

New Food Industry

New food indust. 61 (7): 2019.

7

- 植物発酵ペーストSWがマウス腸内環境に与える影響
Effects of Paste of Fermented Plant Extract SW
on gut microbiota in mouse
- Pyrroloquinoline quinone activates autophagy
in tobacco BY-2 and HeLa cells
- リアルタイム定量PCR法を用いた食品中のクロレラの定量法の開発
- さとうきび抽出物の風味改善効果と退色抑制効果
- 高齢者における食環境の多様化と食の持つ精神的意義
—共食・孤食をつくりだすそれぞれの文脈とライフヒストリーからの考察—



その透きとおった肌のヒミツは、なに？

保 湿

美 白

バリア機能
改善

外部試験機関にて臨床データを取得
ヒト経口摂取による試験にて、「保湿効果」、「バリア機能改善効果」
さらには「美白効果」も確認されました。

初めまして。
食べて身体の中からキレイになる、
パイナップルから生まれたセラミド。

美容素材 **パイナップルセラミド**

パインセラ®

自然の恵みを運ぶ 食品営業部
丸善製薬株式会社
 【東京】東京食品課 〒150-0021 東京都渋谷区恵比寿西2-6-7 TEL (03)3496-1521 FAX (03)3496-1641
 【大阪】大阪食品課 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町2-6-6(堀野日生ビル6F) TEL (06)6203-6918 FAX (06)6233-3606 <http://www.maruzenpcy.co.jp>

リグナンリッチ 黒胡麻マイクロパウダー

(60メッシュ 90%パス セサミン0.8%)

「通常のすりごまより香りが広がる」
セサミンリッチな黒胡麻です。

～プロテイン飲料、菓子、スープ、トッピング等へ～

～リグナンリッチ黒ごままで栽培された～

胡麻若葉末

●有機認定(島根産)
●九州産(鹿児島)

※特許査定を受けました ※急性毒性、変異原性試験、ORAC値測定
※黒酢との比較でACE活性阻害作用を確認 ※「リグ菜」商標出願中

●胡麻若葉、リグナン胡麻等の情報はこちらをご覧ください。

<http://gomadensetsu.com>

胡麻の伝説

- リグナンリッチ黒胡麻ペースト
(セサミン規格値0.8%)
- リグナンリッチ黒胡麻油
(セサミン規格値1.2%)
- 発酵胡麻(ほか)
- チアシード

「胡麻若葉」のブランド名が商標登録査定を受けました。
(2017年3月末)



リグナンリッチ黒胡麻で栽培
された、胡麻若葉です。

■登録NO: 5939137



胡麻を通じて健康を科学する。
～香と機能、個性ある胡麻をお届けします～

株式会社

わだまんサイエンス

本 社 〒604-0845 京都市中京区烏丸御池上る二条殿町546
 TEL 075-222-7318 / FAX 075-222-0318
<http://www.wadaman-s.com>

論 文

- 植物発酵ペースト SW がマウス腸内環境に与える影響
Effects of Paste of Fermented Plant Extract SW on gut microbiota in mouse
..... 本藤 和彦, 鈴木 直子, 山下 慎一郎, 吉田 雄介 491

- Pyrroloquinoline quinone activates autophagy in tobacco BY-2 and HeLa cells
..... Akihiro Takahashi, Riku Matsui, Yuko Inoue-Aono, Kazuto Ikemoto, Yuji Moriyasu 501

- リアルタイム定量 PCR 法を用いた食品中のクロレラの定量法の開発
..... 氷室 沙弥香 507

解 説

- さとうきび抽出物の風味改善効果と退色抑制効果
..... 神谷 朝博 515

研究解説

- 高齢者における食環境の多様化と食の持つ精神的意義
— 共食・孤食をつくりだすそれぞれの
文脈とライフヒストリーからの考察—
..... 柏木 史菜, 三好 恵真子 521

連 載

- デンマーク通信 デンマークの初夏の食物
..... Naoko Ryde Nishioka 538
- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —
ベニバナ *Carthamus tinctorius* L.
(=*C. tinctorius*. (Mohler, Roth, Schmidt & Boudreaux))
(キク科 Compositae APG : Astaceae)
..... 白瀧 義明 540

解説 (連載)

- 新解説 グルテンフリー穀物による麦芽とビール醸造 (2)
..... 瀬口 正晴, 竹内 美貴, 中村 智英子 543
- 成熟がニジマスの臓器や体成分に及ぼす影響— 3. 発達, 完熟, 過熟
..... 酒本 秀一 551

会 告

- 第 45 回食品の物性に関するシンポジウム
..... 567

世界から、優れた「自然の恵み」を提供します

アンデスの母なる穀物 **キヌア**



南米アンデス原産のヒユ科アカザ亜科の雑穀です。インカ帝国の時代より食され、栄養価の高さから伝承的に「母なる穀物」として重用されてきました。食物繊維や鉄・マグネシウムなどのミネラル、すべての必須アミノ酸を含む、栄養バランスに優れたグルテンフリーの雑穀で、スーパーフードとして世界的にも注目されています。

「茹でる」「炊く」が1番ポピュラーな食べ方で、フクフクとした食感を楽しめます。スープ・雑炊・サラダ・雑穀米など様々な料理に使われています。

- ◆キヌア粒
- ◆有機キヌア粒
- ◆レトルトキヌア

ミルク

至高の食品がわかる

伊藤 敏 著

■A5 版／156 ページ ■定価：(1900 円 + 税)

■発行：エヌエフアイ



本書はミルクについて平易に解説された専門書です。著者が日本大学生物資源科学部において教鞭を執られていた際に執筆し教科書として発刊していましたが、本書が教科書だけでなく広く牛乳・乳製品工場で働く技術者の再勉強にも役立つ参考書として新たに発刊いたしました。

まえがきより

世に出ている牛乳の科学や製造学の参考書の多くは、堅くて難しくすぐに頭の痛くなるような専門書か、一般読者向けの啓蒙書でも、ことさら健康的価値や機能性などばかりを取り上げたものが多く、また一方では、牛乳は体に有害であるかのごとく書かれた本までが出回る有様で、ミルクの本当の姿をじっくりと知りたい者にとっての適書が見当たりません。本書はその要求を満たすものとして、一般読者にもよく解るように、また大学の教科書としても使えるように、さらには牛乳・乳製品工場で働く技術者の再勉強にも役立つようにと考えて書いたものです。この本を通してミルクに関する理解が少しでも増えて、食材としての価値がもっと見直されることを願うものです。

第1章 ミルクの科学的特性 一秘められた力

1. ミルクは食糧として作り出される唯一の天然物
2. 牛乳、母乳その他の動物の乳はどのように違うのだろうか
3. 乳はなぜ白いのだろうか
4. 乳の成分の特性とそのパワー
5. 牛乳の構成成分のまとめ
6. 牛乳のアレルギー性
7. 乳児用調製粉乳はどこまで母乳の代用になるか
8. 牛乳に人の免疫力を付けられるか
9. 特定保健用食品（機能性食品）は乳の研究から生まれた
10. 牛乳はどのようにして作られるか（餌が牛乳にわかるまで）
11. 牛乳成分の含量はいつも同じなのだろうか

第2章 乳製品の知識と製造の基本原理

1. 日本ではどの位の牛乳・乳製品が食べられているのだろうか
2. 農家で搾った牛乳が工場に入るまで
3. 牛乳・乳製品の分類と規格
4. 牛乳の加熱殺菌について
5. 牛乳の均質化処理（ホモジナイズ処理）
6. 発酵乳と乳酸菌
7. チーズ
8. バター
9. アイスクリーム
10. 濃縮乳（練乳、コンデンスミルク、エバミルク）
11. 粉乳

■著者／伊藤 敏 (いとう たかし)

◆農学博士

1937 年愛媛県生まれ。東北大学大学院農学研究科修士課程修了後、1962 年株式会社ニチレイ入社。1963 年東北大学農学部助手。1976 年同大学助教授。1989 年同大学農学部教授を経て 2001 年日本大学生物資源科学部教授。東北大学名誉教授。

◆ご注文は FAX またはメールにて FAX:042-312-0845 info@nfi-llc.co.jp

植物発酵ペースト SW が マウス腸内環境に与える影響

Effects of Paste of Fermented Plant Extract SW on gut microbiota in mouse

本藤 和彦 (HONDOU Kazuhiko)¹ 鈴木 直子 (SUZUKI Naoko)²

山下 慎一郎 (YAMASHITA Shin-ichiro)² 吉田 雄介 (YOSHIDA Yusuke)³

¹ 八雲香産株式会社 / Yagumo Kousan Co., Ltd., ² 株式会社オルトメディコ / ORTHOMEDICO Inc.,

³ 株式会社エーセル / ACEL, Inc.

Key Words : 植物発酵物 腸内環境 食物繊維 善玉菌 悪玉菌

Effects of Paste of Fermented Plant Extract SW on gut microbiota in mouse

Kazuhiko Hondou^{1,*}, Naoko Suzuki², Shin-ichiro Yamashita², Yusuke Yoshida³

¹Yagumo Kousan Co., Ltd., ^{*}Corresponding author, ²ORTHOMEDICO Inc., ³ACEL, Inc.

Key Words: Fermented Plant Extract, intestinal environment, dietary fiber, good bacteria, bad bacteria

Abstract

Objective

The Paste of Fermented Plant Extract SW (PFPE-SW), obtained via the fermentation of a mixture of various fruits and vegetables, contains rich water-soluble dietary fiber. Therefore, it is expected that it is beneficial for the proper functioning of intestinal flora. In the present study, we investigated the effect of PFPE-SW on the intestinal flora in mice.

Method

We divided 5-week-old C57BL/6JJcl mice (10 males and females each) into the PFPE-SW administration and non-administration (control) groups. The mice in administration group received oral PFPE-SW (1.06 mg/day) for 14 days; the dose was calculated based on the 3 g/60 kg/day intake in humans for 12–17 g body weight in mice. Identification and occupancy of intestinal flora in the feces of mice were measured using the Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism.

Results

Although the effect of PFPE-SW administration on the occupancy rate of *Lactobacillales* was 3.456%, no statistical difference was observed between the groups. The occupancy rate of *Clostridium* cluster XVIII in the female administration group was 1.025% and 1.126% higher than that in the male ($P = 0.046$) and female ($P = 0.030$) control groups, respectively, whereas that of *Bacteroides* differed between the female administration and female control groups by -12.163% ($P = 0.072$).

Conclusions

PFPE-SW administration increased the occupancy rate of the good bacteria *Lactobacillales* and decreased that of the bad bacteria *Bacteroides* in the gut of mice. These findings demonstrate that the daily intake of PFPE-SW (3 g/60 kg) may improve the intestinal environment in humans.

要 約

目的

さまざまな果実や野菜を混合して発酵させた「植物発酵ペースト SW」は水溶性食物繊維が豊富に含まれることから、腸内細菌叢を適切な構成に整えることが期待される。そこで、本研究では、マウスを対象に「植物発酵ペースト SW」が腸内細菌叢に与える影響を調査した。

方法

本研究には5週齢のC57BL/6J Jcl マウス(雌雄各10匹)を用いた。投与群として雄雌各5匹に、「植物発酵ペースト SW」を1日1回経口投与し、14日間投与した。残りのマウスには「植物発酵ペースト SW」を与えず対照群とした。1日の投与量は、ヒト(体重60 kg)における「植物発酵ペースト SW」の摂取量を3 g/日と仮定した場合から算出し、マウス(体重12~17 g)では摂取量換算で1.06 mg/日(1/2830量)であった。投与14日後、Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism法を用いて、マウス糞便中の腸内細菌叢の同定および占有率を算出した。

結果

「植物発酵ペースト SW」の投与が *Lactobacillales* の占有率に与える効果は3.456%であったが、投与群と対照群の間に統計学的な差は認められなかった。メス投与群の *Clostridium cluster XVIII* の占有率はオス対照群よりも1.025%、メス対照群よりも1.126% 高値であり、統計学的な有意差が認められた(それぞれ $P=0.046$, $P=0.030$)。また、メス投与群とメス対照群との差は *Bacteroides* が-12.163%であり、統計学的な有意差がある傾向にあった($P=0.072$)。

結論

「植物発酵ペースト SW」投与により善玉菌である *Lactobacillales* の占有率が増加し、悪玉菌である *Bacteroides* の占有率が減少する傾向が確認された。これらの結果からヒト60 kgであれば1日3 gの「植物発酵ペースト SW」を摂取することで腸内環境の改善がもたらされる可能性が示された。

はじめに

腸内細菌叢は多様な菌から構成され、ヒトの健康に重要な役割を担う代謝機能や免疫機能、身体保護機能などに関与する¹⁻³⁾。腸内細菌叢の構成は、遺伝、年齢、疾病、ストレス、生活習慣などに影響を受けるとされる³⁻⁷⁾。食事が腸内環境の構成や代謝機能に与えることが明らかにされてきており⁸⁾、実際に食物繊維やプレバイオティクスなどの特定の食事成分の摂取は腸内細菌叢に影響を与えることが確認されている⁹⁾。特に食物繊維や食物繊維が多分に含まれた食べ物の摂取は、腸内細菌の多様性を高めることがヒトで確認されており^{10, 11)}、食物繊維摂取量の低下に伴い肥満や心血管疾患、2型糖尿病などの疾病の増加が確認されていることから¹²⁾、食物繊維の摂取は健康の維持または増進に重要と考えられている。

食物繊維は不溶性食物繊維または水溶性食物繊維に分けられる。水溶性食物繊維にはグァーガムやコンニャクマンナンなどの植物粘質物、コンブやワカメ、アオサなどに含まれる海藻多糖類、果実や野菜等に含まれるペクチン、ポリデキストロースなどの合成多糖類が属する。一方不溶性食物繊維にはセルロース、ヘミセルロース、リグニン、グルカンなどが属し、小麦ふすまやコーン、豆、果実、きのこ等から調製される^{13, 14)}。特に水溶性食物繊維はラットを用いた研究において抗体産生能増強効果が確認されており^{13, 14)}、同研究では高齢ラットは抗体産生増強効果が確認されなかったこともあり、若年期から積極的に食物繊維を摂取する食生活が望ましいとされている¹³⁾。

「植物発酵ペースト SW」は不溶性食物繊維および水溶性食物繊維の含有が予測される食

品であり、食物繊維の多くは腸内細菌叢に影響を与えることが知られている¹⁰⁾。したがって、我々も新たに開発した「植物発酵ペースト SW」の機能性を探索するべく、「植物発酵ペースト SW」がマウス腸内細菌叢の構成に与える影響を調査することとした。

I. 材料と方法

1. 使用動物および実験環境

本研究では、5 週齢の C57BL/6J Jcl マウス（雌雄各 10 匹、日本クレア(株)）を用いて実験を行った。マウスはおがくずを敷いたプラスチック製のケージに個別に入れ、室温 18 ~ 28℃、湿度 30 ~ 80%、12 時間の明暗サイクル（明期：07:00 ~ 19:00）の空調動物室で飼育した。飲料水および飼料（CRF-1、オリエンタル酵母工業(株)）は自由に摂取させた。なお、飼料の一般成分は水分 8.2 g、粗蛋白質 21.9 g、粗脂質 5.4 g、粗灰分 6.3 g、粗繊維 2.9 g、可溶性無窒素物 55.3 g、カロリー 357 kcal であった。本試験は、株式会社ケー・エー・シーの動物実験規程、動物実験委員会規定及び動物実験承認規定を遵守して適正に実施した（承認番号：18-0509）。

2. 投与被験物質調製

被験物質は「植物発酵ペースト SW」（八雲香産(株)）であった。ヒト（体重 60 kg）の被験物質摂取量を 3 g/日と仮定した場合、マウス（体重 12 ~ 17 g）では摂取量換算で 1.06 mg/日（1/2830 量）となることから、1.06 mg/0.1 mL 濃度で蒸留水に添加・攪拌した後にろ過滅菌し、マウスに投与した。

3. 糞便採取

オスとメスではホルモンの影響などで作用が異なる可能性があることから、マウスを無作為に雌雄 2 群ずつに分け、オス対照群、オス添加群、メス対照群、メス添加群（各群 $n=5$ ）とした。対照群には蒸留水、添加群には被験物質を 1 日 1 回（午前中）、14 日間経口投与した。投与量は 100 μ L/匹であり、デイスポーザ

ブルマウス用胃ゾンデ（(有)フチガミ器械）およびデイスポーザブル注射筒（テルモ(株)）を用いて強制経口投与した。投与開始 14 日目に各マウスの糞便を採取し、腸内環境調査に用いるまで冷凍保存した。

4. 腸内細菌叢の解析

糞便中に含まれる腸内細菌叢の同定および、それらの占有率の算出には、Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP) 法を用いた¹⁶⁾。すなわち、糞便中から DNA を抽出し、PCR により増幅した試料を、FastDigest *Bs*II (*Bs*II) (Thermo Fisher Scientific, USA) で制限酵素処理した（37℃、10 分間）。制限酵素処理後の試料を蛍光標識した DNA の長さおよびピーク面積は ABI PRISM 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA) の GeneScan モードで泳動分析した。解析対象とする腸内細菌叢は、*Lactobacillales*, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Clostridium* cluster IV, *Clostridium* subcluster XIVa, *Clostridium* cluster XVIII とした。検査は(株)テクノスルガ・ラボに委託し、ABI PRISM3130xl DNA Sequencer 3130xl (Applied Biosystems 社) を用いて行われた。

5. 統計解析

すべての統計解析は両側検定で行うものとし、有意水準は 5% に設定した。ソフトウェアは、Windows 版の SPSS Ver. 23.0（日本アイ・ビー・エム(株)）とした。多項目や多群に起因する多重性の問題は考慮しないこととした。本解析は Student の *t* 検定を用いて添加群と対照群を比較した。層別解析は One-way ANOVA を用いて層別間を比較し、分散分析にて各群間を比較した。

II. 結果

1. 腸内細菌叢への効果

表 1、図 1 に各群の腸内細菌叢の構成割合を示した。評価した細菌項目の占有率について、投与群の平均占有率が対照群よりも大きかつ

た項目は、*Lactobacillales*, *Clostridium* cluster XVIII および others であった。いずれも投与群と対照群の間に統計学的な差は認められなかったものの、*Lactobacillales* の平均占有率は投与群の方が対象群よりも 3.456% 大きい結果となった。一方、*Bacteroides*, *Prevotella*, *Clostridium* cluster IV および *Clostridium* subcluster XIVa は対

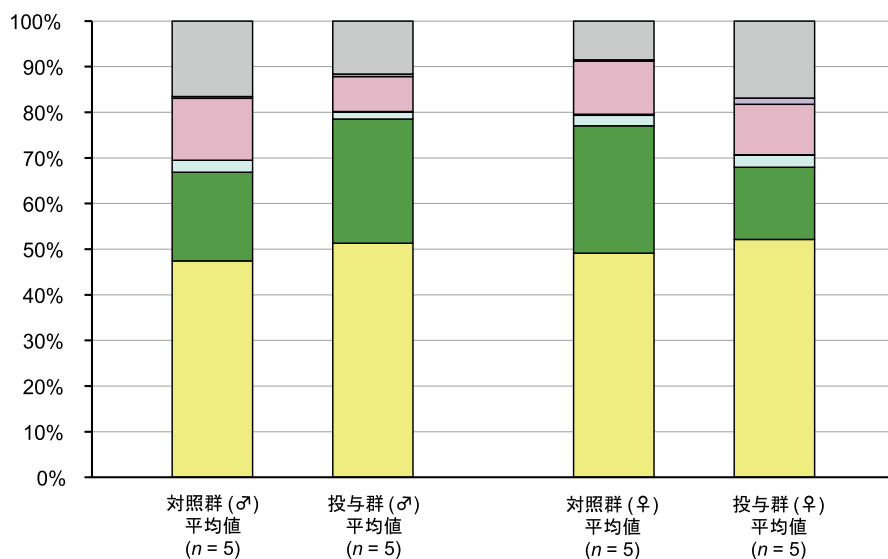
象群の方が平均占有率は大きい結果となったが、統計学的な有意差は確認されなかった(表 1)。

表 2-1 と表 2-2 に腸内細菌叢の構成割合における層別解析の結果を示した。表 2-1 は分散分析の統計記述を示し、いずれの細菌においてもグループ間で統計学的有意差は確認されなかった。次に、グループ間での多重

表 1 腸内細菌叢の比較 (投与群, $n = 10$ vs 対照群, $n = 10$)

項目	t 値	自由度	有意確率	平均値の差 (投与群 - 対照群)	差の標準誤差	差の 95% 信頼区間 下限 上限	
<i>Lactobacillales</i>	0.371	18	0.715	3.456	9.316	-16.115	23.028
<i>Bacteroides</i>	-0.454	18	0.655	-2.193	4.825	-12.330	7.944
<i>Prevotella</i>	-0.379	18	0.709	-0.332	0.876	-2.173	1.508
<i>Clostridium</i> cluster IV	-0.021	18	0.983	-0.002	0.096	-0.203	0.199
<i>Clostridium</i> subcluster XIVa	-0.859	18	0.402	-3.308	3.852	-11.399	4.784
<i>Clostridium</i> cluster XVIII	1.842	18	0.082	0.640	0.348	-0.090	1.371
others	0.563	18	0.581	1.738	3.089	-4.752	8.228

Student の t 検定



推定される分類群

others,
 Clostridium cluster XVIII,
 Clostridium subcluster XIVa,
 Clostridium cluster IV,
 Prevotella,
 Bacteroides,
 Lactobacillales

推定されるプロファイルとしては下記の通りである。

悪玉菌,

 日和見菌,
 善玉菌

図 1 腸内細菌叢の構成

表 2-1 層別解析の分散分析 (各群 $n = 5$)

項目		平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
<i>Lactobacillales</i>	グループ間	68.202	3	22.734	0.047	0.986
	グループ内	7802.153	16	487.635		
	合計	7870.355	19			
<i>Bacteroides</i>	グループ間	530.840	3	176.947	1.782	0.191
	グループ内	1588.646	16	99.290		
	合計	2119.486	19			
<i>Prevotella</i>	グループ間	4.083	3	1.361	0.332	0.802
	グループ内	65.535	16	4.096		
	合計	69.618	19			
<i>Clostridium</i> cluster IV	グループ間	0.124	3	0.041	0.945	0.442
	グループ内	0.702	16	0.044		
	合計	0.827	19			
<i>Clostridium</i> subcluster XIVa	グループ間	92.376	3	30.792	0.380	0.769
	グループ内	1297.467	16	81.092		
	合計	1389.843	19			
<i>Clostridium</i> cluster XVIII	グループ間	3.972	3	1.324	2.365	0.109
	グループ内	8.957	16	0.560		
	合計	12.929	19			
others	グループ間	245.450	3	81.817	2.083	0.143
	グループ内	628.495	16	39.281		
	合計	873.946	19			

One-way ANOVA

比較を行ったところ (表 2-2), メス投与群の *Clostridium* cluster XVIII の占有率とオス対照群との差は +1.025%, メス対照群との差は +1.126% であり, 統計学的な有意差が認められた ($P = 0.046$, $P = 0.030$)。また, メス投与群とメス対照群との差は *Bacteroides* が -12.163%, others が +8.379% であり, 差がある傾向にあった ($P = 0.072$, $P = 0.051$)。

推定される菌の分類群をさらに善玉菌, 日和見菌, 悪玉菌と分類し, 「植物発酵ペースト SW」投与群と対照群における構成割合の差を確認したところ, オス投与群はオス対照群に比べて善玉菌, 日和見菌, 悪玉菌の構成割合の差はそれぞれ +3.9%, +6.7%, -5.8% であり, 善玉菌と日和見菌が多く, 悪玉菌が少なかった。一方のメス投与群はメス対照群と比べて善玉菌, 日和見菌, 悪玉菌の構成割合の差はそれぞれ +3.0%, -11.7%, +0.5% であり, 善玉菌が多く, 日和見菌は少なく, 悪玉菌はほとんど変わりが

なかった (図 2)。

III. 考察

Lactobacillales に属する乳酸菌は腸管内における有機酸濃度を上昇させ, *Clostridium* に属する菌群の増殖を抑えることから善玉菌と呼ばれる¹⁷⁾。*Bacteroides* は日和見菌とも言われ, 悪玉菌の割合が優勢な場合に有害な作用を及ぼすが, *Bacteroides* は有機酸を産生する菌でもあるため¹⁸⁾, *Bacteroides* の占有率増加は腸管内の有機酸が増加したと考えることも可能である。また, これまで悪玉菌とされていた *Clostridium* に属する菌群も一部は宿主の健康効果をもたらすことも明らかにされており¹⁹⁾, 全ての *Clostridium* 属が害を及ぼす訳ではない。

本研究では, オスとメスを合わせた解析から「植物発酵ペースト SW」の摂取が *Lactobacillales* および *Clostridium* cluster XVIII の占有率を上昇させた可能性が確認された。

表 2-2 層別解析の多重比較 (各群 $n = 5$)

項目	群 (I)	群 (J)	平均値の差 (I-J)	標準誤差	有意確率	95% 信頼区間	
						下限	上限
<i>Lactobacillales</i>		投与群 (♀)	-0.806	13.966	0.955	-30.413	28.801
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	3.881	13.966	0.785	-25.726	33.488
		対照群 (♀)	2.226	13.966	0.875	-27.381	31.833
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	4.687	13.966	0.742	-24.920	34.294
		対照群 (♀)	3.032	13.966	0.831	-26.575	32.639
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	-1.655	13.966	0.907	-31.262	27.952
<i>Bacteroides</i>		投与群 (♀)	11.372	6.302	0.090	-1.988	24.731
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	7.777	6.302	0.235	-5.583	21.136
		対照群 (♀)	-0.791	6.302	0.902	-14.151	12.569
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	-3.595	6.302	0.576	-16.955	9.765
		対照群 (♀)	-12.163	6.302	0.072	-25.522	1.197
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	-8.567	6.302	0.193	-21.927	4.792
<i>Prevotella</i>		投与群 (♀)	-1.133	1.280	0.389	-3.846	1.581
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	-1.078	1.280	0.412	-3.792	1.635
		対照群 (♀)	-0.719	1.280	0.582	-3.432	1.995
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	0.054	1.280	0.967	-2.659	2.768
		対照群 (♀)	0.414	1.280	0.751	-2.299	3.127
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	0.360	1.280	0.782	-2.354	3.073
<i>Clostridium</i> cluster IV		投与群 (♀)	0.040	0.133	0.768	-0.241	0.321
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	0.128	0.133	0.350	-0.153	0.409
		対照群 (♀)	-0.092	0.133	0.498	-0.373	0.189
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	0.088	0.133	0.517	-0.193	0.369
		対照群 (♀)	-0.132	0.133	0.335	-0.413	0.149
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	-0.220	0.133	0.117	-0.500	0.061
<i>Clostridium</i> subcluster XIVa		投与群 (♀)	-3.364	5.695	0.563	-15.438	8.709
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	-5.958	5.695	0.311	-18.032	6.115
		対照群 (♀)	-4.021	5.695	0.490	-16.095	8.052
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	-2.594	5.695	0.655	-14.668	9.480
		対照群 (♀)	-0.657	5.695	0.910	-12.730	11.417
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	1.937	5.695	0.738	-10.136	14.011
<i>Clostridium</i> cluster XVIII		投与群 (♀)	-0.871	0.473	0.084	-1.874	0.132
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	0.154	0.473	0.748	-0.849	1.158
		対照群 (♀)	0.255	0.473	0.597	-0.748	1.258
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	1.025	0.473	0.046*	0.022	2.029
		対照群 (♀)	1.126	0.473	0.030*	0.123	2.129
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	0.101	0.473	0.834	-0.902	1.104
others		投与群 (♀)	-5.238	3.964	0.205	-13.641	3.165
	投与群 (♂)	対照群 (♂)	-4.903	3.964	0.234	-13.306	3.500
		対照群 (♀)	3.141	3.964	0.440	-5.262	11.544
	投与群 (♀)	対照群 (♂)	0.335	3.964	0.934	-8.068	8.738
		対照群 (♀)	8.379	3.964	0.051	-0.024	16.782
	対照群 (♂)	対照群 (♀)	8.044	3.964	0.059	-0.359	16.447

Fisher's LSD * $P < 0.05$

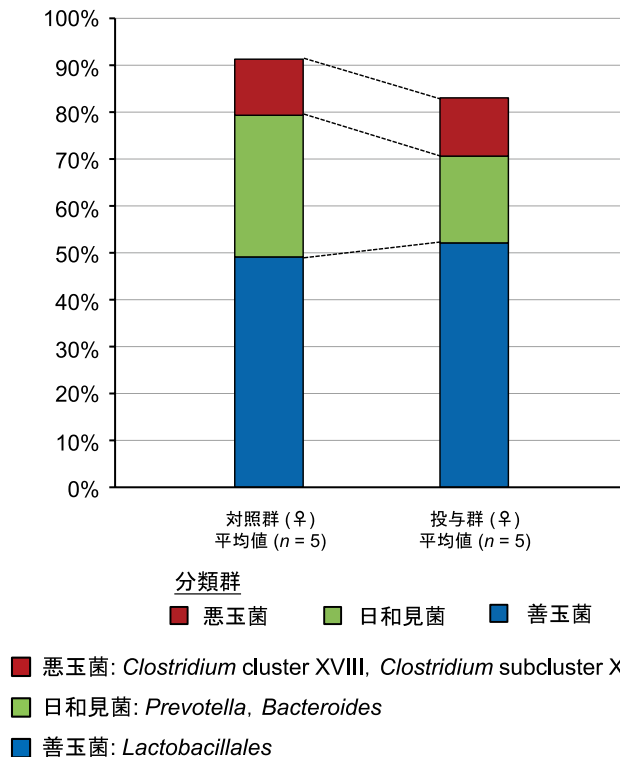


図2 メスマウスにおける腸内細菌叢の構成（悪玉菌，日和見菌，善玉菌）

Lactobacillales の占有率の上昇から善玉菌（乳酸菌）の割合が多くなり，腸内 pH は摂取前よりも低い pH にあったと推察される。腸内で乳酸菌から産生された乳酸は他の細菌によって酢酸，プロピオン酸，酪酸などの短鎖脂肪酸に誘導され¹⁷⁾，プロピオン酸や酢酸は大腸炎抑制に効果があると報告されている^{20, 21)}。また，占有率の上昇が確認された *Clostridium* cluster XVIII も大腸炎の抑制効果が示唆されている¹⁹⁾ ことから，「植物発酵ペースト SW」は腸内細菌叢における善玉菌（乳酸菌）や *Clostridium* cluster XVIII の占有率を高め，免疫機能の向上をもたらす可能性があった。特に，メス投与群における *Clostridium* cluster XVIII はオス・メスいずれの対照群よりも *Clostridium* cluster XVIII の占有率は高値を示したことから，「植物発酵ペースト SW」が腸内環境に与える影響はメスにおいて顕著に観察される事象であると考えられる。

「植物発酵ペースト SW」はメスマウスの腸内細菌叢に対して効果的であると推測されることから，*Lactobacillales*, *Bifidobacterium* を善玉菌，*Prevotella*, *Bacteroides* を日和見菌，*Clostridium* cluster XVIII, *Clostridium* subcluster XIVa を悪玉菌と分類し，投与群と対照群の構成割合を比較した。構成割合の差を確認したところ，悪玉菌の差は小さく，投与群において善玉菌は多く，日和見菌は少ない結果であった。日和見菌は悪玉菌が優勢な場合に有害な作用を及ぼすとされるが，本研究では「植物発酵ペースト SW」投与群で善玉菌優勢かつ日和見菌の割合が少ないことが確認されたことから，「植物発酵ペースト SW」によって腸内細菌叢のバランスが良好に保たれると推察される。

本研究では，マウスの腸内細菌叢の分類は行われたが，ベースラインのデータがないためマウスの個体差によるものなのか介入の効果によるものなのかは不明であったことか

ら、今後の研究の課題とする。しかし、マウスに「植物発酵ペースト SW」（ヒト 60 kg 換算で 3 g/日）を 14 日間経口投与することで、「植物発酵ペースト SW」の投与により善玉菌である *Lactobacillales* の分布割合が増加し、悪玉菌である *Bacteroides* の分布割合が減少する傾向が確認されたことは事実であることから、「植物発酵ペースト SW」の摂取が腸内環境の改善に寄与する可能性が示された。メスにおいては *Clostridium* cluster XVIII の変化も確認され、「植物発酵ペースト SW」が腸内細菌構成に与える影響はメスにおいて特に大きいと考えられる。近年、腸内環境の構成には性ホルモンの影響が確認されており^{22, 23)}、食事が腸内細菌叢に与える影響については性差の存在が示唆されている²⁴⁾。したがって、「植物発酵ペースト SW」はメスにおいて効果的に腸内環境の改善効果を示す可能性がある。また、腸内細菌叢の構成と免疫機能には深い関わりがあり¹⁵⁾、水溶性食物繊維の摂取が免疫機能に影響を与えることも明らかにされている¹³⁾ことから、今後の研究では「植物発酵ペースト SW」の摂取と免疫機能の関連を調査する。また、腸内環境は

様々な疾患に係ると示唆される他¹²⁾、詳細なメカニズムは明らかでないものの腸内環境と皮膚機能の関連も示唆されることから²⁵⁾、皮膚機能への影響を調査することも興味深い課題である。

結論

「植物発酵ペースト SW」の投与により善玉菌である *Lactobacillales* の分布割合が増加し、日和見菌である *Bacteroides* の分布割合が減少する傾向が確認された。また、メスマウスでは「植物発酵ペースト SW」によって *Clostridium* cluster XVIII の占有率が上昇することが確認された。さらに、メスマウスの比較から「植物発酵ペースト SW」は善玉菌を多く、日和見菌を少なくさせる効果がある可能性があった。これらの結果から「植物発酵ペースト SW」の摂取が腸内環境の改善に寄与する可能性が示され、ヒトにおいて 60 kg であれば 1 日 3 g を摂取することでその効果が得られると考えられる。また、「植物発酵ペースト SW」による腸内環境の改善効果は特に女性に対して高い効果が現れると推察される。

参考文献

1. Jumpertz R, Le DS, Turnbaugh PJ, *et al.*: Energy-balance studies reveal associations between gut microbes, caloric load, and nutrient absorption in humans. *Am J Clin Nutr* **94** (1): 58-65, 2011.
2. Goldsmith JR, Sartor RB: The role of diet on intestinal microbiota metabolism : downstream impacts on host immune function and health, and therapeutic implications. *J Gastroenterol* **49** (5): 785-798, 2014.
3. Wang Z, Klipfell E, Bennett BJ, *et al.*: Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular disease. *Nature* **472** (7341): 57-63, 2011.
4. Greenblum S, Turnbaugh PJ, Borenstein E: Metagenomic systems biology of the human gut microbiome reveals topological shifts associated with obesity and in inflammatory bowel disease. *Proc Natl Acad Sci U S A* **109** (2): 594-599, 2012.
5. Yatsunenko T, Rey FE, Manary MJ, *et al.*: Human gut microbiome viewed across age and geography. *Nature* **486** (7402): 222-227, 2012.
6. Goodrich JK, Waters JL, Poole AC, *et al.*: Human genetics shape the gut microbiome. *Cell* **159** (4): 789-799, 2014.
7. Kuang Y, Lu J, Li S, *et al.*: Connections between the human gut microbiome and gestational diabetes mellitus. *Gigascience* **6** (8): 1-12, 2017.
8. Sonnenburg JL, Bäckhed F: Dietmicrobiota interactions as moderators of human metabolism. *Nature* **535** (7610): 56-64, 2016.
9. Slavin J: Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients* **5** (4): 1417-1435, 2013.
10. Tap J, Furet J, Bensaada M, *et al.*: Gut microbiota richness promotes its stability upon increased dietary fibre intake

- in healthy adults. *Environ Microbiol* **17** (12): 4954-4964, 2015.
11. Martínez I, Lattimer JM, Hubach KL, *et al.*: Gut microbiome composition is linked to whole grain-induced immunological improvements. *ISME J* **7** (2): 269-280, 2013.
 12. Deehan EC, Walter J: The fiber gap and the disappearing gut microbiome: implications for human nutrition. *Trends Endocrinol Metab* **27** (5): 239-242, 2016.
 13. 山田耕路：水溶性食物繊維の抗体産生調整機能。日本食物繊維研究会誌 **5** (1): 1-9, 2001.
 14. 菅原諒太, 山田さゆみ, 涂志豪, 他：道央圏に自生するキノコの同定と機能性成分の含有量。日本食品科学工学会誌 **62** (9): 445-453, 2015.
 15. Hand TW, Vujkovic-cvijin I, Ridaura VK, *et al.*: Linking the microbiota, chronic disease and the immune system. *Trends Endocrinol Metab* **27** (12): 831-843, 2017.
 16. Nagashima K, Mochizuki J, Hisada T, *et al.*: Phylogenetic Analysis of 16S Ribosomal RNA Gene Sequences from Human Fecal Microbiota and Improved Utility of Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism Profiling. *Biosci Microflora* **25** (3): 99-107, 2006.
 17. 安藤朗：腸内細菌の種類と定着：その隠された臓器としての機能。日本内科学会雑誌 **104** (1): 29-34, 2015.
 18. 渡辺敏郎：健康と美容に貢献する「酒粕」の成分。日本醸造協会誌 **107** (5): 282-291, 2012.
 19. Atarashi K, Tanoue T, Oshima K, *et al.*: Treg induction by a rationally selected mixture of Clostridia strains from the human microbiota. *Nature* **500** (7461): 232-236, 2013.
 20. Smith PM, Howitt MR, Panikov N, *et al.*: The microbial metabolites, short chain fatty acids, regulate colonic Treg cell homeostasis. *Science* (80-) **341** (6145): 569-573, 2013.
 21. Maslowski K, Vieira A, Ng A, *et al.*: Regulation of inflammatory responses by gut microbiota and chemoattractant receptor GPR43. *Nature* **461** (7268): 1282-1286, 2009.
 22. Harada N, Hanaoka R, Horiuchi H, *et al.*: Castration influences intestinal microflora and induces abdominal obesity in high-fat diet-fed mice. *Sci Rep* **6**: 1-9, 2016.
 23. Harada N, Hanaoka R, Hanada K, *et al.*: Hypogonadism alters cecal and fecal microbiota in male mice. *Gut Microbes* **7** (6): 533-539, 2016.
 24. Bolnick DI, Snowberg LK, Hirsch PE, *et al.*: Individual diet has sex-dependent effects on vertebrate gut microbiota. *Nat Commun* **5**: 4500, 2014.
 25. 伊澤佳久平, 野間晃幸, 山本昌志, 他：LB81 乳酸菌を使用したヨーグルトの皮膚機能改善効果に関する検証。腸内細菌学雑誌 **22** (1): 1-5, 2008.

