第 61 巻 第 10号（10月号） 令 和 元 年 10 月 1 日発 行（ 毎 月 1 回 1 日 発 行）
昭和34年5 月27日 第三種郵便物認可 昭和38年12月24日 国鉄東局特別扱承認雑誌第1721号
ISSN 0547-0277

New Food Industry

New food indust. 61 (10): 2019.

10

■ 新規食事調査票「栄養価日記(Calorie and Nutrition Diary; CAND)」の開発

■ cat’s clawと酵素処理cat’s clawの免疫増強作用と
抗炎症作用に関する臨床試験研究

■ 食としての機内食の固有性とグローバル社会における新たな展開
－多様化する利用形態と特別機内食における乗客実践からの考察－

■ 新解説　グルテンフリー食品でのサワードウ/乳酸菌の重要性

■ 酒たちの来た道　酒造りの文明史⑬

■ なぜ日本近海で魚が減少したか　なぜ地球温暖化がおきているか

エヌエフアイ

オリジナルの
納得いただける味づくり。
ヤマサの特別注文品。

ヤマサ

ご要望に応えて多彩な分野で、「必要な味」を各種調製いたします。

味・香り・色・粘度を、ご要望に応じて調製。

用途に合わせて、味・香り・色・粘度などのご要望・ご指示を十分に反映いたします。
厳格な分析技術や長年の調味配合技術を活かして、迅速にご提案いたします。

使い方に応じた仕様を、安定した調味で。

ストレートタイプ・濃縮タイプなど、用途に沿った仕様、使いやすさで納品いたします。もちろん厳格な生産管理体制と品質管理のもとに、つねに一定の安定した味をご提供いたします。

ヤマサの特別注文品・商品例

・麺用のつゆ　・ラーメンスープ　・煮物つゆ　・おでんつゆ
・焼き鳥のたれ　・焼肉のたれ　・丼のたれ　・ぽん酢
・炊き込みご飯の素　・煎餅調味料　など各種

ヤマサ醤油株式会社
www.yamasa.com

本　　社　〒288-0056 千葉県銚子市新生町2-10-1　TEL 0479(22)0095
東京支社　〒103-0014 東京都中央区日本橋蛎殻町1-23-8　TEL 03(3668)3171
支　　店　札幌、仙台、新潟、静岡、大阪
営 業 所　名古屋、金沢、広島、福岡

◆北海道ホタテエキスパウダー 35 の御紹介◆

コスモ食品株式会社では、「未利用資源の有効活用」を経営理念とし、食品加工業などから得られる副産物を新たな食品素材として活用しております。

「北海道ホタテエキスパウダー 35」は、北海道産のホタテをボイルした際の抽出エキスを粉末化した製品で、加水分解をしておらず食品添加物も不使用ですので、素材そのものの風味や旨味を付与することができます。また、産地も北海道限定のため、「北海道産」の表示をすることも可能です。

用途としては、和・洋・中各種調味料や農産・畜産・水産加工品など加工食品全般に、1.0 ～ 5.0%程度使用いただくことで、ホタテの風味を引き立たせます。

・規格値

水 分	6.0% 以下
食 塩	32.5% ± 2.5

製品のお問合せ先：コスモ食品株式会社
〒 103-0001　東京都中央区日本橋小伝馬町 12 番 2 号
TEL : 03-3249-0390　FAX : 03-3666-2165
e-mail : headoffice @ cosmo-foods.co.jp
URL : http://www.cosmo-foods.co.jp/

New Food Industry

目　次

2019　Vol.61　No.10

原著論文

□ 新規食事調査票「栄養価日記 (Calorie and Nutrition Diary; CAND)」の開発
A novel dietary questionnaire: The Calorie and Nutrition Diary (CAND)
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 鈴木　直子，馬場　亜沙美，柿沼　俊光，佐野　友紀，
田中　瑞穂，大内　幸子，渡辺　健久，山本　和雄 721

研究解説

□ cat's claw と酵素処理 cat's claw の免疫増強作用と
抗炎症作用に関する臨床試験研究
Clinical trial research on the immunopotentiating and
anti-inflammatory effect of cat's claw and enzyme treated cat's claw
・・・・・・・・・・・・・・・・・・

New Food Industry

Contents

2019 Vol.61 No.10

特別寄稿評論

□ なぜ日本近海で魚が減少したか　なぜ地球温暖化がおきているか
・・ 尾崎　庄一郎 787

連　載

□ **野山の花　— 身近な山野草の食効・薬効 —**
チャノキ（チャ）*Camellia sinensis*(L.) Kuntze var. *sinensis*
(ツバキ科 Theaceae)
・・ 白瀧　義明 794

□ **デンマーク通信**　デンマークのベリー類
・・ Naoko Ryde Nishioka 798

会　告

□ 第 23 回トレハロースシンポジウム
・・ 株式会社　林原　前付 4

世界から、優れた「自然の恵み」を提供します

アンデスの母なる穀物　キヌア

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

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

◆キヌア粒
◆有機キヌア粒
◆レトルトキヌア

大日本明治製糖株式会社 食品営業部 〒103 - 0027 東京都中央区日本橋1 - 5 - 3 TEL (03)3271 - 0755 http://www.dmshugar.co.jp/

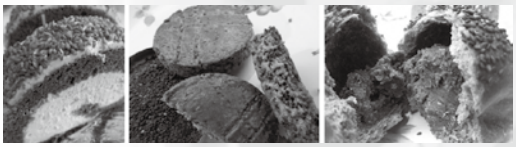
リグナンリッチ
黒胡麻マイクロパウダー
（60メッシュ 90%パス　セサミン0.8%）
「通常のすりごまより香りが広がる」
セサミンリッチな黒胡麻です。
~プロテイン飲料、菓子、スープ、トッピング等へ~

~リグナンリッチ黒ごまで栽培された~
胡麻若葉末
●有機認定（島根産）
●九州産（鹿児島）
※特許査定を受けました　※急性毒性、変異原性試験、ORAC値測定
※黒酢との比較でACE活性阻害作用を確認　※「リグ菜」商標出願中

○胡麻若葉、リグナン胡麻等の情報はこちらをご覧ください。
http://gomadensetsu.com
胡麻の伝説

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

◆「ヘルシースナッキング」製品にも
リグナン胡麻原料を



胡麻を通じて健康を科学する。
~香と機能、個性ある胡麻をお届けします~
株式会社 わだまんサイエンス

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

「第 23 回トレハロースシンポジウム」開催のお知らせ

株式会社 林原は「第 23 回トレハロースシンポジウム」を 11 月 7 日（木）に東京で開催いたします。
多くの皆さまのご来場をお待ちしております。

●お問い合わせ：株式会社 林 原　マーケティング部
WEB からのお申込みはこちら　https://48auto.biz/hayashibara/registp.php?pid=18
お申込み期限：2019 年 10 月 24 日（木）
●日時：2019 年 11 月 7 日（木）　受付：12：30 より
メインシンポジウム　13：00 ～ 16：55 ／イブニングセッション　17：15 ～ 19：15
■イブニングセッション　【立食形式食事付】
・ポスター発表コアタイム／ディスカッション
ポスターを使ってメインシンポジウムの内容についてディスカッションする交流会です。
●場所：東京・御茶ノ水ソラシティ カンファレンスセンター
メインシンポジウム：ソラシティホール WEST（2F）／イブニングセッション：Room C（1F）
東京都千代田区神田駿河台 4-6　TEL：03-6206-4855

新規食事調査票「栄養価日記 (Calorie and Nutrition Diary; CAND)」の開発

A novel dietary questionnaire: The Calorie and Nutrition Diary (CAND)

鈴木　直子 (*SUZUKI Naoko*)*　馬場 亜沙美 (*BABA Asami*)　柿沼　俊光 (*KAKINUMA Toshihiro*)
佐野　友紀 (*SANO Yuki*)　田中　瑞穂 (*TANAKA Mizuho*)　大内　幸子 (*OUCHI Sachiko*)
渡辺　健久 (*WATANABE Taku*)　山本　和雄 (*YAMAMOTO Kazuo*)

株式会社オルトメディコ / ORTHOMEDICO Inc.,

Key Words：食事調査　料理　摂取カロリー　マークシート　食事バランスガイド

A novel dietary questionnaire: The Calorie and Nutrition Diary (CAND)

Authors: Naoko Suzuki*, Asami Baba, Toshihiro Kakinuma, Yuki Sano, Mizuho Tanaka, Sachiko Ouchi, Taku Watanabe, Kazuo Yamamoto
*Corresponding author.

Affiliated institutions: ORTHOMEDICO Inc.
2F Sumitomo Fudosan Korakuen Bldg., 1-4-1, Koishikawa, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0002, Japan.

Key Words: Dietary surveys, meals, calories, computer-scored answer sheet, Japanese Food Guide Spinning Top

Abstract

Background and aims:

A recently developed simple dietary survey method based on nutritional assessment by meal units calculates the nutritional value for a meal by the prior allocation of meal component values, requiring the respondent simply to give the name of the meal and state the presence or absence of fish, meat, or tofu. This reduces the burden on the respondent compared to that associated with completing a weighed-food dietary record survey. However, Japan's 2017 National Health and Nutrition Survey Report noted that many people, especially men, did not cook their own meals at home, which could result in uncertainty in accurately describing meals and the names of dishes. In this study, we developed, and tested the validity and reliability of, a new diet questionnaire, the Calorie and Nutrition Diary (CAND), which enables people who are unfamiliar with cooking to provide sense-based answers.

Method:

CAND was used to conduct a dietary survey of 151 Japanese men and women aged 18–89 years. This was completed on any day during the survey period in which the participant ate breakfast, lunch, and dinner. The participants were provided with a booklet that classified the names of dishes based on the Japanese Food Guide Spinning Top; referring to the booklet, the participant completed a computer-scored answer sheet that recorded the contents of meals consumed over the day. The validity and reliability of the CAND were examined by comparing the results with nutritional calculations obtained from a photographic dietary assessment. In total, 48 nutrients were included, including calories, total carbohydrates, protein, and total fat.

Results and discussion:

There were statistically significant strong positive correlations between the nutritional values determined from the CAND and the calculations based on photographic dietary assessments, confirming the validity and reliability of the CAND. This study demonstrated that the CAND provided a feasible method for the investigation of dietary nutrient intake by age and meals per day.

抄録

背景・目的

近年，簡便な食事調査法として料理単位による栄養評価を仕組みとした方法が開発され，その調査法は事前に料理成分値を充当し，該当する食事から栄養素を計算する仕組みとなっている。この方法では，対象者は料理名と魚や肉，豆腐のいずれかが入っていたかを記載するため，従来の秤量法にくらべ対象者の負担は軽減される。しかしながら，平成 29 年国民健康・栄養調査報告の一人世帯における自炊率をみると，男性は女性に比べて自炊をしない者が多く，このような対象者がいた場合に料理名を正確に記載できるか定かでなはい。そこで，本研究では料理に馴染みのない者でも感覚的に回答できる食事調査票「栄養価日記 (Calorie and Nutrition Diary; CAND)」を開発し，その妥当性と信頼性を検討した。

方法

CAND を用いた食事調査は，10 代から 80 代の日本人男女を対象に実施した。調査日は調査期間のうちの任意の 1 日，かつ朝・昼・夕の食事を摂る日とした。対象者には食事バランスガイドを基に料理名を分類した専用の冊子を配布し，対象者はその冊子を見ながら，その日に摂取した食事内容を専用のマークシートに回答した。CAND の妥当性および信頼性は，写真記録法から得られる栄養計算結果との比較により検討した。調査した栄養素は，エネルギー，炭水化物，たんぱく質，脂質などをはじめとする 48 栄養素であった。

結果・考察

写真記録法と CAND による栄養計算結果を比較したところ，対象としたほとんどの項目において有意な正の相関が認められ，CAND による食事調査に妥当性および信頼性が確認された。CAND は年代別に料理を構成する食品，および 1 日当たりの食事の摂取量を調査する上で利用可能な方法であることが示された。

緒言

一般的に栄養疫学における食事アセスメント方法には，秤量記録法の他に，目安量記録法や写真記録法，24 時間思い出し法，食物摂取頻度調査法，隠膳法などがあり[1]，その適用には，各方法の長所および短所を理解した上で，目的によって使い分ける必要がある。特に秤量記録法は記録者の記憶を当てにしないため，正確な栄養調査の実施が可能であることから，よく利用される手法である。しかし，煩雑な作業且つ，データ集計には多くの人手，時間，コストがかかるため，記録者および調査者への負担が大きい手法でもある。そのため，広範囲な対象特性をカバーして大人数の協力を得ることは難しく，また個人の食習慣を見積もるのに必要な長期間に渡る調査に至ってはさらに困難であり，大人数を対象または長期間実施する調査には不向きな手法でもある。また，近年は外食率が増加傾向にあり[2–6]，秤量の困難な食事が多くなっている事も秤量記録法の使用が難しい要因の一つである。

記録者および調査者の負担を軽減しつつ，食習慣や栄養調査を把握するために食物摂取頻度法などの調査も開発され，秤量記録法との相関関係からその精度が検討されている[7–11]。ヒトの行動科学や諸習慣を調査する研究では，相関係数 $r = 0.5$ 以上は強い相関を示唆するとされ[12]，食生活把握のために開発された質問紙では $r = 0.5$–0.7 の範囲が望ましいとの報告もある[13]。しかしながら，日本人の食物摂取は 1 回の食事で多くの食材を使用することや，地域ごとに特徴的な食品を使用した料理が存在するため，地域の食事において摂取栄養素に寄与率の高い食品を割り出して質問紙を構成することが重要である。また，食品の摂取頻度を聞く方法においては，料理に携わらない自炊率の低い特に男性の場合[6]，食品に分解することが困難で調査結果に影響を及ぼすことが考えられる。実際に，筆者らが臨床試験を実施する際に，目安量記録法や食物摂取頻度調査法を使用するが，明らかな重量の記載間違いや，“塩･こしょう少々”などの重量が不明な記載も散見されるため，対象者が正しく理解し，記録できているか定かではない。さらに，調査者は不明な重量

図 1-1　CAND の冊子分類表（β 版）

食事バランスガイドを基に料理名を「主食」「副菜」「主菜」「牛乳・乳製品」「果物」「種実類」「菓子」「嗜好飲料」の 8 つに分類し（一部，基本分類の難しい料理名は「その他」に分類），該当する料理名一覧から自身が食べた料理が該当するナンバーを選択する。

が記載されていた場合，記録者に確認は取るものの正確な回答が得られる事は稀であり，記録された内容と聞き取りの内容から一部摂取栄養素を類推するため，人手，時間，コストがかかる上に，得られる摂取栄養素には調査者の主観が入ったバイアスのあるデータとなる。

このように，臨床試験の実施現場で経験した懸念点から，我々は対象者の負担が軽く，普段料理に携わらない者でも感覚的に記録および回答が可能であり，調査者の主観も除くことが出来る簡便な食事調査票の開発が必要であると考えた。本論文では，食事調査票「栄養価日記 (Calorie and Nutrition Diary; CAND)」の開発，およびその調査票の妥当性ならびに信頼性について検討した結果について報告する。

方法

1．CAND の作成

1-1．料理名の分類

CAND は最終的に臨床試験での使用を想定しており，「保健機能食品」および「いわゆる健康食品」の有効性・安全性を評価する際の食事調査[14]として耐えうる内容となるよう設計した。つまり，食事の記載は 1 日ごとにし，どのような食事を摂ったかが分かる仕組みとした。CAND では料理名から食事の分類が可能となるように，予め分類した分類項目に該当する料理例を設け，自身が食べた料理がどれに分類されるか選択できるようにした（**図 1-1**）。料理例については，我々がこれまでに実施した臨床試験で行った目安量記録法のデータより抽出した。分類項目については，食事バランスガイド[15]を基に「主食」「副菜」「主菜」「牛乳・乳製品」「果物」「種実類」「菓子」「嗜好飲料」の 8 つに分類した。また，基本分類の 8 つに分類することが難しい複雑な料理に対応できるよう「その他」の分類も加え，計 9 つの分類項目を設定した。

9 つの分類を“分類 1”とし，各分類 1 に対してさらに「米類」「パン類」「めん類」などのように料理のジャンルを“分類 2”として設けた。さらに，分類 2 の料理のジャンルから分類した大まかな料理名を“分類 3”とした。実際に食べた料理と類似した料理を分類 3 の項目から選択する際に，選択の参考となるよう“料理の一例”も設けた（**表 1**）。選択肢を選ぶ際は，食べた料理が料理の一例に記載が無かった場合でも，近しい料理名を探し，該当する分類 3 を選択することとした。

1-2．摂取量の算出

CAND における分類 3 の各料理名には，予め栄養素等摂取量を定めた。我々は，臨床試験で実施する食事調査では精度よりも，食生活や食事内容，栄養素等摂取量がある程度把握できることが重要であると考えた。つまり，分類 3 で該当する料理リストを我々がこれまでに実施した目安記録法で蓄積された料理データから作成し，そのリストの中で算出される栄養素等摂取量が近しい料理名をカテゴリー化して，分類 3 の項目として設定した。また，カテゴリー化された項目群の各栄養素等摂取量を平均し，その分類の共通栄養素等摂取量として扱った。例えば，白ご飯，もち，おかゆのいずれかを食べた場合，選択する分類 3 は“白米”であるが（**表 1**），いずれの料理においても同じ栄養素等摂取量が算出される仕組みとした。

CAND での摂取量単位は「人前」であり，その量はグー・チョキ・パーで感覚的に測定する方法を採用した。“グー”は拳をグーにしたときの大きさのイメージ，“チョキ”は人差し指と中指を並べた上に盛る量のイメージ，“パー”はパーにしたときに手のひらの上に盛る量のイメージ，もしくは手のひらに収まるイメージを指す。グー 1 つまたはグー 2 つで 1 人前とする料理や，パー 2 つで 1 人前，チョキを 1 つで 1 人前とする料理があり，CAND の冊子分類表の例に習って決める（**図 1-2**）。

1-3．記録方法（回答方法）

CAND での記録方法はマークシート形式を採用した（**図 1-3**）。CAND では 1 日の摂取量を

表 1　CAND における料理名の分類（一部抜粋）

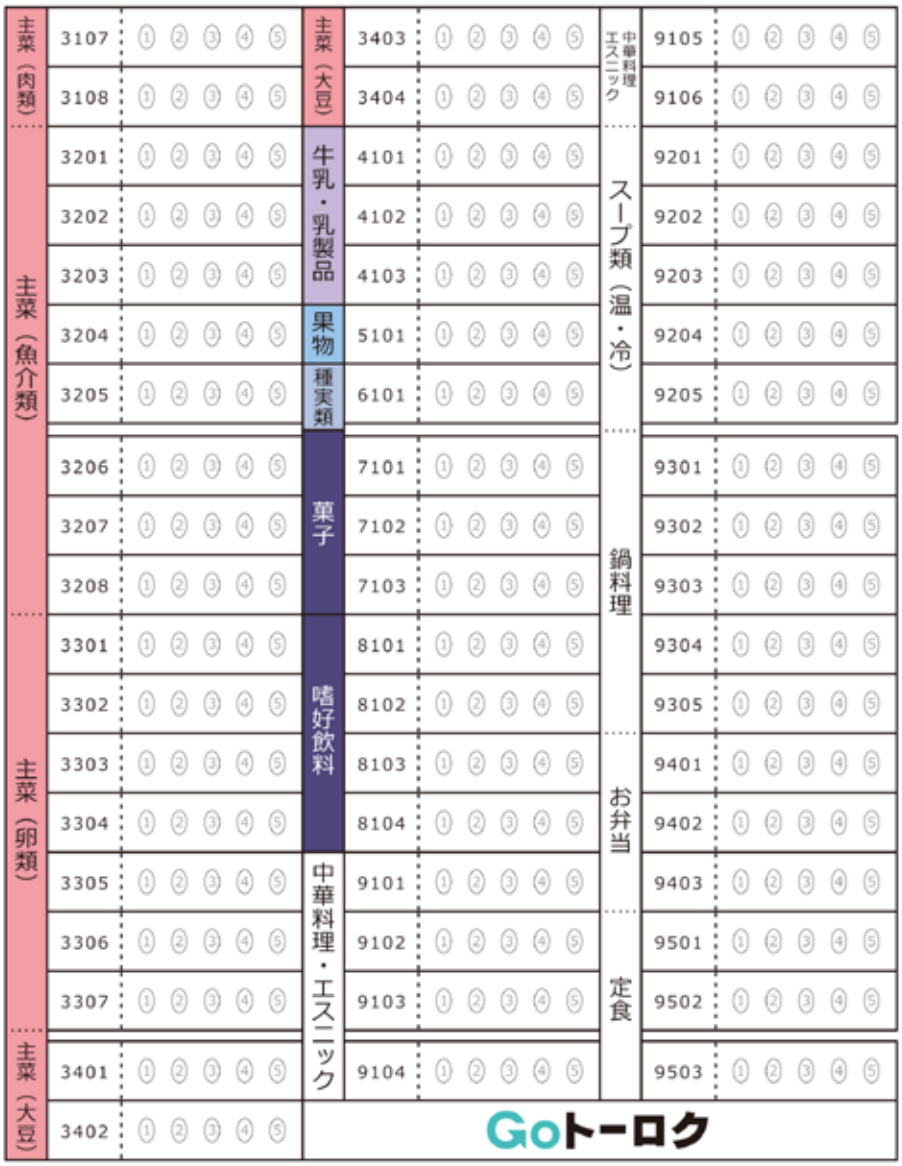
分類 1	分類 2	分類 3	No.	目安量	メモ	料理の一例
主食	米類	白米	1101			白ご飯（茶碗）・ふりかけ含む・もち・おかゆ
		雑穀米	1102			玄米・五穀米・お赤飯・ちまき
		お茶漬け類	1103			お茶漬け・ぞうすい・リゾット
		混ぜご飯類（具材少なめ）	1104			チャーハン・エビピラフ・オムライス・五目炊き込みご飯・ドリア
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
副菜	野菜	生	2201			冷やしトマト・もろきゅう・酢の物・漬物全て
		焼く	2202			焼きなす・野菜の焼き浸し
		茹でる・煮る	2203			野菜のお浸し・ごま和え・野菜の煮物・煮しめ・人参グラッセ・茹で野菜
		蒸す	2204			野菜のせいろ蒸し・野菜の重ね蒸し・野菜のかぶら蒸し
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
主菜	肉類	串焼き	3101			焼き鳥・焼き豚串
		生	3102			ユッケ・レバ刺し・牛肉のたたき・馬刺し・鳥刺し
		焼く	3103			ステーキ・ハンバーグ・豚肉の生姜焼き
		茹でる・煮る	3104			豚肉の角煮・ロールキャベツ・鶏肉のトマト煮
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
その他	鍋料理	和風	9301			寄せ鍋・鶏肉の水炊き・かにすき・豆乳鍋
		和風（肉類多め）	9302			キムチ鍋・すき焼き・しゃぶしゃぶ
		おでん	9303			がんも・こんやく・さつま揚げ・だいこん・卵・ちくわ・はんぺん・きんちゃく・牛筋・ごぼう天　等
		洋風	9304			ブイヤベース・チーズフォンデュ
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

図 1-2　CAND の食事量の目安の考え方

CAND における食事摂取量はグー・チョキ・パーで感覚的に回答することとした。グー 1 つまたはグー 2 つで 1 人前とする料理や，パー 2 つで 1 人前，チョキを 1 つで 1 人前とする料理があり，CAND の冊子分類表の例に習って決める。

図 1-3　CAND の 回 答 用

CAND では 1 日の摂取量をまとめて記録する。CAND 冊子分類表で選択したナンバーが該当する箇所を塗りつぶす形



マ ー ク シ ー ト （β 版）

式であり，数字はグー・チョキ・パーで計算した 1 人前の単位となっており，1 日の合計摂取量を計算し，塗りつぶす。

まとめて記録することとした。その日に食べた料理が分類される分類 3 に該当するナンバーと同じナンバーの箇所を塗りつぶす形式である。塗りつぶす数字はグー・チョキ・パーで計算した 1 人前の単位となっており，1 日の合計摂取量を計算して塗りつぶす。

2. CAND を使用した栄養素等摂取量推定と評価

調査期間は 2018 年 12 月中旬から 2019 年 3 月下旬であり，調査対象者は 180 例であった。調査日は調査期間のうちの任意の 1 日, かつ朝・昼・夕の食事を摂る日とし，同日に写真記録法と CAND による調査を行うようにした。

写真記録法は次の通りに行った。すなわち，調査対象者には毎食ごとに食事をする前に料理の写真を取るよう指示した。料理を撮影する際，カメラを食卓から 40-100 cm 離し，やや斜めからの位置で規定のものさしを含めて撮影させた。また，写真とは別に写真を撮った日付，各食事で撮影した写真の枚数，完食の有無等を記録させた。

3. 統計解析

CAND および写真記録法による対象者 1 人 1 日当たりの栄養素等摂取量の相関には，Pearson の積率相関係数を求めた。なお，すべての統計解析は両側検定で行い，有意水準は 5% に設定した。用いたソフトウェアは，Windows 版の SPSS Ver. 23.0（日本アイ・ビー・エム）であった。

結果

データ未返却やデータ不備等から解析対象者は 151 例となり（**表 2**），データ取得率は 84% であった。

CAND で得られた栄養素等摂取量と，写真記録法で得られた栄養素等摂取量を比較（CAND/写真記録法 [%]）したところ，概ね 100-115% の範囲に含まれた（**表 3**）。この結果より，CAND で得られる栄養素等摂取量は写真記録法よりも多く推定されることが示された。写真記録法との差が +5% 以内の項目は「マンガン」「レチノール」「レチノール活性当量」「ビタミン K」「ナイアシン」「ナイアシン当量」であった。一方，写真記録法との差が +10% を超える項目は「不溶性食物繊維」「カルシウム」「セレン」「β- クリプトキサンチン」「ビタミン B_{12}」であった。その他の項目は写真記録法との差が +6% ～ +10% の間であった（**表 3**）。

表 2　性別・年齢別対象者数
（2018 年 12 月～ 2019 年 3 月）

年代	男性	女性	計
10 代	1	0	1
20 代	23	27	50
30 代	9	10	19
40 代	6	17	23
50 代	16	22	38
60 代	5	9	14
70 代	0	3	3
80 代以上	1	2	3
計	61	90	151

数値はそれぞれの年代に該当する *n* 数で示した。

CAND と写真記録法の 1 食分から算出した栄養素等摂取量の相関関係を分析した結果，分析対象とした 48 栄養素のうち,「銅」「レチノール」および「レチノール活性当量」を除く 45 項目で 0.4 以上の有意な相関が確認され，さらに「炭水化物」「ビタミン B_{12}」および「葉酸」を除いた 42 項目は 0.5 以上の有意な相関が認められた（**表 3**，**図 2**）。

考察

開発された食事調査法の妥当性・信頼性を検証するために秤量記録法と比較した研究は，これまでにいくつか報告されている。太田ら[16]の報告では，秤量記録法と食物摂取頻度調査法の比較において，エネルギーおよび三大栄養素（たんぱく質・脂質・炭水化物）で栄養素等摂取量の比（頻度調査法 / 秤量法 [%]）が 100 ± 5% 以内であり，39 栄養素中 37 栄養素で有意な相関が認められている。また，高橋ら[9]の報告では，食物摂取頻度調査法と秤量記録法の比較において，高い相関は確認されなかったも

表 3　CAND および写真記録法による栄養素等摂取量平均・相関係数

項目	単位	CAND (*n*=151)			写真記録法 (*n*=151)			摂取量比 (%) [a]	CAND・写真記録法による相関係数 [b]
		Mean	SD	Median	Mean	SD	Median		
エネルギー	kcal	2225.5	753.0	2102.5	2052.8	546.4	1968.3	108	0.514**
炭水化物	g	266.6	94.0	247.6	242.2	66.0	241.1	110	0.473**
たんぱく質	g	92.7	34.2	88.6	87.0	26.6	84.7	107	0.590**
脂質	g	82.4	33.1	78.3	77.0	26.9	72.9	107	0.575**
TG 当量	g	76.2	30.7	72.5	71.2	25.0	67.4	107	0.571**
飽和脂肪酸	g	25.5	11.0	23.6	23.5	9.5	22.7	108	0.617**
一価不飽和脂肪酸	g	30.2	12.4	28.3	28.4	10.1	26.7	106	0.560**
多価不飽和脂肪酸	g	17.0	7.2	16.1	16.0	5.6	15.1	106	0.524**
コレステロール	mg	525.2	261.4	459.0	492.7	225.8	454.9	107	0.626**
水溶性食物繊維	g	3.9	1.9	3.6	3.5	1.2	3.4	109	0.574**
不溶性食物繊維	g	11.9	5.9	11.2	10.7	3.6	10.2	111	0.580**
食物繊維総量	g	16.3	7.9	15.2	14.8	4.9	14.0	110	0.578**
灰分	g	22.7	9.8	21.1	20.9	6.7	19.3	108	0.610**
ナトリウム	mg	5356.9	2388.4	4794.1	4942.1	1595.6	4508.4	108	0.614**
カリウム	mg	3168.1	1470.5	3034.9	2943.5	1063.2	2797.5	108	0.632**
カルシウム	mg	618.7	302.3	589.9	551.5	221.3	515.5	112	0.561**
マグネシウム	mg	340.4	151.6	327.4	312.5	113.7	292.6	109	0.627**
リン	mg	1331.2	519.4	1278.9	1242.4	392.4	1192.0	107	0.599**
鉄	mg	9.6	4.0	9.0	8.9	2.9	8.5	108	0.540**
亜鉛	mg	11.4	4.5	10.9	10.5	3.5	9.7	109	0.502**
銅	mg	1.5	0.6	1.4	1.4	0.5	1.3	107	0.381**
マンガン	mg	4.1	2.1	3.6	3.9	1.8	3.7	105	0.513**
ヨウ素	μg	4651.5	3828.8	3656.7	4382.7	3343.4	3757.3	106	0.743**
セレン	μg	117.9	59.8	105.7	106.5	43.7	100.9	111	0.623**
クロム	μg	9.9	4.7	9.0	9.0	3.4	8.9	110	0.524**
モリブデン	μg	177.5	79.8	164.8	166.0	68.3	158.7	107	0.650**
レチノール	μg	425.7	433.8	310.5	411.1	445.2	271.5	104	0.343**
α- カロテン	μg	699.1	491.9	582.3	644.3	337.4	608.7	109	0.617**
β- カロテン	μg	3740.5	2286.7	3351.8	3484.0	1739.0	3311.5	107	0.606**
β- クリプトキサンチン	μg	174.7	192.8	74.2	153.9	167.2	66.1	114	0.721**
β- カロテン当量	μg	4201.1	2560.0	3766.1	3906.3	1922.0	3710.0	108	0.613**
レチノール活性当量	μg	779.3	549.8	620.8	740.1	516.2	626.1	105	0.376**
ビタミン D	μg	5.9	5.1	4.4	5.6	4.4	4.1	106	0.693**
α- トコフェロール	mg	9.1	4.0	8.5	8.5	3.0	8.0	108	0.529**
β- トコフェロール	mg	0.6	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	110	0.542**
γ- トコフェロール	mg	16.1	7.7	15.4	15.0	6.2	14.0	107	0.525**
δ- トコフェロール	mg	3.4	1.7	3.2	3.2	1.5	2.9	107	0.596**
ビタミン K	μg	241.9	137.0	222.8	229.6	116.0	203.1	105	0.595**
ビタミン B_1	mg	1.3	0.6	1.1	1.2	0.5	1.1	107	0.526**
ビタミン B_2	mg	1.5	0.6	1.4	1.4	0.5	1.4	108	0.565**
ナイアシン	mg	22.6	9.6	21.4	21.6	7.5	20.6	104	0.609**
ナイアシン当量	mg	40.8	15.9	38.4	38.7	12.4	37.8	105	0.606**
ビタミン B_6	mg	1.6	0.7	1.4	1.5	0.5	1.4	106	0.609**
ビタミン B_{12}	μg	10.5	6.5	8.5	9.5	5.5	8.5	111	0.454**
葉酸	μg	408.8	199.0	372.4	383.3	155.2	366.2	107	0.442**
パントテン酸	mg	7.3	2.8	7.0	6.8	2.2	6.7	106	0.552**
ビオチン	μg	46.3	22.5	43.8	43.0	18.9	39.2	108	0.549**
ビタミン C	mg	118.4	65.8	104.7	110.7	51.8	104.7	107	0.622**

