

# New Food Industry

*New food indust. 61 (2): 2019.*

2

- フコイダン-アガリクスミックス摂取によるペプチドワクチン処置マウスにおけるがん抗原特異的免疫応答の効率的誘導
- 食成分であるポリアミンによる健康長寿の背景  
— ポリアミン代謝と遺伝子メチル化, および One carbon metabolism について —
- 納豆菌の抗菌作用および細胞活性化能
- クマ笹葉アルカリ抽出液およびポリフェノール類の神経保護作用とホルメシス効果の再評価  
— 簡易調製法 (オーバーレイ法) により調製された PC12 神経分化細胞モデルを用いた解析
- 人と地域に融和するカフェ空間の本質



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>

酸 化 防 止 剤

B B H H A A  
サステン乳液A  
サステン乳液T

**Sustane**



**日揮ユニバーサル株式会社**

触媒化成品営業部／東京都品川区大崎1-6-3 日精ビル

電話(03)5436-8470 FAX(03)3493-9125

### 論 文

- フコイダン - アガリクスミックス摂取による  
ペプチドワクチン処置マウスにおけるがん抗原特異的免疫応答の効率的誘導  
Effective induction of tumor antigen-specific immune responses by  
a fucoidan-agaricus mix feeding in peptide vaccine-treated mice  
..... 宮崎 義之 75
- 食成分であるポリアミンによる健康長寿の背景  
ー ポリアミン代謝と遺伝子メチル化, および One carbon metabolism について ー  
..... 早田 邦康 83
- 納豆菌の抗菌作用および細胞活性化能  
..... 須見 洋行, 内藤 佐和, 矢田貝 智恵子, 丸山 眞杉 95

### 解 説

- クマ笹葉アルカリ抽出液およびポリフェノール類の神経保護作用と  
ホルメシス効果の再評価 ー 簡易調製法 (オーバーレイ法) により  
調製された PC12 神経分化細胞モデルを用いた解析  
Re-evaluation of neuroprotective activity and hormesis effect of  
alkaline extract of leaves of *Sasa* sp. and polyphenols  
ー Analysis with PC12 neuron model cells prepared by overlay method  
..... 坂上 宏, 史 海霞, 堀内 美咲, 藤澤 知弘,  
勝呂 まどか, 大泉 浩史, 大泉 高明 99
- ニジマス用飼料の炭水化物源-4  
..... 酒本 秀一 107
- 人と地域に融和するカフェ空間の本質  
..... 菅野 友美子, 三好 恵真子 121

### 連 載

- デンマーク通信 デンマークの年末年始

..... Naoko Ryde Nishioka 138

- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —

ショウガ *Zingiber officinale* (Willd.) Roscoe (ショウガ科 Zingiberaceae)

..... 白瀧 義明 140

### エッセイ

- 伝える心・伝えられたもの

— しまなみ海道 —

..... 宮尾 茂雄 143

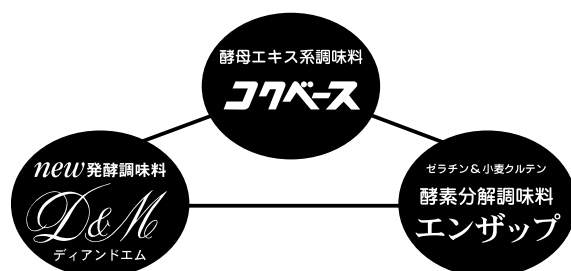
- Life with Nutrition てるこ先生のこころの栄養学

— 蚕からの贈り物 3 —

..... 中村 照子 155

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら  
大日本明治製糖へ



新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

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



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

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

# 現代チーズ学

編集

齋藤 忠夫 東北大学大学院農学研究科  
堂迫 俊一 雪印乳業株式会社 技術研究所  
井越 敬司 東海大学農学部

## 現代チーズ学

## The Contemporary Cheese Science

## 現代チーズ学

編集 齋藤 忠夫 東北大学大学院農学研究科  
堂迫 俊一 雪印乳業株式会社 技術研究所  
井越 敬司 東海大学農学部

食品資材研究会



食品資材研究会

480 ページ超の大迫力！  
業界第一人者が集結！  
チーズ研究の必携書

チーズ研究の頭脳集結！  
熟成した研究成果を、  
じっくり書き上げた  
問い合わせ殺到の  
究極のチーズ技術書！

大好評

- B5 版／496 ページ
- 定価：(本体 7,500 円＋税)
- 発行：食品資材研究会

### 現代チーズ学 目次

1. チーズの歴史、食文化、分類および生産
  - 1.1 チーズの起源と歴史 大谷 元
  - 1.2 チーズの食文化 村山 重信
  - 1.3 チーズの分類と名称 村山 重信
  - 1.4 世界のチーズの生産・輸出入と消費 伊藤 晋治
2. チーズの基礎科学
  - 2.1 乳の成分科学 石田 光晴
  - 2.2 チーズ製造の基本フロー 齋藤 忠夫
  - 2.3 乳酸菌スターターの科学 宮本 拓
  - 2.4 キモシンによる凝乳機構 阿久澤良造
  - 2.5 チーズの熟成機構 井越 敬司
3. チーズの製造技術と衛生管理
  - 3.1 クリームチーズ 岩附 慧二
  - 3.2 モッツァレラチーズ 橋本 英夫
  - 3.3 カッテージチーズ 久米 仁司
  - 3.4 熟成型チーズ 田中 穂積
  - 3.5 キモシン酵素利用の現状 高見 修平
  - 3.6 プロセスチーズ 川崎 功博
  - 3.7 チーズの包装技術 佐々木敬卓
  - 3.8 チーズ製造の衛生管理 柳平 修一

4. チーズの機能性
  - 4.1 チーズの微細構造 木村 利昭
  - 4.2 一次機能 根岸 晴夫
  - 4.3 二次機能 井筒 雅
  - 4.4 三次機能 堂迫 俊一
  - 4.5 チーズとホエイに含まれるタンパク質の免疫科学 大谷 元
5. ホエイ成分の高度利用
  - 5.1 チーズホエイとその成分別調製技術 元島 英雅
  - 5.2 機能性オリゴ糖 野島 一晃
  - 5.3 機能性ホエイ味噌 浦島 匡
6. チーズの諸制度と知的財産権
  - 6.1 チーズの規格基準と表示規制 石田 洋一
  - 6.2 チーズの知的財産権 工藤 力
7. 近未来のチーズ学
  - 7.1 チーズ製造技術の変遷と進歩 相澤 茂
  - 7.2 近未来のチーズ製造技術 市橋 信夫
  - 7.3 新しいタイプの機能性チーズの開発 松尾 光郎
  - 7.4 スターター乳酸菌における遺伝子組替え技術の応用 佐藤 英一

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

# フコイダン-アガリクスミックス摂取による ペプチドワクチン処置マウスにおける がん抗原特異的免疫応答の効率的誘導

Effective induction of tumor antigen-specific immune responses by a fucoidan-agaricus mix feeding in peptide vaccine-treated mice

宮崎 義之 (MIYAZAKI Yoshiyuki)\*

\* 九州大学大学院農学研究院

Key Words : 褐藻抽出物 硫酸化多糖類 フコイダン 抗腫瘍免疫 ペプチドワクチン

## 要旨

フコイダンは、L- フコースを主要な構成糖とする褐藻由来の天然硫酸化多糖類であり、抗がん作用や免疫調節作用などの多様な生理活性を有している。我々もまた、オキナワモズク (*Cladosiphon okamuranus*) 由来フコイダンやワカメ (*Undaria pinnatifida*) の孢子葉部であるメカブから抽出されたフコイダンが持つ免疫増強作用を明らかにしてきた。さらに、それら2種のフコイダンエキスイとアガリクス (*Agaricus blazei* Murill) 菌糸体エキスイ末から成るフコイダン-アガリクスミックス (以下、CUA) をがん細胞移植モデルマウスに経口投与することで、抗腫瘍免疫が増強され腫瘍形成を抑制することを見出している。そこで本研究では、腫瘍関連抗原 gp70 由来ペプチドを用いた抗腫瘍ワクチン効果の増強における CUA 摂取の有用性を検証した。その結果、脾臓細胞における NK 細胞のがん細胞傷害活性および増殖能が CUA 含有餌を摂取することで亢進したことから、CUA が全身性の免疫機能の増強に働くことが再度確認された。また、gp70 ペプチド刺激に伴う脾臓細胞の増殖および IFN- $\gamma$  産生、リンパ節 (LN) 細胞における gp70 特異的 CD8 陽性 T 細胞集団の増加および LN 細胞の colon-26 大腸がん細胞に対する致死活性が CUA 摂食によって増強された。さらに、抗原提示分子 MHC class II を発現する CD11c 陽性 (樹状細胞) の割合および IFN- $\gamma$  遺伝子発現レベルが、CUA 含有餌を摂取したマウスの LN 細胞において増加する傾向にあった。これらの結果から、腫瘍抗原ペプチドを用いたワクチンによる抗腫瘍免疫の誘導を効果的に進める手段として CUA の摂取が有効であることが示唆された。

## はじめに

海藻は、多糖類やポリフェノール類およびテルペン類などの健康維持に資する多くの生理活性成分を含んでおり<sup>1,2)</sup>、健康食品素材として古くから利用されてきた。海藻の表面を覆うことで藻体の乾燥や病原体の侵入を防いでいるヌメリは、保水性に富む細胞間粘質多糖によって構成されており、昆布やワカメおよびモズクなどの褐藻類にはアルギン酸およびフコイダンが特徴的に含まれることが知られている<sup>3,4)</sup>。その内、フコイダンは、L- フコースを主要な構

成単糖とする硫酸基を持った特異な多糖類として、1913 年にスウェーデンのウプサラ大学においてヒバマタ属およびコンブ属海藻から同定された<sup>5)</sup>。さらに、その後の研究進展に伴って、各褐藻に含まれるフコイダンは、糖組成や硫酸化度および構造が異なるなど、その由来に応じた固有の特徴を有することが明らかにされるとともに、血清脂質低下作用、抗酸化作用、抗ウイルス作用、抗腫瘍作用および免疫調節作用などの多様な生理機能が報告されている<sup>4,6-8)</sup>。

天然痘ワクチンがエドワード・ジェンナーに

よって開発されて以来、様々な感染症の予防を目的としてワクチン接種が実施されている。ワクチンは、病原体そのものあるいは病原体に発現するタンパク質（抗原）を感染に先立って投与することで、生体防御に働く免疫機能を人為的に付与する方法である。これをがん免疫治療に適用するため、がん細胞特異的に高発現するタンパク質（腫瘍関連抗原）の分解産物であるペプチドを抗原として用いたがんワクチンの開発および臨床研究が進められている<sup>9)</sup>。がんペプチドワクチン療法では、がん細胞を特異的に認識して攻撃・排除する細胞傷害性リンパ球（CTL）の活性化を誘導することが成否のかぎを握っているが<sup>10)</sup>、がん細胞の働きかけによって腫瘍部位で免疫抑制的な微細組織環境が形成されており、ペプチドのみを投与することでは実際の治療効果を得ることは出来ない。そのため、より強い抗腫瘍免疫の誘導を可能とする腫瘍関連抗原ペプチドの探索と共に、免疫機能の促進に働くがん免疫アジュバントの開発が重要な検討課題とされている<sup>11)</sup>。

フコイダンをはじめとする天然多糖類の免疫増強作用はこれまで多数報告されており<sup>12)</sup>、我々もまた、がん細胞移植および抗がん剤投与モデルマウスを用いた先の研究において、オキナワモズク (*Cladosiphon okamuranus*) 由来フコイダン、メカブ (*Undaria pinnatifida*) 由来フコイダンおよびアガリクス (*Agaricus blazei* Murill) 菌糸体エキスの混合物（以下、CUAと表記する）の摂取が抗腫瘍免疫の増強および抗がん剤副作用の緩和につながる可能性を見出している<sup>13)</sup>。そこで本研究では、腫瘍関連抗原のひとつである gp70 由来のペプチドを用いたモデル動物試験により、がんペプチドワクチン療法における CUA 摂取の有用性を検証した。

## 1. 実験材料および方法

### 1-1. 実験材料

オキナワモズク由来フコイダン、メカブ由来フコイダンおよびアガリクス菌糸体エキスの各乾燥粉末は、特定非営利活動法人 NPO フコ

イダン研究所（福岡）より入手し、一定の規格配合に従って CUA を調製した。AIN93G 精製粉末飼料は(株) KBT オリエンタル（福岡）より購入し、被験試料には 1% 重量の CUA 粉末を添加しよく混合した（平均 CUA 摂取量 :30 mg/日）。マウスには、本粉末飼料に半量の水を加えて練った後、凍結乾燥により固型化した飼料として与えた。合成 gp70 ペプチドおよび完全フロイトアジュバント（CFA）は、それぞれ(株) 医学生物学研究所（名古屋）および日本 BD 株式会社（東京）より購入した。

### 1-2. 動物試験

7 週齢の雄性 Balb/c マウス（日本クレア株式会社、東京）は、1 週間の予備摂食の後に 4 群（各群 8 匹）に分け、2 群には上記により作製した AIN93G 固型飼料を、残りの 2 群には 1% CUA 含有固型飼料を自由摂食により与えた。また、各飼料を与えた 1 群ずつに対して、gp70 ペプチド（50 µg）溶液と CFA を等量で混合した乳化液 100 µL を、摂食開始 0 日目と 14 日目の 2 回、マウス尾根部に皮下注射した。摂食開始から 28 日目に麻酔下で安楽死させ、脾臓および鼠径リンパ節（LN）から細胞を回収し解析した。本動物試験は、九州大学動物実験規則の規定に基づき、九州大学動物実験委員会の承認（A28-037-2）を得て実施された。

### 1-3. 増殖およびサイトカイン産生試験

各マウスより単離した脾臓細胞は、10% ウシ胎児血清含有 RPMI 1640 培地に懸濁して細胞密度  $5 \times 10^6$  cells/mL となるよう 96 穴プレートに分注し、2 µg/mL コンカナバリン A あるいは 10 µg/mL gp70 ペプチド存在下で、37°C に恒温した 5% CO<sub>2</sub> インキュベーターで 48 時間培養した。培養上清 150 µL を回収した後、推奨プロトコールに従って Cell Count Reagent SF（WST-8, ナカライテスク, 京都）を添加して細胞増殖能を測定した。また、培養上清中の IFN-γ 産生量は、ELISA MAX<sup>TM</sup> Deluxe Set（BioLegend, CA, USA）を用いて測定した。



#### 1-4. 細胞傷害活性測定試験

各マウスより脾臓細胞および鼠径リンパ節細胞を回収し、10% ウシ胎児血清含有 RPMI 1640 培地を用いて  $1 \times 10^7$  cells/mL の細胞懸濁液を調製した。NK 細胞標的および CTL 標的のがん細胞として、それぞれ Yac-1 細胞（東北大学加齢医学研究所医用細胞研究センターより譲渡）および Colon-26 細胞（理化学研究所バイオリソース研究センターより譲渡）を用いた。Yac-1 細胞および Colon-26 細胞は、20  $\mu$ g/mL の calcein-AM（ナカライテスク、京都）存在下で 37°C、30 分間培養し、3 回洗浄した後、 $5 \times 10^5$  cells/mL の細胞懸濁液を調製した。調製した免疫細胞および標的がん細胞株懸濁液をそれぞれ 100  $\mu$ L ずつ V 底 96 穴プレートに分注し（Effector : Target = 20 : 1）、400 xg で 3 分間遠心した後、37°C、5% CO<sub>2</sub> 条件下で 12 時間培養した（Experimental 試験区）。Spontaneous および Maximum 試験区として、標的がん細胞に対して、それぞれ RPMI 培地および 4% Triton X-100 含有 RPMI 培地を添加し、同条件で培養・恒温した。培養上清 100  $\mu$ L を 96 穴 black plate に回収し、プレートリーダー（FlexStation 2, Molecular Device, CA, USA）で蛍光強度（Ex 490 nm, Em 515 nm）を測定した。細胞傷害活性は、{(Experimental 蛍光値 - Spontaneous 蛍光値) / (Maximum 蛍光値 - Spontaneous 蛍光値)}  $\times$  100 により算出した。

#### 1-5. フローサイトメトリー解析

各種の蛍光標識抗 CD マーカー（CD3, CD4, CD11b, CD11c, CD80）抗体、抗 IFN- $\gamma$  抗体および MHC class II (I-A/I-E) 抗体は BioLegend 社 (CA, USA) より、T-Select H-2Ld MuLV gp70 Tetramer-SPSYVYHQF-APC は（株）医学生物学研究所（名古屋）より購入した。各社の推奨プロトコルに従って脾臓細胞および鼠径リンパ節細胞を免疫蛍光染色した後、SH800 セルソーター

（SONY、東京）を用いて細胞集団解析を行った。

#### 1-6. 遺伝子発現解析

鼠径リンパ節細胞は、RNAiso Plus（タカラバイオ、滋賀）を用いて破砕し、クロロホルムを添加して混和・遠心することで水層に RNA を抽出し、イソプロパノール沈殿およびエタノール洗浄により total RNA を回収した。PrimeScript<sup>TM</sup> RT reagent Kit（タカラバイオ）を用いた逆転写反応により cDNA を調製し、Perfect Real Time サポートシステム（タカラバイオ）より購入したプライマーおよび Mx3000P リアルタイム定量 PCR システム（Agilent Technologies/ 旧 Stratagene）を用いて、IFN- $\gamma$  遺伝子発現レベルを測定した。

#### 1-7. 統計解析

試験結果は、平均値  $\pm$  標準偏差（n=8）により表示し、Bonferroni 法により有意差の検定を行った（\* $p$ <0.05, \*\* $p$ <0.01）。

## 2. 結果

### 2-1. がんペプチドワクチン投与マウスの脾臓細胞における細胞傷害活性

がんペプチドワクチン投与および CUA 摂食の後に回収した脾臓細胞を用い、Yac-1 細胞を標的がん細胞として脾臓細胞のナチュラルキラー細胞の細胞傷害活性（NK 活性）を測定し

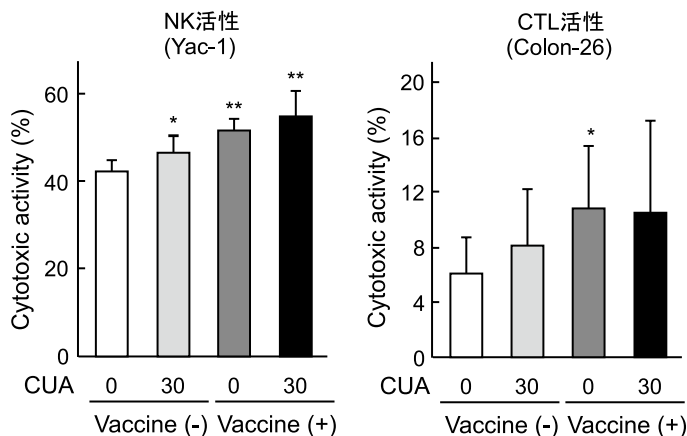


図1 ワクチン投与に伴う脾臓細胞の細胞傷害活性の増強



たところ、ワクチン投与に伴う NK 活性の上昇が CUA 摂取によってさらに高められる傾向にあり、ワクチン非投与マウスでは CUA 摂取によって NK 活性が有意に亢進した (図 1)。一方、gp70 を発現する colon-26 細胞を標的がん細胞として脾臓細胞の細胞傷害性リンパ球の細胞傷害活性 (CTL 活性) を測定した結果、ワクチン投与に伴う CTL 活性の亢進が認められた。しかし、CUA 摂取による CTL 活性に対する有意な増強効果は観察されず、ワクチン非投与群においてのみ CUA 摂取に伴って CTL 活性が上昇する傾向にあった (図 1)。

## 2-2. がんペプチドワクチン投与マウスの脾臓細胞における増殖およびサイトカイン産生

上記の脾臓細胞を用い、全般的な T 細胞の増殖を促すコンカナバリン A 存在下で培養し増殖およびサイトカイン産生を測定した結果、

脾臓細胞の増殖能および IFN- $\gamma$  産生能はワクチン投与に伴う顕著な増強が観察されたが、CUA 摂取が更なる増強効果を付与するまでには至らなかった (図 2)。一方、脾臓細胞の増殖およびサイトカイン産生に関する同様の培養試験を gp70 がん抗原存在下で行った結果、ワクチン投与によって増強された細胞増殖能および IFN- $\gamma$  産生能が CUA 摂取によってさらに亢進される傾向が観察された (図 3)。また、CUA 摂取に伴うがん抗原特異的 IFN- $\gamma$  産生の有意な上昇は、ワクチンを投与していない通常のマウスにおいても観察された (図 3)。

## 2-3. がんペプチドワクチン投与マウス LN 細胞におけるがん抗原特異的免疫細胞の誘導

がんペプチドワクチンを投与したマウスの鼠径リンパ節から細胞を分離し、CUA 摂取によるワクチン効果増強作用を検証した結果、colon-26

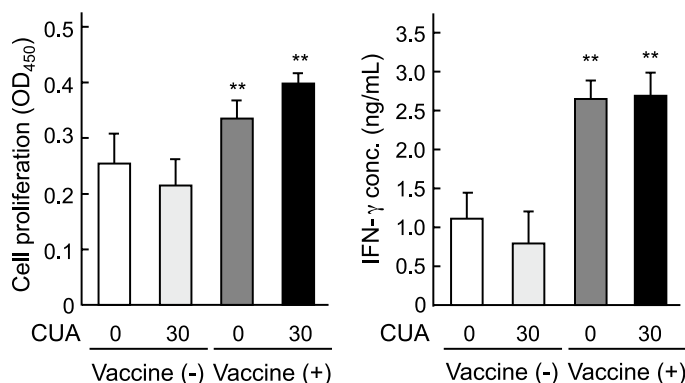


図 2 ワクチン投与に伴うコンカナバリン A 刺激下における脾臓細胞の増殖および IFN- $\gamma$  産生の増強

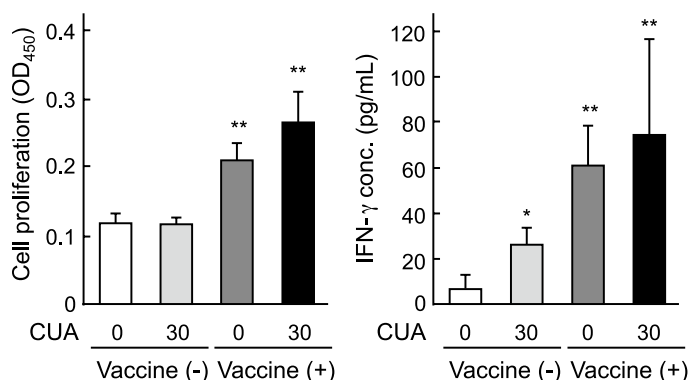


図 3 ワクチン投与に伴う gp70 がん抗原刺激に対する脾臓細胞の増殖および IFN- $\gamma$  産生応答の亢進

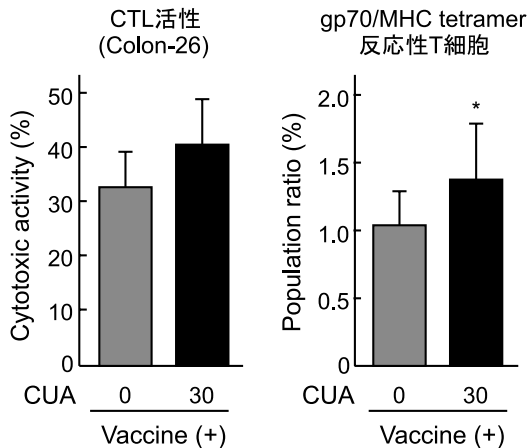


図4 CUA フコイダン摂取に伴う gp70 がん抗原特異的細胞傷害性リンパ球の機能亢進

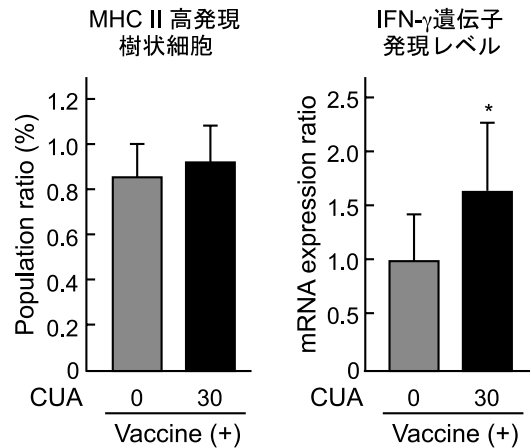


図5 CUA フコイダン摂取に伴う I 型腫瘍免疫機能の増強

細胞を標的がん細胞とする CTL 活性の測定において、CUA 摂取によって亢進される傾向が認められた (図4)。また、抗原提示分子 MHC class I と gp70 ペプチドの複合体 (gp70/MHC tetramer) を認識する CD8 陽性 T 細胞の割合は、CUA 摂取によって有意に増加した (図4)。さらに、同リンパ節細胞における MHC class II 分子を高発現する樹状細胞 (MHC class II<sup>high</sup>/CD11b<sup>low</sup>/CD11c<sup>high</sup>) の割合および IFN- $\gamma$  遺伝子発現レベルを測定した結果、CUA 摂取マウス由来の LN 細胞においてより高値を示した (図5)。

### 3. 考察

我々は、先に行ったマウスを用いた動物試験において、CUA の摂取に伴って NK 活性が上昇すると共に皮下移植がん細胞による腫瘍形成が抑制されることや抗がん剤投与に伴う副作用として生じる免疫抑制が緩和されることなどを明らかにしてきた<sup>13)</sup>。NK 細胞は全身的な免疫力の代表的な指標の一つであり、本研究においても同様の NK 活性の上昇が CUA 摂取マウスにおいて観察された。このことは、経口摂取された CUA が抗腫瘍免疫をはじめとする生体防御能を増強する作用を持つことを示した先述の知見を支持している。加えて、本研究では、がん関連モデル抗原である gp70 ペプチドを投

与した部位に隣接する鼠径リンパ節において、gp70 ペプチドを特異的に認識する CD8 陽性 T 細胞 (がん特異的 CTL) が CUA 摂取に伴って効率的に誘導され、gp70 を発現する colon-26 細胞に対する殺傷能 (CTL 活性) の増大を導くことが明らかとなった。従って、CUA 摂取は、がんペプチドワクチン効果の増強に寄与し、がん特異的な免疫応答を効率的に誘導する有効な手段となることが期待された。

本研究では、CUA を摂取したワクチン処置マウスのリンパ節において、抗原提示分子である MHC class II を高発現する樹状細胞の増加が観察された。この樹状細胞は、抗腫瘍免疫の誘導に働く I 型ヘルパー T 細胞の分化成熟に関わるものと推察され、実際に本試験条件において I 型ヘルパー T 細胞が分泌し NK 細胞や CTL の活性化を促すサイトカインである IFN- $\gamma$  の遺伝子発現レベルが同リンパ節細胞で有意に上昇することが確認された。しかし、腫瘍内の微細環境においては、腫瘍関連マクロファージ (tumor-associated macrophages, TAM) や制御性 T 細胞 (regulatory T cells, Treg) などの免疫抑制作用を有する細胞群が集積し、腫瘍形成の悪化を導くことが知られている<sup>14)</sup>。そのため、現時点では本研究で見出された CUA の抗腫瘍免疫増強効果が、腫瘍への TAM や Treg の集積

あるいはそれらの細胞による免疫抑制を打破するのに十分であると判断することは出来ない。従って、実際の抗腫瘍効果が生体レベルで発揮されるか否かについては、がん細胞移植マウスを用いた摂食試験などを通して今後検証する必要がある。

先の研究で我々は、フコイダンがB細胞による抗体産生に対して増強効果を有し<sup>15)</sup>、また、健康者を対象としたCUA摂取試験において口腔内粘膜で異物の排除に働く分泌型IgA抗体の産生を増加させる可能性を見出している<sup>16)</sup>。また、インフルエンザワクチンの投与と並行してフコイダンを摂取することで、高齢者におけるウイルス特異的抗体の産生の向上を促すことが報告されている<sup>17)</sup>。これらの知見から、本研究で評価の対象とした抗腫瘍作用を担うNK細胞やCTLなどの細胞性免疫の活性化とは異なる作用機序として、がん抗原特異的な抗体の産生誘導を高めることで、CUA摂取が抗腫瘍免疫の増強に関わる可能性についても期待が持たれる。

一方、フコイダンと抗原を混合してマウス腹腔内に投与することで、樹状細胞におけるMHC分子の発現が高まり、T細胞の活性化とB細胞による抗体産生が亢進すると共に、皮下移植がん腫瘍形成の顕著な抑制が観察されたことから、フコイダンが抗腫瘍ワクチン治療におけるアジュバント（免疫賦活剤）として有用であることが示唆されている<sup>18)</sup>。また、分子標的薬を用いたがん治療に適用するための薬物送

達担体の開発に関する研究が近年進められており、フコイダンで粒子表面を被覆した担体を用いることで、マウス生体内での薬剤の安定性および病変部位への送達性が向上すると共に、抗腫瘍免疫の活性化が効率的に誘導されることによって移植腫瘍の退縮と転移の抑制が達成されることが報告されている<sup>19)</sup>。これらの知見は、フコイダンが、食品利用以外にも、医療分野における医薬的臨床応用の可能性を有することを示唆している。

以上、本研究で得られた結果から、経口摂取されたフコイダンが、がん免疫治療の一つである抗原ペプチドワクチン療法において免疫賦活作用を発揮し、がん細胞の特異的な排除による効果的ながん治療の一助となる可能性が示された。しかし、がん治療において安全かつ実質的な効果をもたらすフコイダンの利用法を確立するためには、更なる学術的検証およびヒト試験が必要である。

#### 利益相反および謝辞

著者が所属する九州大学大学院生命機能科学部門 機能性多糖分析学講座は、株式会社ヴェントゥーノ（福岡）ならびに特定非営利活動法人NPO フコイダン研究所の出資により設立された寄附講座である。また、免疫細胞集団の解析には、九州大学大学院農学研究院研究教育支援センター（Center for Advanced Instrumental and Educational Supports, Faculty of Agriculture, Kyushu University）の機器を使用した。

## 参考文献

1. S. Gupta and N. Abu-Ghannam: Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology* **22**: 315-326, 2011.
2. S. Charoensiddhi, M.A. Conlone, C. Franco and W. Zhang: The development of seaweed-derived bioactive compounds for use as prebiotics and nutraceuticals using enzyme technologies. *Trends in Food Science & Technology* **70**: 20-33, 2017.
3. 西出英一：海藻多糖類. 調理科学 **22**: 14-18, 1988.
4. 酒井武, 佐川裕章, 加藤郁之進：機能性食品としてのフコイダン：その構造と生物活性. 藻類 *Japanese journal of phycology (Sôru)* **51**: 19-25, 2003.
5. H. Kylin: Zur Biochemie der Meeresalgen. *Zeitschrift für Physiologische Chemie* **83**: 171-197, 1913.
6. J.B. Lee, K. Hayashi, M. Hashimoto, T. Nakano and T. Hayashi: Novel antiviral fucoidan from sporophyll of *Undaria pinnatifida* (Mekabu). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* **52**: 1091-1094, 2004.
7. B. Li, F. Lu, X. Wei, W.R. and Zhao: Fucoidan: Structure and Bioactivity. *Molecules* **13**: 1671-1695, 2008.
8. M.T. Ale, J.D. Mikkelsen and A.S. Meyer: Important determinants for fucoidan bioactivity: A critical review of structure-function relations and extraction methods for fucose-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. *Marine Drugs* **9**: 2106-2130, 2011.
9. 鶴田未季, 西村泰治：がん免疫療法におけるがん抗原ワクチン療法の現状と将来展望. *Major Histocompatibility Complex* **25**: 40-49, 2018.
10. 赤澤悠, 鈴木利宙, 中面哲也：がん局所への CTL 浸潤の増強. 癌と化学療法 **45**: 227-231, 2018.
11. 松本美佐子, 瀬谷司：がん免疫アジュバントの開発. ファルマシア **53**: 20-24, 2017.
12. S.S. Ferreira, C.P. Passosa, P. Madureira, M. Vilanova and M.A. Coimbra: Structure–function relationships of immunostimulatory polysaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers* **132**: 378–396, 2015.
13. 宮崎義之：海藻由来機能性多糖フコイダンの免疫増強作用. *Food style* **21** **20**: 52-56, 2016.
14. L. Yang and Y. Zhang: Tumor-associated macrophages: from basic research to clinical application. *Journal of Hematology & Oncology* **10**: 58, 2017.
15. M. Takai, Y. Miyazaki, H. Tachibana and K. Yamada: The enhancing effect of fucoidan derived from *Undaria pinnatifida* on immunoglobulin production by mouse spleen lymphocytes. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **78**: 1743-1747, 2014.
16. 宮崎義之, 桐野智美, 山口千仁：フコイダン含有食品の免疫増強作用および安全性に関する小規模臨床試験：口腔内粘膜免疫機能の改善について. *Food style* **21** **18**: 21-25, 2014.
17. H. Negishi, M. Mori, H. Mori and Y. Yamori: Supplementation of elderly Japanese men and women with fucoidan from seaweed increases immune responses to seasonal influenza vaccination. *Journal of Nutrition* **143**: 1794-1798, 2013.
18. J.O. Jin, W. Zhang, J.Y. Du, K.W. Wong, T. Oda and Q. Yu: Fucoidan can function as an adjuvant in vivo to enhance dendritic cell maturation and function and promote antigen-specific T cell immune responses. *Plos One* **9**: e99396, 2014.
19. C.S. Chiang, Y.J. Lin, R. Lee, Y.H. Lai, H.W. Cheng, C.H. Hsieh, W.C. Shyu and S.Y. Chen: Combination of fucoidan-based magnetic nanoparticles and immunomodulators enhances tumour-localized immunotherapy. *Nature Nanotechnology* **13**: 746-754, 2018.

連絡先：〒 819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744

九州大学大学院生命機能科学部門 機能性多糖分析学講座

Tel/Fax : 092-802-4778 E-mail : miyazaki@agr.kyushu-u.ac.jp

## Effective induction of tumor antigen-specific immune responses by a fucoidan-agaricus mix feeding in peptide vaccine-treated mice

Yoshiyuki Miyazaki\*

\*Faculty of Agriculture, Kyushu University

Key Words: brown seaweed extracts, sulfated polysaccharide, fucoidan, anti-tumor immunity, peptide vaccine

### Abstract

Fucoidan is a series of natural sulfated polysaccharides derived from brown seaweeds mainly composed of L-fucose, and known to have several bioactivities such as anti-cancer and immunomodulatory effects. We also have found several immune-enhancing effects in "Okinawamozuku" (*Cladosiphon okamuranus*)-derived fucoidan and "Mekabu", which is sporophyll of "Wakame", (*Undaria pinnatifida*)-derived fucoidan. In this context, it was revealed in our previous studies that a mixture of these two kinds of fucoidan and an extract from mycelia of *Agaricus blazei* Murill potentiated anti-tumor immunity to reduce tumor growth in experimental model mice fed the mixture (CUA). In this study, dietary effects of CUA on achievement of effective tumor vaccination were evaluated using Balb/c mice immunized with a tumor antigen gp70 peptide emulsified in complete Freund's adjuvant. This procedure totally enhanced systemic immune function because augmented NK cell activity was observed in splenocytes from the vaccinated, and especially CUA-fed, mice. On the other hand, the gp70 peptide-stimulated IFN- $\gamma$  production in splenocytes from the vaccinated mice were tended to augment by the CUA feeding. Furthermore, the CUA feeding potentiated the killing activity to colon-26 carcinoma of draining lymph node (LN) cells from the vaccinated mice in association with increase of gp70-specific CD8-positive T cell population. Furthermore, the expressions of MHC class II molecule (I-A/I-E) on CD11c-positive populations and IFN- $\gamma$  mRNA were elevated in LN cells from the vaccinated and CUA-fed mice. These results suggested that the CUA feeding potentially support effective induction of anti-tumor immune responses by vaccination with tumor antigen peptides.

\*To whom correspondence should be addressed.

