてしまうリスクがある。ところが GSH - アセトアルデヒド付加体はどうも不安定で、放置しておくとすぐにアセトアルデヒドを放出するよ

うで、出芽酵母にとっては一時的な毒性回避先である GSH の方がアルコール発酵に好都合であるようである。このように出芽酵母は、自身の代謝の特性に合わせて巧妙な「二日酔い対策」を手に入れているようである (図3)。

このように、これまでの知見から考えると、飲み会の席では、オリーブオイルとグルタチオンやその主成分システインを含む肉料理を肴にすれば二日酔いを少しは押さえられるかもしれない。これがイタリア人やスペイン人が上戸である秘密なのかもしれないと勝手に妄想している。

本稿で紹介した出芽酵母のアセトアルデヒド耐性の分子機構はほんの一部であり、まだ機能を見いだしていない AAT 遺伝子はたくさんある。今後、これら AAT 遺伝子の解析から、スーパー出芽酵母の育種、さらには私たちの二日酔いの秘策が見つかるかもしれない。

おわりに

本稿では「酵母が醸すお酒の世界」と題して、アルコールと香りを醸す清酒酵母の発酵能力とその分子育種について、さらには出芽酵母の持つアセトアルデヒドに対する細胞応答と毒性回避の分子メカニズムを中心に解説してきた。

清酒醸造において、清酒酵母は単にアルコールを作り出す道具ではなく、清酒の絶妙な風味を醸す職人であることを述べてきた。特に、きょうかい酵母は私たちのために我が身を削り、また日々二日酔い状態に耐えながら、華やかで美味しいお酒を造り続けてくれているスーパーアイドル的存在であるの言うまでもない。もちろん筆者の夢は、野性味溢れる「野生酵母」のチカラを活かした個性的で特徴的な風味を持つ清酒を醸造することである。私たちの野生酵母がきょうかい酵母と並び立つ…、いつかその日がくるのを楽しみにしている。

「二日酔い対策」を含め、出芽酵母の細胞機能と酒の関係はとても興味深く、その仕組みを知れば知るほど、「酒の持つ不思議なチカラ」を改めて実感する。健気に清酒を醸す、時には

私たちの実験モデルとなってくれる出芽酵母達に感謝しつつ、今日も様々な蘊蓄（うんちく）を傾けながら「神（清酒酵母）からの賜物」である美味しいお酒を楽しみたいものである、もちろん個人の「よき程の節」をわきまえること

が前提ではあるが…。

本稿は SUNATEC e-Magazine vol.126 に掲載された原稿に加筆・修正をしたものです。

参考文献

1. Brooks PJ, Enoch MA, Goldman D, *et al.*: The alcohol flushing response: an unrecognized risk factor for esophageal cancer from alcohol consumption. *PLoS Med.* **6**: e50. 2009.
2. Eriksson CJP: The role of acetaldehyde in the actions of alcohol (update 2000). *Alcohol Clin Exp Res.* **25**: 15S-32S. 2001.
3. Seitz HK, Stickel F: Molecular mechanisms of alcohol-mediated carcinogenesis. *Nat Rev Cancer.* **7**: 599-612. 2007.
4. Seitz HK, Stickel F: Acetaldehyde as an underestimated risk factor for cancer development: role of genetics in ethanol metabolism. *Genes Nutr.* **5**: 121-128. 2010.
5. Seitz HK, Becker P: Alcohol metabolism and cancer risk. *Alcohol Res Health.* **30**: 38-41, 44-47. 2007.
6. 瀧川智子：化学物質による室内環境汚染とシックハウス症候群。日本職業・災害医学会会誌。 **54**: 193-199. 2006.
7. 吉田清：清酒酵母の研究—80年代の研究—。清酒酵母研究会。 p100. 1992.
8. 赤尾健：ゲノムから見た清酒酵母の系統分化と育種への新たな視点。化学と生物。 **52**: 223-232. 2014.
9. 中川智行, 鈴木徹, 杉山誠：酒と食の文化の実践的理解—岐阜大学応用生物科学部の日本酒醸造を基盤とした新たな教育プログラム—。美味技術学会誌。 **14**: 2-6. 2016.
10. 堀江祐範, 中川智行, 杉野紗貴子, 他：地産微生物の応用として四国遍路道から分離した野生酵母による清酒醸造の試み。美味技術学会誌。 **15**: 12-20. 2016.
11. 渡辺大輔：なぜ清酒酵母はアルコール発酵力が高いのか？化学と生物。 **50**: 723-729. 2012.
12. Watanabe D, Araki Y, Zhou Y, *et al.*: A loss-of-function mutation in the PAS Kinase Rim15p is related to defective quiescence entry and high fermentation rates of *Saccharomyces cerevisiae* sake yeast strains. *Appl Environ Microbiol.* **78**: 4008-4016. 2012.
13. Watanabe D, Wu H, Noguchi C, *et al.*: Enhancement of the initial rate of ethanol fermentation due to dysfunction of yeast stress response components Msn2p and/or Msn4p. *Appl Environ Microbiol.* **77**: 934-941. 2011.
14. Noguchi C, Watanabe D, Zhou Y, *et al.*: Association of constitutive hyperphosphorylation of Hsf1p with a defective ethanol stress response in *Saccharomyces cerevisiae* sake yeast strains. *Appl Environ Microbiol.* **78**: 385-392. 2012.
15. 大森正司, 辻美保子, 豊沢功, 他：フードサイエンス—新しい食品学総論。科学同人。 1997.
16. 宇都宮仁：清酒の官能評価分析における香味に関する品質評価用語及び標準見本。日本醸造協会誌。 **101**: 730-739. 2006.
17. 堤浩子：酒類の香气成分研究の新展開。生物工学。 **89**: 717-719. 2011.
18. Ichikawa E, Hosokawa N, Hata Y, *et al.*: Breeding of a sake yeast with improved ethyl caproate productivity. *Agric Biol Chem.* **55**: 2153-2154. 1991.
19. 大村智：くすりにならなかった抗生物質：セルレニン。ファルマシア。 **13**: 109-112. 1977.
20. 溝口（藤城）弘子, 渡辺 睦, 永井 英雄, 他：Fluazifop 耐性による酢酸イソアミル高生産性清酒酵母の分離。日本醸造協会誌。 **93**: 665-670. 1998.

21. Mukai N, Masaki K, Fujii T, *et al.*: PAD1 and FDC1 are essential for the decarboxylation of phenylacrylic acids in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biosci Bioeng.* **109**: 564-569. 2010.
22. Mukai N, Masaki K, Fujii T, *et al.*: Single nucleotide polymorphisms of PAD1 and FDC1 show a positive relationship with ferulic acid decarboxylation ability among industrial yeasts used in alcoholic beverage production. *J Biosci Bioeng.* **118**: 50-55. 2014.
23. Crabb DW, Edenberg HJ, Bosron WF, *et al.*: Genotypes for aldehyde dehydrogenase deficiency and alcohol sensitivity: the inactive ALDH2 allele is dominant. *J Clin Invest.* **83**: 314-316. 1989.
24. Goedde HW, Singh S, Agarwal DP, *et al.*: Genotyping of mitochondrial aldehyde dehydrogenase in blood samples using allele-specific oligonucleotide: comparison with phenotyping in hair roots. *Hum Genet.* **81**: 305-307. 1989.
25. Singh S, Fritze G, Fang BL, *et al.*: Inheritance of mitochondrial aldehyde dehydrogenase: genotyping in Chinese, Japanese and South Korean families reveals dominance of the mutant allele. *Hum Genet.* **83**: 119-121. 1989.
26. 吉原達也, 笹栗俊之: ALDH2 遺伝子多型と臨床医学. 福岡医学雑誌. **103**:82-90. 2012.
27. Matsufuji Y, Fujimura S, Ito T, *et al.*: Acetaldehyde tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* involves the pentose phosphate pathway and oleic acid biosynthesis. *Yeast.* **25**: 825-833. 2008.
28. Matsufuji Y, Nakagawa T, Fujimura S, *et al.*: Transcription factor Stb5p is essential for acetaldehyde tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Basic Microbiol.* **50**: 494-498. 2010.
29. Schneider R, Brors B, Bürger F, *et al.*: Two genes of the putative mitochondrial fatty acid synthase in the genome of *Saccharomyces cerevisiae*. *Curr Genet.* **32**: 384-388. 1997.
30. Collinson LP, Dawes IW.: Isolation, characterization and overexpression of the yeast gene, *GLR1*, encoding glutathione reductase. *Gene.* **156**: 123-127. 1995.
31. Matsufuji Y, Yamamoto K, Yamauchi K, *et al.*: Novel physiological roles for glutathione in sequestering acetaldehyde to confer acetaldehyde tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Microbiol Biotechnol.* **97**: 297-303. 2013.
32. Aranda A, del Olmo ML. Exposure of *Saccharomyces cerevisiae* to acetaldehyde induces sulfur amino acid metabolism and polyamine transporter genes, which depend on Met4p and Haa1p transcription factors, respectively. *Appl Environ Microbiol.* **70**: 1913-1922. 2004.
33. Penninckx MJ: A short review on the role of glutathione in the response of yeasts to nutritional, environmental, and oxidative stresses. *Enzyme Microb Technol.* **26**: 737-742. 2000.
34. Penninckx MJ: An overview on glutathione in *Saccharomyces* versus non-conventional yeasts. *FEMS Yeast Res.* **2**: 295-305. 2002.
35. Kera Y, Kiriya T, Komura S: Conjugation of acetaldehyde with cysteinylglycine, the first metabolite in glutathione breakdown by gamma-glutamyltranspeptidase. *Agents Actions.* **17**: 48-52. 1985.
36. Anni H, Pristatsky P, Israel Y: Binding of acetaldehyde to a glutathione metabolite: mass spectrometric characterization of an acetaldehyde-cysteinylglycine conjugate. *Alcohol Clin Exp Res.* **27**: 1613-1621. 2003.
37. Nagasawa HT, Elberling JA, Roberts J: Beta-substituted cysteines as sequestering agents for ethanol-derived acetaldehyde *in vivo*. *J Med Chem.* **30**: 1373-1378. 1987.

Influence of differences in the amount of added water on quality of white sorghum flour bread

Kyoko Tsuchiya*

* Dept. of Food and Nutrition, Tokyo Kasei University

Key Words : white sorghum, bread, amount of added water, texture, sensory evaluation

1. Introduction

Japan is blessed with a climate for producing rice, and many recipes with this staple food have been created, in addition to cooked rice, thereby enriching eating habits. Wheat flour products, such as bread and noodles, are generally eaten as staple foods in addition to cooked rice. Occasions to eat cereals with a high dietary fiber content have recently increased because of abundant food-related information and an increase in health consciousness. Originally, cereals represented grains other than rice and barley¹⁾, and included several types of grain including foxtail millet (awa) (*Setaria italic*), common millet (kibi) (*Panicum miliaceum*), and Japanese millet (hie) (*Echinochlo aesculenta*). Cultivation of these cereals started in the Jomon period around 4000 B.C.²⁾, being historically older than rice. Cereals were important crops in some eras, but cereals were considered to supplement an insufficient supply of rice in Japan, which attached a greater importance to rice, and cultivation of cereals rapidly decreased after the Second World War²⁾.

Cereals contain abundant vitamins, minerals, and dietary fiber, and are nutritionally superior to rice³⁾. These are used as substitutional foods for people with rice/wheat-induced allergies, recently attracting attention again.

Among these cereals, we focused on sorghum and previously reported its cooking behavior and application for prepared food⁴⁾. Grain sorghum (sorghum) is termed 'Indian millet'. It is a Poaceae grain native to South Africa⁵⁾. Its nutritional composition of dietary fiber, minerals and iron is abundant compared with polished rice, and the dietary fiber content is particularly high at 2.3 g/100 g⁵⁾. In the US, it is attracting attention as the 4th popular grain following corn, soybeans, and wheat, and the physicochemical quality, anti-oxidative and anti-inflammatory actions of sorghum have been reported⁶⁾. In Japan, substances inducing wheat allergy and components supporting the physiological function of the body and functions to maintain health are of great interest⁷⁾, and studies on prepared food⁸⁻¹¹⁾ and water absorption properties¹²⁻¹³⁾ were reported. Bread in which dietary fiber and thickener were added¹⁴⁾, and in which strong flour is partially substituted¹⁵⁾ and mixed with cereals¹⁶⁾ have been prepared, but there is no bread using only sorghum. Thus, we investigated the baking quality of white sorghum flour and clarified the range of the amount of added water in our previous study¹⁷⁾. In this study, I investigated the appropriate amount of water and comprehensively evaluated the product properties, texture- and chromaticity-associated physical

properties, eating quality, and food texture.

2. Experimental Methods

2.1 Experimental materials

White sorghum: White sorghum flour (sorghum flour) (Nakano Industry Corporation)

Butter: Yukijirushi Hokkaido salt-free butter (MEGMILK SNOW BRAND Co., Ltd.)

Sugar: Caster sugar (Mitsui Sugar Co., Ltd.)

Powdered skim milk: Hokkaido skim milk (MEGMILK SNOW BRAND Co., Ltd.)

Salt: Table salt (The Salt Industry Center of Japan)

Water: Natural water South Alps (SUNTORY FOODS LIMITED)

Dry yeast: Nissin Super Camelia (Nisshin Food Inc.)

2.2 Sample preparation

Samples were prepared as previously reported¹⁷⁾ using a home bread machine (SD-BH1000, Panasonic) and an approximately 2-hour ‘quick baking’ course, in which strong flour was substituted with sorghum flour: The materials were placed in a bread baking pan, dry yeast was placed in a yeast container, and ‘quick baking’ (kneading → ageing → kneading → fermentation → kneading → fermentation → baking) was selected and started. After baking, the bread was taken and cooled down.

The materials and their amounts are presented in **Table 1**. In our previous study¹⁷⁾, using 200 g (1.0 times) of water as the normal amount following the instruction manual, 3 types were prepared with 1.0, 1.5, and 2.0 times of water, and the 1.5 times- and 2.0-times water amounts were too small and too large, respectively. Thus, in this study, 4 types were prepared with the water amounts between these: 1.6, 1.7, 1.8, and 1.9 times. As these amounts corresponded to 1.1, 1.2, 1.3, and 1.4 times of the flour amount, these are presented as so below.

2.3 Measurement items

- 1) Weight: Scout Pro Sp2001Fjp(OHAUS CORPORATION); max 2000 g, d0.1g
- 2) Volume: Laser volume meter Selnac-Win VM2100
- 3) Specific volume: V/W (determined by dividing the volume by the weight)
- 4) Chromaticity: Color and color difference meter (Nippon Denshoku Industries Co., Ltd.); diameter of reflexing sample stage, 30 mm. The L^* , a^* , and b^* values were determined and the color differences were calculated.
- 5) Texture: Rheolometer IPC-B4A (ITECNO); load cell, 5 kg, 12 cycles/min; number of movements, 2; plunger diameter, 30 mm; and clearance, 2 mm. Hardness, cohesiveness, elasticity, and chewiness were determined.
- 6) Sensory evaluation: Eating quality was evaluated using the food action (FACT) rating scale, and appearance was evaluated using the ranking method.

Table1 The materials and their amounts (g)

materials	sample1	sample2	sample3	sample4
	1.1-times	1.2-times	1.3-times	1.4-times
White sorghum flour	280.0	280.0	280.0	280.0
Butter	10.0	10.0	10.0	10.0
Sugar	17.0	17.0	17.0	17.0
Powdered skim milk	6.0	6.0	6.0	6.0
Salt	5.0	5.0	5.0	5.0
Water	320.0	340.0	360.0	380.0
Dry yeast	4.2	4.2	4.2	4.2
sum total	642.2	662.2	682.2	702.2

3. Results and Discussion

3.1 Observation of the shape

The shape of baked sorghum flour bread was observed.

The lateral and bottom surfaces of the crust (outer surface) were browned, but the upper region did not become tall due to a weak oven spring, and it was irregular and browned lightly. Regarding overall

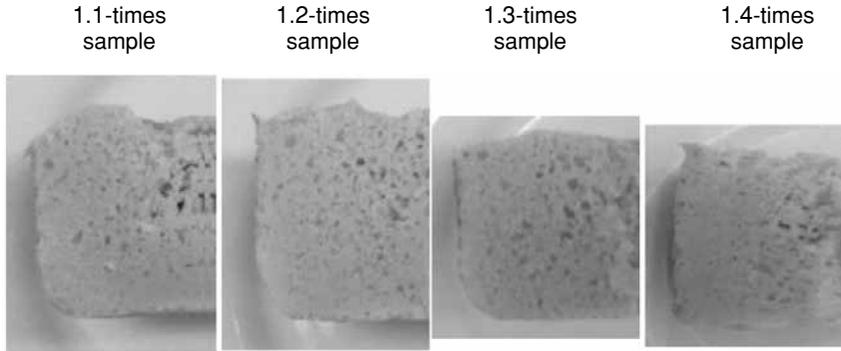


Fig.1 Cross-sectional surface of the white sorghum flour bread

swelling, according to the instruction manual of the home bread machine, the height is less than 10 cm in the absence of wheat, and the heights of the samples prepared with 1.1-, 1.2-, 1.3-, and 1.4-times water amounts were 8.5, 8.7, 6.8, and 6.6 cm, respectively.

The crumb (internal quality) was compared with a cross-sectional surface of the bread cut lengthwise in half, but a mark of the bread machine wing remained in the lower part of each sample. The bread was further cut in half to remove it. The 4 samples cut in half are shown in **Fig. 1**. Overall swelling of the 1.1- and 1.2-times samples was good, but the lateral side was dense in the 1.1-times sample. In the 1.3- and 1.4-times samples, swelling was not good, but foam was noted over the 1.3-times sample.

3.2 Weight, volume, and specific volume

The weight and volume were measured 1 and 24 hours after baking, and the specific volume was determined.

As sorghum flour dough does not readily absorb water⁴⁾, based on the results of the previous study¹⁷⁾, comparison was performed based on the amount of added water: 1.1-, 1.2-, 1.3-, and 1.4-times of flour. The results of the weight are shown in **Fig. 2**. The actual weight increased as the amount of added water increased. Although the data are not shown, the weight reduction rate of the 1.1-1.4-times

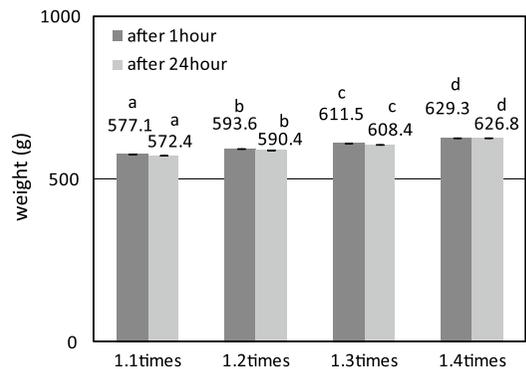


Fig.2 Weight of the white sorghum flour bread after baking

Different letters on the bar indicate significant ($p < 0.01$) ($n=6$)

samples at 1 hour after baking were 10.0-10.4%, showing an increase in reduction with an increase in the amount of added water. In contrast, at 24 hours after baking, the weight reduction rates were 10.9-10.7%, demonstrating that it decreased in the samples with a high added water amount. Evaporation was high from immediately after baking in the samples with a high added water amount, suggesting that the difference among the samples decreased with time. Regarding changes in the weight within the sample, no significant change was noted in any sample, suggesting that the added water amount does not have a marked influence on changes in the weight of sorghum flour bread during storage after baking.

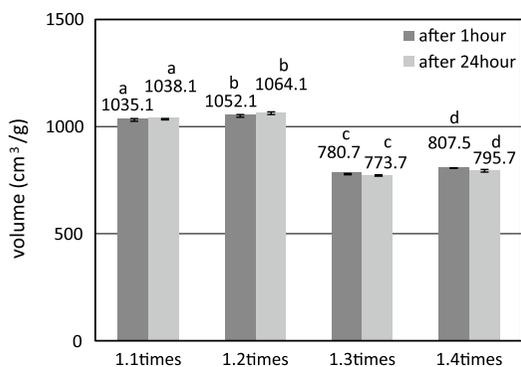


Fig.3 Volume of the white sorghum flour bread after baking

Laser volume meter

Different letters on the bar indicate significant ($p < 0.01$) (n=6)

The volume was measured at the same time-points as the weight, and the results are shown in **Fig. 3**. The volumes of the 1.1- and 1.2-times samples were greater than 1,000 cm³, but those of the 1.3- and 1.4-times samples were approximately 800 cm³, demonstrating a significant reduction. It is said that it is better to maximize the amount of added water as long as it does not interfere with the work¹⁸⁾, but the volume sharply decreased when a 1.3-times or more amount of water was added, suggesting that 1.1-1.2-times is desirable.

At 24 hours after baking, the volumes of the 1.1- and 1.2-times samples increased by 0.3-1.1%, whereas those of the 1.3- and 1.4-times samples decreased by 1.0-1.5%. As the rate of change was also low in the 1.1- and 1.2-times samples, the amount of added water of 1.1- and 1.2-times may be appropriate.

The specific volume is also termed as the porosity and used to evaluate the physical properties of porous food¹⁹⁾. It is determined by dividing the volume by the weight. The specific volumes of the 1.1-1.4-times samples are shown in **Fig. 4**. The value of the 1.1-times sample with a large volume was 1.77-1.82, and that of the 1.2-times sample was 1.76-1.82. Generally, the specific volume of square bread made with wheat flour is 3.8-4.2, and that

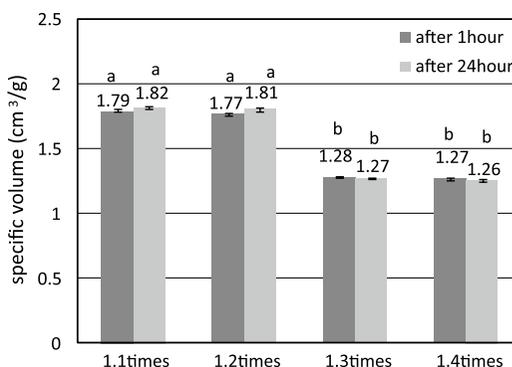


Fig.4 Specific volume of the white sorghum flour bread after baking

Specific volume (cm³/g): volume/ weight

Different letters on the bar indicate significant ($p < 0.01$) (n=6)

of round-top bread is 4.0-4.5²⁰⁾. Thus, the specific volume of this bread is low. As bread is swollen by carbon dioxide produced by yeast fermentation, which is retained by gluten²¹⁾, favorable bread could not be prepared with gluten-free sorghum flour compared with general bread prepared with strong wheat flour containing abundant gluten.

3.3 Chromaticity

Chromaticity of the samples was measured using a color and color difference meter, and color was presented as the L*, a*, and b* scales. In our previous study¹⁷⁾, no significant difference was noted in the value between the upper and lower parts of the crumb or among the samples. Thus, it was measured in the lateral and bottom surfaces of the crust. It was not measured in the upper surface because of its irregularity. The samples were cut into 2.5-cm square pieces and subjected to the measurements.

Table 2 shows the mean ± standard deviation of the L*, a*, and b* values.

The L* values represent brightness²²⁾. The color becomes whitish and bright as the value rises, whereas it reverses as the value decreases. The L* values were significantly higher on the bottom than on the lateral surface in all 1.1-1.4-times

Table2 L*,a*,and b*values of the white sorghum flour bread after baking

		L*value	a*value	b*value
1.1-times sample	lateral surface	24.9 ± 1.8 ^a	11.0 ± 1.3 ^a	16.1 ± 0.4 ^a
	bottom surfacepart	34.8 ± 0.1 ^b	4.2 ± 0.3 ^b	13.0 ± 0.4 ^b
1.2-times sample	lateral surface	26.7 ± 2.4 ^c	8.1 ± 0.9 ^c	15.8 ± 0.3 ^a
	bottom surfacepart	34.7 ± 0.4 ^b	3.1 ± 0.2 ^d	11.8 ± 0.6 ^c
1.3-times sample	lateral surface	45.0 ± 1.6 ^d	7.1 ± 1.6 ^e	22.7 ± 0.7 ^d
	bottom surfacepart	48.7 ± 3.7 ^e	0.3 ± 0.3 ^f	14.8 ± 1.2 ^e
1.4-times sample	lateral surface	45.3 ± 2.8 ^d	7.0 ± 1.9 ^e	22.8 ± 1.1 ^d
	bottom surfacepart	52.4 ± 1.3 ^f	0.9 ± 0.6 ^g	14.9 ± 0.9 ^e

Each value is mean ± S.D. (n=6)

Different letters at same column indicate significant differences. ($p < 0.01$)

samples, and uneven browning was noted on the lateral surface. The L* values on the lateral and bottom surfaces rose as the amount of added water increased from 1.1- to 1.4-times, suggesting that an increase in the amount of added water makes the product bright (white).

The a* values represent the degrees of red and green on the + and -sides, respectively²²). The a* values of the 1.1-1.4-times samples were +, the value was significantly lower on the bottom than on the lateral surface, and the degree of red was strong due to browning of the entire surface. In contrast to the L* values, the a* values decreased as the amount of added water increased from 1.1- to 1.4-times on both lateral and bottom surfaces, clarifying that the increase in the amount of added water reduced the degree of red of the product.