各項目の数値は平均値 (Mean)，標準偏差 (SD) および中央値 (Median) で示した。**p<0.01

[a] CAND より得られた栄養素等摂取量 / 写真記録法より得られた栄養素等摂取量 ×100；[b] Pearson の積率相関係数

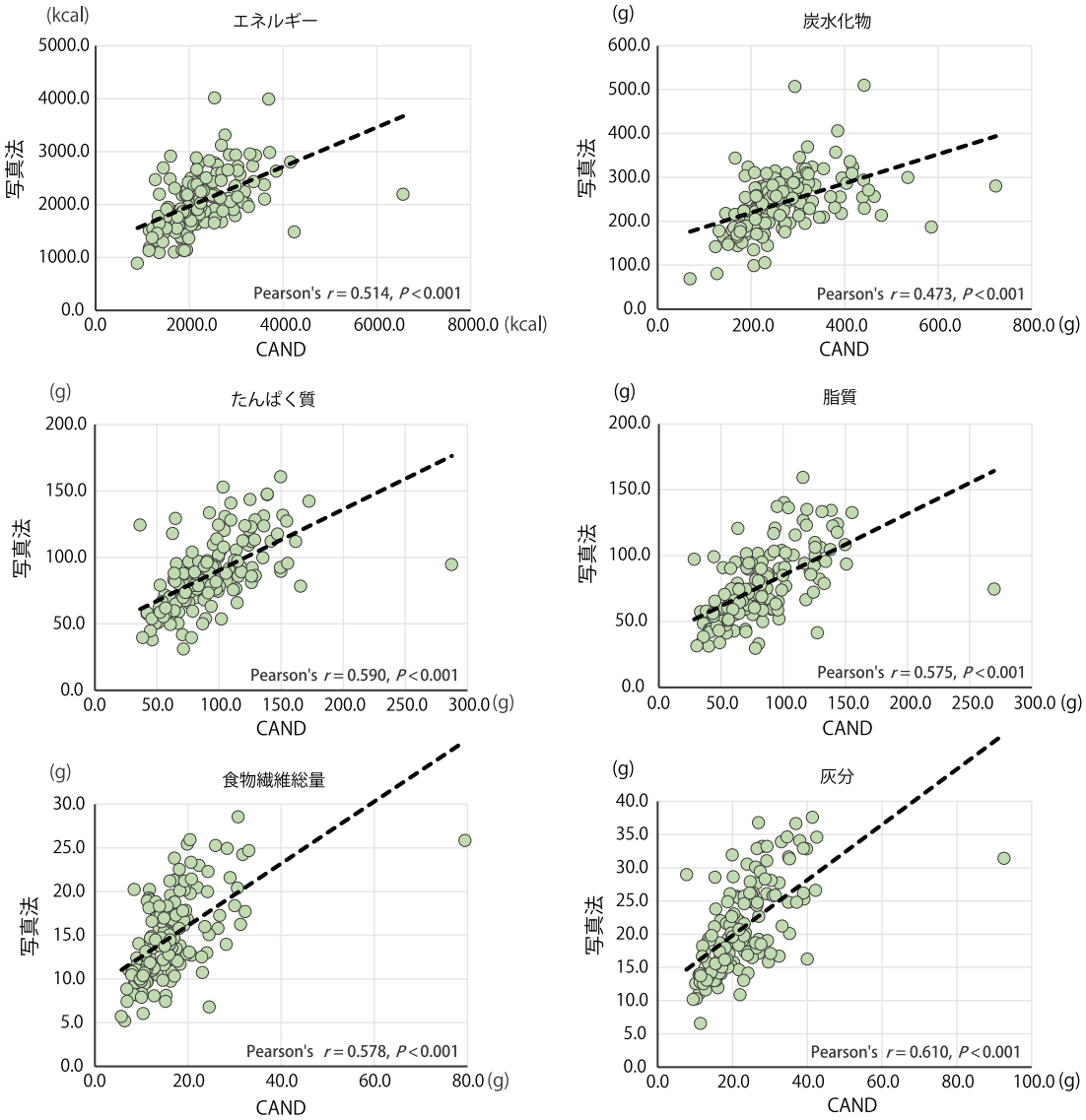


図 2　CAND および写真記録法による栄養素等摂取量 散布図

調査対象とした 48 成分の内，代表的な栄養素を散布図にした。「エネルギー」「炭水化物」「たんぱく質」「脂質」「食物繊維総量」「灰分」のいずれにおいても，CAND・写真記録法による有意な相関が確認された。

のの，摂取量比が 31 栄養素中 19 栄養素で 100 ± 10% 以内であり，食物摂取頻度調査は秤量記録法による食事状況をよく把握していたと考察されている。

本調査では，CAND の比較対照が秤量記録法ではなかったものの，摂取量比（CAND/ 写真記録法 [%]）が 100 ± 10% を外れた栄養素は 48 栄養素中 5 栄養素（不溶性食物繊維，カルシウム，セレン，β- クリプトキサンチン，ビタミン B_{12}）であった。太田ら[16]と高橋ら[9]の 2 つの研究では，秤量記録法による食事調査と頻度調査法による調査が別の食事であったが，本調査では CAND による記録と写真記録法による記録が，同一の食事を反映していたため，CAND と写真記録法で得られた栄養素等摂取量にあまり大きな差はなかった結果が得られた

と考えられる。

食生活把握のために開発された質問紙における相関係数は r=0.5–0.7 の範囲が望ましいとの報告がある[13]。一方で大内ら[17]は，料理名と目安量を記録する簡易記録食事調査と秤量記録法の比較を行い，48 栄養素中 27 項目で 0.4 以上の相関が確認され，大内らが開発した簡易記録食事調査は秤量記録法より簡便で有用な調査法であると報告している。本調査では，CAND を用いて算出した栄養素等摂取量と，写真記録法から得られた栄養素等摂取量の相関関係を分析した結果，銅（r = 0.381），レチノール（r = 0.343），レチノール活性当量（r = 0.376）、炭水化物（r = 0.473），ビタミン B_{12}（r = 0.454）および葉酸（r = 0.442）を除く栄養素（42 栄養素，全体の項目の 87.5%）で 0.5 以上の有意な相関が確認された。さらに，0.4 以上の相関が確認された項目は銅，レチノールおよびレチノール活性当量を除いた 45 栄養素（全体の項目の 93.8%）であった。食生活把握のために開発された質問紙における相関係数の範囲（r = 0.5–0.7）[13] を満たす項目は全体の 87.5%，大内ら[17] の考えを基とした相関係数の基準（r = 0.4 以上）を満たす項目は全体の 93.8% であり，我々が調査対象とした項目のほとんどが意味のある相関係数であったと考えることができる。よって，CAND は自記式食事調査法として有用であると言える。

本調査の限界としては比較対照の方法が挙げられる。CAND の妥当性・信頼性評価の対照として写真記録法を採用しており，新たな食事調査法を開発した際に比較とするゴールドスタンダードである秤量記録は対照としなかった。その理由として，秤量記録法と CAND の同時記録は対象者にとっては精神的・身体的負担が大きいと判断し，その負担を軽減するために写真記録法との比較にした倫理的配慮があった。写真記録法で算出される栄養素等摂取量は目安量となるため，CAND における栄養素等摂取量の精度評価は今後の課題とする。

以上より，CAND と写真記録法の比較から 48 栄養素中 45 栄養素において有意な正の相関が確認され，CAND は信頼性のある評価法であることが認められた。また，エネルギー，炭水化物，たんぱく質，脂質，食物繊維量，灰分など重要な栄養素に加え，一部の微量栄養素においても算出結果が信頼できるものと判断でき，妥当な評価法であることが確認された。臨床研究の現場で容易に使用できる点を考慮した食事調査票は，これまでに殆どなく，新たな試みであったと言える。現時点で考え得る CAND の改善点や，今後の運用の中で明らかとなる改善点等を考慮し，CAND のバージョンアップを図っていく予定である。

なお，我々が開発した CAND は次のサイトで公開予定である（https://CAND.life）。CAND を用いて研究を行う場合には，本論文を引用されたい。

結論

写真記録法と CAND による栄養計算結果の比較より，48 栄養素中 45 栄養素において有意な正の相関が確認され，CAND は信頼性のある評価法であることが認められた。また，エネルギー，炭水化物，たんぱく質，脂質，食物繊維量，灰分など重要な栄養素に加え，一部の微量栄養素においても算出結果が信頼できるものであり，CAND は妥当性のある評価であることも示された。これより，CAND は年代別に料理を構成する食品，および 1 日当たりの食事の摂取量を調査する上で利用可能な方法であることが確認された。

謝辞

本研究に際し，調査への参加およびご協力くださいました皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

1. 特定非営利活動法人日本栄養改善学会：食事調査マニュアル はじめの一歩から実践・応用まで 3 版. 南山堂 , 2016
2. 厚生労働省：平成 25 年国民健康・栄養調査報告．2013.
3. 厚生労働省：平成 26 年国民健康・栄養調査報告．2014.
4. 厚生労働省：平成 27 年国民健康・栄養調査報告．2015.
5. 厚生労働省：平成 28 年国民健康・栄養調査報告． 2016.
6. 厚生労働省：平成 29 年国民健康・栄養調査報告．2017.
7. Tsugane S, Kobayashi M, We SS, *et al*.: Validity of the Self-administered Survey of the JPHC for Main Nutrients Food Study Frequency Questionnaire Used in the 5-year Cohort I: Comparison with Dietary Records. *J Epidemiol* **13** (1): 51-56, 2003.
8. Sasaki S, Kobayashi M, Tsugane S: Validity of a Self-administered Survey of the JPHC for Food Groups Food Frequency Questionnaire Study Cohort I: Comparison Used in the 5-year with Dietary Records. *J Epidemiol* **13** (1): 57-63, 2003.
9. 高橋啓子，吉村幸雄，開元多恵，他：栄養素および食品群別摂取量推定のための食品群をベースとした食物摂取頻度調査票の作成および妥当性．栄養学雑誌 **59** (5): 221-232, 2001.
10. Wakai K, Egami I, Kato K, *et al*.: A Simple Food Frequency Questionnaire for Japanese Diet-Part I. Development of the Questionnaire, and Reproducibility and Validity for Food Groups. *J Epidemiol* **9** (4): 216-226, 1999.
11. Tokudome S, Ikeda M, Tokudome Y, *et al*.: Development of Data-based Semi-quantitative Food Frequency Questionnaire for Dietary Studies in Middle-aged Japanese. *Jpn J Clin Oncol* **28** (11): 679-687, 1994.
12. Cozby P: Statistical Tests in Methods in Behavioral Research. Mayfield P. California : 1996.
13. Willett W: Nutritional Epidemiology. 3rd editio. Oxford University Press, 2013.
14. 消費者庁 : 健康や栄養に関する表示の制度について . 特定保健用食品 (トクホ) 許可制 . 別添 2 特定保健用食品申請に係る申請書作成上の留意事項.（最終閲覧日：2019 年 7 月 29 日 , https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/health_promotion/pdf/health_promotion_190701_0006.pdf）
15. 公益社団法人日本栄養士会：「食事バランスガイド」を活用した栄養教育・食育実践マニュアル 第 2 版. 第一出版株式会社 , 2015.
16. 太田泰子 , 笹川貴代 , 寺本あい , 他 : 簡易食物摂取頻度調査法の改訂とその妥当性の検討 . 岡山県立大学保健福祉学部紀要 10 (1): 21–30, 2003.
17. 大内愛子，早渕仁美，戸次真知子，他：料理レベルで食事を記録する簡易記録食事調査方法の検討．福岡女子大学人間環境学部紀要 **39**: 85-92, 2008.

連絡先：鈴木　直子 (Naoko Suzuki) *
株式会社オルトメディコ
〒 112-0002 東京都文京区小石川 1 丁目 4 番 1 号
住友不動産後楽園ビル 2 階
TEL：03-3818-0610（代表）

cat's claw と酵素処理 cat's claw の免疫増強作用と抗炎症作用に関する臨床試験研究

Clinical trial research on the immunopotentiating and anti-inflammatory effect of cat's claw and enzyme treated cat's claw

具　然和（*Gu Yeunhwa*）*

* 純真学園大学・大学院保健医療学研究科

Key Words: リンパ球　TNF-α　IL-4　総 IgE　抗炎症効果

Clinical trial research on the immunopotentiating and anti-inflammatory effect of cat's claw and enzyme treated cat's claw

Yeunhwa Gu*

*Chairperson International Affairs Department of Radiological Science,
Graduate School of Health Science, Faculty of Health Science Junshin Gakuen University

Key Words: Lymphocytes, TNF-α, IL-4, Total IgE, Anti-inflammatory effect

Abstract

In the present study, among the effects of cat's claw, the present invention was examined focusing on the immune enhancing action and the anti-inflammatory action.

In this study, the increase in the number of leukocytes in the UT group (cat's claw) and the UTE group (enzyme-treated cat's claw) suggested the possibility of increased immunity.

Ig-E is involved in many allergic reactions that prevent parasite infection in the digestive tract. In this study, IgE-RIST did not change in UT group (cat's claw) and UTE group (enzyme-treated cat's claw), and Ig-M and Ig-G increased gradually.

It was suggested that it could be suppressed. With regard to blood TNF-α levels, significant increase was observed at 4 weeks compared with 0 week in UT group (cat's claw) and UTE group (enzyme-treated cat's claw), and therefore anti-cancer effect can also be expected. The UT group (cat's claw) and UTE group (enzyme-treated cat's claw) agents are indirectly linked to increased immune ability as a result of the absorption of active ingredients such as α and β-glucan being promoted along with the intestinal function of dietary fiber.

It was suggested that anti-allergic effects such as chronic histamine decrease appeared.

*To whom correspondence should be addressed.
Chairperson International Affairs Department of Radiological Science,
Graduate School of Health Science, Faculty of Health Science Junshin Gakuen University
1-1-1 Chikushigaoka, Minami-ku, Fukuoka 815-8510 Japan
TEL :+81-92-554-1255
FAX : +81-92-552-2707
e-mail : gu.y@junshin-u.ac.jp

要旨

本研究では，cat's claw の緒効果の中でありとりわけ免疫増強作用と抗炎症作用に着目して検討した。本研究では，UT 群（cat's claw）と UTE 群（酵素処理 cat's claw）に白血球数増加したことから，免疫増加の可能性が示唆された。

Ig-E は消化管内の寄生虫感染を防ぐ，多くのアレルギー反応に関与している。本研究では，UT 群（cat's claw）および UTE 群（酵素処理 cat's claw）に IgE-RIST は変化がなく，Ig-M，Ig-G は緩やかに増加したことから，外部からの細菌等の侵入を抑えられる可能性が示唆された。血中 TNF-α 値についても UT 群（cat's claw）と UTE 群（酵素処理 cat's claw）では，0 週と比較すると 4 週目において有意な増加が認められたことから抗がん作用も期待できる。UT 群（cat's claw）および UTE 群（酵素処理 cat's claw）剤は，食物繊維の整腸作用と伴ってαおよびβ- グルカン等の有効成分の吸収が促進された結果，免疫能の増加により間接的なヒスタミン減少等の抗アレルギー作用が現れたと示唆された。

1．研究方法

1-1．試験目的

本研究では，㈱上薬研究所製から提供された cat's claw と酵素処理 cat's claw 錠剤の生理機能改善作用に関し，免疫増強作用，抗炎症作用について検証した。

1-2．対象者

本試験の目的，試験方法，予想される結果などについて十分説明した後，同意を得て，書面において参加の意思を確認し，健常成人男女 30 名を対象とした。なお，試験内容は大学内倫理委員会において承認と世界医師会総会（World Medical Assembly）において承認されたヘルシンキ宣言（1964 承認，2000 年改訂）の精神に則って実施した。

1-3．臨床試験方法

20 代から 40 代の男女を対象とした。30 名が試験① cat's claw（キャッツクロー），②酵素処理 cat's claw 錠剤を 4 週間，1 日 10 粒を連日飲用した。朝食（もしくは昼食）および夕食前に飲用したことを基本とした。

飲用 0，1，2，3，4 週においてそれぞれ実験を行った。各観察日は，鈴鹿医療科学大学健康管理センターに集合し，以下に示す項目の諸検査および測定を行った。臨床検査に関しては，被験者から約 10 mL の血液（30mL）を採取し，以下の項目に関して臨床検査機関に委託または本大学にて標準的検査法により測定した。採血時間は検査日 10:00 を基本とした。

1-4．試験の概要

試験は 20 代から 40 代の健常男女を対象とし，実施した。試験標品は㈱上薬研究所から提供される製 cat's claw（キャッツクロー：キャッツクロー，デビルズクロー，霊芝，ショウガ，MSM，グルコサミン，有胞子性乳酸菌）錠剤を使用した。被験者は 1 組 10 名で計 3 組に分ける。① cat's claw（キャッツクロー）群，②酵素処理 cat's claw 錠剤群，③コントロール群（プラセボ），ともに 1 日 10 粒を飲用し，朝食前および夕食前に摂取したことを原則とした。

1-5．試験項目

（1）生理学的検査

身長，体重

（2）血液学的検査（白血球，赤血球，ヘモグロビン，ヘマトクリット値，血小板）

（3）末梢血 T リンパ球の機能分析

①使用機器および試薬

cat's claw（キャッツクロー）錠剤 cton Dickinson 社の FACS-Calibur（ソフトウェア Cell Quest1）システム，PBS-（pH7.2），FBS（非働化処理済み），塩化アンモニウム溶血剤，リンパ球サブセット用 3Color 抗体（抗 CD3-PE-Cy5.5，抗 DC4-FITC，抗 CD8-PE）を用いた。

②末梢血液中の T リンパ球 CD マーカー CD3，CD4，CD8 の測定

T リンパ球サブセットの解析については，サンタクルズ社（Santa Cruz Biotechnolgy, Inc）

製のマルチカラーフローサイトメトリー（FCS）システムを用いて，3 カラーによるフローサイトメトリー解析による末梢血液中の T リンパ球 CD マーカー CD3，CD4，CD8 の測定を行った。フローサイトメトリー解析は，細胞に蛍光標識したモノクローナル抗体（MoAb）を反応させ細胞を蛍光染色した後，細胞にレーザー光を照射し，前方散乱光と 90° 散乱光からコンピュータのブラウン管上に細胞の分布（以下ではサイトグラムという）を表示させ，目的とした細胞の領域を指定して，その領域の細胞について解析を行なう方法である。

具体的な測定手順として，はじめに放射線照射 24 時間経った麻酔下のマウス心臓より，テルモ社製 シリンジ（針 :23G）を用いて，全血の採血を行ない血液凝固防止ためヘパリン処理（5 単位 /mL）したのち，処理全血をリン酸緩衝生理食塩水（以下では PBS という）で 2 倍に希釈し細胞浮遊液を作成した。リンパ球の分離は比重遠心分離法により行った。まず 15 mL のサンプルチューブにリンパ球分離溶液を 5 mL 加え，細胞浮遊液 5mL をリンパ球分離溶液の上に注意深く重層させる。室温（15~20℃），500×g（1500 rpm）で 20 分間遠心分離し，遠心後，上清の血漿を静かに取り除き，リンパ球層を取り出す。取り出したリンパ球に 10% の非働化処理済ウシ胎児血清（以下では FBS という）を含んだ PBS と赤血球除去試薬を加えよく混和し，室温（15~30℃），400×g（1350 rpm）で 10 分間遠心分離し洗浄した。上清を除去した後，再度，2 回，FBS 含有 PBS にリンパ球を浮遊させ洗浄を行った。測定の際には，リンパ球を PBS に浮遊させ測定に使用した。

PBS にリンパ球を浮遊させた細胞浮遊液に，リンパ球サブセット測定用フローサイトメトリー試薬を加え，遮光した空間で 4℃，約 30 分間反応させリンパ球の蛍光染色を行った。反応終了後，PBS で 3 回洗浄してから，ベクトン・ディッキンソン株式会社製フローサイトメーター FACS-Calibur により，CD3 および CD4，CD8 の解析を行った。

1-6. SOD 測定

被験者のから 1 mL の血液を採取し，血液凝固防止のためにヘパリン処理（100 単位 /mL）した後遠心分離し，得られた血清をサンプルとして用いた。検体（S）と検体盲検（S-Bl）には血清を，盲検（Bl）と試薬盲検（Bl-Bl）には蒸留水を，各々 96 well マイクロプレートに 8 Bl /well 加える。分注後，発色試薬を 80 Bl / well 加え，検体と盲検には酵素液を，検体盲検と試薬盲検にはブランク液を 80 Bl L/well 加える。撹拌後, 37℃で 20 分間インキュベートした。インキュベート後，各サンプルに反応停止液を 160 Bl L/well ずつ加え，撹拌後マイクロプレートリーダー（波長 :560 nm）を用いて吸光度を測定した。測定より得られた吸光度から（1）式により SOD（superoxide dismtase）様活性度を求める。

$$\text{SOD 様活性度（阻害率 \%）} = \frac{(\text{EBl-EBl-Bl}) - (\text{ES-ES-Bl})}{(\text{EBl-EBl-Bl})} \times 100 \quad (1)$$

ES: 検体の吸光度　EBl: 盲検の吸光度　ES-Bl: 検体盲検の吸光度　EBl-Bl: 試薬盲検の吸光度

測定機器

身長および体重測定には SLIMMETER（北東衡機工業㈱）を，体脂肪測定にはミサキ LBM 体脂肪体重計 CEX-1（ミサキ㈱）を用いた。SOD 測定には Wako SOD キット（Code No. 435-70601）を用い，MICRO PLATE READER（MPR-A4, TOYOSODA），Filter 560nm にて吸光度を測定した。cat's claw（キャッツクロー）錠剤 cton Dickinson 社の FACS-Calibur（ソフトウェア Cell Quest1）システム，PBS-（pH7.2），FBS（非働化処理済み），塩化アンモニウム溶血剤，リンパ球サブセット用 3Color 抗体（抗 CD3-PE-Cy5.5，抗 DC4-FITC，抗 CD8-PE）を用いた。

1-7. 抗炎症作用

血液による Total IgE , IgG , IgM , TNF- α , IL-4 の測定

cat's claw（キャッツクロー）群，酵素処理 cat's claw 錠剤群，コントロール群を 1 ヵ月間

行い，総 IgE，IgG，IgM，TNF-α，IL-4 の測定を行った。採集した血液は遠心分離（Kubota 10min , 1000rpm）にかけ血清分離後，測定に用いた。control（プラセボ）群に対して 5% 以下の危険率で有意になった場合を有効とした。

1-8. 統計学的処理

統計学的有意差検定として Dunnett 検定により，5% 以下の危険率で有意になった場合を有効とした。

2. 研究結果

2-1. 白血球値

白血球の測定値を **Fig. 1** に示す。コントロール群は，0 週から 4 週までに大きな変化はなかった。しかし，0 週と比較すると，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））は，1 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。また，UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））は，0 週と比較すると，2 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。

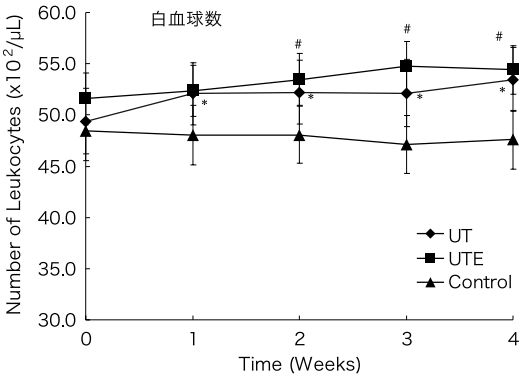


Fig.1. The number of leucocytes.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests ($^{*,\#}$ p<0.05)

2-2. 赤血球値

赤血球の測定値を **Fig. 2** に示す。コントロール群は，0 週から 4 週までに大きな変化はなかった。しかし，0 週と比較すると，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））は，3 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。また，UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））は，0 週と比較すると，2 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。

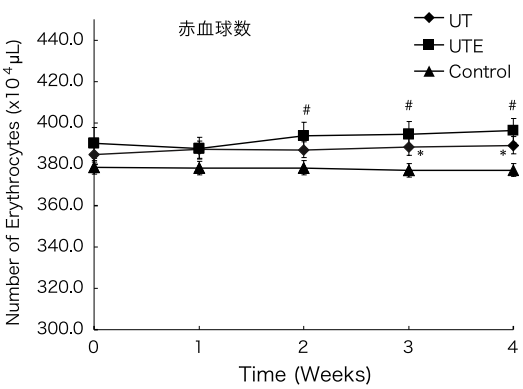


Fig.2. The number of erothrocytes.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by t-tests ($^{*,\#}$ p<0.05)

2-3. ヘモグロビン量

ヘモグロビン量の測定値を **Fig. 3** に示す。コントロール群は，0 週から 4 週までに大きな変化はなかった。しかし，0 週と比較すると，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））は，2 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。また，UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））は，0 週と比較すると，1 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。

2-4. ヘマトクリット値

ヘマトクリット値の測定値を **Fig. 4** に示す。コントロール群は，0 週から 4 週までに大きな変化はなかった。しかし，0 週と比較すると，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））は，1 週

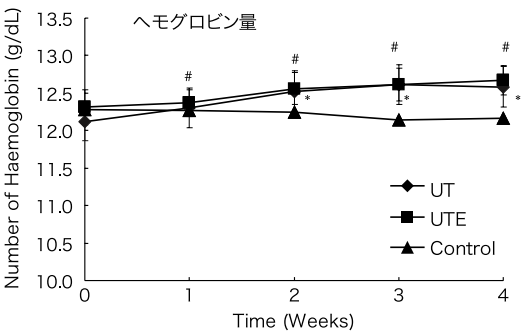


Fig.3. The quantity of hemoglobin.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests ($^{*,\#}$ p<0.05)

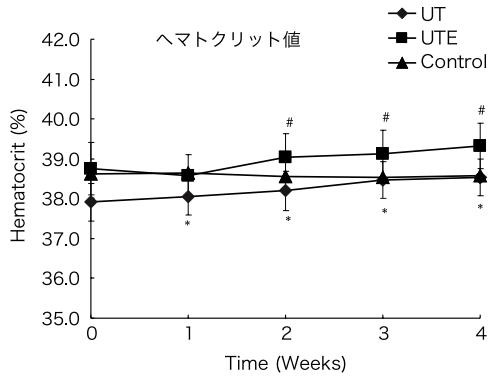


Fig.4. The % of hematocrit level.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by t-tests (*, # $p<0.05$)

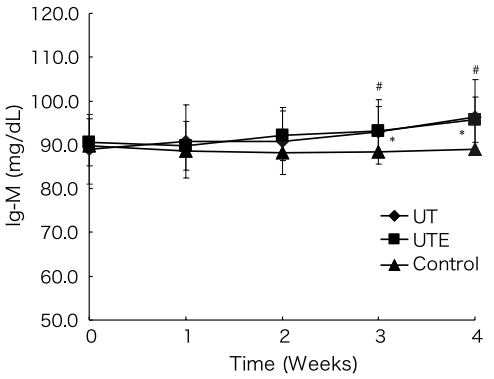


Fig.5. Total IgM level.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests (*, # $p<0.05$)

から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。また，UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））は，0 週と比較すると，2 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。

2-5. 血中 IgM

血中 IgM 値の測定値を **Fig. 5** に示す。コントロール群では, 0 週から 4 週までに変化はなかった。しかし, UT 群（cat's claw（キャッツクロー））では，0 週と比較すると，3 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。また，UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））でも，0 週と比較すると，3 週から 4 週までに経過時間的に有意な増加が認められた。

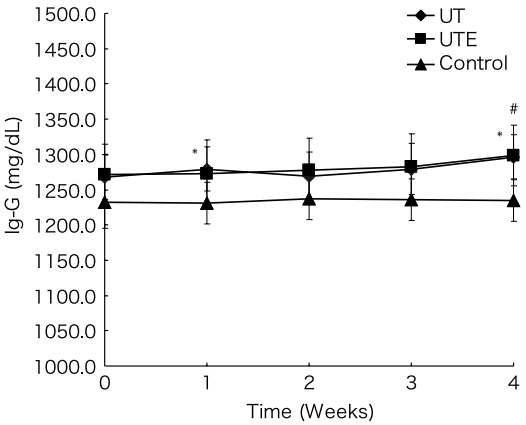


Fig.6. Total IgG level.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests (*, # $p<0.05$)

2-6. 血中 IgG

血中 IgG 値の測定値を **Fig. 6** に示す。コントロール群では, 0 週から 4 週までに変化はなかった。しかし, UT 群（cat's claw（キャッツクロー））では，0 週と比較すると，1 週目と 4 週目において有意な増加が認められた。また, UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））では，0 週と比較すると，4 週のみに有意な増加が認められた。

2-7. 血中 IgE

血中 IgE 値の測定値を **Fig. 7** に示す。血中 IgE 値においては, コントロール群, UT 群（cat's claw（キャッツクロー））および UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））で変化がなく，

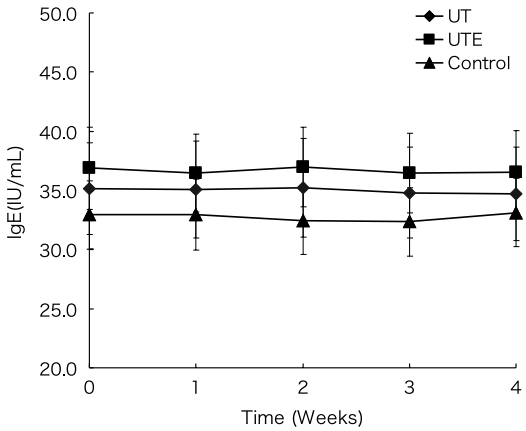


Fig.7. Total IgE level.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests.

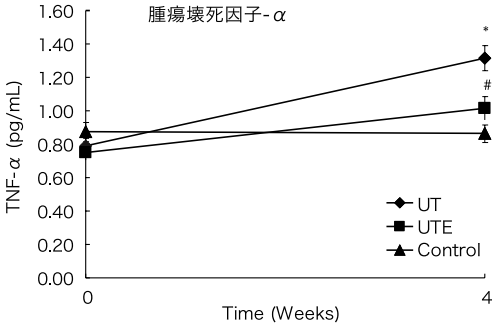


Fig.8. Total TNF-α level.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests (*, # $p<0.05$)

有意な増加も認められなかった。

2-8. TNF-α 値

血中 TNF-α 値の測定値を **Fig.8** に示す。コントロール群では，0 週から 4 週までに変化はなかった。しかし，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））と UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））では，0 週と比較すると 4 週目において有意な増加が認められた。

2-9. IL-4 値

血中 IL-4 値の測定値を **Fig.9** に示す。コントロール群では，0 週から 4 週までに変化はなかった。しかし，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））と UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））では，0 週と比較すると 4 週目において有意な増加が認められた。

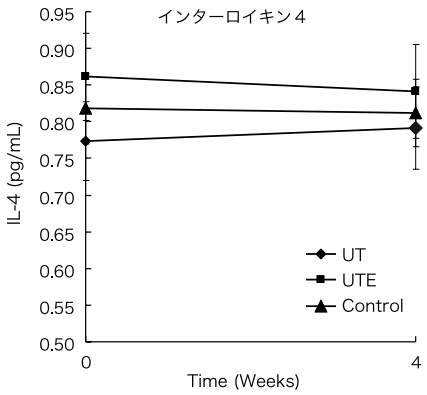


Fig.9. Total IL-4 level.
The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests.