Pyrroloquinoline quinone activates autophagy in tobacco BY-2 and HeLa cells

Akihiro Takahashi^a, Riku Matsui^{a, b}, Yuko Inoue-Aono^{a, b}, Kazuto Ikemoto^{c*}, Yuji Moriyasu^{a, b}

^aFaculty of Science and ^bDivision of Life Science, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Saitama 338-8570, Japan

^cNiigata Research Laboratory, Mitsubishi Gas Chemical Company, 182 Tayuuhama Shinwari, Kita-ku, Niigata 950-3112, Japan

*Correspondence author. E-mail: kazuto-ikemoto@mgc.co.jp

Phone number: +81-25-258-8081

Fax: +81-25-259-8288

Akihiro Takahashi: aki19mei@gmail.com, Riku Matsui: matsui.riku.0806@gmail.com

Yuko Inoue-Aono: yuinoue@mail.saitama-u.ac.jp, Kazuto Ikemoto: kazuto-ikemoto@mgc.co.jp

Yuji Moriyasu: moriyasu@mail.saitama-u.ac.jp

Key Words: PQQ, autophagy, tobacco BY-2 cell, HeLa cell

Abstract

Pyrroloquinoline quinone (PQQ) is a redox substance with a reduced form (rPQQ). The effects of PQQ on various mammalian physiological processes have been reported; however, only few reports on the rPQQ exist. Currently, we found that both PQQ and rPQQ activate autophagy, which is a degradation process of the cytoplasm in eukaryotes, in plant BY-2 and mammalian HeLa cells.

Introduction

Pyrroloquinoline quinone (PQQ) is a redox substance with a reduced form (rPQQ) (**Fig. 1**). PQQ is ubiquitous across bacteria, plants, and mammals¹⁻³⁾ and has been reported to affect various physiological processes in mammals^{1, 2, 4)}. PQQ deficiency in rodents can result in growth impairment, immune dysfunction, decreased reproductive performance, and reduced respiratory quotient^{5, 6)}. However, reports on the effects of rPQQ on such biological processes are limited.

Autophagy is a degradation process of the

cytoplasm in eukaryotes and is important for normal cellular homeostasis⁷⁾. Autophagy is performed by autophagosomes (APs) and autolysosomes (ALs); thus, the appearance of these organelles is used to estimate autophagic activity in cells. Autophagy can

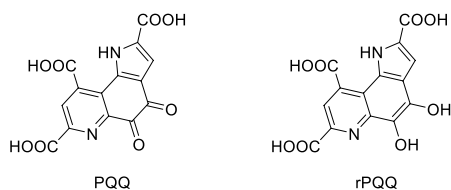


Fig. 1 Chemical structures of pyrroloquinoline quinone (PQQ) and its reduced form (rPQQ).

be activated by various stressors including nutrient starvation and oxidative stress^{7,8)}.

We predicted that PQQ activates autophagy via its effects on the cellular redox state. To test this hypothesis, we first assessed whether PQQ activates autophagy in cultured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) BY-2 cells; these cells have a pathway similar to that of mammalian cells⁹⁾, and several methods have

been developed for detecting its activation¹⁰⁾. Next, we confirmed the case in HeLa cells because we observed the activation of autophagy in BY-2 cells.

Materials and Methods

PQQ disodium salt (BioPQQ) was obtained from Mitsubishi Gas Chemical Company (Tokyo, Japan). rPQQ was prepared by reducing PQQ using

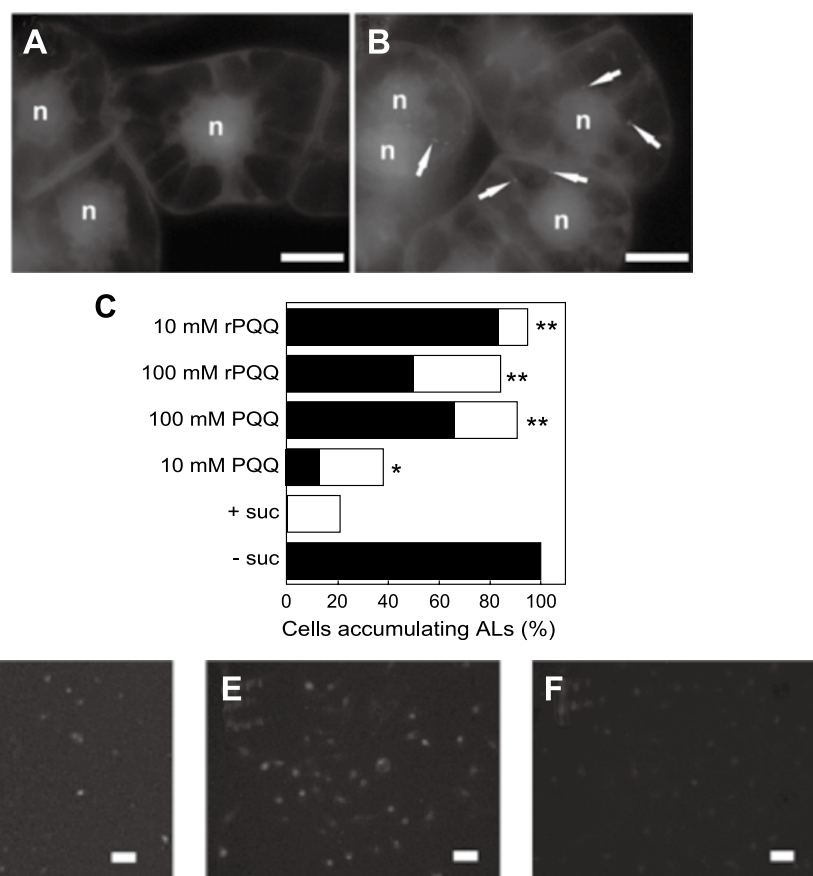


Fig. 2 Pyrrroloquinoline quinone (PQQ) and its reduced form (rPQQ) activate autophagy in tobacco BY-2 and HeLa cells.

(A, B) BY-2 cells expressing the green fluorescent protein–Atg8 fusion protein at the logarithmic growth phase were transferred to a fresh nutrient-sufficient medium containing 100 μ M PQQ (B) or 1% (v/v) dimethyl sulfoxide as the solvent control (A). After 24 h of culture, fluorescence images were taken. Arrows indicate autophagosomes (APs). Bar = 20 μ m.

(C) Wild-type BY-2 cells were transferred to a fresh nutrient-sufficient culture medium containing 10 or 100 μ M PQQ, 10 or 100 μ M rPQQ, or 1% (v/v) dimethyl sulfoxide and then cultured for 16 h. In parallel, cells were transferred to a sucrose-free culture medium and cultured for 16 h to activate autophagy. Cells with very large (solid bar) and large (blank bar) amounts of accumulation of AL were counted in each treatment after 16 h of culture and are shown as percentages. + suc, nutrient-sufficient medium without PQQ; – suc, sucrose-free medium without PQQ. Chi-squared tests for the effect of PQQ and rPQQ on the numbers of cells accumulating ALs (sum of cells accumulating high and low amounts of ALs) show $*p < 0.05$ and $**p < 0.0001$, respectively.

(D, E, and F) HeLa cells were cultured in a nutrient-sufficient culture medium supplemented with 150 μ M PQQ (D), 150 μ M rPQQ (E), or without any supplementation (F) for 24 h. Cells were then stained using the Cyto-ID autophagy detection kit and observed under fluorescence microscopy. Bar = 50 μ m.

ascorbic acid¹¹). Tobacco BY-2 cells were cultured in Murashige and Skoog medium containing 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and sucrose¹²). HeLa cells were maintained in Dulbecco's modified essential medium (DMEM + GlutaMAX-I, No. 10569-010; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA) supplemented with 10% fetal bovine serum, streptomycin, and penicillin. Cells were then incubated at 37°C in a 5% CO₂ incubator.

The emergence of APs was observed by fluorescence microscopy in BY-2 cells that continuously express a fusion protein of green fluorescent protein and Arabidopsis Atg8⁹) that is located on the AP membrane. The accumulation of ALs was also observed in the presence of the cysteine protease inhibitor E-64c (Peptide Institute, Osaka, Japan) and the endocytosis marker FM4-64 (Invitrogen, Carlsbad, CA)¹⁰). For detecting autophagy in HeLa cells¹³), the Cyto-ID autophagy detection kit (Enzo Life Science, Ann Arbor, MI) was used. Cells (5×10^3 /100 μ L), cultured in medium containing various concentrations of PQQ or rPQQ for 24 h, were stained with the Cyto-ID fluorescence dye for 30 min according to the manufacturer's protocol, and observed by fluorescence microscopy.

Results and Discussion

Autophagosomes (APs) were not observed in BY-2 cells 12–24 h after they were transferred to a fresh nutrient-sufficient culture medium (**Fig. 2A**). However, APs appeared when 100 μ M PQQ was added to the medium (**Fig. 2B**), which suggests that PQQ activates autophagy under nutrient-sufficient conditions. The activation of autophagy by PQQ was confirmed by the accumulation of ALs; limited AL accumulation was observed when BY-2 cells in the logarithmic growth phase were cultured in a nutrient-sufficient medium for 16–24 h (**Fig. 3**). The addition of 10–100 μ M PQQ to the nutrient-sufficient medium increased the accumulation of ALs after 16–24 h; however, the accumulated

ALs were less than those observed under sucrose starvation conditions (**Fig. 3**). rPQQ (10–100 μ M) also increased the accumulation of ALs (**Fig. 3**). Percentages of cells with large AL accumulation for each treatment are shown in **Fig. 2C**. Taken together, these results show that both PQQ and rPQQ activate the accumulation of ALs and that rPQQ is more efficient than PQQ.

The effect of PQQ on autophagy was also studied in cultured human HeLa cells. APs appeared when the medium was supplemented with 1.5 μ M PQQ or rPQQ. An abundance of APs was seen at 150 μ M in both compounds (**Fig. 2D, E, F**), suggesting that both PQQ and rPQQ activate autophagy in mammalian cells. Notably, cell proliferation was not affected at these concentrations (**Fig. 4**).

The concentration of PQQ in plants is estimated to be 10–170 μ M¹⁴), which is within the range of PQQ concentrations required for the activation of autophagy in BY-2 cells. Thus, it is possible that autophagy is activated by PQQ in plants under normal physiological conditions. In contrast, the concentration of PQQ that activates autophagy in HeLa cells (1.5 μ M) is much higher than that in human serum, which is estimated to be 1–50 nM^{15, 16}). Thus, PQQ does not appear to be effective at activating autophagy in mammalian cells under normal physiological conditions.

The present study showed that both PQQ and rPQQ activate autophagy in plant BY-2 and mammalian HeLa cells. Various chemicals have autophagy-promoting activity⁷), but few of these are permitted for use as food ingredients. PQQ naturally occurs in several food products such as human milk, vegetable and green tea. Thus, PQQ and rPQQ can be used for the development of foods that promote autophagy. Furthermore, using PQQ as the basic structure, drugs that more efficiently activate autophagy can be developed.

Conflicts of interest: All authors have no conflicts of interest.

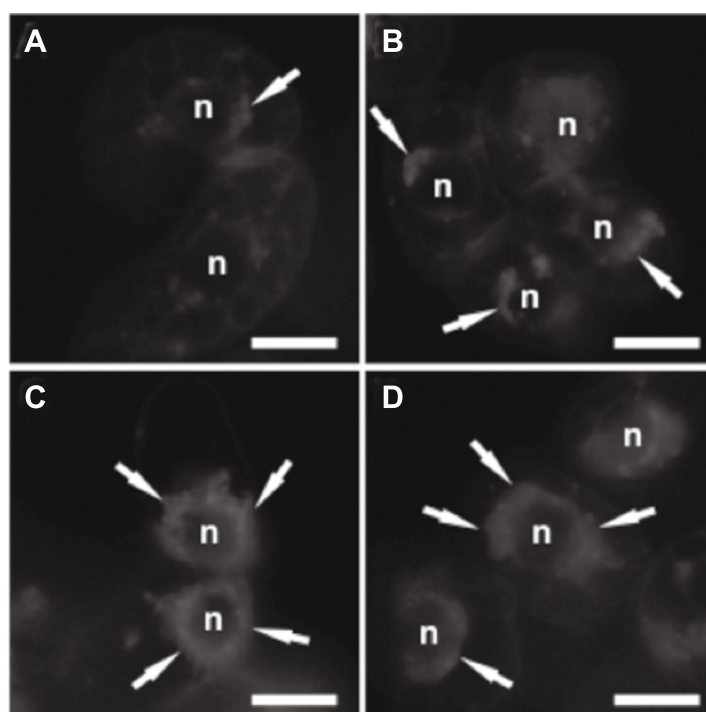


Fig. 3 Pyrroloquinoline quinone (PQQ) and reduced PQQ (rPQQ) promote the accumulation of ALs in tobacco BY-2 cells.

Wild-type BY-2 cells were transferred to fresh nutrient-sufficient culture medium containing 10 or 100 μM PQQ, 10 or 100 μM rPQQ, or 1% (v/v) dimethyl sulfoxide, and then cultured for 24 h. In parallel, cells were transferred to sucrose-free culture medium and cultured for 24 h in order to activate autophagy. Fluorescence images were taken.

(A) the solvent control, 24 h; (B) 100 μM PQQ, 24 h; (C) sucrose-free medium, 24 h; (D) 100 μM rPQQ, 24 h. Arrows indicate the accumulation of ALs. Bar, 20 μm .

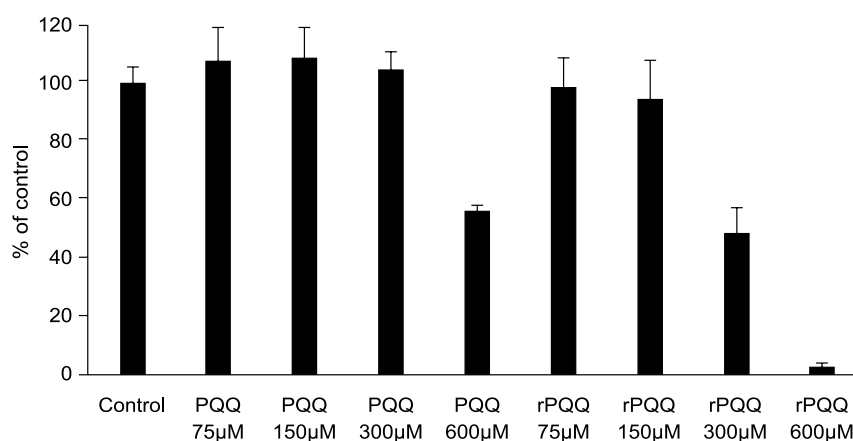


Fig. 4 Viability of HeLa cells in various concentrations of PQQ and rPQQ.

The cells were incubated in the culture medium containing various concentrations of PQQ or rPQQ for 24 h.

The HeLa cells ($5 \times 10^3/100 \mu\text{L}$ medium) was added to well in a 96 well microplate. The plate was incubated for 24h. The cells were incubated in the medium containing various concentrations of PQQ or rPQQ for 24 h. The cells were washed by the medium (100 μL) twice. The medium (100 μL) including assay solution (Cell counting kit 8, Dojindo) was added to a well. After incubation for 1h, the absorption at 450nm was measured by plate reader.

References

1. Goodwin PM, Anthony C.: The biochemistry, physiology and genetics of PQQ and PQQ-containing enzymes. *Adv. Microb. Physiol.*, **40**: 1-80, 1998.
2. Anthony C.: Pyrroloquinoline quinone (PQQ) and quinoprotein enzymes. *Antioxid. Redox Signal.*, **3**: 757-774, 2001.
3. Akagawa M, Nakano M, Ikemoto K.: Recent progress in studies on the health benefits of pyrroloquinoline quinone. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **80**: 13-22, 2016.
4. Akagawa M, Minematsu K, Shibata T, *et al.*: Identification of lactate dehydrogenase as a mammalian pyrroloquinoline quinone (PQQ)-binding protein. *Sci. Rep.*, **6**: 26723, 2016.
5. Killgore J, Smidt C, Duich L, *et al.*: Nutritional importance of pyrroloquinoline quinone. *Science*, **245**: 850-852, 1089.
6. Steinberg F, Stites T, Anderson P, *et al.*: Pyrroloquinoline quinone improves growth and reproductive performance in mice fed chemically defined diets. *Exp. Biol. Med.* **228**: 160-166, 2003.
7. Klionsky DJ, Abdelmohsen K, Abe A, *et al.*: Guidelines for the use and interpretation of assays for monitoring autophagy (3rd edition). *Autophagy*, **12**: 1-222, 2016.
8. Xiong Y, Contento AL, Nguyen PQ, *et al.*: Degradation of oxidized proteins by autophagy during oxidative stress in Arabidopsis. *Plant Physiol.* **143**: 291-299, 2007.
9. Yano K, Yanagisawa T, Mukae K, *et al.*: Dissection of autophagy in tobacco BY-2 cells under sucrose starvation conditions using the vacuolar H(+)-ATPase inhibitor concanamycin A and the autophagy-related protein Atg8. *Plant Signal Behavior*. **10** (11): e1082699, 2015.
10. Moriyasu Y, Inoue Y.: Use of protease inhibitors for detecting autophagy in plants. In: Klionsky DJ, editor. *Autophagy: lower eukaryotes and non-mammalian systems (Methods in Enzymology)*. Elsevier Inc. Academic Press, 557-580, 2008.
11. Ikemoto K, Mori S, Mukai K.: Synthesis and crystal structure of pyrroloquinoline quinol (PQQH₂) and pyrroloquinoline quinone (PQQ). *Acta Crystallogr. B.*, **73**: 489-497, 2017.
12. Moriyasu Y, Ohsumi Y.: Autophagy in tobacco suspension-cultured cells in response to sucrose starvation. *Plant Physiol.* **111**: 1233-1241, 1996.
13. Guo S, Liang Y, Murphy SF, *et al.*: A rapid and high content assay that measures cyto-ID-stained autophagic compartments and estimates autophagy flux with potential clinical applications. *Autophagy*, **11**: 560-572, 2015.
14. Kumazawa T, Sato K, Seno H, *et al.*: Levels of pyrroloquinoline quinone in various foods. *Biochem. J.* **307**: 331-333, 1995.
15. Harris CB, Chohanadisai W, Mishchuk DO, *et al.*: Dietary pyrroloquinoline quinone (PQQ) alters indicators of inflammation and mitochondrial-related metabolism in human subjects. *J Nutr Biochem.* **24**: 2076-2084, 2013.
16. Fukuda M, El-Maghrabey MH, Kishikawa N, *et al.*: Ultrasensitive determination of pyrroloquinoline quinone in human plasma by HPLC with chemiluminescence detection using the redox cycle of quinoe. *J. Pharm. Biomed. Anal.* **145**: 814-820, 2017.

ピロロキノリンキノンはタバコ細胞 BY-2 と ヒト細胞 HeLa においてオートファジーを活性化する

日本語要旨

ピロロキノリンキノン (PQQ) は還元型 PQQ (rPQQ) に変化できる酸化還元可能な物質である。PQQ の様々な哺乳類への生理学的効果が報告されている。しかしながら、rPQQ では報告はほとんど知られていない。ここで我々は PQQ と rPQQ とともに植物培養細胞 BY-2 とヒト培養細胞 HeLa において真核細胞の重要な生理学的なプロセスであるオートファジーを活性化することを報告する。

連絡先：池本一人 (Kazuto Ikemoto)
三菱ガス化学株式会社 新潟研究所
〒950-3112 新潟市北区太夫浜新割 182
TEL: 025-258-8081
mail: kazuto-ikemoto@mgc.co.jp

リアルタイム定量 PCR 法を用いた 食品中のクロレラの定量法の開発

氷室 沙弥香 (HIMURO Sayaka) *

* クロレラ工業株式会社

Key Words: クロレラ リアルタイム定量 PCR

要旨

クロレラが健康食品の市場に登場したのは今から 50 年以上も前のことである。言い換えれば、クロレラは健康補助食品として 50 年にもわたって人々に愛用されてきた食品といえるだろう。クロレラは、健康食品だけでなく様々な食品の原料としても利用されている。その例の一つとして、着色が挙げられる。クロレラマイクロパウダーは鮮やかな緑色をしており、天然の着色料として利用されている。近年では、色鮮やかな緑の着色はもちろんのこと、その栄養成分にも着目し、クロレラマイクロパウダーを料理やスイーツに混ぜ提供するお店も増えている。完成したクロレラ料理にクロレラの個体がどれくらい含まれているのか、知りたくないだろうか？そこで今回、リアルタイム定量 PCR 法を用いてクロレラマイクロパウダーを含む食品からクロレラの量を定量することを試みた。

はじめに

クロレラは直径 2 ~ 8 μm 程度の球形をした淡水性の単細胞緑藻で、地球上に誕生したのは今から約 15 ~ 20 億年前のことである。当社クロレラ工業（株）は 1964 年、世界に先駆けてクロレラの量産化に成功した。クロレラを培養、乾燥して得られるクロレラ粉末は、健康食品の他、様々な食品の原料として利用されている。他にも、クロレラはその鮮やかな色合いから天然着色料としても利用されてきた。当社は、クロレラ粉末をさらに微粉末化し鮮やかで深みのある緑の着色料としての「商品名：クロレラマイクロパウダー」を販売している。近年の健康ブームで、このクロレラマイクロパウダーを料理に加えて提供するお店も増えている。また、自宅等でクロレラマイクロパウダーを料理に加えれば、より手軽にクロレラの栄養素を摂取す

ることができる。

クロレラを加えた食品を口にするとき、その食品中にはクロレラが何個体含まれているのか考えたことがないだろうか。食品中にクロレラの細胞がどれだけ含まれるかを算出できるツールは非常に有用であると考えられるが、これまでのところ、クロレラを定量的に測定する方法はない。さらに、クロレラの緑の天然着色料はクロレラ以外には抹茶、ほうれん草、アルファルファなどが用いられている¹⁾ことから、純粋にクロレラを含む食品だけでなく、抹茶とクロレラが混合された食品でも、その食品中にクロレラの細胞がどれだけ含まれているかを算出できるツールの開発が求められる。

そこで本稿では、リアルタイム定量 PCR 法を用いて食品中のクロレラを定量する方法を開発したので報告する。

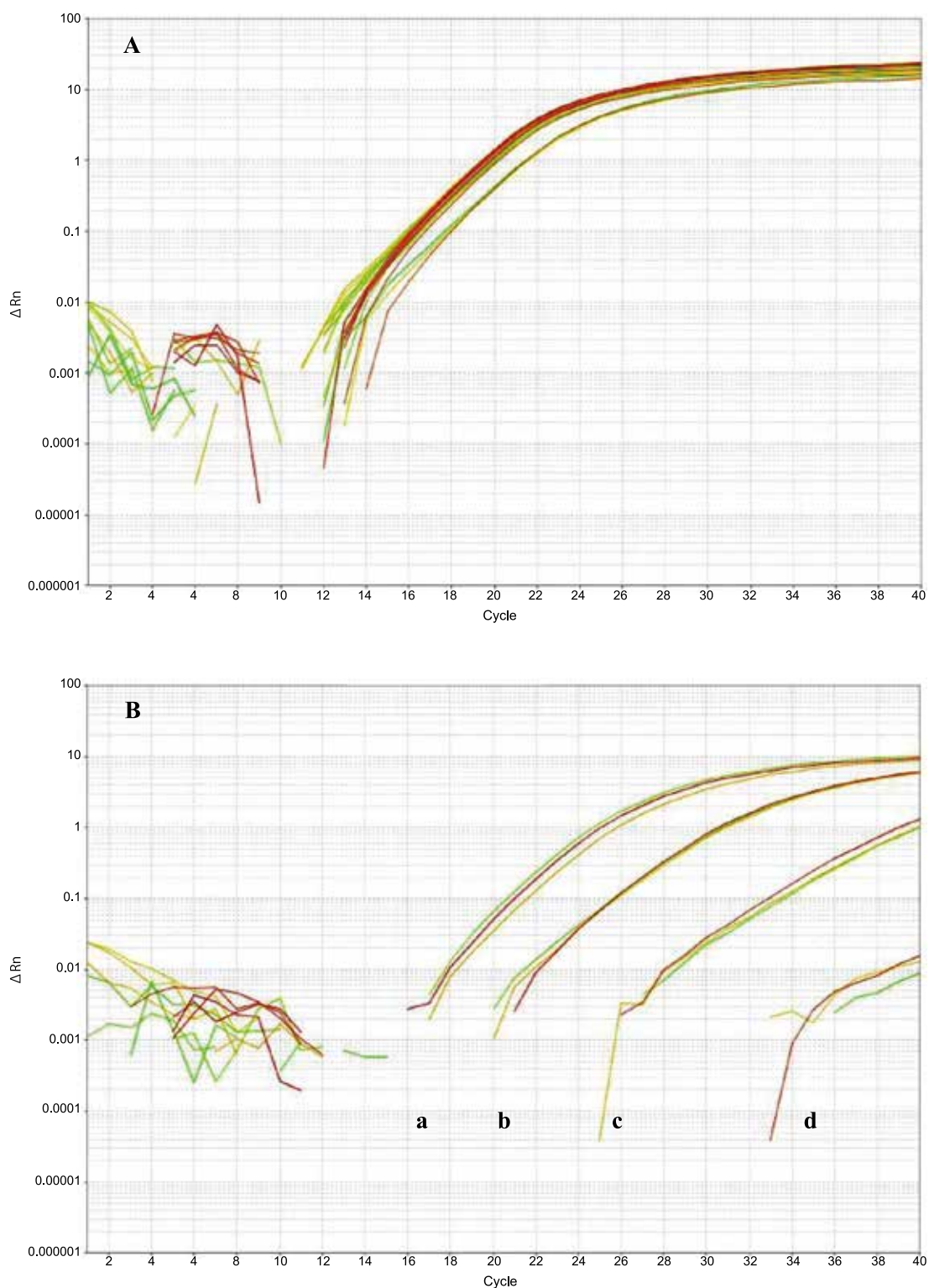


図1 アニール温度 60-69°Cの増幅曲線 (A) アニール温度 60-65°C, (B) アニール温度 66-69°C
a : 66°C, b : 67°C, c : 68°C, d : 69°C

1. リアルタイム定量 PCR の条件検討

1-1. DNA の抽出

・試料

DNA 抽出試料としてクロレラ粉末, 抹茶, ほうれん草を用いた。

・抽出方法

各試料より CTAB 法²⁾ で DNA を抽出した。抽出した DNA は分光光度計 (Gene Quant, Biochrom Ltd.) で吸光度を測定し, 濃度を算出した。抽出した DNA はリアルタイム定量 PCR に用いた。

1-2. リアルタイム定量 PCR

・試薬の調整

リアルタイム PCR は Applied Biosystems[®] StepOnePlus[™] リアルタイム PCR システム (StepOnePlus[™] Real-Time PCR System Upgrade, Thermo Fisher Scientific, Inc.) で行った。用いたプライマーの配列は Forward primer: 5'-GGGCCTTTTCAGGTCTGGTA-3', Reverse primer: 5'-GCCAGTGCACACCGAAAC-3' とした³⁾。PCR 反応液は 25 μ L/well に調整し, その組成は SYBR[™] Green Master Mix (Thermo Fisher Scientific, Inc.) 12.5 μ L, Forward プライマー溶液 (10 μ M) 0.5 μ L, Reverse プライマー溶液 (10 μ M) 0.5 μ L, DNA 溶液 2.5 μ L, 滅菌超純水 9.0 μ L で調整した。リアルタイム定量 PCR の条件検討に用いた DNA 溶液はクロレラ, 抹茶, ほうれん草の 3 つで, 試験は 1 つの DNA 当たり 3 つの well を用いて行った。

・PCR サイクル

PCR 条件は, 初期ステップ 95℃ 3 分後, 変性 95℃ 10 秒, アニーリング x ℃ 45 秒, 伸長 72℃ 60 秒を 1 サイクルとし, これを 40 反復した。PCR の最適条件を検討するため, アニーリング温度 (x) を 60℃ から 69℃ まで 1 度ずつ上げ, PCR を行った。

クロレラの DNA を用いてリアルタイム PCR を行った結果を図 1 に示す。グラフの縦軸は ΔRn (PCR プロダクト量, 蛍光量), 横軸はサイクル数を示す。図 1 (A) は, アニーリング

温度を 60℃ から 65℃ まで 1 度ずつ上げた時の増幅曲線を, 図 1 (B) はアニーリング温度を 66℃ から 69℃ まで 1 度ずつ上げた時の増幅曲線を示す。図 1 (A) のアニーリング温度 60-65℃ では, 増幅曲線が早いサイクル数で立ち上がってきていた。しかし, 図 2 (B) で示した通り, 66℃, 67℃, 68℃, 69℃ と, 温度を上げるに従い増幅曲線の立ち上がりは遅れることが分かった。よって, リアルタイム PCR を行う際のアニーリング温度は 65℃ 以下が最適であると考えられた。

次に, クロレラとほうれん草, 抹茶の DNA を用い, 解離曲線解析を行った。PCR サイクルは初期ステップ 95℃ 3 分後, 変性 95℃ 10 秒, アニーリング 60℃ 45 秒, 伸長 72℃ 60 秒を 1 サイクルとし, これを 40 反復した。PCR サイクルの直後に増幅産物を加熱して完全な解離曲線データを得, 解離曲線解析を行った。解離曲線解析とは, PCR 反応後, 反応液の温度を 60℃ から 95℃ まで徐々に上昇させ, 温度の上昇に伴い色素が結合した二本鎖 DNA が一本鎖 DNA に解離する際に観察される蛍光値をグラフ化し, 反応特異性を確認する方法である。アニーリング温度 60℃ で解離曲線解析を行った結果を図 2 に示す。

縦軸は Derivative Reporter (-Rn) (蛍光量の一次微分, 変化量), 横軸は温度を示す。図 2 (A) にクロレラとほうれん草の解離曲線を, 図 2 (B) にクロレラと抹茶の解離曲線を示す。クロレラとほうれん草の解離曲線は異なる曲線を描いていた。クロレラは T_m 値が 82.74 でシングルピークが見られたが, ほうれん草は 2 つピークがあった。クロレラと抹茶の解離曲線も異なる曲線を描いていた。クロレラはシングルピークが見られたが, 抹茶は 2 つピークが見られた。