The b* values represent the degrees of yellow and blue on the + and -sides, respectively²²). The b* values of the 1.1-1.4-times samples were +, and were significantly lower on the bottom than lateral surface, demonstrating that the degree of yellow increases as the color of browning becomes faint. Similarly to the L* values, the value rose as the amount of added water increased from 1.1- to 1.4- times, but the value was higher on the lateral than bottom surface, clarifying that an increase in the amount of added water increases the degree of yellow on the lateral surface.

Table3 Color difference between the each sample

	lateral surface	bottom surface
1.1-and 1.2-times	3.5 ^{**}	1.3 [*]
1.1-and 1.3-times	21.3	14.6
1.1-and 1.4-times	22.1	18.0
1.2-and 1.3-times	19.6	14.5
1.2-and 1.4-times	20.3	18.1
1.3-and 1.4-times	0.9 [*]	3.8 ^{**}

* : slight, ** : appreciable, non sign : very much

The crumb was entirely whitish because it was present inside, whereas browning of the lateral and bottom surfaces may be readily influenced by baking because these are the outer surfaces.

Table 3 shows calculated color differences of the lateral and bottom surfaces among the samples. When the relationship between the N.B.S. unit and perception was analyzed in these findings²³), large differences of more than 12.0 were noted between the 1.1- and 1.2-times samples, and between the 1.3- and 1.4-times samples. On the lateral surface, an 'appreciable' difference was observed between the 1.1- and 1.2-times samples and a 'slight' difference was observed between the 1.3- and 1.4-times samples. On the bottom surface, a 'slight' difference was observed between the 1.1- and 1.2-times samples, and an 'appreciable' difference was observed between the 1.3- and 1.4-times samples. In addition, the color differences were smaller than those among other samples.

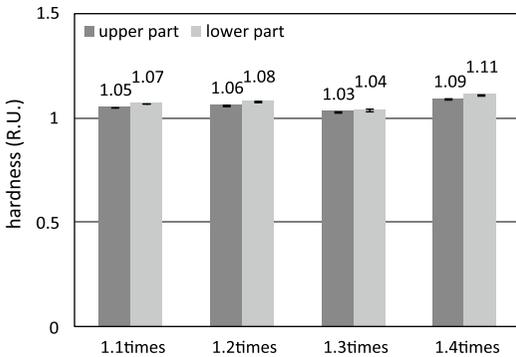


Fig.5 Hardness of the white sorghum flour bread after baking

Rheolometer (12cycles/min, plunger diameter 30mm, clearance 2mm) (n.s.) (n=8)

3.4 Texture

Texture was measured in the samples 24 hours after baking. The crumb of the measurement samples was divided into the upper and lower parts, and then cut into 2.5-cm squares for measurement.

Hardness represents the force required to make a specific deformity, and it is related to an internal bonding force forming the food²⁴. Fig. 5 shows hardness. No significant difference was noted among the 1.1-1.4-times samples, and the lower part was harder than the upper part in all samples, but the difference was not significant.

The amount of added water (20 g) accounted for 2.8-3.1% of the whole weight, and it was suggested that the degree of this increase does not markedly influence the hardness.

Cohesiveness is related to fragility and hardness when food products are crushed²⁴. Cohesiveness is shown in Fig. 6. A significant difference was noted between the upper and lower parts in the 1.1-, 1.2-, and 1.4-times samples. As a significant difference was observed in the upper part among the samples, the density may have been different from that of the lower part of the sample. The samples were fragile when they were cut, demonstrating that cohesiveness of the samples prepared with sorghum flour is not high.

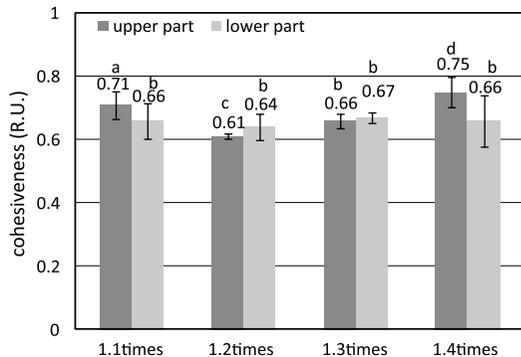


Fig.6 Cohesiveness of the white sorghum flour bread after baking

Rheolometer (12cycles/min, plunger diameter 30mm, clearance 2mm)

Different letters on the bar indicate significant difference ($p<0.01$) (n=8)

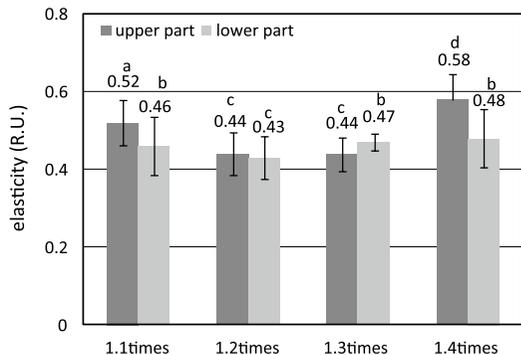


Fig.7 Elasticity of the white sorghum flour bread after baking

Rheolometer (12cycles/min, plunger diameter 30mm, clearance 2mm)

Different letters on the bar indicate significant difference ($p<0.01$) (n=8)

Elasticity represents the ratio of deformation returning to the original shape when the external force making the deformation was removed²⁴. The elasticity is shown in Fig. 7. There was no significant difference between the upper and lower parts in the 1.2-times sample, but a difference was observed in the other 3 samples. Elasticity was not observed in returning from being pushed by the plunger in the actual measurement. In addition, no significant difference was noted in the lower part of the 1.1-, 1.3-, 1.4-times samples, suggesting that

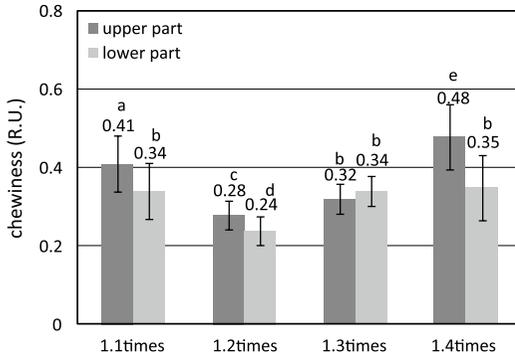


Fig.8 Chewiness of the white sorghum flour bread after baking

Rheolometer (12cycles/min, plunger diameter 30mm, clearance 2mm)

Different letters on the bar indicate significant difference ($p < 0.01$) (n=8)

changes in the amount of added water influenced the elasticity of the upper part of the samples.

Chewiness represents the energy required to crush solid food to be swallowed, and it is related to hardness and cohesiveness²⁴. The chewiness is shown in **Fig. 8** Significant differences were noted among the 1.1-1.4-times samples. Although no significant difference between the upper and lower part was noted in the 1.3-times sample, a significant difference was observed in the other 3 samples. No significant difference in the lower part was observed among the 1.1-, 1.3-, and 1.4-times samples, suggesting that changes in the amount of added water influences chewiness of the upper part. A similar tendency was observed in elasticity, demonstrating that elasticity of food is associated with chewiness.

Texture was measured in the crumb region. As the crust was removed, the internal quality was clearly evaluated.

3.5 Sensory evaluation

In the 4 samples (1.1-, 1.2-, 1.3-, 1.4-times) at 24 hours after baking, sensory evaluation of preference for eating quality was performed with 8 panelists. Using the FACT scale, the panelists selected the appropriate category out of the 9-step categories of behavior motivation²⁵. The results are shown in **Table 4**. In the previous report¹⁷), ‘I will eat it when there is nothing else to eat’ was selected by all panelists, but ‘I sometimes think that I would like it’ and ‘I will occasionally try it when it is available’ were selected after improvement of the amount of added water, and it was stated in the free description that the flavor of butter as well as sweet and salty were tasted. However, it was expressed as ‘dry and tasteless’ and ‘sticky’ in the free description of ‘I will eat it when there is nothing else to eat’, suggesting that these are moisture-related factors. Among the 4 samples, the 1.2-times and 1.3-times samples appeared to be preferred, but no significant difference was observed among the 8 panelists, demonstrating that the preference for the bread was not definite. However, only the 1.2-times sample was described as ‘I sometimes think that I would like it’ as shown in Table 4, suggesting that the performance of this sample is the highest among the samples.

Separately from this, sensory evaluation of preference for appearance was performed employing the ranking method. The results are shown in **Table 5**. The 1.2- and 1.3-times samples appeared preferred because the total rank was low, but when the significance of differences among the samples was analyzed using the method of Newell

Table4 Sensory evaluation of preference for eating quality in FACT scale test (n=8)

	1.1-times sample	1.2-times sample	1.3-times sample	1.4-times sample
I sometimes think that I would like it.	0	2	0	0
I will occasionally try it when it is available.	1	3	4	2
I will eat it when there is nothing else to eat.	7	3	4	6

(n.s.)

Table5 Sensory evaluation of preference for appearance in ranking test (n=8)

	1.1-times sample	1.2-times sample	1.3-times sample	1.4-times sample
total of ranked data	29	16	15	20

	*			

*:significant differences ($p < 0.05$)

& Macfarlane²⁶), no significant difference was detected. A significant difference was observed between the 1.1- and 1.3-times samples setting the significance level at 5%, but not observed between the other samples, demonstrating that there is no marked difference in the appearance.

4. Summary

Four samples were prepared with the amount of added water of 1.1-, 1.2-, 1.3-, and 1.4-times the amount of flour using a home bread machine and white sorghum flour.

- (1) The weight was increased by the amount of added water, but it did not influence the rate of weight change after baking. The volume was higher in the 1.1- and 1.2-times samples, as was the specific volume.
- (2) Regarding chromaticity of the crust, an increase in the amount of added water elevated the L^* and b^* values of the lateral and bottom surfaces of the samples, but the a^* value decreased. The color was 'very' different between the 1.1- and 1.2-times samples, and between the 1.3- and 1.4-times samples.
- (3) No significant difference was observed in the hardness of crumb texture among the 1.1-1.4-times samples or between the upper and lower parts. Regarding cohesiveness, a significant difference was observed between the upper and lower parts in the 1.1-, 1.2-, and

1.4-times samples, and among the upper parts of the samples. No significant difference was noted in elasticity between the upper and lower parts in the 1.2-times sample, but a significant difference was noted in the other 3 samples. Chewiness was significantly different among the 1.1-1.4-times samples. No significant difference between the upper and lower parts was observed in the 1.3-times sample, but it was observed in the other 3 samples.

- (4) Sensory evaluation of eating quality was performed using the FACT scale. It was described as 'I sometimes think that I would like it', 'I will occasionally try it when it is available', and 'I will eat it when there is nothing else to eat', and there was no significant difference. On sensory evaluation of the appearance, a significant difference was present between the 1.1- and 1.3-times samples when the significance level was set at 5%, but no significant difference was observed among the other samples.

To prepare bread with white sorghum flour, it may be desirable to add a 1.2-times flour amount of water based on comprehensive judgment of these findings. However, there are points to be improved regarding the shape and texture of the product. It may be necessary to investigate mixing with other flours, not limited to white sorghum flour, and the addition of sugar or oil.

References

1. Izuru Shinmura: The 6th edition Koujien, Iwanami Shoten, Tokyo, 1132, 2008.
2. Ayako Ehara, Naoko Ishikawa: Japanese cuisine culture, I&K corporation, Tokyo, 48-49, 2010.
3. Editorial office of Jikkyo Shuppan: Food composition table, Jikkyo Shuppan Co., Ltd. Tokyo, 32-33, 2014.
4. Yukari Kouno, Kyoko Tsuchiya, Keiko Nagao: Cooking Characteristics of White Sorghum and Its Application to Cooked Foods, *The Journal of Cookery Science of Japan*, **45**, 5, 332-338, 2012.
5. U.S. Grains Council Sorghum Germplasm: Possibility of spread of sorghum for food, Tokyo, 1-4, 2014.
6. U.S. Grains Council Sorghum Germplasm: Recent study results on colored grain sorghum produced in the US, Tokyo, 1-4, 2012.
7. Masaya Sugahara *et al.*: White sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) bran extracts suppressed IgE Production by U266 cells, *Biosci Biotechnol Biochem*, **73**, 9, 2043-2047, 2009.
8. Keiko Nagasaka: Application of white sorghum flour for sponge cake, Morioka junior college iwate prefectural university, **12**, 35-40, 2010.
9. Shiho Kinoshita, Hiroko Kubokura, Toshie Tsuda: Utilization and effects of White Sorghum on Confectionary, Kyoritsu Women's Junior College, **49**, 67-71, 2006.
10. Yukari Kouno, Noriko Akaishi, Keiko Nagao: Evaluation of deep-frying dough and crepe made by the use of white sorghum as a gluten free food, Abstracts of the Annual Meeting of *The Japan Society of Cookery Science*, 2012.
11. Mayu Terazawa, Tomomi Naruse, Hironori Masui: Study of Cooking Characteristics of White Sorghum, Abstracts of the Annual Meeting of *The Japan Society of Cookery Science*, 52, 2013.
12. Keiko Nagasaka, Keiko Fujii: Influence of soak temperature on water absorption of cereals, Abstracts of the Annual Meeting of *The Japan Society of Cookery Science*, 122, 2012.
13. Keiko Nagasaka, Keiko Fujii: Influence of soak temperature on water absorption of cereals, Abstracts of the Annual Meeting of *The Japan Society of Cookery Science*, 192, 2013.
14. Asako Marui, Yukiko Hida, Chiyoko Tajima, Keiko Fujii: Study on baking quality of white sorghum bread, Abstracts of the Annual Meeting of *The Japan Society of Cookery Science*, 60, 2008.
15. Mayu Watanabe, Minako Kanzawa, Hironori Masui: Cooking Characteristics of White Sorghum, Abstracts of the Annual Meeting of *The Japan Society of Cookery Science*, 55, 2010.
16. Kazumi Ishii, Mari Saito, Atsuko Takahashi, Keiko Fujii: A study on bread making qualities of bread made with blended millet flour, Abstracts of Annual Congress of The Japan Society of Home Economics, 63rd Annual Congress of *The Japan Society of Home Economics*, 132, 2011.
17. Kyoko Tsuchiya, Sanae Ikeda: A Study of the Baking Quality of White Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench), *Bulletin of Tokyo Kasei University*, **56**(2), 33-38, 2016.
18. Yasuo Tanaka, Hiroshi Matsumoto: Science of bread making process, Kourin publishing company, Tokyo, 235, 1999.
19. Akiko Kawabata: Food Science, Kenpakusha, Tokyo, 211-215, 1996.
20. Yasuo Tanaka, Hiroshi Matsumoto: Science of bread making process, Kourin publishing company, Tokyo, 4-5, 1999.
21. Seiichi Yoshino: Science of bread making, Seibundo Shinkosha, Tokyo, 150-153, 2012.
22. Akiko Kawabata, Kazuko Ôba: Cookery science experiment, Gakkenshoin Ltd., Tokyo, 90, 1991.
23. Yasuko Shimada, Akiko Kawabata, Kazuko Kamegi, Atsuko Murayama: The latest experimental cookery, Gakkenshoin Ltd., Tokyo, 52-53, 1989.
24. Akiko Kawabata: Food Science, Kenpakusha, Tokyo, 99-100, 1996.
25. Keiko Hatae, Midori Kasai: Cooking Science, Tokyo kagaku Dojin publishing company, Tokyo, 38, 2003.
26. Japan Association for Food Specialists: Sensory assessment and evaluation of food (3rd revision), Kenpakusha, Tokyo, 19-20, 2015.

グルテンフリー食品用の各種素材 (3)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1,2} 木村 万里子 (KIMURA Mariko)¹

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会会長

Key Words : グルテンフリー ベーカリー 小麦 セリアック病

要約

本論文「グルテンフリー食品用の各種素材 (3)」は、海外のグルテンフリー食品のための素材の現状について解説したものである。具体的には、米国の穀物科学者、Jeff Casper と Bill Atwell によって書かれた本 (“Gluten-Free Baked Products” 2014 by AACC International, Inc. 3340 Pilot Knob Road St. Paul, Minnesota 55121, U.S.A.) の一部 (“The Gluten-Free Ingredients”) を翻訳し紹介するものである。ここでは、前報「グルテンフリー食品用の各種素材 (2)」につづいて述べる。

栄養価の強化

理想的にはグルテンフリー食品は、グルテン含有穀物による食品と同じ栄養的プロフィールを持つべきである。残念ながら精製したデンプンの利用を多くすると、グルテンフリー食品中の微量栄養素量は減り、セリアック病患者の栄養的要求を増加させることになる。それらによる損なわれた栄養分の吸収のために、セリアック病患者には栄養価レベルの増加が要求される。例えばカルシウム、マグネシウムなど、健康に必要な最低の要求量を満たさねばならない。強化とはこの問題を解決する方法である。FAO/WHO は強化について以下のように定義している⁴⁸⁾。

不可欠微量栄養素含量を計画的に増加すること…たとえその食品中、その栄養素が本来加工前から存在していようがいまいが、それとはかわりなく…

最近、グルテンフリーベーキング食品あるいはセリアル加工品への栄養強化が、たとえ小麦粉の栄養強化が公衆衛生のための重要なものと考えられたとしても、逆に全く調整されてない。それがもっともなのは、強化のターゲットであるセリアック病を持つ人々が人口の一部にしばられるためである。

栄養強化を考える会議の中で、食品に添加する栄養素の最もよい形が決められる。グルテンフリー食品への特異的微量栄養素の選択と添加には、官能的印象具合、コスト、生化学的利用性(体への栄養素の吸収能力、および実際の望ましい栄養的価値)といった幾つかの要因のバランスを考えねばなるまい⁴⁸⁾。もう1つの重要な関心事はその安全性であり、利用される強化レベルがターゲットとされる人々の消費レベルにおおむね適しているかどうかである。

栄養強化の目標が、セリアック病患者の占める僅かの人口部分にしばられるのは当然である。

表 3.3 グルテンフリーパンの栄養強化例^a

栄養分	食品への添加量
ビタミン A (パルミチン酸, USP-FCC ^b) (単位 IU)	500
ビタミン D ₃ (クロエカルシフェロール, USP-FCC) (単位 IU)	40
ビタミン E (ジ- α -トコフェリルアセテート, USP-FCC) (単位 IU)	3
葉酸 (USP) (単位 mcg)	40.0
ナイアシン (ナイアシンアミド, USP-FCC) (単位 mg)	2.0
ビタミン B ₁₂ (シアノコバラミン, USP) (単位 mcg)	0.6
ビタミン B ₂ (リボフラビン, USP-FCC) (単位 mg)	0.17
カルシウム (カルシウムカーボネート) (単位 mg)	100
鉄 (フェリッ ク オルソフォスフェート) (単位 mg)	1.8

^aSource: Fortitech, Inc., Schenectady, NY; used by permission.

^bUSP-FCC=U.S. Pharmacopeia, Food Chemicals Codex.

ビタミン類, ミネラル類を含むブレンド用の強化材は, 加熱と光線に感受性があるため, これらの栄養素が破壊されないような貯蔵条件を探ることが必要である。ビタミン, ミネラルプレミックスのシェルフライフは, うまく貯蔵できれば1年間ももつ。あるいはその材料を濃縮して使用する場合には, 利用時, 注意深く計測することが必要である。これには普通の生産設備で行なわれる時よりももっと慎重な測定が要求されるだろう。あるグルテンフリーパンの栄養強化例を表 3.3 に示した。

グルテンの予知しにくい混入

食品科学者は, 他の未知の食品源から混入してくる成分に気を付けねばいけない。普通使われる成分は, グルテンを含んでいる食材の成分, あるいはテクスチュア化するか, 加水分解した植物性タンパク質のグルテンを含む成分である。普通の“食品”デンプンやマルトデキストリンは, それが小麦をベースにしているものかどうか徹底的に調べるべきであろう。酵素の入っているものは, 小麦, 大麦あるいはライ麦の食材を含んでいる恐れがある。調味料のブレンド, 乾燥物による味付けは, しばしばそれらが特異性のないマルトデキストリンをベースにしている。色, 特に特別なカラメル色はよく大麦から付着する。ベーカリー食品中一般に用いられる培養抗菌剤は, 小麦粉, デキストロース, 食品デンプンからのもので, シェルフライフを

のばすのに使われる。お酢もベーキング産業界では抗カビ剤のようなやり方で用いられており, スタンダードの白酢はグルテンを含む材料から作られている。そこでリング酢が用いられるべきだが, そのときも確認が必要で, あるリングサイダー酢は白酢で着香された形態のものである。

最も重要な事は, 使われる各成分が単にグルテンフリーのみならず, グルテンフリー源材料でなければならない。

調べるためにもっとも有効な方法は, 用いられる各成分がグルテンフリーであることのみならず, グルテンフリー源の材料からのものであることをはっきりさせることである。また, 覚えておかねばならぬ重要なことは, “小麦フリー”とはその材料が本当にグルテンフリーであることを約束しておらず, 多分他の穀物類を含むか, あるいはグルテンを含む穀物が最終製品中に用いられているかも知れないということだ。もし材料が確かにグルテンフリーではないなら, 大事なことはセリアック消費者の安全性を確実にするために, 材料供給の流れをみて, グルテンを含む材料が高レベルで混じる可能性のあるポイントをさがすことと, その確認のために材料供給者とよく連絡をとることである。

プレミックス

一般に市販のプレミックスは, その加工業者

にとっては都合いいもので、加工業者は商品の開発時間、研究時間、研究コストを減らし、各成分の在庫目録を簡単にすることなどができる。プレミックス製造には柔軟性があり、多くのタイプの食品を比較的簡単に仕込み、加工の違いで出来るためである。たとえばマフィンミックスでワッフルを作ることもできる。すぐに入れる製造業者は、喜んでその仕込みやライ

センスを修正、変え、もっと時間をへらしてユニークな顧客用の仕込みに変える。

グルテンフリーをこの簡単な業種で検討する場合、重要なことは製造する工場が確かにグルテンフリーであること、ミックスは分析結果が消費者に受け取られる前にはテストされていることを確実にすることが重要である。

参考文献

48. Allen, L., deBenoist, B., Dary, O., and Hurrell, R., Eds: Guidelines on Food Fortification with Micronutrients. World Health Organization Press, Geneva, Switzerland. 2006.

クマザサ葉抽出液は骨芽細胞と破骨細胞を相反的に制御することで骨形成を促進する

Extract of *Sasa senanensis* Rehder leaves promotes osteo-formation by differently modulating the osteoblast and osteoclast.

友村 美根子 (TOMOMURA Mineko)^{1,2,3} 友村 明人 (TOMOMURA Akito)²

大泉 高明 (OIZUMI Takaaki)⁴ 安井 利一 (YASUI Toshikazu)⁵ 坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)³

¹ 明海大学総合教育センター, ² 明海大学歯学部口腔生物再生医工学講座生化学分野,

³ 明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO), ⁴ 大和生物研究所, ⁵ 明海大学

Key Words: ササ抽出液 破骨細胞 骨芽細胞 石灰化

要旨

クマザサ (*Sasa senanensis* Rehder) 葉のアルカリ抽出液 (SE, ササヘルス[®]) はマウスマクロファージ細胞株 RAW264.7 細胞からの破骨細胞分化を抑制した。一方, SE は MC3T3-E1 細胞の骨芽細胞への分化を促進した。従って SE は骨形成を担う骨芽細胞の分化と骨吸収を担う破骨細胞の分化を相反的に制御することから, 骨粗鬆症などの骨疾患の治療や予防に有効である可能性が示唆された。

Abstract

Alkaline extract of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder (SE, SASA-Health[®]) inhibited the osteoclast differentiation in murine macrophage-like cell line, Raw 264.7, while it promoted the osteoblast differentiation in MC3T3-E1 cells. Thus, SE reciprocally regulates the cell differentiation of bone-resorbing osteoclast and bone-forming osteoblast *in vitro*. SE may have a therapeutic potential for treatment of bone disease such as osteoporosis.