2-10. SOD 値

血中 SOD 値の測定を行ったが，コントロール群では，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））および UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））で変化はなく，SOD の増加は，認められなかった。

2-11. T リンパ球 CD マーカー CD3，CD4，CD8 の測定結果

リンパ球の分布を gate し，その Events のうちの CD-3・CD4 および陰性 control の 3color 抗体染色による FACS CD4 細胞解析結果を **Fig.10** に示す。結果により，コントロール群に比べてサンプル摂取 4W 後に UT 群と UTE 群において CD4 細胞の増加が認められた。

リンパ球の分布を gate し，その Events のうちの CD-3・CD8 および陰性 control の 3color 抗体染色による FACS CD8 細胞解析結果を **Fig.11** に示す。結果により，コントロール群に比べて

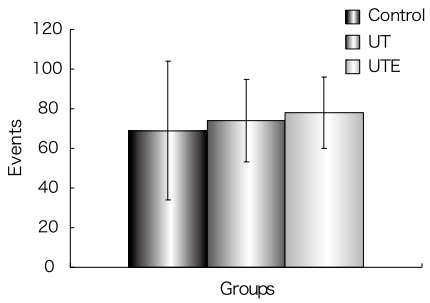


Fig.10. Lymphocytes were analyzed for CD4+ in human serum. The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests and Dunnet *t*-tests (*, # $p<0.05$)

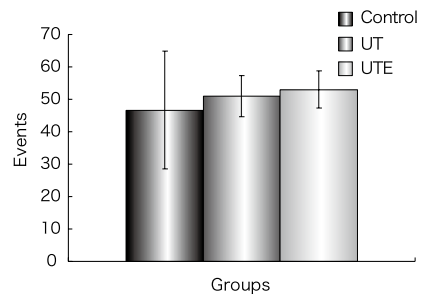


Fig.11. Lymphocytes were analyzed for CD8+ in human serum. The result represents the mean value ± S.E. Significantly different from control group by *t*-tests and Dunnet *t*-tests (*, # $p<0.05$)

サンプル摂取 4W 後に UT 群と UTE 群において CD8 細胞の増加が認められた。

3．考察

白血球数の基準値は 38-98×10^2/μL，リンパ球数の基準値は 27-53% である。白血球は体内に侵入した異物の排除を役割とする造血幹細胞由来の細胞であり，その中でもリンパ球は抗体を使ってあらゆる異物やウイルスに対して攻撃する [1-6)]。本研究では，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））および UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））に白血球数増加したことから，免疫増加の可能性が示唆された。

赤血球数の基準値は 420-570×10^4/μL，ヘモグロビン量の基準値は 13.2-51.8 g/dL，ヘマトクリット値の基準値は 39.2-51.8%，血小板数の基準値は 14-36×104/μL である。本研究では，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））および UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））に赤血球数増加したことから，造血臓器の刺激が考えられる。

IgE-RIST，Ig-M および Ig-G の基準値は 170 IU/mL 以下，110-410 mg/dL，33-190 mg/dL，870-1700 mg/dL，9.0 mg/dL 以下である。Ig-E は消化管内の寄生虫感染を防いだり，多くのアレルギー反応に関与している。Ig-A は粘膜上面の保護をしており，Ig-M は血流中における感染防御の第一線を担い，Ig-G は主に血管外で細菌やその毒素と結合し，それらの侵入を防ぎ，また，Ig-D はリンパ球の機能に影響を与える [6-11)]。

本研究では，UT 群（cat's claw（キャッツクロー））および UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））に IgE-RIST は変化がなく，Ig-M，Ig-G は緩やかに増加したことから，外部からの細菌等の侵入を抑えられる可能性が示唆された。血中 TNF-α 値についても UT 群（cat's claw（キャッツクロー））と UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））では，0 週と比較すると 4 週目において有意な増加が認められたことから抗がん作用も期待できる。UT 群（cat's claw（キャッツクロー））および UTE 群（酵素処理 cat's claw（キャッツクロー））剤は，食物繊維の整腸作用と伴って α および β- グルカン等の有効成分の吸収が促進された結果，免疫能の増加により間接的なヒスタミン減少等の抗アレルギー作用が現れたと示唆される。それだけではなく，アルカロイドの天然成分により，生体内のバランスが整われ，各臓器機能の正常化や免疫増強にも有用的に作用することが示唆された [12-17)]。リンパ球の表面には，CD マーカーと呼ばれる細胞に特異的な抗原が存在し，リンパ球が骨髄で作られ，さまざまな働きをもつ細胞に分化していく途中の「めじるし」あるいはタンパク質の特徴や働きを整理するために用いられている。

本研究において，血液中の T リンパ球中の CD4 陽性数と CD8 陽性数を比較および検討したところ，UT および UTE 摂取により，血液中における T 細胞の増加傾向がみられた [18)]。これは UT および UTE に含まれるアルカロイドによってマクロファージが活性化され，二次的に T 細胞へと刺激されたことが原因であると考えられる。活性化したマクロファージは各種サイトカイン（IL-2，IL-6，IL-12）産生の増加が知られており），IL-2 と IL-12 は，NK 細胞を増殖促進させる働きを持っている [19-20)]。

参考文献

1. Gu YH, Kai M, Kusama T.: The embryonic and fetal effects in ICR mice irradiated in the various stages of the preimplantation period. *Radi. Res*. **147**: 735-740. 1997.
2. Gu YH, Takeo T, Kim HG, Suzuki I, Mori T, Yamamoto Y.: Study of the radioprotective effects of TMG on teratogenic malformations in irradiated mice. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*, **60**: 845-55. 2000.
3. Gu YH, Choi HJ, Yamashita T, Kang KM, Iwasa M, Lee MJ, Lee KH, Kim CH.: Pharmaceutical production of anti-tumor and immune-potentiating *Enterococcus faecalis* 2001 β-glucans: enhanced activity of macrophage and lymphocytes in tumor-implanted mice. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, **18**(8): 653-661.2017.
4. Gu YH, Fujimiya Y, Itokwa Y, Oshima M, J Choi JS, Miura T, Ishida T.: Tumoricidal effects of beta-glucans: mechanisms include both antioxidant activity plus enhanced systemic and topical immunity. *Nutr Cancer*, **60**(5): 685-691, 2008.
5. Gu YH, Takagi Y, Nakamura T, Hasegawa T, Suzuki I, Oshima M, Tawaraya H, Niwano Y.: Enhancement of radioprotection and anti-tumor immunity by yeast-derived β-glucan in Mice. *J Med Food*, **8**(2): 154-158, 2005.
6. Nakamura T, Itokawa Y, Tajima M, Ukawa Y, Cho KH, Choi JS, Ishida T, Gu YH.: Radioprotectve effect of lyophyllum decastes and the effect on immunological functions in irradiated mice. *J Tradi Chi Med*. **27**(1): 70-75. 2007.
7. Gu YH, Park SR, Hasegawa T, Koike M.: Antihypertensive effect of lyophyllum decastes sing in spontaneously hypertensive rats. *Int J Med Mus*., **3**(1): 103-110. 2001.
8. Gu YH, Hasegawa T, Suzuki I, Hayashi I, Ahn KS, Twaraya H.: A study of the radioprotection effect of macro-glucan(β-1-3 glucan) on fetuses of ICR mice. *J Ori Med*., **5**(1): 63-70. 2000.
9. Gu YH, Yamasita T, Kang KM.: Subchronic oral dose toxicity study of *Enterococcus Faecalis* 2001(EF 2001) in mice. *Toxi Res*., **34**(1): 55-63. 2018.
10. Yamashita T, Kato T, Tunekawa M, Gu YH, Wang S, Ma N.: Effect of radiation on the expression of taurine transporter in the intestine of mouse. *Adv Exp Med Biol*., **975**: 729-740, 2017.
11. Jin UH, Song KH, Motomura M, Gu YH, Kang YJ, Moon TC, Kim CH.: Caffeic acid phenethyl ester induces mitochondria-mediated apoptosis in human myeloid leukemia U937 cells. *Mol. Cell Biochem*. **310**(1-2): 43-48.2007.
12. Liu J, Edamatsu R, Hamada H, Mori A.: Scavenging effect of Guilingji on free radicals. *Neurosciences*, **16**: 623-630. 1990.
13. Kim JH, Park MY, Lee JY, Okuda H, Kim S, Hwang WI: Antioxidant and antitumor effects of manda. *Biochem. Arch*. **14**: 211-219. 1998.
14. Gu YH, Takebe M.: Immunological enhancement effect and radiation protection effect of *Fuscoporia oblique*. *Med. Bio*. **153**: 165-175. 2009.
15. Gu YH, Iwasa M, Iwasa H, Kobayashi K, Itokawa Y, Ishida T.: Radiation protection effect for EF 2001 (*Enterococcus Faecalis* 2001). *Med. Bio*. **151**: 289-295. 2007.
16. Gu YH, Itokawa Y, Maenaka T, Yamashita T, Oshima M, Nakamura T, Young-nam Kang, Takeo Hasegawa, Ikukatsu Suzuki, Insuk Choi, Tano Kaori, Torao Ishida: The blood estradiol-17β, testosterone and progesterone of male and female mice change by lepidium meyenii walp (MAX-180) and Muira Puama. *Med. Bio*., **150**(4): 159-168, 2006.
17. Kang YN, Maenaka T, Itokawa Y, Yamashita T, Nakamura T, Oshima M, Hasegawa T, Suzuki I, Tano K, Ishida T, Gu YH: Embryonic death effects of hyperthermia induced by RF (Radiofrequency) waves. *Med. Bio*., **150**(3): 97-103, 2006.
18. Gu YH, Yamashita T, Maenaka T, Itokawa Y, Nakamura T, Choi IS, Tano K, Ryu MS, Hasegawa T, Oshima M.: Anti-tumor immunity and radioprotection effect of *Fuscoporia oblique*.; *Med. Bio*., **149**(9): 304-318, 2005.
19. Gu YH, Yamashita T, Oshima M, Takagi Y. Immunological enhancement effect in PASSION FRUIT (MARACUJYA); *Med. Bio*., **148**(1): 20-25, 2004.
20. Gu YH, Yamashita T, Oshima M, Takagi Y.: The blood estradiol-17β, testosterone and progesterone of male and female mice change by lepidium meyenii walp (MAX-180); *Med. Bio*., **148**(1): 14-73, 2004.

連絡先：具　然和
純真学園大学保健医療学部放射線技術科学科
〒 815-8510 福岡県福岡市南区筑紫丘 1 丁目 1-1
TEL :092-554-1255
e-mail : gu.y@junshin-u.ac.jp

食としての機内食の固有性と グローバル社会における新たな展開 －多様化する利用形態と特別機内食における 乗客実践からの考察－

元村　明日香（*MOTOMURA Aska*）[1]　三好　恵真子（*MIYOSHI Emako*）[2]

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

Key Words: 機内食　グローバリゼーション　マイノリティ　作動の科学　乗客実践　食空間

はじめに：本稿の目的と視角

近年，ヒト・モノの移動が活発化するとともに，宗教・文化・思想等もグローバルな規模で交錯し合っている。このようなグローバル社会は，飛行機での移動によって成り立っていると言っても過言ではない。アーリは，『モビリティーズ―移動の社会学』[1)] の中で，航空移動が活発になったことによる空港や航空旅行の形態の変化に伴い，グローバルな階層システムにおいて利用客間に大きな格差が生じていると言及している。すなわち，現代社会では，より自由で快適な航空サービス[*1] が提供されるようになったものの，それらのサービスを享受できるものとできないものとの格差が拡大していると指摘されている。それに加えて，近年，ローコストキャリア（LCC）の台頭により，こうした状況はより一層多様化していると考えられる。

本稿では，航空移動において提供されるサービスの中で，特に利用者の健康や信条と深く関わる食事である「機内食」に焦点を当てることとする。グローバル化の進展に伴い，世界中の人々が飛行機を利用する機会が増え，多文化性に配慮した特別機内食等，機内食に求められる要請が益々高まっている。それと同時に航空空間自体が，グローバル秩序が招き入れている「場所」の典型をなしており，世界中の街や都市との多くの共通点・類似点を見せ，それらのその境界が不明瞭になるにつれて，日常性への要求がより増大している[1)] と考えられる。また機内サービスを排除して低運賃を追求する格安航空会社（LCC）と航空輸送のサービスの特性を標榜して顧客満足とエクセレントサービスを追求する大手航空会社との二極化が進む航空業界では，機内食は航空機に常備されている「プロダクト」というよりも，高品質化，多様化して，「コミュニケーションツール」として変貌していくこと[2)] が展望されている。

ただし，機内食の提供される環境は，同じ移動媒体である鉄道や船の場合[3)] と異なり，空の上という特殊な航空空間であるゆえに，機内食自体，乗客の身体変化や技術的制限を伴う等の食としての固有性を有する点をまず押さえておく必要がある。それゆえに，航空機関連の科学技術の進歩が機内食の向上を後押ししてきたのだが，プロダクトまたはコミュニケーション

[*1] 空港ではチェックインカウンターを通さずにチェックイン出来る専用の機械や，Wi-Fi 環境の整った航空機も登場し，また乗務員の気遣いによって誕生日や記念日を祝ってもらうことが出来る等様々なサービスが挙げられる。

ツールとしてのみならず，今後は乗客の食事の享受という実践を通じて，科学的知識が進化していくという，いわゆる「作動中の科学」[*2]の側面がある点[4]を，本稿では留意していきたい。

これまで機内食を扱う先行研究では，グローバル社会における機内食の問題点について，特に宗教機内食を対象にして考察されているもの[2, 5-7]が多い。例えば，特別機内食において提供する側の課題として最も大きなものが，コストであり，特に宗教に配慮した食事は，食材だけではなく調理法にまで制限があり，通常食に比べても手間とコストが多くかかるとされる。また，現在は航空会社や路線，利用者の嗜好やニーズの多様化によって，これまでの標準化・大量生産から多品種少量生産へとシフトする傾向が高まっている。必要なときに，過不足なく必要な量だけが，必要な場所に無駄なく納入されることが要求されているので，少なすぎる需要に対応することも難しい。例えば，食事の戒律が厳しいユダヤ教ミールは需要が少なく，製造が困難であるため，関西国際空港ではベルギーの専門業者から食事が輸入されている。一方で，機内食業者によると，東南アジアや西アジアにおけるイスラム教国の経済発展によるムスリムの輸送需要が発展することを考慮して，イスラム教ミールを重視する傾向にある。あくまでも利益を求めなければならない航空会社にとって，需要の規模とコストのバランスを見極めつつ，幅広いニーズに対応していくことが大きな課題となっている。

ただし，こうした先行研究は，提供される側やマーケティングの視点からの考察が主流であり，食べる側である乗客の享受や経験には触れられておらず，またその研究手法も計量的分析に終始している。しかし，現在，特別機内食へのニーズは宗教機内食に留まらず，健康に配慮した機内食や，健康志向により急増するベジタリアン向けの機内食などにも目を向ける必要があり，そうした複雑な状況の実態を明らかにするためには，実際の「利用者の立場から捉えた特別機内食」についても分析する必要がある。同時に上述の「作動中の科学」の側面に鑑みれば，特にグローバル社会に対応すべく開発途上の機内食においては，利用者がどのように享受しているかという側面にもっと注視する意味が存在すると考えられる。言い換えれば，作動中における変化のプロセス[8]，すなわち人（乗客）とモノ（機内食）との間の実践についても着目し，そこで形成されつつある知識・事柄を抽出して，考察を深める必要があると考えた。

そこで本研究では，機内食の固有性について，通常の食事との比較を踏まえつつその特徴を具現化するとともに，主として現在開発途上である特別機内食に着目し，多種多様化する機内食の現状について明らかにすることを目的とする。特に機内食を巡る乗客実践を通じて蓄積されていく知の体系を評価するために，レビュー分析やインタビュー調査等を行い，先行研究では捉え切れていない新たな側面を明らかにしつつ，今後の機内食の展望を模索していきたい。

1．機内食の役割の変遷並びに特殊な環境で提供されるその特徴

1-1.「提供」,「社会反映」,「多様性」の時代への変遷

機内食の役割は，航空機の発達，ユーザーの変化，調理技術の進化などに伴い変遷してきており[2]，以下のように 3 つの時代に分けられる。

1）黎明期：「提供」の時代

機内食の起源は諸説あるが，1919 年，第一次世界大戦中のフランスで 12 名の軍人を輸送した際に，昼食とシャンパンのサービスを行ったことが始まりだという説が有力である。これ

[*2] 科学および技術研究は，常に未知の部分を含みながら，その未知の解明を続けていく過程であるため，その未知の部分は，時々刻々と変化する。ここでその時々刻々と変化する事実の探求が作動中の科学と捉えられる。

は民間機が日常定期的に運航するものではないものの，航空機で食事がサービスされたというものが一番古い記録とされている。その後，本格的に食事の提供が開始されたのは 1928 年であり，「空飛ぶ食堂車」と呼ばれる，ルフトハンザドイツ航空会社の金属製航空機ユンカース G31 が登場したことがきっかけとなる。この航空機にはギャレー[*3]が完備されており，客室乗務員が搭乗して食事サービスを行った。

また，ギャレーの進化も機内食の歴史に深く関わっている。アメリカの初期の機内サービスでは，機内食として冷たいフライドチキンが提供されていた。その後，ユナイテッド・エアラインから，調理台やコーヒー・紅茶を保存できる保温庫が搭載されたギャレーを備える旅客機 DC-3 が登場した。機内で食べ物を温め直す手段はまだ存在しなかったが，少なくとも温かいドリンクを提供したり，さまざまなサンドイッチやスナック等を保存したりすることが可能になった。ただし，この頃は，いかに安定した振動の少ない運航が出来るかが航空業界の課題であったため，食事の優先度は低かった。食事に関しては，「列車並みのものを何とか出すこと」が目標とされていたようである。すなわち黎明期は，あくまでも機内食を提供すること自体が目的であったといえる。

2）発展期：「社会反映」の時代

1960 年代に入ると，ボーイング 747 に代表されるように，ジェットエンジンを搭載した旅客機が大衆化されるようになった[3)]。このようなジェット機は成層圏での安定飛行を可能にしたため，提供できる食事のバリエーションが増えた。それと同時に，ギャレーも大きな進歩を遂げており，例えばパンアメリカ航空は，たった 300 秒で機内食を用意できる，優れたトースターオーブンを搭載した最新・最速のジェット機の登場を可能にした。これにより，機内で冷たいフライドチキンではなく，温かい食事を食べられるようになる。さらに，乗務員が機内全体に，効率的に食事や飲み物を提供するための機内カートも誕生した[9)]。食事やドリンクを搭載した細長いトレーを，適温を保ったまま移動させることができるようになり，乗務員はギャレーと客席を何度も行き来する必要がなくなった。

他方で，利用層の変化も，機内食の役割に大きく影響を与えた。ジェット旅客機の登場によって燃費消費率も大幅に向上し，乗客一人当たりの運航経費が引き下げられることとなり，これまでビジネス利用が主な目的とされていた国際航空便の利用が，富裕層から一般層へと拡大された[2)]。この頃，社会的に環境問題や健康志向が高まったため，ジェット機の進化と利用層の拡大に伴い，機内食には消費者の問題意識が反映されるようになった。例えば，1980 年代のドイツでは，動物保護の観点から，ファーストクラス機内食においてフォアグラの提供が廃止され，禁煙運動から，これまで行われていた機内での葉巻やたばこのサービスもなくなった。また，健康志向や航空医学の発達から，時差を克服するような軽食という概念が生まれ，先進国の航空会社では，低カロリー食の提供が始まった。このように，1960 年代から 20 世紀の終わりまでの発展期は，機内食は，利用客の問題意識に配慮した「社会反映」という役割を担っていた。

3）成熟期：「多様性」の時代

21 世紀に入り，グローバル規模での人の移動がより一層盛んになるのと同時に，我が国でも，訪日するイスラム教徒やユダヤ教徒などに対する特別な食事サービスを十分に行う必要性が高まってきた。一方で，ベジタリアン人口も増加し，宗教食以外にも乗客健康を気遣うためにあらゆる特別食を提供するようになった。このようなサービスの細分化は人の移動の活発化に伴うものでもあるが，それに加えて LCC の

[*3] 飛行機内で食べ物の調理や準備をする場所

参入も大きな要因である。フルサービスキャリア（FSC）では航空運賃の一部として機内食にかかるコストが含まれているが，LCC ではこの限りではない。LCC は基本的に移動手段としての役割のみを持ち，機内食は有料で通常のサービスには含まれない。また多くの LCC では，機内食は事前予約制をとっている。これは，必要な数だけ機内に持ち込むことで，経費を削減しようという狙いがあるからである [3)]。こうした理由により，航空券料金は FSC と比べて大幅に安くなり，多少サービスの質が低下しても移動費用は最小限に抑えたい，という若年層に特に人気がある [*4]。よって，このような LCC との差別化を図るために，FSC はサービスの質を上げることを余儀なくされ，機内食サービスの向上もその一つである。各航空会社は美味しさを追求し，老舗レストランのシェフを料理長に迎え入れたり，SNS 上で機内食の人気投票キャンペーンを行ったりする等，機内食を，利用客が FSC を選択する一つのファクターとするように積極的に働きかけている [2)]。

サービスの細分化には，調理法の進化も大きく寄与している。後述するように，機内で温め直す食事は，地上で適切な温度で調理しておかなければならない。準備に要する仕事量の多さや，食材の種類を考えると，これは簡単な作業ではない。しかし，2009 年ごろから，ユナイテッド・エアライン等が「真空調理法」を導入し始めた [2)]。この調理法は，真空パックした食べ物をお湯に入れるというもので，食べ物をどこまで調理しておくかをより細かくコントロールすることが可能となった。また，航空機の発達とともにギャレーも進化している [*5]。最新の国際線仕様機であるボーイング 787-8 では，電子レンジが搭載されている。従来のスチームオーブンとは異なり，電子レンジは電磁波が発生するため，飛行への影響から航空機に搭載することが難しかった。少量加熱に適した電子レンジが普及することにより，近年の長距離国際線において，「好きなものを好きな時に食べる」という自由なサービスが定着してきたのである。

さらに，前時代の社会反映という役割も踏襲しつつ，新たな展開を迎えている。環境保護，特にごみ削減という社会問題に，機内食も本格的に取り組み始めている。その一つに，機内食の寄付活動が挙げられる。例えば，オーストラリアに，2004 年に設立された Oz Harvest という非営利団体 [*6] があり，食料廃棄問題に精力的に取り組んでおり，機内食も扱っている。余った機内食 [*7] を回収し，ホームレスや貧困層，またその支援団体などに寄付する，というものである。このように，機内食の廃棄は大きな問題であるが，この問題への取り組みは，日本の航空会社でも始まっている [*8]。全日本空輸株式会社は，シンガポールのフードバンク団体と協力し，2016 年 10 月から余剰機内食の寄付を開始した。それまで羽田 - シンガポール路線では，個包装のスナック菓子 2 つとペットボトル水 1 本が入った「スナックバック」を搭載していたが，1 便当たりおよそ 5 袋が未使用のまま廃棄されていた。寄付活動は，ケータリング会社が余ったスナックバックを収集・保管し，フードバンク団体が月に 1 度回収に向かい，配送作業

[*4] 国土政策研究所「LCC の参入効果分析に関する調査分研究」（2014 年 10 月）によると，FSC 利用者の平均年齢は 48.7 歳で，20 代前半の利用者が少なく 60 歳以上の利用者が多く，LCC 利用者の平均年齢は 43.1 歳で 15 ～ 29 歳の利用者が多い。

[*5] 航空旅行編集部「ギャレーの役割と機能とは ?787 に見る”空のキッチン”」『航空旅行』p.54-57，2012 年 9 月 1 日号

[*6] Oz Harvest 公式 HP< www.ozharvest.org/>（最終閲覧日 :2018 年 11 月 26 日）

[*7] この活動が開始されるまで，オーストラリアでは，急な欠航などの原因から，手つかずの食料が 200 ～ 400kg/ 日廃棄されていた。

[*8] ANA 公式 HP『What's up? ANA』<https://www.ana.co.jp/ana_news/>（最終閲覧日 :2019 年 1 月 4 日）

を行うというもので，23 日間で 168 袋ものスナックバックが寄付された。こうした廃棄されるはずの機内食を寄付するという活動の導入が遅れたのは，厳しい衛生基準があるからである。特に，日本はフードバンクなどで寄付された食品が原因で健康被害が起こった際の責任の所在を明記している法律がない。さらに，それが日本発の飛行機で，国を越えてシンガポールで寄付されるとなれば，なおさら責任の所在が複雑になる。このように，機内食の廃棄を寄付という方法で削減する流れが生まれてはいるが，普及には制度の整備が急がれる。

現在は需要の多様化だけではなく，提供形態もますます多様化してきている。例えば，KLM オランダ航空は，2018 年より「エニー・タイム・フォー・ユー」という新たな機内食サービスを展開し始めた[*9]。これは，自分の好きな時間に好みの料理を選べるというビジネスクラス向けのサービスで，利用者は，メインの食事とは別に，チーズバーガーやサラダなど 5 種類から，何度でも注文し食べることができる。日本初の国際線では，日本人の顧客に合わせて和食弁当やとんかつも用意するなど，柔軟な工夫がなされている。しかし，従来の機内食サービスでも客室乗務員は手一杯だったこともあり，客室乗務員の数は通常より多く搭乗するように調整されている。このサービスは，顧客の食事量や登場後の予定が異なることから生まれたものであり，今後も多種多様化する需要に合わせてこの「エニー・タイム・フォーユー」と同様のサービスを始める航空会社も増えていくのではないかと考えられる。

他方で，空の上という特殊な環境への関心も高まっている。2016 年 12 月に「FIRST AIRLINES」という施設がオープンした[*10]。この施設では，最先端のバーチャルリアリティ技術を用いて航空移動や旅行を疑似体験したり，実際の機内に似せた環境下で機内食を楽しんだりすることが出来る。また，関西国際空港の展望デッキ内には，「レジェンド・オブ・コンコルド」という機内食レストランが存在している。ここでの機内食は実際に提供されているメニューとは異なるが，航空移動のなかでも特別感のある機内食を地上で体験できるというのは，機内食の魅力を広める貴重な場となっていると推察される。ただし，機内食は 1-3 で述べていくように，特殊な環境である機内で提供されるゆえの味覚の変化に対応する調理の工夫がなされており，地上にて機内食を食べられる場という目的で需要が高まるには，美味しさの面で限界があると考えられる[*11]。

1-2. 機内食が提供されるまで[*12]

上述のように，時代とともに利用者の需要が多様化するとともに，機内食サービスも多様化してきているが，ここで機内食が提供されるまでのプロセス（**図 1**）について，確認してみる。

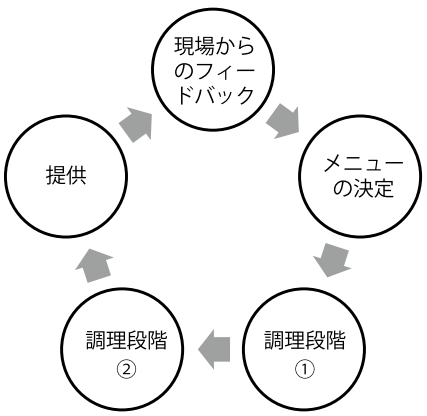


図 1　機内食メニューの決定から提供まで（文献 7）をもとに筆者作成）

[*9] オランダ航空公式 HP<https://www.klm.com/home/jp/ja>（最終閲覧日 :2019 年 1 月 4 日）
[*10] FIRST　AIRLINES 公式 HP<http://firstairlines.jp/>（最終閲覧日 :2018 年 10 月 28 日）
[*11] 筆者が実際に試食したところ，味に関しては，特にエビとサーモンの味付けが濃く，かなり塩辛く感じた。また，ニンジンとインゲンがかなり柔らかく水分を含み，これは乾燥しがちな機内環境に対応した調理方法なのではないかと思われる。
[*12] この過程について，主として文献 6）および 7）を参照しつつ説明する。

機内食が提供されるまでには，様々な人や機関が介在している。

まず，機内食のメニューの決定は，一般に，客室乗務員や営業担当者からフィードバック等を基に，本社からメニューのコンセプトや大まかな要望が送られてくる。このフィードバックには，鮮度や季節感，健康への配慮，多様性，客の年代やサービスの時間，デスティネーション等の要素が含まれている。それを受け，まず総料理長が絵や文字などで料理を表現し，実際の調理を調整した上で，航空会社の機内食担当者，ケータリング会社，乗務員が参加するミーティングにおいて味や料理のデザインが暫定的に決定される。そして，その案を，次は本社の担当者，現地の担当者，客室乗務員，ケータリング会社の担当者が出席する会合にてプレゼンテーションが行われ，議論を行い最終的にメニューが決定される。その際，①できるだけ季節の食材 ,②ファーストクラスやビジネスクラスには，風味や濃厚さなど，メニューの内容にフィットする材料の使い分け ,③ 1 組のメニューを通して，使用する食材が重複したり，偏ったりしないようバランスを配慮 ,④食欲を減退させたり清潔感を失ったりしないような色彩や形，という 4 項目が考慮される。このような会合は年数回行われており，この他，クルーミール（乗務員向けの食事）を決定するための会合も開かれている。

このようにメニューの決定過程は特徴的ではあるものの，機内食が通常の食事と大きく異なるのは，2 つに分かれた調理段階にある。すなわち，ホットミールは出発の 24 時間前から，コールドミールは 12 時間前から準備が開始される。そして,工場で出来上がったものを冷蔵・冷凍し，航空機に搭載された後，さらに機内のギャレーにおいて再加熱が行われる。この際の調理は，20 分加熱・10 分保温が基本である。機内での再加熱が必要な理由は，長時間閉鎖された機内で食中毒患者が発生すれば，迅速な対応が出来ない危険があるため，衛生管理が徹底化 [*13] されなければならないからである。またこれへのリスク対応として，機長と副操縦士は別のメニューを食べており，機内食で食中毒になってしまっても，片方が問題なく操縦を行えるようにするための策であるとされる。

他方で，宗教機内食の調理に特別な配慮がなされており，例えば，ムスリムの利用者が多いマレーシア航空では，ムスリムミールを食材の段階から隔離している。他の食事の生産ラインとは一切接触・交差させないように，機内食の調理工場では，ムスリム食の生産ラインにのみ別の専用フロアを設けている。食品検査技術者にマレー人ムスリムを採用し，調理従事者はムスリムミールへの従事を表す腕章を着け，その日はムスリムミールの生産だけに従事する。調理過程においても，みりんや料理酒等一切用いられず，アルコール・酒類を含むソース等も禁止されている。さらに，食材保管庫から調理場の冷蔵庫・調理器具・トレーやプラスチックの容器に至るまで，すべてハラルマークのシールが貼られている。また，食事に厳格なユダヤ教のミールに対しても配慮されている。ユダヤ教では，ユダヤ教徒は調理し，聖職者が祈りを捧げ，封印したものしか食べてはいけないという制約があるため，ユダヤ教ミールは，「この食事は祈祷・封印しています」という内容の文面を記載したシールで封印される。このように，イスラム教徒やユダヤ教徒が安心して機内食を

[*13] 機内食工場では HACCAP に基づき，厳重に安全管理がなされている。一度加熱した肉等は，菌類が繁殖しやすい 30 ～ 40 度の温度帯を素早く通過し，ブラストチラーという料理を熱いまま生成的に急速冷却する機械で食品内部を 3 度まで下げる必要がある。調理が完了した機内食や，従業員の手や腸内，調理器具等あらゆるものが細菌検査されており，菌の繁殖を防ぐ為調理後から搭載まで一貫して 10 度以下に保たれる。また，遅延等の理由により調理後 24 時間以内に搭載出来なければ，菌類の発生を避けるため機内食は作り直される。

口にすることが出来るように，宗教規律を順守した調理を経て提供されている。

調理が完成すると提供の作業に移るが，特別機内食を事前にリクエストしていた乗客に，間違いなく確実に配膳しなければならない。提供の方法については各航空会社により異なるが，日系の全日本空輸株式会社と日本航空株式会社では，以下の手順で機内食が提供されている。旅客に関する情報は，旅客搭乗時に紙媒体で提供される。そして，サービス前に旅客情報について，クラス責任者が当該座席の乗客にリクエスト内容を確認する。座席では，リクエストした内容の特別食であるかどうかを搭乗券で確認し，氏名と座席番号と注文した特別食が一致すれば，座席番号と特別食保管されている特別食に貼付し，確認作業は終了となる。担当客室乗務員は，一般の食事サービスの前に，提供する特別食の数量が少なければ一人ひとり手配りで配膳し，多ければまとめて収納したカートを先頭に特別食から配膳を行っていく。特別機内食の配膳が完了した後，通常食の配膳を開始する。このように，特別機内食の配膳には，ミスが起こらないように徹底された確認作業が行われている。

以上みてきたように，機内食では，メニューの決定から提供に至るまでの全ての段階において，通常の食事とは異なる手順が踏まれていることが分かる。

1-3.「美味しさ」を提供するための諸条件

美味しい機内食を提供することは，航空会社にとっての一つの課題である。しかしながら，しばしば「機内食は不味い」と言われることがある。その原因は様々である。

まず航空機内では，その特殊な空間性ゆえに，乗客は様々な身体的・精神的ストレスが課されているとされる[10]。航空機内における乗客のストレスは，空酔い[*14]，航空疲労[*15]，時差の影響[*16]，加速度・振動の影響とその耐性[*17]の4つが上げられている。

他方で，機内側の原因も考えられる。まず機内の乾燥が挙げられる。航空機は高度35,000フィートに達すると，胴体腐食防止のため機内の湿度を下げるように設定されている。これにより機内が乾燥してドライマウスを引き起こし，食べ物を味気なく感じるようになると言われる。また，機内では，ホワイトノイズと呼ばれるエンジン音が絶えず耳につき，それが原因で味覚が鈍化してしまうという。そのため，このホワイトノイズは甘味や塩味を感じにくくさ

[*14] 自動車や電車で起こるものと同じように，主に吐き気をもよおす症状のことである。ただし，自動車や電車とは異なり，前後･上下･左右の3次元方向の運動に加えたこれら3次元方向を中心とした各加速度，つまり6種の加速度を有する不規則な運動が原因のため，これらの乗り物では酔わない人でも空酔いを起こすことも多い。また，搭乗中は視覚と平衡感覚との不一致が生じたり，食後の胃腸等消化器の状態が変化したりする等の身体的な制限が起きることも空酔いの原因の一つである。さらに，心理学的要素，例えば飛行に対する恐怖や神経質な性格等も空酔いの原因として挙げられる。

[*15] 一種の精神的疲労ではあるが，発現の要因が通常のものとは異なる。機体の振動や騒音によるストレスを感じたり，高度の上昇により酸素が不足気味になったり等，航空疲労の要因が機体側にあることもある。また，恐怖感や睡眠･休息の不足，退屈感など精神的なものが要因になることもある。悪気流による動揺，好天の際の明暗の差といった気象条件も航空疲労につながる。

[*16] 時差が2～3時間以上あると，身体に不調をきたしたり，食欲が減退したり，眠気が生じることが多い。これは，24時間を1周期とする生体機能のサーカディアンリズム（circadian rhythm）が変調することによって生じる。

[*17] 例えば，垂直方向への大きな振動は，呼吸困難，腹部の強直，各部位への疼通等の原因となり，同方向への小さな振動は，空酔い，頭痛，冷や汗，胸のむかつきの原因となる。離陸中，乗客は常に加速度・振動の影響を受けているため，それらに対する耐性が重要であると言える。耐性を弱める原因としては，空腹や低血糖状態，睡眠不足，過度の喫煙等が挙げられる。

せるということが明らかとされている[11]。さらに，人間は高度で味覚が変わることが科学的に実証されており，高度が上がるにつれ気圧が変化することにより，味を感知する味蕾の機能が，3 分の 2 にまで低下してしまう。例えば，塩味は約 20 ～ 30%，甘味は約 15 ～ 20% 低下する[2]。そして，先に述べた，調理過程の特殊さも一つの原因である。すなわち食中毒等の予防を最重要視するために，通常以上に火を通し，さらに一度出来上がった食事を冷蔵・冷凍し，機内のオーブンで再加熱するために，食材がパサパサになってしまうからである。

以上のことから，機内という環境では，美味しい食事を提供するためには困難が多いことが分かる。このような状況下でも美味しい食事を提供するためには，様々な条件が求められ，概して，食材と調理方法の 2 つの観点が考えられる。まず，エコノミークラスでは，コストの厳しい制約と膨大な製造数の理由から，使用出来る食材は大量数を安定供給できるものに限定される[2]。このような中で，2 度の加熱調理に耐える食材を選ばなければならない。例えば，保水性があり，色彩のバリエーションにもなる野菜は全般的に適している。また，メインには柔らかくうまみ成分もたっぷりの牛フィレ肉や，衛生面の管理がし易く脂のりの良いサーモン等が向いている[11]。一方，脂分の少ない豚フィレ肉，鶏ささみ等は加熱後パサパサになってしまうため適さない。また，調理方法については，機内での味覚の鈍化に対応するための工夫が必要である。具体的には，通常の食事よりも濃い目の味付けをしなければならず，地上で口にすると味が濃すぎると感じられるものとなる。また，技術の進歩により低温調理や真空調理など，食感を損なわないための新たな調理法も行われつつある。

このように，通常の機内食であっても，使用に適した食材が限れており，工夫された調理が求められる。これらのことから，さらに食材が限定される特別機内食は，美味しく提供するために多くの苦労があるのではないかと推察される。

1-4. フルサービスキャリアとローコストキャリアの機内食の違い

ここではフルサービスキャリア（FSC）の機内食とローコストキャリア（LCC）の機内食についての差異をまとめてみる。まず，FSC の機内食では，選択肢がほとんどない。一回の食事での選択肢は，「ビーフ or フィッシュ」の二択である。一方で，特別食の提供数は，後術するように国や地域によってばらつきがあるものの，多いといってよい。また，利用目的としては，「目的地に着く」という利用者の本来の目的に派生して「航空機を利用する」という需要が発生し，さらにその派生として「機内食を利用する」という流れになる。また国と国をまたぐ長距離路線も多いフルサービスキャリアでは，当然のことながら，利用者の食に対する条件は様々であり需要も多種多様である。他方で，上述したようにメニューは事前に決定され，機内食は工場で調理されたのち，さらに機内でも調理される。機内の環境下では利用できる食材が限られ，乗客の味覚も変化し，機内の限られた設備では調理法も制限され，さらには LCC との競争によって，航空券料金に含まれている機内食のコストを削減することを余儀なくされている。