以上の結果より, 用いたプライマーではクロレラとほうれん, 抹茶を分離できており, プライマーの特異性が確認できた。

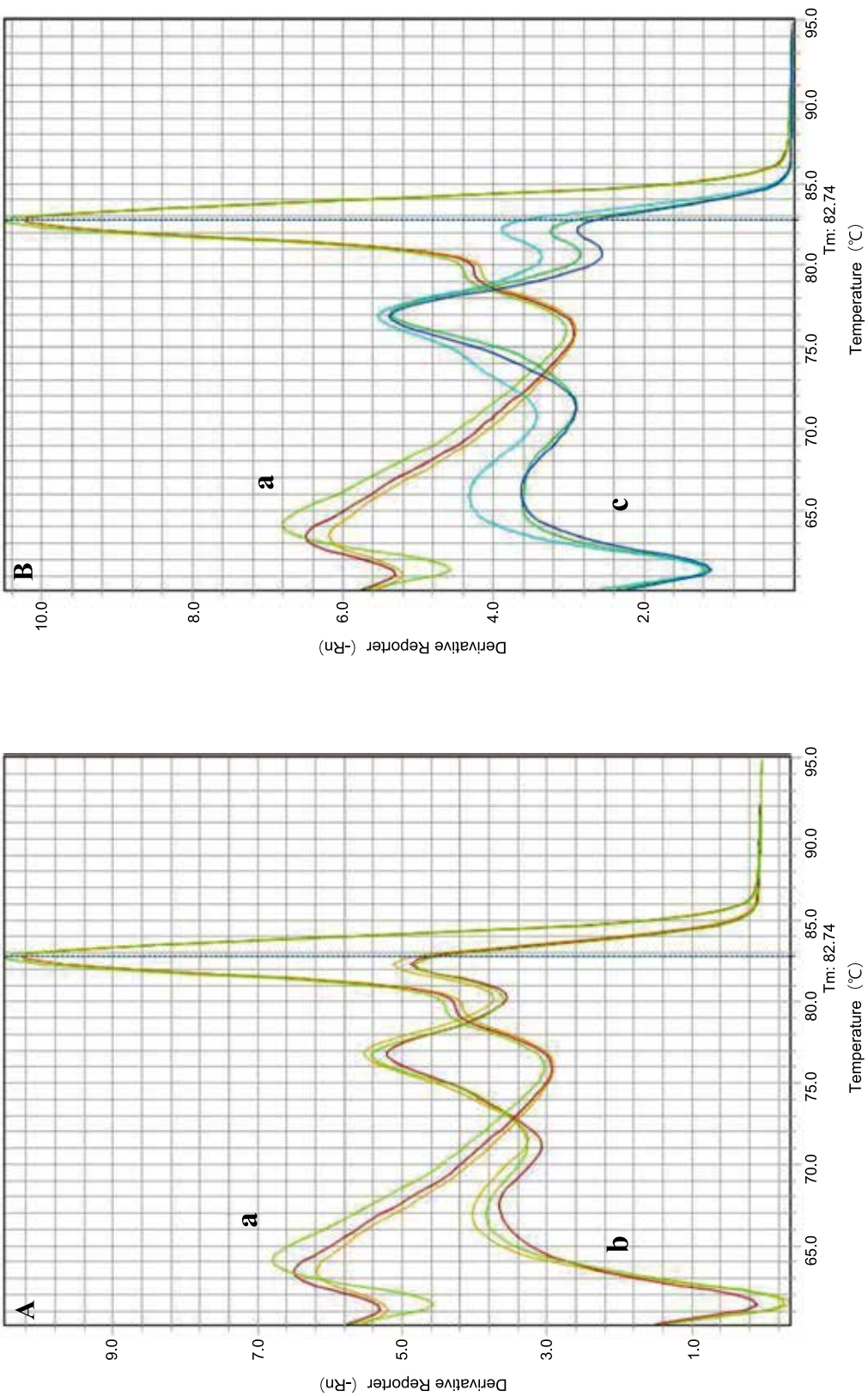


図2 アニールリング温度 60°Cの時の解離曲線 (A) クロレラとほうれん草, (B) クロレラと抹茶
a: クロレラ, b: ほうれん草, c: 抹茶

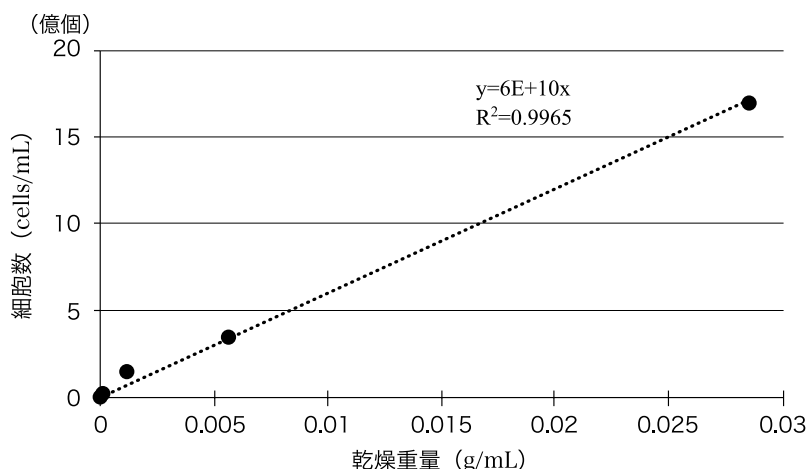


図3 クロレラの細胞数と乾燥重量

2. クロレラの細胞数と乾燥重量

2-1. クロレラの細胞数の測定

クロレラの細胞を坂口フラスコで14日間培養したあと50 mLチューブに細胞を回収した。遠心分離と細胞の洗浄を繰り返し、培地を取り除いた。回収した細胞は5段階希釈し、それぞれ10 μ Lをディスポーザブル血球計算板(C-Chip, NanoEnTek Inc.)のカウンティング・チャンバーに満たし、1mm \times 1mmの区画内にある細胞数をカウントした。カウントは4区画について行った。細胞数(cells/mL)は以下の計算式に当てはめて算出した。

細胞数(cells/mL) = (4区画の細胞数の平均値) \times 希釈倍率 $\times 10^4$

2-2. クロレラの乾燥重量の測定

乾燥重量の測定は、重量をあらかじめ測っておいた試験管に2-1で5段階希釈した細胞の懸濁液をそれぞれ1mL入れ、105℃で一晩水分を飛ばした。翌日試験管の重量を測定し、細胞の乾燥重量を算出した。図3にクロレラの細胞数と乾燥重量の測定結果を示す。縦軸は細胞数(cells/mL)、横軸は乾燥重量(g/mL)を示し、比例のグラフが得られた。

3. リアルタイム定量PCRの応用

3-1. DNAの抽出

・試料

DNA抽出試料としてクロレラマイクロパウダーを添加したお菓子4種類 ①生チョコ、②アイスクリーム、③焼きドーナツ、④パウンドケーキを用いた。お菓子の総重量に含まれるクロレラマイクロパウダーの含有量は、①生チョコ2g、②アイスクリーム2g、③焼きドーナツ1.1g、④パウンドケーキ2gとした。また、ク



①生チョコ



②アイスクリーム



③焼きドーナツ



④パウンドケーキ

図4 クロレラマイクロパウダーを含むスイーツ

クロレラを含まない試料として市販のパン（チョコチップスナック，山崎製パン（株））を用いた。DNA の抽出は 1-1 と同様に行った。抽出した DNA はリアルタイム定量 PCR に用いた（図 4）。

3-2. リアルタイム定量 PCR

・試薬の調整

120 ～ 0.012 $\mu\text{g/mL}$ の範囲で 10 倍段階希釈したクロレラマイクロパウダーの DNA 溶液 5 点をリアルタイム定量 PCR に供し，検量線を作成した。DNA は，3-1 で抽出した 5 種類の DNA 溶液を用いた（クロレラマイクロパウダー入り；①生チョコ，②アイスクリーム，③焼きドーナツ，④パウンドケーキ，クロレラ無し；市販のパン）。PCR 反応液は 25 $\mu\text{L/well}$ に調整し，その組成は SYBRTM Green Master Mix（Thermo Fisher Scientific, Inc.）12.5 μL ，Forward プライマー溶液（10 μM ）0.5 μL ，Reverse プライマー溶液（10 μM ）0.5 μL ，DNA 溶液 2.5 μL ，

滅菌超純水 9.0 μL で調整した。試験は 1 つの DNA 溶液当たり 3 つの well を用いて行った。

・PCR サイクル

PCR 条件は，初期ステップ 95℃ 3 分後，変性 95℃ 10 秒，アニーリング 60℃ 45 秒，伸長 72℃ 60 秒を 1 サイクルとし，これを 40 反復した。PCR サイクルの直後に解離曲線解析を行った。

図 5 にクロレラを含む食品と，クロレラを含まないパンの増幅曲線を示す。クロレラを含む食品は増幅がみられたが，クロレラを含まないパンは増幅がみられなかった。

クロレラマイクロパウダーの DNA，①生チョコ，②アイスクリーム，③焼きドーナツ，④パウンドケーキの DNA を用いてリアルタイム PCR を行った標準曲線を図 6 に示す。縦軸に C_T 値，横軸に DNA 濃度を示す。標準曲線の傾きは -3.435， R^2 値は 0.994，増幅効率は 95.469% であった。分析の結果，DNA 濃度（mg/mL）を X， C_T 値を Y とすると $X=10^{((18.837-$

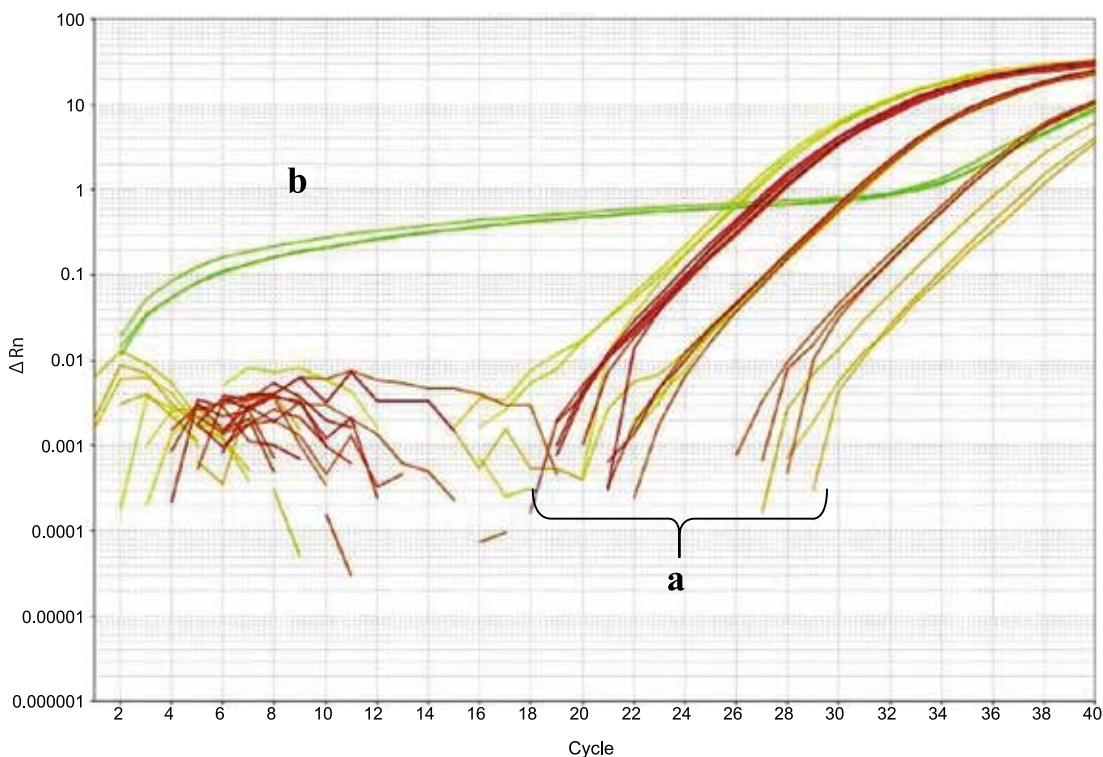
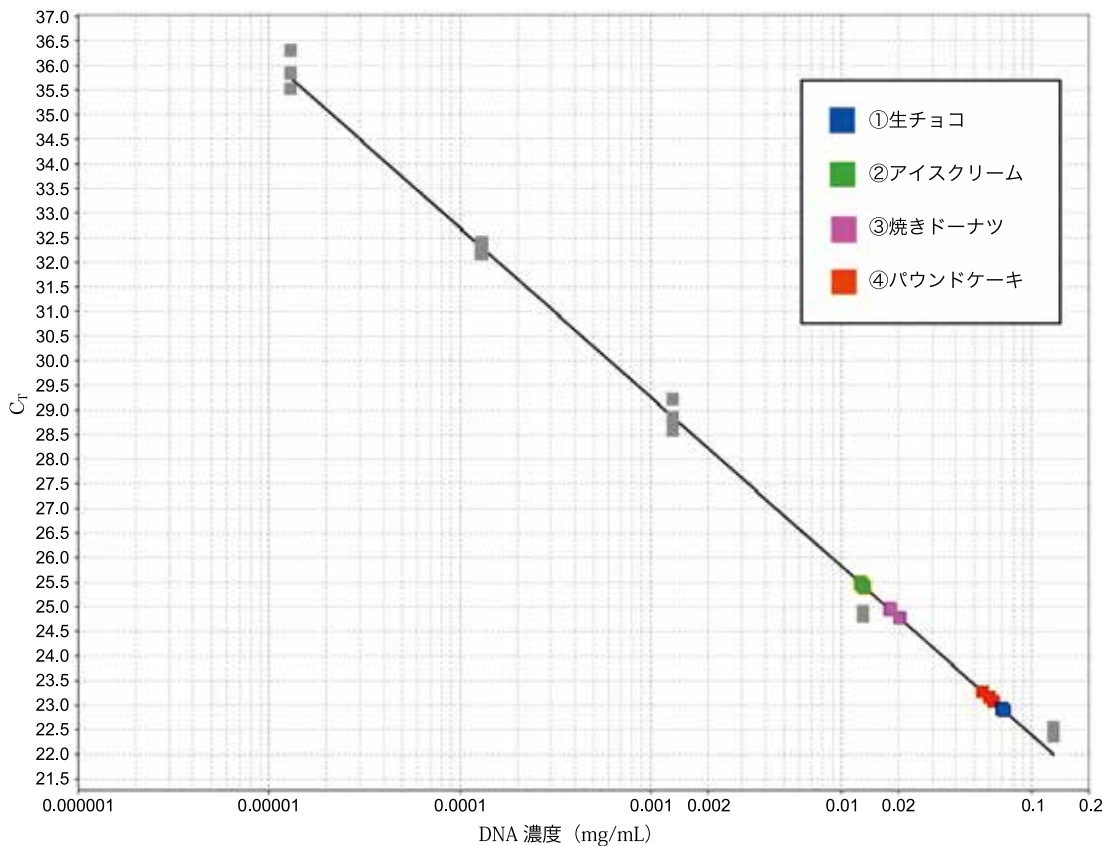


図 5 クロレラを含む食品と含まない食品の増幅曲線
a：クロレラ，b：クロレラを含まないパン



Slope: -3.435 Y-inter: 18.956 R^2 : 0.994 Eff%: 95.469

図 6 クロレラの標準曲線

表 1 食品中の実際のクロレラマイクロパウダーの含有量と分析より割り出した量、およびクロレラの細胞数

試料	実際のクロレラ マイクロパウダー 含有量 (g/食品)	分析より割り出した クロレラマイクロ パウダー含有量 (g/食品)	分析より割り出した クロレラの細胞数 (cells/食品)
①生チョコ	2	2.54	15.25×10^{10}
②アイスクリーム	2	1.83	10.97×10^{10}
③焼きドーナツ	1.1	1.75	10.47×10^{10}
④パウンドケーキ	2	2.84	17.04×10^{10}

Y) /3.435) という式が得られた。また、 C_t 値の平均は①生チョコ 22.91, ②アイスクリーム 23.17, ③焼きドーナツ 25.44, ④パウンドケーキ 24.87であった。

続いて、分析から得られる食品のクロレラマイクロパウダーの含有量 (g) を Z, 焼く前のお菓子の重量 (g) を A, クロレラマイクロパウダー 1 g からとれた DNA (mg/mL) を B, ク

ロレラマイクロパウダー DNA 抽出時の水層量 (μ L) を C, クロレラマイクロパウダー入り食品 DNA 抽出時の水層量 (μ L) を D とすると、 $Z = (A \times X) \times D / (B \times C)$ となった。さらに図 3 の結果より、細胞数 (cells) は、細胞数 (cells) = $6.0 \times 10^{10} \times Z$ となった。

食品中の実際のクロレラマイクロパウダーの含有量とリアルタイム定量 PCR の分析より割

り出したクロレラマイクロパウダーの量、分析より割り出した食品中のクロレラの細胞数を表 1 に示す。

3-3. まとめ

本実験より、クロレラの定量を目的としたリアルタイム定量 PCR の最適な PCR 条件を確定することができた。また、クロレラマイクロパウダーを含む食品よりクロレラの含有量およびクロレラの細胞数を定量することができた。

おわりに

リアルタイム定量 PCR とは、PCR の増幅量の増加をリアルタイムでモニタリングし、解析する方法である。従来の PCR 法と比べ電気泳動を行う必要がなく、迅速性と定量性に優れている点が利点である。上記手法を応用し、クロレラを含む食品中に何個体のクロレラが含まれるかを算出する手法を開発することができた。クロレラの量を提示することは消費者にとってより明確な情報となるため、このツールは非常に有用であると考えられる。

参考文献

1. 宮武 正幸：食用天然着色料．繊維学会誌 **35** (12): 375-378, 1979.
2. 安田 和弘，芹川 俊彦，新家 薫子：特定原材料検査における DNA 抽出法の検討（第 1 報）えび・かにについて．石川県保健環境センター研究報告書．**47**: 47-53, 2010.
3. Richard F Fowler: Development of a Specific Quantitative Real-Time PCR Assay to Monitor Chlorella DNA. A Case Study from Mammoth Cave National Park, Kentucky, USA. *Acta Carsologica*, **40** (2): 381-390, 2011.

連絡先：氷室沙弥香（Sayaka Himuro）

クロレラ工業株式会社 R/D 部 クリエイト第一室
〒833-0056 福岡県筑後市久富 1343
TEL: 0942-52-2191
Email: sayaka_himuro@chlorella.co.jp

さとうきび抽出物の 風味改善効果と退色抑制効果

神谷 朝博 (KAMIYA Asahiro) *

* 三井製糖株式会社 研究開発部

Key Words: さとうきび 風味改善 味覚

はじめに

さとうきびは、イネ科に属する多年草で、熱帯・亜熱帯地域で広く栽培され、日本では鹿児島県と沖縄県の南西諸島を中心に栽培されている。主に製糖用原料として畑から製糖工場へと集められ、製糖工程で蔗糖分と非蔗糖分に分けられる。この非蔗糖分には、さとうきび由来のワックス成分であるオクタコサノール¹⁾や抗酸化物質であるポリフェノール類²⁾など、種々の機能性物質が含まれていることが知られており、さとうきびは多用途利用可能なバイオマス資源としての大きな可能性を持っている。

当社では製糖工程で発生する未利用資源の有効活用ならびに高付加価値化というテーマの下、約四半世紀さとうきび中の様々な有効成分に関する研究に取り組んできた。これまでの研究により、さとうきびを原料に数種の有効成分を抽出し、その効果の違いにより「食品用（風味改善効果）」、「消臭用（消臭効果）」、「飼料用（生理機能）」の3種類の「さとうきび抽出物」を製造・販売してきた。

最近の食品業界では、健康志向による新たな素材開発、加工技術や製造技術の進歩、低コスト化により新たな製品が次々と開発・販売され、価格や機能性だけでなく美味しさに対する消費者からの要求水準も上がってきている。美味しさの追求は他製品との差別化を図る上でも大

きな課題となっており、この課題を解決する天然由来の風味改善素材として、食品用さとうきび抽出物はさまざまな食品用途に採用されてきた。本稿では、さとうきび抽出物の風味改善効果を官能評価と味認識装置である味覚センサー（㈱インテリジェントセンサーテクノロジー）を用いて評価した結果について紹介する。

一方、美味しさの追求には見た目も重要であり、美味しそうに見える鮮やかな色の保持も商品開発における重要な課題となる。食品用さとうきび抽出物はさとうきび由来のポリフェノールを含有し、抗酸化力を持つことが確認されている³⁾。本稿では、さとうきび抽出物の抗酸化力による退色抑制効果についても、最新のデータを交えて紹介する。

1. 食品用さとうきび抽出物の風味改善効果⁴⁾

沖縄での魚や豚肉、内臓料理などの郷土料理には黒糖が利用されてきた。黒糖は甘さやコク味を与えるだけでなく、それら料理の臭みを抑え、風味を改善する効果がある。当社は、黒糖中の蔗糖以外の有効成分を抽出し、料理の臭みを抑える等の効果を持つ風味改善剤としての食品用さとうきび抽出物を開発した。

食品用さとうきび抽出物は、有効成分を抽出する際に糖分と塩分を除去するため、甘味や塩味が無く黒糖様の香りと特有の苦味を有する。

表 1 製品比較

	さとうきび抽出物 MSX-100	糖蜜フレーバー MSX-1MF
使用対象	一般の加工食品・飲料 魚肉臭・渋み・酸味・苦味・発酵臭	健康食品・長期保存食品 異味・異臭が特に強いもの
効果	異味・異臭を低減・除去する, 味を丸くする, バランス良く味を調える, ボディー感 UP	異味・異臭に対する高いマスキング効果
表示	さとうきび抽出物	香料

表 2 さとうきび抽出物の利用例と期待される効果³⁾

分類	利用例	製品	添加量 (ppm)	期待される効果
飲料	豆乳	MSX-100	50 ~ 200	豆臭さ 青臭さの軽減
	黒酢ドリンク	MSX-100	20 ~ 500	酸味を和らげ, 後味をマイルドに
果実類	グレープフルーツ	MSX-100	20 ~ 100	苦味, 渋味が軽減
魚肉類	焼き魚	MSX-100	100 ~ 500	生臭さが軽減して食べやすくなる
	オージービーフ	MSX-1MF	100 ~ 500	グラス臭, 肉の臭みが軽減
機能性素材	コンドロイチン	MSX-1MF	100 ~ 2000	臭いや苦味が軽減してさっぱりする
	コラーゲン	MSX-1MF	100 ~ 2000	臭いや酸味が軽減してさっぱりする
加工臭	レトルト食品	MSX-100	20 ~ 200	レトルト臭が軽減
	乾燥卵	MSX-100	50 ~ 200	乾燥臭が軽減

使用添加量が ppm 単位と極微量のため, さとうきび抽出物自体の味や香りを感じることなく食品の風味を改善できる。食品用さとうきび抽出物には, 製法とその効果の違いより, 大別すると 2 つの商品 (さとうきび抽出物 MSX-100 及び糖蜜フレーバー MSX-1MF) がある。後述中に MSX-100 (J) という表記が出てくるが, 原料の原産地が異なるのみで効果は MSX-100 と同じである。表 1 に製品比較を示す。

さとうきび抽出物の利用例を表 2 に示す。さとうきび抽出物 MSX-100 はさまざまな食品に使うことができ, その効果もさまざまである。代表的な例を挙げると, 素材の持つ苦味・酸味・渋味などの嫌な味, 発酵臭などの風味, 肉や魚などの生臭さ, 乾燥やレトルトなどによる加工臭, および, 保存による劣化臭などを軽減し, 全体的な味のバランスを整える働きを持つ。対象食品にもよるが 20 ~ 500ppm と少ない添加量で効果を発揮する。それ以上の添加量が必要な場合は糖蜜フレーバーの併用をお勧めする⁴⁾。

糖蜜フレーバー MSX-1MF は MSX-100 と比

較して, 風味改善効果が強く, 一般食品に使う場合は添加量の調節が難しい。MSX-1MF は, 特に異味異臭の強い健康食品素材や長期保存食品などのへの利用に適している。さらに味だけでなく臭いに対する強い効果も期待できる。添加量の目安は, 50 ~ 2000ppm である⁴⁾。

2. 味覚センサーでの味改善効果の評価

食品業界において味の客観的な数値化は非常に要望が高まってきている。従来, 味は主観的な指標であり評価不可能といわれてきたが「味覚センサー」は生体の味認識メカニズムをモデル化した味認識装置であり, ヒトの感覚と高い相関がある^{5,6)}。そこで「味覚センサー (株) インテリジェントセンサーテクノロジー)」を用いて, さとうきび抽出物の風味改善効果を「味改善効果の確認」として香り以外の部分を評価した。

2-1. 味覚センサーについて^{5,6)}

味覚センサーは, 塩味センサー, 酸味センサー, 甘味センサー, 旨味センサー, 苦味セン

表3 味覚センサーで定量化されている味覚項目^{5,6)}

味覚項目	味の特徴	センサー名
先味	酸味 クエン酸、酒石酸、酢酸が呈する味	酸味センサー
	苦味雑味 苦味物質由来で、低濃度ではコク、雑味、隠し味	苦味センサー
	渋味刺激 渋味物質由来で、低濃度で刺激味、隠し味	渋味センサー
	旨味 アミノ酸、核酸由来の出汁味	旨味センサー
	塩味 食塩のような無機塩由来の味	塩味センサー
	甘味 蔗糖、グルコース、糖アルコール	甘味センサー
後味	苦味 一般食品に見られる苦味	苦味センサー
	渋味 カテキン、タンニン等が呈する味	渋味センサー
	旨味コク 持続性のある旨味	旨味センサー

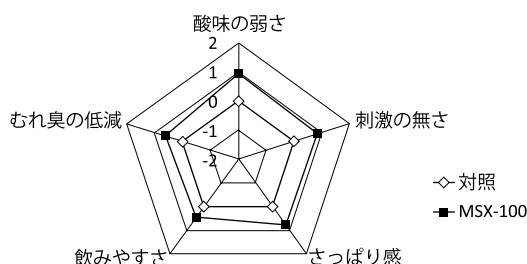


図1 食酢に対するさとうきび抽出物の風味改善効果（官能検査）

サーおよび渋味センサーからなる。それぞれ各基本味に選択性が高いだけでなく、味の抑制や相互作用もヒトの感覚と同じように検知できる。表3に各センサーで定量化されている味覚項目を示す。後味（味の余韻）はセンサー表面に吸着する味物質が、センサー表面から脱離するスピードを測定することで評価している。「苦味雑味」は、苦味物質由来であるが、低濃度ではだし調味料やスープに若干含まれる苦味に由来するコク、隠し味を示し、「旨味コク」はスープやめんつゆの旨味の持続性を示すとされている。

2-2. 酸味の低減効果

食品加工において原料の持つ酸味や微量添加する日持ち向上剤由来のわずかな酸味を抑えたいというニーズは非常に多い。さとうきび抽出物は酸味を低減する効果が確認されて

おり、図1は食酢にMSX-100を200ppm添加したときの官能検査による評価（n=10）結果を示した。さとうきび抽出物を添加することで酢の刺激的な酸味が軽減し、まろやかでさっぱりした口あたりになった。

次に、さとうきび抽出物の酸味の低減効果を味覚センサーで評価した。0.2%酢酸溶液にMSX-100 (J) 1500ppm, 3000ppm, 6000ppmに相当するさとうきび抽出物（原体）を添加したサンプルを調製し測定を行った。酸味センサーで測定される酸味はさとうきび抽出物濃度に依存して低くなることが確認できた（図2）。

2-3. 鯖の塩焼きに対する効果

魚は和食に欠かせない素材であり、中食・惣菜業界でも多く扱われる。一方、調理後の時間

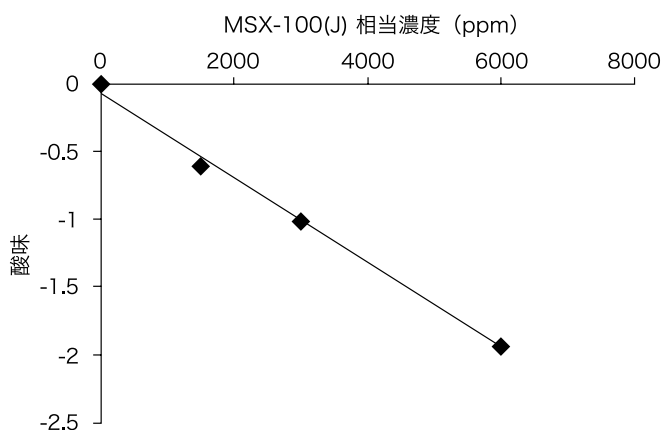


図2 酢酸溶液に対するさとうきび抽出物添加量と酸味（味覚センサー）

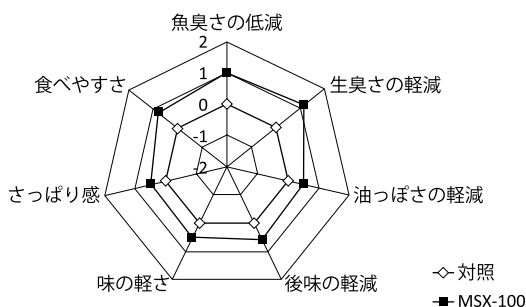


図3 鯖の塩焼きに対するさとうきび抽出物の風味改善効果（官能検査）

経過と共に生臭さと魚臭さが増すため、弁当や総菜などでは魚の美味しさが損なわれる問題がある。さとうきび抽出物はこの生臭さや魚臭さを軽減する効果が強い。図3に、MSX-100を500ppm添加した食塩水に10分間漬けこんで焼いた「鯖の塩焼き」の風味改善効果の官能検査（ $n=10$ ）の結果を示した。さとうきび抽出物を添加することで鯖の生臭さと魚臭さが軽減され、食べやすくなっている。

上記と同様に試作した鯖の塩焼きを4倍量の純水を加え均質化し遠心分離後の水層を味覚センサーで評価した結果を図4に示した。縦軸は、対照の味換算値を100%の味の強さとしたときの味の強さを示す。対照に比べ、渋味、旨味コクが低い値であった。渋味の値が低いことは、

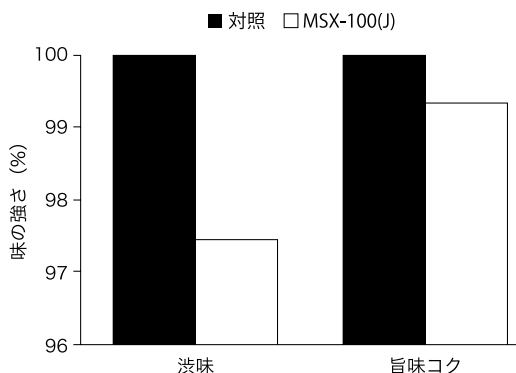


図4 鯖の塩焼きに対するさとうきび抽出物の味改善効果（味覚センサー）

魚の臭味が軽減したことを示し、旨味コクが低い値であることは、後味が軽減したことを示すと考えられる。

2-4. MSX-100 (J) と MSX-1MF の味改善効果の違い

豆乳は、健康志向でニーズの高い素材であるが、豆臭さや青臭さが好まれない場合が有り、風味改善の課題がある。図5に、MSX-100 (J), MSX-1MFをそれぞれ200ppm添加した無調製豆乳を味覚センサーで評価した結果を示した。図5の縦軸は対照の味換算値を100%の味の強さとしたときの味の強さを示す。苦味雑味は豆乳のコクや素材感、渋味は豆臭さや青臭さ、旨味コクは後味を示すと考えられる。MSX-

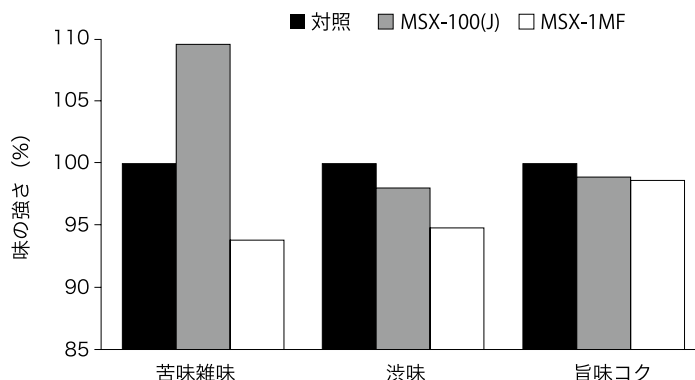


図5 無調製豆乳に対するさとうきび抽出物の味改善効果（味覚センサー）

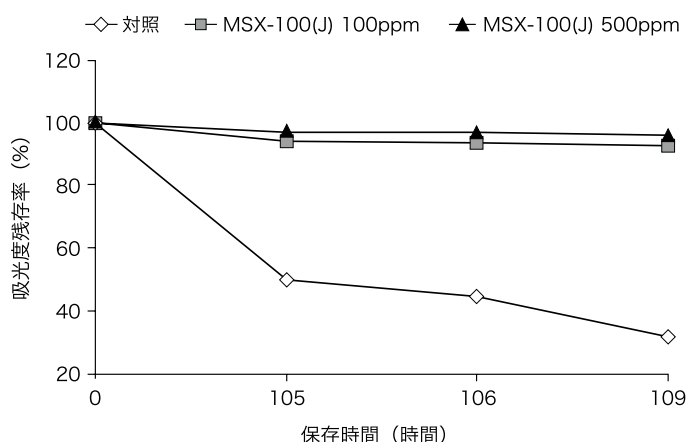


図6 さとうきび抽出物のβ-カロテン退色抑制効果

表4 鮭の調味液の配合

	対照	MSX-100 (J) 100ppm	MSX-100 (J) 1000ppm
食塩 (g)	60	60	60
水 (g)	440	440	440
MSX-100(J) (g)	-	0.05	0.5

IMFはMSX-100(J)よりも豆臭さ・青臭さ、後味を強く軽減している。一方、MSX-100(J)はMSX-IMFに比べ、豆臭さ・青臭さや後味の軽減は弱い、豆乳のコクや素材感が増加していることから、豆乳の味を引き立てながら風味を改善していると考えられる。

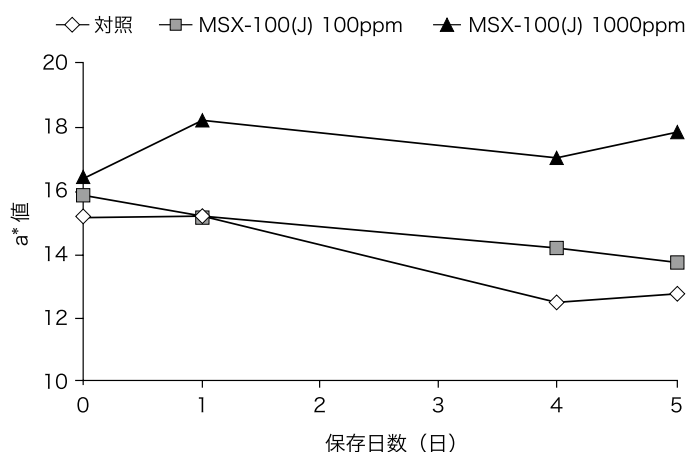


図7 さとうきび抽出物の鮭の退色抑制効果

3. さとうきび抽出物の退色抑制効果

食品成分が酸化することにより、栄養価の低下、風味や色調の劣化が起こる。多くの天然色素は酸化により退色しやすい。カロテノイド系の色素を含むジュース、菓子および魚介類は、その色自体に商品価値があり、酸化による退色によって商品価値が下がることが多い。商品価値を維持することを目的に、退色抑制のため、抗酸化物質を配合する場合がある³⁾。