Laboratory of Bioactive Polysaccharide Analysis, Department of Bioscience and Biotechnology,  
Faculty of Agriculture, Kyushu University,  
744 Motoooka Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan  
Tel/Fax : +81-92-802-4778 E-mail : miyazaki@agr.kyushu-u.ac.jp

# 食成分であるポリアミンによる健康長寿の背景 ー ポリアミン代謝と遺伝子メチル化, および One carbon metabolism について ー

早田 邦康 (SODA Kuniyasu) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 自治医科大学大学院・循環器病臨床医学研究所

Key Words: ポリアミン スペルミン メチル化 DNA LFA-1 ITGAL One carbon metabolism

## 要旨

これまでの健康長寿に関する研究では、単一の機能の活性化だけでは動物の老化抑制や寿命延長を達成できないことが数多く示されてきた。一方、近年になり、遺伝子修飾とくに DNA メチル化が老化の進行や健康長寿と密接に係わっていることが急速に明らかにされつつある。我々は、食成分であるポリアミンという物質が遺伝子メチル化の制御に重要な役割を担っていることを報告した。また、高ポリアミン餌を摂取し続けたマウスでは、加齢に伴う DNA の異常メチル化が抑制されて寿命が延長することを世界で最初に報告した。遺伝子メチル化とは、DNA メチルトランスフェラーゼ (DNMT) という酵素が S- アデノシルメチオニン (SAM) から供給されるメチル基を DNA のシトシンに付与することによって遺伝子発現を調整する機構である。遺伝子にメチル基を付与した SAM は S- アデノシルホモシステイン (SAH) になるが、SAH は代謝をうけてホモシステインになる。これまで多くの研究でホモシステインの上昇が生活習慣病の促進因子であり、その濃度上昇の抑制による生活習慣病抑制の試みがなされてきた。多くの臨床研究の結果、十分な効果を得るまでには至っていないが、ホモシステインの濃度の変化による遺伝子のメチル化への影響が指摘されている。一方、SAM は脱炭酸 S- アデノシルメチオニン (dcSAM) に変換された後にポリアミン合成に係る。SAM の代謝産物である SAH と dcSAM は DNMT 活性を抑制する。現在アンチエイジングの研究で最も注目されている遺伝子メチル化機構を概説し、ポリアミン代謝およびホモシステイン代謝と遺伝子メチル化に関する解説を行う。

## はじめに

老化は、加齢 (時間の経過) に伴う生理的な機能の変化により、心疾患、癌、サルコペニア、および代謝異常および神経の変性疾患 (例えばアルツハイマー病) などの、様々な病理学変化を伴う。生活習慣病の発症頻度や老化の進行の速度や寿命の長さは、類似した社会的背景を持った国々や地域間で比較した場合でも大きな差を認める。例えば、ヨーロッパおよび西洋諸国の中で、平均寿命や心血管疾患 (心筋梗塞や脳梗塞および大動脈破裂などの動脈硬化によって生

じる疾患) の発生率には大きな差がある。我々は、以前に WHO (World Health Organization) のデータを用いて、これらの国々における心臓血管疾患の発症頻度と寿命の長さが強い負の相関 (心臓血管疾患が多いと寿命が短い) を有していることを報告した<sup>1)</sup>。疫学調査では、生活に関する様々な因子の中で、食習慣と生活習慣病の発症や進行に関する検討が数多く行われ、食品や食習慣と生活習慣病の関係が明らかにされてきた。例えば、大豆とそれらの製品を多く消費する地域では、心血管疾患<sup>2, 3)</sup>、および乳

癌<sup>4-6)</sup>や結腸癌<sup>7-10)</sup>のような悪性腫瘍の発生率が低いことが指摘されている。また、地中海沿岸地域の地中海食とよばれている食習慣や野菜を多く摂取する食習慣も、心血管疾患<sup>11-13)</sup>や乳癌および結腸癌<sup>14-17)</sup>の発生率の低さと密接な関連がある。これらのことから、食品に含まれるなんらかの成分が生活習慣病に関連する病理学変化の抑制に重要な役割を果たしていることが示唆される。

多くの生活習慣病や老化の発症と進行は炎症の発生やその結果として生じる酸化ストレスによって生じることが指摘されてきた<sup>18)</sup>。さらに、加齢とともに免疫機能が変化して炎症が誘発されやすい状態 (proinflammatory status) が進行することもわかっている。その結果、微弱ではあっても慢性的に持続する炎症が生じ、その結果生じる酸化ストレスによって生活習慣病や老化の進行が加速されることになる<sup>19, 20)</sup>。実際に慢性炎症や酸化ストレスの発生は、加齢とともに生じる機能低下とも密接な関係のあることが指摘されている<sup>21)</sup>。これらのことから、加齢に伴う proinflammatory status を抑制するか、炎症の結果生じる酸化ストレスを軽減することによって、老化の抑制が達成できるのではないかと考えられて検討されてきた。

その結果、食品に含まれる抗炎症・抗酸化物質が老化や生活習慣病を抑制するのではないかと有望視され、抗酸化ビタミンやポリフェノールと呼ばれる物質に注目が集まった。例えば、生活習慣病と密接な関係のある大豆にはポリフェノールであるイソフラボンが含まれている。また、地中海食には、レスベラトロールというブドウに含まれるポリフェノール類が多く含まれている。そして、これらの物質は、老化や生活習慣病の進行を抑制する可能性のある多くの生理活性を有することが明らかにされてきた<sup>22-24)</sup>。例えば、これらの食成分は、有害な刺激から細胞と遺伝子を保護し、老化や生活習慣病の原因である炎症を抑制して酸化ストレスを消去する生理活性を有する。実際に、ある特殊な条件の下や、特殊な動物を用いた検討

では、ポリフェノールの摂取量の増加が動物の寿命を延長することが報告された<sup>25, 26)</sup>。しかしながら、その後の多くのヒト介入試験や動物実験では、ポリフェノール類は単剤でも多剤でも、また投与量に関わらず生活習慣病の予防や寿命延長に寄与しないことが次々に報告されてきた<sup>23, 27-33)</sup>。さらに、強い抗酸化作用を有するビタミンEおよびベータカロチンの投与は、ヒトの心血管疾患およびそれらの関連する死亡率を増加させることも報告された<sup>34-42)</sup>。

生活習慣病の発症や老化の進行は慢性炎症と密接に係わっていることが指摘されているが、それと同時に遺伝子修飾 (エピジェネティクス (epigenetics)) と密接な関係のあることが指摘されている<sup>43, 44)</sup>。遺伝子修飾とは、遺伝子そのものには変化を生じさせずに、その発現を調整する機構である。遺伝子修飾の一つとして遺伝子メチル化 (遺伝子にメチル基が付与させることによって生じる) は重要な役割を担っていることが指摘されているが、メチル化に必要なメチル基は食成分に存在する。すなわち、食物摂取が遺伝子メチル化に関連する酵素活性や物質濃度に影響を及ぼし、その結果として遺伝子メチル化に変化を及ぼす可能性がある。私たちは、食成分であるポリアミン (スpermin (Spermine) とスpermidine (Spermidine)) が proinflammatory status を抑制し、遺伝子メチル化に係る物質濃度や遺伝子メチル化酵素活性および遺伝子全体のメチル化に影響を及ぼすことを報告してきた<sup>19, 45)</sup>。さらに、合成ポリアミンおよびその前駆体であるプトレスシン (Putrescine) を加えて大豆の約3倍の濃度になるように調整した餌を生生涯にわたって摂取したマウスでは、加齢に伴う変化が抑制されて寿命が延長することを世界で最初に報告した<sup>46)</sup>。そして、それまでに得られたデータからポリアミンによってもたらされる健康長寿は、ポリアミンの有する遺伝子や細胞保護作用、さらには抗炎症・抗酸化作用に加えて、加齢に伴う遺伝子のメチル化状態の変化を抑制することによる



ものであると考え、発癌に対する抑制効果もあるのではないかと考えて検討を行った。同時にその研究を推進する背景には、加齢に伴う遺伝子のメチル化と癌を含めた生活習慣病における遺伝子メチル化には密接な関係が指摘され始めていたことなどもある。特段の発癌リスクを有さないマウスをポリアミン濃度の異なる餌で飼育しながら、発癌物質を低用量で頻回に投与したところ、結腸腫瘍の発生が高ポリアミン餌で飼育したマウスで低くなることを見出した<sup>47)</sup>。この総説では、遺伝子メチル化を概説し、その制御に係る物質や酵素を紹介し、ポリアミンによるアンチエイジングの基礎的背景を明らかにする。

## 1. 加齢に伴う変化

加齢に伴って、体内では様々な生理機能の変化が生じる。ヒトでは、加齢とともにメタボリックシンドローム、心臓血管疾患、糖尿病などの代謝異常、腎機能の低下、慢性貧血、アルツハイマー病などの神経変性疾患、サルコペニア（筋肉量の減少と筋力低下を伴う身体機能障害）、骨密度の低下（骨粗鬆症）、さらには大腸癌や乳癌などの癌などの発症が増加する。このような加齢とともに進行する病理学的変化を生じさせる生物学的な背景は完全に解明されているわけではない。しかし、老化や加齢に伴う上記の変化は、環境要因と密接な関係がある。このことが最もわかりやすいのは、同じ遺伝子を持ち、同じ体内環境で成長した一卵性双生児である。出生直後には“瓜二つ”であっても、加齢とともに外見の違いが明確になるとともに、生活習慣病の罹患や身体機能にも大きな違いがみられるようになる。

“Inflamm-aging”という言葉は、慢性炎症と老化（もしくは加齢）の密接な関係を表現するための造語である。この言葉の前半部分はinflammation（炎症）を示すが、炎症は免疫細胞の活性化によって引き起こされる。体内に侵入してきた、もしくは体内に発生した物質を免疫細胞が除去するべき物質と認識し、その物質

を排除するために炎症性サイトカインなどのタンパクを産生し、炎症が誘発される。よって、炎症は、一般的に有害な病原体を除去するために免疫機能が活性化された結果生じるものである。炎症は、免疫細胞の細胞膜に存在する Lymphocyte function associated antigen 1 (LFA-1) というタンパクと、血管の最も内側の層に存在する内皮細胞上の細胞表面に存在する Intercellular adhesion molecule という細胞接着分子と呼ばれるタンパクとの結合から始まる。この結合によって免疫細胞には活性化のシグナルが伝達されて免疫細胞は活性化され、様々な炎症性サイトカインなどのタンパクが産生される。高齢者では、様々な免疫機能の変化が確認されている。例えば、免疫細胞の細胞膜タンパクである LFA-1 量の増加<sup>48-51)</sup>、体内での免疫細胞の種類の変化や炎症性サイトカインの産生の変化<sup>52, 53)</sup>、および液性免疫（抗体などを中心として免疫系）機能の変化<sup>54)</sup> などである。

高齢者では、炎症性サイトカインである腫瘍壊死因子 (Tumor necrosis factor (TNF))、インターロイキン (Interleukin (IL)) -1 および IL-6 などの血中濃度が増加していることが報告されている<sup>55-58)</sup>。これらの炎症性サイトカインは、加齢などとの関連も指摘されているインスリン様成長因子 -1 (Insulin-like growth factor) の分泌に影響を及ぼし<sup>59)</sup>、インスリン抵抗性を誘発する<sup>60)</sup>。また、赤血球の産生を抑制して貧血を誘発し<sup>61)</sup>、血管の機能障害<sup>62)</sup>や筋肉の喪失を促進する<sup>63)</sup>。高齢者におけるこのような変化の背景は完全に明らかにされているわけではないが、加齢に伴って体内に存在する細胞や物質が徐々に変性して蓄積することも原因ではないかと考えられる。これらの変性した自己由来の物質は、本来は免疫細胞を刺激しないものの、自己とはごくわずかに異なった異物として免疫細胞から認識されるようになる。ところが、これらの物質は細菌などのように生体に対して攻撃的ではないために、免疫細胞の刺激は軽度にとどまる。しかし、常に産生されることによって、極めて微弱で持続的な免疫細胞へ

の刺激が生じ、同時に加齢に伴う免疫細胞の機能の変化（特に LFA-1 の増加）などがこれらの物質に過敏に反応して慢性炎症が誘発されると考えられる<sup>64, 65)</sup>。

一卵性双生児間で観察される老化の進行や生活習慣病の発症の違いは生活環境の違いが引き起こしたものと考えられる。成長後に置かれた生活環境の違いが、免疫機能の刺激を誘発する物質の産生や加齢ともに生じる免疫機能の変化の程度に影響を及ぼし、生活習慣病の発症や老化の進行に違いを生じさせると考えられる。よって、生活習慣病や老化を抑制するためには、免疫細胞を慢性的に刺激する体内物質の産生を抑制し、加齢に伴って進行する炎症を誘発しやすい免疫細胞の状態（proinflammatory status）を抑制することが重要であると考えられる。

## 2. ポリアミンとは

ポリアミンは複数のアミノ基（NH<sub>2</sub>）を有する有機化合物である。代表的なポリアミンとし

ては、アミノ基を3個有するスペルミジンと4個有するスペルミンがあり、分子量はおおよそ 140g/mol および 200g/mol である。図1にポリアミン合成と分解、および細胞膜でのポリアミン輸送などに関するポリアミン代謝を示す。ポリアミンは細胞内でアルギニン（Arginine）から合成される。アルギニンはアルギナーゼ（Arginase）の作用でオルニチン（Ornithine）へ変換され、オルニチンはオルニチン・デカルボキシラーゼ（Ornithine decarboxylase (ODC)）の作用を受けてアミノ基を2個有するポリアミンの前駆体であるプトレスシン（Putrescine）になる。プトレスシンはアミノ基を2個(di=ジ)有するために、ポリアミンと区別してジアミンと呼ばれる。

ポリアミン合成に関与する酵素の中で、特に ODC の活性は加齢とともに低下することが知られている<sup>66, 67)</sup>。半減期の短い ODC はポリアミン合成の律速酵素であり、様々な因子によって活性化されることがわかっている<sup>66, 68)</sup>。ま

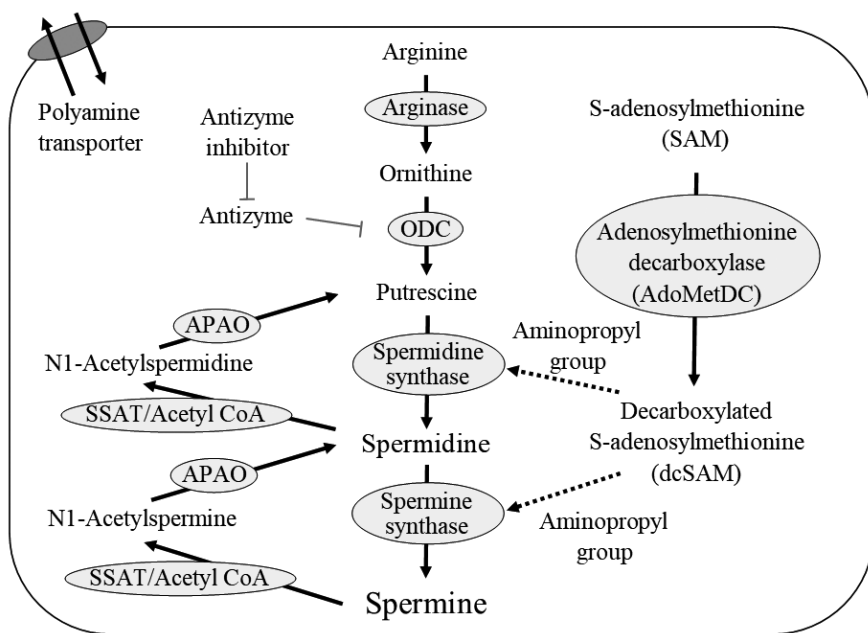


図1 ポリアミン合成と分解、および輸送

ODC: Ornithine decarboxylase,  
SSAT: spermine/spermidine-N1-acetyltransferase,  
APAO: N1-acetylpolyamine oxidase.

た, ODC はアンチザイム (Antizyme) によって分解されるが, アンチザイムはアンチザイム・インヒビター (Antizyme inhibitor) によって抑制されるというように, ポリアミンの代謝は非常に複雑な機構で制御されている。これはポリアミンの恒常性が厳密に制御されていることを示しており, 細胞機能におけるポリアミンの重要性が推測できる。

ス ペ ル ミ ジ ン 合 成 酵 素 (Spermidine synthase) は, 脱炭酸 S- アデノシルメチオニン (Decarboxylated s-adenosylmethionine (dcSAM)) から供与されたアミノプロピル基 (Aminopropyl group) をプトレスシンに付与して, スペルミジンを合成する。同様に, スペルミン合成酵素 (Spermine synthase) も, dcSAM から供与されたアミノプロピル基をスペルミジンに付与して, スペルミンを合成する。アミノプロピル基の供給源である dcSAM は, アデノシルメチオニン・デカルボキシラーゼ (Adenosylmethionine decarboxylase (AdoMetDC)) によって S- アデノシルメチオニン (S-adenosylmethionine (SAM)) から変換される。スペルミジン合成酵素とスペルミン合成酵素の特性は完全には明確にされているわけではないが, ポリアミン合成における律速的な役割はないと思われる。高齢動物や高齢者にアルギニンやオルニチン (Ornithine) を投与すると, プトレスシン合成は刺激されるが, 必ずしもポリアミン濃度は上昇しない。スペルミジンおよびスペルミン合成酵素活性の活性化を刺激する因子は確認されておらず, その活性は加齢とともに低下すると考えられる<sup>67, 69-71)</sup>。また, 動物の組織を用いた検討では, ODC 活性は加齢とともに低下し, 同様に組織中のポリアミン濃度も低下することが報告されている<sup>72, 73)</sup>。

細胞内のスペルミンはスペルミン/スペルミジン  $N^1$ -アセチルトランスフェラーゼ (spermine/spermidine  $N^1$ -acetyltransferase (SSAT)) およびアセチル CoA によって  $N^1$ -アセチルスペルミン ( $N^1$ -acetylspermine) に変換されて, さらに  $N^1$ -アセチルポリアミン酸化酵素 ( $N^1$ -acetylpolyamine oxidase (APAO)) の作

用をうけてスペルミジンになる。スペルミジンも同様の酵素の作用を受けて, プトレスシンに変換される。さらに, 細胞内でのポリアミン合成と分解に加えて, 細胞は細胞膜に存在するポリアミントランスポーターの作用で細胞内のポリアミンを細胞外に排出し, 細胞外のポリアミンを細胞内に取り込むことができる。

ポリアミンは細胞の増殖や分化, そして遺伝子発現, 細胞内シグナルなどの様々な細胞機能に係っている。さらに, 表 1 に示すように, 細胞や遺伝子を様々な有害刺激から保護する生理活性を有している。我々は, ポリアミンが細菌の菌体成分であるリポ多糖類 (lipopolysaccharide (LPS)) などの刺激による炎症性サイトカインの産生を強力に抑制することを報告した<sup>74)</sup>。さらにその後, ポリアミンが免疫細胞の細胞膜上の LFA-1 タンパクの量を減少させることも見出した<sup>19)</sup>。これらの生理活性は特異的であり, その他の細胞機能の抑制を伴うわけではない。例えば, ポリアミンとともに培養した免疫細胞では, 免疫細胞の活性化を計測する際に使用されるレクチン (Phytohemagglutinin (PHA) および ConcanavalinA (ConA)) と呼ばれる物質に対する反応が増強される<sup>19)</sup>。興味深いのは, 高齢者ではこれらの物質に対するリンパ球の反応が低下しており, 免疫細胞の LFA-1 の量は多いことが報告されている<sup>48, 51, 55, 75)</sup>。さらに, 我々は採取した末梢血単核球を培養する際にポリアミンを添加することによって, 培養時間とともに低下する免疫細胞のナチュラル・キラー (NK) 活性の低下が軽減され, 細胞の生存率と活性が維持されることを報告している<sup>76)</sup>。このようなポリアミンによる細胞の寿命延長や活性の持続作用は, その後他の研究者からも報告されている<sup>77)</sup>。プトレスシンもポリアミンとして紹介されていることがあるが, 上記の生理活性はほとんど確認できない。プトレスシンは, アミノ基を 2 個 (di= ジ) 有するためにジアミンと呼ばれ, スペルミジンやスペルミンであるポリアミンと区別される。

表 1 ポリアミンの細胞保護作用の論文

生理活性	著者	雑誌名 巻：ページ（発行年）
抗炎症作用	Lovaas E <i>et al.</i>	<i>Free Radic Biol Med</i> <b>11</b> :455-461 (1991)
	Zhang M <i>et al.</i>	<i>J Exp Med</i> <b>185</b> :1759-1768 (1997)
	Soda K <i>et al.</i>	<i>J Immunol</i> <b>175</b> :237-245 (2005)
	Lagishetty CV <i>et al.</i>	<i>Indian J Pharmacol</i> <b>40</b> :121-125 (2008)
	Choi YH <i>et al.</i>	<i>J Biomed Sci</i> <b>19</b> :31 (2012)
	Paul S <i>et al.</i>	<i>Inflamm Res</i> <b>62</b> :681-688 (2013)
	Zhou S <i>et al.</i>	<i>Front Immunol</i> <b>9</b> :948 (2018)
抗酸化作用とフリーラジカル消去	Tadolini B <i>et al.</i>	<i>Biochem Biophys Res Commun</i> <b>122</b> :550-555 (1984)
	Lovaas E <i>et al.</i>	<i>Free Radic Biol Med</i> <b>11</b> :455-461 (1991)
	Khan AU <i>et al.</i>	<i>Proc Natl Acad Sci USA</i> <b>89</b> :11428-11430 (1992)
	Goss SP <i>et al.</i>	<i>Chem Res Toxicol</i> <b>8</b> :800-806 (1995)
	Marzabadi MR <i>et al.</i>	<i>Free Radic Biol Med</i> <b>21</b> :375-381 (1996)
	Farbiszewski R <i>et al.</i>	<i>Neurochem Res</i> <b>21</b> :1497-1503 (1996)
	Ha HC <i>et al.</i>	<i>Proc Natl Acad Sci U S A</i> <b>95</b> :11140-11145 (1998)
	Jung IL <i>et al.</i>	<i>Arch Biochem Biophys</i> <b>418</b> :125-132 (2003)
	Chattopadhyay MK <i>et al.</i>	<i>Proc Natl Acad Sci USA</i> <b>100</b> :2261-2265 (2003)
	Belle NA <i>et al.</i>	<i>Brain Res</i> <b>1008</b> :245-251 (2004)
	Gaboriau F <i>et al.</i>	<i>Redox Rep</i> <b>10</b> :9-18 (2005)
	Fujisawa S <i>et al.</i>	<i>Anticancer Res</i> <b>25</b> :965-969 (2005)
	Sava IG <i>et al.</i>	<i>Free Radic Biol Med</i> <b>41</b> :1272-1281 (2006)
	Rider JE <i>et al.</i>	<i>Amino Acids</i> <b>33</b> :231-240 (2007)
	Nayvelt I <i>et al.</i>	<i>Biomacromolecules</i> <b>11</b> :97-105 (2010)
	Jeong JW <i>et al.</i>	<i>Biomol Ther (Seoul)</i> <b>26</b> :146-156 (2018)
放射線からの保護	Courdi A <i>et al.</i>	<i>Int J Cancer</i> <b>38</b> :103-107 (1986)
	Arundel CM <i>et al.</i>	<i>Radiat Res</i> <b>114</b> :634-640 (1988)
	Held KD <i>et al.</i>	<i>Int J Radiat Biol</i> <b>59</b> :699-710 (1991)
	Snyder RD <i>et al.</i>	<i>Radiat Res</i> <b>137</b> :67-75 (1994)
	Williams JR <i>et al.</i>	<i>Biochem Biophys Res Commun</i> <b>201</b> :1-7 (1994)
	Spotheim-Maurizot M <i>et al.</i>	<i>Int J Radiat Biol</i> <b>68</b> :571-577 (1995)
	Newton GL <i>et al.</i>	<i>Radiat Res</i> <b>145</b> :776-780 (1996)
	Chiu S <i>et al.</i>	<i>Radiat Res</i> <b>149</b> :543-549 (1998)
	Sy D <i>et al.</i>	<i>Int J Radiat Biol</i> <b>75</b> :953-961 (1999)
	Warters RL <i>et al.</i>	<i>Radiat Res</i> <b>151</b> :354-362 (1999)
	Douki T <i>et al.</i>	<i>Radiat Res</i> <b>153</b> :29-35 (2000)
	von Deutsch AW <i>et al.</i>	<i>Gravit Space Biol Bull</i> <b>18</b> :109-110 (2005)
紫外線からの保護	Snyder RD <i>et al.</i>	<i>Photochem Photobiol</i> <b>52</b> :525-532 (1990)
	Williams JR <i>et al.</i>	<i>Biochem Biophys Res Commun</i> <b>201</b> :1-7 (1994)
	Pothipongsa A <i>et al.</i>	<i>Appl Biochem Biotechnol</i> <b>168</b> :1476-88 (2012)
その他の細胞保護	Rajalakshmi S <i>et al.</i>	<i>Biochemistry</i> <b>17</b> :4515-4518 (1978)
	Mackintosh CA <i>et al.</i>	<i>Biochem J</i> <b>351</b> :439-447 (2000)
	Di Mascio P <i>et al.</i>	<i>Arch Biochem Biophys</i> <b>373</b> :368-374 (2000)
	Chauhan SD <i>et al.</i>	<i>FASEB J</i> <b>17</b> :773-775 (2003)
	Gugliucci A <i>et al.</i>	<i>Life Sci</i> <b>72</b> :2603-2616 (2003)
	Sagor GH <i>et al.</i>	<i>Transgenic Res</i> <b>22</b> :595-605 (2013)
	Okumura S <i>et al.</i>	<i>Liver Transpl</i> <b>22</b> :1231-1244 (2016)

### 3. 体内ポリアミンの供給源

細胞は細胞膜のポリアミントランスポーターを介して細胞外のポリアミンを取り込むことができる。よって、細胞外に存在するポリアミンは細胞内のポリアミン濃度に大きな影響を及ぼす。最もよく知られているのは、癌患者で認められる変化である。癌細胞は活発な細胞増殖に対応してポリアミン合成能が活性化されており、ポリアミン濃度、特にスペルミジン濃度（一般的にスペルミジンは細胞増殖を反映している）が高くなっている<sup>78,82)</sup>。癌細胞内で合成されたポリアミンは、血液細胞を介して体内の細胞に取り込まれる。よって、癌患者では、血液細胞だけでなく、周囲の正常細胞内のポリアミン濃度が上昇し、尿のポリアミン排泄量も増加している<sup>78,83)</sup>。癌患者で上昇するポリアミン濃度は、癌の切除や治療によって低下し、癌の再発によって上昇することから、体内の局所で産生されたポリアミンが全身の組織内ポリアミン濃度に影響を及ぼすことは明らかである<sup>78)</sup>。

ポリアミン合成能は加齢とともに減少する。確かに、論文の題名や要旨には加齢とともに生じるポリアミン濃度の低下が記載されているが、本文を読むとこれは胎児期や幼少時における低下を示している。成長した個体の組織や血球細胞内のポリアミン濃度を測定すると、加齢に伴う濃度の減少はあまり認められず、大きな個体差が存在することが指摘されている<sup>19,84)</sup>。健康な成人におけるポリアミンの主な供給源は、食物内に含まれるポリアミンと腸内細菌が合成するポリアミンなどであると思われる。ほとんどすべての生物はポリアミンを合成するので、さまざまな生物やそれらの生物に関連する物質で構成される食物には、ポリアミンが含まれている。しかし、食品間のポリアミン濃度は大きく異なる<sup>85-88)</sup>。腸内に存在するポリアミンは速く吸収されて門脈内へ移行し<sup>89)</sup>、体内のすべての臓器や組織に移行する<sup>90,91)</sup>。一方、ジアミンであるプトレスシンは腸管内にジアミンを分解する酵素が存在するために、分解される。血中ポリアミン濃度の大きな個人差の原因

の一つは食習慣による食品からのポリアミン摂取の差と腸内細菌叢の違いによるポリアミン合成能の差などが考えられるが、いまだ不明な部分もある。実際に、食物からのポリアミン供給量を減らし、腸内の微生物を抗生物質などの作用で減少させると、血中ポリアミン濃度は減少する<sup>92-94)</sup>。反対に、食物からの長期的なポリアミン供給の増加は、徐々に血中スペルミジン濃度を上昇させることを、ヒトとマウスで確認している<sup>46,95)</sup>。ちなみに、食物中のスペルミジン:スペルミジン比は2~4:1程度であり、スペルミジンが多く含まれる。しかし、血中スペルミジン濃度は変化しない。また、短期的にポリアミン摂取量を増やしても血中ポリアミン濃度の上昇は確認されていない。少なくとも、数か月という長期の持続的なポリアミン摂取の増加で、初めて血中スペルミジン濃度の上昇が確認できる<sup>46,95,96)</sup>。図1に示すように、細胞内ポリアミン合成および分解酵素は極めて複雑であり、これらの機構がポリアミンの恒常性（ホメオスタシス）を保ち、細胞内ポリアミン濃度の急速な変化を防いでいると考えられる。

我々の最新の研究では、天然の大豆と納豆菌を用いてポリアミン濃度を増強した納豆を新たに作成し、ボランティアを募って一年間にわたって毎日45~90gの納豆を摂取し続ける検討を行った（農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（シーズ創出ステージ課題番号26055A)）。その結果納豆を摂取しない対照群と比較して、納豆摂取群の血中スペルミジン濃度は徐々に上昇し、1年後には有意の差を認めた<sup>97)</sup>。しかしながら、血中スペルミジン濃度の上昇は認めなかった。また、介入試験で確認された変化は、以前に行った予備試験や動物実験でも同様にみとめられた。すなわち、マウスに長期間高ポリアミン餌を摂取させると、血中スペルミジンが有意に上昇したがスペルミジンは上昇しなかった<sup>47)</sup>。さらに、試験管レベルの検討では、ヒト末梢血単核球を取り出して生理的な濃度の範囲のスペルミジンを加えると、

細胞内スベルミン濃度は1.2倍ほど上昇し、明確な生理活性（炎症性サイトカイン産生抑制とLFA-1蛋白量の減少）が確認できた<sup>19, 98)</sup>。その際に同じ濃度のスベルミジンを加えて検討したところ、スベルミンと同程度の生理活性を認めたが、細胞内スベルミジン濃度は2～3倍以上に上昇しており、生理的な変化を大きく逸脱していた。この生理活性の差は、健康なボランティアの血液を採取して、血中ポリアミン濃度とLFA-1の蛋白量の関係を検討した際にも確認している。すなわち、血中スベルミン濃度とLFA-1タンパク量には負の相関を認めたものの、血中スベルミジン濃度とLFA-1タンパク量には関係が認められなかった<sup>19, 97)</sup>。最近になってヨーロッパの研究グループから、ポリアミン摂取によりスベルミジン濃度が上昇し、その結果オートファジー機構が活性化されて心血管系の老化抑制に寄与するという論文が報告されている<sup>99)</sup>。さらに、その中で加齢とともにスベルミジン濃度が低下することを我々が報告していると記載しているが、どこにもそのような記載はないし、そもそも生活習慣病が問題となる成長した個体の組織や血液のスベルミジン濃度は低下しない。さらに、我々がこれまで長年繰り返して行った検討では、マウスとヒトが高ポリアミン食を継続摂取すると、血中スベルミン濃度が上昇するものの、スベルミジンは上昇しないことを確認している<sup>47, 97)</sup>。これらのデータは、私たちの研究所で測定するとともに、長年にわたってポリアミン研究に携われ、おそらく世界中で最もポリアミン濃度を正確に測定できる千葉大学（アミンファーマ研究所）の五十嵐博士の研究所でも測定を行って確認している。さらに、多くの従来の研究では、オートファジーを活性化する物質<sup>100-104)</sup>を投与しても、寿命延長や心臓血管疾患の進行抑制に寄与しないことが確認されている<sup>23, 27-33)</sup>。さらに、スベルミンと健康長寿の関係を示唆する疫学調査として、90歳以上の超高齢者では、年齢が60歳から80歳までの高齢者と比較すると明らかに血中ポリアミン濃度における

スベルミンの割合が高いことが報告されている<sup>105)</sup>。多くの問題を提起したレスベラトロール研究と同様、スベルミジンによるオートファジー誘導によるアンチエイジングに関する研究は、他の研究者によって確認されるべきであると考えている。ポリアミン摂取によって体内で上昇しないスベルミジンが、どのようにオートファジー機構を活性化し、オートファジー活性化作用を有するものの寿命延長に寄与しない物質と何が異なるかということが全く理解できない。また実際に研究に携わっている研究者の間では、オートファジー活性化による細胞の寿命延長を確認できないことも学会などで述べられている。

#### 4. 食品に含まれるポリアミンとその活性

生物とその関連する物質から成り立っている食物はポリアミンを含むが、その濃度は大きく異なる。したがって、個人の食の好みやそれぞれの地域における食事習慣の違いは、食物からのポリアミン供給に大きな影響を及ぼす因子と考えられる。カロリー当たりのポリアミン濃度の高い物質は、穀物のふすまと胚芽、大豆のような豆類、野菜、キノコ類、および魚介類である<sup>85-88)</sup>。さらに、食物の部位によってもポリアミン濃度が異なる<sup>88, 106)</sup>。例えば、魚の肉には豆や野菜より低い濃度のポリアミンしか含まれないが、内臓のポリアミン濃度は高い。よって、魚介類の身しか食べない食習慣ではポリアミン摂取量は決して多くならないが、小さな魚介類を内蔵や魚卵と一緒に食べる日本食ではポリアミン量が増えることになる。

さらに我々は、国際連合（United Nations）食糧農業機関（Food and Agriculture Organization (FAO)）の食糧供給データベースを使用して、49か国の西洋諸国の食習慣とポリアミン摂取量を検討した。使用したデータは、実際に消費された食糧の量でないが、食糧供給量はそれぞれ国、もしくはそれぞれの地域に対する要求を反映すると考えられる。しかし、絶対量を比較すると経済状態などによって大きく左右

される可能性があるので、相対量を用いて検討した。すなわち、供給された全食糧の総エネルギーに占めるそれぞれの食品のカロリーと、供給された食糧中の総エネルギーに占めるそれぞれの食品に含まれるポリアミンの量を用いた。すると、健康長寿食として知られている地中海食を好む地中海沿岸部では、カロリーあたりのポリアミン量が多い食品が好まれていることがわかった<sup>1, 107)</sup>。この検討で興味深かったのは、オリーブオイルとワインにはポリアミンは含まれないものの、地中海食の2つの重要な要素であるオリーブオイルとワインを好む地域では高ポリアミン食材を好む傾向がみられた<sup>107)</sup>。反対に、オリーブオイルよりラードなどの動物脂を好む地域や、ワインより蒸留酒やビールを好む地域では、ポリアミン濃度の低い食材が好まれている<sup>107)</sup>。さらに、健康長寿との関係がしばしば指摘されるチーズは、食材全体の量や熱量における比率が小さいが、チーズを好む地域では、チーズ以外でもポリアミン濃度の高い食材を好む傾向があった。反対に、ミルクを好む地域ではポリアミン濃度の低い食材を好む傾向にあった<sup>107)</sup>。前述したポリアミン濃度の高い食材である豆類、全粒粉、野菜、キノコ類、魚介類などの食材は、しばしば健康長寿との関係が指摘されている。

細胞内でのポリアミンの恒常性が厳密に制御されているために、短期間のポリアミン摂取量の増加では血中（主に血液細胞内）のスペルミン濃度やスペルミン濃度は上昇しない。高ポリアミン食の長期的な摂取によってはじめて血中スペルミン濃度が上昇するという所見は、腸管からの持続的なポリアミン供給によってはじめて細胞内のポリアミン恒常性を徐々に変化させることを意味する。すなわち、長期的におよぶ食習慣の違いや個人の食の好みは血中スペルミン濃度に影響を及ぼす重要な要素と考えられる。上昇したスペルミン濃度はポリアミン合成や分解に係る酵素活性や物質濃度にも影響を及ぼす。すなわち、細胞外からのスペルミン供給が増加してその濃度が上昇すると、SSAT

などのポリアミン分解に係る酵素は活性化される（図1）。一方、ネガティブフィードバック機構により ODC と AdoMetDC 活性が低下する。AdoMetDC 活性の低下の結果、dcSAM 濃度が減少し SAM 濃度は上昇する<sup>108)</sup>。dcSAM 濃度の低下は、DNA メチルトランスフェラーゼ (DNMT) の活性化を生じさせるとともに、SAM 濃度の増加はメチル基の供給を増加することになる<sup>109, 110)</sup>（図2）。これらのことから、高ポリアミン食による細胞内スペルミン濃度の上昇は、遺伝子のメチル化制御に大きな影響を及ぼすことを示唆する。さらに、この代謝系を理解することで、理論的にもスペルミンの生理活性の強さが理解できる。ポリアミン合成を抑制した細胞にスペルミンを添加すると、スペルミンが分解されてスペルミジン濃度も上昇する<sup>19)</sup>。すなわち、スペルミンが細胞外から供給されると dcSAM からのポリアミン合成に必要な aminopropyl 基の供給は不要になる。このことから、スペルミンは AdoMetDC に強力なネガティブフィードバックをかけることが推測できる。一方、細胞外からのスペルミジン供給ではスペルミンを合成するための aminopropyl 基の供給が必要になるために AdoMetDC の活性が必要になる。実際にポリアミン合成を抑制した細胞にスペルミジンを投与するとスペルミン濃度も上昇する。このことから、遺伝子メチル化に係るスペルミジンの生理活性は弱いことが推測可能である。

## 5. 加齢, 老化, 遺伝子修飾

遺伝子情報を有する DNA (deoxyribonucleic acid (デオキシリボ核酸)) は、いわば4つのデジタル信号で構成された高度な情報源である。DNA はアデニン、グアニン、チミンおよびシトシンと呼ばれる4つの塩基で構成されている。この遺伝子情報そのものは変化することはない。しかし、同じ遺伝子情報を持つはずの同一人物で、同じ遺伝子情報から造られる皮膚と肝臓ではその組織像や臓器の機能が大きく異なる。これは DNA のデジタル情報をいわばアナ