これに対し LCC の機内食では，通常特別食の提供がない。LCC は，4 時間が目安の短距離路線を就航しており，乗客全員に機内食を提供する必要がないからである。そのため，あくまでも機内食はオプションとなる。航空券料金とは別途に機内食に対しオプションの料金を課すことが出来るため，機内食コストを削減する必要がないことも FSC との大きな違いである。ただし，機内食が有料であるがゆえに種類も豊富に提供することができ，またユニークなものや高品質なものも用意することができ，利用者の選択肢はむしろ広がる点が分かってきた。例えば，関西国際空港を拠点とする Peach では，大手お好み焼きチェーン店である「千房」と

のコラボメニューや，Peach 独自の商品である「ピーチ・デニッシュ」等，乗客の好奇心をくすぐるような機内食を提供している[*18]。ただし，機内という環境は FSC と同じであるため，食材や調理法，乗客の味覚の変化という制限はある。

以上より，特に FSC の機内食に関しては，利用者に選択肢がないからこそ，提供する側は多様な需要に柔軟に応えなくてはならないことが推察される。同時に，そのことによって，利用者の本来の目的である「目的地に到着すること」を不便なく達成させるという役割を果たさなければならないと考えられる。

2. 開発途上にある特別機内食の現状と新たな展開

2-1. 特別機内食の需要の高まりとその概要

特別機内食に対しての需要は急増している。ここ数年で，日本を訪れる外国人の数は増加しており，以下の表からも分かるように，2017 年には訪日外国人数は 28,691,073 人であり，これはその前年である 2016 年のおよそ 1.19 倍である[*19]。特に東南アジアの国々からの増加が目立っており，約 2 億人のムスリムを抱える世界最大のイスラム国であるインドネシアの伸率が 21.9% である。また，インドには約 3 億 8800 万人のベジタリアンがいる。当然のことながら，彼らのほとんどは航空機を利用して日本で入国するのであり，機内食にも対応が求められていると考えられる。

概して機内食は，通常食と特別食の 2 種類に分けられる。日本の航空会社では，「通常食」はおもに食に制限がない乗客に向けた機内食であり，「特別食」とは，健康上の問題や信仰する宗教，食に対する考え方などの理由から口にするするもの，出来るものに制限のある乗客に対応して用意されている食事のことを指す。国際航空運送協会（IATA=International Air Transport Association）では，各航空会社が共通して提供することが出来る特別機内食を 4 文字のアルファベットコードで表示することを定めている[7)]。このことにより，旅客が 2 つ以上の航空会社を利用して目的地に向かう場合でも，航空券の予約時に申請手続きをすれば，乗継便に特別機内食のリクエストが引き継がれるようになっている。利用者の宗教に対応する「宗教食」には，ヒンドゥー教食，イスラム教食，ユダヤ教食，また，健康に配慮する「健康食」には，低カロリー食，糖尿病食，減塩食，低乳糖食，無グリテン食等が挙げられる。その他の特別なリクエストに対応して提供されるものは「特別食」に分類され，これには子供用食や乳幼児食，シーフード食等も提供している航空会社も多い[7)]。

特別機内食の中でも特に，ベジタリアン食[*20]は現在も開発途上であり，多様な種類に分かれている。ベジタリアンの定義は流動的であるが，英国ベジタリアン協会は，ベジタリアンを「穀物，豆類，ナッツ類，種，野菜，果物を摂り，乳製品や卵などは摂らない者」，または「肉，家禽肉，狩猟肉，魚，貝類，甲殻類，食肉処理により生じた副産物をとらない者」と定義しているほか，卵や乳製品などを食べるかどうかによってさらに細分化している。また，ベジタリアンの動向として，南アジアでは，ヒンドゥー教や仏教など宗教上の理由によるベジタリアンの人口は減少傾向にある。一方で，欧米においては，生命の尊厳を旨とするアニマルライツや観光保護の観点，健康志向の高まりなどを背景にベジタリアンを選択する人々が増加しており，その種類も多様化している。このような，21 世紀に急増しているベジタリアンは，「地

[*18] 古屋江美子『天空のレストランへようこそ！-Airline Meals in the World』, 航空旅行 , 2015 年 9 月 1 日発行, p.63
[*19] 日本政府観光局（JINTO）「年別　訪日外客数，出国日本人数の推移（1964 年 -2017 年）」より
[*20] 機内食のベジタリアン食について，主として文献 12）および 13）を参照しつつ説明する。

表 1　摂取食品によるベジタリアンの分類 [*21]

	肉類	鳥類	魚介類	乳製品	卵
ビーガン	×	×	×	×	×
ラクトオボベジタリアン	×	×	×	○	×
オボベジタリアン	×	×	×	×	○
ペスコーベジタリアン	×	×	○	×	×
ポゥヨゥベジタリアン	×	○	×	×	×
マクロビオティック	×	×	△	×	△

○：摂取する　×：摂取しない　△：摂取することが認められている

球市民型ベジタリアン」と呼ばれている。

表 1 は，摂取する食品に応じてベジタリアンを分類したものである。ビーガンは，動物に苦みを与えることへの嫌悪から，動物の肉（鳥肉・魚肉・その他の魚介類）と卵・乳製品を食べず，また動物製品（皮製品・シルク・ウール・羊毛油・ゼラチンなど）を身につけたりしない人々を指し，ベジタリアンの中でも最も厳格だといえる。ラクトベジタリアンは，植物性食品に加えて乳や乳製品を食べる人々で，またオボベジタリアンは，植物性食品に加えて卵や卵製品を食べる人々である。そして，ラクトオボベジタリアンは，植物性食品に加え，乳・乳製品と卵・卵製品を摂取する人々のことである。また，ペスコーベジタリアンは，植物性食品に加えて魚介類を食する人々であり，ポゥヨゥベジタリアンは,植物性食品に加えて鶏肉を摂取し，ヒスパニックに近い。マクロビオティックは日本人の桜沢如一氏が提唱した食生活の概念で，動物性のもの，特に肉を避け，無農薬・自然農法の穀物や野菜を中心とした食事をとる。他にも，果物やナッツ類だけを食べる「フルータリアン」や，食生活の一部に限定してベジタリアン食を取り入れる「フレキシタリアン」と呼ばれる人々も存在する。

このように，一言でベジタリアンといっても厳密さの段階に応じて様々であり，各々のニーズに応じた機内食を提供することが求められる。また，ローフードの流行やメディアの影響などからベジタリアンにクールなイメージを抱く若者も多く，今後もベジタリアン人口はさらに増加すると考えられる。よって，ベジタリアンの種類もさらに細分化する可能性があり，機内食に対するニーズも多様化していくことは必然であろう。

なお，特別機内食の利用方法は通常食と異なり，基本的に特別機内食はリクエストベースであり，利用を希望する乗客は，事前に HP 上でリクエストしておく必要がある [7]。そのリクエスト期限は航空会社や希望する特別機内食の種類によって様々であるが，出発の 48 時間前もしくは 24 時間前であることが多い。それゆえに，リクエスト期限の柔軟さが，乗客にとっての利便性に関わる可能性がある点に留意しておく必要がある。

2-2. 地域別に見る各航空会社の対応状況

ここでは，各航空会社の特別機内食への対応状況をについて，各社の HP 情報 [*22] を元に整理する。その際，特別機内食への対応は，その国に住む人々の宗教に大きく関わっているため，国別・地域別に比較を示していく（**表 2**）。

表 2 からも見て取れるように，国や地域によって特別機内食の対応は様々である。特に，宗教食の種類の差異はそれぞれの地域の文化的社会的背景と関係することが多い。例えば，ユダヤ教徒が多数派を占めるイスラエルのエル・アル航空では，通常のユダヤ教ミールに加え，ユダヤ教徒用のフィッシュミールや子供用ミールも提供されている。また，東南アジアのマ

[*21] 出典は文献 12）

レーシア航空やガルーダ・インドネシア航空，中東系のエティハド航空，エジプト航空では，通常食自体がイスラム教ミールに統一されている。このことに関して，ガルーダ・インドネシア航空については，乗客の食事に対しての戒律は緩やかで，アルコール類も提供しており，ハラール専用のキッチンで調理されてはいるものの，調理に豚を使わなければよいだけであると言及されている[2)]。これに対して，上述したように，マレーシア航空は厳格であり，アルコール類の提供はもちろんのこと，調理過程においても，料理酒やみりん等アルコールを含む調味料でさえも禁じられている。ケータリング工場では，視察団のチェックや他の食事との生産ラインとの一切の隔離，全ての調理器具や容器へのハラルマークの貼付等，厳重な管理がなされている。このように，同じイスラム教系航空会社であってもその対応は大きく異なっていることが分かる。

最も対応に差異が見られるのはベジタリアン食であった。上述したように，ベジタリアンは近年ますます多様化してきており，航空会社の対応が追い付いていないことがよくわかる。ただし，**表 1** からも分かるように，ビーガンは多数のベジタリアンの中で最も厳格で，食べられないものが多い。つまり，ビーガンミールの提供さえあれば，他種のベジタリアンであっても，自分が口に出来ない食べ物を避けて食事が出来る。利便性という観点からみると，ベジタリアンミールの対応の遅れは，ある程度補完できるかもしれない。しかし，食は生に関わることであり，利用者の航空移動の質という意味では，乳製品や卵など，ベジタリアンであっても食べることができ，また食べたいと思う食材が機内食に含まれているということが重要であると考える。

他方で，提供種類と併せてリクエスト期限もチェックしていくと，ユダヤ教ミールのリクエスト期限が他よりも早く設定されていることが多いことが分かった。例えば，ブリティッシュ・エアウェイズでは，ユダヤ教ミールの利用者は出発の 48 時間前までにリクエストを完了させている必要があり（他の特別食は 24 時間前），南アフリカ航空に至っては出発の 72 時間前までに完了させていなくてはならない（他の特別食は 48 時間前）。この他の特別食との期限の違いは，ユダヤ教ミールは使用する食材に制限があるだけでなく，祈祷

*22 日本航空公式 HP< https://www.jal.co.jp/>（最終閲覧日 :2018 年 12 月 6 日）
チャイナエアライン公式 HP<https://www.china-airlines.com/jp/jp>（最終閲覧日 : 同上）
シンガポール航空公式 HP<https://www.singaporeair.com/home.form>（最終閲覧日 : 同上）
マレーシア航空公式 HP<https://www.malaysiaairlines.com/jp/ja.html>（最終閲覧日 : 同上）
ガルーダ・インドネシア航空公式 HP< https://www.garuda-indonesia.com/jp/ja/index.page>（最終閲覧日 :2018 年 12 月 17 日）
パキスタン航空公式 HP<https://www.piac.com.pk/>（最終閲覧日 : 同上）
エディハト航空公式 HP<https://www.etihad.com/ja-jp/>（最終閲覧日 :2018 年 12 月 18 日）
エル・アル航空公式 HP<https://www.elal.com/en/Israel/Pages/default.aspx>（最終閲覧日 : 同上）
ブリティッシュ・エアウェイズ公式 HP<https://www.britishairways.com/travel/home/public/ja_jp>（最終閲覧日 : 同上）
エールフランス航空公式 HP<https://www.airfrance.co.jp/>（最終閲覧日 : 同上）
アエロフロート航空公式 HP<https://www.aeroflot.ru/jp-ja>（最終閲覧日 : 同上）
エジプト航空公式 HP<https://www.egyptair.com/en/Pages/HomePage.aspx>（最終閲覧日 : 同上）
南アフリカ航空公式 HP<https://www.flysaa.com/cms/emergency/index.html>（最終閲覧日 : 同上）
ユナイテッド航空公式 HP<https://www.united.com/ja/jp/>（最終閲覧日 :2018 年 12 月 17 日）
エアカナダ公式 HP<https://www.aircanada.com/jp/ja/aco/home.html>（最終閲覧日 : 同上））
アエロメヒコ航空公式 HP<https://aeromexico.jp/>（最終閲覧日 :2019 年 1 月 4 日）
ラタム航空公式 HP<https://www.latam.com/en_un/>（最終閲覧日 :2018 年 12 月 17 日）

表2　世界の航空会社の特別食対応比較

	アジア		東南アジア		南アジア		中東		ヨーロッパ		アフリカ		北米		南米	
	JL	CI	SQ	MH	GA	AI	PK	EY	LY	BA	AF	SU	MS	SA	UA	AC	AM	LA
宗教色																		
ヒンドゥー教食	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○		○		
イスラム教食	○	○	○	◎	◎	△		◎		○	○	○	◎	○	○	○		
ユダヤ教食	○	○	○	○	○	○		○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ベジタリアン食																		
ベジタリアン食	○	○	○	○	○	○	○			○	○		○				○	○
ビーガン食	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○		○	○			○
生ベジタリアン食	○	○	○	○	○	○	○	○						○				
ジャイナ教食		○	○	○	○	○		○				○		○	○			
ベジタリアンオリエンタル食			○	○	○	○								○				
ヒンドゥー教ベジタリアン食	○	○	○	○		○		○		○	○	○		○	○	○		
ラクトオボベジタリアン食					○		○		○					○	○		○	
健康食																		
潰瘍食	○	○	○	○	○	○	○	○						○		○	○	○
グリテンフリー食	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○		○	○	○	○	○
糖尿病食	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○
低カロリー食	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○		○		○		○
低脂肪食	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○		○		○
減塩食	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○		○		○
低乳糖食	○	○		○	○	○		○	○	○		○		○		○		○
低たんぱく食					○													
低プリン体食					○													
高食物繊維食					○		○											
フルーツ食	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○		○		○		
幼児・乳幼児食																		
子供用食	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○			○	○	○	○
乳幼児食	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○			○		
その他																		
シーフード食			○	○	○	○	○	○		○			○	○			○	

※ユナイテッド航空の健康食対応については，その需要の高さからあえて公式ホームページに掲載していないと考えられる。

JL: 日本航空（日本），CI: チャイナエアライン（中国），SQ: シンガポール航空（シンガポール），MH: マレーシア航空（マレーシア），GA: ガルーダ・インドネシア航空（インドネシア），PK: パキスタン航空（パキスタン），EY: エティハド航空（アラブ首長国連邦），LY: エル・アル航空（イスラエル），BA: ブリティッシュ・エアウェイズ（イギリス），AF: エールフランス（フランス），SU: アエロフロート航空（ロシア），MS: エジプト航空（エジプト），SA: 南アフリカ航空（南アフリカ共和国），UA: ユナイテッド航空（アメリカ合衆国），AC: エアカナダ（カナダ），AM: エアロメヒコ航空（メキシコ），LA: ラタム航空（チリ）

や封印といった手順を踏む必要があるとこが影響していると考えられる。

2-3. 航空会社のジレンマから見えてくる標準化する食への弊害

上記の分析より，今後各航空会社は自らが提供していない種の特別機内食を提供していくよう努めていくと考えられる。特別機内食の利用者，言い換えると機内においてはマイノリティの人々への配慮は，グローバル化が日々進行する現代においてどの航空会社も避けては通れない道だといえる。しかしながら，ただ単純に提供を増やせばいい，という簡単な話ではないことが伺い知れ，ここでは，ある事例[*23]からその点を考察してみる。

2015 年 12 月，インドの二大エアラインのひとつである国営航空会社エア・インディアでは，90 分以内の短距離国内線でのノンベジタリアン食が廃止された。これはコスト削減の一環であるが，ベジタリアンへの配慮やベジタリアン人口が多いことによる肉類の食品ロスの削減という面も持つ。一見，この取り組みは，ベジタリアンによく配慮されているように思われる。またより多くの人々が口に出来る最低限の食材を使用した食事を通常食にすることによって，航空会社にとっては特別機内食にかかるコストを削減でき，利用者にとっては特別機内食を注文する手間がなくなった人も多く，「平等に」食事が出来るようになったのかもしれない。しかし，インドは世界一ベジタリアン率が高いとはいえ，全人口の約 7 割はノンベジタリアンである[*24]。ノンベジタリアンにとって，全てがベジタリアン食になることによって，食べられない食材が発生することはなく，また利便性を損なうものでもないとの考えでの対応と思われるが，ノンベジタリアンはこの施策に反発したのである。

この事例では，マイノリティの食文化にスタンダードへの照準という試みから生じた弊害を示しているが，ここで考えるべき重要な事柄として，反対に日常ではマジョリティがいかにマイノリティへの配慮を怠っていたかを想起させる点であろう。すなわちこの事例は，グローバルスタンダード化していく食への警鐘と捉えることもできるのではないだろうか。

3. 旅や移動を享受する乗客と特別機内食との間の実践

3-1. 利用者のレビュー分析から考察する現場での特別機内食の特徴

特別機内食利用者の声を聞く空間のひとつに，機内食のレビューサイトがある。ここでは，最大の英語版のレビューサイトである AirlineMeals.net に投稿されたレビュー[*25]のうち，2013 年から 2018 年の間に Special Meal にカテゴライズされたおよそ 800 の投稿を取り上げながら，現場での特別機内食の特徴を考察[*26]した。以下，分析結果を示していく。

[*23] Alanna Petroff [Air India diches meaty meals to save money], CNN, 2017 年 7 月 10 日（最終閲覧日 :2018 年 12 月 14 日）

[*24] SRS Statistical Report2016 （2016 年インド標本調査）より

[*25] ここでは乗客の独断により機内食を採点している。AirlineMeals.net に投稿するためには，投稿者の名前やメールアドレス，SNS アカウントに加え，フライトや機内食の詳細を入力したうえで，機内食の写真付きで投稿しなければならず，また，匿名での投稿を望む場合は，ユーザー登録を行わなくてはならない。これらのことから，レビューはインターネット上の情報ではあるが，信ぴょう性は高いといえる。

[*26] 2018 年 10 月から 12 月にかけ，AirlineMeals.net にアクセスし，2013 年から 2018 年の間に Special Meal にカテゴライズされたおよそ 800 の投稿について，新着順に目を通した。その中で，美味しい / 不味いといった投稿者の主観による感想や意見を除き，客観性が高いと考えられるものを抽出し，分析した。なお，対象とする投稿を 2013 年から 2018 年までの期間に定めたのは，世界中に LCC が普及したことにより世界の人口移動が活発になりまた，LCC 登場により機内食を含む機内サービスが変化した，現在の状況に近づいている，または近い状態といえる期間であると捉えた。

まずメニューについてよく見られたのが「ビーガンミールなのにチーズがかかっている」という投稿である。その多くが,チーズがかかっているためにそのメニューを食べるのを諦めた，と述べていた。しかし，各航空会社の公式HPを見てみると，ビーガンミールに用いられているのはあくまでも乳製品を使わない「ビーガンチーズ」であり，ビーガンの乗客が食べても何ら問題はないことが分かった。しかし,ビーガンの人々がチーズを見て「食べられない」と思うのは当然のことであり，利用者を安心させるためにも食材の詳細を提示するべきではないかと考えられる。

ユダヤ教ミールには基本的に食材の詳細が記載されており，エアロフロート航空等ではエコノミークラスの機内食であってもメニューカードを乗客に渡している。また，カトラリーについての投稿も多かった。ユダヤ教ミールについて共通して多かったのが,「他の食事と比べてサイズが大きい」という意見である。たしかに，投稿された写真を見てみても，備え付けのテーブルが見えないほど大きな容器にユダヤ教ミールが入っている。また,違う航空会社のレビューであっても同じ容器のユダヤ教ミールの写真が投稿されており，複数の航空会社に同じケータリング会社がユダヤ教ミールを提供していることが分かった。また，金属食器を喜ぶ投稿も複数見られ，反対に，メニューごとに器が分かれていたり，プラスチックの使い捨ての器を用いていたりすることに対し，環境保護の観点から批判的なコメントをする人もいた。

次に，サービス面についての投稿では,「以前にエコノミークラスで利用したユダヤ教ミールと全く同じものがビジネスクラスで出てきた」とショックを受けるものがあった。ユダヤ教ミールに関しては,先に述べた,ひとつのケータリング会社が複数の航空会社を担当していることからも分かるように，利用クラスによって異なる対応が出来るほどのキャパシティーが提供する側にはないと推察される。ベジタリアンミール等他特別機内食の投稿では，エコノミークラスよりもビジネスクラスの方が，より質の高い食事を提供していると見受けられた。しかし，利用者はより高い料金を払ってビジネスクラスに乗っているのだから，エコノミークラスと同じ食事であることは事前に一言伝えておくという気配りも必要かもしれない。

また,「インド人は食事をするときに小さな指サックが必要であるのに，用意されていなかった。多くのインド人が利用している航路なのだから知っておくべきだ」という投稿もあった。たしかにインドには手食文化があるが，一般的には素手で食事をされており，指サックが必要不可欠だというのは個人の考えによるものだと言えるかもしれない。提供側の気遣いが至らなかった，という面ももちろん無視できないが，理想的な機内サービスの実現のためには，提供する側とされる側の歩み寄りが不可欠だと言える。ただし,「ベジタリアンなので肉と魚が食べられない」「胃に疾患があるので潰瘍食しか食べられない」といった客観的に見ても納得できる需要に関しては，航空会社は満たす努力をする必要があることは言うまでもない。

他方で，特別機内食を，本来の対象者ではない人が，別の目的で利用した，という投稿も見られた。特別機内食は，いわば「他文化の食事を体験できるコンテンツ」でもある。これもまた，機内食の利用形態の多様化のひとつといえよう。

3-2. 特別機内食における乗客実践から見えてくる事柄

上述のレビュー調査で得た利用者視点の機内食のデータを参考にしつつ，乗客実践の状況をより具体化するために，ここでは特別機内食利用者にインタビュー調査を行った結果から考察を深めていく。

調査方法は,2018年10月から11月にかけて,スノーボールサンプリング法を用い，実際に特別機内食を利用している，もしくは口にすることが出来る食べ物に制限のある以下の7名を対象に，半構造化インタビュー[*27]を行った。

T 氏：ベジタリアン / 日本人 / 対面式
S 氏：ヒンドゥー教徒 / ベジタリアン / インド人 / 対面式
P 氏：ヒンドゥー教徒 / ベジタリアン / ネパール人 / 非対面式
A 氏：イスラム教徒 / トルコ人 / 非対面式
G 氏：イスラム教徒 / シンガポール人 / 対面式・非対面式
F 氏：イスラム教徒 / インドネシア人 / 対面式・非対面式
Y 氏：甲殻類アレルギー / 日本人 / 対面式

T 氏は 3 年前からいわゆる「地球市民型ベジタリアン」（上述）となり，口にする食べ物に関してそれほど厳格ではない。そのため，特別機内食を利用はせずに，通常食から肉類や魚類を取り除いて食べているという。しかし，それにはもう一つ理由があり，特別機内食のリクエスト手順が面倒であるとのことだった。特別機内食は，各航空会社によって定められた期限までにリクエストしなければならず，前日に航空券を予約することも多いという T 氏にとってはその期限が煩わしいものに感じられている。しかしながら，S 氏へのインタビューから，HP で提示されているリクエスト期限は過ぎていても，実際には特別食を注文することができる場合もあることも分かってきた。S 氏は当日チェックインカウンターで特別機内食のリクエストや変更を申し出たことが何度あるが，いずれも問題なく受理されたとのことである。つまり，形式上は出発の 24 時間前，48 時間前までにリクエストしなくてはならなくても，実際は航空会社の柔軟な対応により，急なリクエストであっても問題なく特別機内食が提供されるようだ。ただし，このことに関しては，その時の状況によるところがあるだろう。特別機内食は基本的にリクエストベースで，過不足なくつくられていることが多いため，航空会社によっては直前のリクエストに応えることが出来ない恐れも当然ながらあり得る。また，多くの特別機内食の利用者がリクエスト期限を守らず当日に申請してくるとなれば，航空会社にとっては混乱を招きかねないため，公式に「リクエスト期限を過ぎても対応できます」とは明言するのは難しいであろう。とはいえ，前日に航空券を予約する T 氏のようなケースには，「急なリクエストにも対応してもらえる可能性がある」という事実を知っているだけで，特別機内食の利用への柔軟性に繋がるかもしれない。

また，特別機内食を普段から利用している人々から多かった意見として，「機内食のサーブの順番を改善してほしい」というものがあった。上述したように，特別機内食は通常食よりも先にサーブされる。これは，提供する側としては，特別機内食を他の機内食と取り違えてしまうことが無いように，という工夫によるものである。一方で，乗客側からみると，「私たちの食事は通常食より 20 分ほど早く提供されるので，食事を一人で食べる習慣のないヒンドゥー教徒にとって他の人の前で一人食事するのは毎回気まずい。一緒に提供してもらえると嬉しい」（P 氏），「特別食は先に配膳されるので，他の人がサーブされるまで待たなければいけない。もちろん乗務員の作業の効率を考えると仕方ないとは思う」（A 氏）といった発言からもわかるように，先に食事をサーブされることによって他の人よりも先に食事をとらなくてはならず，他人の注目も感じ気まずくなる，と

[*27] なお，一部の対象者とは，互いの言語事情の限界や物理的な対面の困難等を踏まえ，対面式のインタビューを一度行った上で，そこでの疑問点を補うためのソーシャルネットワークサービスのコミュニケーション機能を利用した非対面式のインタビューを加えて行ったケースと，非対面式のインタビューのみで聞き取りを行ったケースがある。実施に当たっては，予め用意しておいた質問項目を中心としながらも，対象者との話の流れを重視し，自由に語ってもらった。る，または近い状態といえる期間であると捉えた。で投稿しなければならず，また，匿名での投稿を望む場合は，ユーザー登録を行わなくてはならない。これらのことから，レビューはインターネット上の情報ではあるが，信ぴょう性は高いといえる。

いう意見が挙がった。これに関して,F 氏の「周りの人に特別食の匂いで不快感を与えないように,いつも通常食が提供されるまで待っている」という発言も印象的であった。いずれの場合も,特別機内食利用者は,機内食の提供を介して,乗務員や周りの乗客へより一層配慮している姿勢が伺い知れた。

また,F 氏の「特別機内食にもメニューの選択肢を増やしてほしい」も注目すべきである。つまり,通常食では「ビーフ or フィッシュ ?」等といった 2 種類から選ぶことが出来るが,特別機内食は提供される種類は多いものの,1 カテゴリーに対して基本的に 1 種類しか用意されておらず,好みに合わない場合もあるという。F 氏は,好みに合わない食事が提供された場合に備え,いつも自分の好きなスナックを機内に持ち込んでいるという。たしかに特別機内食はリクエストベースであるため,当日機内に 2 種類用意しておく,というのは航空会社にとっては手間もコストも掛かることは免れない。しかし,例えば特別機内食のリクエストの時点で数種類のメニューから選べるようにするのであれば,それほどデメリットはなく対応できるのではないだろうか。また,A 氏は間食の味付けに不満を抱いていた。「ヒンドゥー教徒はインド人かネパール人が大半を占めていて,私たちはスパイシーな食べ物を毎日食べ,そのような味付けを好んでいる。それに対し,間食で提供されたパンは味も薄いし,飲み物も添えられなかった。塩コショウの小包を付けるなどのサービスがほしい」と意見を述べた。

さらに,Y 氏へのインタビューからアレルギーを持つ乗客への対応への課題も見えてきた。Y 氏は,過去にある日本の航空会社を 2 度ほど利用したところ,いずれの回でも特別機内食を利用せず,特別機内食の存在自体も知らなかったとのことである。当該航空の公式ホームページを確認してみると,アレルギーを持つ利用者のための機内食が用意されていることがわかった。旅行のツアーを予約する場合等は,航空会社のホームページをアクセスすることなく旅行代理店から航空券を予約することができるため,機内食についての情報が意識的に目に入る機会を失ってしまうことが予測される。ただし,Y 氏は,これまで通常食を利用していて特に困ったことはなかったという。「自分は軽度のアレルギーだし,甲殻類が入っているかは見た目で分かるので,そこまで深刻に考えたことはなかった。けれども,重度のアレルギーの方だと,特別機内食を利用するか,事前にメニューを確認しておかないと安心して食事できないんじゃないかと思う」と Y 氏は述べる。現在はエコノミークラスの機内食で使用されている食材を事前にチェックすることが出来る航空会社は少なく,また,機内で症状が発生した場合に対応しきれないということも十分に考えられる。アレルギーは命に関わることであるため,特別機内食の周知の徹底と使用食材の提示が急がれる。

3-3. 特別機内食に求められるもの

3-1 並びに **3-2** の調査から読み取れたことは,「安心して特別機内食を食べることのできる環境」が求められているということである。まず,特別機内食において使用食材についての詳細な情報の開示は必須である。それは食の安心に直結しているからである。機内食も日常食以上に,利用者が安心して口にできるものでなくてはならない。特に特別機内食に関しては,利用者の生命や体調に大きく関わることから対応が急がれる。機内食は閉鎖された環境下で提供されるものであるため,一度利用者に不安を与えてしまえば,航空移動が終わるまでその不安を拭い取ることが出来ない。特別機内食をリクエストする時点で事前に詳細情報を開示しておくことが望ましいが,ケータリング会社の諸事情によって実際に提供されるものと異なる可能性もあり,メニュー公式 HP に載せても特別機内食の存在が必要とする人に認知されていない場合も見受けられた。よって,ユダヤ教ミールのようにその食事のパッケージに食材の詳細を載せることが,最も確実に利用者に届く,理想

的な方法なのではないかと考えられる。

次に，「食べる環境」の改善が求められる。インタビュー調査では，特別機内食をサーブするタイミングを改善してほしいという声が多かった。特別機内食を先にサーブするのは利用者の安心を守るための提供側の工夫だが，利用者はそれよりも周りと一緒に食事をすることを重視していることが伺えた。特殊な機内食ではあるが，利用者にとって食事をとる際の理想の環境は日常食と変わらないと言える。一人で気まずさを感じながら食べる食事は，例え地上でも美味しく感じられないだろう。特別機内食を最初に提供することで効率化を図ったうえで，機内食を時間内に全員に正しく配膳する現状だけで精一杯だという提供側の状況もあり，サーブするタイミングに関しては特別機内食提供の改善に最も高く立ちはだかる壁かもしれない。

そして，機内食においても，空と特殊な環境という側面を除き，「日常と近い食事環境」が提供されることが求められている。ネパール人の好みとは異なる味の薄い間食を提供されたという意見があったように，利用者の文化や習慣の考慮が現状ではしばしば見落とされることもある。これはグローバル社会における機内食全体の問題ともいえるが，やはり需要の少ない特別機内食に関して後回しにされることのないよう留意するべきである。現場からのフィードバックをこれまで以上に重視する必要性が示唆される。

なお，今回のインタビューイーは，ベジタリアンやイスラム教徒など特別機内食のなかでも比較的需要の多いと考えられる方々であるからか,「自分が必要とする特別機内食が無くて困った」という意見は無かった。現在は，利用者は様々な航空会社を選ぶことができ，特別機内食の対応状況について不自由することは少ないのかもしれない。グローバル社会において様々な需要に対応していく，という姿勢が各航空会社に浸透してきた今，彼らの実践状況に鑑み，特別機内食は「提供を増やす」段階を乗り越え，これからは「環境整える」段階へと移行しつつあることが示唆された。

おわりに：グローバル社会における多様化する特別機内食の今後の展望

以上論じてきたように，航空機関連技術の発達にともない，機内食はより日常に近い食になりつつあり，さらにグローバル化の進行とともに多様化が広がり，特別機内食は「提供を増やす」段階を超え，「環境を整える」段階に突入している。アーリ[1)]が提唱したグローバル社会における享受する航空サービスの格差の拡大という問題に対し，利用者目線の実践面から考察してみると，環境という面で機内食にも格差が存在していることが分かった。ただし，それは,大きな技術の進歩を必要するものではなく，人的配慮においても調整できるものも少なくなかった。

先行研究でも指摘されているように，航空会社はより多くのニーズを満たすよう努力しつつも，提供した機内食サービスに対してのフィードバックに関しては，重視される顧客の声は優先度が異なっており，食べる側の乗客は，自分が受けたサービスに対しての不満点があれば，直接航空会社に伝えなければ届かないことが分かった。しかし，本研究におけるレビュー分析やインタビュー調査を通しての乗客の利用状況から，様々なことがらが見えてきたため，こうした実践の中から形成される知についてもっと着目され，機内食の向上に活かされることが望ましい。つまり，はじめにおいても作動中における変化のプロセス[8)]，すなわち人とモノとの間の実践についても着目すべきであることに触れたが，その一例として，久保によるエンターテイメント・ロボット「アイボ」の開発と受容の過程に関する論考[14)]における示唆を参照してみたい。アイボがオーナーに受容された際，その動作をめぐるオーナーによる解釈と，開発者の「科学的」説明との間にはそれほど明確な差異がなかったと言及されている。すなわち実践の場面で形成される知識は，開発者の科学的

説明と部分的な整合性を維持しながら，そこに自らにとってより意味深い要素を付け加えることが可能になるということである。こうした状況に鑑みても，特に特別機内食に関しては，人々の生命や体調に大きく関わることゆえ，利用者の実践から見出される知識や事柄をフィードバックできる仕組み作りが求められると言えよう。すなわち環境を整えるための条件の一つに「提供する側からの詳細情報の開示」を挙げたが，こうした情報開示のためには，「提供する側」と「提供される側」の二項対立を超えたインタラクティブな仕組みを構築することが重要になり，今後の展望に期待していきたい。

参考文献

1. ジョン・アーリ：『モビリティーズ―移動の社会学』（吉原直樹・伊藤嘉高訳），作品社，2015.
2. 大島眞子：「航空会社のマーケティング戦略―商品としての機内食の検証」，食品工業，**55**: 34-43（2009）
3. 湧口清隆：『食べればわかる交通経済学』，交通新聞社，2014.
4. 藤垣裕子編：『科学技術社会論の技法』，東京大学出版会，2005.
5. 橋本玲子：「グローバル時代における多種多様な食のニーズへの対応」，日本調理科学会誌，**49**: 320-323, 2016.
6. 大野順子，鍛冶直紀，藤沢栄一，他：「地域素材から国際理解協力につながる中学校社会科授業実践指導構成案の試み―関西国際空港におけるイスラム教徒用機内食製造を事例として―」，桃山学院大学総合研究所紀要，**38**: 121-132, 2013.
7. 日坂幸司：「航空会社におけるハラール食の現状 : ハラールとノンハラールの食事が混在される航空機内食会社を例に」，桜美林論考 . ビジネスマネジメントレビュー，**6**, 47-64, 2015.
8. ラトゥール，ブルーノ（川崎勝・高田紀代志 訳）：『科学が作られているとき― ―人類学的考察』，産業図書，1999.
9. Jennifer Chaussee[The Evolution of Airline Cooking Tech, From Quicklime to Sous Vide],Wired, Available at https://www.wired.com/2016/11/evolution-airline-cooking-tech-quicklime-sous-vide/, Accessed December 28, 2018.
10. 長山泰久・矢守一彦編：『空間移動の心理学』，福村出版，1992.
11. 航空旅行編集部：『航空旅行』，2012 年 9 月号，イカロス出版，2012.
12. 近藤みゆき：「マクロビオティックについて」，名古屋短期大学紀要，第 26 号，45-52, 2001.
13. 日本貿易振興機構ロンドン事務所農林水産・食品調査課：『英国ベジタリアン食品調査』2015 年 3 月，2015.
14. 久保明教：「媒介としてのテクノロジー：エンターテイメント・ロボット「アイボ」の開発と受容の過程から」，文化人類学，**71**: 518-539, 2007.