食品用さとうきび抽出物は、さとうきび由来のポリフェノールを多く含むため抗酸化力を有しており、SOD様活性、ラジカル消去活性等で抗酸化活性が確認されている³⁾。β-カロテン水溶液を用いた試験では、品温:5℃、光照射:10000ルクスの条件で109時間保存すると、この色素に特徴的な465nmの吸光が小さくなり、鮮やかな色彩が消えてしまう。一方、MSX-100(J) 100ppm, 500ppmを添加すると、どちらも退色抑制効果がみられた(図6)。

次に、冷蔵保存時における紅鮭の退色抑制試験を行った。試験方法は、表4に示した配合の調味液を調製し、紅鮭をそれぞれの調味液に漬けて5℃、20時間浸漬した。液切り後に引き続き5℃で保存を行った。紅鮭の退色抑制の評価は、鮭の切り身を色彩色差計でそれぞれの色(L*a*b*表色系)で測定した。その結果、MSX-100(J)を1000ppm添加した調味液に漬けた紅鮭は、赤色を示すa*値の減少が小さく、退色が抑制された(図7)。

まとめ

食品用さとうきび抽出物の風味改善効果は、官能評価だけでなく味覚センサーでも数値化された客観的なデータとして確認された。

また、抗酸化作用によるカロテノイド色素に対する退色抑制効果があることも明らかとなった。今後は様々な食品の商品開発における美味しさの追求の課題に対して、風味改善効果と退

色抑制効果の両方の面でさとうきび抽出物が役立てられるよう、様々な事例での知見を増やしながら研究を進めていきたい。

参考文献

1. T. Nagata, *et al.*: Varietal Difference of Higher Alcohol Composition in Sugarcane, *Breeding Science*, **44**: 427-429, 1994.
2. 高良健作, 他: 黒糖の非ショ糖画分におけるフェノール性抗酸化成分, 日本農芸化学会誌, **74** (8): 885-890, 2000.
3. 古家健二: 新食品素材: さとうきび抽出物の特性と抗酸化能, 月刊フードケミカル, **16** (5): 62-64, 2000.
4. 手塚裕美子: さとうきび抽出物の風味改善効果と抗酸化効果. 食品と開発, **45** (12): 8-10, 2010.
5. 池崎秀和: 味覚センサーによる「味の見える化」で, 食品メーカー, 流通小売りと消費者を結ぶ. ジャパンフードサイエンス, **51** (9): 44-49, 2012
6. 池崎秀和: 拡がる味覚センサー利用と課題. ジャパンフードサイエンス, **51** (2): 70-75, 2012

連絡先: 神谷 朝博 (Asahiro Kamiya)

三井製糖株式会社 研究開発部 研究課

〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 30 番 1 号

TEL:(03)6758-6166

E-mail: Asahiro.Kamiya@mitsui-sugar.co.jp

高齢者における食環境の多様化と食の持つ精神的意義 —共食・孤食をつくりだすそれぞれの 文脈とライフヒストリーからの考察—

柏木 史菜 (KASHIWAGI Fumina)¹ 三好 恵真子 (MIYOSHI Emako)²

¹ 大阪大学人間科学部グローバル人間学, ² 大阪大学大学院人間科学研究科環境行動学

Key Words : 高齢者 食 ナラティブ 当事者 共食・孤食 ライフヒストリー 解釈主義

はじめに

今日、日本では急速に高齢化が進んでおり、2016年時点での男性の平均寿命は80.98歳、健康寿命は72.14歳、女性の平均寿命は87.14歳、健康寿命は74.79歳に達している。他方、これら平均寿命と健康寿命との差は、日常生活に何らかの制限がある期間を意味するため、我が国では健康寿命を延伸し、「いきいきと健康のまま長生きする」ことが課題とされている^{*1}。ただし、何の疾病もなく生活できることは理想的であるものの、病気などと付き合いながらも生きがいを持って生活することにもっと目を向けていく必要があるのではないだろうか。日野原は、「老化」というのは生物学的な概念で、生物として避けられない衰弱であり、これは大自然の大きな原則で、生き物にはすべてこの原則がある一方で、「老い」は「人間的概念」と位置づけ、両者には差異があることを指摘した¹⁾。つまり、健康とは、数値に安心することではなく、自分が「健康だ」と感じること²⁾とされており、病を抱えて生活する期間であってもいかに楽しく人生を最後まで全うするかが問われているのである。

さらに、加齢とともに失うものが多い高齢者にとって、食や排泄といった日常の当たり前とも

いえる生活場面で味わう「生きている実感」は、たとえ一瞬でもその人の生を生き生きと支えるものである³⁾と報告されているように、老いに向き合う高齢者にとって、「食べること」は身体的な栄養以外にも様々な意義を持つことが示唆される。筆者らのパーソナルな経験であるが、家族の暮らす高齢者住宅を訪れた際、他者と食事を共にすることができる開放的な空間があるにも関わらず、個室にて独りで食事をとることを選択する方が少なくない状況を目の当たりにし、あえて自ら孤食を選択することにある種の衝撃を受けた。

一方で、共同スペースで毎日の食事をとってはいる方でも、あまり親しい人もおらず、すぐに部屋に戻りたがり、共食はあまり楽しいものではないように見受けられた。本来、他者とともに楽しく食事をする「共食」を通して、人と人とのつながりやコミュニケーションを深め、他者への共感や共助を知ることが、人間らしい食事のあり方として望まれることである。しかしこのようなパーソナルな経験からも、他者と食事をとる「共食」が善とされるような今日の風潮をそのまま受け止めることにやや疑問が生じてくる。つまり、河上の指摘⁴⁾にもあるように、人の食行動は、味

^{*1} 平成28年版厚生労働省白書：<http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/16/dl/all.pdf>

覚の本質がそうであるように、もともと個人的かつ共同的なものであることを意識する必要があるのではないだろうか。

ただし、食育と連動して言及されることが多い「共食」や「孤食」に関する先行研究は、後述するように全般的に栄養学的視点から扱ったものが多く、西洋医学的な立場から高齢者の場合も身体的健康づくりを前提とし、栄養バランスの偏りを指摘する傾向や孤食に対しての共食の優位性を示す論理実証主義的考察がほとんどであり、それらの多くが統計的分析に偏重している。しかしながら、高齢者は長い人生の中で人生の分岐点などそれぞれが様々な経験をし、食を取り巻く環境もより複雑になっていくため、高齢者の食について考察する際、個々における多様性に鑑み、それぞれの文脈から考察する必要性があるのではないかと考えた。

病気という概念に関して、臨床人類学者のクライマンは、「医師は、病気を『疾患 (disease)』と捉えるが、患者にとって、それは『病い (illness)』である。」と説明し、病や苦しみも含めて、「人々の経験が文化的表象のプロセスで次第に変形すること、そしてそれが当然のこととして日常的に行われていることを、我々はもっと自覚しなくてはならない」と主張している⁵⁾。しかし、従来の高齢者研究の多くは、加齢を虚弱(フレイル)に向かうプロセスと捉え、病気や加齢を伴わざるを得ない高齢者の食を考察する場合にもそれに対峙するための医学や健康対策の視点から事象を客観的に認識することに重点が置かれている。他方で、近年、日本でも精神保健福祉活動を端緒とした「当事者研究」により、「当事者」たちの生活実践が注目されるようになってきた。しかし高齢者の語りに耳が傾けられることは、看護研究の分野から⁶⁾みられるが、いずれの場合も専門分野の視点に立ち返り論考されている。すなわち、治療や予防の目標として、事象を客観的に認識することに重点が置かれ、個々が困難な状況を抱える場

合、生じるリスクを軽減させる対策として処方されるのが現状である。しかし、超高齢化社会を迎え、ひとり暮らしになったり、家族以外の他者と暮らししたりする機会が避けられない現状において、高齢者、すなわち当事者が生きている主観的な世界や感覚を共に理解しながら、それぞれの生き方の中に食を位置づけることが何より重要になるのではないかと考えた。

本研究では、同じ生活の場面での当事者として的高齢者の視点に寄り添い、「個人が食に対して持つ意味」、すなわち生活者としての「語り」に着目し、解釈主義的アプローチを研究視座に置くこととする。具体的には、まずフォーカスグループインタビューにおいて、共食を是、孤食を非といった二項対立的にとらえるのではなく、共食・孤食の形態をつくりだす文脈を紐解いていく。そしてさらなる背後の意義を探るために、ライフヒストリーに関する聞き取り調査を実施することにより、高齢者における食の持つ精神的意義についての考察を深めていきたい。

1. 少子・高齢化社会における高齢者のライフスタイルの多様化と食環境

1-1. 日本における高齢化の現状

わが国の総人口は、2017年10月1日現在、1億2671万人であり、そのうち高齢者といわれる65歳以上の人口は、3515万人であり、総人口に占める割合は27.7%となった^{*2}。65歳以上の人口が総人口に占める割合を示す高齢化率は、昭和25年時点では5%にも満たなかったが、1970年に7%を超え、さらに、1994年には14%を超えた。そして、高齢化率はその後も上昇を続け、2017年10月1日現在、27.7%に達している。65歳以上人口は、団塊の世代が65歳以上となった2015年に3387万人となり、団塊の世代が75歳以上となる2025年には3677万人に達すると見込まれている。その後も65歳以上人口は増加傾向が続き、2042年に3935

^{*2} 平成30年版高齢社会白書：https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf_index.html

万人でピークを迎え、その後は減少に転じると推計されている。総人口が減少する中で65歳以上の者が増加することにより高齢化率は上昇を続け、2036年に33.3%で3人に1人となる。2042年以降は65歳以上人口が減少に転じても高齢化率は上昇を続け、2065年には38.4%に達して、国民の約2.6人に1人が65歳以上となる社会が到来すると推計されている。

世界に目を向けると、2015年の世界の総人口は73億8301万人であり、2060年には102億2260万人になることが見込まれている^{*3}。総人口に占める65歳以上の割合は1950年の5.1%から2015年には8.3%に上昇しているが、さらに2060年には17.8%にまで上昇するものと見込まれており、今後半世紀で高齢化が急速に進展するといわれている。ここで、わが国の平均寿命は、2017年現在、男性81.09歳、女性87.26歳と、前年に比べて男性は0.11歳、女性は0.13歳上回った。今後も男女とも平均寿命が延びて、2065年には、男性84.95年、女性91.35年となり、女性は90年を超えると見込まれている。一方で、はじめに述べたように、近年、政府はこの平均寿命と健康寿命の差を縮めること掲げている。特に、「健康無関心層も含めた予防・健康づくりの推進」「地域間の格差の解消」の2点に重点をおき、健康寿命延伸にアプローチしている。後者に関しては、健康寿命には大きな地域格差があり、地域ぐるみで健康寿命の延伸に取り組む必要性があり、身近な地域で、生活機能低下防止と疾病予防・重症化予防のサービスが一体的に受けられるように整備を進めている^{*4}。

1-2. 多様化する高齢者のライフスタイルと食環境の変化

前節で概観してきた我が国の高齢化の現状に

対し、近年、高齢者の単独世帯、つまり、ひとり暮らしの高齢者の割合が男女ともに年々増加している。2015年時点では、ひとり暮らしの高齢者の高齢者人口に占める割合は、男性13.3%、女性21.1%となっている^{*5}。また、わが国の世帯構造に着目すると、65歳以上の者のいる世帯数は、2015年時点で2372万4千世帯と、全世帯の47.1%を占めている。さらに、65歳以上の世帯構造別構成割合では、単独世帯が全世帯の約4分の1を占め、夫婦のみの世帯と合わせると全体の半数を超える状況と報告されている。

このひとり暮らしの高齢者の増加から、必然的に高齢者の孤食が増加していることが推察される。食生活に関する世論調査(2016)では、60歳代以上のひとり暮らしの者の67%が、毎日、朝・昼・晩の全食孤食であると回答したと報告しており、50代以下のひとり暮らしの者が40%にとどまるのに対し、非常に多く、ひとり暮らしの高齢者の7割近くで孤食が常態化していることが指摘されている。また、別居子との食事の共有は年に数回またはたまに、親戚・友人との食事の共有においては月に1,2回または時々という高齢者が多いことが言及されている⁷⁾。これらからわかるように、ひとり暮らしの高齢者は、その居住形態から他者と食事を共有する機会が少ないと言える。また、一般的に家族とともに暮らす高齢者は、ひとり暮らしの場合と比較すると、食事を共有する機会が多いのではないかと考えられてきた。しかしながら、家族とともに暮らす高齢者であっても、比較的食事を共有しやすいと考えられる朝食や夕食においてでさえも、ひとりで食べている者が少なくないことが指摘されている⁸⁾。生活リズムの違いからひとりで食べざるを得ない、あるいは、若い世代との食に対する好みの違いから自らひ

^{*3} 脚注2と同じ

^{*4} 厚生労働省「2040年を見据えた社会保障改革の課題」平成30年4月12日加藤臨時議員提出資料：https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000204022.pdf

^{*5} 脚注2と同じ

とりで食べることを選択している高齢者も少なくない。近年、スーパーやコンビニエンスストアには単身者向けの少量にわけられた食材や調理済みの惣菜などが多く並び、特にコンビニエンスストアにおいては、その品数の充実度から高齢者の利用も多くなっている。また、高齢者向けの配色サービスなども増加しており、高齢者を取り巻く食環境が多様化していることが考えられる。

1-3. 各年代別の食育推進の状況から見る高齢者の食育特徴

上述したように、今日、課題となっている健康寿命の延伸を目論むうえで、高齢者に対する食育の推進が掲げられている。健康日本21（第2次）における栄養・食生活の項目では、栄養状態、栄養素（食物）摂取レベル、知識・態度・行動レベル、環境レベルといった3つの観点から、現状における課題、そして、健康および生活の質（QOL）の向上のための対策が示されている^{*6}。その中で、平成9年国民栄養健康調査の結果において、1日の食事のうち朝、昼、夕食の3食ともに量的に偏りが見られる者が10～15%みられたことや、食事に問題があるという自己評価と食生活を中心とした生活習慣に関する質問項目の回答の分析から、「1日最低1食、きちんとした食事を、家族等2人以上で楽しく、30分以上かけてとる者の割合を70%以上にすること」が、具体的な目標の一つとして挙げられている。また、対策を推進するうえで、各ライフステージの特徴に応じた展開が必要であると指摘されており、若い世代においては、食に関する知識や意識、実践状況等の面で他の世代よりも課題が多いとし、食育に関する知識を深め、意識を高め、心身の健康を増進する健全な食生活を送ることができるよう食育を推進するという。そして、高齢者においては、生活習慣病予防、日常生活動作能力（ADL）の低下予防、生活の質（QOL）の向上など心身

の状態に応じた展開が求められ、食物や情報へのアクセスが確保されるような環境づくりを進めることが重要だとされる。しかしながら、食育展開において高齢者への具体的なアプローチは少なく、健康を維持するための食事を中心とした食生活課題への対応を前提としつつ、高齢者という点で社会との関係性や体力面の課題など生活総体として把握し、対応を図る必要性があると指摘されている⁹⁾。

以上を踏まえて、高齢者の食への考察を深めていくには、高齢化が進む日本における、高齢者のひとり暮らしの増加やライフスタイルの多様化を加味したうえで、より具体的で個に着目したアプローチをとっていくことの必要性が示唆される。

2. 高齢者における共食と孤食をめぐる現状と先行研究の課題

2-1. 体験を分かち合う共食の意義

他者と食事をすることを意味する共食は、食事を分かち合うことに終始するのではなく、おいしいといった感情をはじめとするところを共有し、分かち合うことであると考えられる。すなわち、同じ釜の飯を食った仲間という言葉で表現されるように、人間の集団は食を共にすることによって連帯を深め、集団が強化される¹⁰⁾と示唆されており、共食は他の動物には見られない人間特有の行動であり、また、食事がコミュニケーションの手段のひとつとなっており、他者と食事を共にすることで、集団に対する帰属感やアイデンティティーの確認になると説明されている。

近年、一緒に料理し一緒に食べるといった食を介した地域活動も広まっている。一定の地域の人が集い、旬の野菜と一緒に料理することで、その地域に伝わってきた料理・懐かしい味・忘れかけていた味に再び出会える可能性があり、食文化を共有し、同じ味を感じ、共感することで、地域社会の中に強固なつながりを回復す

^{*6} 健康日本21（第二次）：https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21.html

ることができる」と強調されており、食に関する知識の伝授のほか、地域からの孤立化を防ぐことを目的として、こうした活動が増加していると推察される。共食のあり方が、それぞれの地域文化特有の社会性・集団の特質、「しきたり」「行動範囲」を示す⁴⁾とも言及されており、一緒に食べることで、料理そのものの以外にも、その地域特有の文化や習慣を共有することにつながる。このことは、地域社会においてだけでなく、家庭内においても同様のことがいえ、一緒に同じものを食することで、その家庭独自の味を共有することはもちろん、家庭内における食事の際のルールやしきたりを共有し、分かち合うことができる。したがって、共食には、単に他者と食事を分かち合うことに終始するのではなく、根源的には、文化や習慣を分かち合い、食事の場が自己の集団に対する帰属感やアイデンティティを確認し得る空間となる意義があることを押さえておく必要がある。

2-2. 栄養学的視点から考察される共食・孤食

孤食が問題視されるようになった経緯は、1982年に放送された、NHK特集、「なぜひとりで食べるの - 食生活が子どもを変える -」において、足立らが1981年に全国の小学5年生1067人を対象に実施した調査の結果が報告されたことが発端となる。すなわち、子どもたちを取り巻く食環境が心と体にどのように影響しているのかについての分析が紹介された。ここで、ひとりで食事をしている子どもたちは、家族全員で食事をしている子どもたちよりも、胃の調子がおかしいや、便秘しやすいといった健康に関して何らかの症状を感じている人数が多いという結果が報告され、子どもたちがひとりで食事をとっていることが問題視されるようになった。その後、孤食という言葉が広く使われるようになり、今日では、学童・思春期の子供を対象とした共食および孤食行動に関する研究が多く実施されている。そういった中で、中学生の朝食の孤食頻度と主観的健康感には直接的な負の関連があることのほか、食事中の会話と

良好な精神的健康状態との間には正の関連があること等が示されており、精神的に不安定な時期である学童・思春期の子どもと家族とのつながりにおける共食の役割が考察される傾向にも繋がっていった。

一方、高齢者における共食および孤食に関する先行研究では、身体的な健康づくりを前提に栄養学的視点から考察されたものが多く、特に、食品摂取の状況や多様性について分析されたものが多く散見される。ひとり暮らしの高齢者は、同居者のいる高齢者と比較すると、食物摂取状況に問題があり¹¹⁾、疾患や障害のリスクが高い¹²⁾といった問題点が報告されている。また、共食に対し、孤食の場合、同じ料理が繰り返し食卓にのぼることや、品数が限定され、食事が単調になる傾向があり、男性では孤食の頻度が高くなるほど、食品群の第2群（牛乳、乳製品、海藻、小魚）、第3群（野菜類）、第4群（果物類）の充足率が低くなる傾向がある¹³⁾と統計的分析を元に指摘されている。ひとり暮らしの高齢男性の食事に関する指摘は多く、ひとり暮らしの高齢女性と比較すると、調理方法の種類を知らないことや、主食を食べない食事の傾向にあり栄養のバランスに偏りがある¹⁴⁾とも説明されている。

ただしこうした動向に対し、今日の共食による「国民的食育運動」は、孤食や個食を通じて経済化する個人主義化の波を、再び家族・地域・国家に結束させようという「意図」が隠れていると批判的に論じる論考も見受けられる⁴⁾。またこうした運動の裏面では、その共食集団に属しない人を排除し差別していくという面をもっていることも確認しておく必要があるとも指摘されている。

2-3. 先行研究から見えてくる課題

上述したように、高齢者における共食および孤食についての先行研究では、身体的な健康づくりを前提に、統計的な分析を用い、栄養学的視点で栄養バランスの取れた身体的健康に良いと考えられる食事に焦点を当てて考察されてい

るものが多い。またその発生経緯に鑑みて共食が是、孤食が非といった二項対立的に取り上げられる傾向も否めない。中には高齢者における食生活の満足度に、共食や孤食が影響し、食事を通して家族と交流することが食事の満足度を高める¹³⁾と指摘されており、必ずしも共食者がいるから食事に満足しているのではなく、ひとりでたべる場合でも満たされる食環境がある¹⁵⁾との示唆があるもののその議論は活発ではない。

このように、高齢者において、共食行動および孤食行動が精神的にどのような役割を果たしているかについての先行研究はあまり多くなく、治療や予防の目標として、事象を客観的に認識することに重点が置かれている。ただし、高齢者の現在の食を統計的な分析からの考察にとどめてしまうことは、個々人の来歴から織りなされる文脈を加味するには乏しく、個々の経験や生きてきた環境・背景から分析する必要性があるのではないだろうか。したがって、超高齢化社会を迎え、ひとり暮らしになり、家族以外の他者と暮らす機会が必然となる現状では、いずれ誰しもが困難を抱える当事者となる可能性があり、高齢者が生きている主観的な世界と感覚をとともに理解しながら、それぞれの生き方の中に食を位置づけることがより重要になる。すなわち、老いに向き合う高齢者にとって食することは身体的な栄養以外にも多様な意義を持つことが、十分に考えられることを踏まえると、身体的な健康ばかりを前提として食を捉えるのではなく、残りの人生をいかにいきいきと充実したものにするかという点に焦点を当て、食することを精神的な意義という側面から分析することも必要なのではないかと考える。

3. 共食・孤食への意識に関するフォーカスグループインタビュー

2で指摘したように先行研究では、身体的健康づくりを前提とし、孤食に対する共食の優位性を強調するものがほとんどであった。そこで、介護付き有料老人ホームにおいて、高齢者自身の共食・孤食に対する意識や考え方について、フォーカスグループインタビューを行い、その結果から、高齢者における共食・孤食の形態をつくりだす文脈を紐解いていく。

3-1. 調査方法と調査対象

2017年12月16日に京都府京都市にある介護付有料老人ホーム^{*7}（以下、施設X）に居住する6人を調査対象とし、高齢者の共食および孤食に対する意識、高齢者の食生活の実態（共食頻度、レストランの使用頻度など）を抽出することを目的とした約30分間のフォーカスグループインタビューを実施した。本調査では、本目的に結びつくいくつかの質問をはじめにし、対象者たちが意見を発する中で、適宜、内容を確認するために必要時間いかけを行った。施設Xの入居条件は、入居時に身の回りのことが自分でできる程度の健康な方とされる。本施設には、共用施設として売店やレストランが併設されている。また、各部屋には台所も完備されているため、自炊をして自室で食事をするのかレストランを利用するのかといった食事形態については、各自選択することが可能である。調査対象者の概要を表1に示した。これら対象者は、施設Xが主催する体操教室への参加者であり、体操教室終了後、本調査に協力してもらった。

^{*7} 老人福祉法の定める介護・看護職員、機能訓練指導員、常勤管理者等の人員基準、居室の広さや車椅子での移動が可能な空間の確保などのバリアフリー設備、職員の勤務体制、重要事項説明とその同意など、運営に関する基準を満たし、都道府県より特定施設入居者生活介護の指定を受けた有料老人ホームのことを指す。一般的な入居条件は、原則として65歳以上で、共同生活になじめる者が入居対象となり、介護専用タイプでは要介護度1以上、混合型では自立生活が送れる者でも入居できる。

表1 調査対象者の概要

仮名	性別	年齢	居住形態
A	女	70代	单身
B	女	80代	单身
C	男	60代	单身
D	女	70代	夫婦
E	女	80代	单身
F	女	80代	单身

3-2. 調査結果

対象者と筆者は円を描くような形で椅子に座った。6名の対象者同士は以前から顔見知りであることや、ともに体操教室に参加していたことから、なごやかな雰囲気でのインタビューを開始することができた。はじめに「今日、共食や孤食といったことが注目されていて、例えば、孤食が子どもに悪影響を及ぼすことなどが問題視されているのですが、何か共食や孤食について考えることがあれば、教えてください。」と問かけると、全員がうなずきなどの反応を示し、共食や孤食について耳にしたことがあることがうかがえた。まず全体に向けて意見を発してくれたCさんは、好物しか食べないなど食事内容に偏りが出るため孤食が子どもにとって良くないと指摘されるのではないかという考えを述べてくれた。この意見に対しては、他の方も同意されていた。

対象者自身にとって共食や孤食がどうかという話題に移ると、長年サラリーマンをしていたCさんは、「上司と食事をするときには、精神的にも気を使うし、おごってもらえることになるから、上司より高いものは頼まないように気を使わないといけないし、自分が上司になったら今度は後輩におごることを考えて、食べるものを決めないといけなくて、だから、(今でも)ひとりで食べるのが楽。」と語った。一方で、ひとりで食べることで、好物や調理が簡単なもの、安価なものなどに食事内容や栄養バランスが偏る傾向にあり、身体的栄養としては良くないのかもしれないと感じている、とも述べてくれた。しかし、この意見に対しAさんは「わたしは孤食でも、ちゃんと自炊して栄養バラン

スを考えて食べているわ。」と、孤食であっても、自分でバランスの良い栄養のある食事を作っていると話してくれた。Aさんは、施設Xのレストランを使うことより、自室で自炊をすることが多いということであったが、「部屋にいてひとりで食べていると、音がないのがやっぱり寂しいわ。だからいつもTVをつけているの。」と話し、他の参加者も同様に、部屋にてひとりで食事をする際はTVをつけながら食事をするというのが多数であり、無音の環境で食事することの寂しさや虚しさを紛らわす工夫をしていることが伺えた。

ひととき共食に対する考えを熱弁してくれたのがDさんである。「人と一緒に食べることはすごく大事。食事にある栄養じゃないのよ、心の栄養になるの。」と語り、他者と食事することで、そこで生まれる会話などにより日々の生活が豊かになることを強調した。ほとんどの対象者がこの意見に賛同したが、加えてFさんは「一緒に食事をするのはやっぱり気が合う人がいいわ。それと、料理に対しておいしいとか何か反応がある人じゃないと。」と述べ、共食の相手が誰でもよいわけではなく、ある一定の範囲があることが示唆された。また、施設Xのような共食と孤食を自ら容易に選択できる環境にあることを活用し、日々の生活に両方を取り入れながら生活しているとBさんは説明した。「1日のうちに3食中1食は、レストランで誰かと一緒に食べるようにしているの。」さらに「(Dさんが述べたように)心の栄養になるっていうこともあるし、誰かと食事をするときは、嫌いなものでも残さずきちんと食べるから、身体にもいいと思うわ。(施設Xのレストランだと)自分が食べたいもの以外も食事として出てくるでしょ…自分が選んだものの以外も食べるということが、人として大事なんじゃないかなと思う。」と述べ、レストランを利用した際や他者が作ったものの共食の場合、苦手なものや自ら進んでは食べられないようなもの、また、その季節折々のものなどを口にする機会となり、偏った食事をするのではなく、様々なも

のを食べることの重要性を語ってくれた。

一方、共食への理解を示しながらも糖尿病を患っている E さんは「誰かと一緒に食べるのもいいけど、ひとりの方が楽。気を使わなくていいし、私は糖尿病だから、他の人よりも食事に気を使わないといけないから。」と、糖尿病をはじめ何らかの疾病を抱える割合が増える高齢者ならではの意見を語ってくれた。

3-3. 調査から見えてくる事柄

(1) 心の栄養となり得る食

他者と一緒に食事をする共食は、精神的健康につながると先行研究でも言及されているが、本調査の結果からも、他者と会話を交わしたり、食事の感想を共有することで、食べるという行為が食物そのものの栄養だけでなく、精神的な健康や豊かさにつながっていると高齢者自身が感じていることが見えてきた。ただし、他者と食事することにおいて留意すべき事柄は、「誰と食べるか」という点である。ただ単に複数で食事をするればよいのではなく、気の合う人物や共通の話題のある人物、食事に対して何らかの反応をする人物などと食事することで、食事の場がコミュニケーションを生み出す場として変化し、楽しく、有意義なものとなり、健康感につながるのではないかと示唆された。そうした意味では、特に、家族以外と住むこのような共同施設における食事では、共食をするという形態に満足するのみならず、その内実についても考慮する必要がある、ここへの配慮が求められることが確認された。他方で、ひとりで食事をする際においても、気楽ということが言われており、他者に気を使う必要のない時間、自分の好きなものを食べるひと時を楽しんでいることが考えられ、ある意味では心の充足につながっているのではないかと考える。楽しいリラックスした雰囲気づくりは、会話にこだわるものでもなく、TV をつけるといった工夫により解消されていることが分かった。

さらには、自分自身で栄養バランスを考えながら料理し食事していると言った A さんから

は自分のことは自分でしっかりできるといったような自信が感じられ、自ら意識する食そのものが生きることへの精神の支えとなっているように考えられた。言い換えれば、高齢者自身の健康への気配りが再確認されたものの、A さんが施設 X のレストランを使うことより、自室で自炊をすることが多いと語ったように、共食することが精神的にも健康につながるという一元的な考え方ではなく、自らの選択による食の形態が重要であると推察された。

(2) 身体的要因とつながる食

糖尿病を患う E さんの語りから見えてくるように、当然のことながら身体的な要因と食は切り離すことのできないものである。ここで、糖尿病治療の中心は自己管理であり、糖尿病がまさにこの病を生きるわたしの在りようを問うてくる¹⁶⁾との指摘にもあるように、糖尿病は慢性疾患であり、生涯にわたって治療を続けていかなければならず、人間の営みに深い影響を及ぼすことが考えられる。糖尿病に限らず、高齢者においては、やはり他の年代の人々と比較すると何らかの疾病を患っている人が多く、病により食事の内容に何らかの制限が設けられていることが考えられる。さらに、そういった身体的な要因は食事の内容だけでなく、誰と食べるのかあるいはひとりで食べるのかといった共食や孤食の選択を何の疾病も患っていない人以上に限定的にしている可能性が示唆された。ただし、これらが消去法的に「他者と同じものを食べることができないから、ひとりで食べるしかない」となっているのではなく、自己管理をしっかりしたいという思いから積極的に選択している可能性があることを考慮する必要がある。このことから、身体的な要因は食事内容の制限といった一面的な側面だけでなく、多角的に食に影響しているのではないかと考えられる。

(3) 個々のライフヒストリーとつながる食

サラリーマン時代の経験が現在の食環境に影響し、他者と食事をするよりもひとりで食事をするを好むという C さんや、現在は糖尿病を患っているため食事管理を優先してひとり

表2 調査対象者および調査概要

	Hさん	Iさん	Jさん
年齢	81歳	78歳	85歳
性別	女	女	女
居住形態	独居（息子夫婦が隣に居住）	独居（娘夫婦が近くに居住）	独居
聞き取り時間	90分	90分	60分
聞き取り場所	Gさん宅	Hさん宅	Iさん宅
その他	インタビュー時、息子夫婦が同席	インタビュー時、娘さんが同席	面識あり

で食べる方が楽と述べるEさんであるが、おそらく分岐点となる出来事より以前とその後では食を取り巻く環境が大きく変化したことが推察される。よって、個々のこれまでの経験が現在の食を取り巻く環境と深くつながっていると考える。また、本調査では聞き取ることができなかったが、高齢者の場合、結婚や出産の経験、配偶者との死別など、長い人生における様々な経験や分岐点が、高齢者それぞれの現在の食を取り巻く環境を織りなしているのではないだろうか。トルストイ¹⁷⁾によると、食することは人間の生き方の問題であり、個人において食のあり方と生き方は一体であるとともに、食に関することは個人の問題だけでなく、他の人との関係や社会のあり方の問題だとされる。このことから考えられるように、様々な経験をし、様々な人々と関係を築いてきた高齢者の食のあり方は、他の世代の人々に比べより複雑で固有なものとして形成されていくと考えられる。

以上のように、共食・孤食に対する意識や考え方のフォーカスグループインタビューの結果を、3点から考察した結果、高齢者にとっての食は他の世代以上に様々な事柄によって織りなされていることが見えてきた。そこで、4では、当事者における「個人が食に対してもつ意味」、すなわち生活者としての「語り」にもっと着目すべく、食に関するライフヒストリーの聞き取りから、高齢者の食を取り巻く環境の多様性および高齢者における食の持つ精神的意義について考察を深めていく。

4. 高齢者のライフヒストリーから考察する食環境の複雑性

4-1. 調査方法と調査対象

2018年10月28日30日31日に各日1名、計3名の方に約60～90分間、食に関するライフヒストリーの聞き取りを目的としたナラティブインタビュー¹⁸⁾を実施した。本調査では、はじめに「今までの人生における食にまつわるお話を聞かせてください。」と投げかけ、対象者の語りの中で、内容確認および語りの掘り下げのために筆者が適宜問いかけを行った。

調査対象者は、スノーボール・サンプリング法をとった。対象者3名の概要および聞き取り時に関する事柄を表2に示したが、3名とも女性であり、いずれも一人暮らしである。また、不安を解消する意味合いからも、ご家族が同席する形で、聞き取り調査を実施した。

4-2. 調査結果

まず、聞き取った3名のライフヒストリーの概要を表3に示し、それぞれの語りの詳細^{*8}については、その後に示していく。

(1) 食糧難時代の経験から /Hさん

Hさんはまず幼少期のころを振り返り、終戦後、当時小学校4年生だった際に、東京から四国に移住してからの経験を語った。農家で育ったHさんは、食事に並ぶおかずとして野菜には困らなかったというが、お米は十分にはなく、8人家族という大家族で、ひとり一杯以上食べてはいけないといった制限があったとのこと