はじめに

骨は体を支える臓器で静的なイメージがあるが, 健康な骨では日々の骨破壊 (骨吸収) と骨形成がダイナミックに, かつバランスよく行われ, その形態と強度を維持している。これらの骨代謝には幹細胞から分化した別々の細胞が関与している。骨吸収は血球系幹細胞から分化する破骨細胞によって, また骨形成は間葉系幹細胞から分化する骨芽細胞によって行われる。破骨細胞と骨芽細胞が幹細胞から分化成熟し, それぞれ相反する機能を発揮するまでの各段階には様々な因子が調節に関わり, 動的バランスを保っている (図 1)。

ところが, 加齢や炎症などによって破骨細胞による骨吸収が骨芽細胞による骨形成より優位になると, 骨破壊が進み骨粗鬆症を引き起こす。

現在, 骨粗鬆症の治療薬はビスホスホネートやエストロゲン製剤, 抗 RANKL 抗体といった破骨細胞をターゲットとして骨吸収を止める薬剤が主流であるが, 顎骨壊死や乳癌の併発などの副作用も多い。骨吸収を抑制するだけでなく, 同時に骨形成を促進することが正常な骨密度を

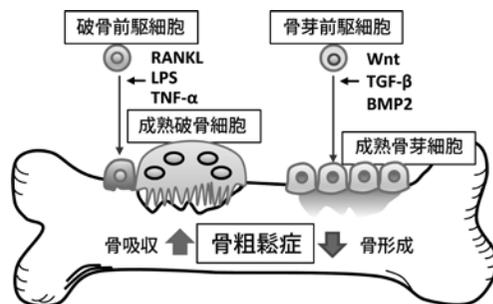


図 1 破骨細胞と骨芽細胞による骨のリモデリング



写真1 クマザサ (*Sasa senanensis* Rehder)

回復し維持するために必要である。しかし現在のところ、骨形成を直接促す治療法は副甲状腺ホルモンの間欠投与のみであり、しかもペプチド製剤のため静注が必要である。したがって経口服用可能で安全な骨形成促進薬の開発が急務と考えられる。

ササヘルス (SE) は、イネ科の植物であるクマザサ属クマイザサ (学名 *Sasa senanensis* Rehder) の葉(写真1)より樹脂分を除去した後、希水酸化ナトリウム容液にて加熱加水分解した液を、中和して得られた抽出液で、OTCで入手可能な第三類医薬品に属する。SEの成分分析、細胞障害性、腫瘍選択性、抗腐食作用、抗

菌作用、膜安定化作用、抗炎症作用、ラジカル消去活性、抗 HIV 活性などに関する研究成果がある¹⁻⁶⁾。我々は骨吸収を抑制し骨形成を促進させる生薬を探索する過程で、SEが骨吸収を担う破骨細胞の分化を抑制し、骨形成を担う骨芽細胞の分化を促進することを見出したので報告する。

1. SEは破骨細胞分化を抑制する

骨吸収する破骨細胞は血球系幹細胞から骨芽細胞が産生するマクロファージコロニー刺激因子 (M-CSF) と NF- κ B 活性化受容体リガンド (RANKL) によって破骨前駆細胞を経て破骨細胞に分化する⁷⁾。分化した破骨細胞は融合して多核巨細胞となり骨基質に吸着後、酸やプロテアーゼを分泌し骨を溶かす。RANKL以外にも歯周病原菌などの細菌細胞膜リポ多糖 (LPS) や炎症性サイトカインである腫瘍壊死因子 (TNF- α) によっても破骨細胞は活性化され、歯槽骨を吸収する。またエストロゲンが枯渇すると破骨細胞による骨吸収が進み、閉経後骨粗鬆症を招く。我々は破骨細胞の分化・機能を抑制する植物エキスを探索した結果、SEがマクロファージ様細胞株 Raw264.7 細胞の RANKL による破骨細胞への分化を抑制することを見出した。図2に示す様にSEを培地に1%添加す

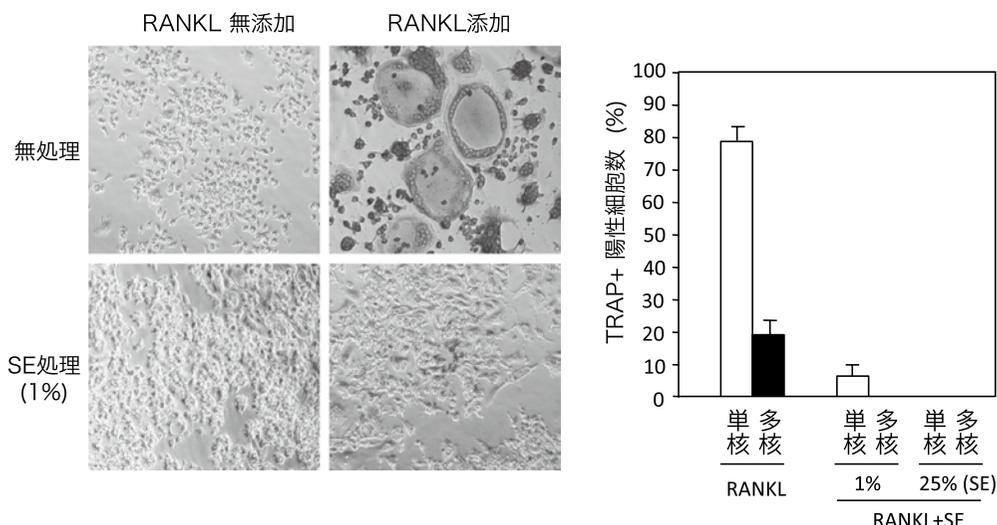
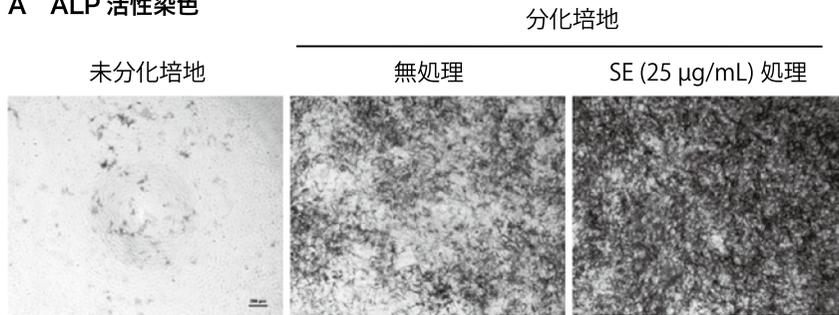
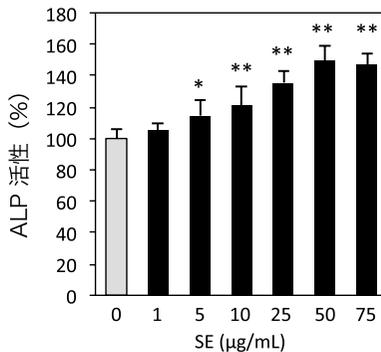


図2 破骨細胞分化に対するSEの効果

A ALP 活性染色



B ALP 活性



C 細胞増殖性

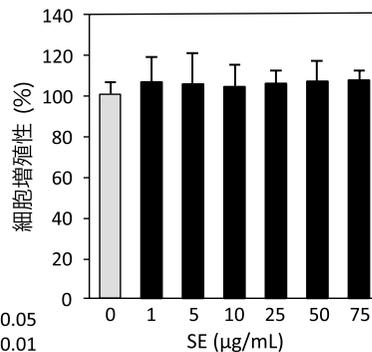


図3 骨芽細胞のアルカリホスファターゼ (ALP) 活性と細胞増殖性に対する SE の効果

ると RANKL 投与による破骨細胞のマーカである酒石酸耐性酸ホスファターゼ (TRAP) 陽性多核細胞の出現は完全に消失し, TRAP 陽性単核細胞数も激減した⁸⁾。以上の結果から, SE は破骨細胞の分化を阻害し骨吸収を抑制することを明らかにした。

2. SE は骨芽細胞の分化を促進する

骨芽細胞は間葉系幹細胞から BMP2 や Wnt シグナルなどにより分化する。成熟骨芽細胞は 1 型コラーゲンや非コラーゲンタンパク質である骨シアロタンパク質 (BSP) などの骨基質を分泌し, そこにカルシウムとリンが沈着して石灰化をおこし骨を形成する⁹⁾。我々は破骨細胞分化を抑制した SE が, 骨芽細胞分化過程において, どの様な影響を与えるか骨芽細胞前駆細胞株である MC3T3-E1 を用いて検討した。MC3T3-E1 細胞は培地に 100µg/mL のアスコルビン酸と 10 mM の β- グリセロリン酸を添加す

ると, 骨芽細胞の分化マーカであるアルカリホスファターゼ (ALP) を産生する。興味深いことに, 分化培地に SE を添加すると濃度依存的に骨芽細胞の ALP の産生が増加した (図 3-A, -B)¹⁰⁾。SE による ALP の増加は SE の細胞増殖促進作用によるものではなく, 分化特異的な促進効果であった (図 3-C)。

さらに, 骨芽細胞の他の分化マーカの発現をウエスタンブロットで検討した。未分化培地と比較して分化培地で発現が増加した転写調節因子 Runx II, 1 型コラーゲン, 骨シアロタンパク (BSP II) の発現は, SE 処理により増加が促進された (図 4)。

MC3T3-E1 細胞は長期間分化培地で培養すると石灰化が始まる。そこで MC3T3-E1 細胞の石灰化に及ぼす SE の効果を検討する為に, 組織内に沈着したカルシウムを検出するアリザリンレッド染色とリン酸カルシウム塩を検出する von Kossa 染色を行った (図 5)。MC3T3-E1

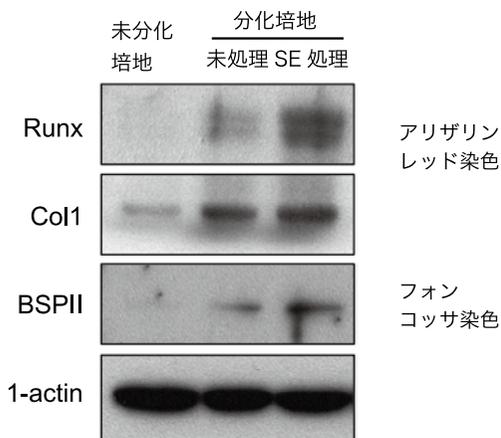


図4 骨芽細胞の分化に伴う遺伝子発現に対する SE の効果

細胞を分化培地で2週間培養を続けると、アリザリンレッド陽性の石灰化が出現することが観察されたが、分化培地に SE を添加して培養すると著明な石灰化が観察された。また、同様に SE の添加でフォンコッサ染色陽性の石灰化が著明に出現した。以上の結果から、SE は MC3T3-E1 骨芽細胞の分化と石灰化を促進することが明らかになった。

おわりに

今回、我々は SE が破骨細胞への分化は抑制するが、骨芽細胞への分化は促進するという相反する効果を持つことを見出した (図6)。骨を作る骨芽細胞の分化を促進し、骨を壊す破骨細胞の分化を抑制することは、単に骨吸収を止めるだけでなく、骨形成を効果的に進めることになり、骨粗鬆症などの骨吸収が進んだ疾患に有効なサプリメントや機能性食品となる可

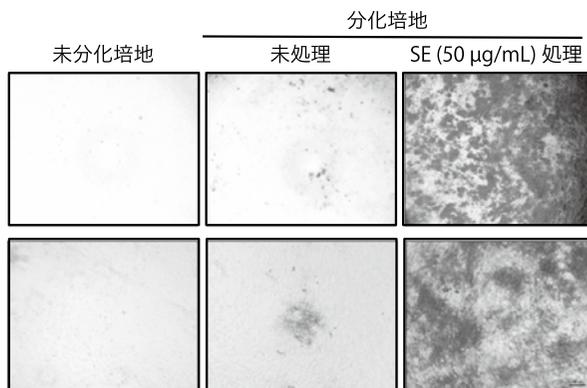


図5 骨芽細胞の石灰化に対する SE の効果

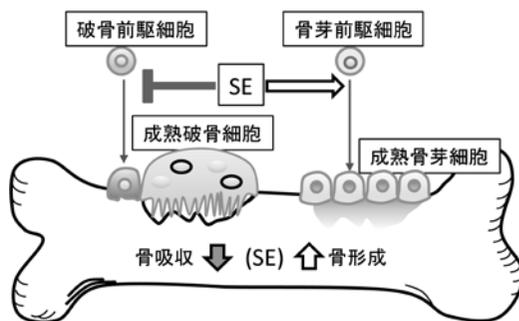


図6 破骨細胞と骨芽細胞の分化における SE の効果

能性がある。最近、同一植物抽出液や同一化合物による破骨細胞分化抑制と骨芽細胞分化促進作用が報告されてきたものの、そのメカニズムはほとんどわかっていない¹¹⁻¹³⁾。SE に関しても、この相反する効果が同一物質によるのか、あるいは異なる複数の物質に起因するのか、またそのメカニズムについては今後の課題である。また今回の結果は、いずれも培養細胞を用いた実験結果であり、今後は動物実験を用いてさらに検討する必要がある。

引用文献

1. 大泉高明, 白崎恭子, 田畑貴子, 中山貞男, 岡崎雅子, 坂本浩二: クマザサ抽出液に関する薬理学的研究~抗炎症作用, 食食能に及ぼす影響について~ 昭医学会誌 **48**: 595-600, 1988.
2. 坂上宏, 渡辺悟, 横手よし子, 谷口順子, 大泉高明: クマザサ抽出液 (ササヘルス) の多様な生物作用と代替医療における機能性 *New Food Industry* **50**: 17-24, 2008.
3. Sakagami H, Amano S, Kikuchi H, Nakamura Y, Kuroshita R, Watanabe S, Satoh K, Hasegawa H, Nomura A, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Taniguchi S, and Oizumi T: Antiviral, antibacterial and vitamin C-synergized radical scavenging activity of *Sasa senanensis* Rehder extract. *In Vivo* **22**: 471-476, 2008.
4. 坂上 宏, 周 麗, 儲 慶, 王 勤壽, 北嶋まどか, 大泉浩史, 大泉高明: クマザサ抽出液 (ササヘルス) の抗炎症作用 *New Food Industry* **51**: 27-34, 2009.
5. Zhou L, Hashimoto K, Satoh K, Yokote Y, Kitajima M, Oizumi T, Oizumi H, and Sakagami H: Effect of *Sasa senanensis* Rehder extract on NO and PGE₂ production by activated mouse macrophage-like RAW264.7 cells. *In Vivo* **23**:773-778, 2009.
6. Matsuta T, Sakagami H, Satoh K, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Kitajima M, Oizumi H, and Oizumi T: Biological activity of luteolin glycosides and triclin from *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **25**: 757-762, 2011.
7. Boyle WJ, Simonet WS, and Lacey DL: Osteoclast differentiation and activation. *Nature* **423**: 337-342, 2003.
8. Matsuta T, Sakagami H, Tanaka S, Machino M, Tomomura M, Tomomura A, Yasui T, Itoh K, Sugiura T, Kitajima M, Oizumi H, and Oizumi T: Pilot clinical study of *Sasa senanensis* Rehder leaf extract treatment on lichenoid dysplasia. *In Vivo* **26**: 957-962, 2012.
9. Blair HC, Larroure QC, Li Y, Lin H, Beer-Stoltz D, Liu L, Tuan RS, Robinson LJ, Schlesinger PH, and Nelson DJ: Osteoblast differentiation and bone matrix formation *in vivo* and *in vitro*. *Tissue Eng Part B Rev.* **23**:268-280, 2017
10. Tomomura M, Tomomura A, Oizumi T, Yasui T, and Sakagami H: Extract of *Sasa senanensis* Rehder Leaf Promotes Osteoblast Differentiation in MC3T3-E1. *Meikai Dent Med.* **46**: 111-116, 2017.
11. Lee JW, Asai M, Jeon SK, Iimura T, Yonezawa T, Cha BY, Woo JT, and Yamaguchi A: Rosmarinic acid exerts an antiosteoporotic effect in the RANKL-induced mouse model of bone loss by promotion of osteoblastic differentiation and inhibition of osteoclastic differentiation. *Mol Nutr Food Res.* **59**: 386-400, 2015.
12. Erjavec I, Brkljacic J, Vukicevic S, Jakopovich B, and Jakopovich I: Mushroom Extracts Decrease Bone Resorption and Improve Bone Formation. *Int J Med Mushrooms.* **18**: 559-569, 2016.
13. Liu YQ, Hong ZL, Zhan LB, Chu HY, Zhang XZ, and Li GH: Wedelolactone enhances osteoblastogenesis by regulating Wnt/ β -catenin signaling pathway but suppresses osteoclastogenesis by NF- κ B/c-fos/NFATc1 pathway. *Sci Rep.* **6**:32260, 2016.

連絡先

友村 美根子: 明海大学歯学部口腔生物再生医工学講座生化学分野
e-mail: mineko-t@dent.meikai.ac.jp

坂上 宏: 明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO)
e-mail: sakagami@dent.meikai.ac.jp

大泉 高明: 大和生物研究所
e-mail: takaakio@daiwaseibutu.com

ニジマスの親魚用飼料— 3

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

Key Words : ニジマス 親魚用飼料 ハードペレット エクストルーダーペレット 魚油 ビタミン
ミネラル レシチン カロテノイド 再生産試験 回復試験

既報^{1, 2)}においてハードペレット (HP) とエクストルーダーペレット (EX) のニジマス親魚用飼料としての適性を比較し、以下の結果を得た。

・HPあるいはEXで飼育した親魚を用いて再生産試験を行った結果、受精・発眼率、孵化率、孵化仔魚の奇形率等はHP飼育魚の方が優れていた。

・採卵、採精後の親魚の生残率はHP飼育魚の方が高かった。

・HPの欠点は魚の飼育成績がEXより劣ることであるが、HPに魚油を7.5%添加するとEXと同等の飼育成績を示した。

HPには魚の再生産効率が高く飼料の製造コストが安いという利点は有るものの、飼育成績が劣るといふ大きな欠点があった。この欠点は魚油の7.5%添加で解消されることが分かった。魚油添加HP飼育魚による魚の再生産結果がHP飼育魚に劣らなければ再生産効率、飼育成績共に優れた親魚用飼料になり得る可能性が有る。

前報²⁾の試験-3終了時には生殖腺が発達を始めていたので、本試験では育成用飼料から親魚用飼料に切り替えて飼育を継続し、再生産試験を行った。さらに採卵、採精後の親魚の生残率を調べるために回復試験も行った。

再生産試験

アユ、コイ、ニジマス、マダイ等で親魚用飼料の栄養成分と再生産結果の関係が調べられ、以下の事が明らかにされている。

- ・飼料のタンパク質含量は高い方が良く、マダイでは魚粉よりイカミールの方がタンパク質源として優れている。
- ・脂質では必須脂肪酸、特にn3系高度不飽和脂肪酸 (n3HUFA) の含量が重要である。
- ・ビタミンではEが重要で、成熟と卵質に強い影響を及ぼす。
- ・無機質では微量元素が重要で、魚粉主体の飼料にも微量元素を添加する必要がある。
- ・カロテノイド色素の添加が有効で、しかも速効性が有る。

これらの報告を参考にして魚油添加HPの魚粉やビタミン・ミネラル混合の配合率を従来より高くし、さらにいろいろな栄養成分を強化した親魚用HPを作成した。この新しい親魚用HPが再生産に与える効果を従来のHP、魚油添加EXと比較した。

1. 材料と方法

1-1. 試験区

A-Dの4試験区を設定し、供試魚には前報²⁾

表1 試験飼料の変化

試験区	2月12日～8月19日	8月20日～3月17日
A	HP	HP (ビタミン, ミネラル, 色素強化)
B	HP+ 魚油 (5% → 7.5%)	HP (魚油, 大豆油, ビタミン, ミネラル, レシチン, ラクトフェリン, 色素, 抗酸化剤強化)
C	EX+ 魚油 4%	HP (同上)
D	EX	EX+ 魚油 4%

の魚をそのまま用いた。表1に前報の育成試験から本報の再生産試験, 回復試験に至るまでの試験飼料の変化を示す。2月12日から8月19日までは育成用飼料で, 詳細は前報²⁾を参照して欲しい。8月20日から各区親魚用飼料に切り替え, 飼育を継続した。

A区はビタミン・ミネラル混合の添加量を増やし, さらにカロテノイド色素を添加したHP。B区, C区はビタミン, ミネラル, 色素に加え, 魚油, 大豆油, レシチン, ラクトフェリン, 抗酸化剤などを強化したHP, D区は魚油を4%添加したEXで, 育成試験のC区の飼料と同じである。

この設定によって以下の事が調べられる。

- ・HPとEXの再生産効率の比較。これは前報¹⁾の再現性の確認である。
- ・HPに魚油を7.5%添加することによって再生産効率が如何変化するか。
- ・育成用飼料から親魚用飼料に切り替えるべき時期の目安を得る。生殖腺が発達し始めてから切り替えても間に合うかの確認。
- ・育成用飼料が再生産効率に及ぼす影響。
- ・EXへの魚油添加によって飼育成績は多少改善されるが, 再生産効率は如何かの確認。

1-2. 試験飼料

表2に8月20日から投与した試験飼料の組成と分析値を示す。A区の飼料は従来よりビタミン・ミネラル混合を増量(1.2% → 2%)し, ビール酵母とカロテノイド源としてカンタキサン

チンを添加したHP。B, C区の飼料は前報²⁾の7.5%魚油添加HPより魚粉(47% → 51%)とビタミン・ミネラル混合(1.2% → 5%)を増やし, さらにHalverのビタミン混合³⁾に比較して不足しているビタミン類, 大豆油, 大豆レシチン, 炭酸亜鉛, カロテノイド源としてアスタキサンチン, ラクトフェリン, 抗酸化剤等を強化したHP。D区の飼料は前報²⁾のC区と同じ飼料で, 魚油を4%添加したEXである。

大豆油は魚油と併用すると両者の単独使用より有効であること^{4,5)}, 亜鉛は最も重要な微量

表2 試験飼料の組成と分析値

試験区 飼料の形態	A	B, C	D
	HP		EX
魚粉 (%)	50	51	49
小麦粉	24	22	26
白糖	11	7	2
ミートミール	5	5	4
ビール酵母	1		
脱脂大豆粕	7	7	15
ビタミン・ミネラル混合	2	5	2
大豆油		1	2
ビタミンC		0.5	0.05
強化成分*		1.54	
カンタキサンチン (濃度 10%)	0.025		
アスタキサンチン (濃度 8%)		0.0625	
エトキシキン		0.01	0.01
魚油 (外割 %)		7.5	4
ラクトフェリン		0.04	
水分 (%)	10.3	9.26	8.48
タンパク質	45.1	42.6	44.1
脂質	6.96	17.3	14.3
炭水化物	27.3	19.9	23.5
灰分	11.0	5.76	10.7
Cal/100g	297.6	365.9	352.1
C/P比	6.60	8.59	7.98

*大豆レシチン: 1.0, ビタミンE (濃度 50%): 0.15, ニコチン酸: 0.03, パントテン酸 Ca: 0.03, イノシトール: 0.03, 塩化コリン: 0.17, 炭酸亜鉛: 0.13%。

元素で魚による要求量も多いこと、レシチンは仔稚魚の必須栄養成分であること、アスタキサンチンは鮭鱒類の主要なカロテノイドであること、ラクトフェリンは魚類の体表粘液を増やす効果が有ること、等から B,C 区の親魚用 HP に添加することにした。

HP と EX の製造法の詳細は成書⁶⁾を参照して欲しい。なお、魚油は HP, EX 共に飼料製造後に添加、吸着させた。ラクトフェリンは魚油に懸濁して HP に吸着させた。

表 2 の下段に示す様に、飼料の脂質、カロリー、C/P 比は B,C>D>A の順に高かったが、タンパク質、炭水化物、灰分は A>D>B,C であった。特に違いが著しかったのは脂質と灰分であった。

1-3. 飼育方法

屋内に設置した 10KL 容（魚の飛び出しを防ぐために水量は 5KL に調整）八角型コンクリート水槽 4 面を用いた。前報²⁾の試験-3 終了時

(8 月 19 日)に各区共 50Kg の魚を残し、親魚用飼料で飼育を継続した。開始時の尾数は A 区 :116 尾, B 区 :100 尾, C 区 :94 尾, D 区 :98 尾であった。給餌は改変ライトリッツ給餌率に従って日に 2 回行っていたが、性成熟の進行に従って摂餌量は減少し、最終的に成熟魚は摂餌しなくなった。しかしながら各区共未成熟魚が可也の数居たので、給餌率は各区一定にせず、未成熟魚が活発に摂餌する量のみ給餌を継続した。

採卵、採精を行うまで魚体を傷めないように定期的な調査は行わなかった。

1-4. 採卵、採精と人工授精

11 月 13 日に各区数尾の魚を取上げて成熟状態を確認したところ、雌雄共に完熟状態の魚が認められた。よって表 3 の日程で 6 回の採卵、採精を行い、受精適期の親魚を用いて人工授精を行った。手順は以下の通りである。排卵直後であることを確認した雌を FA100 で軽く麻酔

表 3 排卵、放精親魚数と人工授精使用魚数

調査日	11 月 14 日	11 月 27 日	12 月 12 日	12 月 25 日	1 月 12 日	1 月 28 日	合計
排卵雌数 (総計)							
A 区	0	2	2	2	2	3	11
B 区	2	5	7	7	1	1	23
C 区	2	6	7	9	4	2	30
D 区	1	5	6	6	5	4	27
排卵雌数 (適期)							
A 区	0	2	1	2	1	0	6
B 区	1	4	4	4	0	0	13
C 区	2	4	3	5	0	0	14
D 区	0	4	2	3	1	0	10
排卵雌数 (過熟)							
A 区	0	0	1	0	1	3	5
B 区	1	1	3	3	1	1	10
C 区	0	2	4	4	4	2	16
D 区	1	1	4	3	4	4	17
放精雄数							
A 区		29	32	31	33	29	
B 区		14	18	18	20	20	
C 区		13	17	17	23	23	
D 区		17	17	11	12	11	
人工授精使用魚数 (♂ + ♀)							
A 区		2+3	1+3	2+3	1+3		
B 区	1+3	4+6		4+7			
C 区	2+3	4+6		5+8			
D 区		4+6	2+6	3+6	1+3		