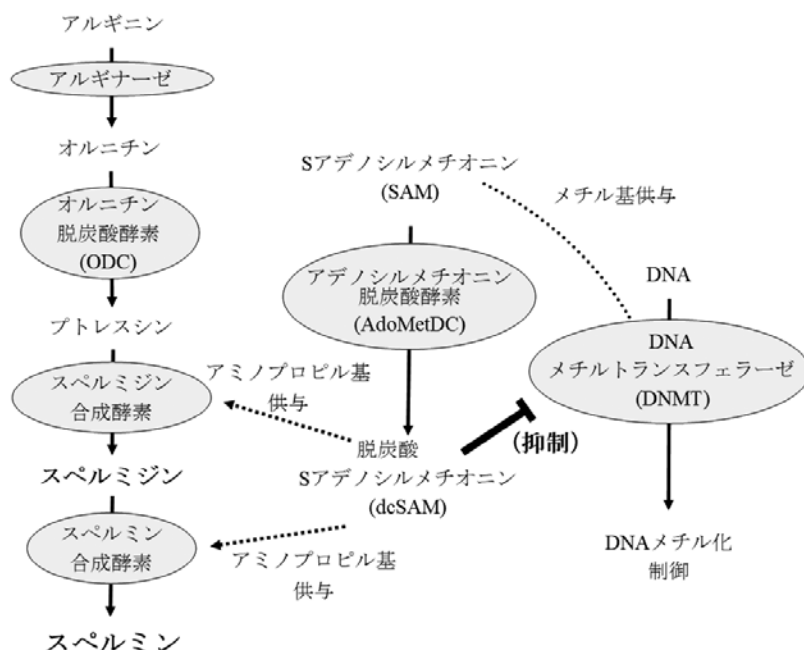


図2 ポリアミン代謝と遺伝子メチル化の関係

ポリアミン代謝と遺伝子メチル化には密接な関係がある。ポリアミン合成に必要なアミノプロピル基は脱炭酸 S アデノシルメチオニン (dcSAM) から供給される。dcSAM は AdoMetDC の作用で SAM から変換されるが、DNMT 活性に対して強い抑制作用を有する。

ログ処理することで遺伝子発現を調整しているのである。この機構を遺伝子修飾と呼んでいる。遺伝子修飾にはいくつかの機構があるが、老化や生活習慣病の発症と密接に係わっていると考えられているのが DNA のメチル化である。具体的には、DNA の 4 つの塩基のうちのシトシンにメチル基を付与しメチルシトシンにすることで、遺伝子情報に修飾が加わる。メチル化に必要なメチル基は SAM から供給される (図 2)。

遺伝子情報の上流には CpG アイランドと呼ばれる、転写開始を指示するシトシンとグアニンの反復配列がある。転写とは、DNA の遺伝子情報 (塩基の配列) を読み取って RNA (ribonucleic acid (リボ核酸)) に写し取ることである。そして、RNA の情報をもとにタンパクが合成される仕組みになっている。よって、転写開始領域、すなわちここからタンパク合成に重要な情報が存在することを示す CpG アイランドのシトシンがメチル化を受けると、その

メチル化の程度によって、その部位が転写開始領域であるかどうかはわかりにくくなり、転写が抑制されタンパクが合成されにくくなる (遺伝子発現が抑制される)。反対に、シトシンが脱メチル化した状態では転写開始領域の CpG アイランドが明確に認識されて、転写が増強されて、遺伝子情報のタンパクが合成される (図 3)。

DNA メチル化が生物に及ぼす影響を理解し

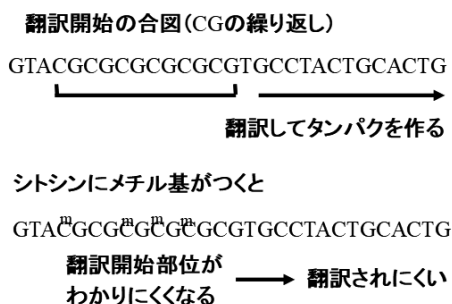


図3 メチル化と遺伝子発現

やすいのはミツバチであろう。ミツバチは同じ遺伝子情報を有する女王バチの卵から生まれる。しかし、次の女王バチが必要になると、ミツバチが産生するローヤルゼリーだけで幼虫を飼育する。ローヤルゼリーはミツバチの幼虫の遺伝子のメチル化を制御し、結果としてローヤルゼリーだけで育った幼虫は卵を産むことができる女王バチになる<sup>111)</sup>。DNAメチル化の重要性は、他の動物の中でも観察することができる。例えば、母体の葉酸欠乏はDNAメチル化酵素であるDNMTの活性に影響を与え<sup>112)</sup>、その結果としてDNA全体のメチル化の状態が変化し、発達障害を誘発することが知られている<sup>112-115)</sup>。葉酸の投与によってDNAメチル化状態が改善されて、発達異常の発生を減少させることも示されている<sup>116, 117)</sup>。このことから、葉酸のDNAメチル状態に対する重要性とともに、メチル化制御が胎児の発達に及ぼす重要性が理解できる<sup>118-122)</sup>。

最近の多くの研究によって、加齢や老化と遺伝子メチル化の密接な関係が明らかにされてきた<sup>123, 124)</sup>。ヒトを含めた動物において、加齢に伴って様々な臓器のDNAが脱メチル化を受けていることが報告されている<sup>125-127)</sup>。しかし、ごく最近になって、加齢は脱メチル化のみでなく、高メチル化も進行させることが明らかにされてきた<sup>128, 129)</sup>。他の酵素活性と同様に、遺伝子メチル化に係るDNMTの活性は加齢とともに低下する<sup>127, 130-134)</sup>。理論的に考えると、メチル化の酵素活性が低下するのでメチル化が減少する(脱メチル化が生じる)と思われるが、実際にはそうではないことがわかってきたのである。

一卵性双生児は同じ遺伝子を有するだけでなく、同じ胎内で成長、すなわち同じ環境で発達する。しかしながら、若年者の一卵性双生児が類似のDNAメチル化状態を示すのにもかかわらず、高齢になった一卵性双生児のDNAメチル化状態には差が認められることが指摘されている<sup>135, 136)</sup>。このことは、個体を取り巻く生活環境がDNAメチル化状態に影響を及ぼす

ことを示すものである。実際に、数多くの環境因子がDNAメチル化に影響を及ぼすことが指摘されている。PM2.5という言葉で有名になった大気中の微小粒子状物質は血球<sup>137-142)</sup>や胎盤<sup>143)</sup>のDNAメチル化状態に影響を及ぼすことが報告されている。また、妊娠中の喫煙は子供の血液のDNAメチル化状態に影響を及ぼし<sup>144, 145)</sup>、免疫機能をつかさどる免疫細胞のDNAメチル化状態に変化を及ぼすことが明らかにされている<sup>146)</sup>。慢性的にタバコの煙に接触した場合には、癌細胞のDNAメチル化状態と類似の変化が気管支上皮細胞のDNAに生じ<sup>147-149)</sup>、心臓血管疾患<sup>149, 150)</sup>や老化の進行<sup>151-153)</sup>と関連する遺伝子に生じるメチル化状態の変化と類似の変化が生じることが報告されている。アルコールの摂取によってアルコール摂取に特徴的なDNAメチル化の変化が生じることが報告されており<sup>154)</sup>、母親のアルコール摂取は子のDNAメチル化に影響を及ぼすことも報告されている<sup>155)</sup>。適度な運動にはヒトの健康長寿との関連が指摘されているが、運動の継続によって骨格筋や脂肪組織の遺伝子修飾の状態を変化させることが報告されている<sup>156-159)</sup>。同様に食事習慣の変化は遺伝子プロモーターのメチル化状態を変化させることが報告されている<sup>160)</sup>。さらに、エクササイズによる心肺機能や運動機能の改善は、加齢とともに遺伝子プロモーター領域の高メチル化が進行する部位と同じ部位で脱メチル化を生じさせることも報告されている<sup>156, 158)</sup>。また、様々な寿命延長に寄与する可能性のある介入を行うことによって、加齢とともに進行するDNAメチル化の変化を抑制することもわかっている<sup>161-163)</sup>。一卵性双生児において認められる老化の進行度や生活習慣病の発症の差は、上記の環境因子などの暴露の程度や期間の長さによって生じるものと考えられる<sup>164-166)</sup>。

メチル化の変化は遺伝子発現に大きな変化をもたらす。すなわち、図3で示したように、高メチル化は転写を抑制し、脱メチル化は転写を促進するように作用するからである。さらに、

加齢とともに進行する DNA メチル化異常は遺伝子発現の変化を誘発するばかりでなく、遺伝子の不安定性にも関与していると考えられている。DNA の様々な部位における高メチル化と脱メチル化の進行は異常メチル化とよばれている。異常メチル化は、様々な生活習慣病の発症<sup>167-173)</sup> や加齢とともに増加する癌の誘発<sup>148, 174-178)</sup>、さらには老化そのものとも密接な関係がある<sup>179-182)</sup>。これらの病変が発症し進行する機序としては、異常メチル化によって、生活習慣病を抑制する遺伝子のプロモーター領域の高メチル化が進行し（タンパクが

低下する）、老化の進行に関与する遺伝子のプロモーター領域の脱メチル化が進行する（タンパクが増加する）ことが想定されている。最近、血液細胞を用いたメチル化解析で、複数の CpG アイランドのメチル化状態が、生物学的年齢と密接な関係のあることが指摘されている<sup>169, 175, 183-186)</sup>。実際に、ヒトにおいて、これらの遺伝子に生じるメチル化状態の変化を把握することによって、生活習慣病の発症のリスクや老化の進行の状態、さらには寿命までもが予測可能になることも報告されている<sup>184, 185, 187-189)</sup>。

以下、次号へつづく

# 納豆菌の抗菌作用および細胞活性化能

須見 洋行 (SUMI Hiroyuki)<sup>1</sup> 内藤 佐和 (NAITO Sawa)<sup>1</sup> 矢田貝 智恵子 (YATAGAI Chieko)<sup>1</sup>  
丸山 眞杉 (MARUYAMA Masugi)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 倉敷芸術科学大学生命科学部, <sup>2</sup> 宮崎大学医学部

Key Words : 納豆菌 ナットウキナーゼ 抗菌作用 細胞活性化能

納豆菌は、世界的に一般安全性 (generally accepted as safe) の認められた菌株であり、ナットウキナーゼとはその菌株が産生する血栓溶解酵素のことである<sup>1-3)</sup>。

しかしながら、納豆菌 (*Bacillus subtilis natto*) は、枯草菌 (*Bacillus subtilis*) と混同して用いられている感がある。納豆菌は分類上、枯草菌に含まれ、ナットウキナーゼのような働きを持つ酵素を生産するが、それらはあくまで工業用や農業用である。つまり、納豆製造に適した納豆菌は限られており、粘り (ポリグルタミン酸) やナットウキナーゼ活性があるからといって、そのみで食品として安全か否かは図れない。

我々が報告してきた納豆菌は、食経験が長く、安全性の確立されたものであり、本著では、これまでニュースにもなった納豆菌が生産するジピコリン酸の抗菌作用、および細胞活性化能を中心に紹介する。

## 1. 抗菌作用

抗生物質のなかった時代、納豆菌あるいは納豆が、日本海軍を中心にコレラ、チフスあるいは赤痢菌などの腸管系病原菌に対しての予防目的に使われていたのは有名である。

我々は、1997 (平成 9) 年に長野県衛生公害研究所の協力のもとに、納豆菌の病原性大腸菌 O-157 に対する抗菌作用の実験を行った。

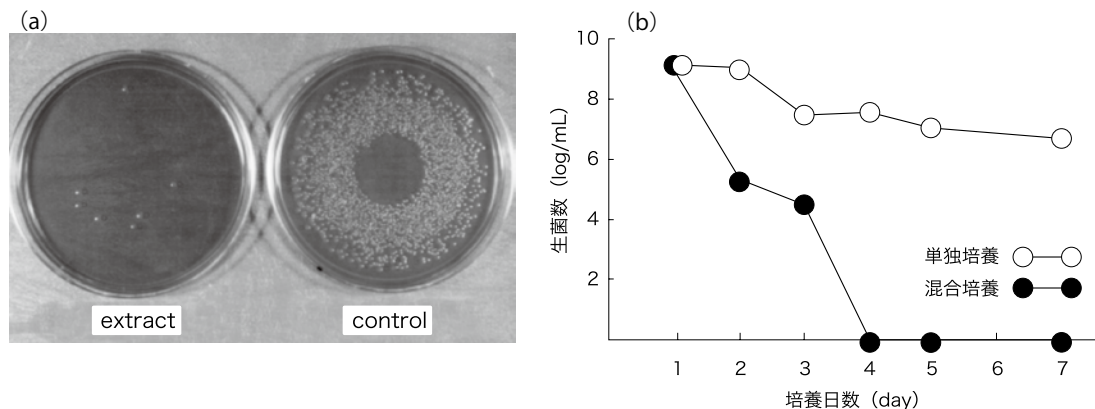


図1 納豆菌の病原性大腸菌 O-157 に対する生育阻害

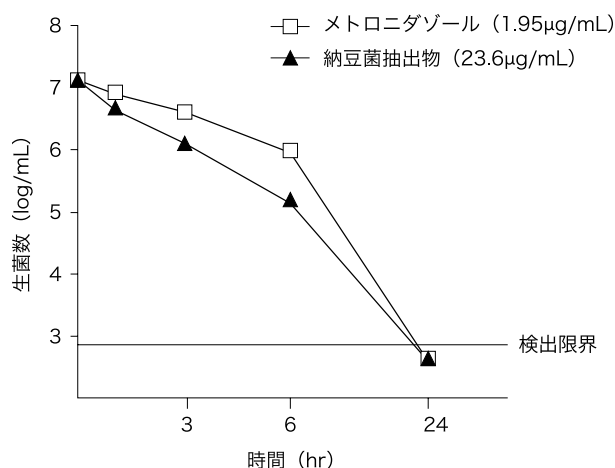


図2 ピロリ菌に対する抗菌効果

その方法は、納豆菌 ( $10^9$  個/mL) と O-157 と混合して培養し、経時的な生菌数の変化を調べるといものである<sup>4, 5)</sup>。その結果、O-157 は納豆菌により強力に抑制され、培養液の中で4日後には消失した (図 1a, b)。

また、胃潰瘍の原因となるピロリ菌 (*H. pylori*) に対する抗菌作用を調べた実験では、納豆菌抽出物との混合培養で、ピロリ菌 (Sydney 株) 数が培養時間の経過に伴い菌数の低下傾向が認められ、培養開始時の  $10^7$ /mL から培養時間の経過に伴い低下し、24 時間以降は検出限界以下 (検出限界: 約  $10^3$ /mL) の数値を示すことがわかった<sup>4, 6)</sup> (図 2)。なお、その強さは、ヘリコバクターピロリ感染症をはじめ、抗菌薬として用いられているメトロニダゾール (フラジール, 塩野義製薬) と同等であった。

これらの抗菌作用は、納豆菌が生産するジピコリン酸 (DPA) に起因するものと考えられ、DPA は O-157 だけでなく溶連菌やカビ類にも効果を示す。表 1 は各種菌に対する DPA の抑制効果をみたものであるが、DPA が酒の酵母類 (*Saccharomyces cerevisiae*) に対して強い作用を持ち (MIC (最少発育濃度): 0.20 mg/mL), これが「酒屋は決して納豆を食べるな」といわれる所以でもある<sup>5)</sup>。

この他、DPA は一種のキレート物質として働き、その菌体内濃度が高いことが納豆菌の耐熱性と関係すると考えられている。

なお、納豆菌ではないが、同じ *Bacillus* 属からはバシトラシン、ポリミキシン、コリスチンなどの抗生物質が分離されている。

## 2. 細胞活性化能

t-PA (tissue-plasminogen activator) は、血栓溶解薬として臨床でも用いられているが、生体内でも必要に応じて血管内皮細胞から放出され、血栓溶解に働いている<sup>7)</sup> (図 3)。

また、中枢神経系において t-PA は高発現しており、神経細胞の移動や突起進展、神経発達、スパイン形成などの形態変化、情動性、学習・記憶、アルツハイマー病にも関与すると考えられている<sup>7, 8)</sup>。

表1 ジピコリン酸 (DPA) の添加効果

Determined cell	MIC (mg/cm)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Kyokai-7	0.20
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Kyokai-9 mutant	0.18
<i>Bacillus subtilis</i> IAM3007	0.40
<i>Penicillium expansum</i> IFO5453	0.80
<i>Escherichia coli</i> IFO3301	6.00
O-157 FDL931	4.00

Values are determined by agar dilution method with 3% Nutrient agar plate, pH 7.0. Incubation time was 48h at 37°C.

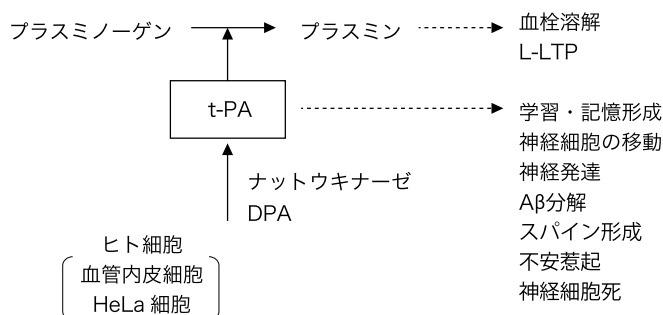


図3 ヒト細胞での t-PA 関与

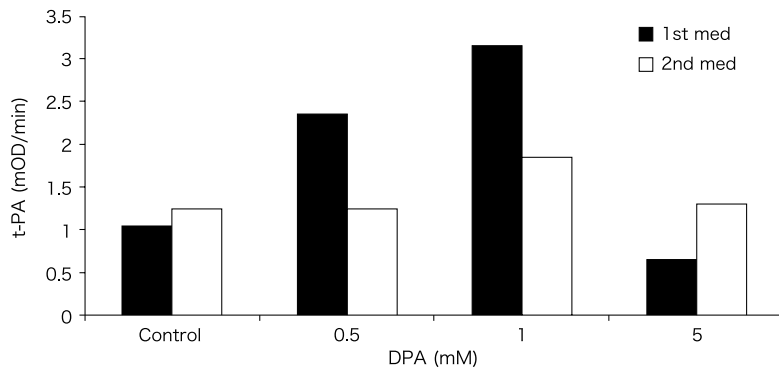


図4 血管内皮細胞からの t-PA 放出量

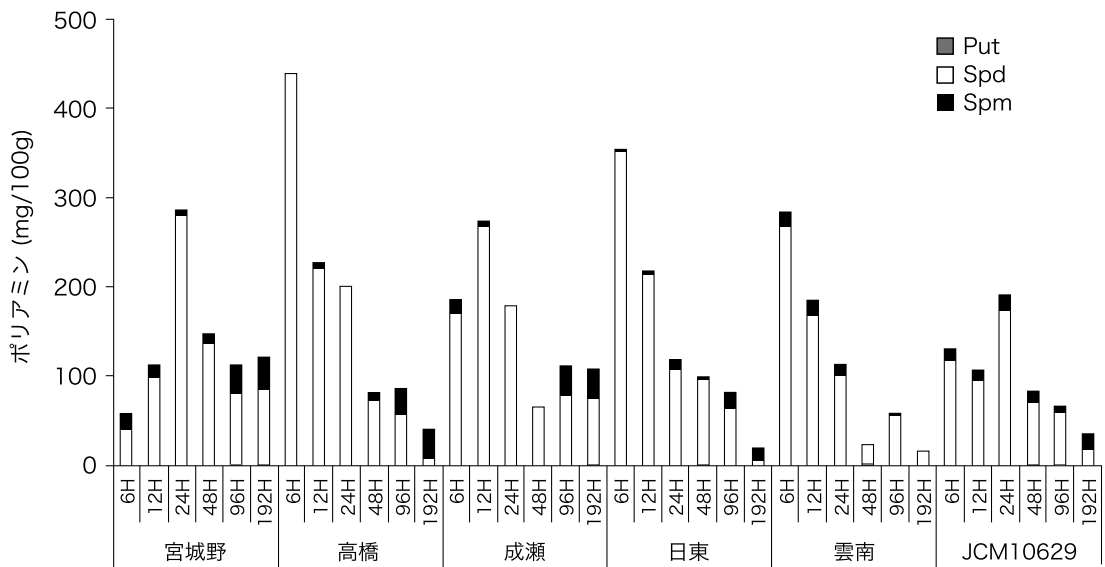


図5 納豆菌および類似菌体中のポリアミン含量

2.0% soypeptone-S で振とう培養を行った成績であるが、培養（6-192 時間）によって著しくポリアミン含量は増加した。

なお、前述した DPA は、血管内皮細胞からの t-PA 放出にも関与する<sup>8)</sup>。HUVEC 細胞（東洋紡）を用いた実験では、0.5～1.0mM の DPA 添加による t-PA 活性への影響を H-D-Ile-Pro-Arg-pNA 分解でみたところ、活性亢進が確認された（図 4）。

また、細胞活性化能という意味では、納豆菌が作り出すポリアミンもその一つ。代表的なポリアミンには、プトレシン（Put）、スペルミジン（Spd）、スペルミン（Spm）の 3 つがあり、ポリアミンは細胞の増殖や分化に必須の物質である。また、ポリアミンには抗酸化作用もあり、

長寿効果だけでなく、肌の健康などのアンチエイジングにも役立つ可能性が示唆されている。

我々が行った各種菌体を用いた振とう培養実験では、培養初期（37℃、6～24hr）に含まれるスペルミジンおよびスペルミン量が著しく増強されることが確認された（図 5）<sup>9)</sup>。中には 200～400mg/100g を超えるものもあり、これは納豆（総ポリアミン：5.43 ± 2.70mg/100g, N=65）<sup>10)</sup> と比較すると非常に高い値である。

このように、納豆菌は幅広く強い抗菌作用を有すると共に、細胞の活性化あるいは賦活化に

働くことから、超高齢化社会を迎えた日本にとって、感染症予防、健康寿命延伸に役立つものと期待される。

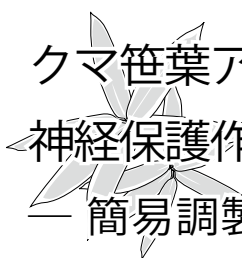
ただし、納豆菌に関しては、ゲノム解析が進んでいる今日においても納豆発酵菌の区別は困

難であり、食経験に頼らざるをえない状況である。今後、多方面による研究・調査が進み、納豆菌とはいかなるものかが確立され、食の安心・安全が担保されることを願う。

## 参考文献

1. H. Sumi, H. Hamada, H. Tsushima, H. Mihara, H. Muraki: A novel fibrinolytic enzyme (nattokinase) in the vegetable cheese Natto; a typical and popular soybean in food of the Japanese diet, *Experientia*, **43**: 1110-1111, 1987.
2. H. Sumi, H. Hamada, H. Nakanishi, H. Hiratani: Enhancement of fibrinolytic activity in plasma by oral administration of nattokinase, *Acta. Haematol.*, **84**: 139-143, 1990.
3. 須見洋行, 矢田貝智恵子, 茶竹俊行, 森本幸生, 柳澤泰任, 満尾正, 井上浩義, 丸山真杉: ナットウキナーゼによる血栓溶解並びに疾病予防, *FOOD Style 21*, **22**: 43-47, 2018.
4. 須見洋行, 大杉忠則: 納豆および納豆中の抗菌成分ジピコリン酸, 日本農芸化学会誌, **73**: 1289-1291, 1999.
5. 須見洋行: 納豆菌と抗菌活性, 新しい食品素材と機能, pp.190-196, シーエムシー, 東京, 1997.
6. 須見洋行, 矢田貝智恵子, 池田志織, 大杉忠則, 丸山真杉: 納豆菌体のジピコリン酸含量および強力な抗ピロリ菌活性, 薬理と臨床, **16**: 261-266, 2006.
7. C. Yatagai, M. Maruyama, T. Kawahara, H. Sumi: Nattokinase-promoted tissue plasminogen activator release from human cells, *Pathophysiol. Haemost. Thromb.*, **36**: 227-232, 2009.
8. H. Sumi, T. Okamoto, S. Naito and C. Yatagai: Nattokinase increase t-PA activity and degradate amyloid  $\beta$ -protein, The 2<sup>nd</sup> Joint Meeting of the International Society of Fibrinolysis and Proteolysis and the Plasminogen Activation Workshop, 107, Edinburgh, 9/3-7, 2018.
9. 須見洋行, 矢田貝智恵子, 内藤佐和, 今野宏: 無塩発酵大豆のポリアミン含量とその課題, 日本テンペ研究会誌, **14**: 1-5, 2017.
10. 須見洋行, 内藤佐和, 矢田貝智恵子, 大杉忠則, 柳澤泰任, 丸山真杉, 野呂剛弘: 鑑評会における優秀製品(平成 21 ~ 25 年)は機能性成分が多い—ナットウキナーゼ力価, ビタミン K<sub>2</sub> およびポリアミン含量について—, *New Food Industry*, **59**: 1-9, 2017.





# クマ笹葉アルカリ抽出液およびポリフェノール類の 神経保護作用とホルメシス効果の再評価 — 簡易調製法（オーバーレイ法）により調製された PC12 神経分化細胞モデルを用いた解析

坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)<sup>1</sup>, 史 海霞 (SHI Haixia)<sup>1, 2</sup>, 堀内 美咲 (HORIUCHI Misaki)<sup>3</sup>, 藤澤 知弘 (FUJISAWA Tomohiro)<sup>3</sup>, 勝呂 まどか (SUGURO Madoka)<sup>3</sup>, 大泉 浩史 (OIZUMI Hiroshi)<sup>3</sup>, 大泉 高明 (OIZUMI Takaaki)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO) <sup>2</sup> 上海交通大学医学院附属第九人民医院

<sup>3</sup> 株式会社大和生物研究所

Key Words: クマ笹抽出液 ポリフェノール 簡易調整法 PC12 ホルメシス

Re-evaluation of neuroprotective activity and hormesis effect of alkaline extract of leaves of *Sasa* sp. and polyphenols — Analysis with PC12 neuron model cells prepared by overlay method

Hiroshi Sakagami<sup>1</sup>, Haixia Shi<sup>1, 2</sup>, Misaki Horiuchi<sup>3</sup>, Madoka Suguro<sup>3</sup>, Hiroshi Oizumi<sup>3</sup>, Takaaki Oizumi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Meikai University Research Institute of Odontology (M-RIO), <sup>2</sup> Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, <sup>3</sup> Daiwa Biological Research Institute Co., Ltd.

## Abstract

We introduce here the simple isolation method of neuronal cells and its application (published in reference 2). We explored so-called “overlay method” to isolate differentiated neuronal cells at higher yield, and re-examined the neuroprotective activity of several natural products. Rat adrenal pheochromocytoma PC12 cells were incubated for 5 ~ 7 days with 50 ng/ml NGF in a serum-free medium, with one time overlay of NGF solution, without medium change nor pre-coating of culture plate with collagen or poly-lysine. Alkaline extract of *Sasa* sp. (Sasahealth<sup>®</sup>) (SE) protected the differentiated PC12 cells from the injury of amyloid peptide and paclitaxel in a concentration-dependent manner. The neuroprotective effect of SE was more potent than that of epigallocatechin, curcumin and resveratrol, possibly due to its growth stimulation effect at lower concentrations (hormesis).

## 要約

Molecules 誌（文献 2）に発表した神経細胞の簡易調製法とその応用を紹介する。NGF で分化誘導した神経細胞を簡単に分離できる方法（オーバーレイ法）を確立し、天然物質の神経保護作用を再検討した。ラット副腎髄質褐色腫由来 PC12 細胞を、5~7 日間、NGF(50 ng/ml) を含む無血清培地で培養し、培地交換をする代わりに、NGF を含む培養液を重層することにより、コラーゲンやポリリジンによるプレートのコーティングを省略しても、神経突起を伸ばした成熟神経細胞を高率に調製することができた。クマザサ葉アルカリ抽出液（ササヘルス<sup>®</sup>）(SE) は、アミロイドペプチドやパクリタキセルで誘発される細胞傷害を濃度依存的に緩和した。SE の保護効果は、エピガロカテキン、クルクミン、レスベラトロールの保護効果よりも強く、低濃度域における細胞増殖の促進（ホルメシス効果）が関与していることが示唆された。

## 1. 神経細胞分化誘導の至適条件の設定

ラット副腎髄質褐色腫由来 PC12 細胞とヒト神経芽細胞腫 SH-SY5Y 細胞を用いた神経分化の研究の多くは、多種多様な培養条件を用いたため、得られた知見を相互比較することができなかった。基本培養液としては、DMEM あるいは RPMI1640 を用いていることが多いが、研究者により、牛胎児血清 (FBS) に馬血清 (HS)、非必須アミノ酸や Ham's F-12 培地を添加した報告例もある。しかし、このような複雑な組成の培地を用いる根拠となるデータは示されていない。また、神経細胞は分化が進行するにつれ、プレートへの付着力が低下することは多くの研究者が経験していることである。そのため、未分化細胞を用いたり、あらかじめプレートにポリリジンやコラーゲンでコーティング処理をして付着性を強めたプレートを用いる研究者もいる。

そこで、我々は、まず未分化 PC12 細胞の増殖を促進する培地としてどれが一番良いかを検討した。その結果、RPMI1640 培地よりも、DMEM 培地の方が高い増殖活性とアミノ酸消費能を示すこと、血清は HS よりも FBS の方が優れていることを発見した<sup>1)</sup>。

次に、最適な分化誘導条件を検討した。神経増殖因子 (NGF) を添加しないと、細胞の増殖が急速に低下するので、分化誘導には NGF の存在が必要であることがわかる。最大細胞増殖を与える NGF の至適濃度は、50 ng/mL であった (図 1A)。神経突起が細胞の長径よりも長い場合を分化した細胞と定義して、分化した細胞の割合を測定すると、やはり、NGF が 50 ng/mL の時最大の神経細胞が回収でき、それ以上高い NGF 濃度を用いても分化度は変わらなかった。また、最大分化を与えるには、5～7 日の培養が必要であった (図 1B)<sup>2)</sup>。

分化度は細胞密度ともある程度相関した。特に断らない限り、 $6.25 \times 10^3$  cells/cm<sup>2</sup> の密度で細胞を播種した。FBS が存在すると、分化度が低下した (図 2)。そのため、分化培地には FBS を添加しなかった。血清を添加しない方が物質間の相互作用を検討するのも好都合である。また、ポリリジンでコーティングすると生細胞数が低下することに気づいた。ポリリジンに毒性があることはある研究者間ではよく知られていることのようなのだ。これに対してコラーゲンでコートしたプレートには細胞傷害効果はなかった。NGF で細胞を培養

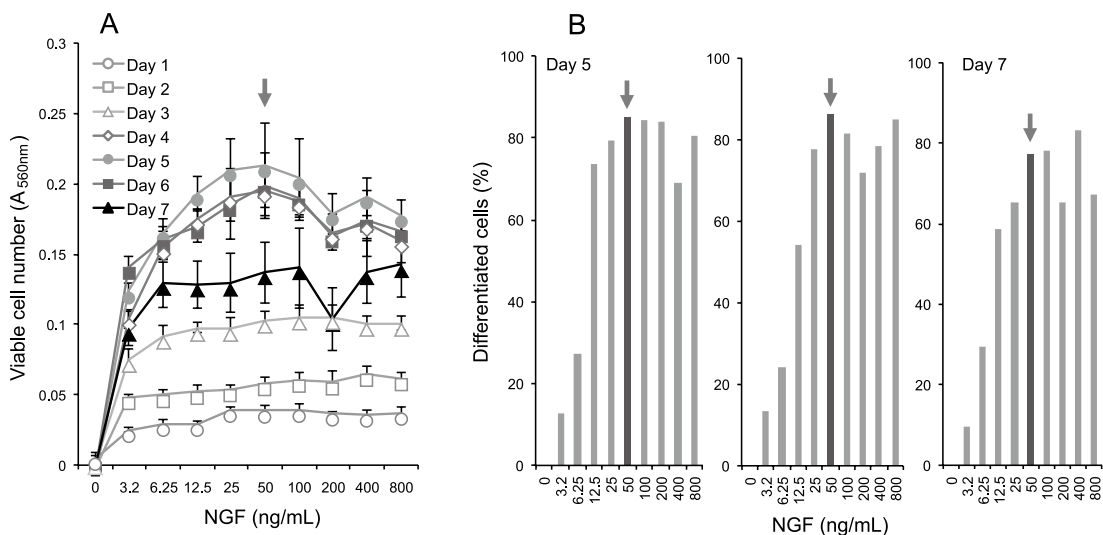


図1 NGFによるPC12細胞の分化誘導  
(A) 生細胞数, (B) 分化した細胞の割合 (%), 各点は、6群の平均値±S.D.