*8 語りのニュアンスを消さないように方言（関西弁）はそのまま記述した。また対象者の語りの引用部「」内における括弧（）内は筆者による補足である。

表3 聞き取り概要

Hさん	Iさん	Jさん
【幼少期】 <ul style="list-style-type: none"> ・東京で出生。 ・四国に疎開。農家の子として育つ。 ・野菜などに困ることは無かった。 ・戦時下で食べるものが充分に無く少食。 ・中学はお弁当を持参。 ・夕食は18時という決まり。遅れる人は放って先に食べていた。: 会話あり。ラジオ聞きながら。 	【幼少期】 <ul style="list-style-type: none"> ・京都で育つ。 ・一汁一菜の食事。 ・母親が料理好き。 ・鶏の首を切るところを見たことから鶏肉が食べられなくなった。 ・季節に折々の食材。 ・夕食は円台で家族全員そろって食事。: 会話あり。 ・兄弟そろって母親の手伝いをしながら食事の準備。 	【幼少期】 <ul style="list-style-type: none"> ・徳島で育つ。 ・病弱かつ好き嫌いが多く少食。 ・中学校にはお弁当をもっていった。(お弁当を持ってこれない子、(特に男子が) 人のお弁当を勝手に食べていた。) ・姉はいたが年が離れていたため、嫁いでいて一緒に食事することはあまりなかった。
【結婚・出産】 <ul style="list-style-type: none"> ・結婚後大阪に。 ・夕食で夫の帰りを待つのは20時まで。 ・夫用に肉料理。自分用に1品別のものを。 ・夫・息子用に肉料理。 ・朝はパン食。 ・3人そろって食べることもあった。 ・勤めだしてからは、会社の飲み会に参加すること。 ・土日以外食する機会が増。 	【結婚・出産】 <ul style="list-style-type: none"> ・転勤族。 ・山口県宇部市に住んでたころは京都では食べたことのないような魚介がたくさん。 ・新婚のころはあまり贅沢はできず、山盛りの千切りキャベツとか 【高血圧発覚後】 <ul style="list-style-type: none"> ・カロリーを気にした食事。 ・野菜中心。 ・お菓子などは誰かと一緒に食べることはあるがひとりでは食べない。 	【就職】 <ul style="list-style-type: none"> ・会社の人とよく外食に。 ・お昼休憩にも。 【娘の結婚・上京後】 <ul style="list-style-type: none"> ・東京に行くと、よく外食に連れて行ってもらった。ひとりでもおいしいお店を探して外食に。
【夫のガン宣告後】 <ul style="list-style-type: none"> ・口に入れたものを吐き出す夫を世話するために、自分は3分ほどで食事を済ませていた。 【夫の死後】 <ul style="list-style-type: none"> ・夕食に変化: 自分の空腹具合に合わせて食事。 ・お昼ご飯にしっかり食べる。 	【夫の死後】 <ul style="list-style-type: none"> ・ひとりでも「きちんと食べなくては」という意識。 ・大量にできたものは娘家族におすそわけ。 	
【外食に関して】 <ul style="list-style-type: none"> ・卓球サークルの人たちと、卓球の後に行くことがある。毎回行くのではなく、行くお店によって選択。 ・自分より若い世代だが、自分のひ孫と周りの人の孫の年齢が重なり話題が広がる。 ・息子家族と旅行する際(年に数回) 	【外食に関して】 <ul style="list-style-type: none"> ・お習字の友人やご近所の友人、学生時代の友人らと月に1回ほど。 ・年金生活ゆえ、頻繁にはいけない… ・娘家族と。 	【外食に関して】 <ul style="list-style-type: none"> ・ほとんどしない。 ・娘家族と。

ある。こういった経験からか、Hさんは今でもなお少食であるとのことである。さらに「野菜のおかずは色々あったよ、菜っ葉とかね。あげさん1個買うのが大変な時代。あげさん入ってたら、“わー”ってみんなが歓声あげるくらい。そんな食生活からきてるから、いまだにそんなにごちそうが食べたくない。」と話し、それゆえに今でも幼少期に食べていたもののおいしいと感じるといい、「(今は) なんでも食べれる、食べるお金はあるけど、欲しくないんよね。ほいしいもの食べようと思ったら、煮物とか天ぷらとか(昔からなじみのあるもの)。」とも説明した。他方、数年前に亡くなったご主人もそうであったと話し、「粗食」「子どもの頃の食事が影響している」ということを強調した。また、同年代の方と話す、同じような思いを持った人がほとんどで、特に、食糧難の時代を過ごしたことから食べ物を残すことはもったいないという思いが現在でもついて回っているといった意見で一致するという。

小学生の頃の昼食は、給食はなく、お昼になると一度帰宅し、自宅で食事をしていたという。この時、兄弟や家族が揃うことはなく、母親が家に用意してくれていた蒸かしたジャガイモや畑のトマトや果物を各々に食べ、また学校に戻るといった生活であった。中学・高校では、お弁当を持参し、卵焼き一切れとめざし、そしてお米といったのが常日頃であり、母親が煮豆やあんこが好きであったことから、Hさんの家庭特有のあんこの入ったお弁当もよくあったと懐かしむように話してくださった。

夕食は18時と決まっていたという。仕事で遅くなる父親や18時に間に合わない人は待たずに、18時にそろっている人で先に食べていたとのことである。食事中に会話を禁止されていたようなことはなく、好き好きにしゃべっていたという。父親がいる際には、教員をしていた父親の仕事の話が話題に上がり色々意見を交わしていたことを思い出し、「好き好きにしゃべって、団らんはあった方かもしれないね。…親も若い人の意見がわかってよかつ

たのかもね。」と話した。また、TVはなかったが、ラジオがあったため、食事中ラジオをかけていることもあったそうだ。結婚してからも、決めた時間に帰っていなければ、先に食事を始めるという生活はかわらなかったと言い「門限があつて20時まで待ったらひとりで食べてたよ。今みたいに携帯はないからね、どこにおるかもわからへん。だから放っておいて。それは息子が大きくなってからもそうやったよ。」と説明した。

Hさんのご主人は田舎から大阪に出てきた際、初めてオムライスを口にし、「こんなおいしいものが世の中にあったんか。」と驚いていたという。他方、Hさん自身は東京で住んでいたこともあり「お母さんがハイカラ。フライもするしオムライスやらチキンライスも当たり前で作っていたから、驚きもせんかった。」そうだ。しかし、チーズをはじめ見たときは、食べ方がわからず口にすることもできなかったという。今では、好んでチーズを食べると言い、生前フライやオムライス好んで食べていたというご主人のことも思い出しながら「青春時代、若いころにあこがれていたりしたものは今でも好んで食べるのかも。」と話した。

新婚のころの夕食は、必ず和食であったそうだ。息子さんが中学生になったころには、1週間のうち5日が、肉料理に変化していたという。しかしながら、Hさん自身は肉が嫌いで一口も口にしないと、「家族への食事で肉料理は作るけど、味見はちょっと舐めて塩加減みるくらい。」と話した。朝ごはんは、新婚のころは田舎から送られてくるお米とお味噌汁とお漬物を食べていたそうだが、息子さんが生まれるころには近所にパン屋があり、パン食に変わったという。そして、今でも変わらず朝食は必ずパンを食べるという。「今はひとりやから、(食パン)一斤買ったらいし、飽きてくるんよね。から、一斤買って一枚ずつ食べて6日。それで菓子パンをちょっと挟むの。…」と話し、ご主人がいたころには作っていたジュースは一度にできる量が多く、ひとりで飲み切ることができ

ないため、今では作らなくなったという。

ご主人が亡くなってから大きく変わったのは、夕食であるという。「主人がいた時は3食ちゃんと食べてた。でもいなくなってからは、(朝は変わらず)お昼にしっかり食べて、夜は気ままにお腹任せ。あんまり(胃が)もたれたら晩寝れなくなってしまうから。」と話し、ご主人のために作っていた肉料理は一切なくなり、お昼に魚料理やてんぷらを作って食べるようになったという。「1日トータルして考えるから、ちょっとご飯食べてないなと思ったら晩に納豆ご飯食べたり、栄養バランスはやっぱり考えてる。」とも述べ、健康に気を使っていることも説明した。

普段は自宅で食事をするのがほとんどであるが、通っている卓球クラブの活動のあとに時々、卓球クラブの人と食事に行くことがあるという。ほかの人は全員60代であり、Hさんよりも年下ではあるが、Hさんのひ孫とほかの人の孫の年齢が近く、そういったことが話題によく上がるそうだ。ただ、毎回参加しているわけではないそうで、どこに食べに行くかによって参加しないこともあるそうだ。「イタリアンやったら、私はパスする。嫌いやからね。パスやでーというてパスするんよ。」とあっけらかんと話した。

しかし、ご主人の病気が宣告されてからの食事は、あまり楽しいものではなかったといい、「せっかくご飯を並べて楽しく食べようというときに、自分の嫌いなものがあると口には入れるけど、しばらくしたら、“あああ”と唾液を吐くのね。それをみると食欲ゼロ。だから、いただきます言って3分くらいでガ-っとかき込む、(主人が)吐かないうちに。途中で(主人の)世話したら、もう食べる気が起こらへん。」と当時のことを振り返りながら教えてくださった。一緒に食事をしてはいたが、食べるスピードは全く違い、ご主人が食べている際もあえて放っておくようにしていたといい、見ていることでいろいろと言いたくなってしまうことやいらいらとしてしまうことは避けるようにしてい

たと説明した。

(2) 管理をしながら楽しむIさん

Iさんは幼少期を振り返り、母親がとても料理上手であったことを幾度となく強調して話し、四季折々の料理が食卓に並んでいたことを嬉しそうに教えてくれた。一方で、Iさんが小学校に入学したのは、ちょうど戦争が終わったところで、給食が提供されていたが、副菜はあまりなく、一汁一菜が基本であったという。もちろん、家庭においても食料が豊富にある時代ではなく、そういった状況下でも、Iさんの母親がさまざまな工夫をしてくれていたという。お肉が食卓に並ぶことはあまりなかったといい、また、Iさんは、幼いころに近所で食用のために鶏の首を絞めてちぎっているところを見て感じた恐怖から、今でも鶏肉は口にすることができないと教えてくれた。

夕食は家族全員がそろってから、丸い円台を囲んで食べていたという。会話は禁止されていなかったものの、お箸の使い方や行儀が悪いと厳しく指導されていたことを「私はお箸の使い方が下手だったので、いつもペンってたたかれてましたわ。」と懐かしむように語ってくれた。また、全員がそろって食べるというだけでなく、お釜でご飯を炊いたり、コンロに火を起こして魚を焼いたり、母親ひとりに任せるのではなく、みんなで協力して食事の準備をしていたと説明した。母親が作ってくれたものの中でも特に印象に残っていると話してくださったのが、餃子である。裏に住んでいた方が満州からひきあげてきた方で、料理好きの母親がその方から作り方を教えてもらい作ってくれたそうだ。「…ギョウザって言わなくて、チョウズって言うのね。それをね、習って。…おいしかったよ〜。」と思い出深そうに話してくださった。

2年前にご主人がなくなってからは、自分一人分の食事を作ることは少し大変だと話しながらも「…一生懸命食べないと、ね。だから全部自分で作ってますよ。…」と言い、たくさん作ったものは、近所に住む娘家族におすそ分けして

いるということを楽しそうに説明してくれた。高血圧であったことや数年前に目を悪くしたことから、健康には気を使っているともいい、計量して1食分ずつ小分けにしたご飯を冷凍保存しているのを見せてくださった。また、「こんなの見せたら恥ずかしいかな…」と言いながら、冷蔵庫の中から、食べやすいように切られた果物が入った瓶を3つ取り出し、「今は3種類しかないけど…こんなふうにしておいたら、好きな時に食べれるでしょ。」と話してくださった。さらに、野菜のくずは冷凍しておき、ある程度溜まったらスープにするとということを教えてくださり、「全部無駄のないように。捨てたらもったいないでしょ。」と強調していた。

外食には、月に一度くらい、習い事の友人や近所に住む友人らと出かけるといい、次の予定ももうすでに決まっていると楽しそうに話してくださった。近所に住む友人というのは、Iさんの娘さんが小学生の頃の友人の母親で、子ども同士はばらばらだが、親同士はいまだに仲が続いているといい、毎晩夕食後に一緒にウォーキングもされているということを伺った。

高齢者の一人暮らしの増加に伴い、孤食が孤独などを招いていることが言われているが、このことについてどう思うかと尋ねたところ、Iさんの住む地域にある老人会について話してくださった。そこでは、月に1回100円でお昼のお食事会などがあるそうだが、Iさんは「…なんかわたし、入るのはちょっと。誘ってくれはるんやけど、私らは私らで楽しいにやってるからって。」といい、老人会というコミュニティを活用して、他者と食事をする機会を持っている人への理解は示しながらも、昔からなじみのある友人が近くにいるIさんにとってはあまり必要性の感じられるものではないと語り、老人会などの必要性や有用性は、人それぞれであり、また、団地のような集合住宅か戸建住宅であるかといった土地柄にも関与しているのではないかと伝えてくれた。

(3) おいしく食べられることが健康の指針 Jさん

Jさんは、小さいころのことはあんまり覚え

てないと話しながらも、病弱で食の細い子どもであったと振り返ってくれた。「好き嫌いも多くて。今の方が何でも食べて健康。物のない時に育ってるから丁度よかったのかもね。」とおどけて見せた。お姉さんがいたというが、年齢が離れていたため、一緒に食事をしていた思い出はあまりないという。中学校にはお弁当を持って行っていたそうだが、戦後すぐのころであり、お弁当を持参することができない人もおり、「(お弁当のない)男の子が運動した後に勝手に(他人のお弁当を)食べたりしてた。だっってお腹空いてるもんなあ。ああとられた、で終わり。」と話してくれた。また、百姓の子はあまり食べるものに困っていなかったといい、「勉強してる時、おなかすいたなって言ったら、お餅焼いてきたのがあるって(友人が)言って、新しいのつくから古いほう焼いて持ってきたって。よくもらって食べた。昔はこんなようにもらって食べるんが平気な時代やった。」と教えてくれた。勤めだしてから、会社の同僚とよく外食に出たと当時のことを振り返りながら「どこそこにお店が開店するいうたら、Jさん行こうって誘われて。おしるこ、よく食べに行ったわ。楽しかったよ、あの時。」と懐かしみながら語った。

Jさんがもっとも楽しそうに話してくれたのが、娘さんが結婚し上京していたころのことだ。娘さんのところを訪れると、いろんなところに食べに連れて行ってもらったそうだ。また、ひとりでもおいしいお店を探しに外食に出ていたという。「…ちょっと何の気なしに入ったところで、1000円くらいで食べれてな。そこのおばさんが、“あんたどこから来たん”って。あのおばあさん優しい人やったわ。…」と、Jさんはそのときに訪れたお店で出会った人とのエピソードも楽しそうに教えてくださった。

一方で、「このごろはな、そんなに食べに行きたくない。そんなおいしいない。…ええとこ行ったらいいんかもしれないけど、ええとこ行ったら高いし。…」と、最近では外食をすることはめったにないという。そして、家での食事の内

容はほとんど決まっているという。朝食には、自家製のジュースを欠かさずに飲むと教えてくれ、「周りから言わせると、私元気なんや。運動でもサッサって（するから）。」あんだそのジュース飲んでるから元気なんや。」って（言われる）。と嬉しそうに説明してくれた。そのジュースは、以前、知人の方に教えてもらったそうで、今では自分好みにアレンジしているといい、作り方を詳細に教えてくださった。また、毎朝作るのには面倒ではないかと知り合いの方に指摘されることもあるそうだが、毎日の習慣となっており、作って飲まない方が違和感を覚えるという。昼食や夕食の内容を教えてください。後、ふと、「まだな、ひとりで食べててもな、おいしいに食べれる。あれな、これ、おいしいに食べれんようになったらあかんわ。…おいしいに思わんくなったら終わりやなって。」感慨深げに話した。夕食の時には、お酒を飲むこともあると言い、その日の料理に合わせてお酒を選んだりもすると説明し「…ほれで元気なんちゃうかなと思う。…」と話された。

4-3. 高齢者の食を織りなす事柄

以上、ライフヒストリーの聞き取りを踏まえ、抽出された事柄について、以下の4つの側面からまとめ、考察を加えていく。

(1) 食糧難の時代を生きた幼少期

3名の語りの中で共通して聞き取ることができたのが、幼少期の食糧が十分にない時代背景である。後期高齢者といわれる75歳以上の方々は、幼少期、戦前・戦争直後を経験し、食糧難の時代を過ごしている。1940年6月から、東京・大阪・横浜・名古屋・京都・神戸の6都市では砂糖・マッチの切符配給制が実験的に実施された。同年11月には全国で実施されるようになり、次第に米などの主要な食糧やその他の食料品までも、配給制がとられるようになった。そのうえ、年を追うごとに計画的な配給を行うことができなくなったという。戦後は、食糧不足が一層深刻となり、予定されていた配給量が遅れたり、配給が取り消しになることもあった。

こういった時代背景が影響し、Hさんのように幼少期にたくさんの量を食べた経験がなく、生涯小食である場合や、残すことはもったいないという考えが、現在でもなお多くの高齢者の意識の中にあることが考えられる。このことはIさんの野菜をすべて無駄にすることなく使い切ろうとする工夫からも垣間見られ、幼少期の経験や時代背景が高齢者の現在の食に大きく影響していることが窺い知れる。

(2) 食と向き合う

高齢者は、他の年齢層に比べ、個々のライフスタイルが決まりきったものになっていることが考えられ、食事の時間や食事内容も朝昼晩どういった時間にどういったものを食べるかということが大まかに決まっており、自己で管理しようと意識的に取り組んでいることが考察された。食事内容では、各々が自分なりに工夫され、自分自身の病理的な事柄をはじめ、様々な事柄を理解した上で、Hさんのように昼食をしっかり食べ夕食はあまり食べないといった食事スタイルや、Jさんのように毎朝手作りのジュースを飲むといった、自分に合った食事スタイルをこだわりをもって形成しているように考えられる。「年をとったら、日に3度の食事にこだわらなくてもいい。「これでちょうどいいな」というほどほどの加減がつかめたら、その自分のペースでほしいときに自由に食べればいいのです。できれば、むだなく。私などは少し食べて、すべて使い切るのもむだがありません。」²⁾という指摘もあり、各々が自らのライフスタイルをはじめ、自分のペースをつかんだうえで、毎日の食事と向き合っていることが推察される。

(3) 生を支える

高齢者にとって「食べる」ということは他の世代の人々に比べ、より「生きるために食べる」という意味合いが強くなっているように考えられる。20代である筆者自身は、「食べること」と「生きること」を直接的につなげて考えることはあまりないが、本調査の中で、3名それぞれから「生きていくために食べている」といった内容を聞き取ることができ、「食べること」

が「生きること」を支えている認識が強いことが示唆された。しかし、それは「食べなくてはならない」といった義務的で食べることが苦痛といったものではなく、もっとポジティブな意味合いが強く、「食べられること」「おいしく食べられること」が自らの健康の指針となっていることが分かった。このことは、自己にとって「良い」食のあり方が健康といえる⁴⁾と主張されているように、各々が形成した個々に適した食事であるからこそそのものだということを考慮する必要があると考えられる。また、ここで述べている健康は、身体的なもののみを指すのではなく、精神的な健康および主観的な健康の意味合いが強い。小楠は、腰痛で身動きが取れなくなり入院加療となった93歳の女性の語りから、自分で飲食でき、それを味わえることは、生きていることを実感し、生を味わうことだと報告しており³⁾、客観的にみると身体的に健康とは言えないような人にとっても、「食べられること」の実感が、その人物の生を支え、精神に深く影響していることが推察できる。

(4) 他者や社会とのつながり

本調査では、ひとりで暮らす高齢者において、他者と食事をとることは月に数回あるかないかという程度であるということが分かった。そして、その分、他者と食べる食事は日常とは異なる特別な意味合いを含むことが考えられる。ここで、留意すべきなのが3でも述べたように「誰と食べるか」という点である。家族をはじめ、昔からの友人や共通の趣味を持つ人など、心を許した人々との食事は、普段ひとりで食事をする高齢者にとって、ひとりで食べている際には感じられない、他者とのつながりを感じ、ひいては社会とのつながりを感じることのできる場となっているのではないかと推察する。他方、他者とのつながりや社会とのつながりを感じることができるのは、食事を共にすることだけではないことは明確であり、Jさんはジムに通い、そこで他者とのつながりをもっているが、食事を共にすることはないようで、食事を他者や社会とつながるツールにしている人とそうでない

人がいることを考慮しなくてはならない。

また、他者との食事においてももう一つ留意すべき事柄は、自主的なものであるかという点である。本調査においてHさんの場合、趣味を共通とする方々と共食をする機会があるが、毎回参加しているわけではなく、自分が食べられないもの・食べたくないものの際は参加しないという。ここで、仮に無理にHさんが参加していたとすれば、どれだけ気の許した人との食事であれ、その食事は真に有意義なものとはならないと考えられる。また、Iさんの語りの中に出てきた老人会のようなコミュニティを利用する際、利用する人が自主的であれば、その場は有意義なものとなりえるであろうが、Iさんのようにそこにある種の抵抗を抱いている人にとってはそのようなコミュニティでの食事は単に気の使う場となり得ることがいえる。さらに、Hさんの語りから、心を許した家族と共にする食事であっても辛い場合があることが示唆された。それは、Hさんが病気であるご主人を気遣い、ご主人も食事を準備してくれたHさんを気遣っていたがゆえだろうが、一緒に食べるというかたちだけが、人の心の充足や豊かさにつながる食になるわけではないということが、改めて確認された。以上のことから、他者や社会とどのように付き合っていくかということが、ある意味で食を取り巻く環境を織りなす一要因となっていることが考えられる。

おわりに：古い・生を支える食の持つ精神的意義

本稿では、高齢者における食環境の多様化および食の持つ精神的な意義を捉える際、従来研究では、治療や予防の目標として、事象を客観的に認識することに重点が置かれ、高齢者である当事者が生きている主観的な世界と感覚についてはあまり目を向けられてこなかった現状を指摘した。その上で、それぞれの生き方の中に食を位置づけるために当事者の個々の語りに焦点を当てて考察を深めてきた。またはじめにで触れた「当事者研究」は、ある種の困難を抱えた当事者活動や暮らしの中から生まれ育ってき

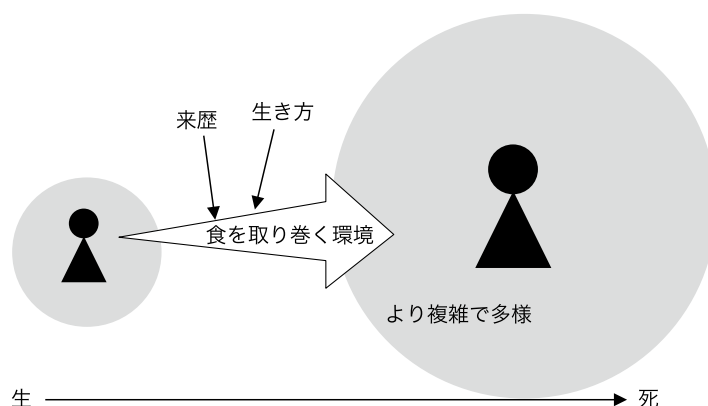


図1 高齢者の食を取り巻く環境の多様性・複雑性

たエンパワーメントアプローチであり、当事者自身が抱える固有の問題、さらには家族・仲間・職場における人間関係に関わる苦勞、日常生活とのかかわりの深い社会制度などから生じる葛藤などを、自分の「大切な苦勞」と捉えるところに特徴を持つ¹⁹⁾。さらに、当事者研究の生み出す自己は、問題を個人に縛り付けるのではなく、また再帰的でありながらも個人化や専門化への方向へ向かわず、「公共性」へと向かうものであった。この当事者研究を参照するならば、「自己表現」と「試行錯誤」という生命的な営みの中から生まれた身近で独創的な「知」の創出として高齢者の食の意義を位置づける必要があると考えられる。

以上論じてきたように、高齢者にとっての食べるという行為は、身体的な栄養の摂取だけでなく、老いに向かっていく中で、生きているということを実感し、生を支えている生命の営みそのものだということが理解された。さらに、高齢者の食を取り巻く環境を織りなすものは多様で複雑であり、当然ながらも個々人の来歴や生き方、様々なものが絡み合っ形成されていくものである(図1)。そのため、今後さらに深刻化するとされている日

本の高齢化社会を迎えるに際し、高齢者の食を考える際、「個人が食に対してもつ意味」、すなわち生活者としての「語り」にもっと耳を傾けるべきであろう。近年、現代医療の主流である根拠に基づく医療(Evidence Based Medicine)を補完する形で、「患者の病の語りを大事にすることが治療的であるという」Narrative Based Medicineという医療に特化した形でのナラティブを用いた治療法が登場している。よって、家族やそれ以外のケアに携わる人たちが、こうした複雑な高齢者のライフヒストリーに少しでも理解を示し、高齢者自身が生きがいを持って暮らすことができる生活環境を整えていくことが大切になることは間違いのないであろう。

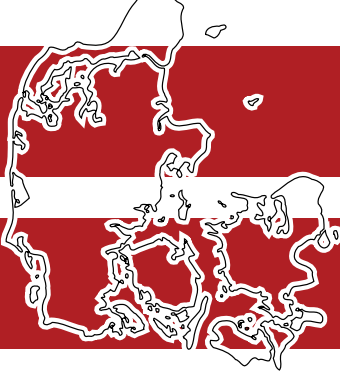
謝辞

本研究において、京都府京都市にある介護付有料老人ホームでの調査は、大阪大学人間科学研究科の木村友美先生にご協力頂きました。またフォーカスグループインタビュー並びにライフヒストリー調査にご協力頂きました皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1. 日野原重明：「総合健診はどの方向へ変わっていくか」，総合健診，**43**: 19-24. 2016.
2. 日野原重明：『生き方上手』，ユーリーグ株式会社，2001.
3. 小楠範子：「語りにみる入院高齢者のスピリチュアルニーズ」，日本看護科学会誌，**24** (2): 71-79. 2004.
4. 河上睦子：『いま、なぜ食の思想か [豊食・飽食・崩色の時代] 』，社会評論社，2015.
5. クライマン・アーサー（江口重幸，五木田紳，上野豪 訳）：『病いの語りー慢性の病いをめぐる臨床人類学』，誠信書房，1996.
6. 石川麻衣，宮崎美砂子：「高齢者のライフストーリーから捉えた健康づくりの構造」，千葉看会誌，**14** (2): 10-19. 2008.
7. 武見ゆかり，足立己幸：「独居高齢者の食事の共有状況と食行動・食態度の積極性との関連」，民族衛生，**63** (2): 90-110. 1997.
8. 足立己幸，松下佳代：NHK「65 歳からの食卓」プロジェクト『65 歳からの食卓 元気力は身近な工夫から』，NHK 出版，2004.
9. 財団法人ハイライフ研究所：『コンテンツが形成するライフスタイル研究報告書』2009.
10. 石毛直道：『食事の文明論』，中央文庫，2016.
11. 瀬戸美江，塩谷知華，澤田崇子，藤本健四郎：「世帯構成の違いが高齢者の食生活に及ぼす影響」，日本調理科学会誌，**40** (1): 15-21. 2007.
12. Kalpa Kharicha, Steve Iliffe, Danielle Harari, Cameron Swift, Gerhard Gillmann, Andreas E Stuck.: Health risk appraisal in order people 1: are older people living alone an 'at-risk' group?. *British Journal of General Practice*. **57** (537): 271-276. 2007.
13. 津村有紀，萩布智恵，広田直子，曾根良昭：大阪市立大学大学院生活科学研究科，長野県短期大学生活科学科「食品摂取状況から見た高齢者の食生活」，生活科学研究誌，**3**: 47-54. 2004.
14. 楠原清里，河野篤子：「高齢者の食生活の実態ー男性と女性の比較ー」，食物学会誌，**58**: 19-25. 2003.
15. 町田和恵，進藤智子：「健常地域高齢者の社会活動参加と健康と食生活に関する研究」，鹿児島県立短期大学紀要，**59**: 21-30. 2008.
16. クライマン・アーサー（皆藤章，江口重幸 訳）：『ケアすることの意味：病む人とともに在ることの心理学と医療人類学』，誠信書房，2015.
17. レフ・ニコラエヴエチ・トルストイ（中村白葉，中村融 訳）：『トルストイ全集 14：宗教論（上）』，河出書房新社，1973.
18. Atkinson, R.: The Life Story Interview, Sage Pubns, **44**: 104. 1998.
19. 浦河べてるの家：『べてるの家の「当事者研究」』，医学書院，2005.

連絡先：三好 恵真子 (Emako Miyoshi)
大阪大学大学院 人間科学研究科 環境行動学
TEL & FAX: 06-6879-8042
Email: emako@hus.osaka-u.ac.jp



デンマークの初夏の食物

デンマークは季節的には、6月以降は夏になります。日本のように梅雨や雨季がないので、春の次にはすぐに夏がやってきます。6月末には夏至祭が行われ、夏の始まりとなります。6月は一年で一番日が長くなるため、晴れの日では夕方でも真昼間のような太陽の光を感じることができます。以前、デンマークの夏のデザートについて紹介しましたが、今回は、初夏のこの時期によく見られる食物を紹介したいと思います。

デンマークのこの時期によく見かける食物といえば、ルバーブ (Rhubarb) という、一見セロリのように見えるこの食物は、この時期になると色々な場面で登場します。セロリのようなパリッとした茎の部分を食用しますが、酸味があり爽やかなので、デザートなどの甘い料理によく使われます。またデザート以外にも、お肉料理やサラダなどにも使える食材です。ルバーブはスーパーなどで気軽に買えますが、家の庭で家庭栽培している人も多く、初夏になると庭で取れたルバーブを使って、パイやケーキを焼いたり、ジャムを作ったりする人が多いようです。ルバーブは、初夏を感じさせる、デンマークの食卓によく登場する食物なのです。

初夏といえば、いちごも欠かせません。日本ではいちごは春が旬を迎えますが、デンマークでは夏が旬です。日本では、いちごにブランド(「あまおう」など)がついて、スーパーなどでは様々なブランドを取り揃えています。デンマークではそのようなマーケティングはあまりしていません。価格以外に商品を差別化することといえば、輸入品であるか国産であるか、また有機かそうでないか、というのが主なポイントとなっています。輸入品で有機栽培でないいちごの方が安く、見た目もいいですが、最近のオーガニック志向の増加で、有機栽培いちごもほとんどのスーパーで見つけることができます。いちごは一年中販売はされていますが、旬の季節に食べるのがやはり一番



ルバーブ。セロリのようなだが、赤くて酸っぱい



ルバーブを使ったケーキやパイは定番デザート



いちごは夏が旬、いちごを使ったデザートも豊富

です。いちごを砂糖で煮詰めて、ジャムのようにして、冷やしてそれに生クリームをかけて食べるのも、デンマークの夏の風物詩です。

もう一つデンマークで食されるちょっと奇妙な食物ですが、brændenælder(イラクサ)を紹介します。イラクサは、デンマークの林や森、空き地や歩道など、いたるところに見られる雑草です。イラクサは触ると、皮膚がヒリヒリと焼けるように痛む(少しの間だけ)ため、通常は避けるべき雑草として知られていますが、これを食することもあります。栄養価も高く、スムージーや、スープなどに、食材として使われ、楽しまれています。避けるべき雑草も、フルーツや他の野菜と一緒にスムージーにすれば、食しやすい健康飲料に早変わりです。

初夏を迎えるデンマークは、晴れの日が25度以上になることもあり、そんなときはビーチに行ったり、公園で日光浴をしたりと、人それぞれ初夏の太陽を楽しみます。4、5、6月は祭日も多く、三連休なども多いため、デンマーク人にとっては楽しい季節です。

デンマークの現地のスーパーに行けば、旬の美味しい食材が手に入り(イラクサは、道端で手に入る)、明るい初夏の夕方、スーパーに行って夕食のアイデアを得るのもいいかもしれません。

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)

ベニバナ *Carthamus tinctorius* L. (=*C. tinctorius* (Mohler, Roth, Schmidt & Boudreaux)) (キク科 Compositae APG : Astaceae)

連絡先：城西大学薬学部生薬学教室
shiratak@josai.ac.jp

梅雨が明けるころ、畑や庭の片隅で黄色から赤色のアザミに似た花を見かけることがあります。紅色染料や食用油の原料として栽培され、古くは「くれのあい（呉藍）」や「すえつむはな（末摘花）」とよばれたベニバナです。本植物はアフリカのエチオピア近辺を原産とし、その後、エジプト、地中海を経て世界へ広まり、さらに中国（紀元前2世紀～後漢（2～3世紀頃）の頃）を経て、日本には5～6世紀に渡来したといわれています。本植物は高さ約1mの1～2年生草本、葉は互生し長楕円形～広披針形、大小不同の鋸歯があり、先は鋭いとげになり、6～7月、枝先に頭状花を

つけます。花は、はじめ鮮やかな黄色ですが、徐々に紅黄色になります。また、花は管状花のみで、先が深く5裂し、瘦果は白色で約7mm、冠毛は鱗片状で脱落しやすくなっています。日本では、平安時代に千葉県長南町で栽培が行われ、江戸時代中期以降には現在の山形県最上地方や埼玉県桶川市、上尾市周辺で盛んに栽培されました。しかし、明治以降、中国産が増え、また、化学合成されたアニリン染料が普及したことから、ベニバナの生産は急速に衰退し、現在では紅花染めや観光用などにわずかに栽培されているに過ぎません。ベニバナの花の赤色の成分は水に



写真1 ベニバナ（花）



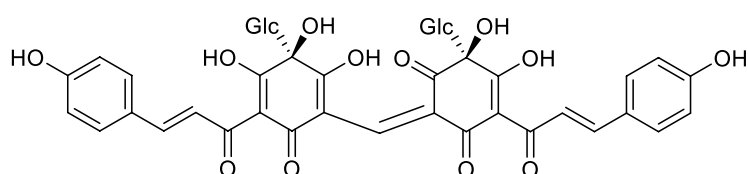
写真2 ベニバナ（花）咲き始め



写真3 ベニバナ（花）満開

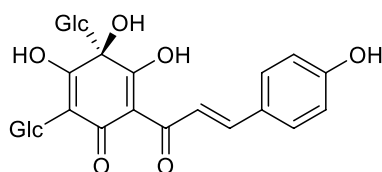
難溶性の carthamin, 黄色の成分は水溶性の safflor yellow (safflomin A, B などからなる混合物) です。ベニバナの管状花をそのまま, または黄色色素の大部分を除き, ときに圧搾して板状としたものが生薬のコウカ (紅花 Carthami Flos) で, 通経, 瘀瘀血などを目標に治頭瘡一方, 通導散, 折衝飲, 葛根紅花湯, 滋血潤腸湯などの漢方薬や, 冷え性, 血色不良に煎じたものを服用したりしますが, 妊婦には禁忌とされています。その他, 挫傷, 捻挫, 打撲による皮下出血に紅花油として外用されることもあります。また, コウカをツボなどの部位に塗る紅灸という灸の一種もあります。

生薬の成分としては上記フラボノイドの carthamin, safflor yellow (safflomin A, B などからなる混合物) の他, carthamidin, neocarthamin, 脂肪油 (ベニバナ油, safflower oil), リグナン, ステロール類などが報告されています。ベニバナの花を摘んだ後, 発酵・乾燥させたものは紅色の染料や着色料 (食品添加物, 化粧品品の口紅) の材料となります。紅色にするには花を摘み, 直ちに水にさらして乾燥させます。これを何度も繰り返すと carthamin と safflor yellow が分離し紅色になります。