表4 排卵雌率

試験区	11月14日	11月27日	12月12日	12月25日	1月12日	1月28日
A		3.4	6.9	10.3	13.8	19.0
B	4.0	14.0	28.0	42.0	44.0	46.0
C	4.3	17.0	31.9	51.1	59.6	63.8
D	2.0	12.2	24.5	36.7	46.9	55.1

(注) 雌中排卵雌の占める割合 (%)

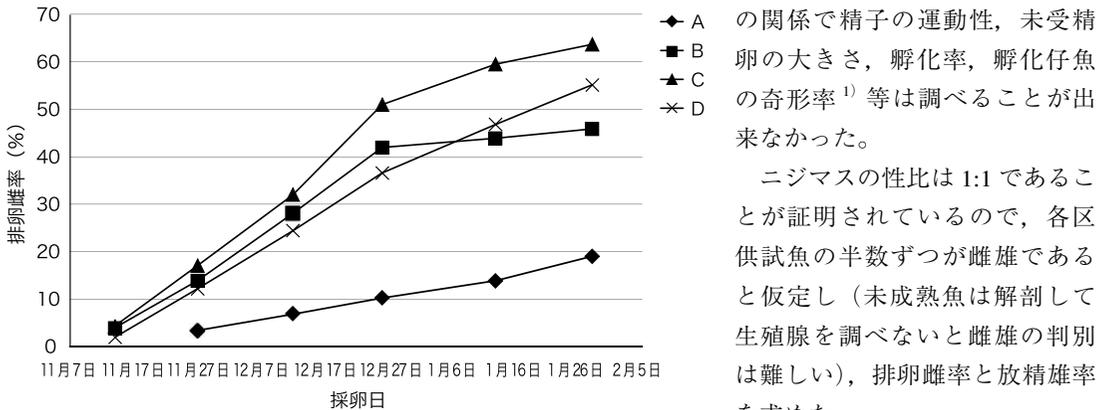


図1 排卵雌率の経時変化

し、体表の水を布で拭い取る。腹部を手で圧迫して放卵させ、箆に受けて腹腔内液を切る。個体別に採取した卵を各尾等量ずつ取ってグループ毎に一緒にし、複数の雄の精液を加えて卵を丁寧に攪拌する。暫くしてから水を加えて放置し、受精、吸水させる。卵を傷めない様に静かに注水し、精液他の汚れを十分に洗い流す。その後孵化水槽に収容して卵管理を行う。受精適期卵あるいは過熟卵を持つ雌魚数と放精雄魚数、人工授精に供した雌雄魚数等は表の通りであった。

1-5. 検卵

人工授精実施後約2週間目に検卵機を用いて受精・発眼率(総卵数に対する発眼卵の率。受精しなかった卵は発生が進まないの目が出来ない。)を調べた。

1-6. 測定項目

排卵雌率(雌数に対する排卵雌の率)、放精雄率(雄数に対する放精雄の率)、発眼卵の大きさ、受精・発眼率、卵と精液の一般成分、脂質クラス、脂肪酸組成等を調べた。今回は人手

の関係で精子の運動性、未受精卵の大きさ、孵化率、孵化仔魚の奇形率¹⁾等は調べることが出来なかった。

ニジマスの性比は1:1であることが証明されているので、各区供試魚の半数ずつが雌雄であると仮定し(未成熟魚は解剖して生殖腺を調べないと雌雄の判別は難しい)、排卵雌率と放精雄率を求めた。

発眼卵の大きさは、検卵後の発眼卵約10gを採取して水を切って精秤し、計数して受精卵1個当たりの重さを求めた。

卵と精液の分析は11月27日と12月25日に採取した卵と精液を用いて行った。排卵直後の卵と精液を各尾から等量ずつ取り、区毎にプールして分析に供した。一般成分と脂肪酸組成は定法で、脂質クラスはイヤトロスキャンで分析した。

2. 結果

2-1. 排卵雌率と放精雄率

表4と図1に排卵雌率の経時変化を示す。排卵雌魚の総数はA区:11尾、B区:23尾、C区:30尾、D区:27尾で、育成用飼料投与時に魚の成長が良かった区の排卵個体数が多かった。A区は最後まで排卵個体が少なかった。鮭鱒類ではその年に性成熟するか否かは一定の時期に一定の大きさ以上になっているか否かによって決まっていることと、同じグループ内では雌は雄より小さい傾向が有ることが分かっている。HPで飼育した区の雌は小さかったた

表5 放精雄率

試験区	11月27日	12月12日	12月25日	1月12日	1月28日
A	50.0	55.2	53.4	56.9	50.0
B	28.0	36.0	36.0	40.0	40.0
C	27.7	36.2	36.2	48.9	48.9
D	34.7	34.7	22.4	24.5	22.4

(注) 雄中放精雄の占める割合 (%)

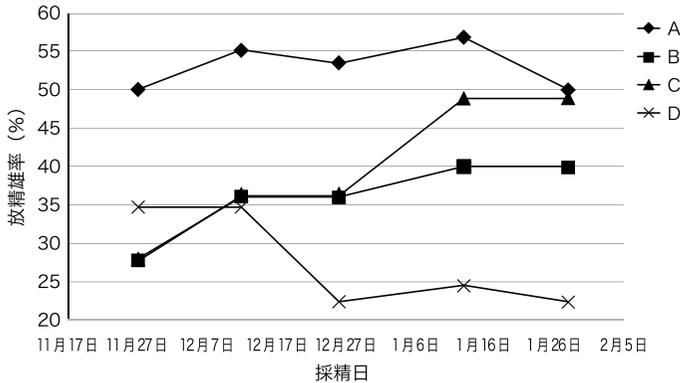


図2 放精雄率の経時変化

め、性成熟する条件を満たしていない個体が多かったのであろう。B-D区は時期が進むにつれて排卵雌率が高くなったが、12月25日以降増え方が小さくなる傾向が有ることと、11月27日から12月25日の間の排卵魚数が多いことから、11月27日から12月25日くらいが産卵盛期であったと考えられる。

卵の色は飼料にカロテノイド色素を添加したA区とB、C区がD区より赤味が強かった。

表5と図2に放精雄率の経時変化を示す。A区の成熟が最も早く、率も高かった。B区とC区は最初放精雄率は低かったが、時期が進むに従って高くなり、最終的にA区に近い値を示した。D区は最も低い値を示し、12月12日以降特に低い値であった。EXは雄の性成熟を抑制するのであろうか。残念ながら前報¹⁾では放精雄率を調べていないので、この点は再

度確認する必要がある。

12月25日には腹部を圧迫しても極少量の精液しか出ない個体や、出ても精子濃度が薄くて水様である個体が多くなった。シーズン最盛期の濃くて量も多く、迸り出る様な感じとは全く違い、ほぼ放精期は終了したのではないかとと思われる。

以上の様に育成用飼料給与期の魚の成長が雌の成熟率を規定していることや、再現性の確認が必要であるものの、EXは雄の性成熟を抑制している可能性が有ること等から、再生産を目的とする魚には可也早期から魚油を添加したHPを与えた方が良いのではないかとと思われる。

2-2. 発眼卵の大きさ

検卵時に測定した発眼卵の大きさを表6と図3に示す。12月12日分は孵化水槽数の関係でA区とD区しか収容出来なかったため、B区とC区は別の小型水槽に少量入

表6 発眼卵の大きさ (mg/個)

試験区	11月14日	11月27日	12月12日	12月25日	1月12日	平均
A		50.5	48.8	61.1	55.9	54.1
B	56.2	57.1	57.5	62.8		58.4
C	43.8	53.5	59.0	70.9		56.8
D		46.5	49.8	55.3	55.2	51.7

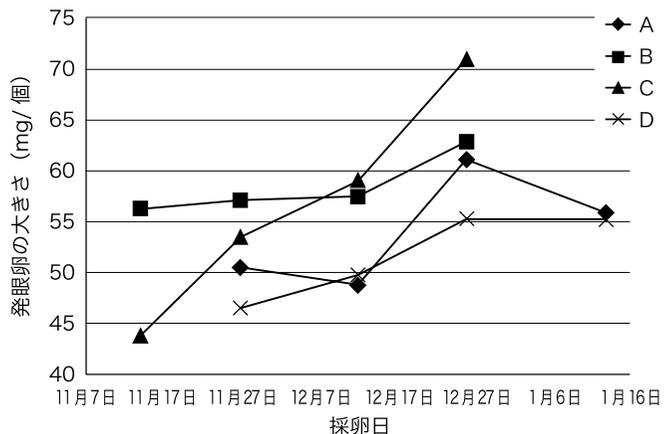


図3 発眼卵の大きさの経時変化

表7 受精・発眼率 (%)

人工授精日	A	B	C	D
11月14日		91.5	83.5	
11月27日	88.0	85.0	57.8	64.7
12月12日	99.4			71.4
1月12日	49.4			68.5

(注) 12月25日分は水カビが酷くて調査出来ず。
1月12日分も水カビが発生していた。参考値とする。

れておいた卵で測定した。各区共時期が進むに従って卵が大きくなることと、親魚が大きい方が卵も大きい傾向が有ることは前報¹⁾と一致していた。卵が大きい方が孵化仔魚も大きいので、その後の飼育管理が楽である。大きな親魚の排卵最盛期の卵を再生産に用いるのが最も良いと思われるが、そのためには育成用飼料の質から考えなければならないのは前述の通りである。

2-3. 受精・発眼率

表7と図4に受精・発眼率を示す。12月25日分は各区共水カビの発生が著しく、受精・発眼率は調査出来なかった。また、1月12日分も12月25日分程酷くは無かったが水カビが発生していたことと、A区、D区共に1尾分の卵であることから、参考値程度に見て欲しい。

育成用飼料にHPあるいは魚油添加HPを用いた区の方がEXあるいは魚油添加EXを用いた区より受精・発眼率が高いこと、HPと魚油添加HPで違いが無いこと、育成用飼料に魚油添加EXを用いた区でも親魚用飼料を魚油添加HPに切り替えると結果が改善される傾向が有ること、育成用飼料、親魚用飼料共にEXあるいは魚油添加EXを与えた区の結果が最も劣る

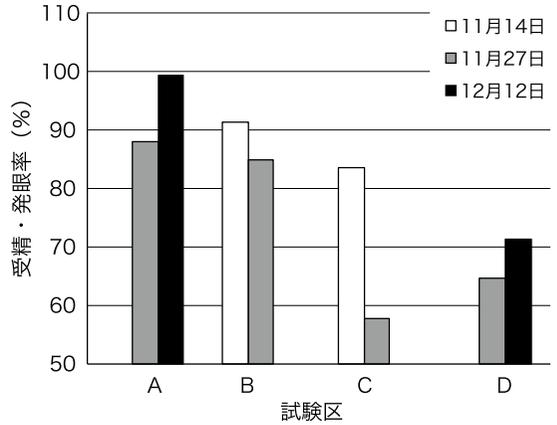


図4 受精・発眼率の経時変化

こと等が分かる。この様に原因は未だ解らないが、EX投与区の受精・発眼率はHP投与区より低く、育成用飼料の影響も可也強く表れることが分かった。この結果は前報¹⁾と略一致していた。

受精・発眼率で見るとHPへの色々な栄養成分の添加効果は認められなかった。但し、この効果の有無は孵化率や孵化仔魚の奇形率、さらには採卵、採精後の親魚の生残率まで調べてから判断すべきことである。

2-4. 卵と精液の一般成分

表8に卵の一般成分を示す。腹腔内液の切り方によって水分含量は変化するので、下段の乾物換算値で説明する。11月27日の卵は親魚用飼料に切り替えて既に3カ月も経っているのにまだ育成用飼料の影響が残っており、タンパク質と灰分はA区とB区のHP飼育魚の方が高く、脂質はC区とD区のEX飼育魚の方が高かった。

表8 卵の一般成分

採卵日 試験区	11月27日				12月25日			
	A	B	C	D	A	B	C	D
水分 (%)	62.1	63.9	68.2	61.8	62.9	75.4	64.4	62.8
タンパク質	26.8	25.3	21.9	26.4	26.4	15.5	24.4	26.1
脂質	6.48	6.70	6.38	7.39	6.67	6.25	7.44	7.07
灰分	3.29	2.82	2.10	2.67	3.51	1.12	2.64	3.16
タンパク質 (% 乾物)	70.7	70.1	68.9	69.1	71.2	63.0	68.5	70.2
脂質	17.1	18.6	20.1	19.3	18.0	25.4	20.9	19.0
灰分	8.68	7.81	6.60	6.99	9.46	4.55	7.42	8.49

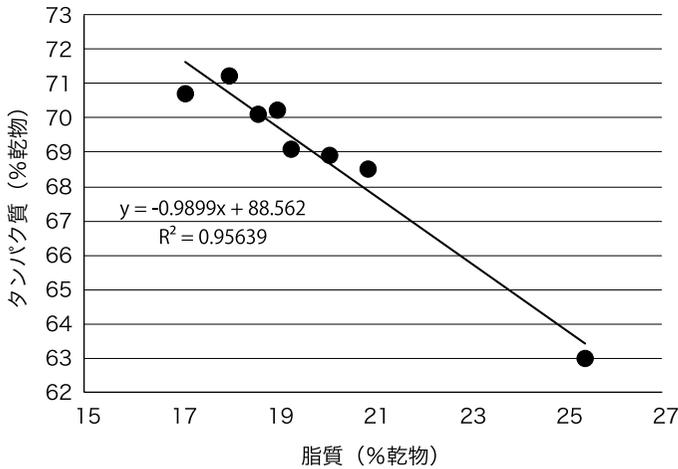


図5 脂質とタンパク質の相関 (卵)

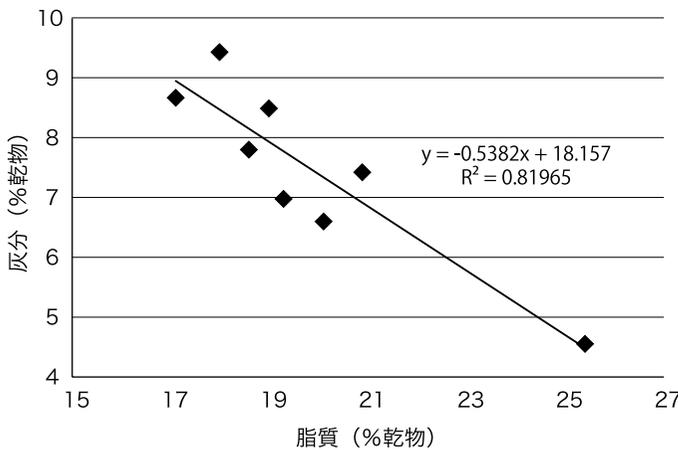


図6 脂質と灰分の相関 (卵)

12月25日の卵は親魚用飼料の影響の方が強く出ていた。また、親魚用飼料の脂質含量と卵の脂質含量の間に相関は認められず、育成用飼料と親魚用飼料の両方の影響を受けていることが推測出来た。これは性成熟すると摂餌しなくな

るので、早期に排卵する魚ほど親魚用飼料の摂取量が少なかったことを反映したものと思われる。この事からも再生産を目的とする魚は可也早くから親魚用飼料で飼育しておく必要が有ることが分かる。

図5に脂質とタンパク質の関係、図6に脂質と灰分の関係を示す。それぞれの間には強い負の相関が認められ、魚体成分の変化同様、卵においても成分変化の主体をなすのは脂質で、脂質含量の変化に連動してタンパク質と灰分が動くことが分かる。また、タンパク質(x: 乾物%)と灰分(y: 乾物%)の間には $y=0.5495x-30.392$, $R^2=0.8751$ の正の相関が認められた。11月27日の卵の脂質含量と受精・発眼率の間には負の相関が認められたが、前報¹⁾ではこの様な現象は無かったので、再現性の確認が必要である。

表9に精液の一般成分を示す。タンパク質の乾物換算値が100を超える値を示すのは窒素成分の主体が核酸であるのに換算係数6.25を用いたためである。

11月27日、12月25日共に湿物ではA区の水分が低く、脂質と灰分が高かった。乾物換算値ではタンパク質と脂質が高く、灰分は低かった。各区共両採精日で何れの成分も同様の傾向を示したが、卵成分の動きとは大きく異なって

表9 精液の一般成分

採精日 試験区	11月27日				12月25日			
	A	B	C	D	A	B	C	D
水分 (%)	89.9	91.7	92.2	91.1	87.0	93.5	91.5	90.7
タンパク質	10.7	8.55	7.95	9.29	14.0	6.38	8.77	9.48
脂質	0.96	0.59	0.62	0.79	0.79	0.58	0.55	0.55
灰分	1.82	1.55	1.51	1.67	2.06	1.40	1.58	1.64
タンパク質 (% 乾物)	106	103	102	104	108	98.2	103	102
脂質	9.50	7.11	7.95	8.88	6.08	8.92	6.47	5.91
灰分	18.0	18.7	19.4	18.8	15.8	21.5	18.6	17.6

表 10 卵の脂質クラス

採卵日 試験区	11月27日				12月25日			
	A	B	C	D	A	B	C	D
非極性脂質 (%)	73.0	74.0	76.7	75.3	72.0	82.7	78.1	76.7
極性脂質	27.0	26.0	23.3	24.7	28.0	17.3	21.9	23.3
非極性脂質								
SE (%)	5.1	3.0	1.0	2.1	2.0	5.1	3.6	3.8
TG	64.0	67.8	72.6	70.0	64.5	75.5	69.0	67.9
DG	3.8	3.2	3.0	3.2	4.8	2.1	3.5	3.6
FC	0.1				0.7		1.8	1.3
極性脂質								
PEA (%)	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4	0.5
PS	0.4	0.1	0.1		0.2	0.2	0.2	0.2
PC	26.0	25.1	22.5	23.9	26.8	16.5	21.0	22.3
SM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
LPC	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		

(注) SE:Steryl esters, TG:Triglycerides, DG:Diglycerides, FC:Free cholesterol, PEA:Phosphatidyl ethanolamine, PS:Phosphatidyl serine, PC:Phosphatidyl choline, SM:Sphingomyeline, LPC:Lysophosphatidyl choline.

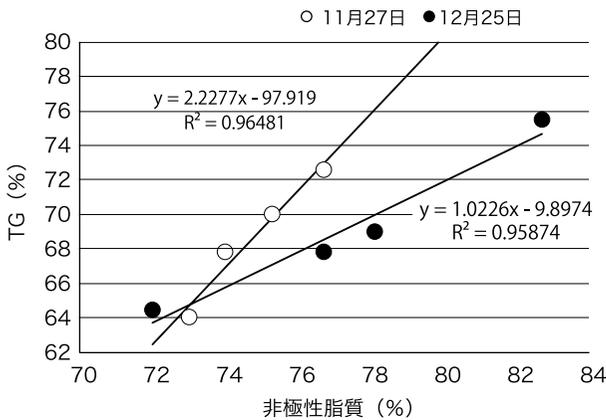


図 7 卵の非極性脂質

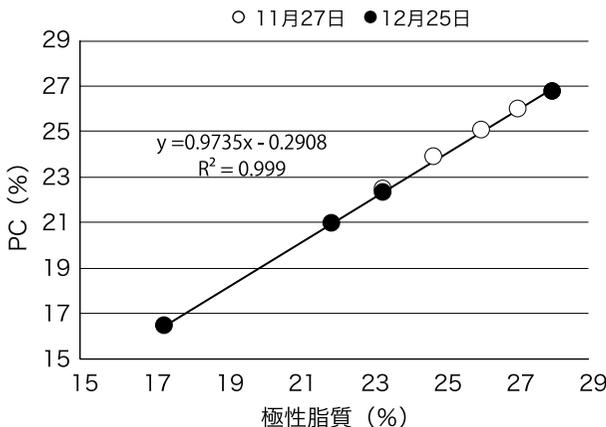


図 8 卵の極性脂質

いた。飼料成分から受ける影響は卵と精液で異なっている様である。

タンパク質 (x: 乾物 %) と灰分 (y: 乾物 %) の間には $y = -0.4846x + 68.58$, $R^2 = 0.7899$ の負の相関が認められた。

精液の各成分含量と受精・発眼率の間に相関は認められなかった。精子の役割は遺伝子の運搬役であるので、精子濃度や運動性(活力)等の物理的性状は受精・発眼率に影響を及ぼす可能性があると考えられるものの、成分含量には関係無いのであろう。遺伝的な面を別にすれば、卵質の

良い親魚を育てるのがより重要なのであろう。

2-5. 卵と精液の脂質クラス

表 10 に卵の脂質クラスを示す。一般成分同様 11 月 27 日にはまだ育成用飼料の影響が強く残っており、非極性脂質(蓄積脂質)の占める割合は育成用飼料に EX を用いた C 区, D 区の方が高かった。また, HP, EX 共に魚油添加の影響も認められた。12 月 25 日には親魚用飼料の影響が強く表れ、非極性脂質の占める割合は B 区, C 区が高い値を示した。

図 7 に非極性脂質とトリグリセライド (TG) の関係を示す。非極性脂質の主体は TG で, TG の量によって非極性脂質の占める割合が決められている事が分かる。11 月 27 日と 12 月 25 日では明らかに非極性脂質中で TG の占める割合が異なり, 11 月 27 日の方が高かった。

卵の極性脂質の主体はフォスファチジルコリン (PC: レシチン) である。図 8 に極性脂質と PC の関係を示す。採卵日に関係無く両者の間に強い正の相関が存在していた。

表 11 精液の脂質クラス

採精日 試験区	11月27日				12月25日			
	A	B	C	D	A	B	C	D
非極性脂質 (%)	30.3	32.1	35.4	34.0	34.5	34.1	38.3	38.1
極性脂質	69.7	67.9	64.6	66.0	65.5	65.9	61.7	61.9
非極性脂質								
SE (%)	0.8	0.6	1.3	0.5	1.4	1.6	2.2	2.1
TG		0.3	0.3	0.2	0.1	0.5	0.4	0.2
DG	29.4	30.9	33.5	33.0	32.7	31.8	35.5	35.2
FFA	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5
極性脂質								
PEA (%)	30.3	22.1	24.5	25.1	26.5	27.0	22.3	25.5
PS	0.9	0.5	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3
PC	38.2	44.9	38.8	39.6	37.5	38.0	38.5	35.1
SM	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	0.5	0.8
LPC			0.4	0.2	0.1			0.2

(注) FFA: Free fatty acids.