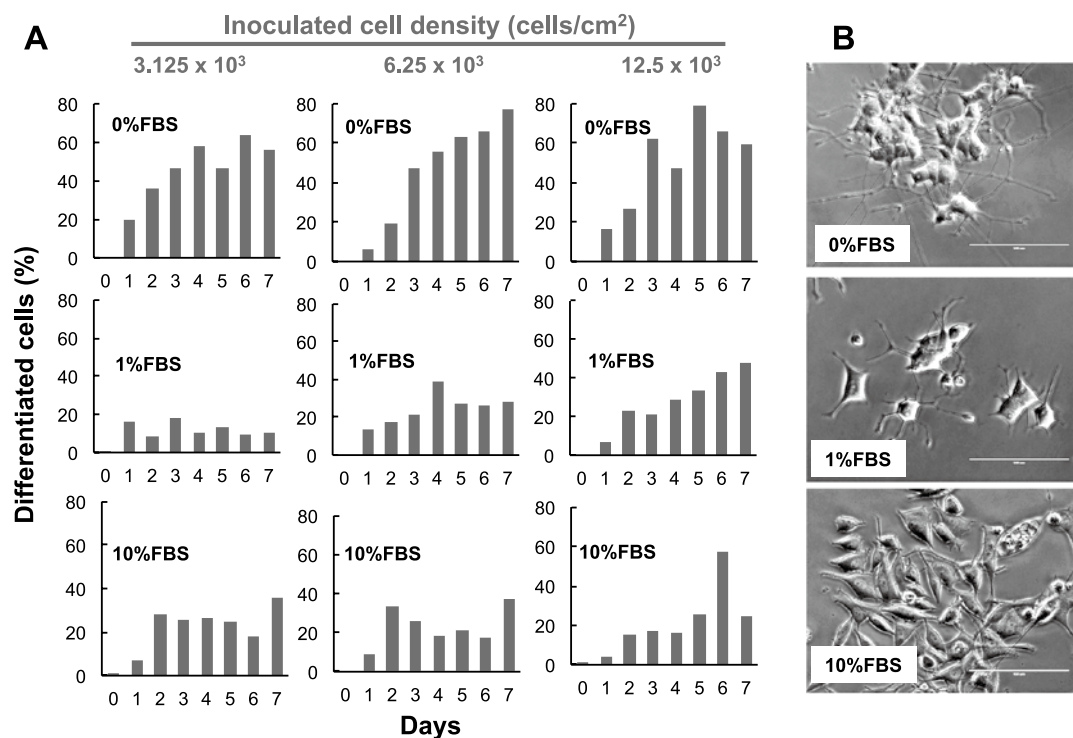


図2 FBSはNGFによるPC12細胞分化を抑制する  
(A) 分化した細胞の割合(%), (B) 細胞の形態変化(Day7)

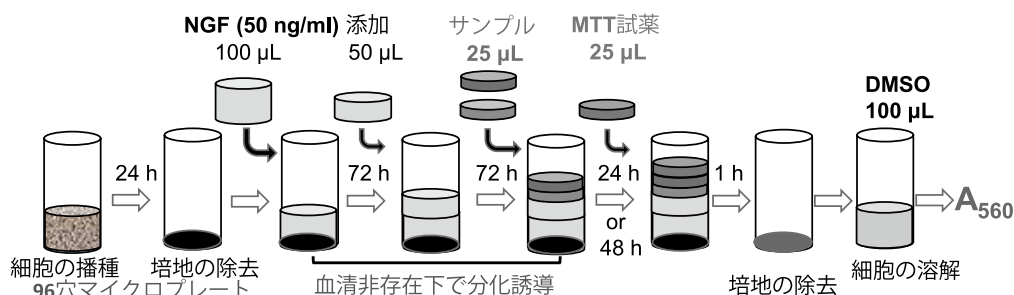


図3 オーバーレイ法の概略

後、途中で培養液を新鮮培地に変えると、細胞が剥離しやすく、神経突起の伸び具合が悪いことに気づいた。おそらく、分化した神経細胞は細胞外に神経栄養因子を放出していると考え、古い培地 (conditioned medium) を捨てないで、NGFを含む新鮮培地を重層する方法を採用することにした。

以上の結果に基づき、分化した神経細胞を高収量で得るオーバーレイ法を確立した。すなわち、PC12細胞は、50 ng/mLのNGFを含む無

血清 DMEM 培地で3日間培養後、培地交換をせずに、新たにNGF液を重層してさらに2~4日間培養すると、神経突起を伸ばした成熟細胞 (Day 5~7) を得ることができる。この系を使用して各種薬剤の毒性、細胞保護効果を調べたい場合は、培地交換せず、MTT試薬 (終濃度:0.1 mg/mL) を添加し、1時間培養する。最後に培地を除き、DMSOで色素を溶かして560nmの吸光度を測定すれば生細胞数を計測できる。全体の工程を図3に示す。

表1 Paclitaxel と  $A\beta_{25-35}$  の分化した PC12 神経細胞の細胞周期に与える影響

		Distribution of each cell cycle phase (%)			
		subG <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	S	G <sub>2</sub> +M
Control		8.1 ± 1.4	67.6 ± 1.2	14.2 ± 0.6	11.3 ± 2.1
Paclitaxel	0.1 μM	7.1 ± 0.5	67.4 ± 0.6	9.1 ± 0.3	17.3 ± 0.9
	0.3 μM	7.8 ± 0.4	66.0 ± 0.6	11.4 ± 2.2	15.8 ± 2.2
	1 μM	8.6 ± 0.3	66.3 ± 0.9	9.2 ± 0.7	16.7 ± 0.7
$A\beta_{1-42}$	36 nM	8.6 ± 0.4	68.5 ± 1.1	8.9 ± 0.7	14.8 ± 0.9
	100 nM	6.6 ± 0.4	68.6 ± 1.0	9.0 ± 0.4	16.6 ± 0.9
	360 nM	8.6 ± 0.3	68.4 ± 0.3	8.3 ± 0.0	15.4 ± 0.3
$A\beta_{25-35}$	143 nM	8.7 ± 1.4	67.3 ± 1.3	9.3 ± 0.4	15.7 ± 0.7
	429 nM	6.6 ± 1.2	67.4 ± 0.8	9.8 ± 0.6	16.9 ± 0.8
	1430 nM	7.5 ± 1.0	67.7 ± 0.6	9.3 ± 0.5	16.4 ± 0.5

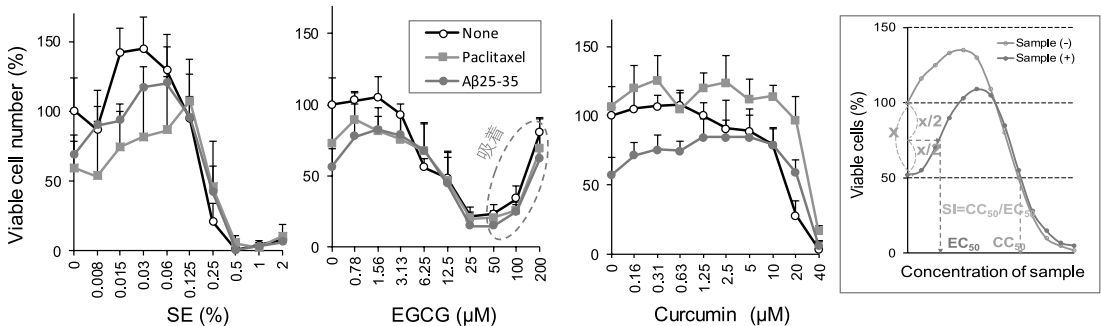


図4 天然物質の神経保護作用。添加した神経毒性物質の濃度は、paclitaxel (50 nM),  $A\beta_{25-35}$  (500 nM)

2. ポリフェノールの神経保護作用

分化誘導した PC12 細胞に、抗癌剤のパクリタキセル（微小管阻害剤）あるいはアミロイド  $\beta$ -ペプチド ( $A\beta_{25-35}$ ) を添加すると、S 期の細胞が減少し、G<sub>2</sub>+M 期の細胞が増加した（表 1）。クマ笹葉アルカリ抽出液（ササヘルス，SE）は、paclitaxel,  $A\beta_{25-35}$  の神経毒性を抑制した。EGCG や curcumin にも弱い保護効果が観察された（図 4）<sup>2)</sup>。EGCG は、血清中のアルブミンに結合しやすいことが知られているので、高濃度における吸光度の増加は、EGCG がプレートに結合し、そこに MTT 試薬が吸着したものと思われる。

細胞保護効果を定量化した。容量依存曲線より、50% 細胞傷害濃度 (CC<sub>50</sub>) および薬物による傷害性を 50% 抑制する濃度 (EC<sub>50</sub>) を測定した。細胞保護効果の強さは、これらを除し

た有効係数 SI (=CC<sub>50</sub>/EC<sub>50</sub>) で求めた。SE は、パクリタキセルや  $A\beta_{25-35}$  により誘発された神経細胞傷害を、EGCG, レスベラトロール、クルクミンよりも強く抑制した（表 2）。

3. ササヘルスの分化した PC12 神経細胞に対するホルメシス効果

PC12 細胞は NGF がないと無血清培地では生存ができない。しかし、SE の添加により濃度依存的に生細胞数が増加した。EGCG, レスベラトロール、クルクミンにはこのような作用がみられなかった（図 5）。

4. 今後のササヘルスの研究の展開

今回の研究において、第 3 類医薬品のササヘルス (SE) は、低濃度において細胞増殖促進（ホルメシス）を誘導することにより、神経細胞保

表2 天然物質の神経細胞保護効果の定量化

	FBS	細胞傷害性物質	保護物質	CC <sub>50</sub>	EC <sub>50</sub>	SI	
実験 1	<未分化細胞>						
Day 0	10%	Aβ <sub>1-42</sub>	SE	1.38 %	>1.56 %	<1	
		Aβ <sub>1-42</sub>	SE	0.71 %	0.1 %	7.1	
		Aβ <sub>1-42</sub>	EGCG	40.1 μM	>400 μM	<1	
		Aβ <sub>1-42</sub>	Resveratrol	326 μM	>400 μM	<1	
		Aβ <sub>1-42</sub>	Curcumin	19.1 μM	>200 μM	<1	
		Aβ <sub>1-42</sub>	p-Coumaric acid	>400 μM	>400 μM	><1	
	10%	Aβ <sub>25-35</sub>	SE	1.15 %	0.21 %	5.9	
		Aβ <sub>25-35</sub>	SE	0.71 %	0.13 %	5.4	
		Aβ <sub>25-35</sub>	EGCG	33.1 μM	>400 μM	<1	
		Aβ <sub>25-35</sub>	Resveratrol	370 μM	>400 μM	<1	
		Aβ <sub>25-35</sub>	Curcumin	60.2 μM	>200 μM	<1	
		Aβ <sub>25-35</sub>	p-Coumaric acid	>400 μM	>400 μM	><1	
実験 2	<分化した細胞>						
Day 7	1%	Aβ <sub>1-42</sub>	SE	0.55 %	0.012 %	45.8	
	1%	Aβ <sub>25-35</sub>	SE	0.55 %	0.0075 %	73.3	
Day 6	0%	Aβ <sub>25-35</sub>	SE	0.2 %	0.005 %	40.2	
	0%	Paclitaxel	SE	0.2 %	0.026 %	7.7	
	0%	Cisplatin	SE	0.2 %	>2 %	<1	
	0%	Aβ <sub>25-35</sub>	EGCG	8.33 μM	0.78 μM	10.7	
	0%	Paclitaxel	EGCG	8.33 μM	0.55 μM	15.1	
	0%	Cisplatin	EGCG	8.33 μM	>25 μM	<1	
	0%	Cisplatin	Resveratrol	60.4 μM	>200 μM	<1	
	0%	Aβ <sub>25-35</sub>	Curcumin	15.7 μM	0.91 μM	17.3	
	0%	Cisplatin	Curcumin	15.7 μM	>200 μM	<1	

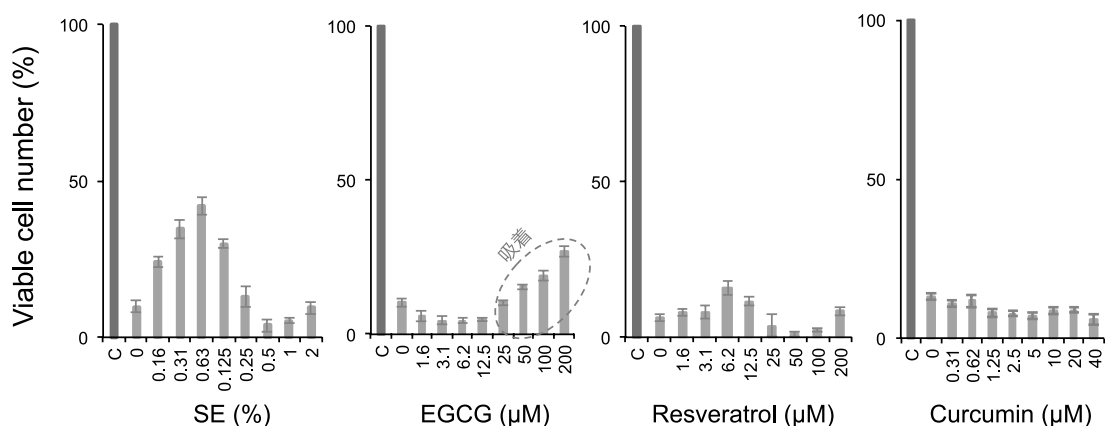


図5 天然物質の神経細胞に対するホルメシス効果, PC12 細胞を 10%FBS を含む DMEM 培地 (C, コントロール) あるいは, 種々の濃度の試料を含む無血清の DMEM 培地で, 24 時間培養し, 相対的生細胞数を MTT 法で測定し, コントロールに対する%で示した。各点は, 6 群の平均値士 S.D.

護効果を示す可能性が示唆された。我々は、ササヘルスの細胞保護効果は、抗癌剤のドキソルビシンによる口腔ケラチノサイト毒性に対しても報告している。SE には、リグニン配糖体およびその分解物の *p*-coumaric acid が含まれているが、*p*-coumaric acid の細胞保護効果は弱かった (表 2)。しかし、この結果は、未分化 PC12 細胞を使用して得た結果であり、分化した細胞でやり直す必要がある。

SE が他のポリフェノールに比べ、高い神経保護作用を示すことは大変興味深い。認知症は大きく分けて、アルツハイマー型 (AD)、血管性 (VaD)、レビー小体型 (DLB)、前頭側頭型 (FTD) 等があり、記憶は海馬、感情・言語は扁桃体が関与していると言われている。認知症に対する薬物療法は、根治治療は確定できておらず、4 種の薬剤 (アセチルコリン濃度を増やす塩酸ドネペジル、ガラントミン、リバスチグミン、グルタミン酸の濃度を下げるメマンチン) が AD のみに保険適用されているが、行動・心理周辺症状 (BPSD) の抑制および進行遅延効果のみである。認知症の発症機序は、A $\beta$  やタウ蛋白が脳内に蓄積することによる老人班が原因で脳神経細胞の崩壊と神経伝達

表 3 ササヘルスの多彩な生物作用

生物活性	文献
細胞保護効果	神経細胞 1,2,3 口腔ケラチノサイト 4
抗 HIV 活性	5,6,7,8
抗炎症活性	9,10
抗菌活性	11
抗扁平苔癬異形成症活性	12
抗 UV 活性	13,14
成分分析	ルテオリン配糖体 15
歯磨剤の開発	16
口臭予防効果	17
骨芽細胞分化の促進	18
総説	19-22

物質の減少によるものと考えられており、ササヘルスの効果がどちらに働いているかは今後の検討課題である。

これまで SE の多彩な生物作用<sup>1-22)</sup> を表 3 にまとめた。ササヘルスの服用の抗酸化作用、体臭予防効果や、クマ笹抽出液配合モイスチャークリーミージェルの皮膚への塗布による湿疹改善効果が報告されているが<sup>22)</sup>、そのメカニズムは不明である。皮膚の抗老化作用の可能性やアンモニア産生抑制効果などの検討が必要と思われる。

## 参考文献

1. Sakagami H, Suzuki R, Shirataki Y, Iwama S, Nakagawa M, Suzuki H, Tanaka K, Tamura N and Takeshima H: Re-evaluation of culture condition of PC12 and SH-SY5Y cells based on growth rate and amino acid consumption, *In Vivo* **31**(11): 1089-1095, 2017
2. Sakagami H, Shi H, Bandow K, Tomomura M, Tomomura A, Horiuchi M, Fujisawa T and Oizumi T: Search of neuroprotective polyphenols using the "overlay" isolated method. *Molecules* 2018, **23**, 1840; doi:10.3390/molecules23081840
3. Sakagami H, Tsuji M, Tomomura M, Masuda Y, Iwama S, Nakagawa M, Suzuki H, Tanaka K, Abe T, Tamura N, Tomomura A, Yokose S, Takeshima H, Natori T, Horiuchi M, Fujisawa T, Kiuchi Y, Oguchi K, Yasui T, Oizumi H and Oizumi T. Protection of differentiating neuronal cells from amyloid  $\beta$  peptide-induced injury by alkaline extract of leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **32**(2): 231-239, 2018.
4. Sakagami H, Okudaira N, Masuda Y, Amano O, Yokose S, Kanda Y, Suguro M, Natori T, Oizumi H and Oizumi T: Induction of apoptosis in human oral keratinocyte by doxorubicin. *Anticancer Res* **37**(3):1023-1029, 2017.
5. Sakagami H, Amano S, Kikuchi H, Nakamura Y, Kuroshita R, Watanabe S, Satoh K, Hasegawa H, Nomura A, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Taniguchi S and Oizumi T: Antiviral, antibacterial and vitamin

- C-synergized radical scavenging activity of *Sasa senanensis* Rehder extract. *In Vivo* **22**(4): 471-476, 2008.
6. Sakagami H, Iwamoto S, Matsuta T, Satoh K, Shimada C, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Morita Y, Ohkubo A, Tsuda T, Sunaga K, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Comparative study of biological activity of three commercial products of bamboo leaf extract. *In Vivo* **26**: 259-264, 2012.
  7. Sakagami H, Matsuta T, Satoh K, Ohtsuki S, Shimada C, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Morita Y, Ohkubo A, Tsuda T, Sunaga K, Maki J, Sugiura T, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Biological activity of SE-10, a granulated powder of *Sasa senanensis* Rehder leaf extract. *In Vivo* **26**: 411-418, 2012.
  8. Sakagami H, Fukuchi K, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Natori T, Suguro-Kitajima M, Oizumi H, Yasui T and Oizumi T: Synergism of alkaline extract of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder and antiviral agents. *In Vivo* **30**(4): 421-426, 2016.
  9. Zhou L, Hashimoto K, Satoh K, Yokote Y, Kitajima M, Oizumi T, Oizumi H and Sakagami H: Effect of *Sasa senanensis* Rehder extract on NO and PGE<sub>2</sub> production by activated mouse macrophage-like RAW264.7 cells. *In Vivo* **23**: 773-778, 2009.
  10. Ono M, Kantoh K, Ueki J, Shimada A, Wakabayashi H, Matsuta T, Sakagami H, Kumada H, Hamada N, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Quest for anti-inflammatory substances using IL-1 $\beta$ -stimulated gingival fibroblasts. *In Vivo* **25**(5): 763-768, 2011.
  11. Sakagami H, Zhou L, Kawano M, Thet MM, Takana S, Machino M, Amano S, Kuroshita R, Watanabe S, Chu Q, Wang QT, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Sekine K, Shirataki Y, Hao ZC, Uesawa Y, Mohri K, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Multiple biological complex of alkaline extract of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **24**: 735-744, 2010.
  12. Matsuta T, Sakagami H, Tanaka S, Machino M, Tomomura M, Tomomura A, Yasui T, Itoh K, Sugiura T, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Pilot clinical study of *Sasa senanensis* Rehder leaf extract treatment on lichenoid dysplasia. *In Vivo* **26** (6): 957-962, 2012.
  13. Matsuta T, Sakagami H, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Anti-UV activity of alkaline extracts of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **25** (5): 751-755, 2011.
  14. Sakagami H, Sheng H, Okudaira N, Yasui T, Wakabayashi H, Jia J, Natori T, Suguro-Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Prominent anti-UV activity and possible cosmetic potential of lignin-carbohydrate complex. Review. *In Vivo* **30**(4): 331-339, 2016.
  15. Matsuta T, Sakagami H, Satoh K, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Biological activity of luteolin glycosides and tricin from *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **25**(5): 757-762, 2011.
  16. Sakagami H, Amano S, Yasui T, Satoh K, Shioda S, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Watanabe K, Sugiura T, Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Biological interaction between *Sasa senanensis* Rehder leaf extract and toothpaste ingredients. *In Vivo* **27**: 275-284, 2013.
  17. Sakagami H, Sheng H, Ono K, Komine Y, Miyadai T, Terada Y, Nakada D, Tanaka S, Matsumoto M, Yasui T, Watanabe K, Junye J, Natori T, Suguro-Kitajima M, Oizumi H and Oizumi T: Anti-halitosis effect of toothpaste supplemented with alkaline extract of the leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **30**(2):107-111, 2016.
  18. Tomomura M, Tomomura A, Oizumi T, Yasui T, and Sakagami H: Extract of *Sasa senanensis* Rehder leaf promotes osteoblast differentiation in MC3T3-E1 cells. *J Meikai Dent Med.* **46**(2): 111-116, 2017.
  19. Sakagami H, Kushida T, Oizumi T, Nakashima H and Makino T: Distribution of lignin carbohydrate complex in plant kingdom and its functionality as alternative medicine. *Pharmacology & Therapeutics* **128**: 91-105, 2010.
  20. Sakagami H, Matsuta T, Yasui T, Oguchi K, Kitajima M, Sugiura T, Oizumi H and Oizumi T: Chapter 8: Functional evaluation of *Sasa Makino* et Shibata leaf extract as group III OTC drug *In: Alternative Medicine* (eds. Sakagami H), pp171-200, InTech ISBN 980-953-307-811-8
  21. Sakagami H, Sheng H, Yasui T, Fukuchi K, Oizumi T, Ohno H, Yamamoto M, Fukuda T, Kotohda K, Yoshida H, Kanamoto T, Terakubo S and Nakashima H: Chapter 18. Therapeutic potential of solubilized nanolignin against



oral diseases. *In* Nanostructures for Oral Medicine, ed., Grumezescu, Elsevier, ISBN: 978-0-323-47720-8; PII: 978-0-323-47720-8.00019-5, pp545-576, 2017 April 11.

22. Sakagami H, Watanabe T, Hoshino T, Suda N, Mori K, Yasui T, Yamauchi N, Kashiwagi H, Gomi T, Oizumi T, Nagai J, Uesawa Y, Takao K and Sugita Y. Recent progress of basic studies of natural products and their dental application. *Medicines (Basel)*. 2018 Dec 25;6(1). pii: E4. doi: 10.3390/medicines6010004. Review. (special issue "Biological Efficacy of Natural and Chemically Modified Products against Oral Inflammatory Lesions") (ed. Sakagami H).

連絡先:

坂上 宏 〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台 1-1  
明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO)  
Tel: 049-279-2758 (教授室) ; 2787 (Lab)  
e-mail: sakagami@dent.meikai.ac.jp

株式会社大和生物研究所 〒213-0012 川崎市高津区坂戸 3-2-1  
かながわサイエンスパーク内 (KSP) D 棟 8F  
Tel: 044-819-2291  
e-mail: takaakio@daiwaseibutsu.co.jp



## 健康を支えて50年

「ササヘルス」は、日本国内に自生する、清浄な空気と大地に育まれたクマ笹の有効成分を抽出した医薬品です



第3類医薬品

疲労回復

食欲不振

口臭、体臭

口内炎

※この医薬品は「使用上の注意」をよく読んで正しくお使いください

<https://daiwaseibutsu.co.jp/>

株式会社 大和生物研究所  
DAIWA BIOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

D-019-04

□事業本部/〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1かながわサイエンスパークD棟8F TEL.044-819-2291  
□製薬工場/〒391-0011 長野県茅野市玉川字原山11,400-1,018 上原山林間工業公園 TEL.0266-79-6031

# ニジマス用飼料の炭水化物源－ 4

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

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

Key Words：ニジマス用飼料 炭水化物源 小麦粉 中白糠 摂餌量 飼料効率 タンパク質効率 魚体蓄積率

これまでの試験<sup>1-4)</sup>で、一定の範囲内であれば飼料から吸収される炭水化物量が多い程エネルギー源として利用されるタンパク質の割合が減少するためか、魚の成長、飼料効率、タンパク質効率などが改善されることを明らかにした。本試験では3種類の炭水化物源を用い、魚粉との配合比率を変えた10種類の飼料を用いてニジマス稚魚を飼育した。飼育試験の結果から、飼料成分の何が魚の成長、飼料効率、タンパク質効率、飼料成分の魚体蓄積率等に影響を及ぼしているかを推定すると共に、炭水化物源毎の至適添加量を明らかにする。

## 材料と方法

### 1. 供試炭水化物源

小麦粉Ⅰ、小麦粉Ⅱおよび中白糠を炭水化物源として用いた。小麦粉Ⅰ、Ⅱは従来小麦粉と同じ物(本試験で使用した記号も従来と同じ)で、中白糠も従来使用してきた物の一つである。表1にそれぞれの炭水化物源の分析値を示す。炭水化物源によって成分に可也の違いがあり、それぞれに特徴がある。小麦粉ⅠはⅡよりタンパク質、脂質、灰分が多く、炭水化物が少ない。所謂“フスマ”に近い低品質の飼料用小麦粉である。小麦粉Ⅱは食品用に近い高品質の飼料用

表1 供試炭水化物源の分析値

	小麦粉Ⅰ	小麦粉Ⅱ	中白糠
水分(%)	12.3	13.3	13.0
タンパク質	18.7	15.2	14.1
脂質	5.5	1.4	4.1
灰分	3.8	0.7	2.2
炭水化物	49.5	61.6	60.9
人工消化率(%) <sup>*</sup>	74.3	61.3	99.2
Cal/100g	223.3	196.6	215.1

<sup>\*</sup>ジアスターゼによる炭水化物の人工消化率

小麦粉で、炭水化物が多く、タンパク質、脂質、灰分は少ない。中白糠は所謂酒糠で、酒造用米の外側の部分を削って集めた物である。使用した炭水化物源の中ではタンパク質が最も少なく、脂質、灰分、炭水化物は小麦粉ⅠとⅡの中間値を示す。人工消化率は、ジアスターゼ処理による炭水化物の人工消化率<sup>3)</sup>である。人工消化率は小麦粉より米の方が高く、小麦粉では炭水化物が少ないⅠの方がⅡより高い。最下段のカロリー量はタンパク質4、脂質9、炭水化物2Cal/gで計算して求めた。

### 2. 試験飼料

表2に試験飼料の組成と分析値を示す。魚粉、炭水化物源、ビタミン・ミネラル混合のみより成る単純な配合とし、養魚飼料に用い

表2 試験飼料の組成と分析値

試験区	A	B	C	D	E
魚粉 (%)	46	56	66	46	56
小麦粉Ⅰ	50	40	30		
小麦粉Ⅱ				50	40
ビタミン・ミネラル混合	4	4	4	4	4
水分 (%)	7.4	7.2	7.2	8.6	6.8
タンパク質	45.9	51.6	57.0	44.4	51.4
脂質	5.6	5.9	6.2	4.1	4.8
灰分	6.7	7.3	7.7	5.2	6.1
炭水化物	26.3	21.6	15.9	37.3	31.1
Cal/100g	287	303	316	289	311
C/P 比	6.25	5.87	5.54	6.51	6.05

試験区	F	G	H	I	J
魚粉 (%)	66	36	46	56	66
小麦粉Ⅱ	30				
中白糖		60	50	40	30
ビタミン・ミネラル混合	4	4	4	4	4
水分 (%)	7.7	7.6	7.8	7.6	6.9
タンパク質	56.4	39.2	44.6	50.6	56.5
脂質	5.4	6.0	6.1	6.4	6.4
灰分	6.8	6.0	6.4	6.8	7.4
炭水化物	23.1	40.6	33.8	27.2	20.5
Cal/100g	320	292	301	314	325
C/P 比	5.67	7.45	6.75	6.21	5.75

表3 飼育試験の結果

試験区	A	B	C	D	E
生残率 (%)	99.5	99.5	99.0	100	99.0
増重量 (g)	309.0	313.7	318.6	336.0	338.6
給餌量 (g)	257.3	249.6	243.7	333.0	310.0
飼料効率 (%)	120.1	125.7	130.7	100.9	109.2
タンパク質効率 (%)	261.4	243.8	229.4	227.1	212.3

試験区	F	G	H	I	J
生残率 (%)	99.5	100	100	100	100
増重量 (g)	341.5	265.0	324.0	337.0	342.0
給餌量 (g)	290.0	283.0	266.9	260.0	254.1
飼料効率 (%)	117.8	93.6	121.4	129.6	134.6
タンパク質効率 (%)	208.7	238.9	272.0	256.0	238.2

られる色々な原料の影響が無いようにした。魚粉と炭水化物源の配合割合を、小麦粉ⅠとⅡは46:50, 56:40, 66:30の3段階、中白糖は36:60, 46:50, 56:40および66:30の4段階とした。

魚粉の配合割合が増えるに従って飼料のタンパク質、脂質、灰分含量が増え、炭水化物含量が減る。カロリー含量も魚粉の配合割合が高くなるに従って高くなるが、カロリー・タンパク質比(C/P比)は逆に低くなる。C/P比はカロリー

含量をタンパク質含量で除して求めた。

試験飼料はハードペレットクラムブルで、以下の手順に従って製造した。原料を混合・粉碎し、小型のペレットマシンでハードペレットに成型する。棚式乾燥機で送風乾燥した後クラムブラーで破碎し、篩を用いて魚の大きさに合ったサイズの飼料のみを集めて試験飼料とする。

### 3. 飼育試験

水容量 38.4L の塩ビ製水路型水槽<sup>5)</sup>に平均体重 2g のニジマスを 200 尾収容し、水温 14℃で 6 月 22 日から 8 月 1 日までの 40 日間飼育した。給餌は日に 2 回 (午前 1 回, 午後 1 回) 行っただが、飼料によって著しくエネルギー含量が異なっているため、給餌法は魚が食べたいだけ食べられる自由摂餌方式とした。給餌量は給餌後短時間内に食べ尽くされる量とした。

### 4. 飼料成分の魚体蓄積率

給餌量、増重量、開始時と終了時の魚体および飼料の分析値から、摂取された飼料に

含まれる栄養成分の何パーセントが魚体に蓄積されたかを求めた。

## 結果

飼育成績を纏めたのが表 3 である。以下、摂餌量、増重量、飼料効率、タンパク質効率、飼料成分の魚体蓄積率と項目別に説明する。

## 1. 摂餌量

図1に飼料のカロリー含量と摂餌量の関係を示す。いずれの炭水化物源でも飼料のカロリー含量が少ない区ほど摂餌量が多く、低カロリー飼料の場合には魚が必要量のエネルギーを確保するために摂餌量を増やしていることが分かる。炭水化物源の配合率が同じであれば、飼料のカロリー含量は中白糠 > 小麦粉Ⅱ > 小麦粉Ⅰの順に多いが、摂餌量は小麦粉Ⅱ > 中白糠 > 小麦粉Ⅰの順である。同じカロリー量で比較すると、小麦粉Ⅱ > 中白糠 > 小麦粉Ⅰの順に摂餌量が多い。飼料の成分含量や消化吸収率の違いなどが影響しているであろう。

表3から分かるように、中白糠の60%配合区は他区より著しく増重量と飼料効率率が低いが、摂餌量は中白糠添加区のライン上に乗っているため、摂餌量の異常が原因ではないことが分かる。

飼料のカロリー含量が魚の摂餌量に大きな影響を及ぼすことが分かったが、飼料のカロリー含量はタンパク質、脂質、炭水化物量によって変化する。以下、それぞれの成分含量と摂餌量の関係を調べ、いずれの成分が摂餌量に最も強く影響しているかを明らかにする。

図2に飼料のタンパク質含量と摂餌量の関係を示す。炭水化物源の違いに係わらず、タンパク質含量が少ない区ほど摂餌量が多い。低タンパク質飼料では魚が摂餌量を増やすことによって、代謝や成長に必要なタンパク質量を確保していることが分かる。

同じタンパク質レベルで比較すると、摂餌量は小麦粉Ⅱ > 中白糠 > 小麦粉Ⅰの順に多く、カロリー含量の場合と同じである。飼料成分からして、カロリー含量に最も大きな影響を及ぼすのはタンパク質含量なので、当然の結果であろう。

炭水化物源の配合割合が同じであれば、飼料

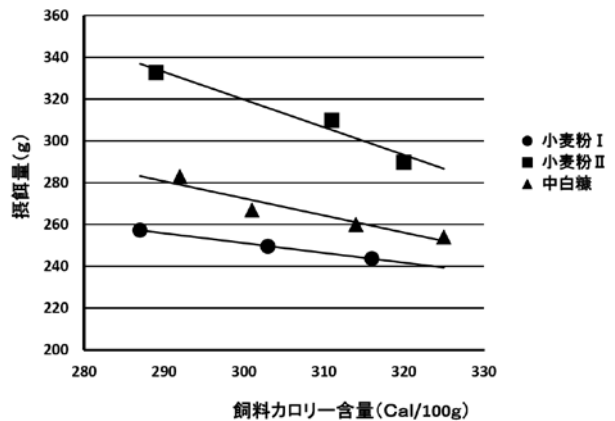


図1 飼料のカロリー含量と摂餌量

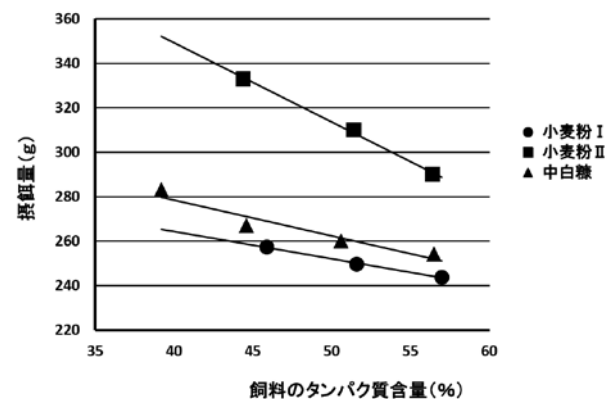


図2 飼料のタンパク質含量と摂餌量

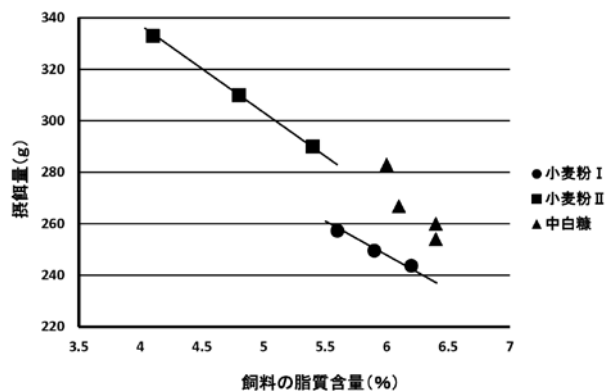


図3 飼料の脂質含量と摂餌量

のタンパク質含量はそれ程大きく違わないにも拘らず、小麦粉Ⅱを配合した飼料の摂餌量は著しく多い。小麦粉Ⅱはタンパク質の消化吸収を抑制しているか、あるいはタンパク質以外の必要な成分が著しく不足していること等が原因で

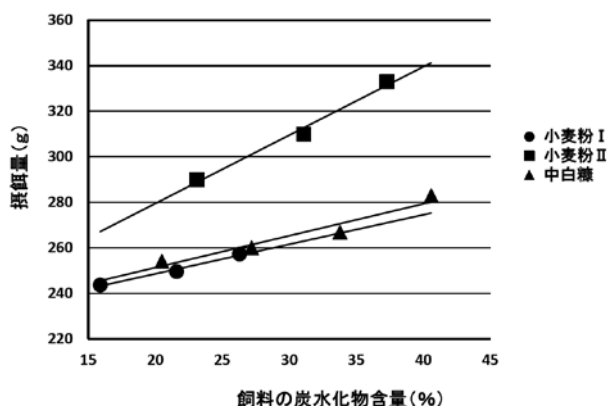


図４ 飼料の炭水化物含量と摂餌量

はないかと推測出来る。また小麦粉Ⅱほど顕著ではないものの、常に中白糖の方が小麦粉Ⅰより摂餌量が多い。小麦粉Ⅱ、中白糖、小麦粉Ⅰの順に数値が大きい、あるいは小さい成分は無いので、中白糖の場合にも小麦粉Ⅱと同様なことがあるのかも知れない。

図３に飼料の脂質含量と摂餌量の関係を示す。いずれの炭水化物源でも、飼料の脂質含量が少ない区ほど摂餌量が多い。飼料の脂質含量が少なくなるのは魚粉の配合量が少なくなることであり、魚粉の配合量が少なくなればタンパク質含量も少なくなる。脂質含量とタンパク質含量が少なくなればカロリー含量も少なくなる。図１と図２で説明したことと、この結果は良く一致している。

飼料の脂質含量は小麦粉Ⅱ配合区で著しく少ない。小麦粉Ⅱ配合区の摂餌量が多いのは飼料の脂質含量が少ないことが主因ではないかと思われる。また、中白糖区が綺麗に直線上に乗らないのは飼料の分析値に問題があるのかも知れない。

図４に飼料の炭水化物含量と摂餌量の関係を示す。炭水化物含量が変化することは魚粉の配合量が変わることなので、飼料のカロリー、タンパク質および脂質含量も変化する。飼料の炭水化物含量が多くなるに従って摂餌量が多くなっている。これは魚粉の配合量が減る

ので、飼料のカロリー、タンパク質および脂質含量が少なくなっていることを反映している。

小麦粉Ⅰと中白糖の線の傾きは殆ど同じなのに小麦粉Ⅱは明らかに傾きが大きい。小麦粉Ⅱの添加量が増えるに従って摂餌量を急激に増やさねばならない理由がある筈である。原因として小麦粉Ⅱによるタンパク質の消化吸收の抑制や脂質量の不足などの可能性が考えられる。

小麦粉Ⅰと中白糖の結果から、飼料の炭水化物含量そのものが摂餌量に大きな影響を及ぼすとは考えられない。特定の炭水化物源を用いることによって飼料成分や消化吸收率が変化することが摂餌量を変動させる要因なのであろう。

飼料の炭水化物含量が多い区ほど摂餌量が多いので、魚の場合には摂餌量を調整するのは血糖値ではないように思える。陸上動物では摂餌量は血糖値に可也強い影響を受けることが知られている。魚類では摂餌を促進したり抑制したりする体内の要因は何なのであろう。血中の遊離アミノ酸や脂質関連物質なども含めて今後の検討が必要である。

図５に飼料の C/P 比と摂餌量の関係を示す。炭水化物源に関わりなく、C/P 比が高くなる（＝タンパク質と脂質が少なくなり、炭水化物が多くなる）に従って摂餌量が多くなっている。小

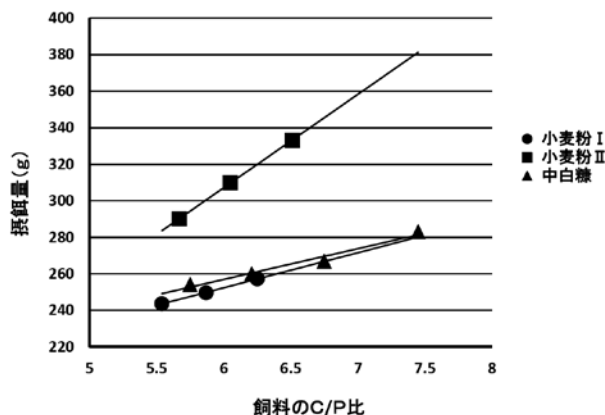


図５ 飼料の C/P 比と摂餌量

麦粉Ⅰと中白糖は殆ど同じ直線の傾きを示すのに対し、小麦粉Ⅱは明らかに傾きが急である。これは飼料の炭水化物含量と摂餌量の関係と全く同じである。

以上の結果から、摂餌量については以下のことがいえる。

- ・魚は代謝や成長に必要なエネルギーを確保するため、摂餌量を調整することによって対応している。低カロリー飼料の場合には摂餌量を増やし、高カロリー飼料の場合には摂餌量を減らしている。
- ・飼料成分のうち摂餌量に大きな影響を及ぼしているのはタンパク質と脂質で、炭水化物の影響は少ない。
- ・小麦粉Ⅱ添加飼料の摂餌量が多いのは、小麦粉Ⅱがタンパク質の消化吸收を抑制している可能性や飼料の脂質含量が著しく不足していること等が考えられる。
- ・単位重量当たりの飼料の能力を比較するのであれば従来通りの各区等量給餌法による試験で良いが、魚による摂餌量の調節能力や飼料の価格のことを考えると、実用飼料の試験の場合には自由摂餌方式による試験の方が良いと考える。自発摂餌の研究<sup>6)</sup>が進み、魚が食べたい時に必要な量だけ食べられる自動給餌システムも開発されているので、利用する価値があると思われる。
- ・魚の摂餌量を促進、抑制する要因は血糖値ではないように思える。何が魚の摂餌量を左右する要因であるのかを解明する必要がある。

## 2. 生残率

表3に示す様に各区の生残率は99.0-100%で、区間差は無かった。但し、中白糖添加区には一尾の死魚も生じなかった事に特徴がある。中白糖には炭水化物源としての作用のみでなく、何か魚の活力を高める成分が含まれているのかも知れない。

## 3. 増重量

増重量は飼料から取り込んだ栄養成分の種類と量によって決まる。よって、飼料の栄養成分含量に摂餌量を乗じて求めた摂取成分量と増重量の関係調べた。

図6に摂取カロリー量と増重量の関係を示す。G区(魚粉:中白糖=36:60)を除き、炭水化物源の違いに係わらず摂取カロリー量が増えるに従って増重量も増え、約830Calで略平衡に達している。また、約930Calを超えると増重量はやや減少傾向を示すので、あまり摂取カロリー量が多すぎても良くないのかも知れない。