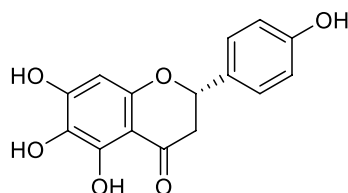
carthamin

Glc = glucose

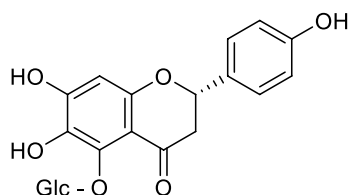


safflomin A

(= hydroxysafflor yellow A)



carthaminidin



neocarthamin

図1 成分の構造式

紅花染めは、紅餅^{はなもち}（ベニバナに水を加えてよく踏み、何度も水にさらした後、陰干しして数日発酵させ、餅つきと同じ方法で杵でついた後、丸餅の形にして乾燥させたもの）を灰汁の中に入れてかき混ぜ、衣類を漬け込み水にさらす（一次染めといい、灰汁はアルカリ性なのでオレンジ色に仕上がる）。さらに、紅餅入りの灰汁に烏梅^{うばい}を少量加えたものに漬け込み、水にさらす（二次染めといい、烏梅はクエン酸を多く含み、酸性なので赤みが加わってくる）。このような作業を、烏梅を少しずつ加え、配合を変えながら何度も繰り返した後、水にさらし乾燥させま

す。口紅としては、ベニバナから製した紅餅から赤色色素を抽出し、陶磁器製の猪口の内側などに刷き乾燥させたものが有名です。良質な紅は赤色の反対色である玉虫色の輝きを放ち、江戸時代には小町紅の名で製造販売されたそうです。ベニバナは、花だけでなく種子も有用です。種子を搾った油は紅花油（サフラワー油）とよばれ、サラダ油やマーガリンの原料になります。リノール酸の過剰摂取が問題となってから紅花油採取用のベニバナには、リノール酸に代表される脂肪酸の含有率の低いハイリノレック種が生産量を伸ばしています。また、1988年に行われた奈良県生駒郡斑鳩町にある藤ノ木古墳（古墳時代後期、6世紀後半の円墳）の第3次調査では、石棺の中からベニバナの花粉が発見され、その用途（魔よけ、染色、防腐など）の解明が期待されています。山形県ではベニバナが県花に指定され、同県河北町には「紅花資料館」があり、また、千葉県長南町もベニバナを町花に指定し、月1回の紅花染め教室が開催され、埼玉県桶川市にも「べに花ふるさと館」などがあり、ベニバナの咲く6～7月頃は、たいそう賑わうそうです。

生薬コウカ（紅花）の成分について、はじめて研究を行ったのは、日本で最初の化学系の女性理学博士である黒田チカです（日本の女性理学博士第1号は保井コノ（植物学）1927年、黒田は女性理学博士第2号となる（1929年））。黒田は成分としてフラボノイド系化合物の carthamin を提出しましたが（1929年）、その後、構造式は訂正され絶対構造を含め、今の構造式になっています（佐藤慎吾ら、1996年）。また、黒田はシコン（紫根）の成分であるナフトキノ系色素 shikonin の研究などを行なったことでも知られています。



写真4 生薬：コウカ（紅花）

新解説 グルテンフリー穀物による 麦芽とビール醸造 (2)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1,2}

竹内 美貴 (TAKEUCHI Miki)³ 中村 智英子 (NAKAMURA Chieko)³

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会会長, ³ 神戸女子短期大学

Key Words: グルテンフリー グルテンフリービール

本論文「グルテンフリー穀物 食品と飲料, 新解説グルテンフリー穀物による麦芽とビール醸造 (2)」は, “Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER), の第 15 章 Malting and brewing with gluten-free cereals by B. P. N. Phiarais and E. K. Aren't 等の一部を翻訳し紹介するものである。

グルテンフリー穀物によるビール醸造

穀物 (ソルガム, 米, トウモロコシ, キビ, オート麦)

ソルガム (モロコシ)

ソルガムの価値は大量ビール醸造用の変更物として 50 年以上にわたり認められ, そのソルガム麦芽からビールになる, 数種のソルガムによるビール醸造に対して包括的なレビューが最近見られた (Owuama, 1997; Agu and Palmer 1998c; Owuama, 1999)。最適なマッシング (すりつぶして粥状にすること) と発酵条件が, ソルガム大量ビール生産には必要である。研究室のパイロットスケールで, ビールはソルガム麦芽からうまく醸造され, その間, 内部酵素の供給は必要なく, 外部からの熱安定酵素で良かった (Agu and Palmer, 1998b; Nso *et al.*, 2003)。しかしながら大量ビール醸造プロセスによる市販生産プラントでは, なかなかうまく進むことができない。それはソルガムデンプン (Agu, 2005) が糊化温度 (>70°C) のためで, ソルガム麦芽を抽出するために調整されたマッシングプロセスが必要であり, 従ってソルガム麦芽を醸造

材料として計画する試みが複雑なものになる。

これらの要因は, 幾つかの問題点がソルガム麦芽の醸造に考えられており, その中には不十分なデンプン分解力, 制限あるタンパク質修飾, 高麦芽不足, コスト, 外部酵素でマッシュをする必要性のあることもそれらに含まれる。ソルガム生産国でのソルガム麦芽能の欠乏と共に, 醸造家達に未麦芽醸造材料のソルガムを好んで利用させ, 必要な外部酵素を使わせた (Bajomo and Yong, 1992; Agu and Palmer, 1998a, Goode and Arendy, 2003)。ソルガム麦芽には加水分解酵素を十分持つように進化させることができ, それはコンチネンタルタイプのビール醸造用に必要とする市販でも受け入れうるレベルの醸造用の糖・タンパク質を生産できるものである。しかし最適マッシュ方法は, ソルガム麦芽の抽出を必要とする (Agu and Palmer, 1998b)。市販の酵素添加なく 100% ソルガム麦芽でマッシュする時, デカンテーションプロセスが推奨されたが, そこで分離された酵素活性麦汁はマッシュした糊化デンプンを変えるために用いられる (Agu and Palmer, 1997a; Nso *et al.*, 2003)。

いろいろなマッシュプログラムが, 麦芽さ

れてないソルガムでマッシュするときに提案された。これは、熱安定 α -アミラーゼ添加でできた (Hallgren, 1995)。100% 未麦芽ソルガムでマッシュする時、1つの煎じたマッシュ (50°C, 80-90°C, 60°C温度で) が薦められる (MacFadden and Clayton, 1989; Little, 1994; Hallgren, 1995)。いろいろな酵素のコンビネーションが研究されたが、熱安定 α -アミラーゼ、プロテアーゼ、およびカビ α -アミラーゼは全てソルガムからビール生産へ成功するのに要求された (Little, 1994)。

1988年 Nigeria でのソルガム輸入の禁止はその後解除されている。南アフリカのような国々ではソルガム (麦芽、および未麦芽) は伝統的な濁ったビール生産に用いられ、麦芽大麦はラガービール生産に用いられているが、最近ではラガービール生産にも地方で育ったソルガムが興味をもたれている (Agu, 2005)。

米：酒製造での米

伝統的な日本のアルコール飲料、酒は米と水からつくる (Yoshizawa and Kishi, 1985)。酒造りのプロセスには麴製造とアルコール発酵がある。麴製造のステージでは、蒸気で蒸した米に *Aspergillus oryzae* の胞子が植え付けられ、48時間培養する (Iemura *et al.*, 1999)。アルコール発酵のステージでは *Saccharomyces cerevisiae* が麴と蒸した米のもろみ粥に植え付けられ、ほぼ1ヶ月培養する。麴では麦芽が加水分解酵素 (例えばアミラーゼ、プロテアーゼ、リパーゼ) の主な源である。もろみ粥中の蒸した米は発酵の間これらの外部酵素によって消化される (Fujita *et al.*, 2003)。ビール醸造では発酵は、マッシュの濾過後起こり、一方粕汁では米粒から生じた糖は続いてイーストで発酵される。さらに発酵される糖含量、主にグルコースは、イーストによる発酵を調整する (Yoshizawa and Kishi, 1985)。

蒸し米は酒を造るのに用いられるがその前に玄米は磨かれる。このプロセスでできるバイプロダクト、米を磨いたものは、日本の酒産

業では1年間約126000t生じる。酒醸造プロセスのバイプロダクトの量を減らすために、新しいタイプのアルコール飲料“糠酒”がある (Iwata *et al.*, 1998)。これは未加熱米を磨いた粉からの唯一のもので、乳酸、水、酒イーストと、市販のコージあるいは粗酵素粉末の様な酵素源を入れる事で作る。糠酒醸造の間、米デンプンは米自身に含まれるアミラーゼ酵素、主に α -グルコシダーゼによって糖化される。糠酒醸造は、エネルギーセービングプロセスであり、そこでは米の蒸しプロセスが除かれ、糠酒は米胚の内部部分のみがき粉から作られるもので、普通の酒、あるいはビールと比べてもはっきりした受け入れられる味の品質となっている (Iwata *et al.*, 2002)。そこで経済的、環境的観点から、糠酒醸造はアルコール製造の堅実なやり方である。

ビール製造での米

米はアメリカ、日本でトウモロコシの次によく用いられるビール製造の補助物である (Juliano, 1994)。米はある醸造家達にとって好まれるが、それはトウモロコシひきわりに比べて、低タンパク質、脂質含量であるためである。醸造用に用いられる米は普通はひき砕き米、あるいは粉碎米が用いられるが、それは可食性米製粉産業 (全粒米は料理用に作る) のバイプロダクトとして得られるためと収穫のためである (Yoshizawa and Kishi, 1985)。米はあたり触りない香り、芳香を持ち、効果的に発酵できる糖に変え、クリーンな味のライトビールを与える (Coors, 1976)。

100%米ビールでは、72時間の発酵で、完全に米補助物と米麦芽によりビール汁を作る事ができた (Moonjai (2005)) が、100%米ビールのアルコール含量はかなり低く (僅か 2.0±0.2wt%)、しかしソルガム添加でアルコールレベルは上昇する (4.9±0.1wt%) ことがわかった。米補助物と米麦芽から作ったビールは、色、アワ、香り、炭酸、アルコール味に関しレベルはかなり低いと評価された。認知された低アル

コール味は、100%米ビール中の甘い味の高得点とは相関があった。ソルガムを補助物として用いると、ビールはにが味と酸っぱい味に高得点がついた。結論的には官能的評価から、米麦芽とソルガム補助物とで作ったビールは一般に受け入れられると断言された。こうして米麦芽の利用による醸造は、ソルガムで補助された時のみうまかった (Moonjai, 2005)。100% 麦芽米での最適のマッシュ法を見つける研究、さらに市販酵素を利用して抽出物増加とアルコール含量増加の研究をしないと、コメを添加物として用いるビール醸造産業の現状は変わらない。

トウモロコシ

トウモロコシデンプンの高い糊化温度は、63℃と 67℃の間で小麦、大麦デンプンのように変化しないが、しかし内胚乳の確実な分解、デンプン糊化のためには 100℃近くあるいはそれ以上の温度まで加熱せねばならない (Ilori *et al.*, 1991)。さらにつづいての製造に入る前にトウモロコシはオイルリッチの胚芽やふすまを除去する一定プロセスを行わねばならない (Briggs *et al.*, 1981b)。たとえそうでも、米と同様にトウモロコシは最も人気のある補助物である (Briggs *et al.*, 1981a)。

醸造目的のため、2 品種のトウモロコシの適当性を研究した (Aderinola, 1992)。100% トウモロコシ麦芽、90% トウモロコシ麦芽プラス 10% 大麦麦芽、さらに 80% トウモロコシ麦芽プラス 20% 大麦麦芽の研究から、糖化は 80% トウモロコシ麦芽プラス 20% 大麦麦芽のとき達成された。麦芽大麦が捕捉的酵素源として市販の工業的酵素より用いられたのは、後者は非常に値段が高いためである。貧弱なアワ形成 / 加熱保持は 3 ビール全てに記録された。この最もありうる理由は、トウモロコシ品種の全ての高脂質含量のためであろう。これまでの試験から、トウモロコシ麦芽が将来の醸造に利用されることを示したが、これからの研究はビールの色の強さ、貧弱なアワ形成 / 加熱保持の問題であり、さらに適当な市販酵素との組み合わせの

問題である。

キビ (Millets)

キビがヨーロッパタイプ、ラガービールの醸造に用いられることが示された (Nout and Davies, 1982; Agu 1991, 1995)。パールキビは *uphutsu* と呼ばれる伝統的ビール醸造のためモザンビークで用いられ (Pelembé *et al.*, 2002)、さらに他の低アルコール飲料、*braga*, *darassum*, *cachate* 等もキビ麦芽から作られた (Chavan and Kadam, 1989)。一般にキビから作られたものは長時間保存が効かないが、それはキビは高脂肪含量で 2-3 日後にビールは変質をする。しかしながら 30℃でフィンガーキビの発酵はデンプンを減らすことが示され、長鎖脂肪酸含量も減らし、キビビールはより長いシェルフライフを与えた (Antheny *et al.*, 1996)。さらに発芽と発酵のコンビネーションで、フィンガーキビのフィチン酸、タンニン含量を減らし、栄養的・生化学的利用性と消化性を増やす事を示した (Nzelibe and Nwasike 1995; Sripiya *et al.*, 1997)。殆どのキビ中のタンパク質含量は小麦、トウモロコシ、米と比較されるが、フィンガーキビは栄養的にはメチオニン高含量のために優れていて、麦芽、醸造の材料として最も優れている (Shewry, 2002)。

キビ麦芽はソルガム麦芽汁より濾過が早く汁を作り、ソルガム麦芽から醸造したビールよりもっといい泡のビールを造る (Agu, 1995)。Moir (1989) はビール品質が色、透明性、泡の様子、フレーバーによるものとする、大麦、ソルガム、キビの比較研究から、キビ麦芽のビール醸造は、これらの品質にあっていることが示された (Agu, 1995)。

キビにはソルガムに似た幾つかの物理的性質があり、特にデンプンの糊化温度である (Palmer 1989)。適当なマッシュプログラムでソルガム麦芽抽出は進んだが、キビのデンプンも同様に糊化は高温で進み、キビ麦芽も同じように抽出する事ができた (Palmer, 1989)。Eneje *et al.*, (2001) は、ソルガム麦芽抽出に進んだマッシュ

法が、キビ麦芽抽出にも適しているかどうか調べた。最も高い抽出回収率は、マッシュ法のデカンテーションを用いた時で、それはこのマッシュ法を用いるとキビ麦芽の酵素阻害され、デンプンは十分に糊化したためである。しかしながらデカンテーションのマッシュ法は、低可溶化窒素、遊離アミノ窒素の低い値の汁を作り、汁はインヒュージョンマッシュ法より濾過が遅い。結論は、キビからラガービールをつくることはできるが、ビールのフレーバー、色の改良にもっと大きな改良研究が必要ということである。

オート麦

オート麦は抽出物が少ない殻を大比率で出し、大麦の10%に比べ、約30%ほどで、そしてオート麦麦芽は比較的低い抽出値であり、ほぼ大麦麦芽の70-75%である (Kreisz *et al.*, 2005)。さらにオート麦麦芽は α -、 β -アミラーゼ両方に不足し、その結果低抽出の回収である。粒には β -グルカンが多く、そのため発芽中の高粘度で水切りのおそい麦汁を避けるため、十分に粒を選ぶ必要がある。(Briggs, 1998a)。さらにオート麦麦芽の麦芽分析結果、非常に低い窒素修飾を示し、そのため全窒素 (SNR) に対する可溶性窒素の低比率を導いた (Taylor, 2000)。

はっきりいえることは、オート麦は今日のビール製造には重要な役割はないということである (Taylor, 2000)。しかし、研究から、補助物のオート麦添加はフレーバー性質に意味のあることが示された (Heydanek and McGorin, 1986)。Taylor(2000)は、ビールにはっきりしたトースト臭、ビスケット臭、味覚、それとクリーム的な比較的強い口腔内の感覚に結びつくものがあると言った。これらのフレーバーは明らかにオート麦で10%以下置き換えても出てくるもので、全体的に必要な力強いものである。

これらの理由からオート麦はビール醸造には適してないようだが、やるとすればフレーバーを良くすることに限定した補助物としてその最

適レベルを探すべきであろう。

偽穀物

ソバ

ソバビール製造の最初のステップで大切な事は、最適のマッシュ法の選択である。ソバ麦芽からの汁は、大麦麦芽からの汁に比べて低い発酵性と高粘度レベルのあることである (Nic Phiarais *et al.*, 2005, Wijngaard *et al.*, 2005b)。これらの汁はコングレスマッシング法で得られたがソバ麦芽に最適の方法ではない。しかしデカンテーションマッシング法もソバ麦芽にとって不適当のように見える (Nic Phiarais *et al.*, 2006b)。最近広いテストでマッシング間のいろいろな酵素類の作用を特徴づけるテストを行った。最適のマッシング法は、伝統的なマッシング法にレオロジー試験を結びつけて行われた (Goode *et al.*, 2005a, 2005b; Wijngaard and Arendt 2006)。その結果判ったことは、穀類をできるだけ細かくつぶし、粉—液体比1:4が推薦された。等温マッシング実験を参考にし、マッシング法は、温度・時間の以下プロフィール、35°C—15分間のマッシング、さらに45°C—15分間、61°C—40分間、72°C—30分間、そして78°C—10分間でマッシングを終える事が薦められた。これまでの醸造試験から、50Lパイロットスケールを用いてソバからグルテンフリービールを造ることのできる事を示した (Wijngaard and Arendt, 2006)。そのマッシングの改良した方法 (ラウテリング法) は、殻をとったソバの代わりに殻をとらないソバを用いた時に観察された。

Maccagnan *et al.*, (2004) により、最近グルテンフリービールのミクロ醸造が、主に麦芽していないソバを補助物として用いて醸造が行われた。その結果、ソバはビール製造の特徴に適していて、それはビールの外観と味の点に関してであった。しかしながら全てのこれまでの研究から、ソバとその麦芽の酵素含量は顕著に大麦麦芽のものより低かった (Nic Phiarais *et al.*, 2005, 2006b; Wijngaard *et al.*, 2005b; Zarnkow

et al., 2005)。さらにソバは多糖類を含み、それが高粘度の汁の原因となる (Wijngaard *et al.*, 2005c)。これらの問題は、市販の酵素添加で乗り越える事ができた (MacFadden and Clayton, 1989; Bajomo and Young, 1992)。醸造目的でソバ麦芽への市販酵素の広範囲の効果の研究が最近行われた (Nic Phiarais *et al.*, 2006a)。 α -アミラーゼをソバのマッシュに添加し、そのレベルを上げると、色、抽出レベル、汁濾過性、発酵性、全発酵抽出物を、粘度の低下とともに増やすことがわかった。さらにアミログルコシダーゼのソバのマッシュへの添加量を増やすと、それに相応して発酵の増加、全発酵抽出物の増加が、全可溶窒素、遊離アミノ窒素、Kolbach インデックス増加とともに認められた。これらの研究から、市販の酵素の助けがあればソバ麦芽は大麦芽麦芽に置き換え、セリアック病を持つ人々のためのグルテンフリー材として可能性のあることを示した。もっと多くの研究が最適の発酵パフォーマンスとビールの特徴 (例えばフレーバー、香り、アワ形成には) には必要である。

キノア

今日まで僅かだがキノアの醸造成分としての研究がなされてきたが、研究はキノアデンプンの性質が利用できるがどうかであった (Atwell *et al.*, 1983; Qian and Kuhn 1999a)。キノアデンプンにはアミロペクチンが多く、小麦、大麦と比較して低温度で糊化するが、トウモロコシ、ソルガムのような熱帯の穀物よりもかなり低い (Hoseney, 1994)。糊化温度域 57-64°C (Atwell *et al.*, 1983)、あるいは 67-71°C (Qian and Kuhn, 1999a) が報告されている。これは調整のマッシュング法がキノア麦芽を抽出する必要のないことを示している。キノアデンプンは、小麦 (Atwell *et al.*, 1983) やアマランス (Qian and Kuhn 1999a) よりずっと高い粘度を示す。トウモロコシデンプンとは対照的に、キノアデンプンは 65-95°C の温度域で 1 段階デンプン膨潤し低い粘度を示す (Ahamed *et al.*, 1996)。これらの特徴は、デンプン粒のサイズが非常に小さい

結果のためである。

醸造用成分としてキノアの利用に関しては、Kreis *et al.*, (2005) は、最適のキノア麦芽で麦芽を分析した結果、大麦麦芽よりわずかに高い抽出が見出した。Zarnkow *et al.*, (2005) による研究から、キノア麦芽から作ったビールは、大麦ビールと同じアルコールレベルをもつため、醸造成分に用いる価値のあることがわかった。

アマランス

Fenzl *et al.*, (1997) は、大麦ビール生産時に糊化前エクストルージョンクッキングをしたアマランスが大麦麦芽に一部置き換える事ができるかどうか試した。わかったことは問題なく技術的に 20% 置き換えが可能であった。純粋な大麦麦芽ビールと比較して、アマランスで作ったビールは、甘く、味が有り、苦み品質があり、完全な全体的なバランスのとれた味と判断され、悪い点は 2 点 (苦みが強く、フレーバーの未熟さ) 評価された。

かなり高デンプン含量のため、アマランスはビール生産に興味ある材料であるのみならず、スピリッツの生産用にも可能性がある。スピリッツ生産用には、アマランス種子は製粉され、ホットマッシュング法 (Sarhasddar, 1992) によって熱安定性 α -アミラーゼ添加で連続的に水解される。冷却後、10% 大麦麦芽がマッシュ糖化のために加えられ、発酵し、蒸留される。この方法の後、上等のスピリットがはっきりした官能試験で、アマランスに特異的なものとして得られている (Berghofer *et al.*, 1997)。しかしながら、セリアック病をもつ人々の安全な消費のためには 100% の未麦芽、麦芽アマランスでの醸造が必要である。

アマランスはグルテンフリー醸造材料の可能性あるものとして研究されてきた (Bauer *et al.*, 2005; Zarnkow *et al.*, 2005)。小さな醸造実験がアマランス麦芽でされ、正確な抽出含量 79.9% で、非常に低いアルコールビール (0.64%) ができた (Zarnhow *et al.*, 2005)。醸造のためのこれ以上の研究をしなくても文献を利用すれば、

アマランスの低アルコールの革新的機能性飲料として製造することができよう。

結論

新しいグルテンフリー醸造材料の探求研究はまだ未熟である。新たな醸造分野に新知見が加わり、一度その加工条件が適当なグルテンフリー材料に適合されると、満足ゆくグルテンフリービール製品はもっと信頼され、セリアック病の人々のためのビールとしてもっと優れた品種へと進むであろう。

最近ではソルガム、キビ、ソバだけが、グルテンフリービール成分（材料）として成功しているようであるが、一方、他の穀物は僅か補助物だけとしての可能性しかない。初期のソルガムの研究はグルテンフリー用の目的ではなく、1988年ナイジェリアへの大麦麦芽の輸入禁止への対応のためであった。アフリカのビール愛飲者の大部分に受け入れられただろうが、ソルガムビールの味、フレーバーは恐らくこの地域以外の国々では受け入れられないであろう。産

業国のビール愛好家の味、習慣に合致したものを作るためにはさらに深く研究を進めることが必要であろう。

インターネットの検索から、非常に多くのグルテンフリービール製造小醸造業者のいることはわかっている。しかしながら、それら業者のつくるグルテンフリービールの成分リストの詳細な分析をすると、少量%の麦芽がレシピ中に含まれ、このコンタミは確実にセリアック病患者にとって都合のよいものではないであろう。そのようにして集められた結果から、ソバビールはソルガムビールに変わるグルテンフリーとして最も約束されるものであった。

これらの穀物、偽穀物の知識と人気をあげるためにはさらに徹底したマーケット努力が必要である。それは現在ほんの僅かの人々しかこれらの穀物に親しんでないし、あるいはその消費者でしかないためである。これらの材料がうまく商業的に広がればいままで述べてきた面としっかり結びついてくる。

References

- Aderinola, A. V. (1992). *Discovery and Innovation* **4**, 103-108.
- Agu, R. C. (1991). *J. Food Sci. Technol.* **28**, 81-83.
- Agu, R. C. (1995). *Process Biochem.* **30**, 311-315.
- Agu, R. C. (2005). *Tech. Q. Master Brew Assoc. Am.* **42**, 120-124.
- Agu, R. C. and Palmer, G. H. (1997a). *Process Biochem.* **32**, 147-158.
- Agu, R. C. and Palmer, G. H. (1998a). *World J. Microbiol. Biotechnol.* **14**, 43-48.
- Agu, R. C. and Palmer, G. H. (1998b). *Brew. Dig.* **73**, 30-36.
- Agu, R. C. and Palmer, G. H. (1998c). *Bioresour. Technol.* **66**, 253-261.
- Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., and Pal, M. (1996). *Carbohydr. Polym.* **31**, 99-103.
- Anthony, U., Sripiya, G., and Chandra, T. S. (1996). *J. Agric. Food Chem.* **44**, 2616-2618.
- Atwell, W. A., Patrick, B. M., Johnson, L. A., and Glass, R. W. (1983). *Cereal Chem.* **60**, 9-11.
- Bajomo, M. F. and Young, T. W. (1992). *J. Inst. Brew.* **98**, 515-523.
- Bauer, J., Walker, C., and Booer, C. (2005). *The Brewer and Distiller* **4**, 24-26.
- Berghofer, E., Marques, E., Robic, F., and Epalle, G. (1997). *Proktikumsprotokoll*, Unpublished.
- Briggs, D. E. (1998a). Types of malt. In: Briggs, D. E. ed. *Malts and Malting*. London: Blackie Academic & Professional, pp. 699-740.
- Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R., and Young, T. W. (1981a). Adjuncts, sugars, wort syrups and industrial enzymes. In: Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R., and Young, T. W., eds. *Malting and Brewing Science*. London: Chapman & Hall, pp. 222-253.

- Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R., and Young, T. W. (1981b). The chemistry and biochemistry of mashing. In: Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R., and Young, T. W. eds. *Malting and Brewing Science*. London: Chapman & Hall, pp. 254-300.
- Chavan, J. K. and Kadam, S. S. (1989). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **28**, 349-400.
- Coors, J. (1976). *Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am.* **13**, 117-119.
- Eneje, L. O., Obiekezie, S. O., Aloho, C. U., and Agu, R. C. (2001). *Process Biochem.* **36**.
- Fenzl, G., Berghofer, E., Silberhammer, H., and Schwarz, H. (1997). *Tagungsband Oesterr Brauforum* **1**, 1-6.
- Fujita, J., Shigeta, S., Yamane, Y. -I. et al. (2003). *J. Biosci. Bioeng.* **95**, 460-465.
- Goode, D. L. and Arendt, E. K. (2003). *J. Inst. Brew.* **109**, 208-216.
- Goode, D. L., Rapp, L., Schober, T. J., and Ulmer, H. M. (2005a). *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **63**, 76-86.
- Goode, D. L., Wiltshcko, E. A., Ulmer, H. M., and Arendt, E. K. (2005b). *J. Inst. Brew.* **111**, 165-175.
- Hallgren, L. (1995). Lager beers from sorghum. In: Dendy, D. A. V. ed. *Sorghum and Millets-Chemistry and Technology*. St. Paul MN: American Association of Cereal Chemists, pp. 283-298.
- Heydanek, M. G. and McGorin, R. J. (1986). Oat flavor chemistry: Principles and prospects. In: Webster, F. H. ed. *Oats Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp. 335-369.
- Hoseney, R. C. (1994). Starch. In: Pomeranz, Y. ed. *Principles of Cereal Science and Technology*, 2nd edn. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp.147-148.
- Iemura, Y., Takahashi, T., Yamada, T., Furukawa, K., and Hara, S. (1999). *J. Biosci. Bioeng.* **88**, 531-535.
- Ilori, M. O., Oguniwin, J. O., and Adewusi, S. R. A. (1991). *Brew. Distill. Int.* **3**, 10-13.
- Iwata, H., Nagano, T., Shiokawa, K., and Suzuki, A. (1998). *J. Brew. Soc. Jpn.* **93**, 139-147.
- Iwata, H., Suzuki, T., Takahashi, K., and Aramaki, I. (2002). *J. Biosci. Bioeng.* **93**, 296-302.
- Juliano, B. O. (1994). Production and utilization of rice. In: B. O. Juliano, ed. *Rice Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Society of Cereal Chemists, pp.1-14.
- Kreisz, S., Zarnkow, M., Kebler, M. et al. (2005). Beer and innovative (functional) drinks based on malted cereals and pseudo-cereals. In: *Proceedings of the 30th European Brewery Convention*, Prague, Czech Republic, Contribution 103, pp.1-8.
- Little, B. T. (1994). *Ferment* **7**, 163-168.
- Maccagnan, G., Pat, A., Collavo, F., Ragg, G. L., and Bellini, M. P. (2004). European Patent no. 0949328B1.
- MacFadden, D. P. and Clayton, M. (1989). *Beverage Ind. Int.* **1**, 71-81.
- Moir, M. (1989). *Brewers' Guardian* **118**, 64-71.
- Moonjai, N. (2005). Comparative study of experimental beers brewed from rice malt with some starchy adjuncts. In: *Proceedings of the 31th Congress on Science and Technology of Thailand*, Nakhon Ratchasima, Thailand. Contribution 84, pp.1-3.
- Nic Phiarais, B. P., Wijngaard, H. H., and Arendt, E.K. (2005). *J. Inst. Brew.* **111**, 290-298.
- Nic Phiarais, B. P., Schehl, B. D., Oliveira, J. C., and Arendt, E. K. (2006a). *J. Inst. Brew.* **112**, 324-332.
- Nic Phiarais, B. P., Wijngaard, H. H., and Arendt, E. K. (2006b). *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **64**, 187-194.
- Nout, M. J. R. and Davies, B. J. (1982). *J. Inst. Brew.* **88**, 157-163.
- Nso, E. J., Ajebesome, P.E., Mbofung, C. M., and Palmer, G.H. (2003). *J. Inst. Brew.* **109**, 245-250.
- Nzelibe, H. C. and Nwasike, C. C. (1995). *J. Inst. Brew.* **101**, 345-350.
- Owuama, C. I. (1997). *World J. Microbiol. Biotechnol.* **13**, 253-260.
- Owuama, C. I. (1999). *J. Inst. Brew.* **105**, 23-34.
- Palmer, G. H. (1989). Cereals in malting and brewing. In: Palmer, G. H. ed. *Cereal Science and Technology*. Aberdeen, Scotland: Aberdeen University Press, pp. 61-242.
- Pelembé, L. A. M., Dewar, J., and Taylor, J. R. N. (2002). *J. Inst. Brew.* **108**, 7-12.
- Qian, J. and Kuhn, M. (1999a). *Starch/Staerke* **50**, 7-13.
- Sarhaddar, S. (1992). US Patent no. 5114491.
- Shewry, P. R. (2002). The major seed storage proteins of spelt wheat, sorghum, millets and pseudocereals. In:

- Belton, P. S. and Taylor, J. R. N. eds. *Pseudocereals and Less Common Cereals-Grain Properties and Utilization Potential*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 1-20.
- Sripiya, G., Anthony, U., and Chandra, T. S. (1997). *Food Chem.* **58**, 345-350.
- Taylor, D. G. (2000). *Ferment January*, 18-20.
- Wijngaard, H. H. and Arendt, E. K. (2006). *J. Inst. Brew.* **112**, 57-65.
- Wijngaard, H. H., Ulmer, H. M., and Arendt, E. K. (2005b). *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **63**, 31-36.
- Wijngaard, H. H., Ulmer, H. M., Neumann, M., and Arendt, E. K. (2005c). *J. Inst. Brew.* **111**, 257-281.
- Yoshizawa, K. and Kishi, S. (1985). Rice in brewing. In: Juliano, B. O. ed. *Rice-Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Society of Cereal Chemists, pp. 619-636.
- Zarnkow, M., Kebler, M., Burger, F., Kreis, S. and Back, W. (2005). Gluten free beer from malted cereals and pseudocereals. In: *Proceedings of the 30th European Brewery Convention*, Prague, Czech Republic. Contribution 104, pp.1-8.