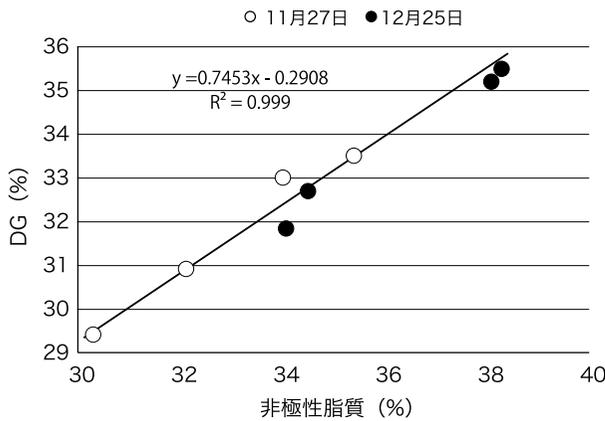


図9 精液の非極性脂質

この様に卵の脂質クラスは蓄積脂質であるTGの量によって略決められており、極性脂質の量は一定であると考えられる。

表11に精液の脂質クラスを示す。11月27日、12月25日共に育成用飼料にEXを用いたC区、D区の非極性脂質の占める割合が高く、育成用飼料の影響がより強く表れていた。これは雄は雌より早く性成熟し、早い時期から放精を始めることと関係しているものと思われる。性成熟してからは摂餌しないので、親魚用飼料の摂取量が少なく、育成用飼料の影響の方が強いのであろう。

精液の非極性脂質の主体は卵と違ってダイグリセライド(DG)である。この違いは何に起因しているのであろう。卵の場合TGは発生、孵化、さらには孵化仔魚が摂餌を開始するまでの栄養源としての役割が主体であろう。精子の場合は栄養源としての役割は必要無く、受精するまでの事を考えれば良い。DGが精子の運動のエネルギー源になっている、受精に何らかの役割を担っている、DGは精子には関係なく、精漿部分に含まれている等の事が考えられる

が、魚では未だ詳しいことは分かっていない様である。

図9に非極性脂質とDGの関係を示す。採精日に関係なく両者の間には正の相関が認められ、非極性脂質の占める割合はDGの量によって決められている事が分かる。

精液の極性脂質で最も多いのは卵同様PCであるが、フォスファチジルエタノールアミン(PEA)も可也多いことに特徴がある。PC、PEA共に飼料脂質とは関係ない様である。極性脂質は膜の構成成分であるので、卵と精子の膜の構成脂質の違いが表れているのかも知れない。

2-6. 卵と精液の脂肪酸組成

表12に卵の脂肪酸組成を示す。但し、1%以上の組成比を有する脂肪酸のみを記してある。下段のΣn3、Σn6、DHA/EPA、DHA/18:1n9は1%以下の組成比を示した脂肪酸も含めて求めた。11月27日と12月25日で各区共組成比に大きな違いは無く、22:6n3、18:1n9、16:0の比率が高く、次いで18:2n6、18:0、18:1n7で、その他の脂肪酸は少なかった。

Σn3はB ≧ C > D > Aと魚油添加量に比例しており、親魚用飼料の影響が強くて出た。Σn6はA > C > D = Bで、大豆油および飼料原料由来

表 12 卵の脂肪酸組成

採卵日 試験区	11月27日				12月25日			
	A	B	C	D	A	B	C	D
14:0 (%)	1.6	2.6	2.5	2.6	1.7	3.2	2.8	2.6
16:0	18.5	17.1	16.8	17.8	18.9	16.3	15.8	17.5
16:1n7	4.9	5.3	4.5	5.4	4.7	5.9	5.0	5.7
18:0	5.8	5.2	5.4	5.7	6.7	5.3	5.9	6.6
18:1n9	22.5	17.7	16.6	19.9	23.1	18.5	17.0	19.5
18:1n7	4.7	4.5	4.0	4.6	4.2	4.5	4.1	4.7
18:2n6	8.9	7.3	8.5	6.9	8.9	7.7	8.5	8.0
18:4n3	1.8	1.3	1.3	1.7	1.6	1.5	1.4	1.5
20:1n9	1.4	0.9	1.4	1.0	1.2	0.7	1.5	1.0
20:2n6	2.4		0.4	0.8	1.0			
20:3n6	1.5	1.5	1.6	1.7	2.6	1.4	1.7	1.4
20:5n3	1.3	6.3	5.3	3.2	1.5	5.5	5.7	4.0
22:5n3	0.3	2.0	1.8	1.1	0.6	2.0	2.1	1.6
22:6n3	22.6	25.3	26.9	25.0	21.8	25.3	24.5	24.3
Σn3	26.0	34.9	33.4	31.0	25.4	34.4	33.6	31.2
Σn6	13.5	9.7	11.6	10.3	12.8	10.0	11.3	10.2
Σn3/Σn6	1.93	3.58	2.87	3.01	1.99	3.44	2.99	3.06
DHA/EPA	17.4	4.02	5.10	7.70	14.9	4.63	4.27	6.15
DHA/18:1n9	1.00	1.43	1.61	1.25	0.94	1.37	1.44	1.27

表 13 精液の脂肪酸組成

採精日 試験区	11月27日				12月25日			
	A	B	C	D	A	B	C	D
14:0 (%)	1.3	1.8	1.8	1.3	1.4	1.7	1.9	1.4
16:0	29.2	29.0	27.3	28.3	28.2	28.7	29.7	27.4
16:1n9	0.8	0.8	1.1	1.0	1.0	1.2	0.9	1.0
18:0	4.7	5.0	5.0	4.9	4.7	5.5	5.3	5.0
18:1n9	9.0	8.5	9.0	9.7	9.4	9.6	9.0	9.8
18:1n7	3.9	5.0	4.5	4.1	3.6	4.9	4.4	4.5
18:2n6	3.2	2.7	3.7	3.5	3.5	3.3	4.1	3.5
20:3n6	5.3	4.5	5.0	5.7	5.9	4.4	5.0	6.1
20:5n3	6.5	14.9	13.1	10.3	5.6	13.6	11.6	9.9
22:5n3	0.7	1.3	1.4	0.9	0.4	1.2		0.7
22:6n3	33.7	25.6	26.8	28.9	34.5	25.3	28.1	29.7
Σn3	40.9	41.7	41.2	40.0	40.5	40.1	39.7	40.2
Σn6	8.6	7.1	9.3	9.9	10.3	7.7	9.2	10.1
Σn3/Σn6	4.78	5.86	4.42	4.05	3.92	5.22	4.34	4.01
DHA/EPA	5.19	1.72	2.05	2.82	6.12	1.85	2.41	3.00
DHA/18:1n9	3.75	3.02	2.98	2.99	3.69	2.64	3.11	3.02

の植物油の影響が一緒になって表れていた。Σn3/Σn6はB区が最も高く、次いでD区、C区で、A区が最も低かった。DHA/EPAはA区のみ著しく高かったが、これはA区のみEPAが他区より著しく低かったことによっていた。DHAもA区が最も低かったが、EPA程の違

いは無かった。18:1n9はA区が最も高く、次いでD、B、C区の順に高かった。DHAはA区以外に大きな区間差が無かったので、DHA/18:1n9はA、D、B、C区の順に低い値を示した。

Σn3、Σn3/Σn6、DHA/18:1n9が最も低く、Σn6とDHA/EPAが最も高かったA区と、全く逆の結果を示したB区で受精・発眼率に違いが認められなかった。この程度の脂肪酸組成の違いであれば受精・発眼率に関係ないのであろう。前報¹⁾でもHPとEXで飼育した親魚より得た卵の脂肪酸組成は再生産結果に関係していなかった。

表13に精液の脂肪酸組成を示す。表示法は卵の場合と同じである。精液の脂肪酸組成は卵より単純で、22:6n3と16:0が多く、次いで20:5n3と18:1n9で、さらに18:0、20:3n6、18:1n7、18:2n6と続き、その他の脂肪酸は少なかった。

14:0、18:0、20:3n6、20:5n3、22:5n3、22:6n3等には親魚用飼料の影響も認められたが、18:2n6には育

成用飼料に添加した大豆油の影響が強く表れていた。また、各区共両採精日で脂肪酸組成に大きな違いは無く、精液の場合にはΣn3、Σn6に卵の様な大きな区間差は認められなかった。A区は卵同様EPAが他区より著しく少なかったが、DHAは卵と違って多かった。Σn3、Σn6、

$\Sigma n3/\Sigma n6$, DHA/EPA, DHA/18:1n9 はこれらの結果を反映していた。これは前述した様に雄は雌より早く性成熟して摂餌しなくなるので、より育成用飼料の影響が遅くまで残ることによるのであろう。

最も大きな脂肪酸組成の違いを示した A 区と B 区で受精・発眼率に違いが無かったので、卵同様精液の脂肪酸組成もこの程度の違いであれば受精・発眼率に影響しないと考えられる。

3. 要約

- ・雌の排卵最盛期は 11 月 27 日から 12 月 25 日の間で、雄はこれより早く成熟し、人工授精に適した精液の産出も早く終了する。よって再生産は排卵最盛期の前半期に行うのが良いであろう。
- ・何れの区も排卵雌率は時期が進むに従って高くなったが、A 区のみは最後まで著しく低かった。これは育成用飼料投与期の A 区の成長が最も悪かったことが原因であると考えられる。
- ・D 区の放精雄率は他区より低く、放精期も早く終了した。EX は雄の性成熟を抑制する可能性も考えられるが、再現性の確認が必要である。
- ・A 区の雄は他区より早く成熟して放精したが、これは水槽の配置による照度の違いが関与していた可能性も有る。
- ・大きな親魚から得られた卵ほど大きく、さらに時期が進むに従って卵は大きくなる傾向が認められた。
- ・育成用飼料として HP あるいは魚油添加 HP を与えた区の方が EX あるいは魚油添加 EX を与えた区より受精・発眼率が高い傾向が認められた。また、育成用飼料として魚油添加 EX を与えた区でも親魚用飼料に魚油添加 HP を与えることで受精・発眼率が改善されるようである。
- ・親魚用飼料に切り替えてから 3 カ月経った魚から得られた卵と精液にもまだ育成用飼料の影響が残っていた。その後親魚用飼料の影響

が強くなって来た。これは雌雄共に性成熟が進行するに従って摂餌しなくなることと関係しているものと推測した。

- ・再生産を目的とする魚には可也早い時期から親魚用飼料を与えるべきである。この飼料は 7.5% 魚油添加 HP を基本とすべきである。
- ・卵、精液共に成分組成と受精・発眼率の間に相関は認められなかった。但し、卵の脂質含量と受精・発眼率の関係はさらに検討が必要である。
- ・受精・発眼率で見ると魚油添加 HP への色々な栄養成分の添加効果は認められなかった。但し、これらの物の添加効果の有無は孵化率や孵化仔魚の奇形率、生残率、さらには採卵、採精後の親魚の生残率まで調べて判断すべきである。

回復試験

採卵、採精後の魚の生残率と回復状態を調べるため、再生産試験終了後も表 2 の飼料で飼育を継続した。何れの区も良く餌を食べ、死魚が生じる様な状態ではなくなったので 3 月 17 日に最終取上げを行い、各区の生残率と回復状態を調べた。

1. 方法

1-1. 状態観察

各区の魚を全て取上げ、FA100 で軽く麻酔して肉眼で状態を観察した。

1-2. 平均体重と生残率

各区共未成熟魚、放精後雄、排卵後雌に分けて尾数と総体重を調べ、平均体重と生残率を求めた。

1-3. 魚体測定と解剖

各区から未成熟魚、放精後雄、排卵後雌をそれぞれ 5 尾ずつサンプリングし、前報²⁾の方法に従って魚体測定と解剖を行い、肥満度(体重×100/尾又長³⁾)と各臓器の体重比を求めた。

1-4. 血漿成分の分析

上記の供試魚から採血を行い、血漿成分の分

表 14 最終取上げの結果

試験区	A	B	C	D
全体				
総体重 (kg)	139.12	159.77	150.51	146.32
尾数	111	99	94	87
平均体重 (g)	1253	1614	1601	1682
生残率 (%)	95.7	99.0	100	88.8
未成熟魚				
総体重 (kg)	94.49	104.54	94.59	108.24
尾数	68	58	50	58
平均体重 (g)	1390	1802	1892	1866
成熟後雄				
総体重 (kg)	36.26	29.05	33.69	16.97
尾数	35	23	24	13
平均体重 (g)	1036	1263	1404	1305
成熟後雌				
総体重 (kg)	8.37	26.18	22.23	21.11
尾数	8	18	20	16
平均体重 (g)	1046	1454	1112	1319

析に供した。手順は以下の通りである。FA100 麻酔下でヘパリン処理したプラスチック注射筒を用いてキュビエ氏管から各尾 10mL ずつ採血した。血液は個別に 3000rpm で 15 分間遠心分離し、血漿を分離した。各尾から等量の血漿を採取し、区毎にプールして分析に用いた。分析項目はグルコース (Glu)、総コレステロール (T-Cho)、総タンパク質 (T-Pro)、トリグリセライド (TG)、アルカリ性フォスファターゼ (ALP) である。

2. 結果

2-1. 魚の状態

最終取上げ時の魚の状態は以下の通りであった。

A 区: 体型はスラリとしており、尾柄部から尾鰭にかけて傷付いた個体が多かった。体表の粘液は少なく、ザラザラした感じであった。麻酔耐性が弱く、麻酔液中で直ぐにひっくり返ってしまう。尾柄部から尾鰭にかけて傷付いた個体が多いのは、性成熟状態のチェックや採卵、採精時に尾柄部を軍手をした手で強く握るために傷付きやすく、これに粘液が少ないことが傷みを促進したものと思われる。

B 区, C 区: 体型はドテツとしていた。体表の粘液が非常に多く、取上げ時に魚を掴もうとしてもヌルヌルしてなかなか掴めなかった。また、麻酔槽の水がトロトロになって泡立ってくる。魚油やラクトフェリンは体表の粘液を増やすことが知られているので、これは飼料に添加した魚油とラクトフェリンの効果が表れたものと思われる。体表粘液の増加はスレや傷の予防に有効であろう。

体表、特に側線部に赤色が出ていた。但し、明るい赤ではなく、沈んだ色調の濃い赤であった。雄では体表が異常に黄色っぽい個体も認められた。A 区はカロテノイド色素としてカンタキサンチンが添加してあったのに体表にあまり色が出ていなかったの、カンタキサンチンよりアスタキサンチンの方が体表に色が出易いようである。カンタキサンチンよりアスタキサンチンの方が体表に色が出易いのはアマゴ⁷⁾でも確認してある。

麻酔耐性が強く、なかなか麻酔が効かず、麻酔槽で暴れる。麻酔耐性は魚の健康状態を反映するといわれているので、B 区, C 区の魚は A 区, D 区の魚より健康状態が良いのではないかと思われた。

D 区: 体型はドテツとしていた。A 区より体表の粘液は多いが、B 区, C 区より明らかに少なかった。飼料に魚油は添加してあるものの、B, C 区より添加量が少ないことと、ラクトフェリンが添加されていないためであろう。D 区の魚が性成熟後回復過程にある親魚の標準的な状態と思われた。

以上の様に魚の状態で見ると B 区, C 区が良く、A 区が最も劣っていた。魚油や色々な栄養成分の飼料添加は受精・発眼率に改善効果は認められなくても健康状態の維持や性成熟による衰弱からの回復には有効であると判断した。

2-2. 平均体重と生残率

最終取上げの結果を表 14 に示す。未成熟魚、放精後雄、排卵後雌共に平均体重は A 区が著しく小さく、成長に及ぼす魚油の添加効果が明確であった。

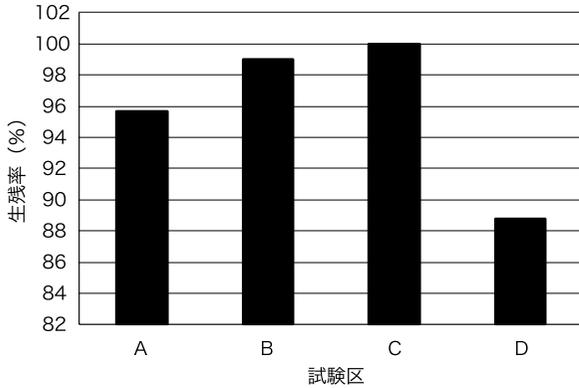


図 10 最終取上げ時の生残率

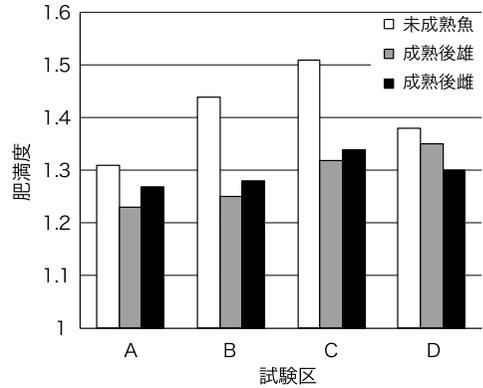


図 11 最終取上げ時の肥満度

表 15 魚体測定と解剖の結果

試験区	A	B	C	D
未成熟魚				
供試魚数	5	5	5	5
体重 (g)	1815	1883	2397	2160
尾叉長 (cm)	51.8	50.7	54.1	53.9
肥満度	1.31	1.44	1.51	1.38
内臓体重比 (%)	8.96	11.5	10.6	8.86
肝臓体重比	0.85	1.05	0.95	0.91
DL 体重比	3.72	6.18	5.87	4.48
生殖腺体重比				
♂	0.12	0.13	0.15	0.11
♀	0.19	0.44	0.26	0.28
成熟後雄				
供試魚数	5	5	5	5
体重 (g)	1041	1154	1218	1226
尾叉長 (cm)	43.9	45.2	45.2	44.6
肥満度	1.23	1.25	1.32	1.35
内臓体重比 (%)	7.97	6.75	8.15	7.36
肝臓体重比	1.08	0.83	1.05	0.94
DL 体重比	1.00	0.64	1.75	1.03
精巣体重比	1.50	1.82	1.35	2.57
成熟後雌				
供試魚数	5	5	5	5
体重 (g)	969	1009	1222	1347
尾叉長 (cm)	42.4	42.9	45.0	47.0
肥満度	1.27	1.28	1.34	1.30
内臓体重比 (%)	8.19	8.89	8.62	8.42
肝臓体重比	1.23	0.82	0.90	1.25
DL 体重比	1.26	2.56	2.78	1.61
卵巣体重比	1.25	0.48	0.89	1.12

図 10 に示す様に生残率は B 区と C 区が高く、次いで A 区で、D 区が最も低かった。EX 飼育魚 (D 区) の方が HP 飼育魚 (A 区) より生残率が低いのは前報¹⁾と一致していた。本試験では供試魚の大きさの影響を無くすために魚の取り扱いに注意を払ったので、この結果は魚の大きさの影響ではないと考える。前報¹⁾の結果と併せ考えると、原因は未だ分からないが、EX による飼育魚は性成熟後の生残率が HP 飼育魚より低い様である。但し、育成用飼料に EX を用いた魚でも親魚用飼料を魚油添加 HP に切り替えることで生残率は改善される。

2-3. 魚体測定と解剖の結果

表 15 に結果を纏めて示す。図 11 に示す様に未成熟魚の肥満度は親魚用飼料の魚油添加量と育成用飼料の両方の影響が認められた。放精後雄と排卵後雌の肥満度は育成用飼料に HP を用いた A, B 区よりも EX を用いた C, D 区の方が高く、育成用飼料の影響の方がより強く出ていた。

内臓 (心臓と腎臓を除く全ての臓器を含む) 体重比は未成熟魚と排卵後雌では同様の傾向を示し、図 12 の様に親魚用飼料の魚油添加量が多い区の方が高い値を示した。ところが放精後雄では飼料との関係は認められなかった。図 13 に示す様に内臓体重比は腹腔内脂肪蓄積組織 (DL)

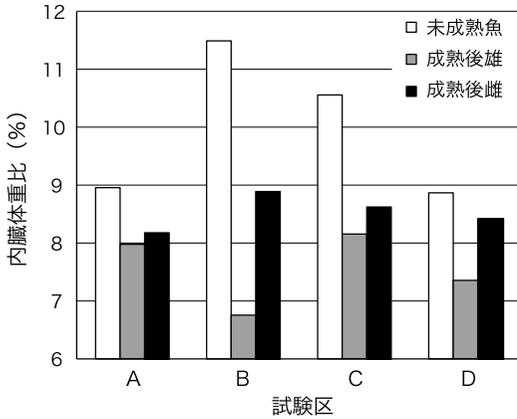


図12 最終取上げ時の内臓体重比

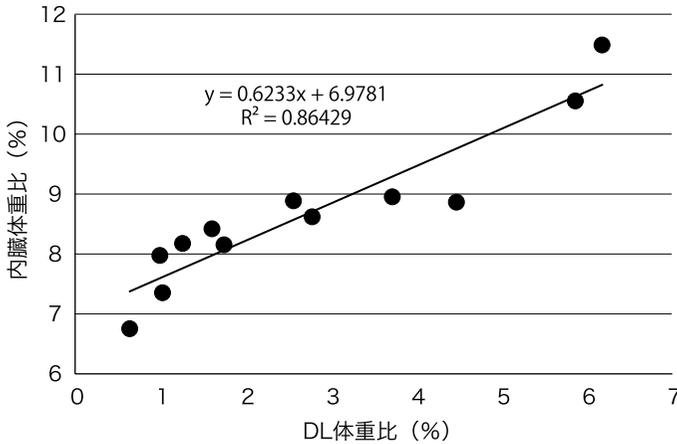


図13 DL体重比と内臓体重比の相関

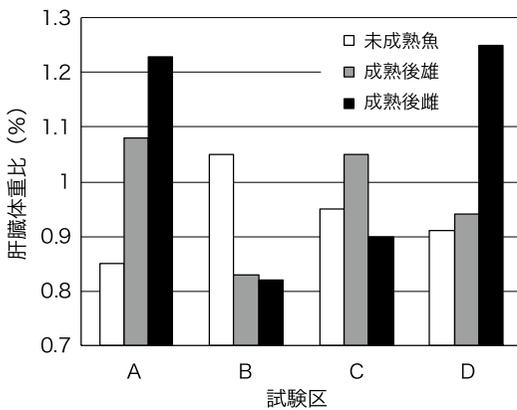


図14 最終取上げ時の肝臓体重比

体重比の影響を強く受けていた。つまり、内臓体重比は腹腔内に蓄積された脂質の量によって決まっていることになる。未成熟魚と排卵後雌の腹腔内蓄積脂質の量は親魚用飼料の脂質含量の影響を受けていたが、放精後雄はそうではなかった。これは雌雄による成熟に伴う衰弱程度の違いや、摂餌を再開してからの日数の違いなどが影響しているのであろう。

肝臓体重比は図14に示す様に未成熟魚では親魚用飼料の魚油添加量と関係が有るようであるが、放精後雄と排卵後雌では一定の傾向は認められなかった。

肥満度、内臓体重比、DL体重比等から判断して放精、排卵終了後2カ月程度では雌雄共に性成熟時の衰弱状態から完全に回復しておらず、回復過程にある。特に雄の回復が遅れているが、これは成熟期で摂餌しない期間が雌より長くて衰弱が激しいことと、摂餌を再開してからの期間が雌よりも短いことが原因として考えられる。

2-4. 血漿成分の分析値

結果を表16に示す。各成分の数値を区別に高い方から1~4と番号付けして全成分の数値を合計すると、未成熟魚はB>A>D>Cの順に結果が優れ、育成用飼料に魚油添加HPとHPを用いた区の結果が良いことが分かる。育成用飼料から親魚用飼料に切り替えて既に7カ月も経っているのにまだ育成用飼料の影響が残っているのは驚くべきことである。

放精後雄はC>A>D>Bの順で、排卵後雌はD>B>C>Aであった。排卵後雌はA区の値が著しく低く、他区より回復が遅れていることが分かる。これはA区の雌は他区より成熟が多少遅い傾向が有ったことも関係していると思われるが、飼料の影響の方が大きいのではないかと考えられる。HPは再生産目的には良くても、成熟後親魚の回復目的には向いていないと判断せざるを得ない。

表 16 血漿成分の分析値

試験区	A	B	C	D
未成熟魚				
Glu (mg/dL)	162	233	210	167
T-Cho (mg/dL)	500	537	415	459
T-Pro (g/dL)	5.3	5.2	4.9	5.1
TG (mg/dL)	373	371	312	452
ALP (IU/L)	199	168	139	157
成熟後雄				
Glu (mg/dL)	154	125	164	128
T-Cho (mg/dL)	468	388	473	431
T-Pro (g/dL)	4.9	4.4	5.0	4.4
TG (mg/dL)	481	285	372	286
ALP (IU/L)	122	113	149	82
成熟後雌				
Glu (mg/dL)	99	149	137	133
T-Cho (mg/dL)	283	456	420	518
T-Pro (g/dL)	3.4	5.1	6.4	6.6
TG (mg/dL)	219	527	454	386
ALP (IU/L)	91	145	158	159

3. 要約

- ・最終取上げ時の魚の状態は魚油と色々な栄養成分を添加した HP を親魚用飼料として与えた B 区と C 区が良く、HP を与えた A 区が最も劣っていた。魚油添加 EX を与えた D 区は中間の状態であった。
- ・生残率は B 区と C 区が高く、次いで A 区で、D 区が最も低かった。
- ・魚を健康状態に保つためには魚油や色々な栄養成分の飼料添加は有効である。
- ・魚油とラクトフェリンの添加は体表粘液の増加に著効が有る。体表のスレや傷みの予防には効果が有ると思われる。
- ・魚油無添加 HP は再生産目的には良くても、成熟親魚の回復目的には向いていない。
- ・原因は未だ分からないが、EX 投与区は成熟後親魚の生残率が低い。
- ・放精、排卵終了後 2 カ月程度では雌雄共成熟時の衰弱から完全に回復しておらず、回復過程であった。特に雄の回復が遅れていた。これは雄の方が性成熟に伴う絶食期間が長いことと関係しているものと思われる。
- ・育成用飼料から親魚用飼料に切り替えて 7 カ

月後にも体成分組成に育成用飼料の影響が強く残っていた。

考察

これまでの試験で以下の事を明らかに出来た。

ニジマスを HP で飼育すると成長が悪いので親魚が小さく、雌の性成熟率が低く、採卵可能雌数が少なくなる。しかも親魚が小さいので 1 尾から得られる卵数も少ない。よって、一定の卵数を得るためには多くの親魚候補の魚を確保しなければならず不都合である。また、親魚が小さいので得られる卵も小さく、孵化仔魚も小さい。仔魚が小さいのでその後の飼育管理が難しく、不利である。ところが受精・発眼率、孵化率等は高く、孵化仔魚の奇形率は低い等再生産効率は高い。

一方、EX で飼育すると成長が良いので親魚は大きくなり、雌の性成熟率が高くなる。採卵可能雌数が多く、しかも親魚が大きいため 1 尾から採卵できる卵数も多く、一定の卵数を得るにも親魚の数は少なく済み、有利である。また、親魚が大きいため得られる卵も大きく、孵化仔魚も大きい。仔魚が大きいため、その後の飼育管理も楽である。ところが再生産効率は HP より劣る。

この様に HP、EX 共に一長一短が有り、このまま親魚用飼料とするには問題が有る。そこで HP に魚油を添加して成長の改善を図ったところ、魚油の 7.5% 添加で EX あるいは魚油 4% 添加 EX と同等の成長が得られた。もし魚油 7.5% 添加 HP で飼育した親魚の再生産効率が HP 飼育魚に劣らなければ問題は解決出来る事になる。

次に魚油 7.5% に加えて色々な栄養成分を強化した HP を与えた親魚の再生産効률을 HP 投与魚と比較した。人手の問題で受精・発眼率しか調べることが出来なかったが、魚油を 7.5% 添加しても再生産効率は悪化せず、HP と等しい値を示した。魚油や色々な栄養成分の添加は

HPの受精・発眼率をさらに高める効果は認められなかったものの、魚を健康な状態に保つためや、成熟後親魚の生残率を高めるためには効果が有った。以上の結果から、魚油添加HPは優れた親魚用飼料になり得ると考えられる。