連絡先：三好　恵真子（EmakoMiyoshi）
大阪大学大学院 人間科学研究科 人間行動学講座 環境行動学
〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-2
大阪大学吹田キャンパス 人間科学研究科
Tel & Fax: +81-6-6879-8042
Email: emako@hus.osaka-u.ac.jp

新解説　グルテンフリー食品での サワードウ / 乳酸菌の重要性

瀬口　正晴（*SEGUCHI Masaharu*）[1, 2]
竹内　美貴（*TAKEUCHI Miki*）[3]　中村　智英子（*NAKAMURA Chieko*）[3]

[1] 神戸女子大学，[2] 日本穀物科学研究会会長，[3] 神戸女子短期大学

Key Words：グルテンフリー　サワードウ / 乳酸菌

本論文「新解説　グルテンフリー食品でのサワードウ / 乳酸菌の重要性」は “Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER) の第 12 章 Sourdough/ lactic acid bacteria by M.Gobbetti *et al*., を翻訳紹介するものである。

サワードウ / 乳酸菌

サワードウ

サワードウの利用は，食品発酵中，天然の膨化のスタート剤として最も古いバイオテクノロジー 加工法の一つである（Rocken and Voysey,1995）。サワードウは粉（例えば小麦，ライ麦），水，他成分（例えば NaCl）の混合物で，天然にある乳酸菌，イーストによって発酵される。これら の微生物は主には粉，加工装置から来るが，サワードウ微生物相の結果的構成は，内部（例えば，粉の化学成分，酵素成分）と外部（例えば，発酵過程の温度，潜在的酸化還元能，ドウ生成，時 間）要因によって決まって来る（Hammes and Ganzle,1998）。成熟したサワードウは乳酸菌主体 で，そこには $>10^8$ cfu/g が見られ，一方イーストの数はずっと低いオーダーである（Ehrmann and Vogel, 2005）。全体的にはサワードウ発酵には 3 標準プロトコールがあり，区分がされている（Bocker *et al*., 1995; De Vuyst and Neysens, 2005）。タイプ I サワードウは，伝統的テクニ ックで生産するもので，連続的に毎日新鮮な状態に微生物を活性状態に維持する特徴があり，そ れらは高活性状態で示される。その加工は室温で（20-30°C）すすめられ，サワードウの最終 pH は約 4.0 である。タイプ II サワードーは主にドウ酸性化剤（acidifier）として用いられる。発 酵は 2-5 日，>30°C，スピードアップしながらその加工は続き，発酵の 24 時間後 pH は < 3.5 になる（Hammes and Ganzle,1998）。微生物は成長のステーショナリー相の後半（late）になり，制限メタボリック活性を示す。タイプ III は，乾燥サワードウで粉の状態であり，スターターカ ルチャーと明示して発酵する。製パン中の酸性化剤，芳香キャリアーとして用いる。タイプ I，II，III サワードーに対する対照として，ベーカーズイーストの添加（*Saccharomyces serevisiae*）が発酵に用いられる（De Vuyst and Neysens, 2005）。この分け方を気にせずに，職人および工業 技術者らは，多くの別の伝統的な，あるいは独自のプロトコールを用いている（Gobbetti *et al*., 2005）。

サワードウ乳酸菌

微生物学の研究から，乳酸菌 50 種以上，イーストは 25 種類以上，特に一般の

Saccharomyceses と *Candida* に属するものが成熟したサワードウ中に見られる事が示された。

サワードウはユニークな食品生態系で，その中に(i)その環境に合った乳酸菌種が選択され(ii)各サワードウには特異的な乳酸菌集団が潜んでいる（Gobbetti 1998; De Vuyst *et al*., 2002; Gobbetti *et al*., 2005; De Vuyst and Neysens 2005）。

サワードウ乳酸菌の代表的なものは *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Weissella* である（**表 12.1**）（De Vuyst and Vancanneyt, 2007）。最も大きな生物多様性は *Lactobacillus* 属に見られ，相対的に高い種の数が最近見つかった（Hammes and Gunzle, 1998; De Vuysens, 2005; Valcheva *et al*., 2005, 2006; Vancanneyt *et al*., 2005; Aslam *et al*., 2006; Scheirlink *et al*., 2007）。*Lactobacillus salivanius* group 以外，分離された代表的サワードウは *Lactobacillus* 属内（http;11141,150,157,117;8080/prok PUB/index.htm）に最近区別された各系統発生グループに見出される。サワードウ発酵に用いられるプロトコールによると，主に義務的および偶発的なヘテロ発酵性乳酸菌の様々な微生物共同体が見出される。*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pontis*，さらに特に *Lactobacillus sanfranciscensis* は鍵になるサワードウバクテリアで（Gobbetti and Corsetti,1997），一般には伝統的タイプIサワードウから分離できる。Type IIサワードウは，主に *L. brevis*, *L. fermentum*, *Lactobacillus frumenti*, *L. pontis*, *Lactobacillus pantis*，および *Lactobacillus reuteri*（De Vuyst and Van canneyt, 2007）である。

サワードウの性質と機能

天然でそのまま無添加のイメージとは別に，一般にサワードウは焼きもの食品に用いられるといろいろなプラスの効果ある事が判っている。他の膨剤（例えばベーカーズイースト）と比べると，テクスチュア，フレーバー，栄養価，保存性等を改良する（**表 12.2**）。サワードウイーストの役割にもかかわらず，上述の効果を決める乳酸菌の主なメタボリック性質が主に以下述べられる。

テクスチュア

乳酸による酸性化のレベルに基づいて，サワードウの利用で製パン容積の増加を引き起こす（Corsetti *et al*., 2000; Crowley *et al*., 2002: Clarke *et al*., 2002）。ベーキング前にドウ伸展に対する抵抗性低下，および伸展性，ソフト性両方の増加が示された（Di Cagno *et al*., 2002）。全体的にサワードウ発酵は，パンドウ中のガス保持性を改良する（Hammes and Ganzle, 1998; Clarke *et al*., 2002）。酸性化は，グルテン，デンプン，アラビノキシランのような構造形成成分の溶解性に影響を与え，穀物内部酵素活性とプラスに関与している（Korakli *et al*., 2001）。乳酸酸性化はまたそれによりドウの撹拌性に影響し，低 pH に達した時，正常なドウよりもより短い撹拌時間とより低い安定化に達する（Hoseney,1994）。

フレーバー

サワードウ乳酸菌による可溶性炭水化物（例えばマルトース，グルコース , フラクトース）の発酵，窒素化合物のメタボリズム，および揮発性物質の生成は，直接あるいは間接的に焼き物のフレーバーに影響する。Embden-Meyerhof-Parnas（EMP, 任意的ヘテロ発酵種）と phosphogluconate（義務的ヘテロ発酵種）エネルギー経路を超え，(i) 外的電子受容体（例えばフラクトース）と NADH co-factor の recycling（Vermeulen *et al*., 2006; Ganzle *et al*., 2007）の利用，(ii) 階層的利用（例えばヘキソースのかわりペントース）（Gobbetti *et al*., 2000）と同時利用（例えばクエン酸塩とマルトースの共発酵）でいろいろなエネルギー源を用い（Gobbetti and Corsetti 1996），(iii) 内部酵素と外部内部酵素の相互作用（Di Cagno *et al*., 2003）はいろいろな発酵の比率を導き（乳酸と酢酸の間のモル比）焼き物のフレーバーにい

表 12.1　サワードウから分離された乳酸菌

種	サワードウのタイプ	義務的ヘテロ発酵	任意的ヘテロ発酵	義務的ホモ発酵	*Lactobacillus* 系統グループ[a]	Reference
L. [b]*brevis*	I/II/III	x			*L. buchneri*	Vancanneyt *et al*., 2005
L. fermentum	I/II	x			*L. reuteri*	Hammes and Ganzle,1998
L. paralimentarius	I	x			*L. plantarum*	Cay *et al*., 1999
L. plantarum	I/II		x		*L. plantarum*	De Vuyst and Vancanneyt, 2007
L. pontis	I/II	x			*L. reuteri*	Vogel *et al*., 1994
L. sanfranciscensis	I/I	x			*L. buchneri*	Weiss and Schilinger,1984
L. panis	II	x			*L. reuteri*	Wiese *et al*., 1996
L. reuteri	I/II	x			*L. reuteri*	De Vuyst and Neysens,2005; Corsetti*et al*., 2004
L. spicheri	IPRWS-I[c]		x		*L. buchneri*	Meroth *et al*., 2004
L. rossiae	TS[d]	x			*L. reuteri*	Corsetti *et al*., 2005
L. zymae	TS	x			*L. buchneri*	Vancanneyt *et al*., 2005
L. acidifarinae	TS	x			*L. buchneri*	Vancanneyt *et al*., 2005
L. hammesii	TS	x			*L. buchneri*	Valcheva *et al*., 2005
L. nantensis	TS			x	*L. plantarum*	Valcheva *et al*., 2006
L. buchneri	I	x			*L. buchneri*	Hammes and Ganzle,1998; Vogel *et al*., 1999
L. fructivorans	I	x			*L. buchneri*	Hammes and Ganzle,1998; Vogel *et al*., 1999
W. [e]*cibaria*	I	x			NI [f]	Hammes and Ganzle,1998; Vogel *et al*., 1999
MW. confusa	II	x			NI	Muller *et al*., 2001; Vogel *et al*.,1999
L. Alimentarius	I		x	x	*L. Plantarum*	Hammes and Ganzle, 1998;Vogel *et al*., 1999
L. Casei	I		x		*L. casei*	De Vuyst and Neysens, 2005
L. acidophilus	I/II				*L. delbruecki*	Hammes and Ganzle, 1998; Vogel *et al*., 1999
L. delbruecki	I/II			x	*L. delbruecki*	Hammes and Ganzle, 1998; Vogel *et al*., 1999
L. amyllovorus	I/II	x			*L. delbruecki*	Muller *et al*., 2001
L. farcimints	I/II			x	*L. plantarum*	Hammes and Ganzel, 1998 Vogel *et al*., 1999
L. frumenti	II	x			*L. reuteri*	Muller *et al*., 2000
L. johnsonii	II			x	*L. delbrueki*	Muller *et al*., 2001 Vogel *et al*., 1999
P. [g]*pentosaceus*	III		x		NI	De Vuyst and Neysens, 2005
L. siliginis	TS		x		*L. reuteri*	Aslam *et al*., 2006
L. namurensis	TS	x			*L. buchneri*	Scheirlinck *et al*.,2007
Lc. [h]*mesenteroides*	I	x			NI	Arendt *et al*.,2007
Lc. citreum	TS	x			*NI*	De Vuyst and Neysens, 2005

[a] http://141.150.157.117:8080/prokPUB/index.htm.
[b] *L. Lactobacillus.*
[c] IPRWS-I,Industrial processed rice and wheat sourdough type i.
[d] TS, Traditional sourdogh.
[e] *W*, *Weissella*.
[f] NI, Not included.
[g] *P*, *Pediococcus*.
[h] *Lc*, *Leuconostoc.*

表 12.2　サワードウの性質と機能

性質	効果	作用機作	Reference
食感	Increase of the bread volume	Lactic acidification	Corsetti *et al*., 2000; Crowly *et al*., 2002; Clarke *et al*., 2002;
	Decrease of the dough resistance to extension	Lactic acidification	Di Cagno *et al*., 2002
	Increase of the dough extensibility and softening Improvement of the dough gas retention	Lactic acidification Lactic acidification	Hammes and Ganzle, 1998; Clarke *et al*., 2002
フレーバー	Increase of the synthesis of acetic acid	Embden-Meyerhof-Parnas and phosphogluconate energy routes Use of external acceptors of electrons	Ganzle *et al*., 2007; Vermeulen *et al*., 2006
		Recycling of NADH co-factors	Gobbetti *et al*., 2000;
		Hierarchical and simultaneous use of various energy sources	Gobbetti and Corsetti, 1996
		Interactions with endogenous and exogenous enzymes Secondary proteolysis	Di Cagno *et al*., 2003
		General catabolism of free amino acids Arginine deiminase pathway	Gobbetti, 1998; Thiele *et al*., 2002; Gobbetti *et al*., 2005; Kieronczyk *et al*., 2001; De Angelis *et al*., 2002; Schieberle, 1996
栄養	Improvement of the texture and palatability of whole grain and fiber-rich bread	Lactic acidification	Katina *et al*.,2005
	Stabilization or increase of the levels of various bioactive compounds	Lactic acidification	Liukkonen *et al*.,2003
	Improvement of the mineral bioavailability	Degradation of phytate	De Angelis *et al*., 2003; Lopez *et al*., 2001; Katina *et al*., 2005
	Retard of the starch	Lactic acidification	Ostman *et al*., 2002;De
	bioavailability and decrease of the glycemic index	Lactic acidification and unknown mechanisms	Angellis *et al*., 2007a
保存性	Decrease of the rate of bread staling	Lactic acidification Probable slight degradation of starch molecules Lactic acidification	Corsetti *et al*., 2000; Crowley *et al*., 2002
	Anti-ropeness activity Anti-bacterial activity Anti-fungal activity	Synthesis of bacteriocins, bacteriocin-like inhibitory substances(BLIS) Synthesis of low-molecular mass antibiotic reutericyclin Synthesis of antifungal Metabolites(e.g. acetic, Caproic and formic acids and phenyllactic and 4-hydroxy-phenyllactic acids)	Kirchener and Von Holy 1989; Schnurer and Magnusson, 2005; Corsetti *et al*., 2004; Holtzel *et al*., 2000; Gobbetti *et al*., 2005; Corsetti *et al*; 1998; Lavermicocca *et al*., 2003

ろいろな影響を与える。

全体的に乳酸菌のサワードウ発酵は遊離アミノ酸（FAAs）の増加を示し，一方イーストだけのドウ発酵では FAAs の濃度は低下する（Gobbetti 1998）。サワードウ発酵の間，タンパク質分解は次に分類される；(i) 第一は，タンパク質を特に粉内部プロテアーゼにより分 解して中間サイズのポリペプチドにし，そして（ii）第二に中間サイズのポリペプチドから，特に乳酸菌ペプチダーゼシステムによ

る FAAs は直接フレーバーに寄与する（Thiele *et al*., 2002; Gobbetti *et al*., 2005）。一度遊離されると FAAs は，直接フレーバーに寄与するかあるいは，あるいはベーキングの間か，あるいは酵素的カタボリズムでさらに化学的変化（Kieronczyk *et al*., 2001）し，揮発性フレーバー成分の合成へと進む。FAAs のカタボリズムの中でサワードウ乳酸菌のアルギニン・デイミナーゼ経路（ADI）のあらわれは実際的で明らかに顕著である。*L. sanfranciscensis* CB1（De Angelis *et al*., 2002）中のこの経路のあらわれは，成長と酸性の環境下ストレスに対する抵抗性を強め，さらに，特にオルニチンの合成を強め，それが 2–アセチル – ピロリンの前駆体となり，小麦パンクラストのこげのしるしに関係する（Gobbetti *et al*., 2005）。アルコール，アルデヒド，ケトン，酸，エステル，エーテル誘導体，フラン誘導体，炭化水素，ラクトン，ピラジン，ピロール誘導体，硫黄化合物は焼き物中でできたフレーバー刺激物である（Schieberle,1996）。サワードウに相当するアミノ酸レベルを化学的に酸性化したドウは，パンのフレーバーをほんの僅かだが改良した（Thiele *et al*., 2002），このことは元々の揮発成分が直接にサワードウへの顕著な役割を示している。全体的に，ホモ乳酸発酵菌は主にジアセチル，アセトアルデヒド，ヘキサノールの生産で特徴づけられ，ヘテロ乳酸発酵菌はエチルアセテート，アルコール，アルデヒド，イソアルコール（2-methyl-1-propanol, 2,3-methyl-1-butanol）の生産で特徴づけられ，各々のアルデヒド，エチルアセテートはイースト発酵の揮発成分の特徴である（Damiani *et al*., 1996）。

栄養

サワードウ発酵はいろいろな面で穀物の健康面を改良する ; それは（i）全粒および繊維性穀物のテクスチュア，食味改良，（ii）いろいろな生化学成分の安定，増加，（iii）デンプンの生化学的活性の保存（低グリセミックインデスク食品）; さらに（iv）金属の生化学的活性の改良（Katina, *et al*., 2005）である。乳酸酸性は，生理活性化合物レベルを上げ（例えばフェノール性物質），あるいはチアミン，フェルラ酸デハイドロダイマー，トコフェロールのレベルを下げた（Liukkonen *et al*., 2003）。サワードウ加工でフィチン酸の分解が金属の生化学的有用性を増加するようになる（Lopez *et al*., 2001; De Angelis *et al*., 2003）。さらに乳酸酸性化はまた，マグネシウムやリン酸の溶解性をあげ（Katina *et al*., 2005）パン中の β- グルカンの保護要因になると判った。有機酸は例えばサワードウ発酵の間生産され，食後の血糖反応に於ける役割を演じている。乳酸の存在が加熱処理の間，デンプンとグルテン間の相互作用を促進し，デンプンの生化学的利用性を低下し，その結果の焼いた物のグリセミックインデクスを落とす（Ostman *et al*., 2002）。最後に生化学的酸性化の効果は，化学的な酸性化によるよりも効果は大きいようだ（De Angelis *et al*., 2007a）。

保存性

サワードウの発酵による，パン比容積，クラムソフトネスの改良は，パン老化スピードの低下と関係している（Corsetti *et al*., 2000; Crowley *et al*., 2002）。抗老化効果は特別の株の発酵のためで，さらに酸性化の程度と結びつくもの以外の動力学と関与する。その上，デンプン分子は乳酸菌により合成された酵素で影響受け，それはデンプンの老化にいろいろな変化を起こし，順次老化速度を低下させる。

サワードウ発酵中生じる酸性化は，芽胞の発芽を阻害し，さらにロープ菌腐敗に関係する *Bacillus* spp. の成長を阻害する（Kirschner and Von Holy, 1989）。さらにいろいろな成分（例えば有機酸，ハイドロゲンパーオキシド，ジアセチル）以外，サワードウ乳酸菌は他の関係する微生物をバクテリオシン，バクテリオシン様阻害剤物質（BLIS）の合成によって阻害する（Corsetti *et al*., 2004; Gobbetti *et al*., 2005），そして低分子量マス抗体物質，例えば *L. reuteri*

LTH2584 の reutericyclin のようなもの（Holtzed *et al*., 2000）で阻害す る。多くの抗カビ物質，例えばサイクリックジペプチド，フェニルラクチックアシド，タ ンパク性化合物，および，3-hydroxylated fatty acids は乳酸菌により強く合成された（Schnurer and Magnusson 2005; Dal Bello *et al*., 2007）。有機酸の混合物（例えば酢酸，カプロン酸，蟻酸）は相乗作用で働き，パンの悪変に関係するカビに対し *L. sanfranciscensis* CB1 の *in vitro* 阻害活性に関係するものである（Corsetti *et al*., 1998）。Phenyl lactic acid と 4-hydroxy-phenyllactic acid　は L.plantarum 20B によって合成された抗カビ物質であ り，Aspergillus, Penicillium, Eurotium，及 び Monilia に 対 し 阻 害 効 果 を 示 す（Lavermicocca *et al*., 2003）。

グルテンフリー食品中へのサワードウの応用

もしもサワードウの利用が，これまでの焼き物製造に多くのプラスの効果があるならば，グルテンフリー食品の応用にと考慮することは自然であろう。全体的に，マーケット上の グルテンフリー食品は低品質で，貧弱な口腔内食感とフレーバーを示す（Gallagher *et al*., 2004）。それはグルテンを含まず，主にデンプンベースのもので，老化はグルテン含有パン よりも素早く始まる（Moore, 2005）。その上，グルテンフリー粉の利用を最も一般的なも の（例えば米，コーン，デンプン等）に制限すると，非常に低い食物繊維含量と過剰のカ ロリーによる栄養欠乏症が起こる（Diowksz *et al*., 2006）。にもかかわらず，最近の論文に グルテンフリー食品にサワードウを利用していることを書いた論文数が非常に少ない。僅 かな利用結果だが，サワードウがベーキング品質上，特にパン容積，テクスチュア，フレ ーバーにプラスの効果を示した。異なる乳酸菌株で発酵されたサワードウのグルテンフリ ーパンのテクスチュア品質への貯蔵中の影響が評価され，さらに化学的に酸性化したドウや 非酸性化ドウと比較された（Clarke *et al*., 2002; Growley *et al*., 2002）。

選択された乳酸菌 のグルテンフリーバッター中での成長と小麦サワードウ中での成長とが似ているものであると報 告された（Clarke *et al*., 2002）。サワードウ発酵はドウの粘弾性に増加を起こし，老化を遅らせた（Ryan *et al*., 2006）。これらの効果は，主にはサワードウ乳酸菌による非グルテン タンパク質とデンプン成分の破壊によるものである。トライアングルテスト（3 点比較法）から，グルテンフリーサワードウパンはコントロールパンと区別でき，明らかに好まれるものであった。最近のパテント（Giuliani *et al*., 2006） で は，*L. Sanfranciscensis* LS40 と LS41，および，以前これまでサワードウから分離された *L. plantarum* CF1 が選 ばれた。

この微生物混合物はグルテンフリー成分（例えばコーンスターチ，米，ソバ，き び粉）の発酵に用いられ，ベーカーズイースト発酵と比較した。サワードウ発酵は研究者 たちに（i）約 300ppm グルテンの完全な分解するもので，時にはコンタミも存在する ;（ii）約 10 倍の FAAs 濃度の増加するもの ;（iii）発酵中約 10 倍フィターゼ活性の増加するもの ;（iv）最終的パンの官能特徴が記述分析評価できるように改良されたと理解させた。最近の パテント（Sikken snd Lousche 2003）には *L. fermentum* を利用して高品質のグルテンフ リー食品の製造ができることを記述してある。官能，テクスチュア，栄養面の改良の点か ら，市販のグルテンフリー食品製造に用いるサワードウの利用を勧める。

サワードウ乳酸菌によるグルテン脱毒方法

一般的傾向をこえて，幾つかの環境要因がセリアック病の広がりに影響する。最近疫学研究から，各人が主にヨーロッパ起源の国々でしばしば見出されているだけではなく，セリ アック病は農業が始まって 1 万年以上たっている文明世界の多くの地域では，普通の病気である事を示している。もっと最近，穀物食品生化学は全人類の食事習慣がこれまでグ ルテンにさらされていた影響で大きく急激に変化した。穀物焼物食品は最近，加速的加工 方法で工業的に

製造され，さらにサワードウの長期発酵は無差別的に化学膨剤およびベーカー ズイースト膨化剤の工業的利用によって非常にしばしば置き換えられてきた（Gobbetti, 1998）。これらの条件下で，伝統的なサワードウ製パンの生化学は最近，食品加工の間，毒 性エピトープを分解する事のできるように巧みに利用されて来た。この分野における多く の研究は，著者らによってすすめられており，医学的専門者とのジョイントプロジェクト でサワードー乳酸菌の大きなプロテアーゼ効果の働きを示したが，それらは *Flavobacterium meningosepticum*（Pyle *et al*., 2005），*Myxococcus xanthus*（Shan *et al*., 2004），および *Aspergillus niger*（Stepniak *et al*., 2006）からのプロリンエンドペプチダーゼ（PePs）である。

サワードー乳酸バクテリアの選択

腸内プロテアーゼによる分解の間，主には小麦（α-，β-，γ-，ω- グリアジンサブグループ），ライ麦（例えばセカリン），大麦（例えばホールデン）のプロラミンからは一連の プロリンー，およびグルタミンーリッチポリペプチドが引き離され，これらは不適当な T cell– 媒介免疫反応に関係してくる（Sollid and Khosla, 2005）。未だ検討中，毎月更新され るが，幾つかのフラグメント（f）は疑いもなく毒性ありと定義される ; 例えば α_2- gliadin の f31-43（Picarelli *et al*., 1999），α_2-gliadin f62-75（Shan *et al*., 2002），α_2- gliadin の f 57-89 に相応する 33-mer epitope（Shan *et al*., 2002），γ-gliadin の f134-153（Aleanzi *et al*., 2001），α_2- gliadin の f 57-89（Arentz-Hansen *et al*., 2000）である。最近，グルテニンにも毒エピトープを生産する不可解な区域のあることが判った（Molberg *et al*., 2003）。全体的にこれら毒ペプチドのアミノ酸配列中，プロリン残基の大きな比率とその位置関係はそれらをさらに加水分解されるのに極端な抵抗性を与えている（Hausch *et al*., 2002）。これらペプチドを十分に処理するためには，ペプチド結合を加水分解するのに一連 の特別のペプチダーゼが必要であるが，そこにはプロリン残基

表 12.3　選択した lactobacillus (*Lactobacillus alimentarius* 15M, *Lactobacillus brevis* 14G, *Lactobacillus sanfranciscensis* 7A, and *Lactobacillus hilgardii* 51B) サワードのプロリン残基をもつ 各種基質 への酵素活性 [a]

Source of enzyme activity	Substrate (concentration [mM])	Average activity(U) ± SD[a]
Cells[b]	Pro-p-NA (2)	0.3 ± 0.01[d]
Cells	Gly-Pro-p-NA (2)	5.2 ± 0.03
Cells	Z-Gly-Pro-NH-Trifluoromethylcoumarin(2)	12.3 ± 0.4[e]
Cells	Val-Pro (2.3)	2.1 ± 0.03[f]
Cells	Pro-Gly (3)	1.9 ± 0.04
Cells	Gly-Pro-Ala (2)	2.2 ± 0.02
Cells	Bradykinin (0.3)	5.5 ± 0.3
Cells	Fragment 62-75 of A-gliadin (0.45)	9.7 ± 0.5
Pooled cells and CE[c]	Fragment 62-75 of A-gliadin	15.0 ± 0.5
Cells	33-mer (0.200)	0.08 ± 0.002
Pooled cells and CE	33-mer	0.2 ± 0.01

[a]Each value is the average of three enzyme assays, and standard deviations were calculated.
[b]Aliquots (25 μL) of each cell suspension were used in the enzyme assays.
[c]Aliquots (12.5 μL) of the pooled cells and cytoplasmic extracts (CE) of each species were used in the enzyme assays.
[d]A unit of enzyme activity on p-NA substrates was defined as the amount of enzyme that produced an increase in absorbance at 410nm of 0.01/min.
[e]A unit of enzyme activity on Z-Gly-Pro-NH-trifluoromethylcoumarin was the amount of enzyme that produced an increase in fluorescence of 0.1/min.
[f]A unit of enzyme activity on di-, tri-, and polypeptides was the amount of enzyme that liberates 1 μmol of substrate/min. From Di Cagno *et al*., (2004).

が重要な物質として存在し ている。

乳酸菌サワードウは，長い発酵期間の間，多種のしかも複雑な酵素活性をもつ細 胞工場として利用されるものと考えられてきた。1 個のユニークな種だけでプロリンを含 む可能性のペプチドを加水分解するのに必要なペプチダーゼ類の完全な範囲を所有するの ではないため，サワードウ 4 種—*Lactobacillus alimentarius* 15M, *L. brevis* 14G, *L. sanfranciscensis* 7A，および *Lactobacillus hilgardii* 51B- が，セリアック病患者の胃腸 T 細 胞系に最も強く誘導するペプチド，33-mer peptide の加水分解するための大きな酵素基質 特異性と分解能に基づいて選ばれた（**表 12.3**）（Di Cagno *et al*., 2004）。

以後類似の結果が VSL#3 のようなプロバイオテック種の混合物を用いても成就された（De Angelis *et al*., 2005）。にもかかわらず，VSL #3 を成す各種のテストが行われた時，加水分解能は失われたが，このことは 1 種だけではプロリンリッチポリペプチド分解に必要な完全なペプチダ ーゼ範囲を含んでいない事をはっきりさせた（**図 12.1**）。さらに VSL #3 は α_2-gliadin の f 62-75 を完全に加水分解したが，これはこれまでセリアック病の病因に入る免疫調節 性ペプチドとして報告されているものであった（Shan *et al*., 2002）。酵素複合系の必要 性 は *L. sanfranciscenis* の X-prolyl dipeptidyl aminopeptidase（Pep X）の精製とその性質の調査研究からさらに明らかにされた（Gallo *et al*., 2005）。プロリンリッチ 33-mer エピトー プが加水分解されないのは，PepX だけで処理された時であった。同様のバクテリアの一般 的アミノペプチダーゼタイプ N が PepX と結びつくと，33-mer ペプタイド（0.2 mmol/L）の完全加水分解は 30°C で 24 時間培養後に起こった。

結論から言うと，これらの研究（Di Carno *et al*., 2004; De Angelis *et al*., 2005; Gallo *et al*., 2005）では，選択的サワードウあ るいはプロバイオテック乳酸菌は複雑なペプチダーゼ活性をもち，それらは焼き物食品を 作る過程でグ

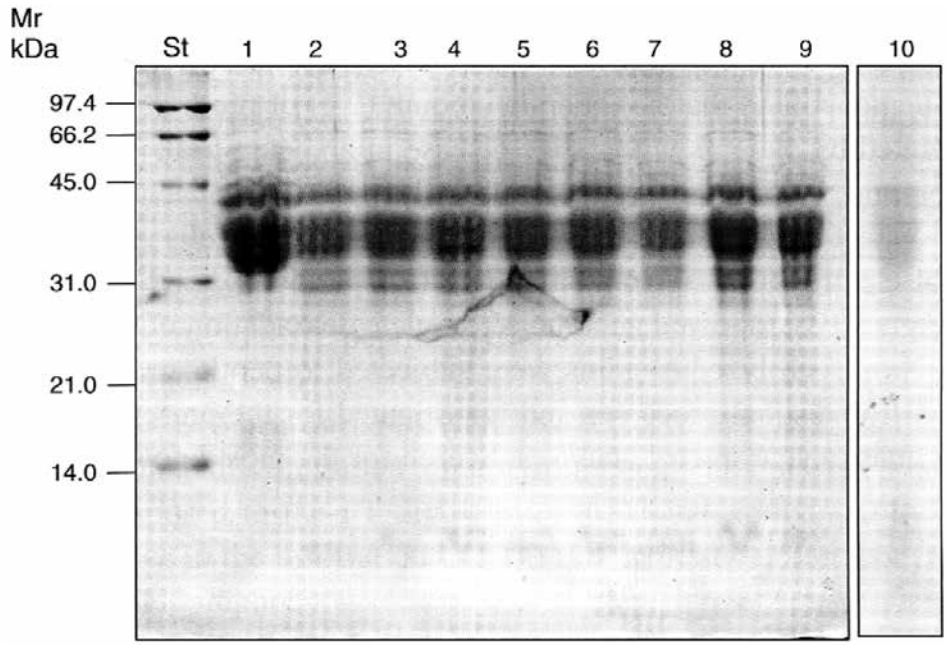


図 12.1 VSL#3 を調製する各異なる菌（109cfu/mL）で 24 時間培養した小麦粉ドウからの gliadins polypeptides の SDS-PAGE 分析。標準タンパク質 (St)。化学的酸性化ドウ (1); *Bifidobacterium longum* で培養したドウ (2); *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* (3); *L. plantarum* (4); *L. casei* (5); *B. infantis* (6); *L. acidophilus* (7); *Streptococcus thermophilus* (8); *B. breve* (9); および VSL#3 調製 (10)。De Angelis *et al*. (2005)

ルテンのエピトープをある程度処理することを示した。

サワードウ小麦パン

小麦（30%），非毒性オート麦，アワ，ソバ粉のミックスで作ったサワードウに選択したサワードウ乳酸菌，上述（*L. alimentarius* 15 M, *L.brevis* 14G, *L. sanfranciscensis* 7A と *L. hilgardii* 51B; 約 10^9 cfu/g dough）のもので，さらに長期間（24 時間）発酵に供した（Di Cagno *et al*., 2004）。発酵前半液体の小麦粉は，サワードウ乳酸菌酵素に完全にさらされる可能性 が不可欠である。殆ど完全なグリアジンの加水分解は達成され，一方，オート麦，アワ，ソバからのプロラミンは発酵中には影響されない。化学的に酸性化されたドウ，あるいはベーカーズイーストだけでスタートしたドウと比較すると，加水分解はサワードウ乳酸菌の タンパク