増重量は摂取カロリー量によって可也強く規定されているので、飼料成分毎に増重量に及ぼす影響を解析してみる。

図7に摂取タンパク質量と増重量の関係を示す。摂取タンパク質量が多い区ほど増重量も

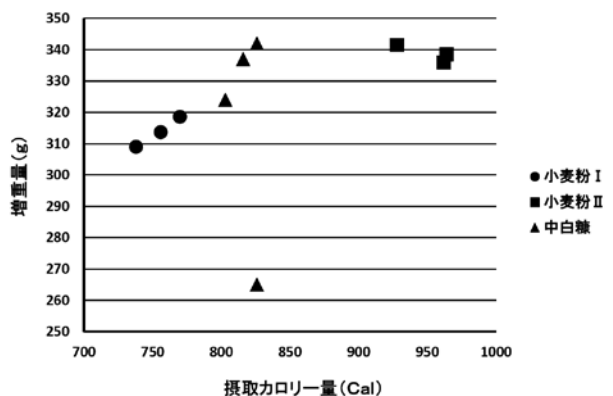


図6 摂取カロリー量と増重量

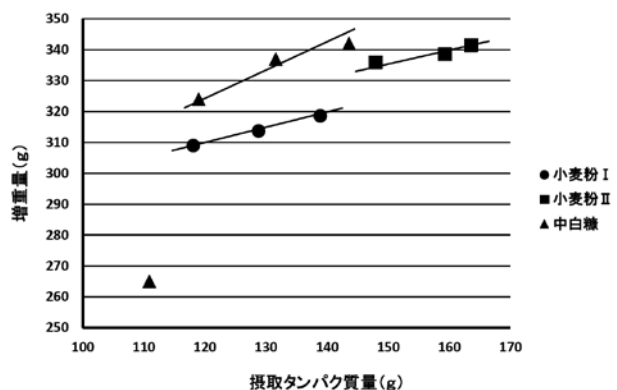


図7 摂取タンパク質量と増重量

多く、魚の成長は明らかにタンパク質の摂取量によって決められている部分が多いことが分かる。同じタンパク質摂取量で比較すると、増重量は中白糠 > 小麦粉Ⅱ > 小麦粉Ⅰの順に大きい。米タンパク質は小麦粉タンパク質より消化吸収が良いことや、小麦粉Ⅰのタンパク質の消化吸収率が中白糠や小麦粉Ⅱより低いこと等が考えられる。

小麦粉Ⅱ添加区のタンパク質摂取量に対する成長は小麦粉Ⅰ添加区と略同等であるので、小麦粉Ⅱ添加区の摂餌量が著しく多かった原因はタンパク質の吸収抑制が主因ではなく、脂質の不足が主因であろうと推測出来る。

炭水化物源の配合率が同じであれば、摂取タンパク質量は小麦粉Ⅱ > 中白糠 > 小麦粉Ⅰの順に多く、供試炭水化物源の持つエネルギー量が小さい順になっている。エネルギー源のうち、この順番を明確に反映しているのは脂質含量で、脂質含量が少ない区ほど摂取タンパク質量が多い。多分、体に必要な脂質の量を満たすために摂餌量を増やした結果、摂取タンパク質量も多くなっているのであろう。

G区のみ増重量が著しく低い値を示しているが、これは魚粉の配合割合が少ないことによるタンパク質の不足が原因であろう。

図8に摂取脂質量と増重量の関係を示す。小麦粉Ⅰ、Ⅱの配合区は摂取脂質量と増重量の間に綺麗な直線関係が認められるが、中白糠区では不明確である。この原因は前述した飼料脂質含量とG区の摂取タンパク質量の不足にあると思われるが、この点を考慮して中白糠添加区でも直線を作成してみると面白いことが分かる。炭水化物源の違いによらず、摂取脂質量が多くなるに従って増重量も増える。小麦粉Ⅰ、Ⅱおよび中白糠で形成される直線を延長してみると、摂取脂質量が約17gで3本の線が一致し、最も高い増重量を示すのではないと思われる。つまり、本試験で最も高い増重量を得るた

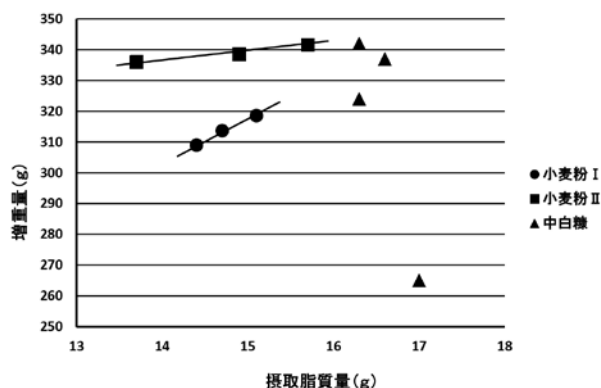


図8 摂取脂質量と増重量

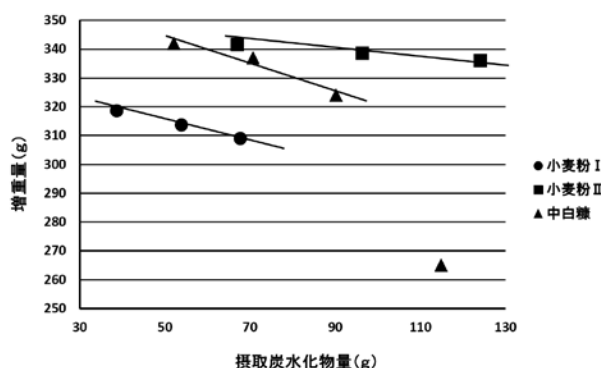


図9 摂取炭水化物量と増重量

めには摂取脂質量を17g程度にすれば良く、そうならば炭水化物源は何を用いても同じ増重量を示すのではないだろうか。脂質摂取量が増えるのは魚粉の摂取量が増えることで、魚粉の摂取量が増えればタンパク質の摂取量も増える。

以上の様に、増重量はタンパク質の摂取量に強く影響を受けているが、さらに脂質の摂取量にも強い影響を受けていることが分かる。これは増重量が摂取カロリー量に影響され、そのカロリー源の最も大きな部分を占めるのがタンパク質であることと、単位重量当たりのカロリー量が脂質はタンパク質の2.25倍も大きいことが関係している。

図9に摂取炭水化物量と増重量の関係を示す。摂取炭水化物量と摂取タンパク質および脂質量は逆比例するので、摂取炭水化物量が増えると摂取タンパク質量、脂質量、さらに摂取カロリー量が減ることになる。使用した炭水化物

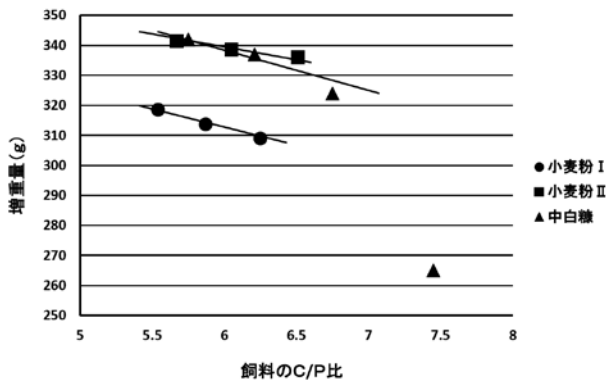


図 10 飼料の C/P 比と増重量

源によらず、摂取炭水化物量が増えるに従って増重量は小さくなっている。炭水化物もカロリー源になり得るので増重量には多少の影響を及ぼすであろうが、炭水化物源を増やすことによってタンパク質と脂質が減少することの方がより大きな影響を持つのであろう。

直線の傾きは中白糖 > 小麦粉Ⅰ > 小麦粉Ⅱであるが、これはこれまでの試験で明らかにした炭水化物の消化吸収率と同じ結果である。

炭水化物源の配合割合が同じであれば、増重量は小麦粉Ⅱ > 中白糖 > 小麦粉Ⅰの順である。これは必要なエネルギー量を満たすために魚が摂餌量を調整したためで、これまでの試験<sup>2-4)</sup>の等量給餌で得られた結果と異なる。やはり試験目的によって給餌法を選択しなければならないことがこの結果からも分かる。

図 10 に飼料の C/P 比と増重量の関係を示す。何れの炭水化物源においても C/P 比が高くなるに従って増重量は低くなっている。C/P 比が高くなるのはカロリー中に占めるタンパク質の割合が低くなることなので、この結果は当然である。各炭水化物源の直線の傾きは小麦粉Ⅰと中白糖では略等しく、小麦粉Ⅱはやや小さい。傾きが小さいのは C/P 比が大きくなっても増重量の減少が少ないこと示すので、小麦粉Ⅱ配合区はタンパク質摂取量よりカロリー量の影響が強いことを示しているのかも知れない。また、同じ C/P 比であれば増重量は小麦粉Ⅱ > 中白糖 > 小麦粉Ⅰの順に大きく、これは炭水化物源が摂

餌量や栄養成分の消化吸収率に影響を及ぼすためであろう。

以上の結果から、増重量については以下のことがいえる。

- ・炭水化物源の違いに係わらず増重量は摂取カロリー量の増加に従って大きくなり、約 830Cal で略平衡に達するが、約 930Cal を超えると減少する傾向が認められる。摂取カロリー量が大きすぎても反って増重量が減少する可能性がある。

- ・飼料の配合組成からして摂取カロリー量に最も大きな影響を与えるのはタンパク

質であるが、脂質も単位重量当たりのエネルギー量が大きいのので大きな影響を及ぼしている。魚の成長はタンパク質と脂質の摂取量によって規定されているといっても過言ではない。炭水化物はそれ程大きな影響を与えない。

- ・増重量は飼料の栄養成分含量と摂餌量を合わせた結果を反映するので、等量給餌法と自由摂餌法で得られた結果は異なる。試験の目的によって適切な給餌法を選択する必要がある。

- ・小麦粉Ⅰの栄養成分の消化吸収率は中白糖よりやや低く、小麦粉Ⅱは脂質含量が少なすぎるものが増重量に反映しているものと思われる。よって、養魚飼料用の炭水化物源としては中白糖が最も優れていると判断する。

- ・増重量を指標にすれば、飼料の炭水化物量を減らしてタンパク質と脂質の量を増やした方が良い。

#### 4. 飼料効率

飼料効率 = 増重量 × 100 / 給餌量 (= 摂餌量) で、飼料の単位重量当たりの増重量を示すので、魚による摂餌量の調整には関与しない。よって、飼料の栄養成分含量と飼料効率の関係を見れば良いことになる。

図 11 に飼料のカロリー含量と飼料効率の関係を示す。いずれの炭水化物源でも飼料のカロリー含量が高い区ほど飼料効率も高い値を示す。同じカロリー含量であれば飼料効率は小麦粉Ⅰ > 中白糖 > 小麦粉Ⅱの順に高いが、炭水



化物源の配合率が同じである場合には中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順である。また、直線の傾きから、飼料のカロリー含量が 325Cal/100g 程度で小麦粉 I と中白糠添加区の飼料効率と同じになるものと推測出来る。その時の炭水化物源の飼料への配合率は中白糠が 30%、小麦粉 I は 20% 程度であろう。この様に養魚飼料用

原料としては中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順に優れているといえるが、それは単に炭水化物源としての効果のみでなく、タンパク質や脂質の供給源である魚粉の配合割合や消化吸収率に及ぼす影響も含めての順位である。

図 12 に飼料のタンパク質含量と飼料効率の関係を示す。何れの炭水化物源を用いた場合にも

タンパク質含量が高い方が飼料効率も高い値を示す。同じタンパク質含量であれば飼料効率は中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順である。炭水化物源の配合率が同じであれば飼料のタンパク質含量は小麦粉 I > 中白糠 > 小麦粉 II となるものの、飼料効率は中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II である。また、中白糠と小麦粉 I の飼料効率の差は小さく、両炭水化物源を配合された飼料のタンパク質は略等しく利用されているのに対し、小麦粉 II のみが著しく低い値を示している。この結果は、小麦粉 II が飼料のタンパク質の消化吸収を抑制しているか、脂質含量が少ないためにタンパク質がエネルギー源として利用される割合が高いことを示すのではないと思われる。

図 13 に飼料の脂質含量と飼料効率の関係を示す。脂質は魚粉に由来する部分が多いので、脂質含量と飼料効率の関係はタンパク質含量と飼料効率の関係と同じ傾向を示すはずである。飼料の脂質含量が高いほど飼料効率も高い値を示しており、推定通りの結果である。小麦粉 I と II の直線の傾きは略等しく、両者の脂質は同様に利用されていることを示す。また、摂取脂質量と飼料効率の関係を調べてみると、小麦粉 I と II では脂質の摂取量が同じでも飼料効率は小麦粉 II の方が著しく低い。両者の脂質は同様に利用されることが、飼料の炭水化物含量は小麦粉 II の方が高いことから、小麦粉 II を添加した飼料のタンパク質が魚の成長に利用される割合が小麦粉 I より低いと考

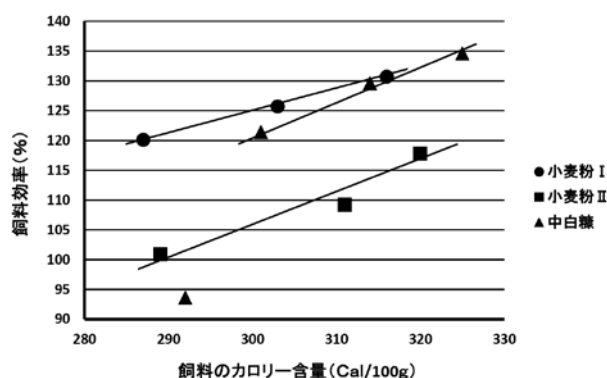


図 11 飼料のカロリー含量と飼料効率

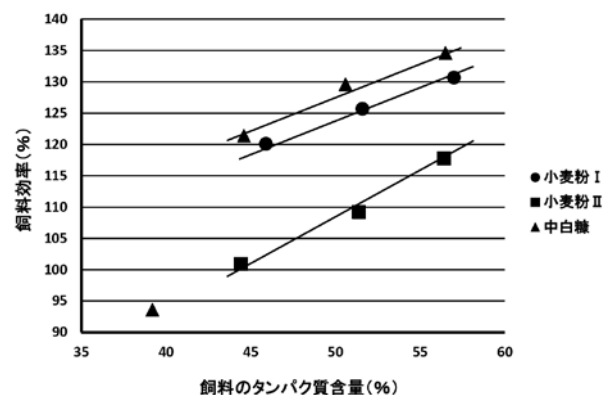


図 12 飼料のタンパク質含量と飼料効率

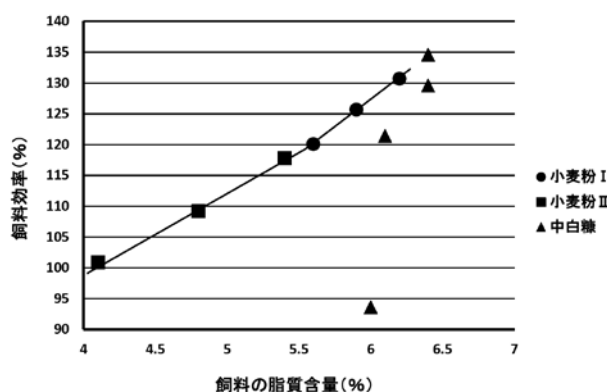


図 13 飼料の脂質含量と飼料効率

えざるを得ない。

図 14 に飼料の炭水化物含量と飼料効率の関係を示す。飼料の炭水化物源と魚粉の配合割合は逆の関係にあり、炭水化物源が多くなれば魚粉は減少し、カロリー、タンパク質および脂質含量は減ることになる。よって、飼料の炭水化物含量と飼料効率の関係は飼料のカロリー、タンパク質および脂質含量と飼料効率との関係の逆になるはずである。何れの炭水化物源においても炭水化物含量が多くなると飼料効率は低くなり、推定通りの結果になっている。それぞれの炭水化物源の直線の傾きは殆ど同じで、炭水化物その物は飼料効率に大きな影響を及ぼしていないことを示すものと思われる。同じ炭水化物量で比較すると、飼料効率は中白糖 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順に高い。

摂取炭水化物量と飼料効率の関係を調べてみると、小麦粉 I と II は摂取量は違うものの直線の傾きは略同じで、両者では摂取炭水化物量と飼料効率は同じ直線上に乗っている。これは小麦粉 I と II の炭水化物の利用率はほぼ同じであることを示すものと思われる。中白糖の直線は両者より明らかに高い位置に存在し、中白糖の炭水化物の利用率は小麦粉 I、II より高いと考えられる。

図 15 に飼料の C/P 比と飼料効率の関係を示す。炭水化物源の違いに関係なく、飼料の C/P 比が高くなるに従って飼料効率は低くなっている。C/P 比が高くなるということはカロリー量に対するタンパク質の比が小さくなる、つまり魚粉の配合割合が低くなることなので、飼料効率は魚粉の配合割合に強く影響されていることになる。直線の傾きは中白糖と小麦粉 I は略等しいが、小麦粉 II はやや大きい。同じ C/P 比であれば、飼料効率は中白糖 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順に高い。

以上の結果から、飼料効率については以下のことがいえる。

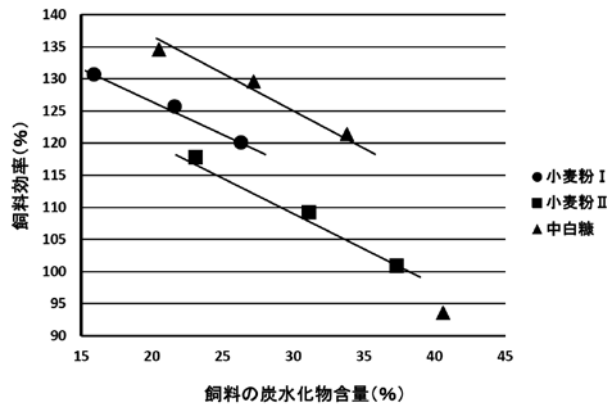


図 14 飼料の炭水化物含量と飼料効率

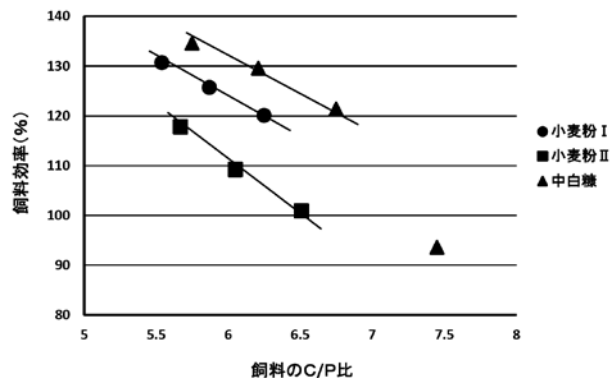


図 15 飼料の C/P 比と飼料効率

- ・飼料効率は飼料のエネルギー量の影響を強く受ける。
- ・飼料のエネルギー源で最も大きな部分を占めるのはタンパク質である。飼料のタンパク質含量が多いほど飼料効率も高くなる。
- ・タンパク質源は魚粉なので、飼料効率は魚粉の配合割合によって規定されている部分が大きいといえる。
- ・中白糖と小麦粉 I を配合した飼料のタンパク質は略等しく魚の成長に利用されている。小麦粉 II は脂質含量が少ないので、タンパク質がエネルギー源として利用される割合が中白糖と小麦粉 I より大きく、飼料効率が低くなるのであろう。
- ・脂質の持つエネルギー量はタンパク質の 2.25 倍、炭水化物の 4.5 倍なので、飼料効率は飼料の脂質含量にも強い影響を受ける。

- ・炭水化物源の配合割合が同じであるか C/P 比が同じであれば、飼料効率は中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順に高く、養魚飼料用炭水化物源としてもこの順に優れていると判断する。
- ・飼料効率を指標とすれば、飼料の炭水化物量

を減らしてタンパク質と脂質の量を増やした方が良い。

## 5. タンパク質効率

タンパク質効率 = 増重量 × 100 / 給与 (= 摂取)

タンパク質量で、飼料の単位タンパク質量当たりの増重量を示すので、魚による摂餌量の調整には関与しない。よって、飼料の栄養成分含量とタンパク質効率の関係を見れば良いことになる。

図 16 に飼料のカロリー含量とタンパク質効率の関係を示す。何れの炭水化物源においても飼料のカロリー含量が高くなるに従ってタンパク質効率は低くなる。同じカロリー含量あるいは炭水化物源の配合割合が同じであれば、タンパク質効率は中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順に高く、この順に飼料のタンパク質が魚の成長に効率良く利用されているといえる。摂餌量を含めて考えると、図 6 に示す様に摂取カロリー量は小麦粉 II > 中白糠 > 小麦粉 I なので、魚の成長に対して小麦粉 II 配合飼料のタンパク質が有効に利用されていないことが分かる。

図 17 に飼料のタンパク質含量とタンパク質効率の関係を示す。飼料のタンパク質含量はカロリー含量に最も大きな影響を及ぼすので、飼料のタンパク質含量とタンパク質効率の関係は飼料のカロリー含量とタンパク質効率の関係と同じ傾向を示すはずである。炭水化物源に係わらず、タンパク質含量が高いほどタンパク質効率は低くなり、推測通りの結果を示している。飼料のタンパク質含量が同じであれば、タンパク質効率は中白糠 > 小麦粉 I > 小麦粉 II の順に高い。摂餌量も含めて考えると、同じタンパク質の摂取量であれば、図 7 からタンパク質効率は中白糠 > 小麦粉 II > 小麦粉 I の順になるはずである。このことから小麦粉 II 配合区のタンパク質の利用率は小麦粉 I 配合

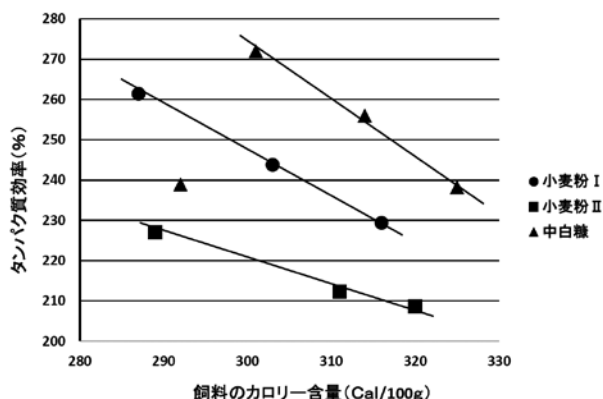


図 16 飼料のカロリー含量とタンパク質効率

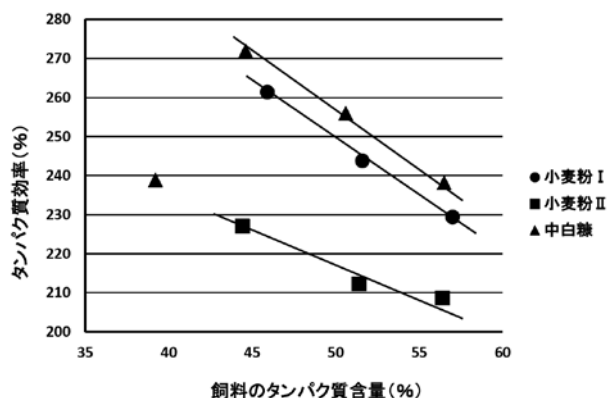


図 17 飼料のタンパク質含量とタンパク質効率

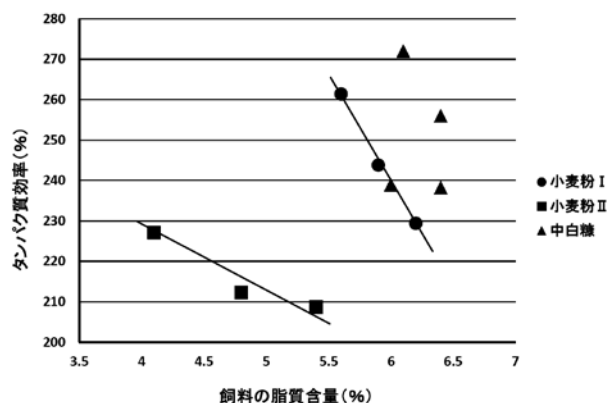


図 18 飼料の脂質含量とタンパク質効率

区より低いのではないかとと思われる。

図 18 に飼料の脂質含量とタンパク質効率の関係を示す。脂質含量は魚粉によるところが大きいので、飼料の脂質含量とタンパク質効率の関係は飼料のカロリー含量、タンパク質含量とタンパク質効率の関係と同じ傾向を示すはずである。炭水化物源の違いに係わらず、飼料の脂質含量が多いほどタンパク質効率は低くなっており、推測通りの結果である。摂餌量も含めて検討すると、小麦粉Ⅰと中白糠の直線の傾きは略等しいのに、小麦粉Ⅱは明らかに傾きが小さい。小麦粉Ⅱは脂質が少なく、脂質の大部分が魚粉に由来することを考えると、魚粉由来の脂質と小麦粉Ⅰや中白糠由来の脂質の栄養価は異なっているのであろう。小麦粉と中白糠の脂質の有効性は等しいと思われる。

図 19 に飼料の炭水化物含量とタンパク質効率の関係を示す。炭水化物源の配合割合と魚粉の配合割合は逆の関係にあるので、飼料の炭水化物含量とタンパク質効率の関係は飼料のカロリー、タンパク質、脂質含量とタンパク質効率の関係との逆になるはずである。炭水化物源に係わらず、飼料の炭水化物含量が多い程タンパク質効率は高い値を示し、推測通りの結果である。炭水化物含量が同じであればタンパク質効率は小麦粉Ⅰ > 中白糠 > 小麦粉Ⅱで、小麦粉Ⅱのみが著しく低いタンパク質効率を示す。

図 20 に飼料の C/P 比とタンパク質効率の関係を示す。炭水化物源に関係なく C/P 比が高くなるに従ってタンパク質効率も高くなる。小麦粉Ⅰと中白糠は略同じ直線上に乗っているのに、小麦粉Ⅱのみ低い位置にあり、傾きも小さい。飼料のタンパク質含量とタンパク質効率のところで述べたのと同じ理由であろう。

以上の結果から、タンパク質効率については以下のことがいえる。

- ・飼料のカロリー含量が高いほどタンパク質効率は低くなる。

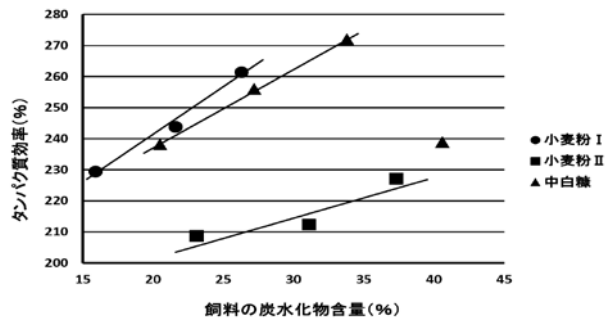


図 19 飼料の炭水化物含量とタンパク質効率

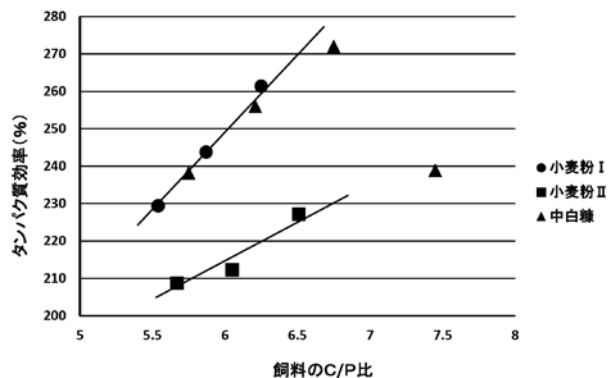


図 20 飼料の C/P 比とタンパク質効率

- ・飼料のカロリー含量が高いのは魚粉の配合量が多いということなので、飼料のタンパク質、脂質含量が高くなるに従ってタンパク質効率は低くなる。

- ・炭水化物源の配合率が同じであれば、タンパク質効率は中白糠 > 小麦粉Ⅰ > 小麦粉Ⅱの順に高く、この順に飼料のタンパク質が魚の成長に有効に利用されている。

- ・C/P 比が高くなるに従ってタンパク質効率も高くなる。これは脂質と炭水化物がエネルギー源として利用されるため、タンパク質が魚の成長に効率良く利用されていることを示すものと思われる。

- ・タンパク質効率は何れの炭水化物源でも 50% の配合率で高い値を示すが、60% になると低くなる。

## 6. 飼料成分の魚体蓄積率

飼料成分の魚体蓄積率を表 4 に纏めて示す。

図 21 が飼料のカロリー含量と魚体蓄積率の

表 4 飼料成分の魚体蓄積率 (%)

試験区	タンパク質	脂質	灰分	カロリー
A	37.0	84.7	41.3	38.6
B	36.1	89.1	37.6	40.2
C	33.7	86.8	35.8	39.6
D	30.9	105.9	36.8	32.4
E	27.9	100.0	33.8	32.3
F	28.4	101.3	33.8	35.4
G	30.9	62.9	26.0	28.3
H	36.2	86.6	35.3	37.4
I	35.6	95.2	36.2	40.5
J	34.3	98.2	38.3	41.0

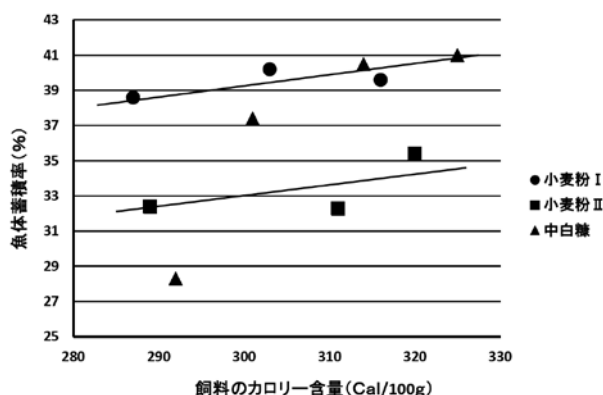


図 21 飼料のカロリー含量と魚体蓄積率

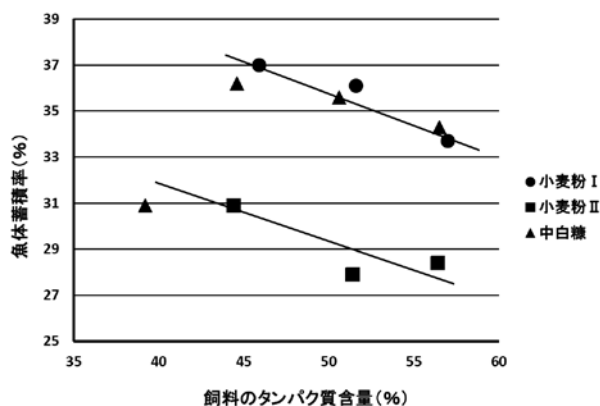


図 22 飼料のタンパク質含量と魚体蓄積率

関係である。炭水化物源に係わらず、飼料のカロリー含量が多い程蓄積率も高くなっている。炭水化物源別に蓄積率が最も高い配合率を見ると、中白糠は30%、小麦粉 I は40%、小麦粉 II は30%である。中白糠と小麦粉 I は略同じ直線状に乗っているのに対し、小麦粉 II は明らかに低い場所に位置し、小麦粉 II 添加飼料のカ

ロリーの魚体蓄積率は小麦粉 I と中白糠より低い。摂餌量も含めた摂取カロリー量と魚体蓄積率の関係では、摂取カロリー量が多い程蓄積率は低い値を示す。

図 22 に飼料のタンパク質含量と魚体蓄積率の関係を示す。飼料のタンパク質含量が高くなるに従って魚体蓄積率は低くなる。最も高い蓄積率を示すのは、何れの炭水化物源も 50% 配合区であった。カロリーと同様、小麦粉 I

と中白糠は同じ直線上にあるのに小麦粉 II は低い位置にある。飼料のタンパク質含量はカロリー含量に最も大きく影響するので、飼料のタンパク質含量と飼料カロリーの魚体蓄積率の関係を調べてみると、タンパク質の蓄積率とは全く逆で、飼料のタンパク質含量が高くなるに従ってカロリーの蓄積率も高くなっている。体内でタンパク質から脂質に転換される部分があることを示す結果であろう。摂餌量も含めた摂取タンパク質量と魚体蓄積率の関係を調べたのが図 23 である。炭水化物源に係わらず、摂取タンパク質量が増えるとなだらかな凸型の曲線を描いて蓄積率は減少する。

飼料の脂質含量ならびに摂取脂質量と魚体蓄積率の関係を見てみると、どの炭水化物源も脂質量が多くなるに従って蓄積率は小さくなる傾向が認められるが、バラツキが大きく、不明確であった。これは魚体内でタンパク質と炭水化物から脂質が合成されていることと関係しているのであろう。脂質は単位重量当たりのカロリー含量が最も高いので、飼料の脂質含量と飼料カロリーの魚体蓄積率との関係を調べたのが図 24 である。炭水化物源に関係なく、飼料の脂質含量が多くなるに従って飼料カロリーの魚体蓄積率も高くなっている。

魚体中に含まれる炭水化物の量は非常に少ない。体内で炭水化物から転換され得る脂質を指標とし、飼料の炭水化物含量と飼料脂質の魚体蓄積率との関係を見てみると、飼料の炭水化物

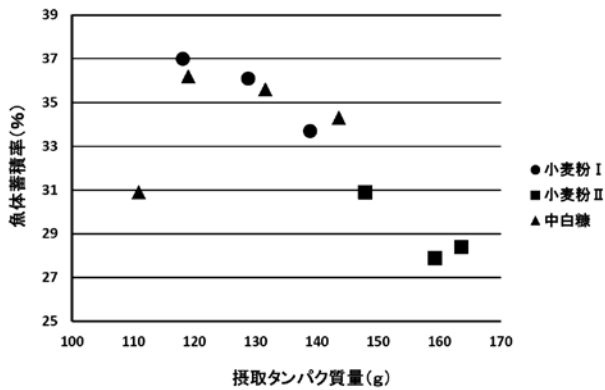


図 23 摂取タンパク質量と魚体蓄積率

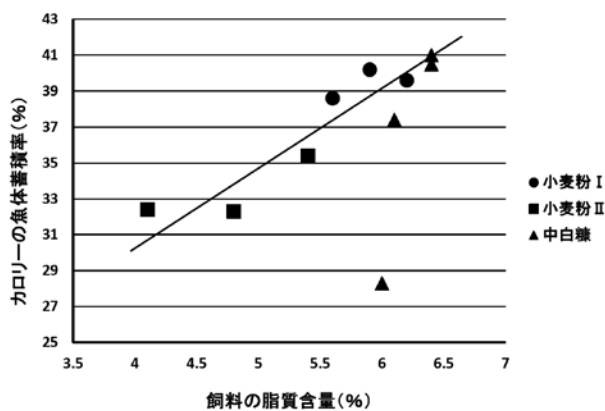


図 24 飼料の脂質含量とカロリーの魚体蓄積率

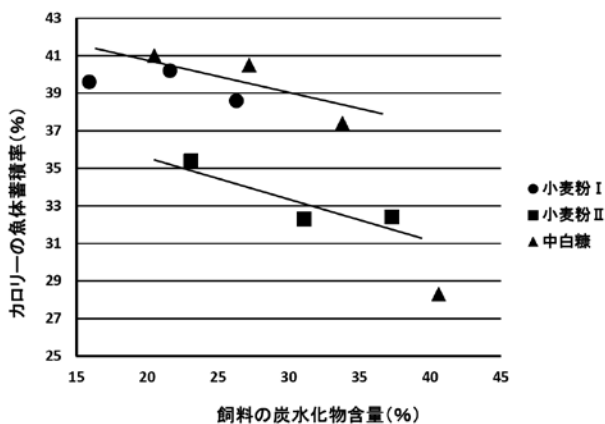


図 25 飼料の炭水化物含量とカロリーの魚体蓄積率

含量が高くなるほど脂質の魚体蓄積率も高くなる傾向は認められるものの、バラツキが大きく、不明確である。よって、飼料の炭水化物含量と飼料カロリーの魚体蓄積率との関係を見たのが図 25 である。炭水化物源に係わらず、飼料の

炭水化物含量が増えるに従って飼料カロリーの魚体蓄積率は減少する。炭水化物源別に最も高い蓄積率を示すのは、中白糠が 30% 配合区、小麦粉 I は 40% 配合区、小麦粉 II は 30% 配合区である。飼料の炭水化物含量は魚粉の配合率と逆の関係にあるので、炭水化物含量が増えるということは魚粉の量が減り、タンパク質、脂質、カロリー含量が減ることと同じである。よって、図 25 は図 21 を裏返した結果になるはずである。

以上の結果から、飼料成分の魚体蓄積率については以下のことがいえる。

- ・飼料のカロリー含量が高いほど魚体蓄積率も高くなる。
- ・飼料のタンパク質含量が高くなるに従って魚体蓄積率は低くなる。
- ・炭水化物源に係わらず、摂取タンパク質量が増えるに従ってなだらかな凸型を描いてタンパク質の魚体蓄積率は低くなる。
- ・飼料のタンパク質含量が高くなるに従って飼料カロリーの魚体蓄積率が高くなる。
- ・飼料の脂質含量が増えるに従って飼料カロリーの魚体蓄積率も高くなる。
- ・飼料の炭水化物含量が増えるに従って飼料カロリーの魚体蓄積率は低くなる。
- ・本試験条件下における各炭水化物源の至適配合率をエネルギーの魚体蓄積率から判断すると、中白糠と小麦粉 II は 30%、小麦粉 I は 40% である。
- ・小麦粉 II 添加区は飼料成分の魚体蓄積率が著しく低く、養魚飼料用炭水化物源として好ましくない。

## 要約

本試験で得られた結果を要約すると以下の様になる。

- ・魚は必要なエネルギー量を満たすため、飼料のエネルギー含量によって摂餌量を調整している。
- ・飼料成分のうち摂餌量に大きな影響を及ぼし

ているのはタンパク質と脂質である。炭水化物の影響は少ない。

- ・小麦粉Ⅱ配合区の摂餌量が多いのは、小麦粉Ⅱがタンパク質の消化吸收を抑制している可能性や飼料の脂質含量が著しく不足している可能性などが考えられる。
- ・炭水化物源の違いに係わらず増重量は摂取カロリー量によって規定されている。但し、摂取カロリー量が多すぎても反って増重量が減少する可能性がある。
- ・摂取カロリー量に大きな影響を及ぼす飼料成分はタンパク質と脂質である。魚の成長はタンパク質と脂質の摂取量によって規定されているといっても過言ではない。
- ・魚の成長を指標とすれば、中白糠>小麦粉Ⅱ>小麦粉Ⅰの順に優れている。
- ・小麦粉Ⅰの栄養成分の消化吸收率は中白糠よりやや低く、小麦粉Ⅱは脂質含量が少なすぎるものが増重量に反映しているものと思われる。よって、養魚飼料用炭水化物源としては中白糠が良いと判断する。
- ・飼料効率は飼料のエネルギー含量の影響を強く受ける。
- ・飼料のエネルギー源として重要なのはタンパク質と脂質である。炭水化物の重要性はそれほど高くない。
- ・炭水化物源の配合割合が同じであるか飼料のC/P比が同じであれば、飼料効率は中白糠>小麦粉Ⅰ>小麦粉Ⅱの順に高く、養魚飼料用炭水化物源としてもこの順に優れていると判断する。
- ・小麦粉Ⅱは脂質含量が少なく、飼料のタンパク質がエネルギー源として利用される割合が大

きいので、飼料効率が低くなるものと思われる。

- ・魚の成長と飼料効率を指標とすれば、飼料の炭水化物源を減らして魚粉を増やす方が良い。
- ・飼料のカロリー、タンパク質および脂質含量が高くなるに従ってタンパク質効率は低くなる。
- ・炭水化物源の配合率が同じであれば、タンパク質効率は中白糠>小麦粉Ⅰ>小麦粉Ⅱの順に高く、この順に飼料のタンパク質が魚の成長に効率よく利用されている。
- ・C/P比が高くなるに従ってタンパク質効率も高くなる。これは脂質と炭水化物がエネルギー源として利用されるため、タンパク質が魚の成長に効率よく利用されることによる。
- ・飼料効率とタンパク質効率を指標とすれば、中白糠>小麦粉Ⅰ>小麦粉Ⅱの順に優れている。
- ・飼料のカロリー含量が高くなるに従って魚体蓄積率も高くなる。
- ・タンパク質は逆で、飼料のタンパク質含量が高くなるに従って蓄積率は低くなる。
- ・飼料のタンパク質、脂質および炭水化物含量が高くなるに従って飼料カロリーの魚体蓄積率も高くなる。
- ・飼料エネルギーの魚体蓄積率から各炭水化物源の至適配合率を判断すると、中白糠と小麦粉Ⅱは30%、小麦粉Ⅰは40%である。但し、小麦粉Ⅱは飼料成分の魚体蓄積率が著しく低いので、養魚飼料の原料としては好ましくない。
- ・本試験においても炭水化物源によるタンパク質の節約効果が認められた。
- ・試験の目的によって適切な給餌法を選択する必要がある。

## 文 献

1. 酒本秀一：ニジマス用飼料，アユ用飼料の適切な $\alpha$ 化澱粉添加量，*New Food Industry*, **60**(9): 65-80. 2018.
2. 酒本秀一：ニジマス用飼料の炭水化物源-1，*New Food Industry*, **60**(10): 46-56. 2018.
3. 酒本秀一：ニジマス用飼料の炭水化物源-2，*New Food Industry*, **60**(11): 30-41. 2018.
4. 酒本秀一：ニジマス用飼料の炭水化物源-3，*New Food Industry*, **60**(12): 49-57. 2018.
5. 酒本秀一，糟谷健二：魚類の細菌性感染症に対するブドウ種子抽出物と $\beta$ -1,3/1,6-グルカンの予防効果，*New Food Industry*, **53**(7): 26-40. 2011.
6. 田畑満生他：魚類の自発摂餌-その基礎と応用（水産学シリーズ 128，田畑満生編），恒星社厚生閣，東京，2001.