飼料コストの問題も有るので、今回添加した色々な栄養成分それぞれの効果を確認し、必要なものを強化した新しい親魚用HPの開発を行う必要が有る。

親魚用飼料に切り替える前の育成用飼料が再

生産効率や採卵、採精後の親魚に及ぼす影響を調べたところ、思いの外長期間育成用飼料の影響が残っていることが分かった。よって、再生産を目的とする魚は可也早期から親魚用飼料を与え始める必要が有ることを明らかに出来た。

EX投与魚の再生産効率や成熟後親魚の生残率はHP投与魚より劣ることが確認出来た。何故EX投与魚が劣るのか、EX製造時のビタミン類破壊の問題も含めて解明すべき点である。

参考文献

1. 酒本秀一：ニジマスの親魚用飼料-1. *New Food Industry*, **55**(4): 50-60, 2013.
2. 酒本秀一：ニジマスの親魚用飼料-2. *New Food Industry*, **59**(10): 57-72, 2017
3. J. E. Halver: Nutrition of salmonoid fishes-III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J.Nutr.* **62**, 225-243 (1957)
4. 酒本秀一：ニジマス用飼料の油脂源-1. *New Food Industry*, 投稿中
5. 酒本秀一：ニジマス用飼料の油脂源-2. *New Food Industry*, 投稿中
6. 北村佐三郎：飼料・魚類の栄養と飼料（荻野珍吉編，新水産学全集 No.14），恒星社厚生閣，東京，247-306（1980）
7. 酒本秀一：アマゴ用飼料-2. カンタキサンチンとアスタキサンチンの比較. *New Food Industry*, **54**(12): 51-62, 2012

白石カルシウムの炭酸カルシウム	
	<p>古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。</p> <p>用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。</p>
<p>分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈殿を抑制したタイプ等、品揃えております。</p> <p>一般の栄養強化には「ホワイトン」</p> <p>機能を求めるならば「コロカルソ」</p> <p>飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」</p> <p>詳細につきましては弊社営業担当にお気軽にお尋ねください。</p>	
	<p>食品部：東京都千代田区岩本町1-1-8 TEL03-3863-8913 本社：大阪市北区中之島2-2-7 TEL06-6231-8265</p>

野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

ヤマノイモ *Dioscorea japonica* Thunberg (ヤマノイモ科 Dioscoreaceae)

秋も深まり、木の葉が散り始める頃、山里を歩いていると、風鈴の短冊のような果実をつけたつる性の植物を目にします。ヤマノイモは北海道～沖縄の山野に生える雌雄異株のつる性の多年草で葉は対生（一部互生）、長さ5～10cmの三角状披針形、基部は心形、先は長くとがり、葉腋にしばしば珠芽（ムカゴ）をつけ栄養生殖します。花期は7～8月、雄花序は葉腋から直立し、花被片6個の白い小さな花を多数つけます。一方、雌花序は葉腋から垂れ下がり、雄花よりやや小さい白い花がまばらにつき、子房に翼があり、成熟すると翼が大きく張りだします。さく果は下向きにつき、3個の扁平な丸い翼をもち、種子は円形で周りに薄い翼があります。良く似た同属植物のオニドコ



ヤマノイモ（雄花）



写真2 ヤマノイモ（雌花）



写真3 カエドコロ（雌花）



写真4 オニドコロ（雄花）



写真5 ヤマノイモ (果実)



写真6 オニドコロ (果実)



写真7 ナガイモ 珠芽 (ムカゴ)



写真8 ヤマノイモ (根茎 (担根体))

口のさく果は上向きにつき楕円形，種子の片側にのみ翼があります。また，カエデドコロの花は橙黄色で，さく果は上向き，種子の全周に翼をもち，葉柄基部に小さな突起があります。これら，「トコロ」の仲間は食用には不向きですが，同属植物でメキシコに自生する *Dioscorea mexicana* などの成分であるステロイド化合物の diosgenin, dioscin などはコルチゾンなどのステロイドホルモンの製造原料として重要です。

ヤマノイモの地下には1本の芋があり，芋は地下深く，まっすぐに伸び1mを超えることもあります。地上部の成長にしたがって昨年の芋は小さく縮み，秋には新たな芋と置き換えられます。成長した芋(根茎)は非常に粘性が強く，ジネンジョウ(自然生)，ジネンジョ(自然薯)，ヤマイモ(山芋)や別名「山のうなぎ」などと呼ばれ，赤土土壌で採れたものの風味が良いとされています。周皮を除いた根茎(担根体)をサンヤク(山薬, *Dioscoreae Rhizoma*)といい(薯蕷ともいう)，滋養強壯，止瀉，止渴作用があるとして啓脾湯^{けいひとう}，六味丸^{ろくみがん}，八味地黄丸^{はちみちおうがん}，牛車腎気丸^{ごしゃじんきがん}などの漢方方剤に使われ，成分としては，デンプン starch，糖タンパク質 sugarprotein，アミノ酸 amino acid，ステロイ

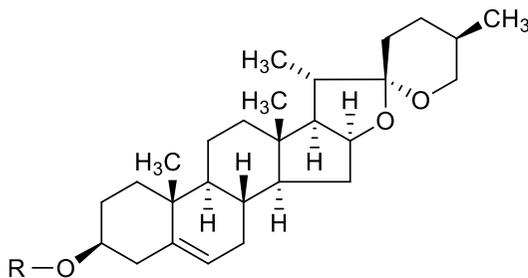
注) 担根体：葉と根の間の胚軸が異常成長したもの，または，たくさんあるひげ根の1本だけが多肉化したもの



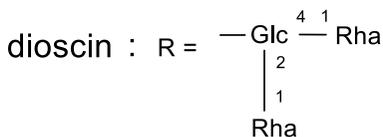
写真9 生薬：サンヤク（山薬）

ド steroid, glycan, allantoin, mannan, diastase, スチルベン誘導体 (batatasin I~III) 等が報告されています。サンヤクの基原植物にはヤマノイモの他にナガイモ *D. batatas* (*D. opposita* または *D. polystachya*) があり、ナガイモは茎がやや紫色を帯びており、両者はヤマイモとして混同されることもあります。別種でナガイモは中国大陸原産と考えられ（我が国自生の説もあります）、芋の形によってナガイモ、イチョウイモ、ヤマトイモ、ツクネイモ、キリイモなどと呼ばれ、国内で広く栽培されています。また、九州・沖縄で栽植されるダイジョ *D. alata* は東南アジア原産と考えられています。

ヤマノイモ属の食用種の総称ヤム yam をヤマノイモ、ヤマイモと訳すこともあり混乱します。ヤマノイモは薬用としてよりもむしろ、食用としての用途が大きいかも知れません。長く伸びた芋を食用にします。ナガイモと比較すると遥かに粘り気が強いいため、すりおろしてから白醤油や出汁などを加えてのばし「とろろ」にするのが代表的な調理法です。静岡県ではとろろを味噌汁で伸ばして麦飯ないし麦入り米飯にかけた「麦とろご飯」があり、^{まりこしゆく} 鞠子宿（現、静岡市駿河区丸子）の名物とされ、^{うめわかな} 松尾芭蕉の俳句に「梅若菜 鞠子の宿のとろろ汁」があり、返舎一九の「東海道中膝栗毛」では、弥次さんと喜多さんが丸子の宿で食べたのが自然薯のとろろ汁です。また、ヤマノイモは薯蕷饅頭、^{じょうよまんじゅう} かるかん、栗きんとんなどの和菓子の材料にもなります。

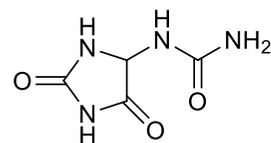


diosgenin : R = H

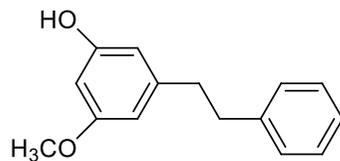


Glc : glucose

Rha : rhamnose



allantoin



batatasin III

図1 成分の構造式

好評発売中

定 価：(本体3,200円+税)
判 型：A5版
頁 数：215頁

酵母との対話

偶然の機会から、酵母菌を研究材料にすることになった。これはどんな生き物だろうかという素朴な疑問から始まり、どのように解析技術を工夫したら自分が知りたい内容に近づけるだろうか、という試行錯誤の連続。こちらも相手も生き物だから、素直な対話で相手を理解しようという姿勢から、生理学、生化学、分類学、生態学等の成果が生まれた。それらの成果を応用し、実用技術が企業を支えるまでになった。



内容紹介

- 序 章 油脂を蓄積する酵母との出会い
- 第 1章 教育・研究環境を整備する
- 第 2章 合成培地で培養する：生理学実験の出発点
- 第 3章 感覚的に把握できる内容を客観的な数値へ導く
- 第 4章 培地中の無機栄養源の増減がもたらす効果
- 第 5章 油脂を蓄積する生化学的機構の解析
- 第 6章 アルコール発酵をする酵母との対話
- 第 7章 新しい胞子形成用培地を作る
- 第 8章 Lipomyces属酵母を新しく分離し分類する
- 第 9章 分子生物学を門の前から覗く
- 第10章 生態系で果たすLipomyces酵母の役割
- 第11章 社会ですぐに役立つ工学への参加

著者プロフィール

著者／兎束 保之 (うづか やすゆき)

農学博士。東北大学農学部、同大学院を経て昭和41年に第一製薬株式会社へ入社。

1968年 山梨大学工学部発酵生産科助教授。

1988年 山梨大学工学部発酵生産科教授

2002年 山梨大学退官。名誉教授

2002年 放送大学山梨学習センター所長。

2007年 放送大学山梨学習センター退官。

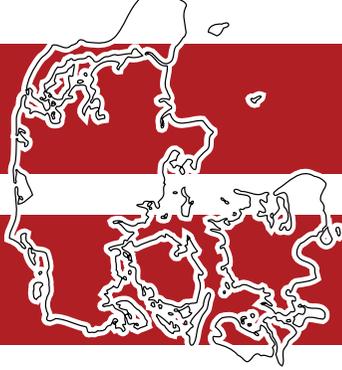
<受賞>

日本醸造協会技術賞

お申し込み・お問い合わせは、
FAX・お電話・WEBにて

電話：03-3254-9191 FAX：03-3256-9559
<http://www.newfoodindustry.com/>

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)



デンマークの便利食品

今回はデンマークの、子育て世代の忙しい人々を支える便利食品について紹介したいと思います。

デンマークといえば社会福祉国家で、女性も男性も、家庭をもつ人も持たない人も、社会で活躍できるようなシステムが整った国家のイメージがあると思います。中でもデンマークにおける女性の社会進出は日本などに比べると、だいぶ進んでおり、家庭を持って、夫婦共働きが基本です。そんな環境を支えるために、例えば子供が生まれても、必ず身近にある保育園に子供を預けることができたり（待機児童は基本なし）、多くの会社では、勤務時間や時間帯もフレキシブルにしていたり、在宅勤務も広く普及しています。そんなわけで、デンマークでは共働きが基本なのです。子育て世代の人々はとにかく忙しく日常を過ごしていることが多く、今回はそんな人々を支える食品について紹介したいと思います。

日本では、忙しい人のための日常食といえば、スーパーのお惣菜や、冷凍食品、コンビニの食品、お弁当屋さん、お寿司のテイクアウト、ファミレスなどが主流でしょうか。デンマークでも、やや高級なスーパーに行くと、新鮮なお惣菜が並び、それをグラムで買えるようになっていくところが多くあります（安売りを訴求するスーパーにはない）。また、オープンで作るお肉料理を、オープンに入れる手前まで仕上げ、パックにして売っていることもよくあります。

また、冷凍食品は、温めるだけのタイカレーやミートボール、ピザなど、各国料理が様々なブランドから発売されています。さて、ここまでは、日本と似たり寄ったりかと思いますが、コンビニの食品やテイクアウト、ファミレスとなると、デンマークと日本に大きな違いを見つかることができます。

まず、コンビニですが、デンマークでは日本ほどコンビニが人々の生活に浸透していません。24



高級スーパーのお惣菜売り場、奥にあるキッチンで作ったり、包装したりしている



お惣菜や、オープンに入れるだけの便利食



パックにはいった出来合いのミートボールや、スライス済みのローストポーク



冷凍食品各種。デンマークの伝統料理から、タイカレーなどのエスニック料理まで種類もさまざま

時間やっているお店といえば、ガソリンスタンドに併設されているセブンイレブンなどがありますが、それらのお店には、サンドイッチや、ホットドックなどは置いてあるものの、子育て世代を支えるような食材は置いていません。また、テイクアウトとなると、大抵は、通常レストラン営業をしているお店に、電話やインターネットで注文し、それを取りに行くこととなりますが、こちらのテイクアウトで流行っているお店といえば、アジア系のお店が多いことに気づきます。例えばタイ料理のレストランは、デンマークの街でよく見かますし、中華料理や、小さなお寿司屋さんも見つけるのに苦労はしません。レストラン業は、ヨーロッパ以外の国からの移民がある程度成功しやすい業界でもあるためでしょう。そしてレストランにおけるテイクアウトについてですが、実はデンマークは、最低賃金がかかなり高く、サービス業においても人件費が高いため、多くのレ



一人分の主食がパックされた、温めるだけでよい食事

レストランは、テイクアウトが売り上げのかなりの割合を占めていることが多いそうです。レストランでウェイトレスやウェイターを雇って食事を提供するのとはとてもコストのかかることなのでしょう。そのため、デンマークでの外食は、そんなに気軽にできるものではありません。家で作る代わりに外食する、というよりは、外食を楽しみにレストランで食べる、といった考えが多いようです。そんなわけで、夕飯時になると、人気のお店には、テイクアウトをする人が並んでいる光景をよく見かけます。

もう一つ、子育て世代の忙しい人たちを支える食品として、近年普及し始めてきているのが、食材の定期宅配サービスです。これは、忙しいけれど、健康で美味しい食事を食べたい、と思う人々をターゲットにしていることが多く、レシピと一緒に、必要な食材が、必要な分だけセットになって宅配されるというものです。献立を考える必要もなく、食材が余ることもなく、しかも健康で、さらに全てオーガニックであったりと、消費者の欲求をうまい具合に満たすようになっていきます。宅配サービス会社も数社ありますが、その中でも、例えば、Årstiden（季節、シーズン、という意味のデンマーク語）の定期宅配は、多くのデンマーク人に認知されており、メニューのカテゴリも、ベジタリアンメニューや、小さい子供のいる家族向けメニュー、ダイエット用低カロリーメニュー、世界各国のエスニックメニューなどなど、多くのカテゴリから選べるようです。

今回は、デンマークの子育て世代の忙しい人々を支える食材について紹介しましたが、日本同様に、インターネットの普及で、宅配や、オーダーがより簡単に便利にできるようになってきている傾向は同じですし、忙しくても健康に、と願う人々が今後増えていくことに対応できるような食品やサービスがこれから増えていく傾向にあるようです。

国際的コミュニケーション能力の重要性(5) どのようにしたら時代に取り残されないか？

The importance of international communication skills (5) How can we not be left behind in the times?

坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi) 肖 黎 (Li Xiao) 戴 秋娟 (DAI Qiujuan) 大石 隆介 (OISHI Ryusuke)
神崎 龍志 (KANZAKI Tatsushi) 土田 幸広 (TSUCHIDA Yukihiko)

はじめに (坂上 宏)

驚異的な発展を遂げ続ける中国に学ぶところ

2009年にIADR会議(武漢)に出張の折、上海に立ち寄った。新宿の高層ビルよりも遥かに高い建物に圧倒されたことを鮮明に覚えている。中国の目覚ましい発展は、既にその頃から始まっていたのだ。

アメリカのTPP離脱¹⁾、そして、G7サミット(タオルミーナ)でのトランプ外交の失策²⁾は、アメリカのアジアそして欧州に置ける存在感を著しく弱めた。これに対して中国は、「一帯一路」国際合作高峰会議期間中における、参加国や国際機関との68に及ぶ協力協定の署名³⁾、途上国に対する莫大な融資や、インフラ建設の支援などにより着々と基盤を形成しつつある⁴⁾。近代中国革命の根源的命題は、中国的価値観を外国に再認可させること(=「中華天下恢復」)である⁵⁾。中国ではノーベル賞級レベルの交遊に標準を合わせている⁶⁾。最近の香港の若者は、中国本土の圧倒的な経済力、学力、税力に対抗できない⁷⁾。

中国の総兵力、戦車、艦艇、作戦機の数は、日本の約10倍である⁸⁾。国防費予算が初めて1兆元の大台を突破し⁹⁾、大型航空母艦4隻を保有する「空母大国」を目指す¹⁰⁾。また、中国初

Introduction (Hiroshi Sakagami)

Learning from China that continues to leap forward

When I visited Shanghai on the way to attend the IADR meeting (Wuhan) in 2009, I was overwhelmed by seeing monster buildings much higher than those of Shinjuku. Remarkable development of China has already started from that time.

Recent withdrawal of the United States from TPP¹⁾ and the failure of diplomacy at the G7 Summit (Taormina)²⁾ significantly weakened its presence in Asian and European regions. On the other hand, China has been steadily forming a foundation by signing a cooperative agreement with 68 participating countries and international organizations during the "Belt and Road" International Cooperation Forum³⁾, providing enormous loans to developing countries and supporting the infrastructure construction⁴⁾. The fundamental proposition of the modern Chinese revolution is to reauthorize the Chinese values in foreign countries⁵⁾. China is aiming at the Nobel Prize level exchanges⁶⁾. Recent Hong Kong youth cannot compete with Mainland China in its overwhelming economic, academic and taxation power⁷⁾.

China has approximately 10 times higher number of troops, tanks, ships, and operational aircrafts as compared with Japan⁸⁾. Having the defense budget of more than one trillion yuan⁹⁾, China is aiming at holding 4 large aircraft carriers¹⁰⁾. In addition, China's first

の中型旅客機「C919」が初の試験飛行を成功させ、ボーイング 737 やエアバス A320 の半分ほどの低価格を武器にシェア獲得を目指す¹¹⁾。

中国の WTO 加盟によって、中国製品が米国に流入し、米国内の一部製造業が倒産し¹²⁾、安全保障上での懸念が出てきた¹³⁾。中国から米国への貿易収支は、中国側が 2508 億ドルの黒字となっている¹⁴⁾。リチウムイオン電池における主要 4 部材（正極剤、負極材、電解液、セパレーター）のシェアは、で中国メーカーが世界のトップである¹⁵⁾。

中国における就業状況が安定化したのは、サービス産業の成長と企業設立（起業）の波による¹⁶⁾。特に、生データを収集する半導体や電子部品の製造が急速に成長している¹⁷⁾。

広東省深圳には、起業家をサポートし、ベンチャー企業化するサービスがある¹⁸⁾。メタマテリアルや遺伝子工学などの新分野で、国内外から最先端分野の高級人材を呼び集める政策「孔雀計画」が進んでいる¹⁹⁾。ドローン世界最大の DJI 社長であり、完璧主義のフランク・ワン氏は、「極限まで志のために尽くし、真実を求め、製品では嘘をつかない」²⁰⁾。

中国では、2013 年ころから、フィンテックが盛んになり²¹⁾、多くの投資家から資金を調達する道が開け、調達コストを引き下げている²²⁾。スーパーやコンビニでは、モバイル決済ができ、GPS 機能を使って街中の自転車シェアリングサービスが受けられる²³⁾。自販機の大半がデジタル決済に対応しており、スマホで自販機のバーコードをスキャンして代金を支払える²⁴⁾。メニューの置いていないレストランでは、携帯電話でバーコードを読み取らせて、メニューを見てもらっている²⁵⁾。

どのようにしたら時代に取り残されないか？

躍進を続けている中国と上手に付き合い、より実りのある関係を築くことが大切である。そのためには、相手を尊重し、お互いの違いを正當に認識する努力が必要である²⁶⁾。仕事以外のものに関心を持つことは心の支えになり、途

medium-sized aircraft "C919" succeeded in the first test flight, aiming to gain share by appealing the low cost, nearly half of Boeing 737 and Airbus A 320¹¹⁾.

As China's entry into the WTO, Chinese products flowed into the US, some manufacturing industries in the United States went bankrupt¹²⁾, and security concerns have emerged¹³⁾. The trade balance from China to the US is China's surplus of \$ 250.8 billion¹⁴⁾. China manufacturers are the world's top in the share of four main components (positive electrode material, negative electrode material, electrolytic solution and separator) of lithium ion batteries¹⁵⁾.

Employment situation in China has been stabilized, due to the growth of service industry and the wave of enterprise establishment (entrepreneur)¹⁶⁾. Most dramatic growth is seen in the area of semiconductors and electronic components that collect raw data¹⁷⁾.

Shenzhen in Guangdong Province has services that support entrepreneurs and convert them into venture businesses¹⁸⁾. It promotes "peacock plan" that gather cutting edge human resources in new fields such as metamaterials and genetic engineering from domestic and overseas¹⁹⁾. Mr. Frank Wang, president of the world's largest Drone company DJI, a perfectionist, says "I will do my best for aspiration, seek the truth, not lying with products" ²⁰⁾.

FinTech became popular in China since 2013²¹⁾, successfully raised the funds from many investors and lowered the procurement cost²²⁾. In recent Chinese supermarkets and convenience stores, you can see the mobile payment and the use of GPS function to receive bicycle sharing service in the city²³⁾. The vast majority of vending machines are compatible with digital payment, and you can pay the price by scanning the vending machine's barcode with smartphone²⁴⁾. There are increasing numbers of restaurants that do not have a menu, where you can see the menu by reading the bar code with mobile phone²⁵⁾.

How can we not be left behind in the times?

It is important for us to be a good company and establish more fruitful relationship with China that continues to leap forward. To accomplish that, you should make an effort to respect the other party and justify each other's differences²⁶⁾. It may be a good idea for us to have an interest in things other than

中で挫折せずに継続して仕事ができるようになる。また、ストレスにも耐え、仕事でも優位を保つことが多い²⁷⁾。

情熱を傾けられる仕事やテーマに時間を割く。テクノロジーを活用すれば、クリエイティブな時間を確保することができる。イノベティブなことに時間を遣えば、新しいものを生みだせる。

様々な人との触れ合いにより、多様な人生が送られ、「世の中をよくする」ことに繋がるだろう²⁸⁾。

WeChat と情報 (肖黎)

筆者は2004年来日し、すでに日本で長い間生活してきた。最初の数年間は母国の情報を主にSohu.comなど民間のサイトから得た。しかし、民間サイトにはごみ情報が溢れるため、だんだん興味を失って、その閲覧を中止した。それから、一般のニュースは日本のNHKとアメリカのVOA (Voice of America)、イギリスのBBCなどから、研究関連の情報はNature, Scienceなどの専門誌から入手するようになった。今年に入ってから、ある偶然の機会に中国の交流チャットアプリ「WeChat (微信)」を頻繁に使うようになった。WeChatは日本では中国版LINEのようなものであり、2011年1月のサービス開始から、2016年9月まで、中国国内、海外を合わせて月間アクセス数は8億に及ぶ膨大な利用者数を持つメガアプリである²⁹⁾。LINEと同じように、WeChatにも生活、科学、美容、芸術、グルメ、健康、教育等様々な公式アカウントがある。公式アカウントに携わる企業および個人の数が増大であるため、その種類と情報量も相当多く、比較的公正である。

筆者は興味を持つ公式アカウントとして、研究者向けの学術アカウント(例:知識分子、募格学術、学術経緯、知社学術圏、医学界等)や国書坊、群学書院、一席、方舟子など読書、芸術に関連性のあるものが挙げられる。これらのアカウントはほぼ毎日更新し、最新の情報を発信する。学術アカウントは世界中の最新、最先

work. By doing so, we can get the spiritual stability and continue to work without being frustrated. In addition, we can withstand stress and often keep superiority in work²⁷⁾.

Devote ourselves to works or themes in which we feel passion. We should secure creative time with the help of technology. If we can spend a time for innovative things, we can create a new product.

Communicate with various people. We can spend wonderful time that surely lead to “improve the world”²⁸⁾.

WeChat and Information (Li Xiao)

I have been living in Japan since 2004. When I first came to Japan, I liked to read the news and get information from some Chinese websites, such as Xinhua.net and Sohu.com. However, for some reason I stopped viewing Chinese websites about four or five years after I arrived in Japan. Since then, I get my news from NHK, VOA and BBC, and the scientific news from Nature.com or Science.com. This year, I connected with my old friends through the Chinese SNS app WeChat and began getting a lot of information from there. WeChat is similar to LINE and Facebook. WeChat started sometime in Jan. 2011. According to a report, until Sept. 2016, WeChat had 800 billion accesses per month²⁹⁾. There are many public accounts in such categories as health, reading, science, sports, arts, life style, cooking and so on, in WeChat. A great number of companies and writers are occupied in the public accounts' business. Therefore WeChat offers enormous information.