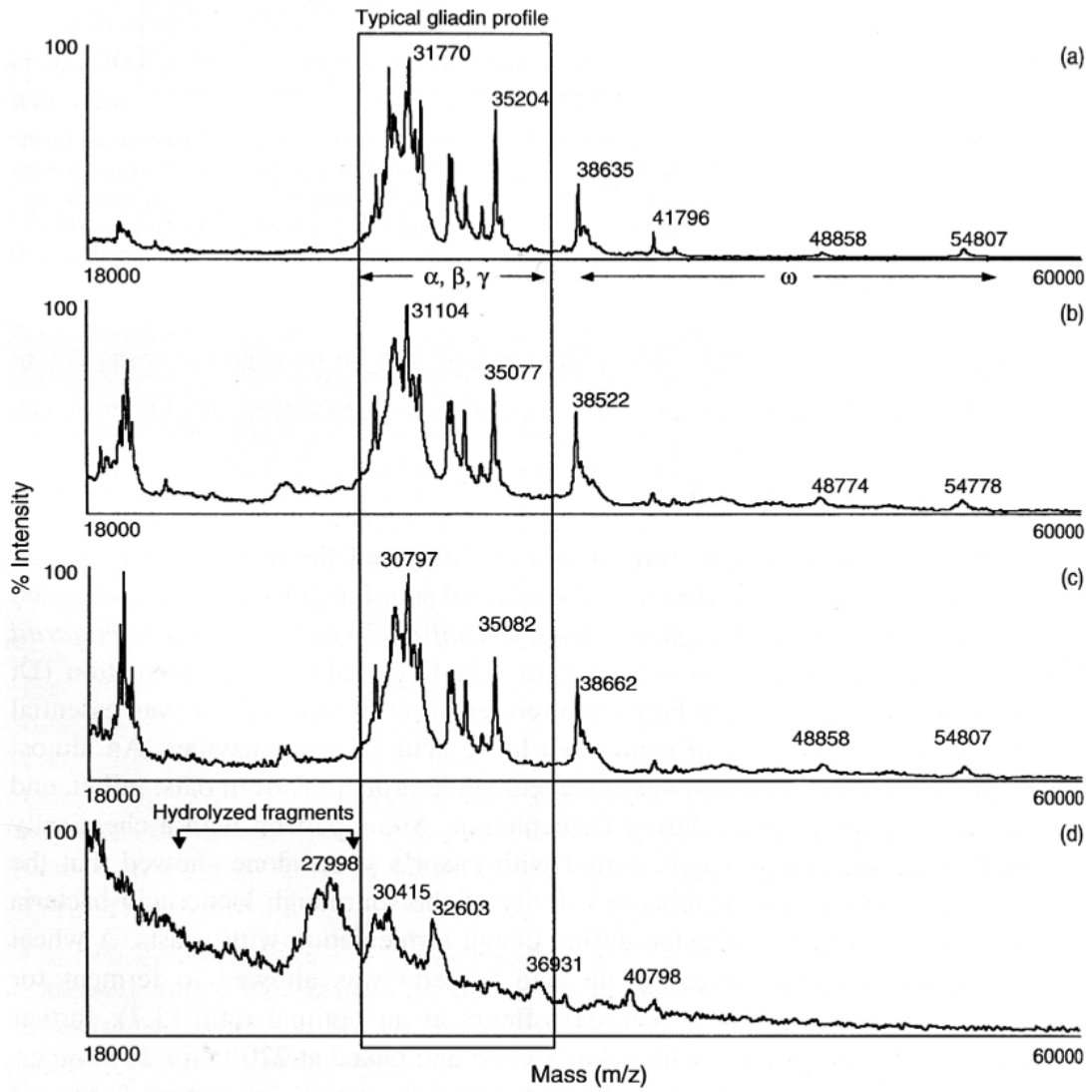


図 12.2　小麦グリアジンの水エタノール抽出物の MALDI-TOF 質量分析スペクトル：(a) ヨーロッパ小麦グリアジン標準 α-，β-，γ-，ω-gliadin の範囲 ; (b) 化学的酸性化ドウ（コントロール），37℃ 24 時間培養後，(c) 化学的酸性化ドウ，熱不活性化 VSL#3 で 24 時間 37℃培養後，(d)VSL#3 で 24 時間 37℃培養した発酵ドウ。典型的 α-，β-，γ-gliadin は箱に示した。De Angelis *et al*. (2005)

質分解活性によるものであり，さらにグリアジンはイーストによるドウ発酵では影 響を受けないという事である。

小麦サワードウは選択された乳酸菌でスタートし，30°C，24 時間発酵され，さらに非毒化した粉と最大比（3:7）で混ぜ，さらに 2 時間 30° C でベー カーズイーストで発酵し，220°C 20 分間焼いた。このパンと約 2g グルテンを含むベーカ ーズイーストのパンを作り，セリアック病患者による生体中二重盲検急性課題とした。17 患者のうち 13 人はベーカーズイーストパンの摂取後，腸の透過性に変化が見えた。サワードウパンを食べた同じ 13 患者は腸の透過性が顕著で，ベースラインの値か らはっきりした相違はなかった。残った 4 人の患者はベーカーズイーストパンあるいはサワード ウパンのいずれにも食べた後グルテンに反応示さなかった。これらの予備的結果が更なる 研究を奮い立たせたのは，それらが重大なトライアルから加水分解前の小麦粉の適当量（2 g）でもセリアック病患者に耐性を示したからである。

プロバイオテック VSL#3 調製剤も，長い発酵のあと小麦粉の毒性を低下させる力を示 した（De Angelis *et al*., 2005）。2 次元電気泳動，免疫学（R5 抗体），マススペクトロメ トリー分析（**図 12.2**）は，殆ど完全にグリアジンが発酵後に分解した事を示した。非加水 分解グリアジンは peptic-tryptic（PT）分解にかけると類似の胃腸プロセスになり，マススペ クトロメトリー分析によって既知の毒エピトープの存在が確認された。最も良く知られた エピトープの研究は，非常に低濃度（sub-parts/million range）の α_2- gliadin f 62-75 の存在であった。

これまでの研究，sourdough lactobacilli（Di Cagno *et al*., 2004）に関し，新しい *in vitro*（試験管内），*ex vivo*（生体外）分析は進んでいる。ラット小腸上皮細胞 IEC-6 にコントロールのそのままのグリアジンをさらしたものと比較すると，VSL#3 消化前グリ アジンは F-actin の目立たないが再組織化を引き起こし，小腸粘膜透過性の低下効果を映し た。Zonulin は，毒ペプチドに答えるメカニズムとして小腸透過性の増加を支える分子であ るが（Clemente *et al.,* 2003; Drago *et al*., 2003），グリアジンで処理すると小腸上皮細胞か ら生じるが，VSL#3 で消化するとかなり低くなった。小麦タンパク質をドウから抽出し PT 消化に供した。化学的に酸性化したドウからの PT 消化物と比較すると，VSL#3 で発 酵したドウからの PT 消化物は，セリアック空腸生検で $CD3^+$ 皮膚上皮リンパ球の浸潤の増 加はなかった。全体的に $CD3^+$ 上皮内部リンパ球は，グルテンをセリアック病になった患者 からの小腸粘膜にさらすと増加する（Troncone *et al*.,1998; Mazzarella *et al*., 2005）。上述 の結果から，VSL#3 プロテオバイオテック調製物はグルテンエピトープの毒性を低下する力があった。

発酵デュラム小麦セモリナによるパスタ

小麦サワードウパンで述べたと同じような研究が（Di Cagno *et al*., 2004; De Angelis *et al*., 2005）パスタ製造で行われた。選択した乳酸菌集団がデュラム小麦セモリナの発酵に液状状態で（Di Cagno *et al*., 2005）用いられた。発酵後，ドウは冷凍乾燥され，ソバ粉と比率 3:7 で混ぜられ“fusilli”タイプのイタリアパスタを作るのに用いられた。前発酵無しパ スタをコントロールとした。2 つのタイプのパスタを官能テストした。粘り，かたさのス コアが僅かにコントロールパスタで高かった。香り，フレーバーは 2 つのタイプのパスタ で違いはなかった。2 次元電気泳動とマススペクトロメトリー MALDI-TOF 分析したら，殆ど完全にグリアジン区分の水解が示されていた（**図 12.3**）。R5-Western blot による免疫 分析で示すように，グルテン濃度はコントロールパスタで 6280ppm だが発酵パスタは 1045ppm に低下した。

このタイプのパスタは 1045ppm のグルテンをまだ含んでいて，こ れはセリアック病のトリッガーであるが，発酵デュラム小麦セモリナを 20% 含む混合物の パスタ仕込みの利用では，理論的にはセリアック病の安全使用濃度内の

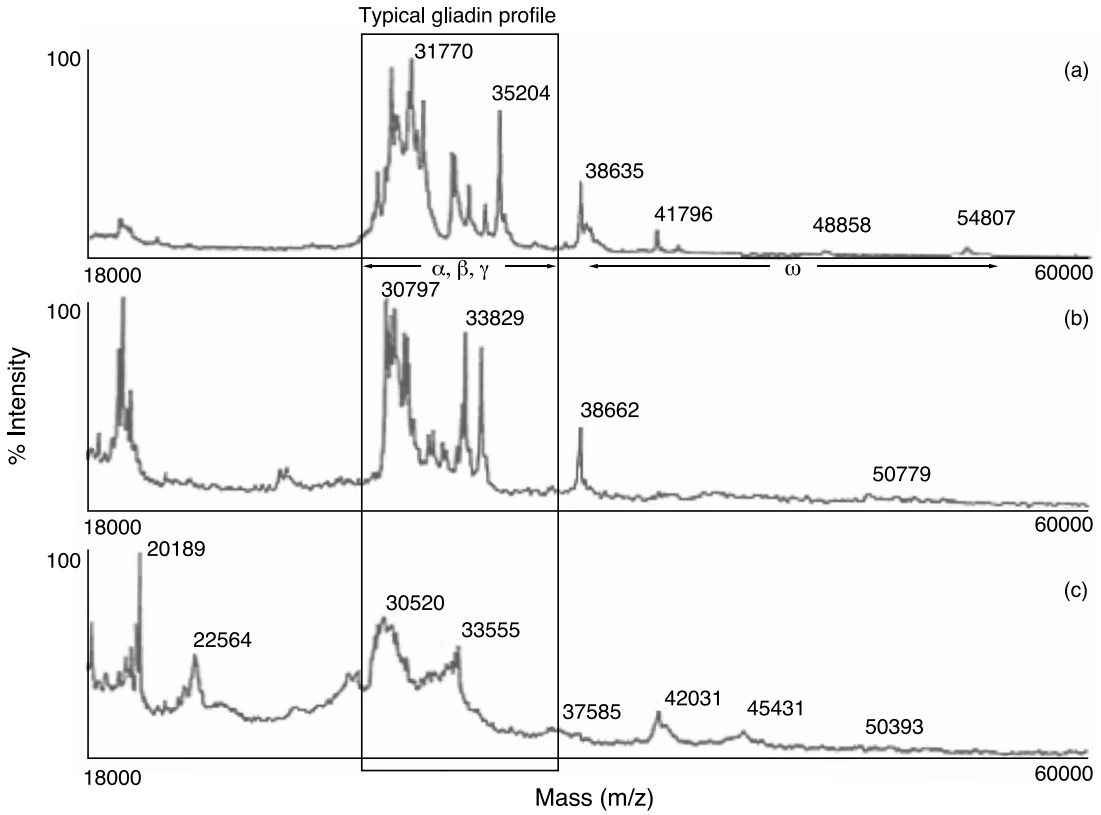


図 12.3　小麦デューラムグリアジンの水エタノール抽出物の MALDI-TOF 質量分析スペクトル : (a) ヨーロッパ小麦グリアジン標準 α-，β-，γ-，ω- グリアジンの範囲 ; (b) 化学的酸性化ドウ（コントロール），37℃ 24 時間培養後，(c) 選択した乳酸菌混合でデユーラム小麦セモリナを 24 時間 37℃培養した発酵ドウ。典型的 α-，β-，γ-gliadin は箱に示した。De Angelis *et al*. (2005)

新規製品になるだ ろう。グリアジンは，発酵，非発酵デュラム小麦セモリナドウから抽出したものを，さら に PT 消化物を作り *in vitro* でヒト骨髄性白血病オリジンの K 563（S）subclone 細胞への 膠着テストに用いた（Auriccho *et al*., 1984）。PT 消化物全体は膠着を起こさなかった。小 麦パン，ライ麦パン，大麦パンとの対照的に，デュラム小麦は decapeptide（10 ペプチド）を含 み，PT 消化物による膠着を阻止する能力があり，それがセリアック病の阻止効果のようである（De Vincenzi *et al*., 1998）。アフィニテイクロマトグラフィーは PT 消化物を 3 つ の区分に分けた。これらの分離区分で唯一の最も小さい区分には，膠着活性が含まれてい た。発酵デュラム小麦セモリナの PT 消化物のこの区分の最小膠着活性は約 80 倍ほどデュ ラム小麦セモリナの PT 消化物より高いが，このことは低下した毒性を示す。これらの結果 から，選択したサワードウ lactobacilli の利用はまたグルテン毒性を低下させたデュラム小麦 セモリナからパスタ製造に適用できるだろう。

ライ麦発酵

選択されたサワードウの乳酸菌の集団もライ麦中のプロラミンの分解に力を示した（De Angelis *et al*., 2006）。プロラミンはライ麦粉から抽出され，PT 分解物を作りヒトの Caco-2/TC7 細胞で *in vitro* 試験した（De Angelis *et al*., 1998; Giovannini *et al*., 2003）。 選択したサワードウ乳酸菌によってライ麦 PT 分解物の加水分解をすすめ，PT 分解物自身 の毒性は低下し，それは Caco−2/TC7 細胞に対し細胞の生存測

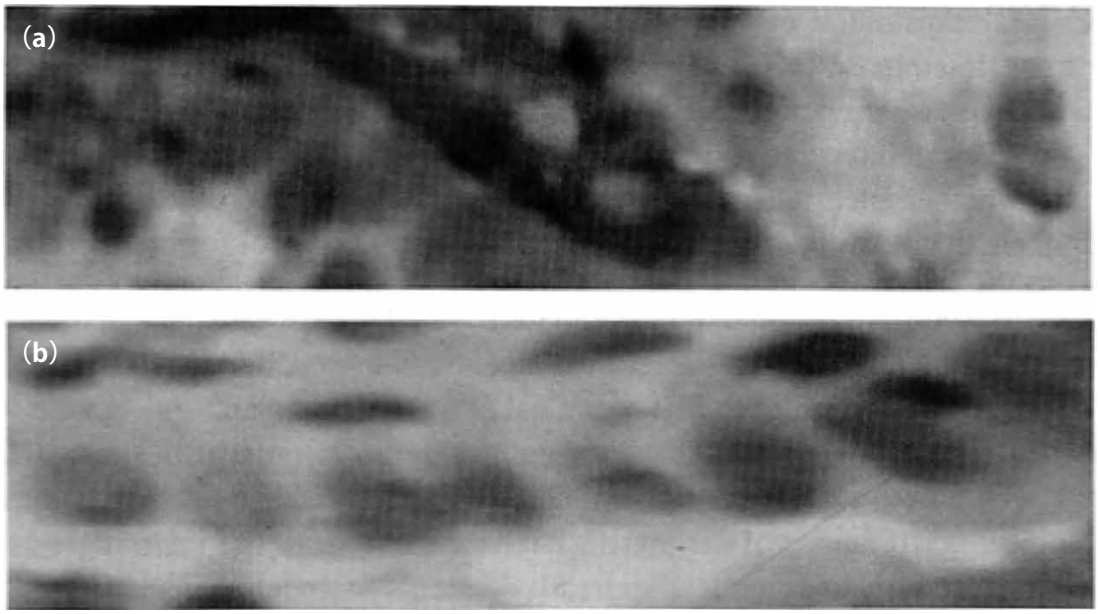


図 12.4　化学的酸性化したドウ（a) から，あるいは選択した乳酸菌で 37℃ 24 時間培養したもの（b）から抽出したセカリン，グルテリンタンパク質の PT 消化物で処理したセリアック病患者標本の Fas expression。元の 200 倍拡大；蛍光組織化学：Red Fuchsin APAAP 染色テクニック。 De Angelis *et al*. (2006)

定，caspase-3 活性測定，さらに一酸化窒素 の放出により確認された。一方，プロラミンとグルテリンは発酵したライ サワードウから抽出され PT 分解に供した。化学的に酸性化したドウから作った PT 分解物 と比べ，乳酸菌によるドウ発酵したものの PT 分解物をセリアック病空腸の生検にさらした 物は，$CD3^+$ 内部上皮リンパ球湿潤の増加は示さなかった（**図 12.4**）が，これは Fas expression で示され，細胞のアポトーシスの測定である（Maiuri *et al*., 2001）。

ラクトバチルスとカビプロテアーゼによる高効率グルテン分解

非常に多くのテスト，*in vitro*（例えば膠着性と Caco-2/TC アッセイ），*ex vivo*（生検 -derived T cells）と acute *in vivo*（小腸湿潤）がすすめられたが，上述の結果（Di Cagno *et al*., 2004, 2005; De Angelis *et al*., 2005, 2006）だけがはっきりしたグリアジン区分の低下を示した。 このルートはグルテンフリー食品のクロスコンタミの危険性を除去するのに有効で有ろう，しかし完全な小麦粉の毒性の除去ではない。結果的に，サワードウ乳酸菌による水解能の 増加のために更なる努力が行われた。カビプロテアーゼとともに，製パンでルーチンに用 いられる他のラクトバチルス株は，はっきりとプロリンリッチペプチドに対するペプチダ ーゼ活性が特徴づけられ（De Angelis *et al*., 2007b），半液体状小麦粉ドウの長い発酵に用 いられた。R5-サンドイッチ法，および競合法 ELISA でもとめたが，発酵したサワードウ中 のグルテン残渣濃度は <20ppm で，これはグルテンフリー食品の Codex Alimentarius Commission のスタンダードによって要求されるものである。2 次元電気泳動と MALD-TOF マススペクトル分析はアルブミン / グロブリンおよびグリアジンの完全加水分解 を示した。僅か約 20% のグルテニンが残った。加水分解後，サワードウ発酵しスプレー ドライした粉は主には水 / 塩可溶の低分子量ペプチドとアミノ酸の混合物である。

低分子量 エピトープは strong cation-exchange liquid chromatography（SCX-LC）と capillary liquid

chromatography-electrospray ionization（CapLC-ESI）-q-TOF-MSTO R5-Western blot 分析によっても検知されなかった。発酵サワードウから抽出した全てのタンパク質区分の PT 分解物は，*in vitro* で末梢の blood mononuclear cells（PBMCs）の proliferation（分裂急 増）と PBMCs による IFNγ 生産，12 人の CD 患者の小腸 T cells lines（iTCLs）の試験に用 いた。iTCL アッセイ前に PT 消 化 物 は tissue transglutaminase（tTG）-mediated deamidation を受けた。すべてのタンパク質区分は PBMCs の活性化を示し，ネガティブ コ ントロールとして IFNγ を誘導した。iTCLs のいずれもが PT 消化物に対し免疫反応を示さ なかった。この小麦粉が完全なグルテンの加水分解後，確かな製パン性を保持するのに適 しているかどうかが不確かなため , 製パン性の生化学的プロトコールを作り標準化した。サワー ドウ発酵後，水を除去し，この事前処理した小麦粉をベーカーズイーストと構造助剤を用 いて製パンした。このサワードウパンは非処理粉で構造助剤ぬきのベーカーズイーストパンと 比較した。サワードウパンの比容積は，ベーカーズイーストパンの比容積によく似ていて，典型的なサワードウ小麦パンのフレーバーを示すと内部のパネルテストが判断した（Rizzello *et al*., 2007）。これらの結果は，セリアック病患者が十分耐えられるベーキング 食品製造の主成分である事前分解小麦粉の技術的パーフォーマンスの研究を大いに奮い立 たせるものである。

将来の方向

グルテンフリー食事の承服点は，極端な骨の折れる作業，クロスコンタミに関係する多くの問題，食品ラベリングポリシーの明確な欠除，グルテンリッチの食品と比較して貧弱なグ ルテンフリー食品の品質のある点である。たとえグルテンフリーシステムの中でサワード ウの活用が未だ幼少期と言われても，利用できる文献データーは，サワードウが疑いも なくグルテンフリー食品のテクスチュア，フレーバーの特徴を改良するのにその技術的手 段として有効であることを強く示している。この伝統的バイオテクノロジーのコマーシャ ル上の利用は，強く保証されている。一方では，サワードウ乳酸菌の胃腸病気のマネージメン ト上での役割は“新興と好奇心”とこれまで定義されて来た（Yan and Polk, 2004）。これ までの研究から , サワードウ乳酸菌の利用は，確かに加工食品中のグルテンエピトープの かけらを除去するようであり，世界に広がるセリアック病によって影響される多数の人の 長期危険を最少にするだろう。さらに最近，サワードウ乳酸菌とカビプロテアーゼでグルテ ン <20ppm の濃度に前処理消化した小麦粉だけで作ったパンで，セリアック病者が小麦パンで 効果的な耐性の評価が得られるかどうかを in vivo 長期試験でスタートした。

Sources of further information and advice

De Vuyst, L. and Gänzle, M. eds (2005). *Trends Food Sci. Technol.* Special Issue **16**, 1-124.
Gobbetti, M. and Gänzle, M. eds (2007). *Food Microbiol*, Special Issue **24**, 113-196.
Hammes, W. P. and Gänzle, M. G. (1998). In: Woods, B. J. B. eds. *Microbiology of Fermented Foods*, Vol. I. London: Blackie Academic/Professional, pp. 199-216.

References

Aleanzi, M., Demonte, A. M., Esper, C., Garcilazo, S., and Waggener, M. (2001). *Clinical Chemistry* **47**, 2023-2028.
Arendt, E. K., Liam, A., Ryan, M., and Dal Bello, F. (2007). *Food Microbiology* **24**, 165-174.
Arentz-Hansen, H., Korner, R., Molberg, O. *et al*. (2000). *J. Exp. Med*. **191**, 603-612.
Aslam, Z., Im, W. T., Ten, L. N., Lee, M. J., Kim, K. H., and Lee, S. T. (2006). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **56**, 2209-2213.
Auricchio, S., De Ritis, G., De Vincenzi, M., Minetti, M., Sapora. O., and Silano, V. (1984). *Biochem. Biophys. Res. Commun*. **21**, 428-433.
Böcker, G., Stolz, P., and Hammes, W. P. (1995). *Getreide Mehl Brot* **49**, 370-374.
Cai, Y., Okada, H., Mori, H., Benno, Y., and Nakase, T. (1999). *Int. J. Syst. Bacteriol*. **49**, 1451-1455.
Clarke, C. I., Schober, T. J., and Arendt, E. K. (2002). *Cereal Chem*. **79**, 640-647.
Clemente, M. G., De Virgiliis, S. Kang, J. S. *et al*. (2003). *Gut* **52**, 218-223.
Corsetti, A., Gobbetti, M., Rossi, J., and Damiani, P. (1998). *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **50**, 253-256.
Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paletti, F., and Rossi, J. (2000). *J. Agric. Food Chem*. **48**, 3044-3051.
Corsetti, A., Settanni, L., and Van Sinderen, D. (2004). *J. Appl. Microbiol*. **96**, 521-534.
Corsetti, A., Settanni, L., Van Sinderen, D., Felis, G. E., Dellaglio, F., and Gobbetti, M. (2005). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **56**, 587-591.
Crowley, P., Schober, T., Clarke, C., and Arendt, E. (2002). *Eur. Food Res. Technol.* **214**, 489-496.
Dal Bello, F., Dal Bello, C. I., Clarke, L. A. *et al*. (2007). *J. Cerel Sci*. **45**, 309-318.
Damiani, P., Gobbetti, M., Cossignani, L., Corsetti, A., Simonetti, M. S., and Rossi, J. (1996). *Lebensm. -Wiss. U. -Technol*. **29**, 63-70.
De Angelis, I., Vicentini, O., Brambilla, G., Stammati, A., and Zucco, F. (1998). *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **152**, 119-127.
De Angelis, M., Mariotti, L., Rossi, J. *et al*. (2002). *Appl. Environ. Microbiol*. **68**, 6193-6201.
De Angelis, M., Gallo, G., Corbo, M. R. *et al*. (2003). *Int. J. Food Microbiol.* **87**, 259-270.
De Angelis, M.,Rizzello, C. G., Scala, E. *et al*. (2005). *Biochim. Biophys. Acta* **1762**, 80-93.
De Angelis, M.,Coda, R., Silano, M. *et al*. (2006). *J. Cereal Sci*. **43**, 301-314.
De Angelis, M., Rizzello, C. G.,Alfonsi, G. *et al*. (2007a). *Br. J. Nutr*. doi: 10.1017/S0007114507772689.
De Angelis, M., Di Cagno, R., Gallo, G. *et al*. (2007b). *Int. J. Food Microbiol*. **114**, 69-82.
De Vincenzi, M., Stammati, A., Luchetti, R., Silano, M., Gasbarrini, G., and Silano, V. (1998). *Toxicology* **127**, 97-106.
De Vuyst, L. and Gänzle, M. G. (2005). *Trends in Food Science & Technology Special Issue-Second International Symposium on Sourdough*: *From Fundamentals to Applications*, Vol. 16. Amsterdam: Elsevier.
De Vuyst, L. and Neysens, P. (2005). *Trends Food Sci. Technol*. **16**, 43-56.
De Vuyst, L. and Vancanneyt, M. (2007). *Food Microbiol*. **24**, 120-127.
De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis Hoste, B. *et al*. (2002). *Appl. Environ. Microbiol*. **68**, 6059-6069.
Di Cagno, R., De Angelis, M., Lavermicocca, P. *et al*. (2002). *Appl. Environ. Microbiol*. **68**, 623-633.
Di Cagno, R., De Angelis, M., Corsetti, A., *et al*. (2003). *Food Microbiol.* **20**, 67-75.
Di Cagno, R., De Angelis, M., Auricchio, S. *et al*. (2004). *Appl. Environ. Microbiol*. **70**, 1088-1096.
Di Cagno, R., De Angelis, M., Alfonsi, G. *et al*. (2005). *J. agric. Food Chem*. **53**, 4379-4402.
Diowksz, A., Koziol, G., Kordialik-Bogacka, E., Ambroziak, W., and Sucharzewska, D. (2006). *Proceedings of the 3rd International Symposium on Sourdough*, October 25-28, Bari, Italy.
Drago, S., Asmar, R. E., D'Agate, C. *et al*. (2003). *Gastroenterology* **124**, A658.
Ehrmann, M. A. and Vogel, R. F. (2005). *Trends Food Sci. Technol*. **16**, 31-42.

Ehrmann, M. A. Müller, M. R. A., and Vogel, R. F. (2003). *Int J. Syst. Evolutionary Microbiol.* **53**, 7-13.
Gallagher, E., Gormleya, T. R., and Arendt, E. K. (2004). *Trends Food Sci. Technol*. **15**, 143-152.
Gallo, G., De Angelis, M., McSweeney, P. L. H., Corbo, M. R., and Gobbetti, M. (2005). *Food Chem*. **9**, 535-544.
Gänzle, M. G., Vermeulen, N., and Vogel, R. F. (2007). *Food Microbiol*. **24**, 128-138.
Giovannini, C., Matarrese, P., Scazzocchio, B., Varì, R., D' Archivio, M., and Straface, E. (2003). *FEBS Lett*. **540**, 117-124.
Giuliani, G. M., Benedusi, A., Di Cagno, R., De Angelis, M., Luisi, A., and Gobbetti, M. (2006). RM2006A000369.
Gobbetti, M. (1998). *Trends Food Sci. Technol*. **9**, 267-274.
Gobbetti, M. and Corsetti, A. (1996). *Z. Lebensm. Untersuch. Forsch*. **203**, 82-87.
Gobbetti, M. and Corsetti, A. (1997). *Food Microbiol*. **14**, 175-187.
Gobbetti, M., Lavermicrocca, P., Minervini, F., De Angelis, M., and Corsetti, A. (2000). *J. Appl. Microbiol*. **88**, 317-324.
Gobbetti, M., De Angelis,M., Corsetti, A., and Di Cagno, R. (2005). *Trends Food Sci. Technol*. **16**, 57-69.
Hammes, W. P. and Gänzle, M. G. (1998). *Microbiology of Fermented Foods*, Vol. 1. London: Blackie Academic/ Professional, pp.199-216.
Hausch, F., Shan, L., Santiago, N. A., Gray, G.M., and Khosla, C. (2002). *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol*. **283**, 996-1003.
Höltzel, A., Gänzle, M. G., Nicholson, G. J., Hammes, W. P., and Jung, G. (2000). *Angew. Chem. Int. Ed*. **39**, 2766-2768.
Hoseney, C. (1994). *Principles of Cereals Science and Technology*, 2nd edn. St. Paul MN: American Association of Cereal Chemists.
Katina, K., Arendt, E. H., Liukkonen, K. H., Autio, K., Flander, L., and Poutanen, K. (2005). *Trends Food Sci. Technol*. **16**,104-112.
Kieronczyk, A., Skeie, S., Olsen, K., and Langsrud, T. (2001). *Int. Dairy J*. **11**, 217-224.
Kirschner, L. and Von Holy, A. (1989). *S*, *Afr. J. Sci*. **85**, 425-427.
Korakli, M., Rossmann, A., Gänzle, G., and Vogel, R. F. (2001). *J. Agric. Food Chem*. **49**, 5194-5200.
Lavermicrocca, P., Valerio, F., and Visconti, A. (2003). *Appl. Environ. Microbiol*. **69**, 634-640.
Liukkonen, K. H., Katina, K., Wilhelmson, A. *et al*. (2003). *Proc. Nutr. Soc*. **62**,117-122.
Lopez, H., Krspine, V., Guy, C., Messager, A., Demigne, C., and Remesy, C. (2001). *J. Agric. Food Chem*. **49**, 2657-2662.
Maiuri, L., Ciacci, C., Vacca, L. *et al*. (2001). *Am. J. GaStroenterol*. **96**, 150-156.
Mazzarella, G., Maglio, M., Paparo, F. *et al*. (2005). *Gut* **52**, 57-62.
Meroth, C. B.,Hammes, W. P., and Hertel, C. (2004). *Syst. Appl. Microbiol*. **27**, 151-159.
Molberg, O., Solheim Flaete, N., Jensen, T., Lundin, K. E., Arentz-Hansen, H., and Anderson, O. D. (2003). *Gastroenterology* **125**, 337-344.
Moore, M. M. (2005). University College Cork Ireland.
Müller, M. R. A., Ehrmann, M. A., and Vogel, R. F. (2000). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **50**, 2127-2133.
Müller, M. R. A., Wolfrum, G., Stolz, P., Ehrmann, M, A., and Vogel, R. F. (2001). *Food Microbiol*. **27**, 217-227.
Östman, E., Nilsson, M., Liljeberg-Elmståhl, H., Molin, G., and Björck, I. (2002). *J. Cereal Sci*. **36**, 339-346.
Picarelli, A., Di Tola, L., Sabbatella, M., Greco, L., Silano, R., and De Vincenzi, M. (1999). *J. Gastroenterol*. **34**, 1099-1102.
Pyle, G. G., Paaso, B., Anderson, B. E. *et al*. (2005). *Clin. Gastroenterol. Hepatol*. **3**, 687-694.
Rizzello, C.G., De Angelis, M., Di Cagno, R. *et al*. (2007). *Appl. Environ. Microbiol*. **73**, 4499-4507.
Röcken, W. and Voysey, P. A. (1995). *J. Appl. Bacteriol*. **79**, 38S-48S.
Ryan, L. A., Dal Bello, F., Renzetti, S., and Arendt, E.K. (2006). Meeting Abstract, San Francisco.
Scheirlink, I., Van der Meulen, R., Van Schoor, A. *et al*. (2007). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **57**, 223-227.
Schieberle, P. (1996). *Adv. Food Sci*. **18**, 237-244.
Schnürer, J. and Magnusson, J. (2005). *Trends Food Sci. Technol*. **16**, 70-78.
Shan, L., Molberg, O., Parrot, I. *et al*. (2002). *Science* **297**, 2275-2279.
Shan, L., Marti, T., Sollid, L. M., Gray, G. M., and Khosla, C. (2004). *Biochem. J*. **383**, 311-318.
Sikken, D. and Lousche, K. (2003). European Patent EP13611796.

Sollid, L. M. and Khosla, C. (2005). *Nat. Clin*, *Pract. Gastroenterol. Hepatol*. **2**, 140-147.
Stepniak, D.,Spaenij-Dekking, L., Mitea, C. *et al*. (2006). *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol*. **291**, 460-468.
Thiele, C., Gänzle, M. G. and Vogel, R. F. (2002). *Cereal Chem*. **79**, 45-51.
Troncone, R., Mazzarella, G., Leone, N. *et al*. (1998). *Gut* **43**, 484-489.
Valcheva, R., Korakli, M.,Onno, B. *et al*. (2005). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **55**, 763-767.
Valcheva, R., Ferchichi, M., Korakli, M. *et al*. (2006). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **56**, 587-591.
Vancanneyt, M., Neysens, P., Dewachter, M. *et al*. (2005). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **55**, 615-620.
Vermeulen, N., Kretzer, J., Machalitza, H., Vogel, R. F., and Gänzle, M. G. (2006). *J. Cereal Sci*. **43**, 137-143.
Vogel, R. F., Bocker, G., Stolz, P. *et al*. (1994). *Int. J. Syst. Bacteriol*. **44**, 223-229.
Vogel, R. F., Knorr, R., Müller, M. R. A., Steudel, U., Gänzle, M. G., and Ehrmann, M. A. (1999). *Antonie van Leeuwenhoek* **76**, 403-411.
Weiss, N. and Schillinger, U. (1984). *Syst. Appl. Microbiol*. **4**, 507-511.
Wiese, B. G., Strohmar, W., Rainey, F. A., and Diekmann, H. (1996). *Int. J. Syst. Bacteriol*. 46, 449-453.
Yan, F. and Polk, D. B. (2004). *Curr. Opin. Gastroenterol*. **20**, 565-571.