# 人と地域に融和するカフェ空間の本質

菅野 友美子 (KANNO Yumiko)<sup>1</sup> 三好 恵真子 (MIYOSHI Emako)<sup>2</sup>

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

Key Words: カフェ 空間 喫茶文化 現象学 サードプレイス 日常性

## はじめに

近年、単なる飲食店を超えた機能を果たす、多様なカフェの登場が見受けられる。例えば、全国各地に開設されている「コミュニティカフェ」は、名称こそカフェであるものの、その目的は子どもの居場所づくりや地域住民の憩いの場となっている。また、地域におけるソーシャルキャピタルの蓄積を担う場所として喫茶店が取り上げられ、調査・分析されている<sup>1)</sup>。さらには、地域の文化資源としての古民家をカフェとして再生する、いわゆる「古民家カフェ」が広く認知されるようになってきた。その他にも、書店に併設し、購入前の本が読めるようにした「ブックカフェ」や、「猫カフェ」のように動物と触れ合う機会を気軽に持てる「動物カフェ」など、飲食以外の特別な目的を付与されたカフェが、我々の日常の場面で数多く存在している。

しかし、カフェの歴史の変遷を辿ると（詳細は後述）、カフェは、いつの時代においても、社会のニーズに柔軟に対応しながら、多様な形態が生み出されてきたことが分かる。つまり、ヨーロッパの街角にあるようなカフェとはやや趣を異にし、日本では昔から、「喫茶店」、「カフェ」、「コーヒショップ」等の名称で親しまれ、独自の文化を持ち合わせているものの、いずれの時代も乗り越え、人々に受け入れられ続

けてきたその歴史性は、カフェの柔軟な特質によるものと考えられる。

一方、先行研究では、カフェに期待される事柄として、集う者たちの間に交流が生まれるサードプレイスという「場所」としての機能を求めることが多く、その役割は重要であり、今後も活用の幅が広がることが予想される。しかし、時代を超えて様々な店がカフェとして認知されているように、単なる場所として没することなく、人々にとってそれぞれの意味を持ちながらも、置かれた環境に調和し、さらには地域やその歴史の中にも組み込まれながら、常に人々の欲求を満たす「カフェ空間」として存在し続けることが、どのようにして可能になっているのかを探る必要があると考えた。

エドワード・レルフ<sup>2)</sup>によれば、「場所」を他と区別するための要素として、①景観を構成する物質的要素・見かけの様子、②そこで行われる/観察できる人間の活動、③上記の①、②がその人にとって持つ意味/象徴の3つが挙げられるとし、またひとつの場所にはこれら3つの要素が重なり合って意味をなしており、その時々やそこを訪れる人によって様々な捉え方がなされると説明している。そこで、カフェという場所を本稿で論じるにあたり、多様な人々の営みに目を向けながら (②)、それぞれの人々



にとってどのような意味をなし得るのか(③)を考察する必要性が浮かび上がる。特に、人々にとって、意味を持つ場所として存在することは、「空間的」もしくは「時間的」に他と区別されるものとされるが<sup>2)</sup> カフェが時代を超越してきたその特性に鑑みれば、「空間」としての普遍性をもつその本質を描き出すことが重要であると指摘したい。

したがって本稿では、カフェを、サードプレイスのような限定した「場所」としてではなく、人々の暮らしや社会変容に柔軟に対応しつつも、変わることのない本質的要素を持った「空間」として捉え直し、それを具体化することを目的とする。具体的には、身近なカフェ空間での観察や地域に包摂されるカフェ空間とそれを作り出すカフェの営みを調査・分析することにより、人と地域に融和するカフェ空間の普遍的本質を明らかにしていく。

## 1. 日本におけるカフェの変遷からみえる柔軟性

### 1-1. 日本上陸から現在に至るまで<sup>\*1</sup>

日本初のカフェは、1888年の「可否茶館」とされている。1911年になると、銀座に相次いで「カフェー・プランタン」、「カフェー・パウリスタ」、「カフェー・ライオン」という3つのカフェ(当時は「カフェー」と呼ばれていた)が開店した。「プランタン」は日本で初めて自らカフェと名乗った店であり、文化人が語り合う場所であった。1923年の関東大震災で焼失し、数年後に再開するも、かつての知識層のサロンとしての輝きを取り戻せなかったことから、時代の移り変わりにそぐわないカフェは存続が難しいことが推察される。「パウリスタ」のコーヒー缶は赤黒缶と呼ばれ、この缶を小脇に抱えて銀座通りを歩くことは大変お洒落な行為としててはやされたといい、ファッション

の一部としてのカフェの原点とも言える。缶に描かれている「ライオン」は女給(客の接待をする女性店員)のサービスを店の売りにしており、現在のメイド喫茶の原型とされている。このように、現在のカフェ業態のさきがけを、初期からすでに伺える。その後、こうした「カフェー」は、「特殊喫茶」として取り締まりの対象となった風俗店の店と、あくまで喫茶を楽しむための店に分かれ、後者は「喫茶店」、また前者と対比して「純喫茶」と呼ばれるようになった。1930年代半ば年頃からは、パンとコーヒーを売る屋台が登場している。この業態は、現在のベーカリーカフェ(購入したパンを併設されたカフェで食べられるパン屋)に受け継がれている。

戦後は、付加価値に重点を置いて、様々な提案をする店が増え、その代表として、貧しい住宅環境を背景に人気を集めた音楽喫茶に注目したい。当時はまだ自宅で音楽を楽しむ状況ではなく、また、レコード自体も非常に高価だったため、音楽好きの人々は喫茶店に足を運び、生の歌声やレコードから流れる曲を楽しんだ。その後、高度経済成長期を経て住宅環境が改善し、レコードの価格も安くなり、さらに1980年代にカラオケボックスが普及すると、多くの音楽喫茶は姿を消していった。

1980年には手頃な価格で気軽にコーヒーを飲める店として「ドトールコーヒーショップ」が登場し、これを機に、セルフカフェという自分で席まで商品を運ぶ形式が徐々に世間に知れ渡ることとなった。1981年には、「アフターヌーンティ」が、生活雑貨と飲食という、当時としては新しい生活提案型のカフェを始めた。そして、平成のカフェブームの火付け役とも言える「スターバックス」が、1996年にアメリカから日本に上陸してからは、シアトル系カフェが若者や女性の人気を集めている<sup>\*2</sup>。

<sup>1</sup> ここでは、主として(文献3)および(文献4)を参照しながら、日本上陸から現在に至るまでのカフェの歴史性を振り返る。

<sup>2</sup> エスプレッソに、牛乳やシロップを加えてアレンジしたコーヒーを出すカフェ。

表1 喫茶文化の歴史

年	喫茶文化・業界の動き	社会象
1888 (明治 21)	「可否茶館」	
1911 (明治 44)	銀座に相次いで3つの店 「カフェー・プランタン」日本初のカフェ 「カフェー・パウリスタ」誰もが楽しむ喫茶店の元祖 「カフェー・ライオン」バーに近い。女給のサービスが評判 庶民的な店「ミルクホール」でもコーヒーとの出会い	帝国劇場が開場（東京）、立川文庫の発売（大阪）など、文化の面でも大衆化
1923 (大正 12)		関東大震災
1935 (昭和 10)	喫茶店が1万軒超 パンとコーヒーを売る屋台の登場	
1937 (昭和 12)		日中戦争
1938 (昭和 13)	コーヒー豆輸入制限→完全に禁止、多くの店が閉店 戦時中は代用コーヒー（大豆・百合根が原料）	
1945 (昭和 20)		終戦
1950 (昭和 25)	コーヒー豆輸入再開 様々な提案をする店の増加 例) 音楽喫茶, 美人喫茶	高度経済成長期 生活の洋風化
1964 (昭和 39)	「喫茶室ルノアール」	カラオケボックスの急速な普及
1970 (昭和 45)	「珈琲館」	
1972 (昭和 47)	「コロラド」	
1970 年代後半	マンガ喫茶が人気を集める	【昭和 60 年代】 セルフサービスが主流に
1980 (昭和 55)	「ドトールコーヒーショップ」 多くの音楽喫茶が姿を消す	
1981 (昭和 56)	「アフターヌーンティ」雑貨とカフェを通して生活の提案	
1988 (平成元)	新たな業態、カフェバー 例)「プロント」	インターネットの登場 スターバックス上陸を期に、 シアトル系カフェの時代へ
1995 (平成 7)		
1996 (平成 8)	「スターバックス」日本へ ネットカフェ、複合カフェ	
2007 (平成 19)	マクドナルドが「マックカフェ」を展開	

【昭和 30～40 年代】  
・個人経営が主流  
・喫茶店は「大人の場所」  
・大手チェーン店が誕生

(文献3) および (文献4) を参考に筆者作成

以上から、次の二つ事柄が導かれると考えられる。まず一つ目が、カフェが時代に合わせて変化し、またカフェ空間は柔軟に変化することが可能であるという点である。「プランタン」が同じ業態では存続できなかったことや、戦後、新たな提案をする店が続々と登場したことは、カフェが、その時代に生きる人々の生活状況と密接に関わっていることを裏付けていると言える。二つ目として、カフェには、生活の中で不足しているものを提供する役割があるということである。音楽喫茶登場の背

景である「音楽を楽しめる環境の不足」に加えて、ドトールコーヒーの登場の背景にも、「コーヒーを楽しむ時間的または経済的余裕の不足」があり、ドトールコーヒーは提供時間を早め、かつ低価格にすることで客の支持を集めることに成功したといえる。こうした流れからは、暮らしの中で不足している要素がカフェに居ることで一時的に満たされてきたことが分かる。これは、集中できる場所を求めてカフェで勉強する学生がいる現在の状況からも頷けることであろう。

## 1-2. 「カフェ」と「喫茶店」の差異 ―本稿で扱うカフェ空間とは

ここで、本稿で研究対象である「カフェ空間」の位置づけを再確認しておきたい。まず、カフェと同様の場面で使用される言葉である「喫茶店」との違いを整理していく。両者の違いについて、食品衛生法での区分に鑑みると、酒を含めた飲み物と調理をした食事を提供できる飲食店営業と、酒以外の飲み物とお茶菓子・軽食を提供できる喫茶店営業に分けられている。このうち、カフェは「カフェー」という名称で、すし屋、旅館、弁当屋、レストランなどと同じ飲食店営業に分類されている（食品衛生法施行令 35 条）。つまり、法律に基づく区分上では、酒を提供できるのがカフェ、提供できないのが喫茶店であるとされる。他にも、喫茶業界で一般的に認知されている違いとして、両者のサービス形式での区別がある<sup>3)</sup>。注文した商品を客が自分で席まで運ぶセルフサービス形式の店が「カフェ」、店員が席まで注文を取りにくるフルサービス形式の店が「喫茶店」である。しかし、店名にどちらを採用するかについては自由であるため、ターゲットとなる客層や個人の好みによって異なっているのが現状である。さらに、両者に対して一般的に持たれるイメージに違いがある。「喫茶店」という名は、「昔ながらの」という語と共に使われることがあるように、「古き良き時代」のような、ある一定のイメージを連想させる。「カフェ」に対しては、「カフェー」という呼称で喫茶店よりも先に登場していたにも関わらず、古い、昔ながらの、と形容されることはあまりない。どちらかと言うと、新しい、若者向けの、というイメージに加えて、カフェ風インテリアが人気を集め、カフェメニューを扱う料理本が多数出版されていることから、魅力的な生活の模範という位置づけであることが分

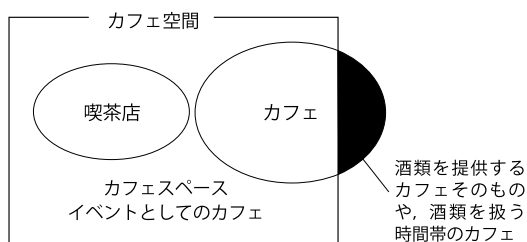


図1 本稿で扱うカフェ空間（筆者作成）

かる。

上述を踏まえつつ、本稿で扱う「カフェ空間」について説明していく。前項を踏まえて喫茶店を「日本で独自に発展したカフェ」と捉え、カフェのひとつの形態と考えることにする。また、法律上カフェと分類される店は酒類を提供できるが、酒を提供した場合、そうではない場合と比べて利用客の属性や利用される時間帯が偏ってしまい、カフェ空間として居酒屋と区別して扱うのが難しくなる。これに加えて、上述からも、酒を出すことがカフェの大きな魅力であったというより、コーヒーを主とした飲み物を片手に、読書を楽しんだりジャズ音楽に真剣に聴き入ったり、自由に過ごせることが人々を惹きつけていたことが伺えたため、酒類を提供する場合は、ここでは含まないことにする。よって本稿では、時代が変わっても形を変えて人々に愛され続けるのはなぜかという問いに重点を置き、「コーヒーを主とした飲料（酒類を除く）や軽食が提供され、利用者が自由に時間を使える空間」と説明できる場合に「カフェ空間」と呼び、研究対象<sup>\*3</sup>として扱うこととする（図1）。

## 2. 先行研究を巡る議論と導かれる課題

### 2-1. サードプレイスとしてのカフェ

サードプレイスとは、アメリカの社会学者 Oldenburg が 1989 年に提唱した概念であり、自宅（ファーストプレイス）、学校や職場（セカ

<sup>\*3</sup> 現在は図書館や病院の一角に「カフェスペース」という場所が見られる。「カフェスペース」は大抵の場合、運営者がおらず、自動販売機や売店で購入した飲料や軽食を食べることができ、これは、自分自身で提供すると考えれば同様にカフェ空間であると考えられる。すなわち利用者が食事を持ち込んで飲食することができる場合も同じくカフェ空間に含むことにする。さらに、実店舗をもたない一時的なカフェも、「イベントとしてのカフェ」と呼び、本稿で考えるカフェ空間に含めることにする。

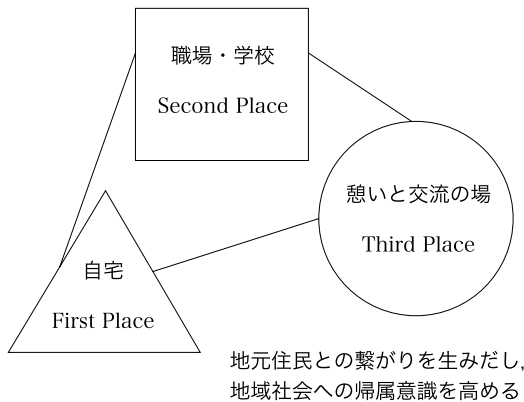


図2 サードプレイスの概念図（筆者作成）

ンドプレイス)のどちらでもなく、親しい仲間たちと気軽に交流できる居心地の良い場所を指す(図2)。Oldenburg<sup>5)</sup>によると、当時のアメリカ社会には、イギリスのパブやフランスのカフェで経験されるような、生き生きとしたインフォーマルな公共生活が欠如しており、人々は自宅か仕事場で日々過ごすという二地点滞在型の生活を送っていた。ここから生まれる「何もかも忘れてのんびりしたい」といった願望は、家庭内と仕事の人間関係によって満たすには対応の限度を超えており、その結果、ストレスや家族の不和を始め様々な社会問題が生じていた。自宅と職場という二つの脚で支えられる不安定な台の上では、充実した生活を上に乗せることはできないということである。すなわち、人々がくつろいだ充実の日常生活を過ごすには、第一に自宅、第二に学校や職場、第三に、そのどちらにも属さず、社会的なコミュニティの基盤を提供するとともに、そのコミュニティを謳歌する場所という三つの領域の経験のバランスがとれていることが必要と述べられている。どれほど歓迎されても、他人の家で心からくつろぎ、その家が自分だけのお気に入りの場所となることはないため、サードプレイスのような、インフォーマルな楽しみの集いのために場を提供する、様々な公共の場所<sup>\*4</sup>が必要と

なる。

サードプレイスでの人々の主な活動は、他者との交流、すなわち会話である。会話には一定のルールが存在し、「他の人が話している間は黙って話を聞く」、「誰も興味のない話はしない」など、そこに集った誰からも同じように話が引き出せるように配慮される。よって、サードプレイスでは身分や地位がなく皆が対等な立場となり、全員が貢献することを期待される。熱っぽい会話が繰り広げられ、議論に没頭することで、外の雷雨や時間の経過を忘れてしまうこともある。

ただし、サードプレイスを単に「家庭と仕事から逃げる安らぎの場」と見なすだけでは不十分である。サードプレイスの真価は、訪れる人々が対等な関係で会話を楽しみ、社会的な繋がりを形成することにあるという。ある程度の耐乏生活を送っている人々に対してはサードプレイスで過ごす一時や交流は所有物の足りない部分を補い、裕福な人々に対してはお金で買えないものを提供する<sup>6)</sup>。一方、近年の日本では、経験の領域としては、自宅でもなく職場でもない、まさに「サードプレイス」と位置付けられる場所に対し、Oldenburgの指摘するサードプレイスとは異なる実態が見られる。仕事や勉強、ゲームなど、本来は職場や学校、自宅などの私的な空間で行う行為が、公共の場所やカフェで、道具を広げて行われており、店側も、一人席やカウンター席を設けることで、そのような利用を積極的に提案している。また、特に若年層には、交流ではなく自分ひとりの時間を過ごせる場を求める傾向もあるという。こうしてサードプレイスでの経験の内容が多様化している。先ほど述べた二地点滞在型生活的不满、「何もかも忘れてのんびりしたい」という願望は、訪れる誰もが匿名性を得て、一人で自由に過ごすことでも満たすことができる時代となりつつある。これは、「自分だけの場所」に関する調査での回

<sup>\*4</sup> その代表とされるカフェが公共の場所であると言えるかについては疑問が残るがここでは議論しないこととする。

答に、喫茶店・カフェのほかに、スポーツクラブ、ジム、ヨガ、エステや美容サロンが含まれていることから推測できる<sup>\*5</sup>。これらは、会話や交流が目的の利用ではなく、アクティブレスト（適度に運動して血液循環を良くし、効果的に疲れから回復させる運動を指す）や美容サービスを受けながら、自分ひとりの時間を過ごすことが目的である。

この、「自分ひとりの時間を好きに過ごす」という新たな傾向は、カフェ空間ではどのように受け入れられているのだろうか。ここでは、カフェの中でも交流を主眼としたサードプレイスとして機能することを目的に設けられている、「コミュニティカフェ」を例に考えてみたい。全ての人に開かれた場所であることがサードプレイスの重要な条件の一つであるが、実際のところ、誰もが自由に利用できる場所になっているとは言い難いのがコミュニティカフェの現状である。具体的には、交流を求める一部の人々に専有されやすく、それ以外の人々が排除されやすいという問題が生じている。特に、高齢者や女性がなじみを形成しやすい傾向があり、若者や男性が気軽に立ち寄れない雰囲気を作られてしまうことが指摘されている<sup>7)</sup>。

このように特定の人々に専有される傾向の一因は、サードプレイスの抱える構造的な問題にあるとされる<sup>7)</sup>。便宜的に、交流を求める人々を社会志向と呼び、一人で過ごすことを望む人々を個人志向と呼ぶことにすると、社会志向の人々は、他者との会話や交流という居心地の良さを求めるのに対して、個人志向の人々は、自分の時間を過ごせるという居心地の良さを求める。そのため、社会志向の人々の増加は、多すぎる交流を生み、それが個人志向の人々の居心地の悪さに繋がり、逆に個人志向の人々による場所の占有は、社会志向の人々は居心地が悪いと感じるのである<sup>7)</sup>。コミュニティカフェは

地域活性化や保健福祉を最終目標として設置されているため、交流型の利用が促進される。その結果、個人志向の人々は居心地が悪いと感じるようである。

公共空間において、照明や空間のデザインといった物理的要素は、利用者が個人志向であるか社会志向であるかに関わらず、居心地の良さを作り出し、利用を動機づける。しかし物理的要因だけでなく、店主の人柄や、仕事上の立場から逃げられる場所であるかという社会的要因も、その人にとっての居心地の良さを生み出す重要な要因であるという<sup>7)</sup>。コミュニティカフェにおける占有の課題は社会的要因の重要性を示している。確かに、ソーシャルキャピタルを構築するのに適した場であるカフェは、今後も地域の諸問題を解決する手段として検討される価値が大いにある。しかし、カフェとはそのような個人作業型か交流型かという分類や、地域への貢献という意義だけでは解釈できない面があることを指摘しておきたい。つまり、1-1で述べたように、時が経っても、カフェという空間は廃れて消えていくことなく、またこの後に論じていくように、利用者にはもちろん、自己実現の場や第二の人生の舞台という意味で運営者にも愛されているからである（この点は、4にて具体的に検証していく）。

## 2-2. 没場所性を生み出す背景

多様な活用方法や意義をはらむカフェ空間を説明するために、1-1で導いたカフェ空間の柔軟性に再び注目する。カフェ空間は時代に合わせて柔軟に変化してきた経緯があり、変化してもなお、カフェとして認知・受容され、親しまれ続けてきた。この柔軟性は多様なカフェのあり方を生むことになるが、現代においては、どのように人々の生活に合わせて柔軟に変化しているのだろうか。

<sup>\*5</sup> 株式会社読売広告社都市生活研究所による、首都圏（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県）に住む20代から70代の男女1,100人を対象に実施された「自分の居場所（サードプレイス）に関する調査」（2014/12/01公表）を参照した。

カフェ空間の変遷には、どのような時代であり生活様式であるかが大きく関わってきたことは既に述べた通りであるが、同様に現代の社会を考えてみると、大きくとらえて我々の生活は大量生産・大量消費の渦の中にあることが特徴である。大量生産に巻き込まれた企業は、標準化された商品を大量に売るために、消費者の画一的な嗜好を歓迎する。消費者もまた、他人と同じであることを求め、好むようになる。メディアの発達による情報の均一化も、画一的な大衆文化を助長している。また、交通手段の発達は、様々な生き方や生活習慣を持った人々を大量移動させることで、文化や生活様式の個性を薄めることとなった。道路や鉄道や空港は、景観とともに発展してきたわけではなく、景観を切断し、威圧感を与えている。

このような状況で生じる景観の均一化を地理学者エドワード・レルフは「没場所性」と呼んでいる<sup>2)</sup>。「没場所性」とは、どの場所も外見だけでなく雰囲気まで同じようになってしまい、場所のアイデンティティが、人々にありきたりな経験しか与えなくなるほどに弱められていることを指す。例えば世界各国のリゾート地を考えてみると、人々の興味をそそりそうな場所を観光地化しようとする競争の結果、そこに住み働く人々の生業など何も感じさせない、別世界指向の場所が次々と生み出されている。この極致が、冒険やおとぎ話が思い通りに合成され、即席で歴史性のない開発がなされる「ディズニー化」である。ほかに、目に見える部分を精細に復元することに注力し、求められる歴史的な雰囲気さえ表していれば本物が偽物かは問題としない「博物館化」といった特徴を現代の没場所性は含んでいる。ここで言う本物とは、古くから存在し、時間の経過によって与えられた個性をもつ多義的な場所のことを指し、偽物とは、そのような個性を破壊して作られ、標準化された場所のことである。従来社会では、現代と比べて交通手段もマスコミも未発達であったため、場所はその地域ごとに特別な意味を持ち、他と区別される価値をもった。しか

し、科学の発展やメディアによる情報の均一化によって、現代では他所との違いが鮮明でない場所が増えている。

確かに我々の周りには、中央権力による統一した法規制、画一的な嗜好や様式を目論む大企業の戦略の結果として、景観の均一化が生じていることが認められる。どこに行っても同じような景観に出くわすことは、ときに初めての土地に不安を抱く人を安心させることもあるが、大抵の場合、人々の気持ちをうんざりさせる。このような没場所性はカフェ空間にも当てはまることであろうか。以下に続く3章ではこの問いについて、観察調査を通して考察を深めてみたい。

### 3. 観察から見える没場所性に支配されないカフェ空間

#### 3-1. 調査対象と調査方法

上述のように、カフェ空間にはサードプレイスという概念だけでは捉えきれない多様な意味があると推測された。ここでは、都市生活者にとって身近に存在する「チェーン店」のカフェ空間を対象に観察を行い、より日常に即した利用の実態から、カフェ空間の本質的要素を探ることにする。チェーン店(Chain Store)とは、単一の資本が、ブランドや経営方針、サービスの内容、作業ノウハウ、外観などを共通化した店舗を多数出店することによって、大きな利益を生み出している経営形態である。全ての店舗で取り扱う商品を同一化することで、大量に仕入れて原価を抑えることができる。人件費の安いパートタイム労働者でも運営可能にするために、業務内容の標準化やマニュアル化が行われている。この定義に鑑みると、チェーン店は、規格化された均一な空間を生み出すと言えるが、果たしてカフェのチェーン店の場合も同様ののだろうか。

そこで、大阪府H市駅周辺を対象地域として、観察調査を行った。対象の4つの店舗は、同市内にある①ドトールコーヒーショップ、②マクドナルド、③モスバーガー、④スターバックス

であり、いずれも全国各地に加えて海外にも店舗を持っているチェーン店である。調査は、今和次郎の路上観察での考現学的手法<sup>8,9)</sup>を参考にし、特に利用者が得られる視覚情報と聴覚情報に注目した。またここでの観察は、はじめにで触れた「場所」を他と区別するための3つの要素<sup>2)</sup>のうち、2つ目の「観察できる人間の活動」として置き換えることもでき、カフェに集う多様な人々の営みに目を向けながら考察していくこととする。

### 3-2. 生老病死を巡る利用者の緊張感を解きほぐす配慮を生み出す空間

病院内に併設されているこの店（ドトールコーヒーショップ）<sup>\*6</sup>は、駅から徒歩5分程度かかる場所にあるため、ふと立ち寄る店というよりは、ここにドトールコーヒーがあると知っている者が、何かのついでに利用する店と考える人に適している。天井が高く、片側の壁がガラス張りという開放的な空間であることが、他の3店舗や一般的なドトールコーヒーの店舗と大きく異なる特徴である。調査の際、レジに並んだときには既に11人の列ができており、その後も客の列が途絶えることは無かったが、待たされて苛立っている客は見かけなかった。これは、5人の女性店員が手際よくレジで対応をしていたことに加えて、そもそも飲食のためにこの場所に来た客よりも、受付や診察を待っている間の退屈さを少しでもこの場所で紛らわしたい客や、価格や雰囲気を知っているため安心できる“ドトールコーヒー”を利用したくて来た客が多いからではないかと考えられる。

ロイヤルミルクティを注文すると、ソーサーつきのカップで、スプーン、紙製のティーバッグ置き、ハニーシロップが、小さめのトレイを使って提供された。ドトールコーヒーは、上記でも触れたように、経済的な負担を感じずに気軽に飲める店として始まった。しかし、陶器の食器が使われていることや、広告が載ったト

レーマットが使われていないことで、安上がりという印象にならない。席は8割程度埋まっていたが、先に述べたように建物の天井が高く、病院の受付と店の境界となる壁もなく、テーブルの間隔が詰まっていないため、利用客の話し声は拡散し、意識せずには内容を聞き取れない状況であった。利用客の会話のほかに、乳幼児の泣き声、エレベーターの到着音、コーヒーマシンの抽出音、テレビからの音、食器を片付ける音が混在していたが、これらは全て小さい音もしくは遠くから聞こえる音であるため、会話や個人作業の邪魔にはなっていなかった。隣のテーブルで過ごしていた、父と娘と見られる男女二人組は、調査中ほとんどずっと下を向いてスマートフォンを操作していた。会話はわずかで、「あと2時間くらい」、「おかわりできんのか。できたらずっとおれるのに」、「まだまだやで」というやり取りがあった。また、老夫婦と娘と見られる男女3人組は、孫の就職先や奨学金について話をしていた。そしてその後、老婦人は通りかかった女性店員に、今日は検査結果を聞きに来たのだということを伝えた。店員はしゃがんで目線を合わせ、「そうなんですね」と応対しており、その様子は患者と看護師にも見えた。また、別の一人客と店員が、「知り合いが外資系で」「うちの旦那は」というような、私的な内容のやり取りをしていた。

この店の重要な役割は、待ち時間の不安や退屈さを紛らわすことにあると考えられる。ただし、全ての客が受付や診察の順番を待っている訳ではなく、病院で働く職員たちの利用も見られた。また、駅周辺に用がある人が休憩する場所にもなり得る。店の特徴としては、①開放的な空間であることで、座席の使用状況が一目で容易に分かり、②外の景色を見渡せ、③手頃な価格のため馴染みのある店という点で安心して利用できることが挙げられる。順番待ちの列が常に絶えない程多くの利用客を惹きつける理由もここにあると考えられる。また、常連と見ら

\*6 調査日時：2016年11月9日（水）11：07～11：52

れる客と店員との関係が、看護師と患者の関係に似ていることも注目すべきである。店員に話しかけた老婦人のように、店員とコミュニケーションをとることも、不安な心を落ち着かせることに繋がっていると言える。店側が積極的に客を集めるというよりも、多くの人に必要とされており、利用したい人が自ずと集まる場所だと感じられた。この店は、周囲の人が求めているものがあるため、利用客が絶えないのだと言える。

### 3-3. 誰でも使いこなすことができる利便性の高い空間の演出

このマクドナルドの店舗<sup>\*7</sup>は二階建てで、H市駅の中央改札口と二階席への入口が直結しており、建物自体はドラッグストアに隣接している。二階席入口は、駅の改札の他、ドラッグストアの入口、商業施設の入口と繋がっている。一階には一人用の座席が、二階には複数人で利用できる座席が多い。

カフェラテを注文すると、紙コップにフタがされた状態で、トレイにのせて提供された。一階には一人掛けの席が多く、必然的に利用者も一人客が多いが、読み書きやパソコンといった作業ではなく、飲食をするか、携帯電話を操作して過ごしていた。二階席では、上述のドールコーヒESHOPと対照的であったのは、利用客の賑やかな様子である。二階入口近くで若い男女4人組が大きな声で会話を楽しんでおり、また、他の席からも、手をたたいて笑う声が何度も聞き取れた。二階席の床はタイル張りで凹凸があり、イスを引くときに引きずる音が目立ってしまうが、そのような物音に加えて、各々が自由に会話をする話し声は、くだけた雰囲気を作っていると考えられた。二階の席に着いたときの視覚情報としては、アルバイト募集を呼びかけるトレーマット、アニメキャラクターのカレンダーの販売を知らせるスタンド式

の広告、さらには、「お客様の声をお聞かせ下さい」という文とQRコードが記載されたシールに注目したい。これらは無意識に目に入る情報だが、客を楽しませる要素はあまりない。したがって、店の姿勢として、ゆっくりとくつろげる空間を提供しているというよりも、店側の都合を優先する中で客が自由に使いこなせる空間を提供しているという説明が適していると考えられる。

これら観察結果から、この店の二階席は、年齢に関係なく、親しい関係にある人と交流し、関係を強化するのに適した場所と言える。また、一人席が用意されている一階席も含めると、誰もが使いこなすことのできるように整えられた空間であり、実際幅広い年齢層に利用されていた。マクドナルドは知名度の高いファーストフード店であり一度は訪れたことのある人が多いため、利用客が価格や雰囲気にな不安を感じないことも、空間の特色に影響していると考えられる。

### 3-4. 利用客同士が気遣いそれぞれにくつろぎの時間を共有できる空間

このモスバーガー<sup>\*8</sup>は、H市駅東口から約50メートルの場所に位置する、独立した二階建ての店舗である。駅前という立地ではあるものの、店の前が信号のある交差点で、通行人にとっては立ち止まるというより通り過ぎる場所であるため、店内が客で混雑することは少ない。また、駅周辺の商業施設に繋がる中央口周辺ではないので、人通りの多い区域からは外れている。周囲には予備校とコンビニエンスストアがある。

「カフェオレ」を注文すると、番号札のみ先に渡され、二階席で待つと、店員が席まで運んでくれた。今回最も注目したのは、提供時に使用されていたトレーマットの掲載内容とデザインである。調査日には、左半分に新発売の減塩

<sup>\*7</sup> 調査日時：2016年11月24日（木）15：25～16：00

<sup>\*8</sup> 調査日時：2016年12月3日（土）15：10～17：20



ドレッシングを使用したサラダの広告が、右半分には日頃の塩分摂取量をチェックできる表が掲載されていた。もちろんこれらは、減塩の食事に関心を持たせ、店の新商品の購入を促すことが目的である。しかし、色鮮やかなサラダの写真や白地に緑の文字という色使いに対しては、デザイン性の高さを評価できる。これに加えて、一階のレジ横には、野菜の産地を紹介する黒板があり、こうした視覚情報があることで、健康的な食事を提供する店という印象を与えているとともに、野菜中心の食生活を魅力的に見せていると考えられた。トレーマット自体が、広告という役目を超えて、望ましい食生活の提案をしているとも言える。二階席は、窓辺のカウンター席、ソファ席、イス席で構成されており、木の色を基調とした空間であった。特徴としては、牛乳瓶を模した花瓶に花が飾られているほか、窓からは信号機が間近に見えており、赤信号の間にできた人だかりが青信号になると歩き出す、という繰り返しの光景が、ありふれた状況でありながらも、普段とは目線の位置や時間の長さが変わるため、一味違ったものと感じさせていた。個人作業または食事をしている一人客がほとんどであったため、主な音はBGMであった。