連絡先：瀬口 正晴 (Masaharu Seguchi)
Email: :gr228587@wf7.so-net.ne.jp

成熟がニジマスの臓器や体成分に及ぼす影響－ 3. 発達, 完熟, 過熟

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

連絡先: email: si290347-5313@tbz.t-com.ne.jp

Key Words: ニジマス 成熟 精巢 卵巣 背肉色素量 卵巣色素量 血漿成分

成熟がニジマスの臓器や体成分に及ぼす影響を前々報¹⁾で成熟初期について、前報²⁾で生殖腺が急速に発達する時期から完熟して放精、排卵し、さらに過熟に至るまでについて説明した。前報では紙数の都合で生殖腺の発達状態と成長、肥満度、腹腔内脂肪蓄積組織 (DL) と肝臓の体重比、肝臓と背肉の一般成分含量との関係までしか説明できなかった。本報告では背肉と卵巣の色素量、血漿の成分含量と酵素活性について説明する。また、最後に生殖腺が未発達の時期から過熟に至るまでの全ての段階で成熟程度が臓器や体成分に及ぼす影響を纏める。

1. 方法

一部前々報 (以下試験 -1 とする) と前報 (試験 -2) との重複になるが、本報告に必要と思われる部分のみを要約しておく。それ以外の部分は文献 -1 あるいは 2 を参照して欲しい。

初期体重約 700g のニジマスを基本配合は同じで合成カンタキサンチンのみを 4 段階濃度で添加した飼料 (A 区 2.5mg, B 区 5.0mg, C 区 7.5mg, D 区 10mg/100g) を与えて 6 月 14 日から 9 月 6 日まで飼育した。これが成熟初期の試験 -1 である。9 月 7 日から飼料を変更し、A 区と D 区にはカンタキサンチン無添加の育成用飼料、B 区と C 区にはカンタキサンチンを

2.5mg/100g 添加した親魚用飼料を与え、翌年の 1 月 11 日まで飼育を継続した。これが試験 -2 である。育成用飼料と親魚用飼料は基本配合が違うので栄養成分含量も違っている。表 1 に両飼料の分析値を示す。親魚用飼料の方がタンパク質と脂質が多く、エネルギー含量が高い。炭水化物は少ない。また、カンタキサンチンが添加してあるので色素含量 (総カロチノイド含量) も高い。

試験 -2 の間に大部分の魚の生殖腺は正常に発達し、完全に成熟して放精、排卵し、さらに過熟状態にまで至っていた。次年度以降に成熟する生殖腺未発達の個体はごく少数であった。

試験期間中 10 月 17 日、11 月 21 日、12 月 21 日および 1 月 11 日に各区から魚を 5 尾ずつサンプリングし、個体別に生殖腺の状態を観察して成熟程度が各臓器の状態や体成分に及ぼす影響を調べた。なお、12 月 21 日は作業時間の

表 1 飼料の組成と分析値

飼料	育成用	親魚用
水分 (%)	8.7	8.3
タンパク質	44.7	47.9
脂質	5.9	7.1
炭水化物	28.6	22.5
灰分	9.0	10.0
総カロチノイド (mg/100g)	1.627	2.688

都合上 C, D 区のみを調べた。開始時の値には 9 月 6 日の測定値を用いた。

池から取上げた魚は麻酔し、キュビエ氏管から採血した。血液は個体別に遠心分離して血漿を分離し、グルコース (Glu), 総タンパク質 (TP), トリグリセライド (TG), 総コレステロール (T.Chol) 含量とアルカリ性フォスファターゼ (ALP) 活性の測定に供した。分析はヒト血液用半自動分析機によって行った。

表 2 生殖腺体重比の経時変化

性別 魚 No.	雄				雌			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A 区								
9 月 6 日	8.65	5.06			3.49	1.79	6.76	
10 月 17 日	8.28	5.40	5.82		9.45	0.15		
11 月 21 日	6.04	4.89			15.13	12.91	11.21	
1 月 11 日	4.54	8.03			6.00	11.10	9.74	
B 区								
9 月 6 日	7.16	6.00			1.68	3.73	2.20	
10 月 17 日	6.24	5.28			9.47	10.16	14.61	
11 月 21 日	4.69	5.68	0.05		16.73	15.03		
1 月 11 日	1.02	7.01	5.62		9.76	9.59		
C 区								
9 月 6 日	5.17				4.17	1.94	2.98	3.98
10 月 17 日	4.78	5.94			13.08	10.37	11.06	
11 月 21 日	9.09	3.54			16.35	16.04	8.72	
12 月 21 日	4.85	5.59			3.91	14.70	15.24	
1 月 11 日	6.34	0.04	7.75		8.12	18.39		
D 区								
9 月 6 日	4.12	3.55	2.31	5.76	1.85			
10 月 17 日	4.18	5.79			7.68	9.67	10.09	
11 月 21 日	0.03	4.32	0.04	4.33	17.11			
12 月 21 日	8.12	7.66			16.32	20.08	12.59	
1 月 11 日	4.52	6.12			0.13	5.86	6.50	

単位: %

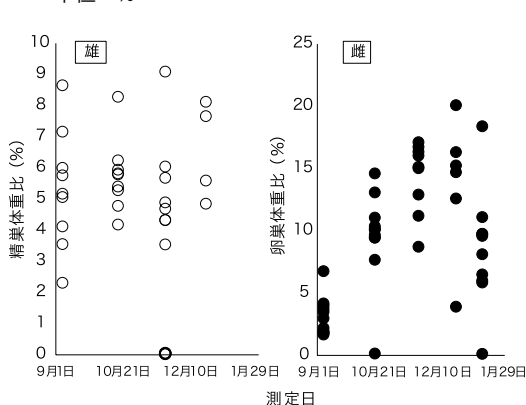


図 1 生殖腺体重比の経時変化

採血後の魚体は腹部を圧迫して放精, 排卵の有無を確認した。放精, 排卵が認められた場合には精液と卵の状態を観察した。次いで延髄を穿刺して即殺した後開腹し, 精巣と卵巣の状態を観察すると共に重さを計って体重比を求めた。

背鰭の後端から脂鰭の前端の下で, 側線より上の部分³⁾から採取した背肉は個体別に総カロチノイド含量の分析に供した。卵巣も個体別に総カロチノイド含量を分析した。分析は既に報告した手順⁴⁾に従って行った。

生殖腺の発達程度は雄では 3 段階, 雌では 4 段階に分けた。雄は未発達 (今期には成熟せず, 次年度以降に成熟する個体), 正常 (今期に成熟するが, 未だ放精していない個体), 放精 (既に放精状態にある個体) で, 雌は未発達, 正常 (今期に成熟するが, 未だ排卵していない個体), 排卵 (卵巣から腹腔内に卵が放出された直後で, 受精が可能な個体) および過熟 (排卵後時間が経過して既に受精が不可能になっている個体) である。なお, 雄で放精と過熟を分けなかったのは, 両者の区別が難しいからである。

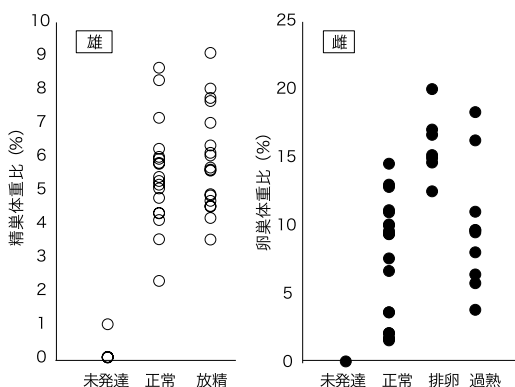


図 2 生殖腺の発達状態と生殖腺体重比

2. 結果

試験-2 で得られた結果の残り部分について以下で説明するが、その前に経時的な生殖腺の発達状態ならびに生殖腺の発達状態と生殖腺体重比との関係を表2と図1, 2に示しておく。この数字がニジマスの成熟程度が臓器や体成分に及ぼす影響を判断するための基準になっている。

以下の項目番号は前報からの継続で付してある。

2-8. 背肉の色素量

背肉色素量の経時変化を区毎, 雌雄個体別に示したのが表3と図3-6である。9月6日までカンタキサンチン添加量が異なる飼料で飼育していたので, 本

表3 背肉色素含量の経時変化

性別 魚 No.	雄				雌			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A 区								
9月 6日	0.187	0.286			0.231	0.240	0.155	
10月 17日	0.268	0.217	0.312		0.175	0.257		
11月 21日	0.110	0.213			0.165	0.216	0.125	
1月 11日	0.045	0.015			0.195	0.040	0.063	
B 区								
9月 6日	0.478	0.389			0.407	0.283	0.326	
10月 17日	0.578	0.539			0.418	0.483	0.467	
11月 21日	0.302	0.174	0.389		0.398	0.026		
1月 11日	0.029	0.214	0.072		0.083	0.367		
C 区								
9月 6日	0.499				0.224	0.962	0.600	0.372
10月 17日	0.591	0.804			0.444	0.399	0.517	
11月 21日	0.097	0.062			0.366	0.193	0.455	
12月 21日	0.024	0.084			0.351	0.449	0.071	
1月 11日	0.079	0.534	0.060		0.373	0.266		
D 区								
9月 6日	0.611	0.895	0.697	0.711	0.413			
10月 17日	0.746	0.705			0.656	0.508	0.308	
11月 21日	0.499	0.602	0.481	0.444	0.502			
12月 21日	0.078	0.165			0.373	0.306	0.264	
1月 11日	0.050	0.018			0.620	0.263	0.501	

単位: mg/100g

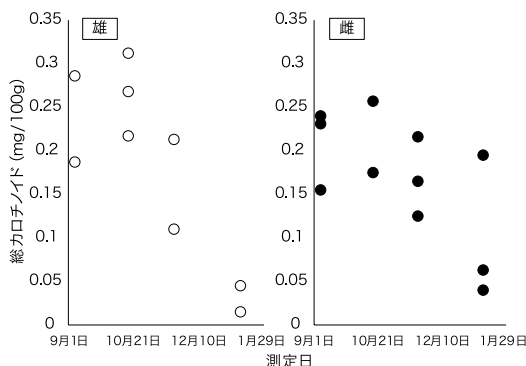


図3 背肉色素量の経時変化 (A 区)

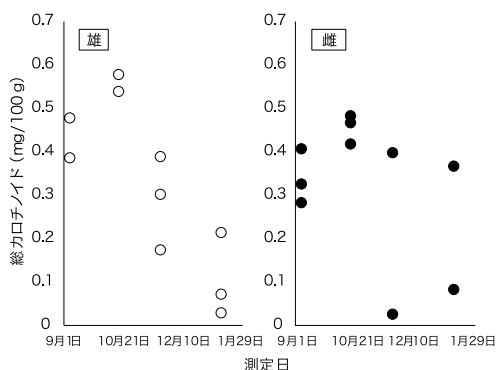


図4 背肉色素量の経時変化 (B 区)

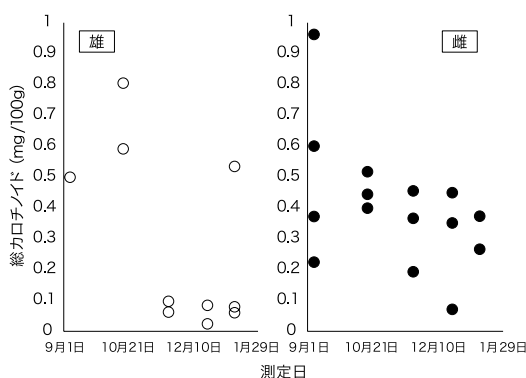


図5 背肉色素量の経時変化 (C 区)

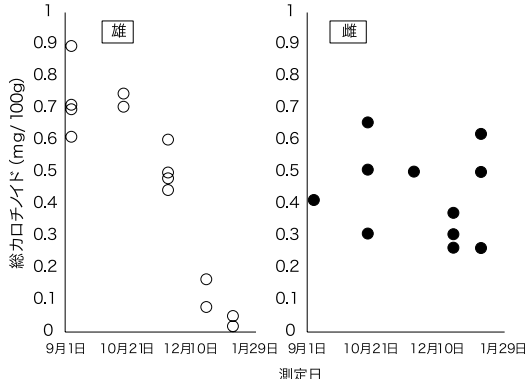


図6 背肉色素量の経時変化 (D 区)

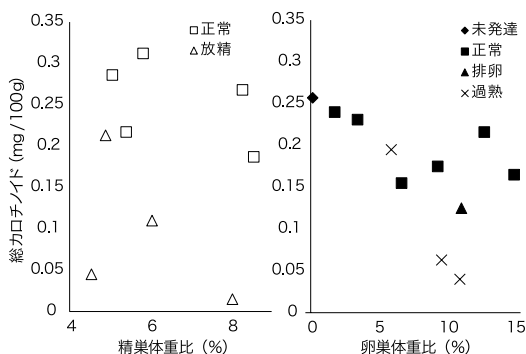


図7 生殖腺体重比と背肉色素量の関係 (A区)

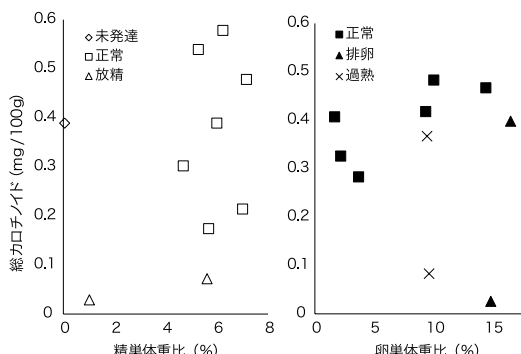


図8 生殖腺体重比と背肉色素量の関係 (B区)

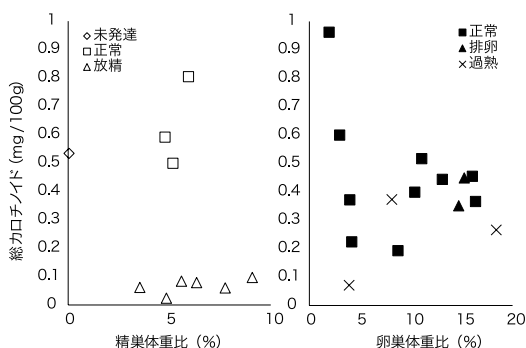


図9 生殖腺体重比と背肉色素量の関係 (C区)

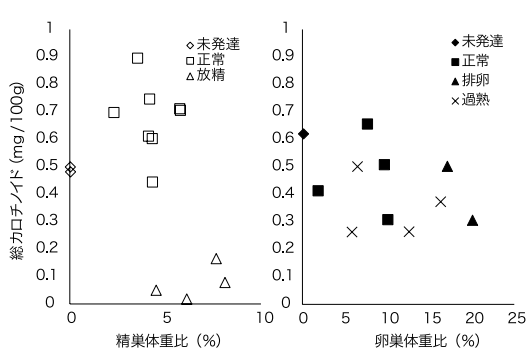


図10 生殖腺体重比と背肉色素量の関係 (D区)

試験開始時の背肉色素量は飼料カンタキサンチン添加量の通り $A < B < C < D$ 区の順が多かった。また、9月6日の背肉色素量は何れの区でも雄の方が多かった。これは両方とも単位体重当りの色素摂取量が多かったことを示している。9月7日以降A区とD区にはカンタキサンチン無添加飼料、B区とC区にはカンタキサンチン2.5mg/100g添加飼料を与えた。

何れの区でも雄は10月17日以後背肉の色素量は急速に減少していた。減少は初期色素量が多い区ほど急であったが、初期含量に対する経時的な減少割合は各区間で大きな違いは認められなかった。雌でも略同様の変化を示したが、減少の割合は雄より少なかった。なお、D区の雌では個体差が大きく、減少傾向は他区程明確でなかった。

各区の生殖腺体重比と背肉色素量との関係を雌雄成熟状態別に示したのが図7-10である。雄では精巣が未発達の時期から正常に発達して

ある程度の大きさになるまで背肉の色素量はやや増えており、この間摂餌していることが分かる。放精する様になると背肉の色素量は急に著しく低い値を示した。放精開始時に背肉から急激に色素を放出する変化が起こっている事を示唆している。アスタキサンチンやカンタキサンチン等の色素はタンパク質との親和性が高く、多くの海産動物ではタンパク質との複合体として存在している事が知られている⁵⁾。背肉の色素量が急に著しく低い値を示した時期は、放精と同時に背肉のタンパク質含量が急減した時期と良く一致している。恐らく色素が結合している部位のタンパク質が分解され、色素が分離されることによって背肉の色素量が減少しているであろう。

精巣の発達状態が未発達→発達→放精→放精終了と変化するに伴い、精巣体重比は時計回りの歪な円を描く方向で変化する²⁾が、背肉の色素量も同様の動きを示していた。精巣体重比

表 4-1 卵巣色素量の経時変化 (A 区, B 区)

	単位重量当り mg/100g	卵巣全体 mg	単位体重当り μg/100g 体重
A 区			
9 月 6 日			
No.1	1.453	0.509	50.70
No.3	3.704	0.636	66.32
No.5	1.636	1.569	110.73
10 月 17 日			
No.4	0.504	0.660	47.69
No.5	0.889	0.013	1.39
11 月 21 日			
No.3	0.499	1.152	75.49
No.4	0.493	0.899	63.71
No.5	0.351	0.557	39.39
1 月 11 日			
No.1	1.261	0.748	49.70
No.2	0.520	0.788	54.91
No.4	0.163	0.203	14.58
B 区			
9 月 6 日			
No.2	3.681	0.759	61.76
No.3	2.258	0.856	84.17
No.5	2.400	0.636	52.82
10 月 17 日			
No.3	1.320	1.515	125.00
No.4	1.198	1.533	121.76
No.5	1.121	2.314	163.88
11 月 21 日			
No.1	1.252	3.607	209.47
No.4	1.319	3.541	198.26
1 月 11 日			
No.2	1.107	1.413	104.28
No.4	1.160	1.862	102.03

と背肉色素量の関係は、初期色素量が少ない区ほど円の縦軸方向が小さく、中心は原点付近に寄っているが、初期色素量が多い程円の縦軸方向が大きくなり、中心は原点付近から上方向に移動する。初期色素量が多かった C 区と D 区の円の形状は似通っていたが、少なかった A 区と B 区は異なっており、特に A 区では著しく違っていた。

雌も雄と同様の変化を示しており、卵巣が未発達→発達→排卵→過熟と変化するに従って背肉の色素量は時計回りの円を描く方向で動いていた。何れの区でも雌は雄より色素量の変動幅が小さく、卵巣は精巣より大きくなる事も有って、雄では縦長の円形を示したが、雌では横長の円形を描いていた。また、雌でも生殖腺(卵巣)

表 4-2 卵巣色素量の経時変化 (C 区, D 区)

	単位重量当り mg/100g	卵巣全体 mg	単位体重当り μg/100g 体重
C 区			
9 月 6 日			
No.1	3.584	1.626	149.59
No.3	3.216	0.550	62.43
No.4	2.788	1.001	83.14
No.5	2.214	0.831	88.12
10 月 17 日			
No.3	1.088	1.481	142.40
No.4	1.253	1.656	129.98
No.5	1.105	1.968	122.24
11 月 21 日			
No.2	1.379	3.733	225.42
No.3	1.286	3.261	206.26
No.5	1.432	2.181	124.91
12 月 21 日			
No.2	2.879	1.710	112.72
No.3	0.974	2.514	143.25
No.4	1.085	2.235	165.43
1 月 11 日			
No.2	1.421	2.073	106.97
No.5	0.794	1.910	139.31
D 区			
9 月 6 日			
No.2	4.877	1.008	90.32
10 月 17 日			
No.1	1.407	1.157	108.13
No.2	1.072	1.309	103.72
No.4	1.072	2.026	108.11
11 月 21 日			
No.5	0.596	1.026	101.99
12 月 21 日			
No.2	0.504	1.381	82.25
No.3	0.899	2.746	180.54
No.5	0.830	1.646	104.44
1 月 11 日			
No.2	0.656	0.016	0.86
No.3	1.506	1.110	65.76
No.4	0.937	0.782	54.19

体重比と背肉色素量との関係は、初期色素量が少ない区の方の中心は原点近くに位置し、多くなるに従って上方向に移動するのは雄と同じであった。

雄の方が成熟に伴う背肉色素量の減少が大きいのは、完熟時に雄の方が背肉タンパク質の分解量が雌より大きいことによるものと思われる。

9 月 7 日以降に与える飼料の色素量の差による背肉色素量の違いは雌雄共に認められず、初期色素量の違いによる変化のみであった。雄では 10 月 17 日以降殆ど摂餌していないと判断出来る事から、当然の結果であるといえる。雌で

は後述する様に排卵直前まで摂餌していると考えられるので、飼料の違いによる差が出てもしよい様に思えるが、卵巢の発達に伴って飼料由来の色素は優先的に卵へ送られる事や、雌の成熟に伴う背肉タンパク質の分解は雄より少ないので、この程度の飼料色素含量の違いでは背肉の色素含量に明確な差は生じないのであろう。

2-9. 卵巢の色素量

卵巢単位重量当りの色素量、卵巢全体の色素量、単位体重当りの卵巢色素量を各区個体別に表4-1, 2に示す。

供試個体数が少なく個体差も大きかったので明確ではないが、9月6日までに与えた飼料の色素含量の違いが卵巢単位重量当りの色素量に反映されている(図11, 12)。しかしながら、低色素含量区でも高い卵巢色素量を示す個体が存在するなど、違いは予想していたより小さかった。これは飼料から吸収された色素は、吸

収量の多少に係わらず一定量が優先的に卵へと送られている可能性を示している。卵に送られた残りの色素が肉部等に蓄積されているのであろう。また、何れの区においても卵巢単位重量当りの色素量は9月6日から10月17日にかけて急激に減少し、それ以降大きな変化は認められない。10月17日以降の卵巢単位重量当りの色素量は飼料にカンタキサンチンを添加していないA区とD区が低く、添加しているB区とC区が高かった。雌は排卵直前まで摂餌しているので、摂取した飼料の色素量の影響が表れているものと判断出来る。図1より9月6日から10月17日は卵巢が急激に大きくなる時期に一致している事が分かる。発達途中にある卵巢に含まれる色素の量が減少するとは考え難いので、卵巢単位重量当りの色素量は減少していても卵巢全体に含まれている色素量は増えている可能性が高い。

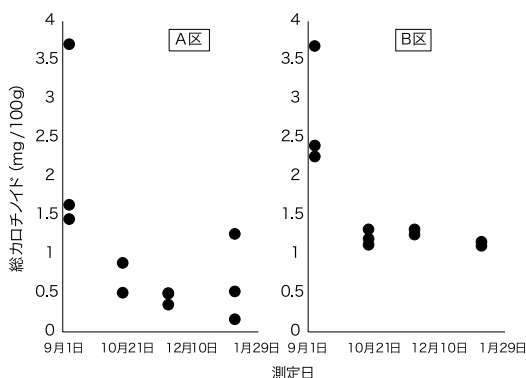


図11 卵巢色素量の経時変化-1

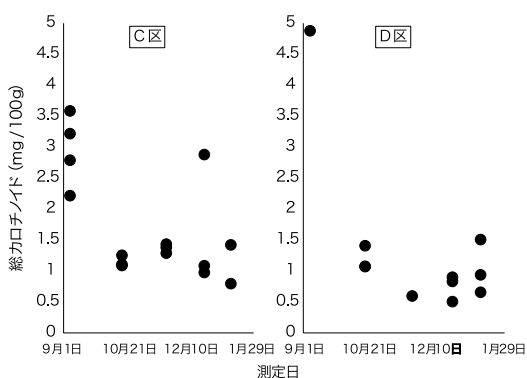


図12 卵巢色素量の経時変化-2

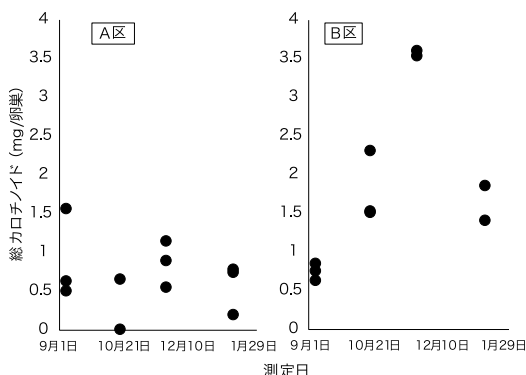


図13 卵巢全体色素量の経時変化-1

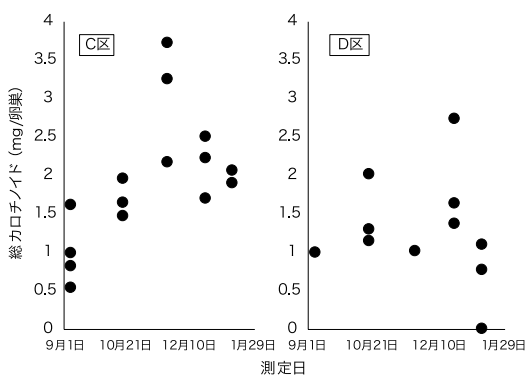


図14 卵巢全体色素量の経時変化-2

卵巣全体に含まれる色素量の経時変化を図13, 14に示す。9月7日以降カンタキサンチン無添加の育成用飼料を与えたA区とD区は個体によるバラツキは有るものの、卵巣全体に含まれる色素の量は排卵時まで殆ど増えていないのに対し、カンタキサンチン添加の親魚用飼料を与えたB区とC区は排卵時まで明らかに増加していた。増加量もB区とC区で略同じであった。この結果は、雌は排卵直前まで摂餌している事と、摂取した飼料の色素含量の違いが卵巣全体の色素含量に影響する事を示している。

A-Dの何れの区においても排卵し、卵が過熟状態になると卵巣全体の色素量は減少していた。これは卵が過熟になると卵成分が魚体に吸収され始める事や、卵の一部が体外に放出される事等が原因ではないかと推測する。

前報²⁾で説明した通り、雌の背肉タンパク質含量は排卵時まで卵巣が発達するに従って少しずつ減少しており、タンパク質が分解されていた事を示している。タンパク質が分解されれば背肉に含まれていた色素は放出される筈である。それにも拘らずA区とD区の卵巣全体に含まれる色素の量は増えていなかった。これは肉部に蓄積されていた色素の量は卵の色素量にそれ程大きな影響を及ぼしておらず、排卵直前まで摂取していた飼料の色素量の方が卵の色素量により強い影響を及ぼしていたことを示唆している。

卵巣の発達に伴って起こる肉部タンパク質の分解によって放出される色素は、主として卵に送られるのではなく、別の臓器に送られている

可能性が有る。成熟がニジマスの魚体内カロチノイドの分布に及ぼす影響を調べた⁶⁾結果によると、雄では放精開始後魚体全体に含まれる色素のうち肉部の色素が占める割合が著しく減少し、表皮と腎臓に含まれる色素の割合が増加していた。雌でも排卵後腎臓や頭部、鰭、表皮の色素が占める割合が増加していた。頭部に存在する色素の大部分は表皮に含まれていると推測出来ることや、鰭も体表の一部である事から、肉部から放出された色素は雌雄共に主として体表や腎臓に送られているのであろう。そうであれば成熟時に雄の方が体表に婚姻色が強く表れるのは、肉部タンパク質の分解によって放出される色素の量が雄の方が多いためかも知れない。

従来雌親魚では成熟に伴って肉部は褪色し、そこに含まれていた色素は主として卵に送られるとされていた。ところが本試験の結果は違っていた。肉部から放出された色素は主として体表や腎臓などに送られており、雄の場合と同様であった。肉部の分解によって放出される色素は体表等の細胞には吸収されるが、卵には吸収され難いのではないだろうか。肉部から放出された色素は肝臓において卵に吸収される形に作り替えられ、卵に送られるのではないだろうか^{7,8)}。そうであれば成熟に伴う肉部の分解によって放出された色素が主として体表や腎臓に移行し、卵にはあまり吸収されない事も理解出来る。また、腎臓は色素の排泄器官である可能性も有る。これらの点は未だ何も調べていないので、あくまでも想像である。

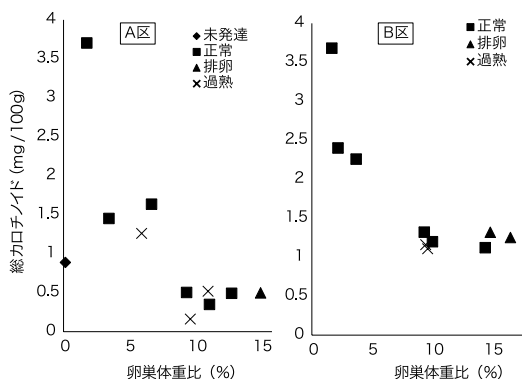


図15 卵巣体重比と卵巣色素量の関係-1

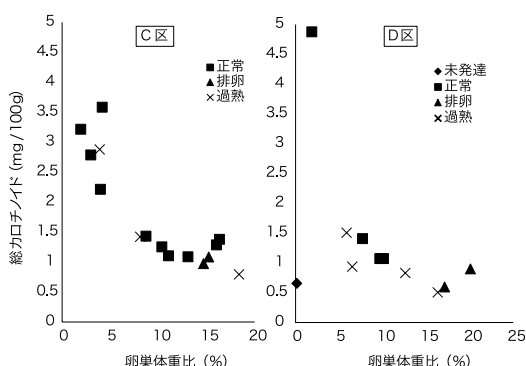


図16 卵巣体重比と卵巣色素量の関係-2

卵巣体重比と卵巣単位重量当り色素量との関係を区別, 成熟度別に示したのが図 15, 16 である。何れの区でも排卵前の個体では卵巣体重比が大きくなるに従って卵巣単位重量当りの色素量は減少し, 排卵後卵が過熟になって卵巣体重比が小さくなるに従って, 今度は逆に色素量は増えて行く。卵が過熟になって卵成分が魚体に吸収される時, 成分によって吸収される順番と割合に違いがあり, 色素より他成分の吸収割合の方が大きいため, この様な事が起こるのではないかと推測する。

卵巣体重比と卵巣全体の色素量との関係を区毎, 成熟度毎に示したのが図 17, 18 である。卵巣が発達するに従って卵巣体重比は大きくなり, それに伴って卵巣全体の色素量も増え, 排卵時に最大値を示す。排卵後卵が過熟になって卵体重比が小さくなると, 今度はそれに従って色素量も少なくなる。グラフ上色素量の位置は, 卵巣体重比が小さいうちは原点に近い左下に有るが, 卵巣が発達するに従って曲線を描いて右上に移動し, 排卵時に最大値を示す。その後, 卵が過熟になって卵巣体重比が小さくなるに従って今度はその曲線を逆に辿り, 原点に近い方向に向かって移動して行く。成熟期が終了して卵巣が縮小し, 来シーズンの成熟が始まると同じパターンの変化が繰り返されると推測出来るので, 卵巣全体の色素量は 1 年間に 1 度, 卵巣体重比が小さい時の原点に近い左下の位置から排卵時に示す最大値である右上の位置との

間を往復しているのであろう。

排卵時の最大値は A 区, D 区より B 区, C 区の方が明らかに高く, B 区, C 区では略同じであった。これは 9 月 7 日以降に与えた飼料の色素量が卵巣全体に含まれる色素量に反映している事を示し, 雌は排卵直前まで摂餌していた事が分かる。また, A 区と D 区で卵巣が小さい時の卵巣全体の色素量と排卵時の最大値を比較すると, D 区の差が大きかった。9 月 7 日の投与飼料を変更した時点では A 区より D 区の方が背肉の色素量が多かったので, 成熟に伴って肉部タンパク質が分解されて放出された色素の量も D 区の方が多かったと思われる。この事から肉部から放出された色素も卵巣全体の色素量に多少影響を及ぼしていたと判断出来る。卵巣が急速に発達する時期以降同じ飼料を与えていても, 開始時の肉部の色素量が多かった個体の方が排卵時に卵巣全体の色素量が多くなり, 卵の色が濃くなる可能性が高い。但し, 肉部の分解によって放出される色素より飼料由来の色素の方がより影響が大きいのは前述した通りである。

卵巣体重比と体重 100g 当りの卵巣色素量との関係を区毎, 成熟度毎に示したのが図 19, 20 である。カンタキサンチン添加の親魚用飼料を与えた B 区と C 区では卵巣体重比が大きくなるに従って色素量も直線的に増え, 排卵時に最高値を示し, 卵が過熟になると色素量が減少していた。一方, カンタキサンチン

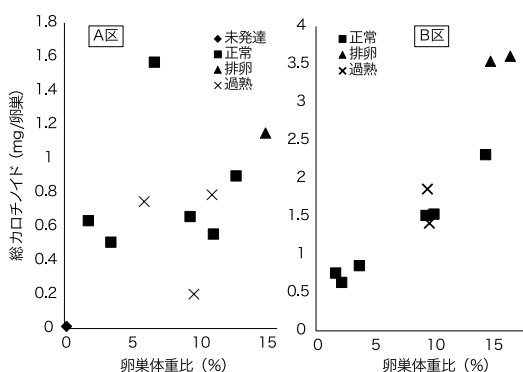


図 17 卵巣体重比と卵巣全体色素量の関係 -1

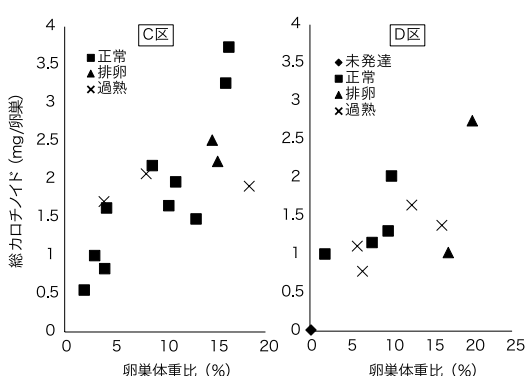


図 18 卵巣体重比と卵巣全体色素量の関係 -2

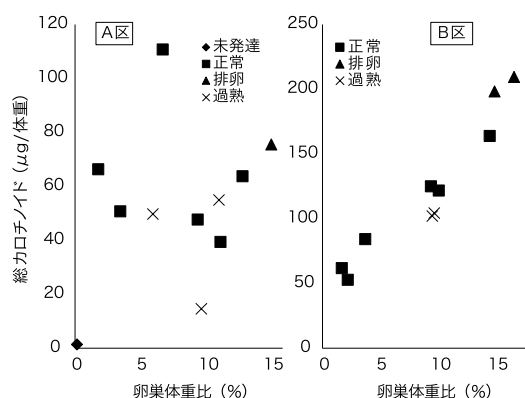


図 19 卵巣体重比と体重 100g 当り卵巣色素量の関係-1

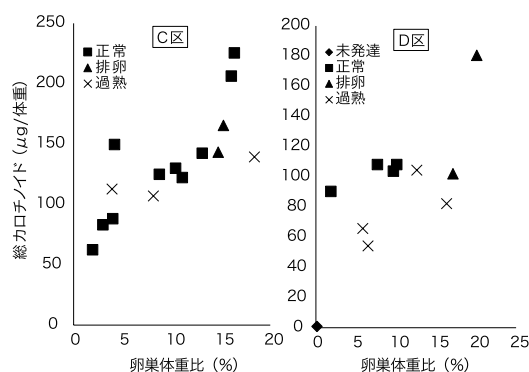


図 20 卵巣体重比と体重 100g 当り卵巣色素量の関係-2

無添加の育成用飼料を与えた A 区では、卵巣が大きくなっても色素量の増加は認められなかった。背肉の初期色素量が大きかった D 区では卵巣体重比の増加に従って多少卵巣色素量も増えていた。

卵巣未発達個体と過熟個体を除いて求めた卵巣体重比と体重 100g 当りの卵巣色素量との間には表 5 の相関が認められた。雌では排卵まで摂餌が行われている事、タンパク質の分解によって肉部から放出された色素も多少卵に移行している事、卵の色素量は飼料由来の色素の影響を強く受けている事等が分かる。なお、卵巣未発達個体と過熟個体を除いたのは未発達個体では卵への色素蓄積が不十分である可能性が有ること、過熟個体では卵中の色素が魚体へ吸収されて減少している可能性が有ることと、卵の

表 5 卵巣体重比と体重 100g 当り卵巣色素量との関係

$$y = Ax + B$$

x: 卵巣体重比 (%)

y: 体重 100g 当り卵巣色素量 (μg/100g 体重)

試験区	A	B	相関係数 (R^2)
A 区	-0.267	67.178	0.0031
B 区	9.6502	38.346	0.9604
C 区	7.3421	64.348	0.699
D 区	3.6175	75.387	0.5366

表 6-1 血漿成分の経時変化 (A 区, B 区)

成分 単位	Glu mg/dL	TP g/dL	TG mg/dL	T.Cho mg/dL	ALP K-A.U
A 区					
9 月 6 日	88	4.97	490	270	7.0
10 月 17 日					
♂ -1: 正常	104	4.96	403	352	6.4
♂ -2: 正常	75	4.12	415	303	6.6
♂ -3: 正常	116	4.62	419	301	5.0
♀ -1: 正常	91	5.54	301	219	5.7
♀ -2: 未発達	144	4.13	312	279	5.9
11 月 21 日					
♂ -1: 放精	76	4.26	214	296	2.3
♂ -2: 放精	82	4.79	221	303	3.8
♀ -1: 過熟	130	6.87	387	305	6.2
♀ -2: 過熟	139	5.87	568	225	6.0
♀ -3: 過熟	93	6.77	484	228	6.1
1 月 11 日					
♂ -1: 放精	77	4.51	158	300	3.0
♂ -2: 放精	121	3.14	269	226	4.5
♀ -1: 過熟	38	9.62	490	247	7.2
♀ -2: 過熟	48	9.84	616	294	6.9
♀ -3: 過熟	53	6.08	360	298	6.0
B 区					
9 月 6 日	119	4.88	514	256	5.4
10 月 17 日					
♂ -1: 正常	87	4.46	315	303	6.5
♂ -2: 正常	78	4.47	543	367	9.1
♀ -1: 正常	67	5.75	497	210	4.9
♀ -2: 正常	69	6.55	432	253	5.9
♀ -3: 正常	90	6.66	612	255	5.5
11 月 21 日					
♂ -1: 放精	81	4.20	206	258	3.1
♂ -2: 放精	118	2.97	86	154	2.3
♂ -3: 未発達	133	4.77	303	302	9.7
♀ -1: 排卵	81	7.40	298	228	4.7
♀ -2: 排卵	105	8.76	385	267	6.2
1 月 11 日					
♂ -1: 正常	114	3.44	248	287	4.0
♂ -2: 放精	32	8.20	450	219	5.3
♂ -3: 放精	143	3.86	251	248	2.9
♀ -1: 過熟	71	9.07	466	250	8.5
♀ -2: 過熟	140	2.65	97	122	2.1