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

酒たちの来た道

酒造りの文明史⑬

古賀 邦正（*KOGA Kunimasa*）
（一財）自然環境研究センター

6. 日本酒の来た道（4）：記紀神話に見る酒の神々

6-12. 記紀神話のあらすじと時代把握

日本の現代社会は弥生時代以降の水田稲作社会を基盤にして発展してきた。縄文時代の早い時期から人々は定住を始め，住まいの近くでヒエや豆などの栽培をしていたという。しかし，一方で四季折々に山の中を逍遥しながら木の実を採取し，シカやイノシシなどの小動物を捕まえ，川や海から魚介類や貝を取って食糧にしていた。季節や場所の状況に合わせていろいろな物を食べていたのだ。“柔らかな”暮らしの社会に厳しい管理システムは要らない。縄文時代の社会は家族中心の緩やかな上下関係からなる小集団が中心だったと考えられている。紀元前 10 世紀後半に朝鮮半島から九州北部に水田稲作社会が持ち込まれ，次第に日本列島に拡がっていった。この水田稲作社会はコメが主食であり，その生産の場は水田。水田稲作民は一か所に集まって住み，水田造りに始まって田植え，雑草取り，収穫と共同作業でコメ造りを行う。収穫したコメは互いに分けあうにしても，収穫を増やそうと思えば共同作業の効率化が求められる。そのためには優秀なリーダーのもとでの協力体制の強化が必要となる。その結果，社会に秩序化と階級化が生じて，それが次第に強化されていった。こういった社会のありようは基本的には現代社会へ受け継がれている。

コメの収穫は天候に大きく左右される。共同作業であるため収穫の良し悪しは集落全体の生活に影響を及ぼす。人々は人智を超えた大きな力を持つものを頼りにして自分たちの生活の安定や日々の安全を願っていたに違いない。人智を超えたものを崇める風習は縄文時代からあっただろうが，縄文時代は大きな力を持つものとして自然そのものを畏れ敬っていた。水田稲作社会になって願いが具体的になってゆくにつれて神々の姿も明確になってゆく。こうして日本の神々の多くは稲作農耕生活の中で定着し，庶民とくに農民の信仰を集めていった。酒の神も農耕の神々のなかの一つとして位置づけられ，崇められていた。

8 世紀初頭に編纂された古事記と日本書紀の初めに神話（記紀神話）が記されている。古くから伝わる「帝紀」，「旧辞」を天武天皇が稗田阿礼に命じて読み習わせたものを元明天皇が太安万侶に筆録させたのが 712 年に編纂された古事記である。720 年に編纂された日本書紀は，舎人親王らが中国の史書の体裁にならって国家の正史として完成させたものである。古事記は皇室の起源と歴史をまとめた歴史書であるのに対し，日本書紀は正史としてオフィシャルな記述がなされている。どちらも天皇家の支配の根源と正統性を主張する政治的要素が働いているだろうが，それ以前から語り伝えられてきた説話を基にまとめた部分もあるだろう。酒の神や酒に関しての記述は，当時の酒について知るうえで重要な情報だろう。

古事記と日本書紀はよく似た記述内容が多い。とくに記紀神話の部分は共通する部分が多い。しかし，文章量において大きな差があり，古事記は全 3 巻だけど日本書紀は全 33 巻。初の日本の正史として対外的に主張するスタンスに立ち，分かって欲しいことについては説明的な叙述も多くな

古事記　上巻

1 天地初発
2 神世七代
3 国土生成
4 諸神産生
5 イザナミノ神の死
6 黄泉の国御訪問
7 イザナギノ神の禊
8 三貴神の文治
9 天照大御神と速須佐之男命
10 天の岩屋
11 速須佐之男の追放
12 八岐の大蛇
13 須賀の宮
14 速須佐之男の御子孫
15 因幡の白兎
16 手間山の赤猪
17 大国主神の根の国行き
18 沼河比売への求婚
19 須世理毘売の嫉妬
20 大国主神の御子孫
21 少名毘古那神
22 大年神の出現とその御子孫
23 葦原の中つ国の平定
24 阿遅志貴高日子根神
25 大国主神の国譲り
26 天孫降臨
27 猿田毘古神と天宇受売命
28 木花之佐久夜毘売と石長比売
29 海幸山幸
30 鵜葺草葺不合命

図 1　古事記上巻の目次
（蓮田善明，「現代語訳　古事記」（岩波書店）に従い，番号を付記した）

りがちであった結果もその一因だろう。素朴な記述という点から言えば古事記ということになるが，酒の記述に関して日本書紀でのみ記述されている箇所もある。

加藤百一氏が酒神と神社について詳細に調べておられ，多くの著書や論文が残されている。近年，考古学の進展で縄文時代は 16000 年前から 3000 年前までの 13000 年間続き，その文化レベルが想像以上に高かったこと，3000 年近く以前に始まった弥生時代（水田稲作社会）は時間をかけて日本列島にゆっくりと広まっていったことなど古代社会に関して新たな知見も多く得られている。加藤氏の著書をたどりつつ，新たな知見を参考にして著者の感想や意見も交えながら古代の酒の旅を続けたいと思う。

古事記の場合，神話と言われている箇所は上巻に記載されている。蓮田善明氏の現代語訳「古事記」に記載されている上巻の目次を**図 1** に示した。まず，これを参考にしながら神代について記されている概略を述べることとする。いささか “ 神がかっている ” ことはご容赦戴きたい。

◆古事記・上巻のあらすじ

世界ははじめ天地の境がなく混とんとした状態だったが，やがて高天原（天上界），葦原中つ国（地上世界），黄泉の国（死者の世界）に分かれる。高天原にまず三神が出現して万物生成の主宰者となった。その後，神世七世代と呼ばれる 7 世代の神々がうまれるが，その最後にイザナギノミコト（伊邪那岐命）とイザナミノミコト（伊邪那美命）の男女二神が生まれ，諸神はこの二神に国土を確かなものにするようにと頼んだ（1. 天地初発，2. 神世七代）。

イザナギとイザナミはまず国土を産み終えた（3. 国土生成）のち，石，風，山，海，川などの自然界を司る神，国土の安寧を守る神など多くの神々を産んだ（4. 諸神産生）。しかし，イザナミは火の神を産んだ際の火傷で病に臥し，亡くなってしまう（5. イザナミノ神の死）。イザナギはイザナミに会いに黄泉の国に行くが，黄泉の国でのその姿を見て逃げ帰る。そして，筑紫の日向にたどり着いたイザナギは黄泉の国の穢れを祓うために禊を行う（6. 黄泉の国御訪問，7. イザナギノ神の禊）。

イザナミが病の臥した後もその吐瀉物や汚物，あるいはイザナギが火の神を切り殺した際の血や死体などからも神々が産まれた。イザナギが禊を行うために衣服を脱いだだけで 12 の神々が産まれたという。そして，禊の際，最後に左目を洗うとアマテラスオオミカミ（天照大御神），右目を洗うとツクヨミノミコト（月読命），鼻を洗うとタケハヤスサノオノミコト（建速須佐之男命）の三貴神が誕生した。

イザナギはアマテラスに高天原を，ツクヨミに夜の国を，スサノオに海の国を統治するように命じた。しかし，スサノオは母神イザナミのいる黄泉の国に行きたがって泣いてばかりいて，とうとうイザナギの怒りをかい，高天原から追放されることになる（8. 三貴神の分治）。

スサノオは姉神のアマテラスに別れを告げるために訪ねるが，その素行が乱暴なためアマテラスは高天原を乗っ取りにきたと勘違いをする。しかし，スサノオはそうでないことを証明して高天原に居座る（9. 天照大御神と速素佐之男命）。しかし，スサノオが相変わらず乱暴狼藉を働くため，アマテラスは天の岩屋に引きこもってしまい，スサノオは髭を切られ，手足の爪を抜かれて高天原から追放されてしまう（10. 天の岩屋，11. 速素佐之男の追放）。

アマテラスが天の岩屋に引きこもると世界は闇に包まれ，悪神がはびこり，多くの災いが起こった。諸神は知恵を絞ってアマテラスを岩屋から引き出すことに成功した。

高天原から追放されたスサノオが出雲の地に降り立つと下界の神（アシナヅチ（足名椎），テナヅチ（手名椎））が嘆いているのに出会う。娘のクシナダヒメ（櫛名田比売）が近いうちに八岐大蛇に食い殺されてしまうことを嘆いているのだ。そこで，スサノオはクシナダヒメを嫁にもらう約束で八岐大蛇を退治する。スサノオはクシナダヒメとともに出雲須賀に鎮座し，地上では文武両道の神として信奉される（12. 八岐の大蛇，13. 須賀の宮）。

スサノオの６代目の子孫がオオクニヌシノミコト（大国主命）。オオクニヌシは兄神の八十神たちの酷い仕打ちにあい，根の国（黄泉の国）のスサノオに助けを求める。オオクニヌシはスサノオのふっかける数々の無理難題を解決する。結局，スサノオはオオクニヌシが娘神のスセリビメノミコト（須勢理毘売命）を妻とすることを認め，国をまとめることを命じる（14. 速素佐之男の御子孫～ 17. 大国主神の根の国行き）。

正妻のスセリビメは嫉妬深かったが，オオクニヌシは高志（こし）の国（現在の福井地方）のヌナカハヒメ（沼河比売）をはじめとして多くのひめ神を娶られてたくさんの御子孫を残された（18. 沼河比売への求婚～ 20. 大国主神の御子孫）。

オオクニヌシはスクナヒコナノカミ（小人神少彦名神）に助けを借り，オオクニヌシの和魂であるオオモノヌシノオオカミ（大物主大神）を大和の国・御諸山にお祭りして，“ 葦原中つ国 ” を領地した。しかし，まだ暴威をふるう土着の神が多くいた。アマテラスはいろいろの神を遣わすがうまくゆかず，最後に遣わされたタケミカヅチノカミ（建御雷神）がオオクニヌシに国譲りを了解させた（21. 少名毗古那神～ 25. 大国主神の国譲り）。

アマテラスは孫神のニニギノミコト（邇邇杵尊）に “ 葦原中つ国 ” の統治を命じ，ニニギノ尊は多くの神々を率いて三種の神器（八尺勾玉，八咫鏡，草薙剣）を携え，サルタヒコノカミ（猿田毘古神）の案内で日向国の高千穂に降り立った（26. 天孫降臨）。そして，神々の応援を得て海の幸や山の幸が豊富な国づくりを行った（27. 猿田毘古神と天宇受売命～ 30. 鵜葺草葺不合命）。

これが上巻の “ 神代の話 ” ということになる。約45億年前に誕生した地球はまだマグマの状態（古事記でいう “ 混とんの状態 ”）だった。次第に落ち着いてくるとともに大陸陸地の形成が 20 億年前まで顕著に進行する。そして，現在の日本列島の原型ができるのが 1300 万年前であるということだが，イザナギとイザナミはその頃に登場したのだろうか。この二柱は多くの自然の神様を誕生させるが，自然の中に神を認める考えは縄文時代からのものだろう。最終氷期は７万年前に始まって１万年前に終了したがこの時期がアマテラスの天の岩屋に籠られたとする時期とするのはどうだろうか。太陽神であったことを考えれば天の岩屋籠りは太陽が消える日蝕や太陽が顔を出すのが短い冬至を指しているという意見もあるようだ。確かに物語りを作り出す際に日蝕や冬至の季節が

作者の頭に浮かんだかもが知れないが，地球の創生から始まるスケールの大きさを考えれば天の岩屋籠りの時期は人類が苦しみ耐えた最終氷期とした方が私には合点がいく。

縄文時代は 16000 年前から始まって 13000 年間続いたということを考えると，厳しい氷期から今のように比較的穏やかな間氷期への変化を縄文時代の前期に迎えたことになる。間氷期に入って農耕が盛んになるが，スサノオが地上に降る際に蚕・稲種・粟・小豆・麦・大豆をもたらしたという記述とも符合する。実際，大豆・小豆・ヒエは日本原産であり，縄文前期から栽培していたことが最近の測定技術によって明らかにされている。

アマテラスはニニギノ尊に“葦原の中つ国”を治めさせるにあたって３つの神勅（命令）を与える。天壌無窮の神勅；永久に葦原中つ国を治めること，宝鏡奉斎の神勅；八咫鏡をアマテラスと思って祀ること，斎庭（ゆにわ）の稲穂の神勅；高天原の稲を地上にもたらして育てること，の３つである。そして統治権の象徴である三種の神器と稲穂が授けられ，ニニギノ尊は地上に降ったのだ（天孫降臨）。

この地上を瑞穂の国にする目的で稲穂を携えた天孫降臨は今から 3000 年前に水田稲作民が朝鮮半島から北九州に渡来して来たのと符合するのではないだろうか。記紀神話の時の流れをこのような枠組みのなかで捉え，水田稲作社会の伝来をその流れの中に位置づけ，酒に関わりの深い神たちがいつ登場したかを考え，その酒について思いを馳せてみることにしたい。

古事記の上巻に記述されている神々が遷座されたとされる土地，居を構えたとされる土地，あるいはご縁のある土地を抜粋して**表 1** に示した。加藤百一氏はその論文の中で，「原初の神は“もの”そのもの，たとえば山とか，森であった。次に“もの”に神が宿るという信仰が導き出され，森の中でもより高く，よりかっこいい木が神の依りしろとして崇められた。いつしかそこには小祠が，いわば“神坐”が設けられたのであろう。」と述べている。小祠はやがて神社へと変わっていって，

表１　記紀神話で記載されている神々の遷座などの場所

No.	古事記での記述	現在の場所	神　名	現在の神社
1	香山（かぐやま）の麓も木の本	天香久山の西北麓	ナギサハメノ神	
2	出雲と伯耆の国境の比婆山	島根県安来市比婆山	イザナミノ神を葬った場所	比婆山久米神社
3	筑紫の日向の橘の小門	宮崎市大淀川北岸の橘	イザナギノ神の禊	江田神社
4			ソコツツノヲノ命 ナカツツノヲノ命 ウハツツノヲノ命	住吉神社（大阪）
5	近江の多賀神社	滋賀県彦根市	イザナギノ大神の鎮座	多賀神社（滋賀県）
6	筑前国宗像	福岡県宗像市	（奥津宮）タギリビメノ命 （中津宮）イチキシマヒメノ命 （辺津宮）タギツヒメノ命	宗像神社
7	出雲の国須賀	島根県大原郡海潮村大字諏訪	スサノヲノ命	須我神社
8	出雲の国宇迦山	島根県弥山（？）	オオクニヌシノ命 スセリビメノ命	出雲大社
9	大和の国御諸山（みむろやま）	奈良県三輪山	オオモノヌシノ大神	大神神社
10	近江の国比叡山（日枝山）	大津市から京都府の比叡山	オホヤマクヒノ神	日吉大社
11	山城の国葛野郡松尾	京都市右京区松尾	オホヤマクヒノ神	松尾大社
12	信濃の国諏訪湖畔	長野県諏訪湖畔	タケミナカタノ神	諏訪神社
13	出雲の国多芸志小浜		オオクニヌシノ命	出雲大社
14	五十鈴の宮		ヤタの鏡 トコヨノオモヒカネノ神	伊勢皇太神宮
15			トヨウケノ神	伊勢外宮
16	伊勢の佐那県	三重県多気郡	タヂカラヲノ神	佐那神社
17	笠沙の岬	薩摩の国（？）	ニニギノ命の住まわれた宮	
18	高千穂	宮崎県北部高千穂町	ニニギノ命	高千穂の宮

現在に至っているのだろう。**表 1** に記載された神社の多くはよく知られている神社だが，このうち酒に関わりのあるのはそう多くはない。

6-13. 記紀神話に見る酒と関わりのある神たち

◆酒解神（さけとけのかみ）と酒解子神（さけとけこのかみ）

＜オオヤマツミノカミ＞

酒造りの祖神は酒解神（さけとけのかみ）と言われるオオヤマツミノカミ（大山津見神，大山祇神）と酒解子神（さけとけのこがみ）と言われるカンアタツヒメ（神阿多都比売）であり，この二神は父娘神である。オオヤマツミノ神はイザナギノ命とイザナミノ命との子神であり，古事記でも早い時期に登場する。神名の大山津見は「大山に宿る霊」という意味で，オオヤマツミノ神が山々を統括していることを示している。狩猟採集によって暮らしていた石器時代において山は食糧確保の場であった。その頃から山々を統括していれば，その神徳も広く農業・鉱業はもちろん，漁業や商工業まで及んでいる。神徳が農耕にも及ぶ神ということから酒造りにも縁があると考えられている。山が食糧確保の場であるという考えは縄文時代以前からのものだろう。縄文時代，ヤマブドウなどの液果を原料とした酒が造られていたと考えられているので山が酒造りと縁があって不思議はない。

前にも記したように，私はこの時代から穀物の酒が造られていたのではないかと考えている。液果を酒にするには，まずジュースにする必要がある。酒（ワイン）も美味いが，ジュースは甘くて美味しいので大抵の場合，ジュースのまま飲まれてしまうのではないだろうか。もちろん，地域によっては液果の酒も楽しんだだろうけど地域的にも，季節的にも，また，保存性からみても限定的ではないだろうか。西洋の場合，ぜいたくな果物の酒（ワイン）が広がるには階級社会で特権階級のみが飲める酒としての酒の権威付けが必要だった。緩やかな管理組織だった縄文社会ではその必然性はない。この時代，季節と地域を超えてひろく飲まれるには穀物を原料とした酒ということになりはしないか。縄文時代の初期から狩猟・採集の傍らでヒエを栽培していたことが最近分かってきている。それは初原的栽培であり山周辺で栽培し，できが悪くなったら次に移動する焼畑スタイル。そうして得られる穀物（当初はヒエ，後半にはアワ，キビ，イネも）は山から得られる産物の一つであり，“ 収穫物は水田から ” という考え方とは大きく異なる。その当時から粥状の穀粒にカビを生やしたヒエ酒造りが大陸から伝来してきていたのではないだろうか。そして，このヒエ酒造りの工程が今の日本酒造りの原型だろう，というのが私の考えである。

＜カンアタツヒメ＞

オオヤマツミノ神の子供のカンアツタヒメはまたの名をコノハナサクヤヒメ（木花佐久夜比売）と言い，天孫であるニニギノ尊の妻となった。

カンアタツヒメはニニギノ尊と会った後，一晩で孕んだため，天孫のニニギノ尊は「若しや自分の子ではないのでは？」と疑った。カンアタツヒメは産屋に籠り，「もし天孫の子供なら無事に産まれることでしょう」と言って，産屋に火をつけて燃えさかる中で 3 人の御子を無事に産んだ。カンアタツヒメ自身も無事であり，その時，カンアタツヒメは「狭名田（さなだ）」の稲を用いて「天甜酒（あまのたむさけ）」を造り，「淳浪田（ぬなた）」の稲を用いて飯を炊いて新嘗の神祭のために献上した，と日本書紀に記されている（古事記には記されていない）。「天甜酒」は「天の美酒」ということ，「狭名田」は神稲をつくるために占いで決められた田，「淳浪田」は水田のことである。新嘗はその年に収穫した米でつくった御飯（みけ）と御酒（みき）を神前にお供えし，その後，神

図２　梅宮大社
1．梅宮大社　2．梅宮大社の石碑　3．奉納された酒樽

と共飲・共食する祭で農耕儀礼のうちで最も重要視されている。上古の日本人にとって酒造りは神祭の重要な神事の一つであった。また, 天甜酒を造る際に穀物麹を使っていたことを示す「醸む（かむ)」を用いており，新嘗の神祭のためにカンアタツヒメが米を原料とし，麹を利用して酒を造っていたことが知られる。これが穀物から酒を造ったはじまりである。「醸む（かむ)」を「噛む」と解釈して，天甜酒を口噛み酒と理解する例が多々見られるけどそれは間違い。カンアタツヒメは水田で収穫したコメを原料に麹を用いて酒造りを行った神であり，酒造りにご縁の深い，「酒解子神」と呼ばれるのにふさわしい神様である。

オオヤマツミノ神とカンアタツヒメを祭神とする酒に縁の深い神社として梅宮大社が知られている。

・梅宮大社：梅宮大社は京都市右京区・嵐山からほど近いところにある（**図 2-1**)。約 1300 年前に橘氏の氏神としてオオヤマツミノ神を祀ったのが始まりとされている。祭神はオオヤマツミノ神とカンアタツヒメに加えてオオワクコノカミ（大若子神）とコワクコノカミ（小若子神)。オオワクコノカミはニニギノ尊の別名であり，コワクノカミはニニギノ尊とカンアタツヒメの間に生まれたヒコホホデミノミコト（彦火火出見尊）の別名である。従って，祭神の四柱すべてが天甜酒の誕生に関わりがあることになる。境内に「酒造之祖神」と記した石碑と奉納された酒樽とがある（**図 2-2, 3**)。

また，石碑には「安産守護神」とも記されているが，これは燃えさかる産屋で無事にヒコホホデミノ尊が産まれたため。本殿東側に「跨ぐと子供が授かる」と云われる「またげの石」がある。また，境内の砂も安産を呼ぶという民間信仰があり，梅宮大社は酒造と安産の神として古くから崇められている。

◆スサノオノミコト

スサノオの正妻クシナダヒメの親神のアシナヅチ，テナヅチは土着の " 国つ神 " だけど，酒解神オオヤマツミノ神の子神である。この二柱は兄妹神であり，夫婦神でもある。スサノオは八岐大蛇を退治する際，まず，念を入れて味の良い酒（八塩折之酒）を造らせ，八つの門を作ってそれぞれに座敷を設け，酒をいっぱいいれた酒槽を据えさせた。やがて八岐大蛇がやってきて酒槽ごとに八つの頭を傾け入れて酒を飲み，酔って寝てしまう。スサノオはすかさず持っていた十拳剣（とつかのつるぎ）で大蛇をずたずたに切り裂いて退治した。この時，鋭い剣が大蛇の尾に入っているのを見つけ，これをアマテラス大御神に献上した。これが，三種の神器の一つ草薙の剣。

前回も紹介したが，「八塩折りの酒」の「八」は「たくさん」を意味する数である。「塩」は熟成醪を搾った汁のことであり，「折り」は幾度も折り返すことを意味している。したがって，「八塩折

りの酒」とは，何度も何度も繰り返して醪に麹と原料穀物を加えて造った濃い酒のことである。この時期はまだ天孫降臨以前であり，水田稲作からのコメを原料とした酒は造られていなかっただろう。穀物の原料であるならヒエ酒だろうか。あるいは陸稲のコメかも知れない。しかし，この時代に「八塩折りの酒」を造る技術を知っていただろうか。古事記や日本書紀を編纂する際にその時代の知識を織り込んで物語った可能性もある。

一方，日本書紀（神代紀）の別伝（一書の二）で出雲神話の大蛇退治に「八甕酒」が登場し，「衆菓（あまたこのみ）を以て，酒八甕を醸め」と語られている。「衆菓」は米ではなく液果類か果実類のことであり，「八甕」とは大甕のことである。「八甕酒」は液果類か果実類を原料とした醸造酒に違いない。縄文中期から縄文人は山ブドウなどの醸造酒を楽しんでいたという指摘があり，それに符合する記録である。

同じく，日本書紀（神代紀）・出雲神話に，大蛇を退治するために「毒酒（あしきさけ）を醸みて飲ましむ」とある。この場合の「悪酒」とは「毒入りの酒」ではなく，多分，「できの悪い酒」のことだろうと加藤百一氏は指摘されているが，「ヒエ酒」の可能性はないだろうか。水田稲作によるコメの正当性を思うあまり，ヒエを悪しざまに考える傾向があっても不思議はない。「八甕酒」や「あしき酒」を日本書記の別伝であえて記述したことを考えると，日本書紀の編纂にあたって，ことの他，原料について思いを巡らして物語づくりをしていたと思われる。

山津国に降り立ったスサノオノ命は武に優れているとともに最初に和歌を詠んだ歌聖とも仰がれる文武両道の神である。祭神として八坂神社（京都市東山区）・廣峯神社（兵庫県姫路市）・氷川神社（さいたま市大宮区）で祀られているが，いずれも酒造りに関する記述はない。また，スサノオは農耕の神としては崇められているが，酒造りとの縁について述べられてはいない。スサノオの関わった酒が水田からのコメを原料としていなかったためかも知れない。

しかし，私はスサノオはオオヤマツミノ神と縁も深いし，八岐大蛇を退治するにも酒をうまく用いていることだし，記紀神話における酒との関わりの深い神の仲間に入れたいと思う。

◆オオクニヌシノミコト

スサノオの六世の子孫のオオクニヌシで頭に浮かぶのは「因幡の白ウサギ」の話。兄の神たちと美しいことで評判のヤマガミヒメに会いに行く道中，サメに嘘をついたために皮を剥ぎ取られて苦しんでいた一匹のウサギと出会う。兄神たちは，塩水をかけ風に当たると治ると言い，さらに兎を苦しめた。遅れてやって来たオオクニヌシが通りかかり，苦しんでいる兎を介抱した。真水で身体を清め，“ がまの穂 ” で手当てをしたところウサギは瞬く間に回復し，「あなたこそがヤマガミヒメと結ばれるでしょう」と告げたという。

神話はまだ続く。予言通りオオクニヌシはヤマガミヒメと結婚することになったが，それを知った兄神たちはオオクニヌシの命を奪おうと真っ赤に焼けた大岩を山から転がしてオオクニヌシを殺してしまう。彼の死を見て悲しんだ母神が，天上の神に頼み，生き返らせてもらう。それでも兄神たちは再びオオクニヌシを殺し，母神がまた天上の神に頼んで蘇らせた。そして，最後に頼ったのはオオクニヌシから遡ること六代目の祖先スサノオである。

数々の難題を乗り越えて，スサノオに娘神スセリビメノミコト（須勢理毘売命）を妻とすることと “ 葦原の中つ国 ” をまとめることを認められたオオクニヌシはスクナヒコナノカミ（小人神少彦名神）の助けを借りて “ 葦原の中つ国 ” をまとめあげてゆく。

国造りを行うなかオオクニヌシ（またの名，ヤチホコノ神）は高志の国（現在の福井地方）のヌナカハヒメ（沼河比売）を娶ろうとするが正妻のスゼリビメは非常に嫉妬深かった。ほとほと困っ

たオオクニヌシは出雲から大和へ移ろうとする。いよいよ出発の時，オオクニヌシが妻に「愛しの妻よ」と声をかけるとスセリビメは，酒を入れた杯をもって駆け寄り，「さあ，お酒をお召し上がりくださいませ」と歌って答え，酒を交わして誓いを結びオオクニヌシ神とスセリビメはお互いの首に腕をかけて抱き合ったという。二神が交わした歌は“神語り”という。オオクニヌシは酒と縁がある神様であることが分かる。

オオクニヌシの国造りを助けていたスクナヒコナノカミは国づくりが一段落すると，ある日突然「もう私は必要ないだろう」と海の彼方に去って行ってしまった。突然のことに困り果てたオオクニヌシ。その時に海の向こうから光り輝くオオモノヌシノオオカミ（大物主大神）が現れ，「大和国の三輪山に自分を祀るように」という声がどこからともなく聞こえてきた。オオモノヌシはオオクニヌシの穏やかな魂の“和魂”であることを告げられ，恐れや不安を抱いても疑うことなく己が決めたことを貫けという教えであることを悟り，オオクニヌシは引き続き国造りに励んだという。

オオクニヌシを祭神として出雲大社と大神神社（おおみわじんじゃ）が創建された。

・大神神社：ご祭神のオオモノヌシノ大神がお山に鎮まるために，古来本殿は設けずに拝殿の奥にある三ツ鳥居を通し三輪山を拝するという原初の神祀りの様を伝えるわが国最古の神社（**図 3-1**）。

記紀神話に創祇の伝承が明瞭に記されていることは貴重なことでご祭神の神格が如何に高かったかを物語っていると言える。「大神」と書いて「おおみわ」と読むように古くから尊ばれていて，国造りの神様，生活全般の守護神として全国からの参拝があり，信仰厚い人々に支えられている。

大神神社は酒造関係者との関わりが深い。崇神天皇の時代に大流行した疫病を祭神が鎮めたこと，杜氏の高橋活日命（タカハシノイクヒノミコト）がご祭神の神助で美酒を醸したことから医薬の神様や酒造りの神様として広く信仰を集めている。「うま酒」は「三輪」の枕詞であることからも酒との関わりが強いことが伺える。ご神体の三輪山（**図 3-2**）は，大物主大神が鎮まる神の山として信仰され，「古事記」や「日本書紀」には御諸山（みもろやま），美和山，三諸岳（みもろだけ）と記されている。高さ 467 メートル，周囲 16 キロメートル，面積 350 ヘクタールの三輪山は松・杉・檜などの大樹に覆われて，神宿る木々として尊ばれている。特に杉は「万葉集」をはじめ，多くの歌集に詠われ「三輪の神杉」として神聖視され，後世に三輪山の杉葉で造られた杉玉が酒造りのシンボルとして酒屋の軒先に飾られるようになった（**図 3-3**）。現在も，例年 11 月 14 日に醸造安全祈願祭（酒まつり）が拝殿に杉玉を吊るして行われている。

・出雲大社：出雲大社の御祭神はオオクニノヌシノ神。オオクニヌシは国づくりの後，築かれた国をアマテラスへと還された（国土奉還＝国譲り）。そこでアマテラスは国づくりの大業を喜ばれ，感謝なさった。これから後，この世の目に見える世界の政治はアマテラスの子孫があたることとし，オオクニヌシは目に見えない世界を司り，そこに働く「むすび」の霊力によって人々の幸福を導く

図 3　大神神社
1．拝殿　2．三輪山　3．造り酒屋の杉玉

図４　出雲大社
1．神楽殿　2．「お神酒をお戴き下さい」

ように頼まれた。そして，宇迦山の麓に壮大なる宮殿が造営され，オオクニヌシは永久にお鎮まりになって人々の幸福のために慈愛をそそいで下さることになり，今に至るまで多くの人の厚い信仰を受けておられる。この御社が現在の出雲大社。出雲大社はとくに縁結びの神社として知られているのはこのため。

出雲大社の神楽殿（**図 4-1**）の傍らで“お神酒をお戴き下さい”という案内がある（**図 4-2**）。また，11 月 23 日の古伝新嘗祭に供御される醴酒造りは神水・神火の秘儀が伝承されていて，甘酒のような味わいの酒という。

◆スクナヒコナノカミ

海の彼方にあるとされる常世の国からやって来たスクナヒコナは小さな姿ではあったがすごく賢い神様だった。オオクニヌシは大いに信頼し，国づくりは順調に進む。スクナヒコナはとくに人や家畜を病から守る方法や穀物の栽培方法など，産業の発展に力を発揮した。また，「酒は百薬の長」や「湯治」と言われるように酒や温泉を医療に役立てた神としても知られ，酒の神様，温泉の神様としても知られている。「百薬の長」や「湯治」は今でいう酒や温泉の機能性であり，通常ではなかなか思いつかないのではないだろうか。やはり，「常世の国」からスクナヒコナが持ってきた知恵かも知れない。スクナヒコナを祀った少彦名神社が薬業で有名な大阪・道修町にあり，病気平癒・健康成就の社として信仰を集めている。途中で常世の国に戻られたためか記紀神話には遷座の記述はないが，記紀神話に登場する酒に縁のある神様としてスクナヒコナノ神を挙げておきたい。

◆オオヤマクイノカミ（大山昨神）

スサノオの子供のオオトシノカミ（大年神）は稲の実りを守護する神。オオヤマクイノ神はオオトシノ神とアメノチカルミズヒメ（天知迦流美豆比売）の間の子神。従って，スサノヲノ命の孫神にあたる。名前の「くい（くひ）」は杭のことで，大山に杭を打つ神，すなわち大きな山の所有者の神を意味し，山の地主神であり，また，農耕（治水）を司る神とされる。古事記では，近江国の日枝山（ひえのやま，後の比叡山）および葛野（かづの，現京都市）の松尾に鎮座し，鳴鏑（なりかぶら；音を発する矢）を神体とすると記されている。

秦氏の系譜・由緒を記載した「泰氏本系帳」にはオオヤマクイノ神の妻のタマヨリヒメ（玉依比売）の妊娠・出産に関する次のような神話が記載されている。

オオヤマクイノ神が狩りに使う矢は丹塗りの非常に美しい矢だった。ある日の狩りの日に獲物に向けて撃ち放った矢が外れて近くの小川に落ちてしまい，その落ちた矢を偶然にもタマヨリヒメが見つける。小川から矢を拾い上げたタマヨリヒメは非常に美しい矢だったので，家に持ち帰って寝室に飾り毎日それを眺めながら眠っていた。タマヨリヒメはそのうち妊娠してしまうが，それはオオヤマクイノ神が丹（に）塗りの矢に化身していたためである。

そしてタマヨリヒメの出産の時がくる。タマヨリヒメの父であるカモノタケツヌミノミコト（賀茂建角身命）はたいそうに喜び，誕生を祝って七日間夜通し宴を開く。そしてカモノタケツヌミは産まれてきた孫神に父神と思う神にお神酒（おみき）を注ぐように命じる。御子は言われた通りに盃を捧げたところ，雷鳴と共にオオヤマクイが天に引き上がり父としての存在を示したという事だ。オオヤマクイは，山林守護・諸産業隆昌・家系繁栄・醸造の守護にご利益があるとされている。

オオヤマクイノ神が鎮座されたところには日吉大社と松尾大社があり，それぞれ祭神としている。このうち，松尾大社がとくに酒に縁のある神社として多くの酒造家の信仰を集めている。

・松尾大社：御祭神のオオヤマクイノ神は上古の昔よりこの地方一帯に住んでいた住民が松尾山の山霊を頂上に近い大杉谷の磐座（いわくら）に祀って生活の守護神として尊崇したのが始まりと伝えられている。そして，五世紀の頃，秦（はた）氏の大集団が朝廷の招きによって半島からこの地方に来住すると，その首長は松尾山の神を一族の総氏神として仰ぎつつ新しい文化をもってこの地方の開拓に従事したと伝えられている。秦氏は保津峡を開削し，桂川に堤防を築き，今の渡月橋のやや上流には大きな堰（せき）を作り，その下流の所々でも水を堰き止めて水路を走らせ，桂川両岸の荒野を農耕地へと開発したと伝えられている。