モスバーガーは、商品の温度と鮮度を大切にしているため、一般的なハンバーガーショップと比べて提供に時間がかかり、こうした点は、テレビコマーシャル等を通して伝えられている。このことから、来店する客は、すべてとは言えないが、比較的時間に余裕がある人だと推測される。また、二階席に繋がる通路は一階席からの階段のみで、店員は商品の提供時と清掃時にだけ現れるため、基本的に店員の目が届いておらず、利用客だけで互いを気遣いながら好きな過ごし方をしている空間と考えられる。近くに座っていた一人客はパソコンでの作業、飲食などで過ごしていた。複数人で利用している客

もいたが、話しているのが自分たちのグループだけであるからか、節度のある大きさの声で会話をしていた。こうした、他の利用客を自ずと気遣う行動は、店内の窓が大きく、外で信号待ちをしている通行人の視線が気になり、見られているという感覚が多少なりとも存在していることも影響していると考えられる。

### 3-5. 利用者の作業効率を上げることが意識された空間作り

生活提案型複合施設内の書店に併設されたこのスターバックス<sup>\*9</sup>は、建物の3階にあり、入口はH市駅東口と連絡している。購入前の書店の本を読みながらゆっくりコーヒーを飲むことができる「Book & Café」という様式の店である。上述のドトールコーヒーショップと同様、店の境界となる壁がない。入店すると、店員から（「いらっしゃいませ」ではなく）「おはようございます」という挨拶で迎えられた。姿を見せた客に対してカウンター越しに丁寧な挨拶をするという状況には、ホテルのフロントと共通する雰囲気が感じられた。レジ近くには、コーヒーを飲みながらクリスマスの思い出を語り合うというワークショップの開催を知らせる掲示物があつた。

ソイラテを熱めで注文すると、フタをされた紙コップにスリーブ<sup>\*10</sup>が付いた状態で渡された。調査のため、なるべく店全体を見渡せるよう、カフェスペースの最も奥に、横長のテーブルを取り巻くようにして置かれた、座席の高い一人掛けのイスの一つを利用した。席に着いてまず目に入るのは、黒地に白の文字で「写真撮影、お勉強目的での長時間のご利用はご遠慮下さい」と書かれたテーブルの表示パネルであり、このパネルは他のテーブルでも確認された。筆者の他には、スーツ姿の男性と私服姿の女性がパソコンで作業しており、その様子から、出勤前と、大学へ行く前と見られた。8時20分頃

\*9 調査日時：2016年12月14日（水）7:55～8:40

\*10 熱くなったコップを持てるようにするための紙製の筒

になると、店の入り口と繋がる歩道橋の人通りが多くなり、次第に利用客も増えていった。テーブルには、沖縄の情報誌、ファッション誌、建築関係の情報誌の3冊が、飲食をしながら閲覧してもらうことを狙って、表紙が見えるように立てて置かれていた。座席近くの売り場には、商品としての旅行関連の雑誌と本が、同様に表紙が見えるように並べられており、売り場を歩く客が眺めて楽しめるように工夫されていた。手に取って閲覧した後、購入したい場合、売り場が近いので見つけやすいという仕組みである。平日の朝であったため、店内は個人作業をする一人客だけで、会話が全くなく、聞こえてくる主な音がBGMのジャズ音楽だけであった。

観察からは、次の目的地（大学や職場）へ行く前にやるべきことをこなすための利用が多く、また、それに適した空間であることが分かった。スターバックスは全国各地に店舗を持つが、平日の朝8時台のこの店舗に限って考えると、くつろぐ場所というよりも、作業効率を上げる場所、置かれている本や雑誌により新しい考えやヒントを見つける場所と表現する方が適切である。また、この店舗は、書店エリアと境界となる壁がないことと、店舗が入る生活提案型複合施設が周辺の商業施設とは異なる個性的なコンセプトを持っているという理由で、施設の特徴と共に検討した結果と考えられる。

### 3-6. 地域と親和するカフェ空間

先に述べたとおり、カフェチェーン店は、立地場所に関わらず、没場所化した画一的な空間であると予想された。しかし、調査結果からは、以下に述べるような没場所的ではない一面を見せ、一概に画一的であるとは言えないことが分かってきた。

まず、一つ目として「利用者の経験の内容」にそれぞれ特色がある。例えば、病院内のドトールコーヒーでは退屈さを紛らわす、駅直結のマクドナルドでは親しい友人たちと帰り道に気軽に立ち寄って話をする、というように、カフェ

空間での経験内容には場所に応じた多様性が見られた。これは、明るいとは言えない話題（検査結果や待ち時間の長さなど）で静かに過ごす様子を感じ取った他の利用者が同様に振舞う、または、賑やかな利用客がいることで他の利用客も気兼ねなく賑やかに過ごすというように、利用者同士で影響し合うサイクルによって作り出された雰囲気も影響していることは容易に想像できる。

また、二つ目に「居心地の良さ」の内容が様々であることが分かる。例えば、このモスバーガーは駅前という利便性の高い場所に位置しており、このアクセスの良さと利用者のカフェ空間の感じ方にプラスに影響していると考えられる。ただし、二つの横断歩道の中継地に立地しており、通行人は駅に行くことに意識が向いている。これに加えて、モスバーガーが価格の面においても提供時間やこだわりの面においても気軽に立ち寄る店とは少し方向性が異なるため、店内は程よい混み具合であることが多い。結果として、便利な場所にありながら、混雑することが少なく、快適なパーソナルスペースを確保できる隠れ家的な空間として認知されることができる。モスバーガーのこの店の居心地の良さは、「利便性の高さと快適なパーソナルスペースの安定した確保」にあると言える。書店と繋がるスターバックスのこの店については、「本に囲まれた落ち着いた雰囲気ではしか起こりえない気持ち・精神状態」<sup>10)</sup>のようなものが大きく影響し、個人作業に集中できるという居心地の良さが見出せる。

さらに、三つ目として「立地環境」を考慮すると、大通りに面した大学病院内という条件は、息抜きという他では一般的な目的ではない客が利用していると考えられる。くつろぐ、リラクセスするといった休憩が主要な目的ではない状況は、手にとらせることを目的に置かれている本や雑誌があり、新しい情報を得て刺激的な時間を過ごす、または個人作業を効率的に進めることに適したカフェ空間にも当てはまっている。このように、チェーン店として統一され

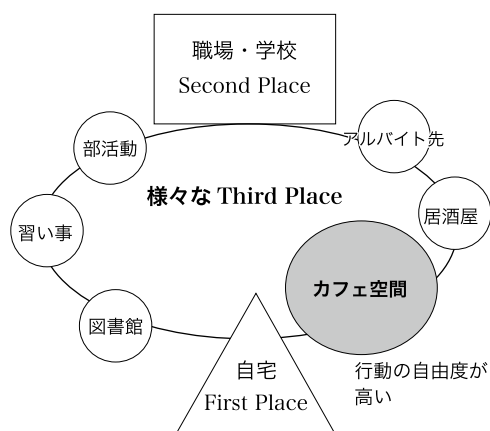


図3 ファーストプレイスとセカンドプレイスの間にある居場所の一つであるカフェ空間（筆者作成）

た物理的要素があっても、集まる利用客や雰囲気等、流動的な要素は個々の立地場所独自のものになっていることが伺える。

まとめると、地域の歴史を反映せず生活感を伴わない「没場所性」は、チェーン店の特徴であると考えられたが、食事が主な目的ではないカフェ空間ではそうは言い切れないことが分かった。また、どのような場所であっても、大量生産社会がもたらした画一性と、個性的な地域特性の両方をそれぞれ持ち合わせているというレルフの指摘は、チェーン店として外見は同じであるが、詳細に観察するとその利用方法や居心地の良さに独自性が見られた今回の調査を上手く説明してくれている。

ここで、カフェ空間の位置づけについて再考すると、本研究より、カフェのもつとされるサードプレイスの要素はあくまでカフェの一面に過ぎないことが明らかとなった。また、特定の親しい仲間と集えばどこであっても「サードプレイス」的空間になる場合もある。こうした事情を踏まえて、カフェ空間の位置づけを次のように示した(図3)。カフェは、様々なサードプレイスのうちの一つであるが、他にはない行動の自由度の高さが特徴である。

すなわち、カフェ空間には、物理的な要素だけではなく、周囲の環境と行き通う利用者の属性によって、独自の地域特性が生まれていることが主張できる。没場所化が懸念される現代においても、カフェ空間は立地場所の環境や生活文化と親和して、居心地の良さを生み出していると言える。

## 4. 地域特性として表象されるカフェ空間に対するそれぞれが持つ意味

### 4-1. 調査対象と調査方法

上記に検証してきたような独自の地域特性がどのような営みから生まれてくるのか、さらには、はじめにで触れた「場所」を他と区別するための3つの要素<sup>2)</sup>のうち、3つ目の人々にとって、印象や思い入れなど精神的なものを含めて「意味を持つ場所」として存在するカフェの空間性についても捉える必要がある。そこで4では、かつて宿場町としての歴史的伝統性を持ち、近年の開発の動きが交錯するH市の歴史街道に立地し、地域に愛される個人経営の2つのカフェ（喫茶DとN Café）を対象にカフェの営みの調査を通じて、その本質に迫ってみたい。具体的には、カフェに集う多様な人々営みの観察調査とオーナーへの聞き取り調査を行った。

この歴史街道は、江戸時代の宿場町の面影が保存されており、古くから交通の要衝として栄えた歴史をもつ。伝馬制度廃止によりそれまでの宿場町としての賑わいは消えていくこととなるが、時を経て、高度経済成長期には、中央商店街として毎日大変な人で賑わっていた。しかしこの賑わいも、時代の推移とともに町がベッドタウン化するにつれて衰退していった。近年、かつての賑わいを取り戻そうと、地域の自治会、商店会、商工会議所、関係団体等の参加により、H宿地区まちづくり協議会が作られ、まちづくり協定が締結されている。

\*11 調査日時：2016年10月24日（月）13：00～14：25および2017年8月20日（日）10：00～10：30

## 4-2. 日常的利用客のために営む地域に根ざすカフェ

喫茶D<sup>\*11</sup>は、歴史街道が商店街であった時代から30年以上続き、まちづくり協議会発足前から存続している。注文したカフェオーレは、小さなクッキー2個が添えて出され、メニュー表やホームページの写真と同じものを素早く提供するファーストフード店などとは異なっていた。店内を流れるBGMはピアノ曲で、調理場からの油で揚げ音、食器がぶつかる音、冷蔵庫を開ける音、利用者の新聞をめくる音、利用者の会話といった、他の日常的な音とともに同程度の音量で混ざっていた。この穏やかな音環境に関しては、店側は利用客に対して、利用客は他の利用客に対して物音に気を遣いながら過ごす結果として生まれていると伺えた。店内には、掃除機や洗濯機の稼働音等の大きくて不快な生活音や、大きすぎる話し声はなく、家庭と同じような音が聞こえているが、家庭よりも質が良いと表現できる。さらに、会話の内容にも注目すると、50~60代主婦のグループでは地域の体操教室が話題に上がっており、また30代くらいの主婦の二人組は、ある飲食店で何曜日にどんなサービスがついてくるか、という会話をしており、地域の口コミ情報を交換できる場としても店が機能していると分かった。一人で来店した男性は、入ってすぐ新聞を取ってから席に着いており、新聞を読んでくつろぐことを目的に普段からこの店を利用していることが窺えた。また、店の窓ガラスには地域行事のポスターが貼られており、近隣の手作り雑貨店のチラシや毎月駅前で開催される手作り市のチラシも置かれており、地域活動との繋がりが店であると分かった。

利用客目線で考えると、喫茶Dは、使い勝手の良い共用のリビングのような場所と言える。普段着で新聞を読みに来る、主婦仲間と交流する、親子で出かけた帰りに立ち寄り昼食をとる、という様子からは、自宅や道端、公園など他の場所でもできることを、カフェという快適な空間で行うことで、より楽しく、気分転換

もできる時間を過ごしていることがうかがえた。また、このような地域に根ざした喫茶店・カフェは、ある程度限定された利用者によってなじみが形成されてしまい、新しい利用者が入りづらいという傾向があるが、喫茶Dにそのような様子は見られなかった。

オーナーによれば、店の開業は80年代半ばで、オーナーの父親が経営していた燃料店が時代に合わなくなったという事情があり、燃料店に代わる新しい商売として、自宅を改装して喫茶店を始めた。客層の8~9割が年配の常連客で、年配の女性のグループが、習い事の帰りに立ち寄っているという。歴史街道の他のカフェではワークショップや演奏会が行われることがあるが、喫茶Dの店内でそのようなイベントが行われることはなく、また、インターネット上の口コミサイトは全く閲覧しておらず、雑誌の取材を受けたこともないという。

喫茶Dの店内が禁煙になったのは、今から約10年前になる。喫煙を許可していると、たばこの煙で店内が汚れ、灰皿を洗う手間もかかり、仕事が増えてしまう。禁煙に踏み切った理由は、夫婦二人では運営に人手が足りなくなり、仕事量を減らす必要があったためである。インターネット上の口コミサイトでは喫茶店で禁煙であることが珍しく、このことを喜ぶ声も見られる。しかし、禁煙にしたことによって客が減り、売り上げが厳しくなった。さらに、歴史街道の人通りが開業時から大きく変化したことも、店に打撃を与えた。かつて街道一帯は、アーケードはないものの、遠方からも人が来るような賑やかな商店街であったという。そのため、店を始めてから10年程は、人通りも多く売上も好調であった。

店のこだわりは、木のぬくもりを感じられることであり、店内の椅子やテーブルは木製で、観葉植物も置かれており、あたたかな雰囲気が感じられた。また、予約は受けていないことも一つのこだわりであるという。「せっかく歩いて来て、空いていると思って入ったのに、予約席だったら申し訳ない」という意向があるか

らである。また、売り上げに打撃は受けたものの、先に述べた禁煙も店のこだわりの一つだという。また店員に尋ねると、「月に一度のワンコインランチの日は忙しいから妹に来てもらっている。あと、ご近所店の息子に手伝いに来てもらったりする」とのことである。近隣の店同士で、そのように親密な協力体制があるのかと思われたが、その点に関しては「店同士といっても店がないからね」とあっさりと返答された。いわゆる地域住民の密な繋がりという話は出なかったものの、「この中央商店街は仲がいいよ」とのことである。

最後に、先頃活発化しているH市地区の地域活性化の活動について、どのような印象を持っているか尋ねた。店のある歴史街道は、まちづくり活動の花形の地区であるため、こうした活動をするH市は頑張っていると思うかと尋ねると、「どこの市もしていることだから、特別頑張っているとは思わない」と冷静なコメントであった。この地区にきた30数年前は、イベントと言えば市役所前でのまつり程度であったという。H市の土地柄に関して、30年以上住み続ける住人としては、「すごく新しいことをすると受け入れてもらえない土地柄。新設の生活提案型複合施設さんは相当なプロで作れたけど、H市は保守的なところがある」という見解が得られた。

全体的な印象をまとめると、決して楽ではない喫茶店経営に苦笑いしつつも、地域活動の最前線を走るわけではなく、あくまで日々利用してくれる客のために運営している、控えめな雰囲気であった。地域活動に対する客観的で冷静な評価ができることには、30年以上同じ場所存在していることで、商店街時代の賑わい、その後商業施設が建設されてからの人通りの減少、まちづくり活動による新たな賑わいの創出という一連の流れを追ってきたことが関係していると考えられた。

#### 4-3. 居心地に良さを生み出すオーナーのおもてなしの心

作品を展示する小さなギャラリーの奥に、客席7席の小さなN Café<sup>\*12</sup>が併設されており、緑豊かな庭を眺めることができる。そのコンパクトさと、アイランドキッチンにオーナーが立つ様子からは、カフェというより一般家庭のリビングのような印象を受ける。展示会出展のため臨時で閉まっていることもある。

客席（全部で7席のみ）は満席でいつも忙しそうな様子であるものの、聞き取りも快く受け止めてくれるオーナーの気さくな人柄が居心地の良さに大きく関わっていることが伺えた。オーナーは香川県の出身で、特に忙しい地域のハレの日など以外は一人で運営している。自ら運営するギャラリーを始めたきっかけは、「もともと（他の）ギャラリーに勤めていて、子育てに一段落ついて、相方が、ギャラリーをやりたい、と言いついて。でも相方には仕事があるから、それなら私がやる、となった」とのことである。カフェについては、「ギャラリーをするにあたって、お茶関係を出してくれないかと言われることが多くて」始めたという経緯があるが、現在は、主にランチメニューが多く出ており、当初の開業の意図とは異なる結果になっている。「本当は、これくらい安い値段だったら、もっと人が入っていないといけない」そう、その日の売上、次の日の買い出しをするという、厳しい経営の実態が伺えた。

店の運営で大変なことは、迷いなく洗い物だという。「いつ終わるか分からない、ずっと洗い物、洗い物を制するものはカフェを制する!」と、苦勞することを尋ねたにも関わらず明るく返された。逆に、嬉しいことは、店内で生まれるコミュニケーションだということ。オーナーが「ふつう、喫茶店でそんなにしゃべらないじゃない。でもここでは店が狭いから、隣に座った知らない人同士がしゃべって友達になっちゃう。人とのふれあいがある」というように、意図せずに

\*12 調査日時：2017年10月26日（水）15：30～16：20

生まれる交流が、利用客にとっても、オーナーにとっても、互いに刺激になっているようである。「プライベートな場所では全くない」と表現されたので、「一人でパソコンをする方などはいらっしゃらないですか?」と聞くと、もちろんその場合は静かにしているとのことで、何か親しく会話をしなければならぬ、という雰囲気は漂うわけではないことが分かった。客は年配の方が多く、女性がほとんどで、体を気遣う妊婦が利用することもあるという。その妊婦が出産後に子どもを連れて再度来店したこともあったという。常連客については、リピーターというほどでもないが数人いるとのことで、ギャラリーをずっと見守ってくれている存在だという。

続いて、店のこだわりについて尋ねると、事前にホームページには、「野菜にあまり手を加えず、添加物など余計なものを入れずシンプルに野菜を料理することを心がけました。食べて体に負担をかけたくないなあと思うからです」とあり、メニュー<sup>\*13</sup>に対するオーナーの思いが綴られていたため、これを踏まえて「お店のこだわりはやはり野菜でしょうか?」と尋ねた。回答は「野菜というより、“皆の健康”をただ考えている。添加物はなし。その日に来て、全部やる」とのことで、利用客の健康を考えた上でのこだわりであった。また、電子レンジを使えば調理が楽になるが、ケーキを焼く際にオーブン機能を使用するだけだという。お湯で茹でるという丁寧さも利用客を想ってのことである。オーナーは、「だから、運動会みたい（に目が回る忙しさ）!」と、またも苦労話を明るく話された。

カフェの庭を自分で作っていることから分かるように、オーナーは植物が好きで、特にハーブを育てることが趣味である。育てたハーブを使ったハーブティーは出すものの、ハーブを使った料理は出したいが客の好き嫌いがある

ので実現できないと言っていた。また同様に、「お料理は（好みがあるので）プレーンのものしか出せない。あと、いろんなお菓子を作っていたけれど、結局ケーキが一番（人気があった）」というように、自分がどうしたいかより、利用客がどう思うかによってメニューの内容が左右されるようである。「私はお肉が食べられないので、ベジタリアンの人が来てくれることもある。ハラル認証が取れたらいいなあと思っている。これから、H市に海外から来た人がいたら、助かるし。お祈りの場所も作らないといけないかなあ。」と将来についても話が広がった。休日の忙しさについては、「皆、行楽に行くんじゃない?」とのことで、つまり、忙しくないということである。「連休はひま。平日のお昼に人が多い。（休日のお出かけというより）普段のお昼ごはんに（使ってくれる）。」やはりハレの日利用客が多いとのことであった。また、近くの淀川でイベントがあると、暑いから涼しい場所を求めて、または寒いからどこか暖かいところに入りたくて来る人が多いという。

歴史街道の第一印象については「最初に宿場町と聞いていたから、おもてなしの心を大切にしようと思った」という姿勢である。今後の目標を伺うと、「植物が好きなので、植物園のようにしたい。庭を見ているのは、自分を見ていることだと思う。自分と向き合う時間」という、目の前の庭について語っていた。ガーデニングは教室で勉強したのではなく趣味で続けており、「勉強ってというのは、自分が、興味があれば広がっていくもので、誰かに学ばなければいけないのではない」とのことであった。

#### 4-4. 相補的に作り出されるカフェ空間

歴史街道の地域活動の活発さから考えると、街道に存在するカフェは、まちづくりの拠点となり、また街道の魅力となれる格好の場所である。しかしながら、観察・聞き取りを行った2

<sup>\*13</sup> メニューの「野菜のおかずランチ」が、大阪ヘルシー外食推進会議主催コンテストで最優秀賞、またH市の2017ヘルシーメニューコンテストで優秀賞に選ばれている。

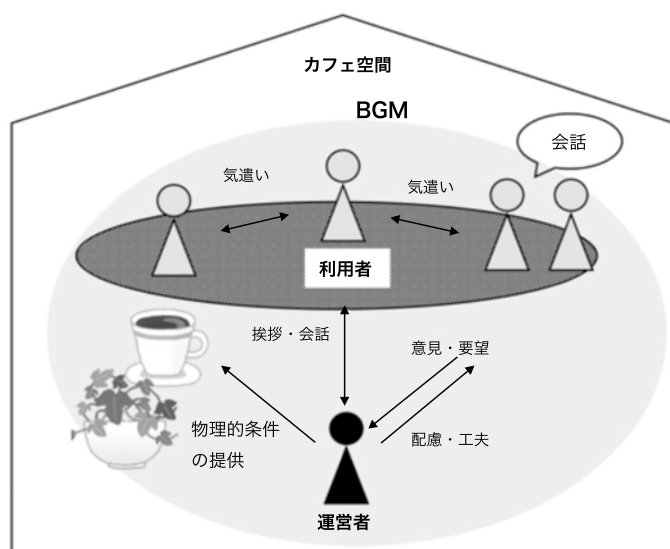


図4 相補的に作られるカフェ空間（筆者作成）

軒のカフェにそのような様子は見られなかった。つまり、日々動きある地域の中で、地域活動から完全に切り離されているわけではなく、地域活動の主体となっているわけでもなく、中間的な位置づけでありながら、日常の中で、人々にとって求められる空間として存在している。

また、カフェ空間とは単なる建築物や位置情報だけで説明されるものではなく、運営者を含め、そこに行き交う人によって相補的に作られることが分かり（図4）、場所はそこで行われる人間の活動を一要素とすること<sup>2)</sup>を支持する結果が得られた。利用者が何によってカフェ空間での経験に満足するかを考えると、オーナーとのくだけた会話であったり、健康に配慮した食事であったりと、個人個人により異なることが推測される。しかしその根本は、自由な時間の使い方が許される空間であることに加えて、居心地の良さを提供している運営者も利用者と同じように快適さを享受することができる空間であることがどのような場合にも共通している。カフェ空間では、相互に気遣い、影響しあうことで快適さが持続され、集う人々それぞれに意味を持つ空間として創造され続けているのである。よって、時代を超えて常に人々の欲

求を満たす「カフェ空間」として存在し続けることのできるその本質とは、人がくつろいだり、自由を享受したり、互いに交流したりすることが、いつの時代においても、人々の暮らしの中に求められるものであり、普遍的意義を持つものであると考えられる。

### おわりに：創造的エネルギーを生むカフェ空間の本質

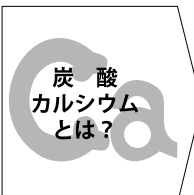

本稿では、カフェを人々の暮らしや社会変容に柔軟に対応しつつも、変わることのない本質的要素を持った「空間」として捉え直して具体化することを目的とし、多

様なカフェの営みを調査・分析してきた。特に各事例を扱う際、人間の経験の構造を経験の流れの内側から記述し、また複数の流れの運動と絡み合いを描写することにより、その全体像を明らかにする現象学的質的調査により具現化してきた。

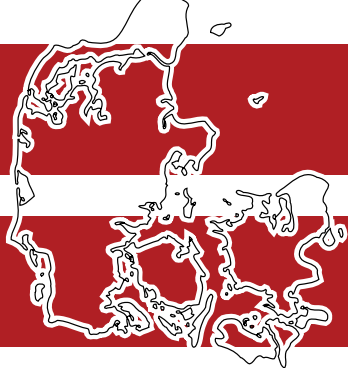
最後に、ここで忘れてはならないのは、いつの時代も人々に受け入れられているカフェ空間であるものの、日本で初めて自らカフェと名乗ったものが、文化人が語り合う場所であったように、常に未来に向かった創造的エネルギーも生み出す活力を有していることである。「コーヒー片手に」という表現があるように、カフェでは、もう片方の手を他の活動に使うことができる。本を持つ、ペンを持つ、パソコンを操作するなど、何をするかは利用者の自由であり、だからこそ、くつろぎからのエネルギーが創造されるのである。すなわち、①利用者に「飲食 +  $\alpha$ 」を与え、②「良き日常」を提供する場であり、その機能は「時間の活性化」にあること、そして③自由な利用が可能であることで、「創造的エネルギー」を生み出すことが、カフェ空間の本質であると結論づけることができよう。

## 参考文献

1. 田中瑞希, 梅崎修:『地域コミュニティにおけるソーシャルキャピタル—神楽坂地域の喫茶店を事例にして—』法政大学地域研究センター, 2013.
2. エドワード・レルフ:『場所の現象学』筑摩書房, 1999.
3. 高井尚之:『日本カフェ興亡記』日本経済新聞出版社, 2009.
4. 奥原哲志:『琥珀色の記憶 [時代を彩った喫茶店]』河出書房新社, 2002.
5. Oldenburg: "The Great Good Place: Cafes, Coffee Shops, Bookstores, Bars, Hair Salons, and Other Hangouts at the Heart of a Community", Da Capo Press. 1989.
6. レイオルデンバーク, マイクモラスキー (解説), 忠平美幸 (翻訳):『サードプレイス—コミュニティの核になる「とびきり居心地よい場所」』みすず書房, 2013.
7. 山田広明, 小林重人『個人志向と社会志向が共存するサードプレイスの形成メカニズムの研究』情報処理学会論文誌 Vol.57 No.3 897-909, 2016.
8. 津金沢聡広, 土屋礼子:『大正・昭和の風俗批評と社会探訪—村嶋帰之著作選集第1巻 カフェ—考現学』柏書房, 2004.
9. 畠山雄豪, 丹羽由佳理, 佐野友紀, 菊池雄介, 佐藤泰:『立地環境および利用者傾向が行動分布に与える影響 行動観察調査からみたカフェのサードプレイス利用分析—その1』日本建築学会計画系論文集 第80巻 第711号, 1067-1073, 2015.
10. 馬場正尊:『Open A; RePUBLIC 公共空間のリノベーション』学芸出版社, 2013.

<b>白石カルシウムの炭酸カルシウム</b>	
	<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> 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。 </div> <div> 一般の栄養強化には「ホワイトン」 </div> <div> 機能を求めるならば「コロカルソ」 </div> <div> 飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」 </div> <div> 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>	
 <b>白石カルシウム株式会社</b>	食品部：東京都千代田区岩本町1-1-8 TEL03-3863-8913 本社：大阪市北区中之島2-2-7 TEL06-6231-8265





## デンマークの年末年始

デンマークの新年については以前にも紹介しましたが、今回は、デンマークの年末年始によく見られる食品を広く紹介したいと思います。

クリスマスは、多くの西洋諸国がそうであるように、デンマークでも一年で一番大切な行事の一つです。夏はバケーションのために3～4週間の休暇を取る人が多いですが、クリスマスは24日から26日が祭日となり、27日から30日は出勤日のため、有給休暇をとって休みを1週間ほどにする人が多いです。デンマークには、振替休日、という考えがなく、祭日である24日から26日が週末(土日)に当たる場合は、振替休日がないため、一般の会社員の休暇数は少なくなります(27日が月曜日の場合は、出勤日になる)。というわけで、2018年の12月は、24日から26日が平日のため、前後の土日をつけ、かつ出勤日である27日と28日の2日間を有給休暇にして11連休にした人が多く、連休にしやすいカレンダーでいい年でした。

年末クリスマス近くなると、多くの職場(主に私企業)では、クリスマスプレゼントが社員全員に配られます。クリスマスプレゼントの多くは、飲料や食料品の詰め合わせです。例えば、大きな箱に、赤ワイン、白ワイン、ポートワイン、チョコレート、ラクリス、ナッツ、コーヒード豆などがたっぷり詰まったものなどがあります。日本のお歳暮のような感覚なのでしょう。企業によってその内容や金額は異なりますが、12月にもなると社内で「クリスマスプレゼントが届きましたので、各自で、どこどこに取りに行ってください」などのアナウンスがあり、皆がこぞってそれを取りに行くという光景が見られます。食料品の詰め合わせを家に持ち帰り、それを年末年始にかけて食べたり飲んだりします。企業によっては、食料品ではなく、ギフトカード(ギフトブックから好きなものを自分で選べるものや、デパートの商品券のようなもの)や、その他の物品がクリスマスプレゼントとして配られることもあります。いずれにせよ、社員にとっては嬉しい時期であります。

クリスマスが終わると、いよいよ新年ですが、デンマークの新年は日本のクリスマスのような感覚で、家族ではなく、友達とパーティーをするのが主流です。大晦日に友人たちと集まって、美味しいものを食べるのが定番ですが、何を食べるのか?については様々です。直前のクリスマスディナーでは、伝統的なローストダックやローストポークを食べ



年末年始にはクッキーやチョコレートがいっぱい



クリスマスのローストダック



大晦日にはレストランや食宅サービスのコースメニューを家で準備する人も多い



ロブスターとシャンペンはお祝い事にはぴったり

る人がほとんどなので、それらは大晦日のメニューから外れることが多いようです。以前、紹介しましたが伝統的には、大晦日にタラを食べるのがデンマークの文化なのですが、最近ではそれも人それぞれです。例えば寿司は最近の流行りで、お寿司屋さんで事前予約した新年メニューを家に持ち帰って食べる人が多いです。寿司は「美味しい、ファンシー」な食事として定着しているため、お祝いの機会にぴったりなのでしょう。日本では、クリスマスになるとケンタッキーに行って、フライドチキンを食べる人がいますが、デンマークの寿司もちょっとそれに似た感覚なのかもしれません。ちなみに日本人がデンマーク人によく聞かれる質問の一つに「日本人はクリスマスにケンタッキーに行く聞いたが本当か？」があります。もちろん行く人もいれば、行かない人もたくさんいる、というのが現実だと思いますが、ケンタッキーフライドチキンの宣伝効果？なのか、メディアが大げさに報道したのかはわかりませんが、デンマークで遠い日本の情報が人々の目に触れていることは、嬉しいことでもあります。

さて、大晦日のディーですが、寿司以外にも食宅サービスや、近くのレストランのお持ち帰りメニューを利用して、新年コースを家に持ち帰り、温めて、盛りつけするだけの加工で、美味しいコースを家で食べる人も多くいます。また、よく見かける食材としては、ロブスターもこの機会にはもってこいの食材です。ロブスターとシャンペンで乾杯すれば、いい新年を迎えられそうです。

このように年末年始は、多くの美味食材がそこら中にあふれ、食べ物好きにはたまらない時期です。もちろんお財布の中も寂しくなりますが、一年で一番大切な祝い事なので、食事にもお金をかける時期でもあるのです。

# 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)

## ショウガ *Zingiber officinale* (Willd.) Roscoe (ショウガ科 Zingiberaceae)

連絡先：城西大学薬学部生薬学教室  
shiratak@josai.ac.jp

『春は名のみ…』と歌われるように、暦の上では、もう春ですが、寒さも厳しく風邪が流行っています。風邪の治療に最もよく使われる漢方薬が葛根湯です。漢方では、葛根湯以外に麻黄湯、桂枝湯、麻黄附子細辛湯、小柴胡湯、小青竜湯なども使用されます。葛根湯などの漢方薬には、ショウガがよく使われますが、ショウガの根茎はショウキョウ（生姜、*Zingiberis Rhizoma*）とよばれる生薬です。また、葛湯にショウガを加えた飲み物は、生姜湯とよばれ、体を温める飲み物として親しまれています。根茎に砂糖を加え、煮てから、さらに砂糖をまぶした菓子は生姜糖といわれ、なかなかの人気商品です。ショウガは、現在、日本では高知県、熊本県、和歌山県、宮崎県、千葉県、



写真1 ショウガ

静岡県などの各地で栽培されていますが、熱帯アジア原産、世界各国で栽培される多年生草本で、根茎は、多肉でよく分岐し、屈指状で淡黄色、辛味と佳香があり、茎は根茎の各節から、並んで上方に真っ直ぐ伸び、高さ 30～50cm、葉は茎の上部に2列に互生し、披針形で長さ 15～30cm、基部は長い葉鞘となり、茎を包み、毛はありません。暖地では、まれに夏、20～25cmの花茎を出し、さらに、短い穂状花序を頂生し、開花することがありますが、花の咲くことはめったにないため根茎による栄養繁殖が主です。ショウガは日本には2～3世紀ごろ、中国より伝わ



写真2 ショウガ（ヒネショウガ）



写真3 生姜湯（しょうがゆ）





写真4 ショウガの菓子（生姜糖）



写真5 ミョウガ



写真6 生薬：ショウキョウ A（生姜）（左）、  
カンキョウ（乾姜）（右）



写真7 生薬：ショウキョウ B（生姜）

り奈良時代には栽培が始まっていたようです。『古事記』に記載があるように、古くはサンショウと同じく「はじかみ」とよばれ、サンショウと区別するためにサンショウを「ふさはじかみ」、ショウガを「くれのはじかみ、くさはじかみ」とよんだそうです。また、同時期、大陸からミョウガも持ち込まれ、香りの強いほうを「兄香（せのか）」、弱いほうを「妹香（めのか）」とよんだことから、これらがその後、ショウガ・ミョウガに転訛したとする説があります。

ショウキョウは、漢方では、健胃、発汗、鎮吐作用等を期待し、風邪の諸症状の緩和や肩こり、胃腸の冷えなどによる胃腸機能低下防止などに使われることが多く（葛根湯、桂枝湯、小柴胡湯など）、さらに、タイソウ（大棗）との組み合わせで他の生薬の副作用をやわらげる働きがあるとして、多数の方剤に配剤されています。ショウガの表面の皮を取り去り、蒸して乾燥させたものはカンキョウ（乾姜）とよばれ、興奮作用、強壮作用、健胃作用があるとして、ショウキョウよりも熱性が強く、胃腸の冷えによる機能障害では乾姜を使う場合が多いようです（小青竜湯<sup>だいせiryūとう</sup>、大建中湯<sup>だいけんちゅうとう</sup>、柴胡桂枝乾姜湯<sup>さいこけいしけんきやうとう</sup>など）。日本薬局方においては、単に乾燥した根茎を生姜、蒸してから乾燥したものを乾姜として区別していますが、中国では、新鮮なショウガを生姜、乾かしたものを乾姜とよんでいます。なお、乾生姜<sup>かんしょうきやう</sup>というのがありますが、これは新鮮な生姜<sup>せんきやう</sup>（鮮姜）と区別する言葉として日本薬局方の「生姜」<sup>しょうきやう</sup>の別称として使われています。

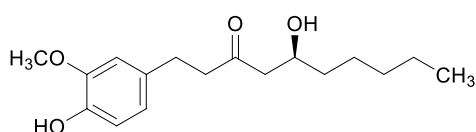


写真8 生薬：ショウキョウ（生姜）刻み

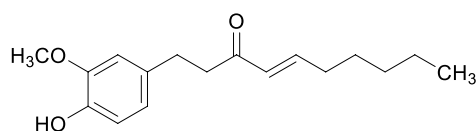


写真9 生薬：カンキョウ（乾姜）刻み

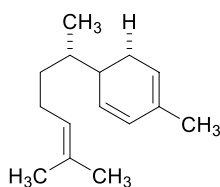
成分としては、辛味成分の [6]-gingerol と [6]-shogaol（加熱やアルカリ処理による二次的産物と考えられ、カンキョウの主成分）、香り成分の zingiberene、および zingerone（加熱やアルカリ処理による二次的産物と考えられ、カンキョウの主成分）などが報告されています。ショウガは、また、種々の日本料理に薬味として利用されています。根茎をそのまま食べる食品としては、ショウガの甘酢漬けや梅酢で漬けた紅（べに）生姜（しょうが）があり、薄くスライスした甘酢漬けは別名、ガリといい、寿司と共に出されます。ベニショウガは、細かく刻んで焼きそばやたこ焼きに加え、ちらし寿司、牛丼などにも添えられます。その他、新ショウガの皮を剥いただけの根茎をそのまま酢漬けしたものもよく出回り、関西の一部地域では薄く切って天ぷらの材料としても用いられています。また、生姜飴、冷やし飴（飴湯）、ジンジャーエール、生姜茶（センガンチャ）などの材料として、甘い味と合わせて用いられることが多く、ショウガは、生薬としてだけでなく、食品としても需要の高い、まさに薬食同源の植物なのです。