表 6-2 血漿成分の経時変化 (C 区, D 区)

成分 単位	Glu mg/dL	TP g/dL	TG mg/dL	T.Cho mg/dL	ALP K-A.U
C 区					
9 月 6 日	121	4.75	538	277	6.0
10 月 17 日					
♂ -1: 正常	99	4.59	398	342	6.2
♂ -2: 正常	112	4.99	483	354	8.4
♀ -1: 正常	88	7.80	546	319	6.4
♀ -2: 正常	98	6.60	371	247	6.5
♀ -3: 正常	137	6.58	695	321	6.5
11 月 21 日					
♂ -1: 放精	89	5.28	204	353	3.9
♂ -2: 放精	130	2.03	91	158	1.9
♀ -1: 排卵	99	5.85	357	220	5.2
♀ -2: 排卵	77	6.13	266	295	5.2
♀ -3: 正常	86	8.54	475	286	4.1
12 月 21 日					
♂ -1: 放精	73	3.72	131	242	2.6
♂ -2: 放精	130	4.28	233	379	1.9
♀ -1: 過熟	83	5.42	300	223	2.7
♀ -2: 排卵	81	4.27	223	346	3.8
♀ -3: 排卵	92	4.21	149	201	4.4
1 月 11 日					
♂ -1: 放精	129	5.07	152	325	2.4
♂ -2: 未発達	151	5.63	452	470	4.6
♂ -3: 放精	209	4.19	146	233	3.1
♀ -1: 過熟	120	8.61	375	323	9.9
♀ -2: 過熟	78	9.61	618	278	5.0
D 区					
9 月 6 日	112	4.58	487	319	8.3
10 月 17 日					
♂ -1: 放精	115	5.57	404	415	6.6
♂ -2: 正常	156	5.59	421	365	5.6
♀ -1: 正常	73	4.36	437	278	6.2
♀ -2: 正常	88	5.56	386	183	6.2
♀ -3: 正常	161	5.73	554	232	4.8
11 月 21 日					
♂ -1: 未発達	70	3.51	345	275	6.0
♂ -2: 正常	85	4.51	471	330	3.2
♂ -3: 未発達	74	4.58	347	287	6.7
♂ -4: 正常	112	4.71	196	300	2.4
♀ -1: 排卵	77	4.53	216	247	3.9
12 月 21 日					
♂ -1: 放精	85	4.33	274	288	3.2
♂ -2: 放精	172	5.30	350	332	3.6
♀ -1: 過熟	73	9.87	647	242	5.8
♀ -2: 排卵	104	2.65	198	177	1.9
♀ -3: 排卵	91	4.71	289	293	4.1
1 月 11 日					
♂ -1: 放精	94	3.94	160	270	2.5
♂ -2: 放精	155	3.29	147	191	2.7
♀ -1: 未発達	113	4.65	331	319	5.4
♀ -2: 過熟	84	9.50	516	262	5.9
♀ -3: 過熟	84	9.36	583	266	5.1

一部が体外に放出されている可能性が有ること等による。

2-10. 血漿成分

表 6-1, 2 に各区個体別に測定した血漿成分の分析値を示す。Glu 含量は個体差が大きく、雌雄共成熟や摂取した飼料との明確な相関は認められなかった。

TP 含量の雌雄別経時変化を図 21 に示す。雄の血漿 TP 含量は精巣の発達に伴って少しずつ減少していたが、次第に個体差が生じ始め、完全に成熟して放精する様になると、より個体差が大きくなり、広い範囲に値が分散していた。雌の TP 含量は雄とは逆に卵巣の発達と共に高くなり、排卵直前に最大値を示した。排卵すると急に低い値を示し、その後卵が過熟になると著しく高い値を呈していた。卵巣が大きくなるに従って個体差が大きくなるのは雄と同じであったが、個体差の範囲は雌の方が大きかった。

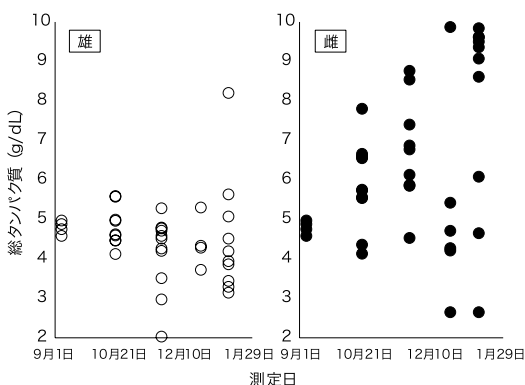


図 21 血漿総タンパク質含量の経時変化

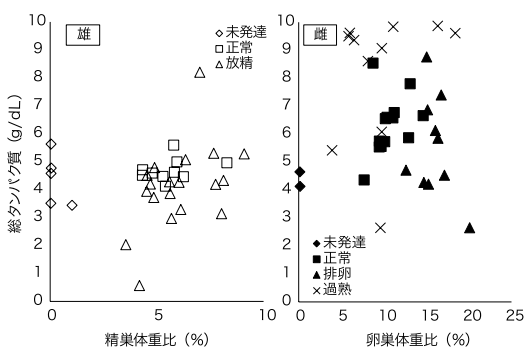


図 22 生殖腺の発達状態と血漿総タンパク質含量の関係

た。雌雄共生殖腺が発達する時期になると TP 含量に個体差が生じるのは、同じ時期でも個体によって生殖腺の発達程度が大きく異なっていたことを表しているのであろう。

生殖腺の発達状態と TP 含量との関係を図 22 に示す。放精前の雄では精巣が大きくなっても TP 含量に大きな違いは認められず、放精が始まると次第に低い値を示すようになる。放精開始後時間が経過して精巣が退縮し、体重比が小さくなるに従って TP 含量も低くなる。成熟期が終了して摂餌を再開すると魚は衰弱から回復し、血漿の TP 含量も初期の値に戻る。従って、雄の血漿 TP 含量は精巣の発達に伴って歪んだ円形を描く時計回りの方向で周年変化を繰り返していると推測出来る。雌では卵巢の発達に伴って TP 含量は次第に高くなり、排卵直前に高値を示した後排卵に伴って低くなる。さらに卵が過熟になると今度は逆に著しく高い値を示す。過熟の程度が進んで卵巢体重比が小さくなっても高い値を維持していた。卵成分が活発に魚体へ吸収されている間、血漿の TP 含量は高い値を維持しているのであろう。成熟期が終了して魚は回復し、翌シーズンの卵巢体重比が小さい時期になると血漿の TP 含量は元の値に戻る。よって、雌では卵巢の発達に伴って反時計回り方向で複雑な形状を描く周年変化を繰り返していると推測出来る。

雄の血漿 TP 含量は放精するまで大きな変化をせず、放精開始後減少するのは前報²⁾で説明した背肉と肝臓のタンパク質含量の変化と類似している。血漿のタンパク質は肝臓で合成されて供給される事や、放精開始時に体タンパク質の分解が急速に進む事、絶食が継続している事等が関係しているのであろう。雄の血漿 TP 含量は放精開始時の背肉タンパク質含量の様な急激な変化はせず、肝臓で段階クッションを置いた形の変化をしている。雌の血漿 TP 含量も背肉と肝臓のタンパク質含量の変化を併せた形で変化しており、排卵までの変化は背肉タンパク質とは逆の動きを示していた。雌の成熟に伴う血漿 TP 含量の増加はビテロゲニンの影

響が大きい。分解された体タンパク質が肝臓に供給され、ビテロゲニン合成の原料として利用されているのであろう。卵が大きくなるに従って肝臓でのビテロゲニンの合成が盛んになるので、血漿中の TP 含量も増える。排卵直前になって卵が完全に成熟し、栄養成分をさらに卵に送り込む必要が無くなると肝臓でビテロゲニンを合成する必要が無くなるので、血漿の TP 含量も減少する。これが排卵後 TP 含量減少の原因であろう。卵が過熟になると卵成分が魚体に吸収されるので、血漿の TP 含量は高くなる。卵が過熟になる時期には摂餌を再開している可能性も考えられるが、血漿 TP 含量の高くなり方から判断して、卵成分が魚体に吸収される事が主たる原因ではないかと推測する。成熟時に衰弱した体を回復させるため、卵から吸収されたタンパク質が血液を介して魚体各部に運ばれているのであろう。

TG と T.Chol は類似の変化を示したので、代表して TG 含量の経時変化を図 23 に示す。雄では TP と同様に精巣の発達に伴って減少したが、放精開始時まで急速に減少したことは TP と異なっていた。減少の程度は TG の方が大きかった。また、精巣が発達するに従って個体差が大きくなるのも TP と同じであった。他臓器との関係では、血漿の TG 含量は背肉より肝臓の脂質含量の変化に近い動きを示していたので、前述の TP と同じことがいえるのであろう。雌では肝臓より

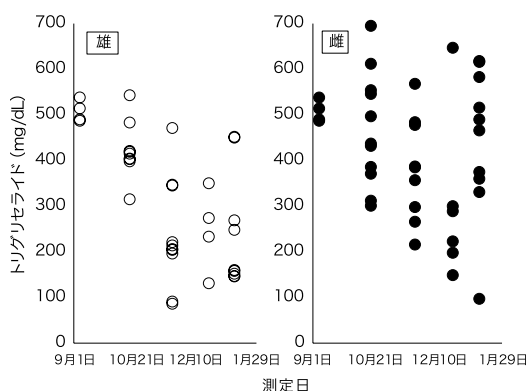


図 23 血漿トリグリセライド含量の経時変化

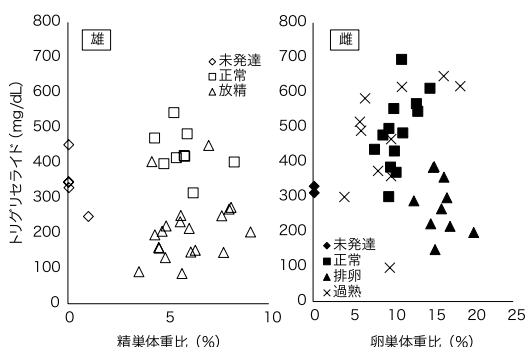


図 24 生殖腺の発達状態と血漿トリグリセライド含量の関係

背肉の脂質含量の変化に近い動きをしていた。魚体に蓄積されていた脂質は成熟が進むに従って肝臓へ供給され、肝臓で脂質を含むビテロゲンに合成され、血液を介して卵に運ばれているのであろう。卵巣が急速に発達し始める 10 月 17 日以降血漿の TG 含量は個体差が大きくなるのは TP と同じであったが、TG 含量は時期が進むに従って次第に減少していた点は TP とは異なっていた。血液を介して卵に送られる栄養成分は卵の発達段階によって種類と量が異なっている可能性が有る。

生殖腺の発達状態と血漿 TG 含量との関係を図 24 に示す。雌雄共 TG 含量は TP 含量と全く同じ動きを示していた。即ち放精前の雄では精巣が大きくなっても TG 含量に大きな違いは無く、放精が始まり、精巣が退縮するに従って低い値を示す様になり、成熟期が終了すると次第に元の値に戻る。雌では卵巣の発達に伴って TG 含量は次第に高くなり、排卵直前に高値を示した後排卵すると低くなる。卵が過熟になると逆に非常に高い値を示し、成熟期が終了すると元の値に戻る。血漿の TG 含量がこの様な動きをする理由も TP と重なる部分が有るのであろう。生殖腺の発達に伴う体成分の分解、肝臓と血液を介する卵への栄養成分の供給、卵成分の魚体への吸収等による変化なのであろう。

ALP 活性の経時変化を図 25 に示す。雄は放精する様になると急に低い値を示し、その後も

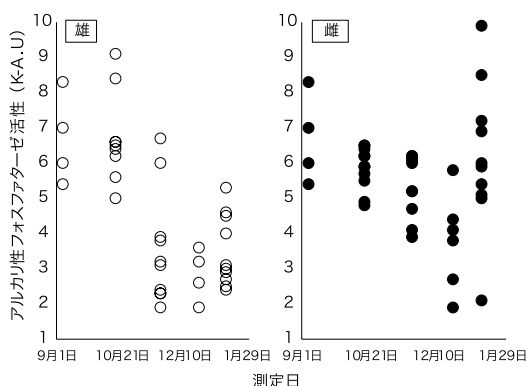


図 25 血漿アルカリ性フォスファターゼ活性の経時変化

略同じ低い値を維持していた。血液中の ALP は肝臓、小腸、骨組織等に由来するといわれているが、本試験で得られた ALP 活性の動きは背肉のタンパク質含量の変化と同じで、肝臓成分の変化とは異なっていた。これまでの経験で ALP 活性は魚の成長状態を反映している事が分かっている。成熟期の成長停滞と衰弱状態を反映していてもおかしくない。雌では排卵するまで ALP 活性は直線的に低下し、排卵時に最低値を示した後、卵が過熟状態になると上昇していた。成長の停滞、摂餌、卵成分の魚体への吸収等の状態を反映しているのであろう。

生殖腺の発達程度と血漿の ALP 活性との関係を図 26 に示す。雄は TP, TG と全く同じ変化を示し、雌も TP, TG と似た動きを示していたが、卵が過熟になってからは個体差が著しく

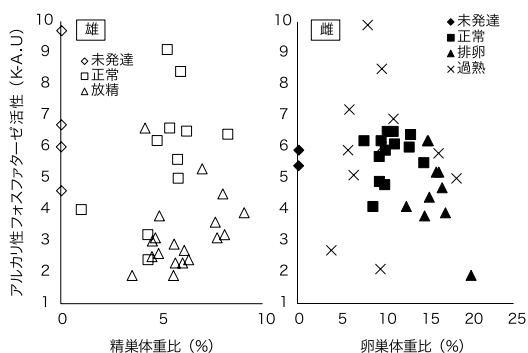


図 26 生殖腺の発達状態と血漿アルカリ性フォスファターゼ活性の関係

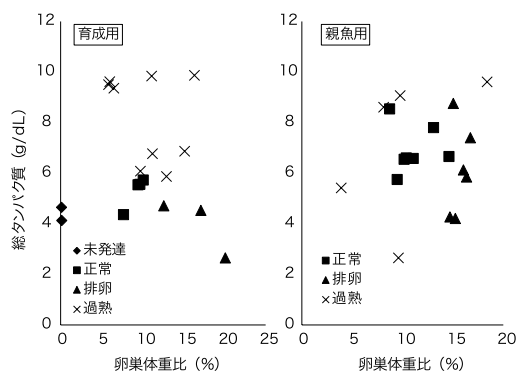


図 27 血漿 TP 含量に及ぼす飼料の影響 (♀)

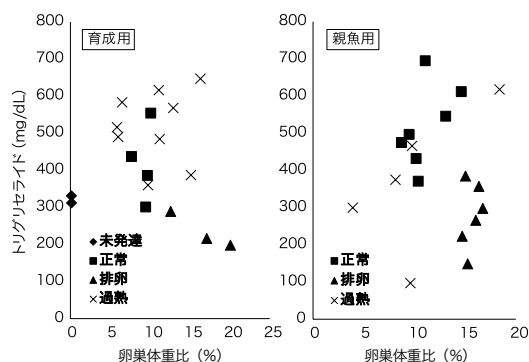


図 28 血漿 TG 含量に及ぼす飼料の影響 (♀)

大きくなり、TP、TG 程明確な方向性は認められなかった。この様に ALP 活性は雌雄共に魚の栄養状態、雄では精巣の発達による絶食、摂餌の再開に伴う回復等により、雌では排卵までの摂餌状態、卵が過熟になってからの卵成分の魚体への吸収、摂餌の再開による回復等によって周年変化を行っているものと推測出来る。

9月7日以降に与えた飼料が血漿成分に及ぼす影響を調べたところ、雄では何れの成分も育成用飼料と親魚用飼料との間で違いが認められなかった。雄は10月17日以降殆ど摂餌していないので当然の結果であろう。雄の血漿成分に飼料の影響が表れるのは、9月6日以前のまだ活発に摂餌している時期なのであろう。

雌は排卵直前まで摂餌しているためか、TP、TG および T.Chol 含量には両飼料区間で違いが認められた。TP 含量は排卵直後まで親魚用飼料を与えた区の方が高かったが、卵が過熟になってからの違いはハッキリしなかった (図 27)。TG も排卵まで親魚用飼料区の方が高く、排卵後は両飼料区間で違いは無かった (図 28)。T.Chol も同様であった。

ALP 活性も排卵まで両飼料区間で違いは無かった。排卵後の値は親魚用飼料区の個体差が大きく、両飼料区間の違いは不明確であった。特に過熟個体では育成用飼料区の個体差は小さく、狭い範囲に値が集中していたのに対し、親魚用飼料区は個体差が大きく、広い範囲に値が分散していた (図 29)。

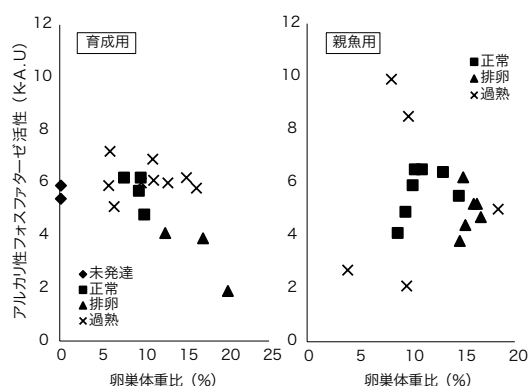


図 29 血漿 ALP 活性に及ぼす飼料の影響 (♀)

雌の血漿の TP、TG、T.Chol 含量は卵巣が急激に発達する時期以降でも与えた飼料の影響を受けているのに対し、ALP 活性は飼料や卵の状態よりも魚の衰弱程度を反映していると推測する。

雌では排卵まで栄養価の高い飼料を与えれば卵質が良くなる可能性が高く、産卵前に集中的に栄養価の高い飼料を与えても効果が表れるのではないかと考える。

3. まとめ

試験 -1, 2 の結果に本報告の結果を加えると、ニジマスにおいて成熟が臓器の状態や体成分に及ぼす影響は以下の様に要約出来る。

生殖腺の発達: 雌雄共個体差は可也大きいものの、雄は8月上旬、雌は9月上旬から生殖腺は急速に発達する。雄では9月上旬に精巣体重

比が4～9%に達し、放精が始まる10月下旬まで殆ど変化しない。放精開始後長時間経つと精巣は縮小し始め、精巣体重比は小さくなる。一方、雌は排卵が起こる11月下旬～12月下旬まで卵巣は大きくなり、排卵直前に最大値を示す。排卵後卵が過熟になるに従って体重比は小さくなる。排卵時の卵巣体重比は13～20%である。雄と雌では成熟時の生殖腺の大きさに著しい違いが有る。また、生殖腺が発達し、完全に成熟する時期に1～2カ月間の違いが有り、雄の方が早い。成熟期が終了して摂餌を再開すると魚は衰弱から回復し、翌シーズンの成熟に向かう時期になると生殖腺体重比は雌雄共初期の値に戻る。よって、生殖腺体重比は雌雄共生殖腺の発達に伴って時計回りの歪んだ円形を描く周年変化を繰り返している。

成長：成長は摂餌の有無が最も大きく影響している。雄は放精開始時、雌は排卵時まで摂餌しているので、魚はそれまで多少とも成長している。放精、排卵前の成長は雄の方が速い。これは摂餌量の違いに起因していると推測する。放精、排卵後しばらくは体重の変化は小さい。成熟に伴う絶食期間が長くなると体重は減少し、特に雄で顕著である。

肥満度：体重×100/尾叉長³で示される肥満度は魚の肥り方や痩せ方を表す指標である。放精、排卵前の成熟初期の個体は雌雄で肥満度に大きな違いは認められない。成熟が進むと魚体中に占める生殖腺の比率が高くなる。よって、体重から生殖腺重量を除いた値を基準として求めた肥満度は雌雄共10月17日以降減少する傾向が認められ、雄でより明確であった。摂餌の有無、摂餌量、成熟に伴う体成分の分解等が関与した結果であろう。雌雄共生殖腺の発達に伴って肥満度は時計回りに歪んだ四角形～円形を描く方向で変化する周年変化を繰り返している。

腹腔内脂肪蓄積組織：魚体の主たる脂質蓄積部位である腹腔内脂肪蓄積組織（DL）の量は生殖腺発達初期から雌の方が多い。雌では卵巣の発達に伴って短期間で多量の脂質を卵に送り

込まなければならない。その時に餌由来の脂質のみでは不足する可能性が高く、予め魚体内に脂質を蓄積しているのであろう。DL量は雌雄共生殖腺の発達に伴って10月下旬以降急速に減少し、放精、排卵時には殆ど残っていない程減少している。雄では放精後も低い値が続くが、雌では排卵後卵が過熟になると増え始める。雄は放精開始後長期間絶食状態が続くのに対し、雌は排卵後比較的短期間で摂餌を再開することや卵が過熟になると卵成分が魚体に吸収される事等によるものと推測する。DL体重比も生殖腺の発達に伴って肥満度と同様の変化を示す。

肝臓：生殖腺発達の初期段階から雌の方が肝臓は大きい。魚の場合肝臓も脂質蓄積組織のひとつなので、DLと同様の事がいえるのであろう。成熟に伴う肝臓の変化は特に雌で顕著に表れ、大きさのみでなく外観や物性および成分組成にも違いが生じる。雄では精巣の発達に伴って肝臓は小さくなる傾向が認められるが、雌では逆に排卵直前まで次第に大きくなる。放精、排卵後は雌雄で肝臓の大きさに明確な違いはなくなる。排卵前の雌で肝臓が大きくなるのは、肝臓でのピテロゲニンの合成が関係していると推測する。雌雄共生殖腺の発達に伴って肝臓体重比は肥満度やDL体重比と同様の動きを示す。

肝臓の一般成分は生殖腺の発達に伴って以下の動きを示す。雄では10月下旬まで水分は減少し、その後増加する。脂質は水分と全く逆の動きを示す。タンパク質は10月下旬まで減少するが、その後個体差が大きくなって明確な方向性は認められなくなる。雌では水分は排卵直前の11月下旬まで増加し、その後減少傾向を示す。脂質とタンパク質は排卵時まで一方的に減少するが、排卵後卵が過熟になると脂質はやや増加する。成熟期が終了して摂餌を再開すると魚は回復し、肝臓の一般成分は元の値に戻る。よって、水分は雄では反時計回り、雌では時計回り方向、脂質は雌雄共時計回り、タンパク質は雌では反時計回り方向で周年変化を繰り返している。雄の肝臓では水分と脂質との間に負の

相関が存在するが、雌では相関は認められない。

背肉：背肉の一般成分は10月17日まで雌雄一緒にして区毎に分析していたため、成熟初期の背肉成分に雌雄で違いがあったか否かは不明であるが、11月21日の値から推測すると雌の方がやや水分が高く、タンパク質は低かったのではないかと思われる。その後放精、排卵に伴って水分含量は急に高くなり、脂質とタンパク質は低くなる。変化の激しさから単なる絶食が主たる原因では無く、魚体成分の分解を引き起こす何らかの大きな変化が生じていた事を示唆している。性ホルモン等が関与しているのかも知れない。雌雄共生殖腺の発達に伴って背肉の水分含量は反時計回り、脂質とタンパク質は時計回りの方向で周年変化を行っている。成熟初期には雌雄一緒に分析した値で水分と脂質の間に強い負の相関が認められるが、完熟期から過熟期になると個体差が大きくなり、雌雄共相関は弱くなる。また、雄の方が相関は強い。

平均精巣体重比が5%、卵巣体重比が3%以下の成熟初期には、体重100g当りの投与色素量と背肉色素量との間に $Y=AX+B$ の強い正の相関が認められる。この線の傾きAは雄の方がやや大きい。これは雌雄の体重差に起因する摂餌量の違いによるものと思われる。雌雄共それ以上に生殖腺が発達すると背肉の色素量には個体差が大きくなり、相関は弱くなる。成熟に伴う摂餌量の減少や絶食、体タンパク質の分解等が関与しているのではないかと推測する。成熟時に体タンパク質の分解によって放出された色素は雌雄共主として体表や腎臓に移行し、卵への移行量はそれ程多くない。成熟時に体表の色素量が雄の方が多いため、体タンパク質の分解量が多い事と生殖腺に色素を送る必要が無いためであろう。雌雄共に生殖腺の発達に伴って背肉の色素量は時計回りの方向で歪な円を描く方向で変化する。また、雌雄共生殖腺が急速に発達する時期以降に与えた飼料の色素量は背肉の色素量に殆ど反映されない。これは本報告の2-8項で述べた原因によるのであろう。

卵巣：未だ卵巣が小さい成熟初期に与える飼

料の色素量の違いは卵巣色素量に反映されるものの、違いは大きくない。これは飼料から供給される色素の量に拘らず常に一定量の色素が優先的に卵へ輸送されている可能性を示唆している。その後卵巣が発達するに従って卵巣の色素量は卵巣単位重量当りの色素量、卵巣全体の色素量、単位体重当り卵巣色素量と表記する単位によって違った動きを示す。また、卵巣の色素量は卵の成熟程度の違いによって2-9項で説明した周年変化を繰り返している。雌は排卵するまで摂餌するので飼料の色素量が卵巣の色素量に影響する事、卵巣はある時期に急激に大きくなる事、排卵後卵が過熟になると卵成分が魚体に吸収される事等が関与する結果であると思われる。

血漿成分：Glu含量は周年個体差が大きく、雌雄共成熟との関係は明確でない。Glu含量は飼料の炭水化物量、採血前の摂餌量、魚の取り扱い方等多くの要因によって大きく変化することが知られており、個体差の原因を特定するのは難しい。特に大型魚では成熟以外にも色々の要因が関与し、解析が難しい。TP含量は成熟初期に雌雄で違いは無いが、成熟が進むに従って雄では減少するのに対して雌では増加し、明らかな雌雄差を生じる。放精、排卵後の違いも大きい。これは雌では卵巣の発達に伴って卵に栄養成分を送り込むために肝臓でビテロゲニンの合成が盛んになる事や卵が過熟になると卵成分が魚体に吸収される事等が関係しているであろう。雌雄共TGとT.Choは略同様の変化を示し、生殖腺の発達程度とTG、T.Cho含量との関係はTPの場合と全く同じであった。雄のTP、TG、T.Cho含量は9月7日以降に与えた飼料の影響を殆ど受けないが、雌では明らかに違いが認められる。雄は10月17日以降殆ど摂餌していないのに対し、雌は排卵直前まで摂餌している事によるのであろう。

ALP活性はTP、TG、T.Choとは違った動きを示し、生殖腺の発達状態よりも成熟に伴う肉部の衰弱状態を反映している様である。

血漿成分は飼料の栄養成分含量、成熟時におけ

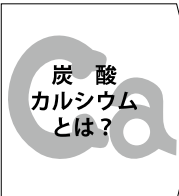

る摂餌の有無, 体成分の分解, 卵成分の魚体への吸収等多くの影響を受けて変化しているといえる。

要約: 雌雄共生生殖腺の発達程度が各臓器の大きさ, 外観, 成分等に大きな影響を与えており,

特に放精, 排卵時の影響が大きいことが証明出来た。また, 生物として当然のことながら, 魚でも再生産を最優先とする方向で成熟時の魚体の変化は進行している事も分かった。

文 献

1. 酒本秀一: 成熟がニジマスの臓器や体成分に及ぼす影響 -1. 成熟開始時. *New Food Industry*, **61** (5): 370-382, 2019.
2. 酒本秀一: 成熟がニジマスの臓器や体成分に及ぼす影響 -2. 発達, 完熟, 過熟. *New Food Industry*, **61** (6): 465-479, 2019.
3. 酒本秀一: ニジマスの肉色改善 -2. *New Food Industry*, **57** (12): 52-61, 2015.
4. 酒本秀一: ニジマスの肉色改善 -5. *New Food Industry*, **59** (3): 47-60, 2017.
5. 眞岡孝至: アスタキサンチンとは. アスタキサンチンの科学 (矢澤一良編著), 成山堂書店, 東京, 11-27, 2009.
6. 酒本秀一: 性成熟がニジマスの魚体内カロチノイド分布に及ぼす影響. *New Food Industry*, **57** (7): 53-67, 2015.
7. 安藤清一: 魚類における体内移行. 水産学シリーズ 94 (日本水産学会監修) 海洋生物のカロテノイドー代謝と生物活性 (幹渉編), 恒星社厚生閣, 東京, 49-58, 1993.
8. 長尾昭彦: 食品カロテノイドの吸収・代謝. 水産学シリーズ 158 (日本水産学会監修) 水産物の色素ー嗜好性と機能性 (平田孝・菅原達也編), 恒星社厚生閣, 東京, 81-91, 2008.

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>
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <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、品揃えしております。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;">一般の栄養強化には「ホワイトン」</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;">機能を求めるならば「コロカルソ」</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0; margin-top: 10px;">飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0; margin-top: 10px; text-align: center;">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。</div> </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div> 白石カルシウム株式会社 </div> </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <div> 食品部: 東京都千代田区岩本町1-1-8 本 社: 大阪市北区中之島2-2-7 </div> <div> TEL03-3863-8913 TEL06-6231-8265 </div> </div>	

第 45 回食品の物性に関するシンポジウム

日 時：2018 年 8 月 28 日（火）および 29 日（水）

場 所：九州栄養福祉大学 小倉北キャンパス

主 催：食品の物性に関するシンポジウム運営委員会

プログラム

8 月 28 日

13：30～14：10 未利用食品タンパク質資源の機能性ペプチドとしての有効利用 - ゲル形成促進作用と抗酸化作用 -
米倉 政実（九州栄養福祉大学 食物栄養学部）

14：10～14：50 苦味および渋味刺激の受容とその口腔内機能
樽野 絵美（サントリーグローバルイノベーションセンター（株））

14：50～15：30 米飯の初期老化を数値化および視覚化する多面的評価法
大田原 美保（東京聖栄大学 健康栄養学部）

15：30～15：40 休憩

15：40～16：20 ショ糖脂肪酸エステル／水／食用油系の相状態及び乳化性に対するアルコール類の影響
松浦 傳史（三菱ケミカルフーズ（株）研究開発センター）

16：20～17：10 マイクロチャネル乳化による単分散エマルジョンの調製とその応用
中嶋 光敏（筑波大学大学院 生命環境科学研究科）

18:00 頃～ 懇親会（小倉リーセントホテル）

8 月 29 日

9：30～10：10 わらびもちのナノスケール構造の解明 松葉 豪（山形大学大学院 有機材料システム研究科）

10：10～10：50 多糖類の分子間相互作用解析 武政 誠（東京電機大学 生命化学系）

10：50～11：40 澱粉および澱粉質食品の糊化・老化と加工
北村 進一（大阪府立大学 研究推進機構 生物資源開発センター）

11：40～13：00 昼食休憩

13：00～13：40 スポンジ構造を保有するケーキおよびパンのレオロジー特性に与えるデンプンの影響
楠瀬 千春（九州栄養福祉大学 食物栄養学部）

13：40～14：20 植物乾燥粉末を添加した練り製品の物性と性質 谷口 成紀（水産大学校 食品科学科）

14：20～14：30 休憩

14：30～15：10 新規サツマイモ澱粉の物理化学特性と食品への利用
時村 金愛（鹿児島県大隅加工技術研究センター）

15：10～15：50 粉碎前加水処理を施した米粉の特性と加工品質
奥西 智哉（（国）農研機構 食品研究部門 食品加工流通研究領域）

シンポジウム参加費

一般（要旨集込み）事前申込 5,000 円、当日申込 7,000 円 学生（要旨集込み）事前申込 1,000 円、当日申込 2,000 円＊

＊：今回も食品物性分野の発展を意図して学生参加費を大幅に低くしています。多数のご参加を期待しています。

シンポジウム及び懇親会への参加の事前申込は下記ウェブページでお願いします（プログラムもご確認いただけます）。シンポジウムの事前申込はシンポジウム開催 7 日前の 8 月 21 日（火）17 時まで受け付けています。懇親会の事前申込については、ウェブページにて詳細をご案内いたします。

ウェブページ：<http://bussei-symposium.main.jp/>

その他お問い合わせ

香川大農 合谷祥一 Tel.&Fax. 087-891-3103

E-mail: gohtahni@ag.kagawa-u.ac.jp

京大院農 松村康生 Tel. 0774-38-3745, Fax. 0774-38-3746

E-mail: matsumur@kais.kyoto-u.ac.jp

好評発売中

- A5 版 / 248 ページ
- 定価：(本体 3,500円+ 税)
- 発行：食品資材研究会



■ 著者 / 山口 正義 (やまぐち まさよし)

骨の健康と食因子

骨粗鬆症の予防と修復へのアプローチ

- 第1章 ホルモンと生体機能調節
- 第2章 ホルモンの細胞内への情報伝達とそのしくみ
- 第3章 カルシウム代謝とそのホルモン調節
- 第4章 骨代謝とそのホルモン調節
- 第5章 老化と骨カルシウムホメオスタシス
- 第6章 栄養性ミネラルと骨粗鬆症の予防
- 第7章 生体微量元素と骨粗鬆症の予防
- 第8章 骨粗鬆症を予防する食品由来生理活性因子
- 第9章 骨粗鬆症を予防する食品素材
- 第10章 複合食因子の骨効果と新規サプリメントの開発

◆ご注文は FAX またはメールにて FAX:042-312-0845 info@nfi-llc.co.jp

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

ニューフードインダストリー 第61巻 第7号

印刷 令和 元年 6月25日
発行 令和 元年 7月1日
発行人 渡邊 力
編集人 今西 和政
発行所 エヌエフアイ合同会社
〒185-0012 東京都国分寺市本町3-7-23-302
TEL: 042-312-0836(代表)
FAX: 042-312-0845
振込先: 三井住友銀行 国分寺支店 普通2312814
多摩信用金庫 国分寺支店 普通3073817
ゆうちょ銀行 〇一九店 当座0324817

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