The public accounts I like include scientific accounts (such as “intellectual people”, “Muge science”, “science details”, “Zhishe scientific world” and “Medical world”, and some accounts related to arts and reading. These accounts are updated almost every day. The scientific accounts

端の研究成果を中国語でいち早く公表し、時には *Nature*, *Science* 等のオリジナルサイトより1週間早く掲載する。例えば、今世界中で話題になる次世代の免疫療法、CAR-T 療法が2017年7月12日にFDAの販売許可を得たことについて、WeChat上複数の公式アカウントは第一時間でTopニュースとして報告したが、日本ではNHK等主なマスメディアは報告していない。研究成果のみならず、学術アカウントは研究者の人生、生活ぶりなども報告している。

そこから得た情報によると、中国では科研費の獲得及び国際誌への論文の掲載は研究者の昇進と給料に日本より深く関わり、業績がない研究者は首になることが決まっているので、研究者の間に競争が非常に激しい。研究者の精神ストレスもしばしば問題になる。日本の大学では、科研費の獲得と論文の掲載はほとんど金銭にならないが、中国では獲得した科研費の額と雑誌のIF値によって数千～数十万人民币元（数万円～数百万円）のボーナスをもらうことになっている。*Nature*, *Science*, *Cell* など一流の雑誌で論文を掲載する際、最高1000万円超のボーナスをもらえるケースもある。今年6月、四川農業大学の陳学偉教授のチームが*Cell*誌で論文を掲載したため、学校側は何と1350万人民币元（2億2千万円超）の巨額な奨励金を給付したことが話題になった。

また、Wechatのおかげで、筆者は中国の新しい流行語が分かるようになった。例えば、大神（大きな神様）=有名な専門家、写本子（ノートを取る）=科研費申込書を書く、学術小鲜肉=若手研究者、吐槽=不満を漏らす、食瓜群衆=素人など面白い中国語の表現がある。

中国の社会を知るためには、WeChatは素晴らしいツールである。iOSのApp storeとGoogle playからWeChatを無料で入手できる。ただし、WeChat上ほとんどの情報は中国語で発信されるため、WeChatをフル活用するには中国語力を身に付ける必要がある。

introduce science news and research papers published in the world's top journals at the earliest time, sometimes even one week earlier than Nature.com and Science.com. For example, the first gene therapy, CAR-T (chimeric antigen receptor T-cell therapy) therapy was approved by FDA on July 12th, 2017 in the U.S.A. This event was immediately reported by several WeChat accounts. But it was not mentioned in major Japanese media at all.

WeChat scientific accounts not only report and analyze new discoveries from all the major research fields, but also talk about the life of researchers in China. Similar to researchers in Japan, Chinese researchers also have to work hard to get grants and publish papers in scientific journals. However, they can get bonuses by getting grants and publishing papers. The amount of bonus depends on how much grant money the researcher earned or the rank of the journal he published in. If the researcher published a paper in one of the world's top journals, such as *Nature*, *Science* or *Cell*, he or she can get a bonus of more than 10,000 USD. Recently, professor Xuewei Chen published a paper in *Cell*, his university, Sichuan Agricultural University, gave him and his team over 2.2 million USD as a bounty.

I have also learned many new vogue words from WeChat. Some of them are really interesting, for example, great god=famous professor, writing note=writing research proposal, fresh meat of science=young scientists, melon eating people=nonprofessional people.

WeChat is a fantastic app for information about science, Chinese society and every field of interest. If you want to know more about contemporary China this is an essential tool. By all means, check out this app from the App Store or Google Play, but just beware, you need to know Chinese.

自転車シェアリング（戴秋娟）

2016年末以来、中国で自転車シェアリングが大ヒットし、各大都市の道端でカラフルなシェア自転車がずらりと並んでいる（図1）。自転車シェアリングとは、企業が大学、地下鉄、バス停、住宅街、商店街、公共施設などで提供している自転車のシェアサービスのことである。

中国の自転車シェアリング市場はこれまで3つの段階を経てきた³⁰⁾。2007年から2010年までの第一段階では、海外で盛んになった公共自転車システムが国内に導入され、政府により都市ごとに管理されていたが、2010年から2014年までの第二段階では、自転車シェアリングを専門的に経営する企業が現れた。2014年から現在までの第三段階では、モバイル・インターネットの急速な発展に伴い、OFOをはじめとするネット自転車シェアリングが生まれた。

2016年末の時点で、中国の自転車シェアリングサービスの全体的なユーザー数がすでに1886万に達している³⁰⁾。2017年にユーザー数が引き続き大幅に増加し、年末まで5000万程度になると見込まれている。

現在、中国の自転車シェアリング市場が熾烈な競争を見せており、2016年には少なくとも25個の新ブランドが登場した。その中で、OFOとMobikeの二社が比較的優位にあり、OFOの自転車投入数は80万台と最も多く、市場シェアが51.2%になっているのに対し、Mobikeは60万台であり、市場シェアが40.1%である³⁰⁾。

自転車シェアリングは使用料金が安く、随時に使用・駐輪でき、大量な短距離移動の需要を満たし、市民に利便性をもたらしている。新しいグリーン交通方式として、マイカーの走行数を減らし、都市部の交通渋滞を緩和すると同時に、炭素排出量を控え、環境汚染を改善することができる。

一方、このシステムによって、歩道や車道に無断駐輪などの問題が深刻化し、自転車を私物化する人まで出てきた。また、シェア自転車にはブレーキ故障など安全面の危険性も

Bicycle sharing (Qiujuan Dai)

Since the end of 2016, bicycle sharing became a huge hit in China, colorful sharing bicycles are lined up at the roadside in each big city (Figure 1). Bicycle sharing service is offered by companies at universities, subways, bus stops, residential areas, shopping districts, public facilities and so on.

The bicycle sharing market in China has undergone three stages of progress³⁰⁾. In the first stage from 2007 to 2010, the public bicycle system flourishing in overseas countries was introduced to China, and managed on an each city basis by the government. In the second stage from 2010 to 2014, companies that specialize in bicycle sharing appeared. In the third phase from 2014 to the present, due to the rapid development of mobile and internet, net bicycle sharing such as OFO was born.

By the end of 2016, the total number of users of bicycle sharing service has already reached 18.88 million in China. The number of users continues to increase in 2017, and is expected to reach around 50 million by the end of the year³⁰⁾.

Currently, the bicycle sharing market in China is fiercely competitive, by appearance of at least 25 new brands in 2016. Among them, OFO and Mobike are relatively dominant, OFO's bicycle input number is the largest at 800 thousand units, occupying 51.2% of market share, while Mobike is 600 thousand, sharing 40.1%³⁰⁾.

Bicycle sharing is cheap, can be used and parked at any time, fulfills the demand for massive short distance travel, and brings convenience to citizens. As a new green traffic system, it can reduce the number of running cars, alleviate traffic congestion in urban areas, and reduce carbon emissions and improve environmental pollution.

Meanwhile, this system produced serious problems such as bicycle parking on the sidewalks and roadways, and personalization of bicycles. Also, we should be alert with the danger of safety such as

潜んでいる。

これに対し、上海自転車業界協会が、今は他の業界協会及び関係企業と協力し、自転車シェアリングの業界基準を策定しているところであり、6、7月に実行される見通しであると発表した。現在の交通網にカバーされていない所もまだ沢山あり、人々の自転車シェアリングに対する需要はこれからも存在すると思う。そのため、自転車シェアリングには大きな発展の余地があると考えている。政府と企業がともに関係基準を策定し、この業界が規範化・成熟化するよう、つとめることを期待している。

brake failure in the sharing bicycle.

On the other hand, the Shanghai Bicycle Industry Association announced that it is now preparing industry standards for bicycle sharing in cooperation with other industry associations and related companies, expecting the execution in June and July. There are still plenty of places that are not covered by the current transportation network, and thus people's demand for bicycle sharing will be never ending in the future. This indicates that there is room for big development in bicycle sharing. For further development of bicycle sharing, both the government and enterprises should formulate the industry standards.



図1 北京市内の自転車シェアリング

日本人が時代に取り残されないためには？ (大石隆介)

国際的コミュニケーションという観点からみて、我々日本人が時代に取り残されないために、海外留学の必要性は非常に高いと筆者は強く感じている。それは、筆者自身が十数年に及ぶ海外留学を経験し、留学から得たものが非常に多かったからである。筆者の場合は英国への留学だったので、英語で専攻科目(経済や金融)を学び、日本語から英訳するのではなく、英語で考える習慣も身についた。このことは、日常生活だけでなく、学問の世界においても大切なことである。なぜなら、英語は世界で最もよく使われる言語であり、論文等も英文で書かれたものであれば、世界中の研究者と共有することが容易になるからである。例えば、先日、坂上先生が編者である出版物に共著者として参加させていただいたのだが、筆者の

How can Japanese not be left behind in the times? (Ryusuke Oishi)

I have come to believe that studying abroad is a necessary part of one's education if one wishes to avoid being left behind in the modern world. During my ten years abroad, I gained a great deal of useful experience. In the UK I was able to study economics and finance in English. As a result, I learned to think in English, rather than continuously translating from Japanese. This can be important in the world of academics. Because English is widely understood, papers written in English can easily be shared with academics all over the world. For example, Professor Sakagami recently gave me the opportunity to write a chapter for a book he was editing. The publisher informed me that my chapter was downloaded by

書いた論文のダウンロード数が100件にも及んだと出版社から連絡があった。

世界各国の研究者が興味を示してくれたことに驚くとともに、英文の論文であったからこそ、多くの研究者の反応を得ることができたのだと考える。英国人はもとより、世界各国からの留学生との交流は、筆者に大きな影響を与えた。言葉の壁、習慣等、苦勞をしたことも多いが、得たものはその数倍も多い。

最近気になるのは、日本人学生の留学者数が少ないことだ。独立行政法人日本学生支援機構の調査によると、2015年度の日本人学生の海外留学状況は84,456人³¹⁾で、前年度より3,237人増加³¹⁾しているものの、中国から海外への留学者数は、2015年で523,700人(前年比63,900人増)³²⁾で、日本に留学している中国人留学生だけでも94,111人³³⁾いる。また、日本人留学生の大半が1か月未満の短期留学で、1年以上の留学はわずか1,913名に過ぎない³¹⁾。

日本人に短期留学者が多い理由の一つに、長期留学により就職活動へ影響が及ぶことへの不安があると考えられる³⁴⁾。それとは対称的に、中国では、良い大学に入ることが、子供の将来に大きく関わると考えられている³⁴⁾。中国国内の有名大学は非常に難関で入りにくく、大変な努力が必要とされるが³⁴⁾、それに比べると海外留学は、留学したというだけで高く評価され、極めて有利な状況を本人に与える³⁴⁾。筆者が英国にいた時にも、中国からの留学生は多く、非常に目立っていた。このような状況が後押しして、中国人の海外留学者数は増加しているのであろう。

この留学志向は、近年の中国の目覚ましい発展の要因の一つでもあるのではないだろうか。日本人学生も広く世界に出ていくべきである。異文化の中で様々な交流を通して学んだことは、必ずや日本の今後の発展につながると筆者は強く思う。

researchers over 100 times.

I was surprised to learn that researchers from around the world showed interest in my chapter, and I believe this was only possible because it was written in English. Cultural exchanges with British and other foreign students also greatly affected me. While differences in languages and customs often caused hardships, the benefits of my time overseas greatly outweighed any difficulties.

I have recently become concerned about the lack of Japanese studying abroad. According to the Japan Student Service Organization (an independent administrative institution of Japan), the number of Japanese who studied abroad in 2015 was 84,456³¹⁾. Even though this number is larger than that of the previous year by 3,237, it is only a fraction of the number of Chinese students studying abroad³¹⁾. In 2015 the number of Chinese studying abroad was 523,700, an increase of 63,900 from the previous year³²⁾. This included 94,111 Chinese studying in Japan³³⁾. In addition, most Japanese spend less than one month abroad, with only 1,913 people spending more than one year³¹⁾.

One of the potential causes for this reluctance is the emphasis on job hunting in Japanese society³⁴⁾. In contrast, Chinese parents are more likely to believe that admission to a top university is greatly related to the future of their children³⁴⁾. In China, admission to famous domestic universities is very difficult, with a great deal of effort required³⁴⁾. Experience studying abroad is highly regarded and can give applicants a key advantage³⁴⁾. During my time in the UK, I met many Chinese students. This emphasis on education of study abroad is likely one of the reasons for the remarkable development in China in recent years.

I personally believe that Japanese students should be more active in pursuing opportunities to study abroad. Experiences in different cultures will contribute to the future development of Japan.

通訳とグローバル化

(神崎龍志)

近年、日本へのインバウンドが益々増加するなか、2020年には東京オリンピック・パラリンピックの開催もひかえ、英語を中心に外国語学習への需要が再び高まっているようだ。

中国語学習の需要動向はどうか。日中関係は外交面、国民感情ともにまだ停滞気味ではあるが、大学や通訳者を養成する専門学校などの現状からすると、中国語学習者数の減少もようやく底を打った感がある。

日中両国は隣国関係にあり、相手国への関心度は高く、それぞれ国内のマスメディアで多くのニュースが飛び交っている。なるほど相手国に対する母国語による情報は溢れているが、母国語が通じない状況下での相手との「直接対話の経験」は、政府間も民間においてもまだまだ不足していると言わざるを得ない。直接対話の場合は、こちらが相手の言葉を使うか、相手にこちらの言葉を使ってもらうか、あるいは通訳者を使うしか方法はない。中国に関していえば、関心は非常に高いのに、国情が違いすぎて違和感を覚えるせいも、相手の言葉を学んでまでコミュニケーションを取りたくはないという日本人は少なくあるまい。日本と中国のみならず、本来、国が違えば制度や文化、習慣が違うのは当然のことで、お互いに違和感につきものだ。

その違和感を言葉で埋めるのが通訳者の役割である。通訳者は自分が道具として扱うふたつ以上の言語 - たとえば日本語と中国語 - の関係性について、一般の人より深く理解していなければならず、訳し伝えることで、いくらか両者の違和感を馴致させ、「地均し」することができる。

一口に通訳者と言っても、会議通訳、放送通訳、司法通訳、医療通訳、ガイド通訳、また、職業ではないがボランティア通訳というのものもある。

Translation and globalization

(Tatsushi Kanzaki)

In recent years, the inbound to Japan is increasing more and more. Approaching the 2020's Tokyo Olympic and Paralympic Games, the demand for learning foreign language mainly English seems to be rising again.

How about the demand of learning Chinese language? Although Japan-China relations are still stagnant both in diplomatic and national sentiments, there is a sense that the decrease in the number of Chinese learners finally bottomed out from the current situation of universities and vocational schools that train interpreters.

Japan and China are located as neighboring countries, having curiosity to know what happens in the opposite *via* many news of each domestic press. Indeed the information by native language is overflowing to the partner country. However, it cannot be said that the "direct dialogue experience" with the counterpart in such a conditions that the native language does not understand with each other is still insufficient between governments as well as private sector. In the case of direct dialogue, there is no other way than to use partner's language, to have the partner use this side of language, or to employ an interpreter. As far as China is concerned, they are eager to communicate with Japanese. On the other hand, not a few Japanese do not want to communicate with Chinese by freshly learning the Chinese language, because the national circumstances in two countries are too different to become sociable. Not only in Japan and China, it is quite natural that systems, cultures, and customs differ from country to country, feeling incompatibility with each other.

It is the role of an interpreter to fill such a gap with words. An interpreter must understand more deeply about the relationship between two or more languages that he treats as a tool - for example, Japanese and Chinese - more deeply than the ordinary person. He can acclimatize the discomfort between both sides, and finally achieve the "equalization".

Even if you say an interpreter in a bite, it includes conference interpreters, broadcast interpreters, judicial interpreters, medical interpreters, guide

そして、ほとんど話題に上らないが、ボランティア通訳者と職業通訳者の中間的存在に当たるのが、大学生である。明海大学外国語学部中国語学科には、日本語と中国語の日常会話なら卒なく話せる中国語ネイティブ系の学生がおり、簡単な通訳業務なら可能である。また、初学者であってもボランティア通訳であれば務まりそうな優秀な学生もいる。

私は、そうした可能性のある大学生に少しでも初歩的な通訳体験してもらおうと交流団体や通訳エージェントに働きかけ、機会をうかがっているが、チャンスはまだ決して多くはない。今後はもっとそういう機会を増やすべく、積極的に働きかけをおこなっていききたい。

さて、世間では「グローバル人材」という曖昧な言葉がいまだに持てはやされている。しかし、「グローバルな体験」は多国籍企業に就職しなければできないというわけではないし、日本が「世界の田舎」であり、欧米に行けばグローバルだという単純な話でもない。たしかに外国を訪れ、現地の人と触れ合うことはかけがえのない体験ではあるが、「グローバルな環境」は日本国内にもある。そして、今後、日本の環境はさらに「グローバル化」せざるを得ない。一方で、そもそもグローバル化はひとりひとりの人間が起点になるものであり、どうしたいかは自分次第だ。みながみなグローバル化する必要などない。

ただ、外国語を学んでいる人や話せる人はグローバル化と親和性が高い。通訳という行為やその職業もグローバルな側面を持つ。そこにやりがいを感じ、目標にしている人には、大学生であれ、社会人であれ、微力ながらバックアップしていきたい。

中国の特許出願の著しい増加 (土田幸広)

特許出願の件数は、技術レベルおよび技術への関心の高さを示す。特許権による保護は、法律に基づいた成熟した社会の証ともいえ

interpreters, and volunteer interpreters that are not professional. It should be noted that college students are intermediate between volunteer interpreters and professional interpreters. In Chinese language class, Faculty of Languages and Cultures, Meikai University, there are Chinese native students who have no trouble in daily conversation using both Japanese and Chinese, and therefore can do a good job as a simple interpreter service. Among beginners, some excellent students possibly can serve as volunteer interpreters.

I have been asking the exchange organizations and interpreter agencies to provide such promising students with a bit of a beginner's interpreter experience, but so far to no avail. In future, I would like to more actively work on such organizations for students.

Well, ambiguous words "global talent" are still being heard in the world. However, it is not true that the "global experience" cannot be achieved without being employed at a multinational company. It is also not so simple story that Japan is "a countryside in the world", and going to the West is global. Although it is certainly an irreplaceable experience to visit foreign countries and contact local people, "global environment" can be found also in Japan. In the future, Japan's environment must be further "globalized". On the other hand, globalization is a starting point for each individual, and what you want to achieve is up to you. There is no need for everyone to globalize.

However, those who are learning or can speak foreign languages have high affinity to globalization. The act of interpreting and its occupation have global aspects as well. I would like to back up such people whoever they are college students or member of society, with my power.

Heated Chinese patent applications (Yukihiro Tsuchida)

The number of patent applications and registrations reflects the technical level and a strength of interest in technology of the nation. Protection by patent rights can be said as the evidences of mature society.

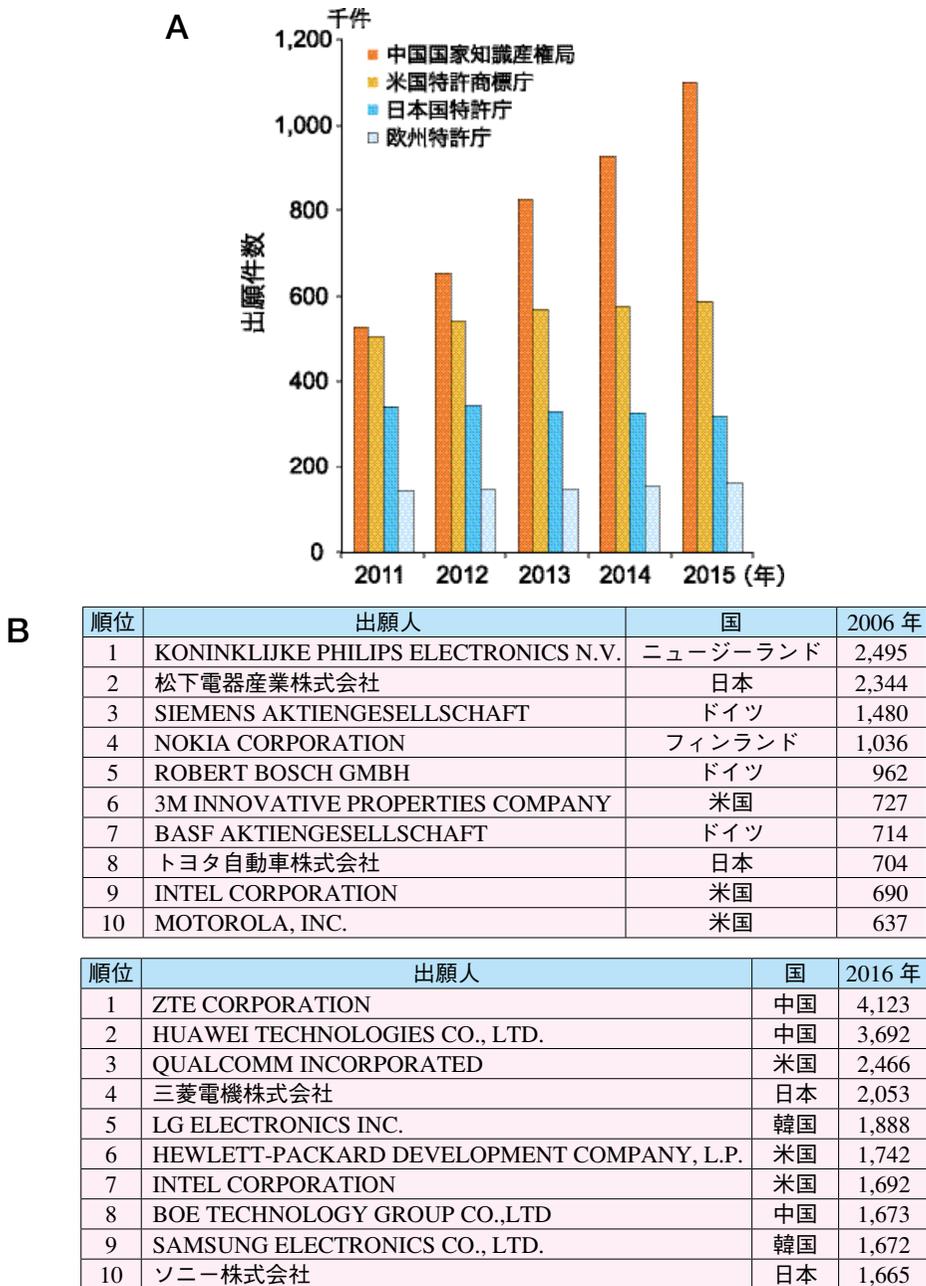


図2 A 国特許庁への出願件数の推移 (WIPO IP Statistics を基に作成), B:2006年 (上段)³⁶⁾ と 2016年 (下段)³⁷⁾ の PCT 出願に係る上位 10 出願人 (出展: 世界知的所有権機関 (WIPO) 発表)

る。2011年から2015年の五年間で、日本国特許庁への出願件数は、7%減少した³⁵⁾。米国特許商標庁への特許出願件数は、17%の増加、欧州特許庁への出願件数は、12%の増加を示した。ドイツ、フランス、イタリア、イ

During five years from 2011 to 2015, the number of applications to the Japan Patent Office (JPO) has decreased by 7%, whereas that to the US Patent and Trademark Office (USPTO) and the European Patent Office (EPO) increased by 17 and 12%, respectively³⁵⁾. Germany, France, Italy, and Britain etc. are members

ギリスなどは、欧州特許条約に加盟し、欧州特許庁にて一括して、出願することが多い。中国国家知識産権局への出願は、109%増加した。中国国内の特許出願件数は、日本の三倍を超す勢いである (図 2A)。

日本の特許出願の減少は、不景気による将来性のある分野への移行の影響かと思われる。これに対し、米国や欧州での順調な出願件数の伸びは、研究開発後に、出願した技術を自社製品等に盛り込む意欲によるものだろう。中国国内における著しい特許件数の増加は、特許出願を意識していない人が独自の技術を積極的に特許出願するようになったためと考えられる。こうした中国における激増する特許出願は、一過性のブームかどうかは不明である。

世界各国へ一括して特許出願することができる特許協力条約 (PCT) 出願は、世界各国でビジネスを展開したいという企業にとっては有用なシステムである。

2006 年の上位 10 出願人は、欧米企業や日本企業が主であった (図 2B 上段)³⁶⁾。ところが、2016 年になると、中国企業が、1 位と 2 位を独占するようになった。さらに 1 位の ZTE (中国) は、出願件数も非常に多く、他国の出願件数を圧倒している (図 2B 下段)³⁷⁾。

今後の対策

特許権は、ほとんどの国において属地主義が採用されているため、各国ごと特許権出願を独自に審査し、その効力を判断する^{38, 39)}。またこの国においても、一つの発明に対し、一つの特許権しか付与されない。したがって、国際特許出願をすれば、他国でも自国と同様の特許権を取得し得る。すなわち、中国の国際特許出願の増加は、世界各国で戦える独自の技術力を獲得したことを示している。それだけではなく、IT 分野などの欧米や韓国企業は、既に中国企業との特許権取得競争に晒されている。今後日本企業も、中国企業の特許権を強く意識した特許戦略や研究開発を迫られるであろう。躍進する中国企業に対し、日

of the European Patent Convention (EPC), and their cases are frequently filed to the EPO collectively. Applications to State Intellectual Property office (SIPO) of China has increased by 109%. The number of patent applications filed in China is more than triple comparing with that of Japan (Figure 2A).