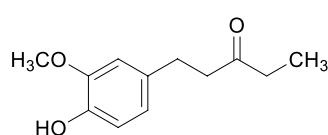
[6]-gingerol



[6]-shogaol



zingiberene



zingerone

図1 成分の構造式

# 伝える心・伝えられたもの

## — しまなみ海道—

宮尾 茂雄

(東京家政大学)

2018年の夏は例年以上に長く感じられた。東京では6月下旬に梅雨明け宣言が出されてから、9月上旬まで真夏日が続いた。9月の初めミンミンゼミの声が賑やかに響く頃、愛媛県今治市から広島県尾道市まで「しまなみ海道」を自転車で走った。幸い台風が通り過ぎたあとで、キラキラ輝く白波を見ながら瀬戸内の穏やかな風に触れる旅だった。海岸から山の頂き近くまで続くみかん畑、人影のない海岸通り、夜半まで響く造船場の金属音、いつもの日常とは違う世界との出会いがあった。

### 愛媛県今治から伯方島まで

今治のサイクリングターミナル「サンライズ糸山」から尾道までの距離はおおよそ70kmある。自転車をごくのが早い人だと約5時間で走破する(瀬戸内しまなみ海道振興協議会:瀬戸内しまなみ海道マップ)。一般的には途中の島で1泊する人も多い。私は走り抜けるよりも、「島での時間」を楽しみたいと思っていたので、3泊4日と余裕を持って出発した。



写真1 サイクリングターミナル「サンライズ糸山」(今治市)

今治駅から糸山展望台入り口まではバスを使い、そこで自転車とヘルメットを借りた(写真1)。来島海峡大橋(4105m)までの標高差70m程の上り坂はかなり勾配がきつく、先が思いやられた。途中、今治造船(株)の工場全景が一望できた(今治造船(株)は造船専門メーカー、国内の造船量はトップクラス:同社HPより)(写真2)。ようやく橋の上に出ると、大小いくつもの島と



写真2 今治造船(株)



写真3 来島海峡第3大橋

深緑色の海を眺めながら心地よい風に励まさせるように軽快に自転車を走らせた。大型トラックや営業用のワゴン車が猛スピードで脇を走り抜けていく。ガードレールがあり原付、自転車・歩行者専用道路が分離されているので、安心して走行できる（写真3）。見渡すと海上を行き来する貨物船が多く、瀬戸内海が今も重要な「海の道」であることを実感した。

来島海峡第一大橋（写真4）を渡りきったところで高速道路と分かれ、下り坂の一般道を走り、最初の島「大島」の西海岸に着いた（写真5）。海岸沿いの外周道路を走ったが、車も人もあまり通らない。吉海（よしうみ）湾に近づくと、大きな白い船体が見えてきた。「あいえず造船(株)」とあり、大型船「おれんじおおさか」号の建造中であつた（写真6）。大きく真っ白な船体と鮮やかなストライプの船に興味があり、インターネットで調べてみると、四国開発フェリー(株)所属の東予港（愛媛県）と大阪港を結ぶ旅客フェリーで2018年12月6日就航予定、日本初の全室個室の新造船だ。22時に出航すると、翌朝6時に到着、瀬戸内海の夜明けを船上で迎える。なんて素敵な船旅だろう。いつか乗船してみたいものだ。

近くの「よしうみバラ公園」で少し休憩をとることにした。水筒の冷えた日本茶が美味しかった。バラのシーズンは春と秋で、この時期は穏やかな昼下がりになり人の姿もなかった。ここから先も海沿いを走るつもりでいたが、土砂崩れのため一部通行止めになっていると教えていただいた。山間部を抜けて国道と合流する上り坂に行くことにした。車が頻繁に通り、トラックの重量感に圧倒されながら走るのは怖い。道沿いに何箇所も石材店があつた。墓石の加工、庭石、石の彫刻などが展示販売されていた（写真7）。これから先のいくつかの島にも石材店があつた。香川県の豊



写真4 来島海峡第1大橋



写真5 大島



写真6 おれんじおおさか号



写真7 石材店（大島）



島（てしま）は石工の島、小豆島は大坂城築城用石材を切り出したことで有名である。瀬戸内の島々は銘石や建築資材用の優れた石の産地のようだ。最後は伯方・大島大橋(1165m)に出る自転車・歩行者専用道路で、3%の勾配の上り坂がきつかった。



写真8 伯方・大島大橋

### 伯方島から大三島まで

伯方・大島大橋を渡り（写真8）、伯方島に降りるとすぐ目の前は海水浴場（伯方ビーチ）

で、「マリンオアシスはかた」という飲食店をとまなう休憩所があった。しかし到着が5時を過ぎてしまい、どこも閉店だった。宿泊先は素泊まりなので、どこかで食事をしたいと思ったが、海岸沿いにそれらしい店が見当たらない。旅館に電話すると、お好み焼きの店があると教えてくれた。店に行くと、関西風、広島風とお好み焼きの種類も多く、お腹いっぱい美味しい夕食をいただいた。旅館に行く途中、大きな造船所（しまなみ造船(株)）の脇を通った。7時を過ぎていたが、照明が各所に灯り大きな金属音が響いていた。進水式が近いのか、ドックには紅白の幕が張られていた。後日問い合わせたところ、9月7日に進水式が行われる予定の「SE NICKY」号というパナマ船籍の「ばら積み運搬船（石炭や鉱石、トウモロコシなどの穀物を運ぶ船。袋や箱に入れずにそのまま積んで運ぶ貨物船）」だという。伯方島には造船所がいくつかあり、島を出て外に働きに行くのではなく、島内の造船所に勤めている人も多いようだ。

旅館はツーリングの利用客が多いせいか、大型の洗濯機があり、屋上に広いもの干し場もあった。一日自転車をこいで汗をかいたので、早速洗濯機をお借りしたところ、翌朝にはすっかり乾いたので助かった。

2日目は「伯方の塩」（伯方塩業株式会社：愛媛県今治市大三島町台（うてな）32）を目的地の一つとして出発した。伯方島と大三島の間は鼻栗瀬戸と呼ばれる狭い海峡だ。大三島橋（328m）（写真9）を渡り、坂道を降りると鼻栗瀬戸を見渡す海岸に出た。瀬戸とは、「幅の狭い海峡のことで、潮汐の干満によって激しい潮流を生じる」（新村出編広辞苑第六版、岩波書店（2008年））とある。白波が小さな渦を巻いており、潮の流れも速い。小さな入江の奥に昭和7年という年号と『みたら



写真9 大三島大橋

しの水』（大山祇大明神、横抜の井戸水 御滴しの水）と彫られた石碑の建つ掘り抜き井戸があり、水が溜まっていた。水道が普及する以前は、大三島や近くの水の出ない島で暮らす人々や沖を通る船に飲料水を提供する貴重な水源であったのだろう（写真10）。新藤兼人監督の映画「裸の島（1960年（昭和35年）公開）」の冒頭、夜明けの薄暗い海を手漕ぎ舟に桶を積んで、近くの島に水を汲みにいく夫婦の姿を思い出した。





写真 10 みたらしの水（大三島）



写真 11 伯方塩業(株)



写真 12 奥に見えるのが流下式枝条架併用塩田  
(伯方塩業(株))



写真 13 レモン畑（大三島）

『みたらしの水』から海岸沿いに北に向い、井口港から島を縦断するかたちで三村峠を越え西海岸の宮浦港まで自転車を進めた。港に出て左折すると、まもなく伯方塩業(株)大三島工場が見えた(写真 11)。「流下式枝条架併用塩田」(写真 12)は残念ながら、工場施設の拡張工事のため 2017 年 10 月 1 日(日)～2018 年 9 月 30 日(日)は見学を中止していた。

昭和 28～47 年まで、瀬戸内海沿岸では海水を取水し、流下式枝条架併用塩田で太陽の熱と自然の風を利用してつくったかん水(濃い塩水)を釜で煮詰めて塩を製造していた。1972(昭和 47)年、「塩業近代化臨時措置法」により全ての塩田が完全に廃止された。しかし 1997(平成 9)年に専売法が廃止され、「イオン交換膜製法」以外の方法により、海水から直接塩をつくることが認められた。伯方塩業(株)では塩田製塩の技術継承のために 2010(平成 22)年 10 月、大三島工場内に、昔の塩田を知る技術者(経験者)に協力を求めて、「流下式枝条架併用塩田」の再現を行ったそうだ(同社パンフレットより)。流下式塩田のランドマークとしてこれからも操業を続けて欲しいと思った。ここで製塩されたものは、「されど塩」という商品名で市販されている。

市販の「伯方の塩」は、「にがり」をほどよく残すために、オーストラリアとメキシコからの輸入天日塩を瀬戸内の海水で溶解した濃い塩水を煮詰め、結晶した塩を乾燥させて作っている。異物の混入を防ぐために「除鉄機」・「フルイ機」・「色彩選別機」・「金属検出機」を通して、目視検査をへて製品化している。この工程を見学コースから見るができるようになっている。

昼食後も海岸沿いを走った。緑色に輝く実が重そうなレモン畑があった(写真 13)。大三島肥海



写真 14 太陽光発電装置（大三島）



写真 15 ガードレールでの天日干し



写真 16 脱穀作業



写真 17 草原のようになったかつての棚田

からやや上り坂にはいると、まわりはミカン畑になった。ちょうどこぶし大の深緑色の果実がなっていた。良く手入れされた畑もあるが、蔓草が枝に巻きつき、下草刈りも行われていない畑も見うけられた。

ミカン畑を潰して太陽光発電用のパネルが設置してあった(写真 14)。予讃線の線路わき、しまなみ海道の島々のあちこち、浜辺に近い場所、耕作放棄地と思われる処に、太陽光モジュールが立ち並ぶ景色に出会った。島で消費する電力の一部はここから供給されているのだろうか。下草は伸び放題、工事現場の足場のような鉄パイプで架台を組み立てた簡易なものもあり、保守管理はどうなのか、暴風の際に転倒しないかなど気がかりに感じられた。



写真 18 盛（さかり）海岸

道なりに行くと、刈り取った稲束を道路のガードレールを利用して天日に干し(写真 15)、乾燥後は、その場で脱穀していた(写真 16)。この辺りには棚田が広がっていたが、水田として利用されないところは緑の草原になっていた(写真 17)。山間部を抜けると目の前に瀬戸内海がひらけた。白い砂浜が美しい盛（さかり）海水浴場に沿って潮風をうけながら自転車を走らせた(写真 18)。セミの声は賑やかだが、海水浴を楽しむ人の姿はなかった。『今はもう秋 誰もいない海・・』(誰



写真 19 多々羅大橋（吊り橋）



写真 20 旅の友、自転車と一緒に（多々羅大橋）

もない海、歌トワ・エ・モア）の一節が聴こえるような気がした。

大三島の北半分ほどを廻って、多々羅しまなみ公園に戻り、多々羅大橋（1480m）（写真 19, 20）を渡り生口島（いくちじま）に着いた。橋の途中に、愛媛県と広島県の県境が表示されていた。

多々羅大橋は国内最長の斜張橋（吊り橋）として有名で、優美な弧を描いている。一般道にでる手前の坂道で自転車を降りて橋を見



写真 21 ミカン畑から眺めた多々羅大橋

ているとミカン農家の方が、「うちの畑から眺めると良い写真が撮れる」と教えて下さった（写真 21）。畑に入り、写真を撮りながらミカンのお話を伺った。現在ミカン農家は激減しており、この先 5 年位でミカン畑の様子は大きく変わるという。農家の高齢化、労働力不足やミカン生産についての国の方針の変更などが大きな原因とのことだ。ここも自分の代で廃園する可能性も大きい、祖父や父たちが山の上まで土を耕し、石を積み上げ切り開いた畑なので愛着はあるがどうしようもないという思いもあるという。ミカンの苗を植えてから実るまでには 10 年以上かかるそうだ。手入れをしなくなっても数年はミカンが実るが、やがてもとのヤブや雑木林に戻っていく。あっという間のことだとのことだった。「もしミカンを栽培したいならば、教えてあげる。上手に作れるようになるよ」と冗談のように言われたことなどが気にかかり、旅から戻ったあとのことになるが、農林水産省の統計資料（特産果樹生産出荷実績調査）を調べた。

今治市、尾道市など瀬戸内海沿岸部や島嶼で栽培されている代表的な柑橘類、ネーブルオレンジ、ハッサク、レモンについて 2017 年から 5 年ごとの栽培面積を比較してみるとレモンを除き全国的にも、広島県、愛媛県でも栽培面積の減少が認められた。温州ミカンは栽培規模が大きいですが、同様の傾向がみられ、平成 29 年産では、結果樹面積が平成 27 年産に比べると 1,600ha（4%）減少し、収穫量は平成 27 年産に比べると 3 万 6,500t（5%）減少している。島めぐりで目にした手入れがなされず、放棄されたミカン畑にもミカンは大きく育っていた。この先どうなるのか不安を覚えた。

生口島の瀬戸田周辺はレモンの生産量が多い。皮ごと使うことの多いレモンは以前から輸入品





写真 22 「島ごころ」で休憩（生口島瀬戸田）



写真 23 生口橋

の防かび剤使用が問題になり、このところ国産レモンの人気があがっている。小腹がすいた頃、ちょうど「瀬戸田檸檬菓子工房島ごころ」という洋菓子店が目に入ったので休憩をとることにした（写真 22）。無料のコーヒーとレモンケーキが美味しくて、疲れがいつきに抜けるような気がした。その後は、ただもくもくと自転車を走らせた。脚が疲れるというよりもサドル部分に当たるお尻が痛くなってきた。生口橋（790m）を渡ると因島である（写真 23）。

因島では西海岸に近い人家や畑の中を通る国道 366 号線を走る。コンビニ、パチンコ店、大型スーパーマーケットなどもあり、町の灯りがにぎやかになった。自動車の交通量が増えて、車道には自転車専用のラインが色分けされているが、車が脇を走り抜けるので緊張を強いられる。やがて前方はるか向う、山のふもとに今夜の宿泊地、赤い切妻屋根の洋館が見えてきた。最後の上り坂は傾斜が相当きつく、自転車を引きながら上ると、白滝山荘（いんのしまペンション）の玄関の明かりが見えた。家路に着く心境か、ほっと安堵した。（写真 24）。

#### 因島から尾道港サイクリングターミナルまで

白滝山荘の建物は、米国の建築家ヴォーリズ（W.M.Vories）が設計し、昭和 6 年に建てられた旧牧師邸（バプテストミッションハウス）である（写真 25）。米国人のファーナム（Marlin D. Farnum）牧師は 1927 年から 1938 年まで広島県御調郡重井村（現在の尾道市因島重井町）に滞在し、ここを拠点に瀬戸内で布教活動をされていた。太平洋戦争により帰国され、1983 年に亡くなられた。建物は一時日立造船㈱の所有になっていたが、現在の所有者が譲り受け、ペンションとして利用さ



写真 24 白滝山荘玄関ポーチ



写真 25 白滝山荘



写真 26 階段（白滝山荘）

れている。かわいらしいコの字形の階段（写真 26）や大きなガラス窓，作り付けの家具などコンパクトで使いやすい造作だ。現在食堂に使われている海側の大小二部屋は眺めもよく，礼拝や催しものなど多くの人が集ったことだろう。

帰宅後に分かったことだが，重井村滞在中にファーム牧師により撮影されたフィルムが残されていた。米国ポートランド市に住む次女ヒルダ・ニコルさん（Hilda Farnum Nicoll）

により DVD 化され，2005 年秋に因島に来られた時にペンションを営む矢田部健二さんにプレゼントされた。中国新聞には『昭和初期の地域映像は大変珍しい。当時の様子がうかがえ，地元の財産となる資料』との広島県立文書館安藤福平主任の話が載っている（2012 年 3 月 29 日号）。DVD は現在 YouTube でも公開されており，可愛らしい娘さんの様子や島の暮らしが写っていて興味深い（昭和 8 年～10 年の因島重井村，Marlin D. Farnum Film of Innoshima 1933-1935 など）。

白滝山荘のすぐ近くに，かつては広島県立農事試験場除虫菊試験地（昭和 10 年創立）があり，除虫菊の栽培技術や病害に関する研究が行われていた。現在は広い芝生と大きな温室のある尾道市因島フラワーセンターとなり，無料で開放されている。子供たちがよく遠足で来るそうだ。私くらいの年齢では「因島イコール除虫菊」という図式が刷り込まれている。大正 4 年に栽培面積 10ha から始まった因島の除虫菊は，昭和 15（1940）年には 350ha と広がり，日本一の生産量を誇った（尾道市因島フラワーセンター「因島と除虫菊の歴史」ポスター展示より）。しかし殺虫成分（ピレトリン）の化学合成法が開発され，蚊取り線香の増量剤（エキス粕）が安価に輸入されるようになると，昭和 40 年代には除虫菊栽培は衰退に向った。4～5 月に真っ白な花で島を埋めつくしていた除虫菊の畑も姿を消し，現在島の 5 ヶ所で保護と観光用に栽培されている（いんのしま除虫菊マップ：因島観光協会）。フラワーセンターでも栽培が行われており，花柄を残した若葉が草丈 10cm 程に生長していた（写真 27）。有効成分の 90% が，頭状花のそう果の部分（種を作る部分）に含まれているので（高嶋四郎他：標準原色図鑑全集 13 巻，有用植物，保育社（昭和 58 年））そこを摘み取って乾燥し（写真 28），細かく砕いて（写真 29），粉末状にし（写真 30），増量剤と



写真 27 除虫菊の若葉



写真 28 乾燥した除虫菊の花



写真 29 細かく砕く



写真 30 磨り潰して粉末状にする



写真 31 渦巻き式蚊取り線香



写真 32 しまなみビーチ (因島)

混ぜて渦巻状に成形，乾燥すると渦巻き型蚊取り線香が出来上がる（写真 31）（尾道市因島フラワーセンター展示）。我が家はヤブカが多いので蚊取り線香は夏の必需品である。因島の除虫菊の物語をここに来るまで知らなかった。

フラワーセンターから海岸に出ると白砂の浜辺（しまなみビーチ）がある。対岸はもう向島，その先がゴールの尾道港だ。時間的に少し余裕ができたせいか，浜辺に打ち寄せる波の音が心地良く，海を眺めながらゆったりした島時間を楽しんだ（写真 32）。海水は暖かく，まだ泳げるような気がした。ここからは自転車と徒歩で 15 分程，因島大橋がかかる海峡「布刈（めかり）瀬戸」を見下ろす岬の突端にある大浜埼（おおはまさき）灯台（写真 33）（1894（明治 27）年に点灯開始）と，旧大浜埼船舶通航潮流信号所（1910 年竣工，業務停止後 1986 年に大浜埼灯台記念館として開



写真 33 大浜埼灯台

館）（写真 34）を見に行った。木造信号所としては現存する唯一のものだそうだ。屋根の上にある 3 つの塔からの信号で反対側から航行している船の位置などを知らせ，海の安全を守ってきた。

今治から尾道に向かうしまなみ海道の中で，因島大橋（1270m）は自転車で通行できる最後の橋になる（写真 35）。平均勾配 3% の道が 0.7km 続くことを示す道路標識（写真 36）を見ながら，最





写真 34 大浜埼灯台記念館



写真 35 因島大橋



写真 36 橋への上り口にあたる歩行者・自転車専用道路の標識



写真 37 因島大橋内の歩行者・自転車専用道路

後の上り坂をゆっくりと走った。橋は、2階建ての橋梁で、上を自動車道、下が自転車・歩行者道になっている（写真 37）。ひっきりなしに通る自動車の振動が体全体に響いてくる。橋を渡り終え、島の西海岸沿いの一般道を北に向かった。一般道は自動車の通行量が多い。車と自転車専用レーンの間にペンキでブルーラインが引かれているが狭い。歩道も敷石のせいか、でこぼこして走りにくい。向島に着いてからは、お尻の痛さと脇を走り抜ける自動車が気になり始め、残念ながら周囲を見回す余裕がなくなってきた。途中昼食をとっただけで午後3時頃には最終宿泊地向島の渡船待合所（港）近くに着いた。



写真 38 新尾道大橋（市街地からの眺め）

#### 尾道市街地へ

瀬戸内しまなみ海道の最後、向島から尾道市街地へは尾道大橋（385m）または新尾道大橋（546m）を渡ることになるのだが（写真 38）、自転車・歩行者道がないために渡船を利用する。向島と尾道

駅前の間は自転車・人用が2航路、車に乗るフェリーが1航路、往復していた。駅前渡船で尾道駅前まで5分程だ。運賃は人が100円、自転車が10円、定期券もある（写真39）。駅前港湾駐車場にあるサイクリングセンターで3日間お世話になった自転車を返却した。

その足で尾道に住む叔母の家を訪ね、祖父母が眠る浄福寺にお墓参りに行った。幼い頃、私は母に連れられて夏休みのほとんどを尾道で過ごした。向島に泳ぎにいったり、いとこ



写真 39 尾道渡船

と遊んだり、アーケードのある尾道本通り商店街では祖母におもちゃを買ってもらったり、懐かしい思い出がたくさんある。山陽本線からは広い塩田を見渡すことができた。昔は賑やかな本通り商店街だったが、今はシャッターが下りた店も多く、心持ち寂しいような気がした。かつては引き売りの魚屋が、家の前まで来て生シャコをザルに山盛り売っていた。茹で上がりのシャコを剥きながら、お腹いっぱい食べた記憶がある。今回見かけたのは商店街の1ヵ所だけだった（写真40）。買い物客と楽しげに話を交わしながらの商売の風景は、昔と変わらないように思えた。

江戸時代から尾道酢は全国的に知られていた。何故尾道で醸造酢が造られていたのか、知りたかった。岡田宏一郎氏によると、「尾道酢の原料は秋田米が使われていたが、これは寛文年中に西回り航路が開通し、北前船によって北陸や東北から米が移入されてきたことから尾道酢の原料として秋田米が使われるようになった。『秋田米は品質はよいが、小粒なのと砂が混っているので食料としての商品価値が低い。しかし安価なのでそこに目をつけた商人が造酢に力を入れたものらしい（新修 尾道市史 第四巻）』とある（岡田宏一郎：尾道酢と酢徳利について（業者の盛衰と流通の範囲）、備陽史探訪 177号（2014年4月1日））。北前船によって尾道酢は東北、北海道各地に運ばれた。私も北海道江刺の廻船問屋で「尾道酢」と書かれた酢徳利を見たことがある。現在、醸造元にはカクホシ尾道造酢(株)がある。あいにく定休日だったが、ショーウィンドウに大きな酢徳利が展示してあった（写真41）。丈夫な造りの酢徳利は北海道に渡り、酢を使い切った後も水や醤油、牛乳等の液体物の保存に使われていたそうだ。そのため今でも酢徳利が各地に残っているといわれている。



写真 40 商店街でみかけた行商魚売り



写真 41 尾道酢の酢徳利（尾道造酢(株)にて）





写真 42 浄土寺と多宝塔



写真 43 浄土寺から向島を望む。中央は山陽本線



写真 44 共同井戸と井戸を守るお社



写真 45 せいろ寿司（ぬく寿司）

近世以前の尾道湊は浄土寺の附近といわれ、高台にある浄土寺多宝塔（元徳元（1329）年再建）を目指して入港したそう（写真 42）。この辺りは山手と尾道水道に挟まれた狭い平地を山陽本線と国道 2 号線が並行している（写真 43）。国道のそばには明治 35 年に地域の方の協力により造られた石作りの井筒があり、寄進した方々の銘が彫られている。地域で大切に守られてきたものだろう（写真 44）。この井戸水も航行する船に飲み水を提供していたかもしれない。

最後に『宮徳』という寿司屋で名物せいろ寿司を食べた。お神輿の形を模したという黒い漆塗りのせいろには錦糸卵、小エビのでんぶ、焼きアナゴがたっぷり載った酢飯が詰まっている（写真 45）。ホカホカ湯気がでているので、地元ではぬく（温）寿司ともいうそう。4 日間で初めての雨降りやや肌寒い陽気にぬく寿司が美味しかった。

あっという間に 3 泊 4 日の島めぐりが終わってしまった。当たり前のことであるが、私にはまだまだ知らないことが山ほどある。気づかずに通り過ぎたものもたくさんあっただろう。是非、またでかけよう。5 時間で走破するのも良し、のんびり島時間にひたりながらのサイクリングも楽しい。時間と体力、人それぞれの島めぐりがあると思う。

2018 年は大型台風、集中豪雨、北海道胆振東部地震と次々に自然災害にみまわれ、多くの方が被災された。大三島でお会いしたお年寄りから、「自転車で旅ができて良いね、気をつけてね」と声をかけられた。時間にしばられた普段の暮らしを離れ、瀬戸内の人の暮らしと空と海に出会い、旅をつづけられた幸せに感謝したい。

## 一蚕からの贈り物 3

中村 照子 (NAKAMURA Teruko)

### はじめに

我が家には大きな桑の木があり、真夏には緑豊かに葉が生い茂ります。夏の暑い盛りに桑の葉は、この私に漲るエネルギーを与えてくれました。季節が少しずつ巡り、晩秋を迎える頃になると、桑の葉は硬くなり、やや黄色味を帯び、枯れ始めます。木枯らしが吹く季節に変わっていくと、枯れた葉は一葉ずつ風に舞い、小枝をあらわにしていくのです。葉が落ちてしまった小枝には時折野鳥が訪れるようになり、野鳥の好物を小枝に刺したり、餌を置いておくと小さな嘴で餌をついばんでいきます。

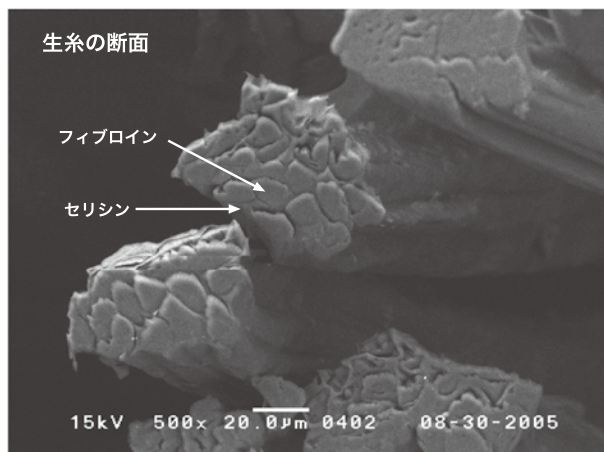
春から秋へと見事に茂った桑の葉は蚕を育て、蚕は繭を作り蛹、蛾となりそしてまた新しい生命を育みます。桑の木は、こうして冬に一年の役割を終え、厳しい寒さをじっと耐えて、また春を待つのです。桑の木の四季を通して感じる私の心の栄養です。



### § 蚕と糸

蚕は桑の葉だけを食べてどのように糸をつくるのでしょうか。今回はその仕組みと糸の構造について簡単にふれます。

蚕の身体には左右に一对の「絹糸腺」という分泌器官があります。これが絹糸を作る工場です。蚕は桑の葉に含まれるたんぱく質やアミノ酸、無機質などの成分を絹糸腺に取り込みます。蚕の成長とともに絹糸腺も肥大してこれらの成分からフィブロインとセリシンという液状のたんぱく質が作られます。これが絹の元となる液状絹（えきじょうきん）です。そして蚕が5 齢後期に入りこれまで食べていた桑の葉を一切食べなくなると（熟蚕）、しばらくして糸を吐き出し2～3日ひたすらに糸を吐き続けます。この作業を営繭（えいけん）といい、上簇（じょうぞく）した熟蚕は営繭する位置を決めるため歩き回ります。位置を決めて落ち着いたカイコは吐糸して足場を作り、2～3日で繭を作り上げます。



一田昌利：撮影 提供

らに糸を吐き続けます。この作業を営繭（えいけん）といい、上簇（じょうぞく）した熟蚕は営繭する位置を決めるため歩き回ります。位置を決めて落ち着いたカイコは吐糸して足場を作り、2～3日で繭を作り上げます。

蚕が“口から糸を吐く”という言い方はあまり適切ではないという説もあります。“糸にして引く（牽引する）”というのが適切かもしれません。蚕は液状絹の最初の一滴をまず足場に貼り付けてから頭を8の字に動かしながら糸を引きだしています。体内では液体であった蛋白質

は桑の葉から吸収した金属イオンを用いて液晶状態にし、蚕の体（吐糸口）から引き出される瞬間に空気に触れ糸状になり繊維化して糸になります。このメカニズムについては多くの研究がなされていますが大変複雑です。糸を吐き出すときの強さや角度の違いで糸の性質も微妙に変わるといわれています。

蚕は合理的かつ巧妙な方法でたんぱく質をうまく制御しながらエネルギー消費の少ない方法で糸を作っています。蚕は進化する過程で自己防衛や生命維持のために糸を作り出し、その結果、合成繊維には模倣できない数々の優れた方法を駆使して繊維の形成を行っているのです。

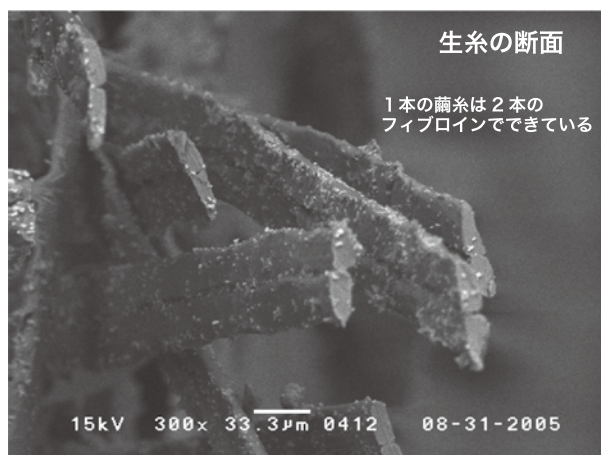
## § 糸の構造

絹糸腺で生成されたフィブロインはセリシンというもう一つの粘着性のあるたんぱく質で表面を覆われて一本の糸となります。一本のフィブロインはさらに細いフィブリルの束で作られそのフィブリルもさらに細いミクロフィブリルの束で構成されています。多くの束で構成されることによって、あの絹糸独特の輝きやしなやかさが生まれます。また糸を切断し構造を観察するとその断面は三角形でありその構造がもたらすプリズム反射が独特の光沢を編み出しています。

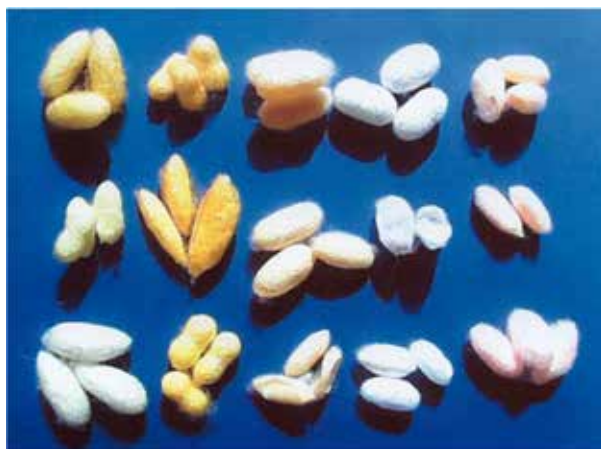
## § 生糸から絹糸へ

蚕が作り上げた繭から糸を引く操糸という作業を経ると生糸ができます。その生糸の不純物（セリシンなど）を取り除き（製錬）、糸に撚りをかけたり（撚糸）ねじりあわせたりしてようやく絹糸となるのです。繭からほぐしだした糸は0.02mmでとても細くそのままでは糸として使えません。何本かを束にしますがばらばらになり易く扱いが困難です。そこでこの生糸の束に軽く撚りをかけると丈夫な一本の絹糸となります。ちなみに繭糸の長さは1300m～1500m。繭、約2600粒で生糸900gを生成でき、着物一着分をつくる単位、一反分（36cm×11.4m）の絹織物が作られるといわれています。

前述のように絹糸はフィブロインという蛋白質が主成分です。絹の特徴はフィブロインから由来する吸湿性や放湿性に優れており、保温性も高く、ガス（硫化水素、アンモニア）の吸収能も高いといわれています。燃えにくいのも大きな特徴です。さらには光沢があり風合いにも優れ高級感を醸し出します。衣料品は勿論のこと医療基材としても注目され最近



一田昌利：撮影 提供



いろいろな繭 一田昌利：撮影 提供



では絹の活用の研究は驚くほど多岐に亘っています。これらの多くの優れた特性を備えているからこそ古代から人々に唯一無二の天然素材として珍重され、そして何千年もの歴史を色鮮やかに受け継ぐ素材として息づいているのでしょう。

## § 正倉院展

2018年11月、第70回を迎えた正倉院展が奈良国立博物館で開催され、1700年の時代を超えて受け継がれた聖武天皇ゆかりの宝物56点が特別公開されました。螺鈿飾りの鏡（平螺鈿背八角鏡）は、美しい緻密なヤコウガイや琥珀、さらにはトルコ石の細片を散りばめたという華麗なものであり、当時の装飾技術の高さに目を見張りました。展示の品々には華やかな唐の都との交流の様子が随所に感じられました。繡線鞋（ぬいのせんがい）は刺繍飾りの美しい履物で光明皇后の室内履きとして使われていた様子です。履物の芯には丈夫な麻地が裏打ちとして使われ、その表面を絹の刺繍が施してあります。撚りのほとんどかからない糸で刺し縫いを行ってあり絹の光沢が感じられる美しい仕上がりです。また数種類の絹糸を用いて濃淡のグラデーションを表す刺繍が施してあります。側面を覆う錦の橙色は紅花と黄肌の重ね染めとか、経年により退色しやすい8世紀の紅花染めの絹製品が見いだされたことは大変興味深く注目に値します。

もう一点、興味深かったのは百索軸（ひゃくさくのじく）という糸巻の道具です。端午の節句に邪気払いとして五色の絹糸をまく風習があり、その際に絹糸を巻き付けるための木製の軸です。軸の両端の側面には五弁の花紋が赤と緑で美しく描かれています。この軸も美しく彩られた一条の紐も、何らかの儀式の用具であった可能性が高く当時の人々がどんなふうに使っていたのかしらと想いは果てしなく巡りました。

## § 絹の襖絵

正倉院展が終わってまもなくのこと、奈良県葛城市の當麻寺奥の院重要文化財「大方丈（おおほうじょう）」に花鳥画で知られる日本画家 上村敦之氏の原画をろうけつ染めで絹に染める技法で制作された襖絵が奉納、特別公開されました。上村敦之氏は美人画で有名な上村松園氏を祖母に、花鳥図で名高い上村松篁氏を父にもつ日本画家です。この絹襖絵は経年劣化や損傷を防ぐための手法であり絹で染色した世界でも初めての試みだそうです。當麻寺の大方丈は慶長17年(1612年)に建立された木造建物でかつては全6室に狩野派による襖絵が描かれていましたが明治期前後に





失われました。改修中の 2012 年に上村氏が偶然訪れたことをきっかけに 6 年がかりで原画を作成。染色職人の山本六郎さんの指揮で書き下ろしを含む作品をふすま絵（高さ約 170cm、幅約 90cm）に引き伸ばして再現し、金箔なども使って絹の生地を一枚ずつ、合計 60 枚分を染め上げました。

「現実社会とかけ離れた清らかな浄土」を表現したという襖絵の迫力と絹のしなやかな風合いがみごとに溶け合い庄巻の美しさでした。完成した襖絵は計六室の 60 面で構成。雪景色の中で天に向かって鳴く鶴や木の枝にとまった白い鷹、色鮮やかなキセキレイなどの花鳥画が表現され清らかな浄土の世界へと導いてくれました。

絹の特性である通気性に優れる点や紫外線やガスにも強く燃えにくいという利点が、これから何年先までこの襖絵を守ってくれるのだろうかという期待に胸が膨らみ、世界ではじめて絹染色で被ったこの襖絵が正倉院御物の如く未来永劫、美しく生き続けますようにと願いをこめました。その後、中の坊書院でお抹茶をいただき紅葉の庭を眺めているとまさにつるべ落とし、二上山のふもと、當麻寺からみる落日は息をのむ美しさでした。

## おわりに

2018 年を表す漢字一字は「災」でした。平成最後の年なのにもう少し良い字はないのかしら、と思いましたが確かにこれほど自然災害を含む災いの多い年は東日本大震災以来なかったかもしれません。一日も早い復興と被災された方々の復活を願うばかりです。

桑の木は再び訪れる春の芽吹きのために、真冬の霜に耐え、冷たい雨や雪にも負けずひたすら大地からの栄養を蓄えています。本稿が掲載される 2 月は早春の足音が聞こえてくる季節になり、桑の木も冬の間、寒々とした小枝によりやく小さな新芽が出てきます。季節は巡り来てまた力の漲る春がやってきます。平成から今年は年号が変わり新しい時代の訪れとなります。こころの栄養学も今回で 3 回目となりました。新しい時代に向けて、桑の木にも瑞々しい新葉が育ち、蚕の命を育み、新たなストーリーがこころの栄養学とともに始まります。

## 参考資料

1. 馬越 淳, 馬越芳子, 中村茂夫: 生物紡糸(絹)ーカイコの hochi 構造制御と機能ー, 繊維機械学会誌, 50 (4): 1997.
2. 第 70 回「正倉院展」目録, 奈良国立博物館編集, 2018.

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

## ニューフードインダストリー 第61巻 第 2 号

印 刷 平成 30 年 1 月 25 日  
発 行 平成 30 年 2 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  
T E L : 042-312-0836 (代表)  
F A X : 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](mailto:newfood@newfoodindustry.com)