The number declining Japanese patent applications would indicate the transition to more promising filed recovering from long term recession. On the other hand, the steady increase in the number of applications in the US and Europe is possibly due to the eagerness to utilize the applied technology to their own products after research and development. A remarkable increase in the number of patents in China may be due to their change of mind from unconscious to more conscious to patent applications for their own technology. It is unclear whether dramatic increase of patent application in China is transient boom or not.

Patent Cooperation Treaty (PCT) application, which allows the patent application to each country of the world collectively, is a useful system for the companies wishing to develop their world-wide business.

The top 10 applicants in 2006 were occupied by mainly European, American and Japanese companies (upper panel in Figure 2B)³⁶⁾. In 2016, however, Chinese companies began to dominate first and second positions. Furthermore, ZTE (China), which is the top, has a very large number of patent applications, overwhelming the number of applications to other countries (lower panel in Figure 2B)³⁷⁾.

Future Countermeasures

Because a territorial principle is applied to patent rights in most countries, each country independently examines patent applications and judges their effectiveness^{38, 39)}. In any country, only one patent right is granted for one invention. Therefore if a PCT application is filed, patent right can be acquired in many other countries too. In other words, the increase of PCT applications in China has resulted in their acquirement of unique technology that can compete with any other companies in the world. Besides that, European and American companies and Korean companies, typically in IT field have already been exposed to patent competition with Chinese counterparts. In the future Japanese companies also would be forced to review the patent strategy and research development, facing with the powerful thrust of Chinese companies. It is very concerned about future of Japanese companies, the delay of

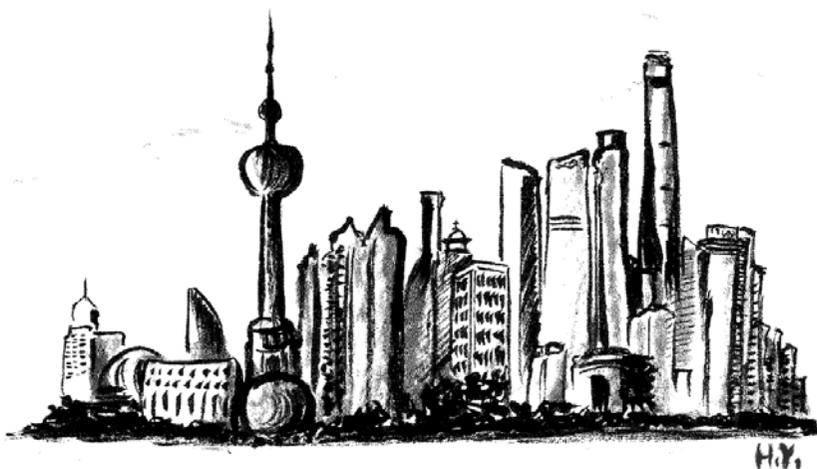
本企業が、技術的に遅れを取り、売上不振で世界市場から撤退する - そうなる前に、日本企業は、今後より一層、発明レベルの向上を目指しつつ、他国の技術動向に注意を払うことが必要となるであろう。

development for new technologies, the sluggish sales of products, followed by inevitable withdrawing from the world market. So before such tragedy would happen, Japanese companies should further improve the invention level and pay attention to technology trends around the world.

引用文献

1. イーライ・ラトナー：アジアの覇権は中国の手に、*Newsweek*, 2017. 6.6, p26-27.
2. 熊谷徹：G7を分断したトランプ氏、欧州諸国は中国と関係緊密に、エコノミスト, 2017.6.20. p77.
3. シャノン・ティエジー、華やかな「一带一路」ショーは中身よりも見掛けが大事、*Newsweek*, 2017. 5.30, p10.
4. 金子秀敏：ダボスで世界トップ宣言、党大会人事は習氏が“勝利”、エコノミスト, 2017.2.14. p59.
5. 川中敬一：中印戦争でのインドが教訓、対決姿勢を示す前に中国の意図を見抜け、週刊東洋経済, 2017.5.13. p50-51.
6. 楊海英：外国人をABCにランク付け選民政策に漂う中華思想、*Newsweek*, 2017. 1.24. p16.
7. 東えびす：気概が失われた香港人、日本の対中政策の教訓に、週刊東洋経済, 2017.4.15.
8. 小原凡司：人民解放軍はどこまで強いのか、空母から無人機まで拡充、米軍はサイバー戦を警戒、週刊東洋経済, 2017.5.13, p48-49.
9. 小原凡司：中国軍の危機感映す国防予算と国産空母、週刊東洋経済, 2017.3.25, p112-113.
10. 丸山浩行：中国発の国産空母が進水、日本は南西諸島を「不沈空母」化、エコノミスト, 2017.5.16, p72-73.
11. ロビー・グレイマー：中国的国産旅客機は欧米の牙城を崩せるか、*Newsweek*, 2017. 5.16, p19.
12. 猪木武徳：2017年は歴史的転換の年、エコノミスト, 2017.3.27, p90-91.
13. ベニサー・アレン・イブラヒミアン、次に来るのは米中アルミ戦争、*Newsweek*, 2017. 5.30, p36-37.
14. 羽生田慶介：米国車は中国部品の依存、エコノミスト, 2017.3.28, p34-35.
15. 稲垣佐知也：台頭する中国部材メーカー、日本は海外の戦略転換が急務、週刊エコノミスト, 2017.2.14, p31.
16. 大西康雄：中国の経済構造を変えるサービス産業と民間企業、*Wedge May*, 2017 p60.
17. 清水洋治：内側から見た深圳の実力、週刊東洋経済, 2017.3.4. p82-83.
18. 木村公一朗：「創新」都市への大転換、週刊東洋経済, 2017.3.18. p78-81.
19. 銭海章：ある金融マンの経験的深圳発展論、週刊東洋経済, 2017.3.18. p82-83.
20. 伊藤亜聖：飛来するユニコーンDJIの深層、週刊東洋経済, 2017.3.11, p82-85.
21. 李智慧：中国の銀行業界が身構えるフィンテックの急伸、週刊東洋経済, 2017.3.25, p76-77.
22. 神宮健：フィンテックを積極利用、広がる中小企業への融資、エコノミスト 2017.5.23, p65.
23. 林真彦：スマホ普及9割、次々と新サービス、エコノミスト, 2017.1.31.
24. 田中信彦：中国の自販機が急速進化、週刊東洋経済、日本勢は市場取り込めるか、2017.4.22, p82-82.
25. 李智雄：広がる「元経済圏」人民元の実力を見誤るべからず、*Wedge May*, 2017 p52-54.
26. 岡本隆司：英国のEU離脱と日本の中国特殊論、週刊東洋経済, 2017.2.4, p109.
27. ピーター・F・ドラッカー：われわれはいかに働き どう生きるべきか。ダイヤモンド社
28. 岩村水樹氏に聞く、*Books & Trends*, 週刊東洋経済, 2017.4.8.
29. 近衛元博：迪尔希(上海) 广告有限公司(英語名：D2C China Co., Ltd.) CEO(総経理) WeChatはメッセージを送り合うだけのものではなかった — 中国 SNS 事情 宣伝会議 AdverTimes 編集部 2017. 3.27.
30. 2017年中国自転車シェアリング市場研究報告書 (I-Research)
31. 独立行政法人日本学生支援機構「平成27年度協定等に基づく日本人学生留学状況及び協定

- 等に基づかない日本人学生留学状況（在籍大学等は悪文）の合計」http://www.jasso.go.jp/about/statistics/intl_student_s/2016/ref16_02.html, 2017.8.11.
32. Record China 「中国から海外への留学人数, 2015 年は 52 万人, 前年比 14% 増—中国教育部」www.recordchina.co.jp/b131544-s0-c30.html, 2017.8.15.
 33. 独立行政法人日本学生支援機構 (JASSO) www.mext.go.jp/a_menu/koutou/ryugaku/_icsFiles/afiedfile/2017/05/18/1345878_2_2.pdf, 2017.8.15.
 34. 東洋経済 ONLINE 「米国留学生の 3 分の 1 が中国人である理由」toyokeizai.net/articles/print/140984, 2017.8.14.
 35. 内国人（欧州特許庁への出願は、欧州特許条約加盟国による）による出願割合は、日本国特許庁では 81%, 米国特許商標庁では 49%, 欧州特許庁では 48%, 中国知的産権局では 88% である。各数値は、2015 年の WIPO IP Statistics を基に試算した。
 36. World Intellectual Property Organization(WIPO), The International Patent System in 2006 PCT Yearly Review
 37. World Intellectual Property Organization(WIPO), Patent Cooperation Treaty Yearly Review – 2017.
 38. パリ条約 4 条の 2
 39. 最高裁判所第三小法廷判決平成 9 年 7 月 1 日判決民集 51 卷 6 号 2299 頁



連絡先

坂上宏：明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO)、e-mail:sakagami@dent.meikai.ac.jp

肖黎：日本歯科大学生命歯学部薬理学講座、e-mail:xiaoli@tky.ndu.ac.jp

戴秋娟：北京外国語大学日本語学部、e-mail: daiqiujuan@yahoo.co.jp

大石隆介：明海大学経済学部、e-mail: r-o@meikai.ac.jp

神崎龍志：明海大学外国語学部、e-mail: kanzaki@meikai.ac.jp

土田幸広：羽根木国際特許事務所、e-mail: mail@tandp.jp

イラスト：H.Y.

ヘスペリジン研究会 第9回研究発表会 12月1日(金)

これまで当研究会は、「糖転移ヘスペリジン」に関する知見を中心に情報発信して参りましたが、今後は、「糖転移ヘスペリジン」にとどまらず、「ヘスペリジン」あるいは「ヘスペリジン高含有かんきつ果実」の有用性に関する研究にまで活動の幅を広げてまいります。

今回の研究発表会（前身の会から数えて9回目）では、新たな試みとして、研究発表会の第一部に、かんきつ産地が一堂に会するシンポジウム（かんきつサミット）を企画しました。現在、糖転移ヘスペリジンの主成分であるモノグルコシルヘスペリジンは、トクホの関与成分として認められ、すでに11品目がトクホとして中性脂肪低減に関する保健の用途の表示を消費者庁に許可されています。

また、機能性表示食品でも21品目（2017.10.17現在）が、中性脂肪低減、末梢体温維持などの効果で届け出を受理されています。ミカンやユズなどの柑橘果皮に多く含まれるヘスペリジンは、その多彩な機能性により、今後ますます注目が集まるものと期待しています。

日 時：2017年12月1日(金) 13:00～17:00

場 所：東京・御茶ノ水ソラシティ カンファレンスセンター1階 Room C

一般の参加申し込み・問合せ先：株式会社林原 岩城 / TEL.086-224-4316 FAX.086-221-6405

E-mail：HB98301@hb.nagase.co.jp

一般の申込締め切り 11月17日(金)

< 発表演題の紹介 >

■講演 第1部 ミニシンポジウム

柑橘類とヘスペリジン：地元産みかんの高付加価値化に向けた取り組み

座長：上原万里子 <東京農業大学応用生物科学部 食品安全健康学科 教授>

13:05 講演1：和歌山県におけるカンキツ育種の取り組み ‘機能性成分に着目した育種’

田嶋皓 <和歌山県 果樹試験場 栽培部 主任研究員>

13:25 講演2：ミカンおよび茶産地の活性化を目指した新たな素材開発に関する研究の取り組み

宮田裕次 <長崎県農林技術開発センター研究企画部門食品加工研究室主任研究員>

13:45 講演3：話題の名物料理「みかん鍋」を生み出した長寿の島「周防大島」の取り組み

江良正和 <一般社団法人 周防大島観光協会 事務局長>

ヘスペリジン研究会 第9回研究発表会 12月1日(金)

第二部 研究発表会

座長：阿部啓子〈東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授〉
中井雄治〈弘前大学 食料科学研究所 教授〉

- 14:25 講演 4 スダチ果皮成分の機能性
酒井徹〈徳島大学大学院 実践栄養学分野 教授〉
- 14:50 講演 5 摘果ミカンと緑茶葉による混合揉捻法を活用したヘスペリジン可溶化技術の開発
田中一成〈長崎県立大学大学院人間健康科学研究科 教授〉
- 15:15 講演 6 ヘスペレチンによる白内障予防効果の検討
中澤洋介〈慶應義塾大学薬学部〉
- 15:40 休憩
- 16:00 講演 7 ヘスペレチンの新規癌細胞増殖抑制機能
：プロテオソームによる Hsp70 の分解誘導とその細胞死誘導作用について
遠藤 弘史〈滋賀県立大学 人間文化学部 生活栄養学科 助教〉
- 16:25 講演 8 くすみ・くまに対するアルファグルコシルヘスペリジン配合ローションの長期連
用塗布の効果
鈴木基之〈株式会社林原 研究開発本部 香粧品開発部〉
- 16:50 研究発表会 閉会の挨拶
柳田晃良〈ヘスペリジン研究会 副会長〉

なお、マスコミ関係者の方で、シンポジウムをご取材頂ける場合は、お手数ですが、11月21日(火)までに株式会社林原 広報企画室(担当：小林)まで、FAX 又は E-メールにてご連絡くださいますようお願い申し上げます。

ご出席返信 FAX 用紙

ヘスペリジン研究会 第9回研究発表会

- ◆ 日時 : 2017年12月1日(金) 13:00~17:00 (受付12:30より)
- ◆ 会場 : 東京都千代田区 御茶ノ水ソラシティカンファレンスセンター1階 Room C

お手数ですが11月21日(火)までに下記までFAX又はメールにてご返信ください

FAX : 086-224-8492 TEL : 086-224-4315

E-mail : tatsuo.kobayashi@hb.nagase.co.jp

ご出席

ご欠席

※ いずれかの□に印をお書きください

貴社名 :

貴紙・誌
番組名 :

部署名 :

ご芳名 : (合計 名)

TEL :

E-mail :

連絡欄 :

- この返信用紙記載の個人情報は、本研究発表会及び関連する広報活動のために利用し、それ以外の目的では利用致しません。

非分解プラセンタ内服による肌解析結果の考察

筑丸 志津子 (CHIKUMARU Shizuko)

ケセラスキンケアクリニック

はじめに

プラセンタは日本では 1956 年にプラセンタエキスの注射液「メルスモン」が医薬品認定を受け、更年期障害と乳汁分泌不全の治療に使われ始めました。その後 1959 年には「ラネンネック」が製造され、総合的な肝機能治療薬として認可された。多種の効果が期待できることから徐々に美容にも応用され始め近年では内服サプリメントでプラセンタを扱う医療機関もでてきた。各種内服プラセンタがあるが、今回非分解プラセンタカプセル製剤を 10 人に 1 か月内服してもらい、その効果について肌解析を行い美容的に効果がみられるかを検討した。

1. 方法

非分解プラセンタ (天然科学研究所株式会社) を使用。

1 日 4 カプセル (朝 2 カプセル, 夜 2 カプセル) を食後に内服。期間は 1 か月。20 代から 70 代までの女性 10 名に内服してもらった。内服中は化粧品, 洗顔料など変更しないこと, 美容に関するマッサージなども行わないことを守ってもらった。ほかのサプリメントも内服しないこと, その他の生活習慣 (食事, 運動, 喫煙, 飲酒) なども大きく変えないことも守ってもらった。内服前に肌解析アナライザー (エムエムアンドニーク社 Skin Analyzer Clinical Suite 2-1) にて, 肌の水分, 油分, 明るさ, 色素沈着数小, 大, 毛穴の数を測定。内服後も同様に測定した。今回, 目の下のしわの数に関しては測定時の目のつぶり方でカウントにかなりの誤差が生じるため結果からは考察を加えていない。

2. 結果と考察

図 1 において, 水分量を見ると 2 名で内服後の結果で水分量の低下がみられたが, 8 名に水分量の上昇がみられた。年齢の偏りは見られなかった。

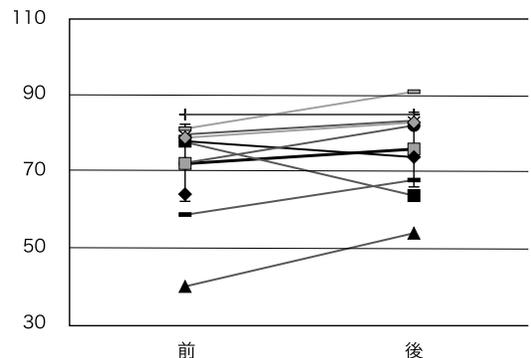


図 1 水分量

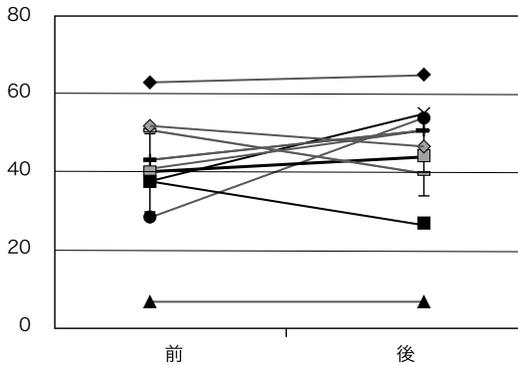


図2 油分量

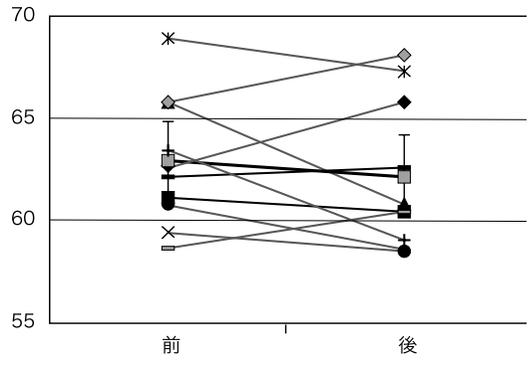


図3 明るさ

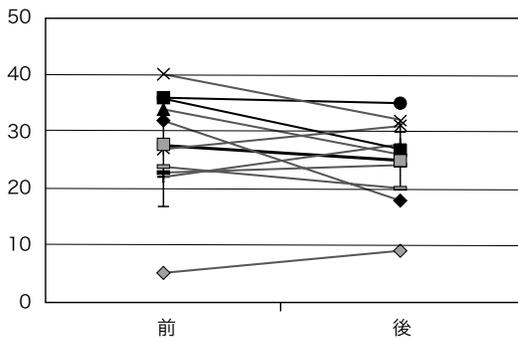


図4 色素沈着小

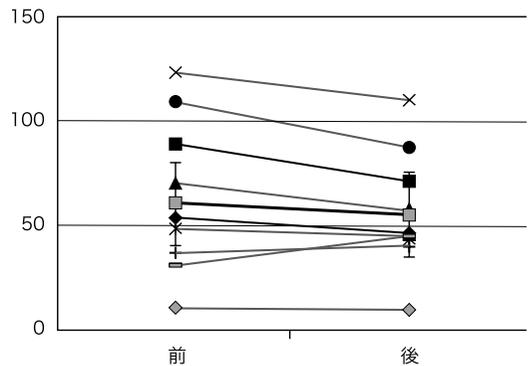


図5 色素沈着大

図2では油分量を見ると、ばらつきがあり、水分量に比例して変動があるとは思われなかった。水分量、油分量に関しては軽度の改善があるものの内服によると思われる著大な変化は見られなかった。しかし、このことは内服中に明らかにイオン導入などの施術や高濃度の保湿液などを追加使用していないことも示していると思われる。

図3の明るさに関しては内服前後でほとんど変化は見られなかった。肌の明るさに関しては肌の新陳代謝を繰り返すことで明るさが変化していくと思われるので、肌の新陳代謝が28日周期であることを考えると、結果が出るまではもう少し内服した後に判断する必要があるかと考える。

図4および図5において、色素沈着の数に関しては、内服前後で明らかに差がみられた。2名ほど色素の数が上昇した人がいたが、8名に関してはかなりの色素沈着の数が減少していた。特に50代、60代、70代で著しく数が減少した。

図6で毛穴の数に関しては、やはり2名を除いては8名に顕著な変化がみられた。年齢的には50代、60代、70代で明らかな毛穴の数の減少が認められた。これは非分解プラセンタが持つ特徴である成長因子の量が多いことを反映していると思われる。肌のきめが整い、張り感が出るのが

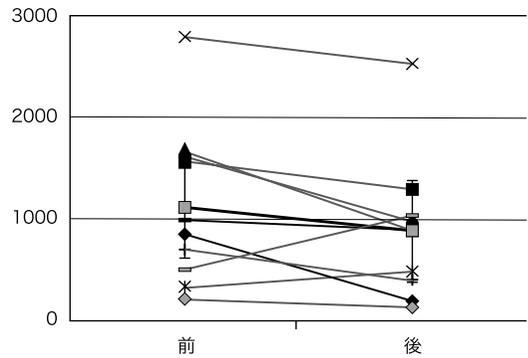


図6 毛穴

分かった。

水分量、油分量などの変化をみると軽度の水分量が上がったが、顕著な変化ではなかった。しかし色素沈着の数や毛穴の数に顕著な改善がみられた。このことより水分量が上がるような高濃度の化粧品や美容施術をしたわけではなく、内服のみで色素の減少や毛穴の数の減少が得られたと裏付けできると考察される。

プラセンタは日本胎盤臨床医学会によると、プラセンタには

1. 基礎代謝の向上作用
2. 細胞活性作用
3. 呼吸促進作用
4. 血行促進作用
5. 造血作用
6. 疲労回復作用
7. 血圧調整作用
8. 自律神経調節作用
9. ホルモン調整作用
10. 免疫強化作用
11. 活性酸素除去作用
12. 抗突然変異作用
13. 創傷回復促進作用
14. 抗炎症作用
15. 抗アレルギー作用
16. 体質改善作用
17. 強肝・解毒作用
18. 妊婦の乳汁分泌促進作用
19. 食欲増進作用
20. 精神安定作用

があるといわれている。

これらのうち肝疾患，更年期に関しては保険が適用となる治療法である。それ以外で，自費診療となるがプラセンタによる効果が期待できる症状として美白，シミ，しわ，くすみ，乾燥肌アトピー性皮膚炎，花粉症などアレルギー，生理不順，生理痛，便秘，冷え性の症状緩和などもある。

今回、用いた非分解プラセンタは他社製品と比べ製造方法において酵素や塩酸の添加をしたり、高温殺菌をしたりしていない、つまりたんぱく質を変性、分解する工程がないことが特徴であり、タンパク質分析で生胎盤と同じサイズのたんぱく質が含まれていることが特徴である。これは加熱、酵素分解をした他のプラセンタでは同じサイズのたんぱく質は検出されなかった。内容分析においてもプラセンタ中のたんぱく質含有量，総窒素含有量，成長因子の量が非常に多く，特に非分解，低温殺菌のために成長因子が残っていることが大きな特徴となっている。このことより，他社製品と比べ1カプセルに含有しているプラセンタ含有量が高く1日内服量が少なくてもよい，こともメリットであると考えられる。成長因子が多いことが今回の肌解析での毛穴の数の減少という結果に表れていると考えられる。

色素沈着の減少は今回の非分解プラセンタにより新陳代謝の向上と活性酸素除去作用が強かったためと考える。明るさに変化がないことから，メラニン生成を抑え肌の透明感を引き出すのにはもう少し時間がかかると推測されるが，角質近くにある大小色素沈着の数が減少していることより，新陳代謝と活性酸素除去が影響を与えたと考える。今回は肌解析結果について考察を行ったが，一人一人の感想では，朝起きる時につらさがなくなった。疲れにくい感じがした。全般的に体調がよくなった。と体調面での改善の替えが多く聞かれた。

3. まとめ

非分解，低温殺菌，賦形剤添加なしのプラセンタ内服1か月を通して，プラセンタに含まれる成長因子によるものと推測される，肌の毛穴の数の減少は驚くべき結果であったと思われる。水分量や色素の数などはこの非分解サプリメントに特徴的な結果であるかは不明であった。これらが非分解，低温殺菌，賦形剤添加なしのサプリメントに特徴的な結果であるかは今後，他サプリメントとの同条件での内服による比較検討も必要であると思われた。

New Food Industry のアドバイザーボード

月刊 New Food Industry は、「アドバイザーボード」を設置しております。本「アドバイザーボード」は、弊誌の学術業界誌としてふさわしい論文・解説記事の掲載、査読誌としての編集課題等、社外の有識者の意見を得ることを目的としております。また、研究者のご紹介など有意義なご指導・ご助言をいただき、編集委員会として貢献していただいているものです。

■ ボードメンバー (敬称略 / 五十音順)	
氏名	所属
大石 隆介氏	(明海大学 経済学部経済学科)
大谷 元氏	(信州大学名誉教授)
岡 希太郎氏	(東京薬科大学名誉教授)
坂上 宏氏	(明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO) 所長)
宮尾 茂雄氏	(東京家政大学教授)
山口 正義氏	(University of California, Los Angeles (UCLA) 医学部) (University of Hawaii Cancer Center Adjunct Professor 兼務)

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

ニューフードインダストリー 第59巻 第11号

印刷 平成 29 年 10 月 25 日
 発行 平成 29 年 11 月 1 日
 発行人 平井 朋美
 編集人 今西 和政
 発行所 株式会社食品資材研究会
 〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(喜助新神田ビル3F)
 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

印刷所 株式会社メイク
 定価 本体2,000円 +税 (送料100円)

e-mail: newfood@newfoodindustry.com