農業が進むと次第に他の諸産業も興り，絹織物なども盛んに作られるようになった。 酒造についても秦一族の特技とされて秦氏に「酒」という字の付いた人が多かったという。文武天皇の大宝元年（701）に秦忌寸都理（はたのいみきとり）が勅命を奉じて山麓の現在地に神殿を営み（**図5-1**），山上の磐座の神霊をこの社殿に移し，以後，秦氏の子孫が明治初年まで松尾大社の幹部神職を勤めたという。

松尾大社は，平安時代よりその類い希な霊力によって「松尾の猛霊」と崇められるとともに，皇城鎮護の神（都の守り神）と称えられた京都最古の神社の一つ。古来，開拓，治水，土木，建築，商業，文化，寿命，交通，安産の守護神として仰がれ，特に今は醸造祖神として，全国の酒造家，味噌，醤油，酢等の製造及び販売業の方から格別な崇敬を受けている（図 5-2）。しかし，松尾大

図５　松尾大社
1．本殿　2．奉納された酒樽

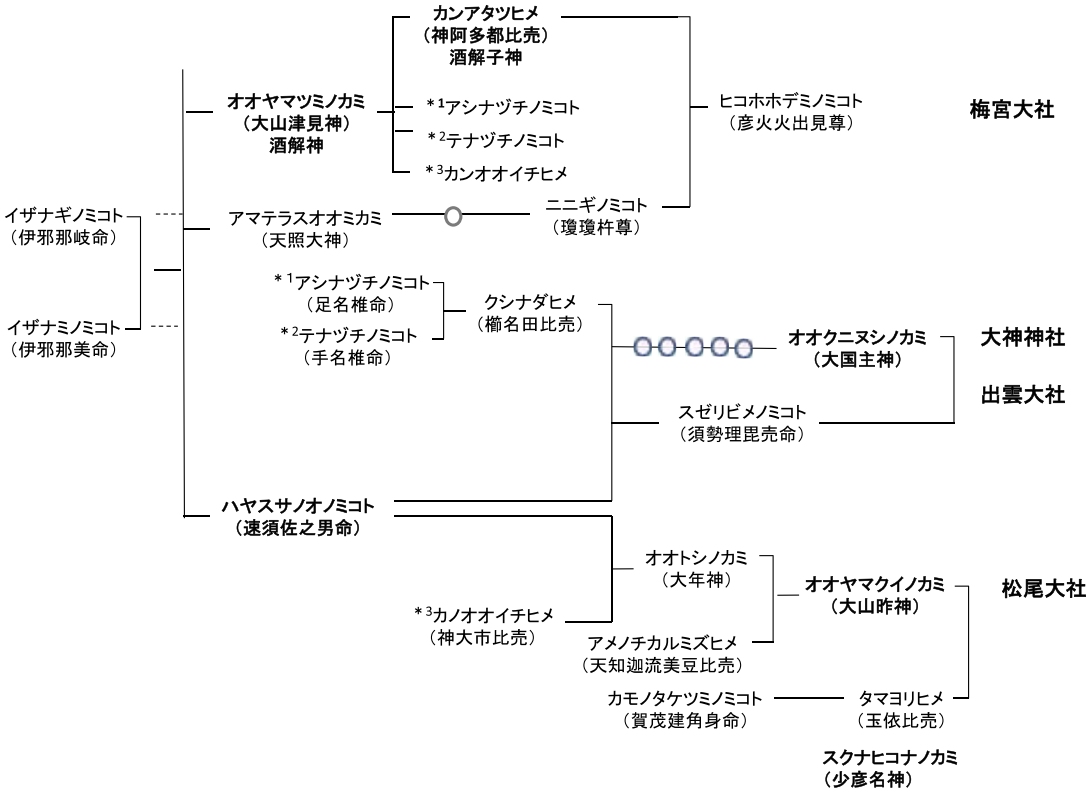


図６　酒に関わる神々の系譜

社のご神徳は当初，国の守り神としての祈願が中心であり，「酒造の神」としてのご神徳が強調され始めたのは江戸前期以降だという。近世初期，領国経済の発展に重きが置かれるようになったのと無縁ではないだろう。

こうして記紀神話を参考にして酒について調べてみると，とくに酒に関わりの強い神様はオオヤマツミノ神とその娘神のカンアツタヒメ，スサノオノ命，オオクニヌシノ命（オオモノヌシノ神），オオヤマクイノ神に加えてスクナヒコナノ神ということになる。

このうち，水田稲作のコメを原料とした日本酒はニニギノ尊の妻であるカンアツタヒメが造った「天甜酒」以降の酒であり，スサノオノ命が八岐大蛇を退治する際に登場する「八塩折りの酒」，「八甕酒」，「あしき酒」は必ずしもそうではなかっただろうし，オオクニヌシが妻のスゼリビメと“神語り”を歌いながら交わした盃の酒もそうでなかったかも知れない，と考えるがいかがだろうか。

また，特に酒と関わりの強い神社は，梅宮大社，大神神社，松尾大社そして出雲大社ということになる。いずれもよく知られた神社であるが，敬意を持って機会をみつけて足繁く通いたいと思っている。

以上，酒と関わりの強い神々の系譜と神社をまとめてみた（**図 6**）。イザナギノ神とイザナミノ神の２神がかかわって誕生した神々は 70 柱以上だけど，酒に強い神となるとスクナヒコナノ神をのぞくとオオヤマツミノ神とスサノオノ命の系譜に絞られる。今日，幅広くお酒を楽しんでいる現状を考えると，この２柱の流れを汲む子孫が多いのだろうかと思ったりしている。

参考文献

1．加藤百一：1．神の社の酒．日本醸造協会雑誌，**73**(9)，707-711，1978.
2．加藤百一：日本の酒 5000 年．技報堂出版，1987.
3．蓮田善明：現代語訳　古事記．岩波書店，2013.
4．西宮一民（校注）：新潮日本古典集成　古事記．新潮社，1979.
5．福永武彦：現代語訳　日本書紀．河出書房新社，2005.
6．宇治田孟：全訳－現代文　日本書紀上巻・下巻．創芸出版，1986.
7．沖森卓也，佐藤信，矢嶋泉　編著：古代氏文集，秦氏本家帳．山川出版社，2012.
8．谷口雅博：古事記の謎をひもとく．弘文堂，2018.
9．小畑弘己：タネをまく縄文人．吉川弘文館，2016.
10．酒井治孝：地球科学入門．東海大学出版，2003.

連絡先：古賀　邦正
email: hmgmk077@yahoo.co.jp

なぜ日本近海で魚が減少したか
なぜ地球温暖化がおきているか

尾崎　庄一郎（*OZAKI Shoichiro*）

愛媛大学名誉教授

Key words: NOx　CO_2 同化　廃水処理施設　地球温暖化　植物成長

Abstract

NOx is produced about 1/25 of produced CO_2 when some thing is burned. This NOx is fertilizer.and promotor of plant growth. But officials of many country dislike NOx as pollution substance and eliminating with ammonia. Then CO_2 assimilation is retarded. Food production is retarded. And global warming is progressing. NOx should be released to air as it is NP in drainage is good promotor of CO_2 assimilation. NP in drainage should be used for the promotion of CO_2 assimilation of plant and plankton.

要旨

これまで 30 ～ 40 年の間に日本近海の漁獲量が 1/10 に減少し，魚が高騰した。温暖化が進み気候が変わり，CO_2 の増加が続いている。現在，地球で 510 億トンの CO_2 が発生し，CO_2 同化反応により 385 億トンの CO_2 が固定され，残る 149 億トンの CO_2 が地球温暖化の原因となっている。物を燃やすと CO_2 が発生するが CO_2 の 1/25 の量の窒素酸化物（NOx）も複生する。この窒素酸化物は植物が成長するために CO_2 の 1/25 が必要とされる。多くの先進国が NOx，排水中の NP を汚染物質として排除している。そのため同化作用が妨げられ CO_2 が増加し続けている。そのため日本近海のプランクトン，海藻類の生育が妨げられ魚が激減している。NOx，排水の NP の除去をやめて同化反応を盛んにすることが，魚の減少と地球温暖化を防ぐ最良法である。

はじめに

夏の暑さが年々厳しくなっている。特にこの数年の夏は猛暑が続き，日本各地は毎年のように豪雨に見舞われている。その上，世界各地にも異常気象といえる干ばつや 40 度以上の気温を記録したり洪水が起き，甚大な被害を及ぼした。これは地球温暖化が原因であるといわれている。では，なぜ地球温暖化は起きているのであろうか？秋刀魚の漁獲量が減り，かつてない不漁が続いていて，ようやく水揚げされても，例年の 2 倍近い価格で販売されている。また，うなぎの稚魚が 100 分の 1 になり，そのほかの漁獲量や，貝までが減少し，潮干狩りが芳しくないという報道も聞かれた。今年は多摩川のアユの遡上が多く，たくさんの子アユを売っていたという。その理由を専門家は太平洋のイワシが減って稚鮎がイワシに食べられないため遡上が多かったのだろうと話していた。世界の漁業は今どうなっているのだろうか？漁獲量の減少は日本近海だけのものであろうか？筆者は地

球温暖化防止の対策を立てるため各国の CO_2, NOx 排出量，Fossil, Fish, Grain, DGP, Population, CO_2 assimilation, Electricity, Atomicenergy 発 電排ガス中の NOx 濃度などインターネットで調査し本稿を書いている。本稿はなぜ日本近海で魚が減少したかなぜ地球温暖化が起きているかまとめた。

1. なぜ地球温暖化が進んでいるか，なぜ炭酸ガス（CO_2）が増え続けているか

産業革命以来化石燃料（石油，石炭，天然ガス）の燃焼量が増えて地球が温暖化されてきた。現在, 地球上で年間 510 億トンの CO_2 が発生し，このうち約 360 億トンは化石燃料の燃焼により発生している。発生した CO_2 の大部分は同化反応により炭水化物と酸素に変換されている。約 140 億トンの CO_2 が同化されずに毎年 2 ppm 増え続けているために地球は温暖化へと進んでいる。発生した CO_2 は大部分炭素同化反応によって固定される。全地球の CO_2 は 78 年ごとに更新されている。

温暖化を防止するには同化作用を促進すれば良い。同化反応を促進して CO_2 の発生と CO_2 の固定を同じにすれば良い。パリ協定の 2050 年までに CO_2 放出 0 への課題は CO_2 の発生と CO_2 の固定を同じにすることである [15, 18]。同化作用を促進するには栄養塩類の供給を増やすことが必須である。植物は CO_2, H_2O, N, P を吸収して成長している。植物が同化作用をするとき 25 分子の CO_2 と 1 分子の NOx が使われる。植物は CO_2 の 1/25 の窒素を要求する。N_2 は植物には吸収されないため N_2 と O_2 の反応を高温時に行い窒素酸化物 NOx にして天然窒素肥料を作り植物を育てるシステムを自然は作っている。物が燃えるとき CO_2 の 25 分の 1 の NOx（NO 90% と NO_2 10% の混合物）が発生する。この NOx が栄養塩類の主要源である。1 分子の NOx は 25 分子の CO_2 を固定できる。また，雷によっても NOx は作られる [31-33]。CO_2 と NOx の発生比 NOx / CO_2=1/25 は植物の組成比 N/C=1/25 と同じである。

NOx は大気汚染物質として除去を義務付ける法律を作っている国が多い。排水中の NP の排除を義務付ける法律を作った国も多い。このため CO_2 同化反応が著しく妨げられ，植物，プランクトンの成長，CO_2 の固定が妨げられ，魚，米，などの食料の生産が妨げられている。360 億トンの CO_2 発生とともに 1/25 の 14.4 億トンの NOx が発生する。このうち約半分の 7.2 億トンの NOx を先進 7 カ国が公害物質としてアンモニアで還元して N_2 にもどしている。そのため 7.2 × 25=180 億トンの CO_2 の同化反応，CO_2 の固定が妨げられて地球の温暖化が進んでしまっていることになる。NOx の除去をやめれば植物の光合成が増え CO_2 の固定が増加して地球温暖化は防止できる [1-30]。

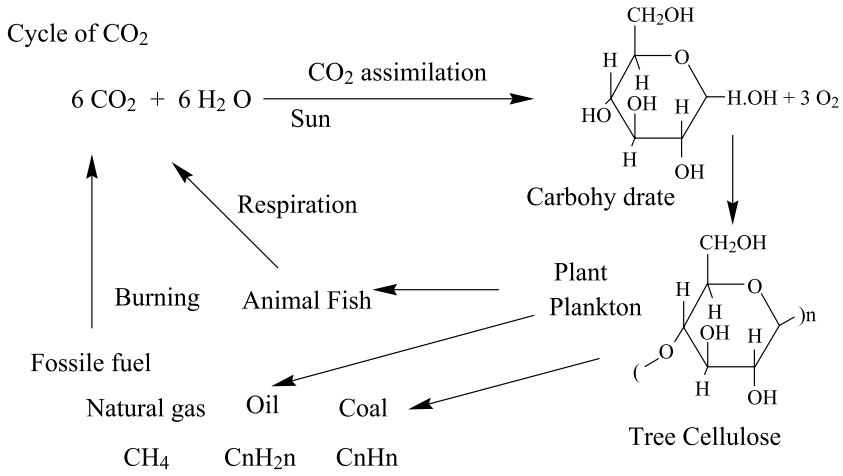


表 1　各国の CO_2 から有用物質の生産状況

Country	CO_2 em billion t	CO_2 res bill t	NOx bill t	Fish bill t	CO_2 f bill t	Grain bill t	CO_2 g bill l	CO_2 t bill t
World	360	142	14.4	1.6	32	33	66	256
China	106.4	41.9	4.25	0.794	15.88	5.57	11.2	100
U. S	51.0	20.0	2	0.055	0.11	4.4	9	51
India	24.6	9.69	1	0.105	2.0	2.95	6	32
Russia	19.6	7.72	0.63	0.078	1.56	0.92	1.8	18
Japan	12.5	4.92	0.5	0.047	0.94	0.12	0.24	0.33
Germany	7.8	2.95	0.31	0.02	0.4	0.47	0.9	0.35
Iran	6.3	2.48	0.25	0.009	0.18	0.18	0.36	1
Canada	5.6	2.24	0.22	0.01	0.2	0.51	1.02	4.33
Indonesia	5.0	1.99	0.2	0.2	4.0	0.44	0.88	1.8
UK	4.0	1.58	0.16	0.005	0.1	0.2	0.4	0.24
Turkey	4.0	1.58	0.16	0.009	0.18	0.33	0.66	0.78
Italy	3.5	1.38	0.14	0.035	0.7	0.16	0.3	0.30
France	3.3	1.37	0.13	0.026	0.5	0.52	1	0.5

Note: CO_2 f: fish の生産に使われた CO_2 の量，CO_2 g: grain の生産に使われた CO_2 の量：CO_2 t: tree の生産に使われた CO_2 の量

2. NOx，排水の NP 除去をやめれば地球温暖化は防止できる

前述したように CO_2 の濃度が上昇するのは化石燃料の燃焼によって CO_2 の固定が少なくなるためである。CO_2 の大部分は CO_2 同化反応により炭水化物と酸素になる。

$$CO_2 + H_2O + 114kcal \longrightarrow 1/6\ C_6H_{12}O_6 + O_2$$

CO_2 は物質の燃焼と動植物の呼吸により放出されその大部分が同化反応により吸収され植物が作られ，植物の一部は動物に食べられている。この循環が行われて，約 78 年で全 CO_2 が更新されると計算されている。

現在，地球上に存在する CO_2 の量は 2 兆 8300 億トンである。濃度は 400ppm で，2ppm ずつ増加していくため 1 年間に増加する CO_2 の量は 28,300 × 2/400 =142 億トンである。

1 年間に燃焼される化石燃料は 140 億トンであり，燃焼された化石燃料の約 3 倍の CO_2 が放出されるため 360 億トンの CO_2 が放出される。また，約 50 億トンの CO_2 が薪などの木材の燃焼により発生している。さらに，約 100 億トンの CO_2 が動物の呼吸により発生している。現在，世界の人口は 77 億人で，1 人 0.5 トンの CO_2 を排出するため約 38 億トンが排出される。さらに，鳥獣類，海洋生物などから 62 億トンとして生物の合計 100 億トンとなり，世界で排出される CO_2 の合計は 360 + 50 + 100 = 510 億トンと推定される。1 年間に同化反応により固定される CO_2 の量は発生総量 510 億トンから，増加する 142 億トンを差し引いて 510 − 142 = 368 億トンになる。もし我々が 510 億トンの CO_2 を固定できれば地球温暖化を防ぐことができる。しかし現実には 368 億トンしか固化されていない。CO_2 同化反応を促進して 142 億トンの CO_2 を固化しなければならない。142 億トンを各国の排出量に比例して責任を持って削減しなければならないため CO_2 res（CO_2 respoosible）を CO_2 放出量 × 142/360（0.392）とした。各国は CO_2 の放出を下げるか CO_2 の固定を増加して目標量を達成しなければならない[15]。

生成する NOx の量は生成した CO_2 の 1/25 とした。1 トンの CO_2 が生成するとき 1/25 トンの NOx が生成する。先進 7 か国の政府は NOx を汚染ガスと捉えて等モルのアンモニアと反応させて窒素ガスにしている。

表 2　CO_2 em, NOxcon, electricity price, fish, CO_2 f plankton, GDP of 8 countries

Country	CO_2 em bill t	NOxcon g/ kWh	price c/kWh	Fish mill t	CO_2 fplankton bill t	GDP growth rate
China	106.4	1.6	1.5-4.5	81.5	19.8	6.92
India	24.5	1.6	10.8	10.1	2.0	7.1
Canada	5.5	1.3	8.1	1.05	0.25	1.4
UK	4.0	1.3	15.4	0.91	0.002	1.8
Germany	7.7	1.0	32	0.29	0.07	1.85
USA	51.7	0.5	12	5.4	0.50	1.48
Italy	3.5	0.5	28	0.34	0.008	0.86
Japan	12.5	0.1	24	4.3	0.11	1.01

NOx の除去を行なわない国，中国は NOx con=1.6 g/kW と NOx の除去を行なっていない。したがって電気料が安く (1.5-4.5 c/kWh) プランクトンによる CO_2 の固定量 19.8 億トンと大きく GDP 成長率が高い。インドも NOxc1.6 g/kWh, GDP= 7.1 と高い。NOx の除去を行なっている国 USA (NOxc=0.5g/hWh,GDP= 1.38%), Japan (NOxc=0.1g/kWh. GDP=1.01%) Germany, (NOxc=1.0g/kWh, GDP=1.85%), UK(NOxc=1.3g/kWh, GDP=1.8%), Italy (NOxc=0.5g/kWh, GDP=0.88%) のように GDP 成長率が低い。すなわち NOx の除去がいかに農水産物の生産，経済，CO_2 の増加，地球温暖化に悪影響を及ぼしているか明らかである。

NOx の量は世界では 14.4 億トン，中国では 4.25 億トン，USA では 2 億トン，インドでは 1 億トン，日本では 0.5 億トンである。この NOx は CO_2 同化反応の活性化剤すなわち肥料である。この NOx をアンモニアでつぶしてしまうか窒素肥料として使うかは穀物の生産，プランクトンの生産，魚の生産，電気料金，GDP の成長率，経済に大きな差が生じる [17]。NOx 除去の状況は発電所の排気ガス中の NOx 濃度からわかる 1.6g/kWh は除去をしてない。0g/kWh は完全除去である。

昨年の漁獲量は中国 8,153 万トン，インドネシア 2,320 万トン，インド 1,079 万トン，ベトナム 642 万トン，アメリカ 537 万トン，ロシア 495 万トン，日本 434 万トン，フィリッピン 422 万トン，ペルー 391 万トン，ノールウェー 353 万トン，バングラデッシュ 388 万トン，韓国 326 万トン，チリ 288 万トン，ミヤンマー 309 万トンである。中国の 8,153 万トンとインドネシア 2,320 万トンの急上昇が目立つ。これらの国では，NOx の除去，排水の窒素，リンの除去を行わず，NOx, N, P をプランクトンの育成と魚の増産に結びつけている。魚はプランクトンの 20 倍を食べて成長する。また，プランクトンは同量の CO_2 からできるため漁獲高の 20 倍の CO_2 が固定されたことになる。中国では 8,153 × 20 = 16 億 3,306 万トン，約 16.3 億トンの CO_2 が固定されたことになる。中国では 106 億トンの CO_2 が排出されこの 25 分の 1 量の 4.24 億トンの NOx が排出されている。この NOx が雨水に溶け十分な窒素肥料となって大量のプランクトンを育て大量の魚を育てている。

上海の南浙江省杭州湾舟山市は漁業が盛んであるがこの付近は石油化学など工業が盛んである。大量の CO_2, NOx が排出される。NOx になる窒素肥料が海に撒かれるため湾は茶色の藻がびっしり茂り，プランクトンが大量に育ち上海蟹を始め大量の魚が育ち大量の CO_2 が吸収されている。東シナ海は現在，北太平洋や北大西洋，南アメリカの西の三大漁場をはるかに抜いて世界一の漁場となっている。日本でその恩恵を受けている長崎県は北海道に次ぐ 24 万トンの生産県となっている。筆者が鎌倉で買う鯛は長崎県産が多い。海苔の生産は瀬戸内海から有明海に移った。

3. 日本の漁業 [12, 13]

日本は 1970 年 1,300 万トンの漁獲で世界 1 位を誇っていたが現在は 434 万トンの 7 位と

減少した。減少した国は日本のみである。これはNOxの排除と排水の浄化を日本が厳しくおこなているためである。CO_2同化作用に必要なNPをなくして，N, Pがあれば無限に育つと言われるプランクトンが生育できない環境を作る法律が作られ厳しく実行されているためである。2002年に高温ゴミ焼却炉が義務付けられ焚き火禁止の法律ができ，NOxの放出が極めて少なくなった。これではプランクトンが育たない。プランクトンがなければ小さい魚やその小さな魚を食べる魚貝も育たない。うなぎの稚魚シラスウナギは，2,000km南のマリアナより遡上すると言われているが，途中の海のNP濃度が低くてプランクトンが育たない海では日本に到達できるシラスウナギは極めて少なくなる。

海水のNP濃度を可能な限り上げることにより，5億トンのCO_2がプランクトン海藻類の同化反応により吸収され，魚1,300万トンが生育できる。

4. NOxの重要性

1970年以前，銭湯などは薪で風呂を沸かしていた。雨水中には1L中9.8mgのアンモニウムイオン体窒素と0.4mgの硝酸イオン体窒素が含まれていた。合計すると1.2mgの窒素が含まれていた。年間雨量1,200mmとすれば$1m^2$に120Lの雨が降ることになる。1ヘクタールに16kgの窒素，言い換えると16%を含有する100kgの化成肥料を全国の山野，川，湖，海に万遍なく与えてくれていたことになる。雨水中の窒素で検索にかけると1970年のデータ，文献のみ表示される。最近の雨水中の窒素は測定されていないためゼロと推測する。

CO_2同化作用の時にはCO_2の1/25のNOxを必要とする。我々はNOxを大切にCO_2同化反応の促進に役立てなければならない。NOxの排除を中止することがCO_2同化反応促進に必須である。NOxは大気汚染ガスとして嫌われ続けているが，国の方針は発電所，工場の廃棄ガス中のNOxをアンモニアと反応させて窒素ガスにすること義務付けている。

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \longrightarrow 4N_2 + 6H_2O$$

NOは雨に溶けて窒素肥料になる。排水中のアンモニア，尿素も窒素肥料である。1個の窒素は5-50個（平均25個）のCO_2を固定することができる。上記のNOとアンモニアの反応では1つの肥料を他の肥料で相殺しあっている。大切な限りある資源の無駄遣いでありこれではCO_2の放出が増え，同化反応は大きく妨げられ地球の温暖化は大促進される。先進国政府がNOx，排水中のNPを排除する政策を撤廃しなければ地球温暖化は防げない。

5. CO_2の実質放出をゼロにする方法[26-29)]

510億トンのCO_2を固定するには，510 × 1/25=20.4億トンの栄養となる窒素，リンを供給すれば良い。窒素を供給するためにはNOxを除去することなくそのまま空中に放出すれば良い。NOxは14.4億トン生成している。CO_2同化反応を促進するためにはNOxの除去をやめ排水の浄化をやめれば良い。14.4億トンのNOxの除去をやめれば14.4 × 25=360億トンのCO_2を固化できる。排水中のNPの量は約10億トンである。この10億トンを利用すれば10 × 25=250億トンのCO_2と2 × 1,015kcalを吸収できる。CO_2の排出と固定を同じにすることができる。パリ協定に合格できる。，地球温暖化防止ができる。

5. 日本の温暖化防止法，漁業復活法[30)]

日本は12.5億トンのCO_2と0.5億トンのNOxを排出している。緑地である森林，農耕地は平均して$1km^2$あたり1,000トンのCO_2を吸収できる。日本の面積は3.8 × $105km^2$である。したがって日本全土で固化できるCO_2の量は3.8 × 105 × 1,000 = 3.8 × 108トン，3.8億トンに限られる。. 日本は12.5 − 3.8 = 8.7億トンのCO_2を増加させている。日本はNOxの除去のためにアンモニアを使用しておりアンモニア合成のためにブタンを使用し1億トンのCO_2を発生させている。また排水処理のため大量

の電気を使い 1 億トンの CO_2 を発生させている。NOx の徐去をやめれば NOx の 25 倍 0.5 億トン× 25=12.5 億トンの CO_2 の固定ができる。日本の面積の 3 倍の 3.8 × 105km^2 × 3=11.4 × 105km^2 でプランクトン CO_2 を同化反応を行えば 11.4 億トンの CO_2 が固化でき，NOx の除去をやめることによる 1 億トン，排水処理をやめることによる 1 億トン，合計 1 + 1 + 11.4=13.4 億トンの CO_2 の発生を妨げ CO_2 の実質発生を 0 にすることができる。1,300 万トンの魚が復活できる [19-23]。

結論は NOx, 排水中の窒素，リンを有効に利用して光合成（CO_2 assimilation）をできるだけ多くして炭酸ガスの吸収をできるだけ多くすることである。

参考文献

1．尾崎庄一郎：食品増産のため窒素，リンのリサイクルを． *New Food Industry* **35**(10): 33-39. 1993.
2．Ozaki Shoichiro: Methods to protect global warming. *Adv Tech Biol Med*., **4**: 181, 2016. doi: 10.4172/2379-1764.1000181
3．尾崎庄一郎：地球温暖化防止法，食料増産法． *New Food Industry* **58**(8): 47-52, 2016.
4．Ozaki Shoichiro: Global warming can be protected by promotion of CO_2 assimilation using NOx. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*. 2016. 4.2 1000171 doi.org/10.4172/2332-2594.1000171
5．Ozaki Shoichiro: Global warming can be protected by promotion of plankton CO_2 assimilation. *Journal of Marine Science: Research & Development* **6**: 213, 2016. doi: 10.4172/2155-9910.1000213
6．尾崎庄一郎：プランクトンの増殖促進による地球温暖化防止と漁業の復活策 *New Food Industry* **60**(2): 61-70. 2017.
7．Ozaki Shoichiro: NOx is best compound to reduce CO_2. *Eur J Exp Biol*. **7**:12, 2017. doi;10.21767/2248-9215.100012
8．Ozaki Shoichiro: Protection of global warming and burn out of fossil fuel by promotion of CO_2 assimilation. *J.of Marine Biology & Oceanography* **6**:2, 2017. doi: 10.472/2324-8661:1000172
9．Ozaki Shoichiro: Promotion of CO2 assimilation supposed by NOx is best way to protect global warming and food production. *Artiv of Pet-Envilron Biotechnol* **2**:110, 2017.
10．Ozaki Shoichiro: Promotion of CO_2 assimilation supported by NOx is best way to protect global warming. *J. Marine Biol Aquacult*. **3**: Issue 2. 2017. doi: 10.15436/2381-0750.17.1498
11．Ozaki Shoichiro: Stopping of NOx elimination is easy way to reduce CO_2 and protect global warming. *J. Environ Sci Public Health* **1** (1) :24-34. 2017.
12．Ozaki Shoichiro: Effective use of NOx and drainage are clever way way to protect global warming and to increase fish production. *Oceanography & Fishery* **4**(4): 555643. 2017. doi: 10.19080/OFOAJ.2017.04.555643
13．Ozaki Shoichiro: NOx elimination and drainage NP elimination should be stopped for the production of fish and for the protection of global warming. *J of Fisheries and Aquaculture development JFAD* -125 2017 05
14．Ozaki Shoichiro: Let`s enjoy civilized life using limited amount of fossil fuel. *Journal of Aquaculture & Marine Biology* **6** (3): 06 00158, 2017. doi: 10.15406/jamb.2017.06.00158.
15．Ozaki Shoichiro: Method to fit Paris agreement for protection of global warming . *International Journal of Waste Resources* **318**: 7-4, 2017. doi: 10.4172/2252-5211.1000318
16．尾崎庄一郎：プランクトンによる地球温暖化防止法． 六稜科学，61 23 18. 2018.
17．Ozaki Shoichiro Effect of NOx elimination on electricity price, fish production,GDP and protection of global warming *International J of Waste Resources* **8**: issue 1, 2018. 1000328 doi:10.4172/2252-1000328
18．Ozaki Shoichiro: How to fix carbon dioxide same amount as emission for the protection of global warming *Research & Development in Material Science* **3**: issue 5-20. 2018.
19．Ozaki Shoichiro: Stop of NOx elimination and stop of waste water purification are easy methods to protect global

warming *J of Immunology and Information Diseases Therapy* **1**: 1, 2018. doi.org/06.2018/1.10006

20. Ozaki Shoichiro: Climate can be regulated by effective use of NOx and wast water NP 2018 Biomedical Research and Reviews volume 1.1 22.
21. Ozaki Shoichiro: Promotion of Plankton CO_2 assimilation by effective use of NOx and NP is best method to produce much fish and protect global warming J of Marine Science Research and Oceanography **1**: issue 1.1, 2018.
22. Ozaki Shoichiro Promotion of plankton CO_2 assimilation by NOx is best way to protect global warming and to get best climate *International J of Earth & Environmental Science* **3**: 160, 2018.
23. Ozaki Shoichiro: Fish is best food to get anti-aging and long life. NOx elimination should be stopped to produce much fish and to protect global warming *Jacobs J of physiology* **4**(1): 017, 2018.
24. Ozaki Shoichiro: Fish is best food to get anti-aging and long life *J of Aging and Neuropsychology* issue 2, 1-6, 2018.
25. Ozaki Shoichiro: NOx and NP in waste water fix CO_2 and control global warming and climate *International J of Biochemistry and Physiology* **3**(4): 2018. DOI: 10.23880/ijbp-16000140
26. Ozaki Shoichiro: The effect of of increase of NOx and CO_2 on grain and fish production , protection of global warming and climate *International Journal of Earth Science and Geology* **1**(1): 6-10, 2018. doe 10.18689/ijeg-1000104
27. Ozaki Shoichiro: Complete use of NOx and NP is essential for the increased production of food and protection of global warming *International J of Innovative Studies in Aquatic Biology and Fisheries* **5**: issue 1, 1-6 2019. DOI: http:://dx.doi.org/10.20431/2454-7670.0501001
28. Ozaki Shoichiro: Why global warming is progressing. Promotion of CO_2 assimilation is best method to protect global warming *Rikuryou Science* **62**: 16-18 2019.
29. Ozaki Shoichiro: Increase of CO_2 and NOx promote CO_2 assimilation, CO_2 fix and food production. *Adv Bioengineering Biomed Sci Res* **2**: Issue 3, 1-6, 2019.
30. Ozaki Shoichiro: Promotion of CO_2 assimilation by effective use of NOx and NP is best method to produce much fish and protect glow warming *EC Agriculture* **5**: Issue 8, 492-497, 2019.
31. Brunnen, D. W. and van Velthoven, P.: Evaluation of Parameterizations of the Lightning Production of Nitrogen Oxides in a Global CTM against Measurements,1999. 22.
32. Jourdain, L. and Hauglustaine, D. A.: The global distribution of lightning NOx simulated on-line in a general circulation model,. *Phys. Chem. Earth* **26**: 585-59, 2001 (C).
33. U. Schumann & H. Huntrieser. "The global lightning-induced nitrogen oxides source" (PDF). *Atmos. Chem. Phys.* **7**: 3823. 2007. Retrieved 2016-05-31.

追記：NOx,Protection of global warming で検索いただくと原論文が出てきます。

連絡先：尾崎庄一郎

email: ozaki-0991@jcom.zaq.ne.jp

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*）

チャノキ（チャ）*Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *sinensis*（ツバキ科 Theaceae）

連絡先：城西大学薬学部生薬学教室
shiratak@josai.ac.jp

真っ青な空に白いうろこ雲（巻積雲）がたなびき，頬に心地よい秋風の中，野山を歩いていると，きれいに刈り取られた茶畑や，時には林の中で 1 本のチャノキ（チャ）に会うことがあります。チャは，「チャの木」，「茶樹」とも記される常緑低木で，葉は革質，光沢があり有柄で互生し，10 ～ 12 月初旬，葉腋に白い花をつけ，果実は翌年秋に熟します。原産地はインド，ベトナム，中国西南部とされていますが詳細はよくわかっていません。茶畑で栽培される他，野生化した樹木を含め熱帯から暖帯のアジアに広く分布しています。チャには，大きく分けてチャ（チャノキ）

写真 1　茶畑（遠景）

写真 2　茶の葉

写真 3　チャ（花）

写真 4　チャ（果実）

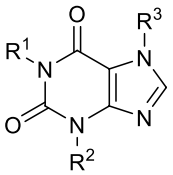
写真 5　チャ（果実の割れたところ）

写真 6　チャ（緑茶，静岡）

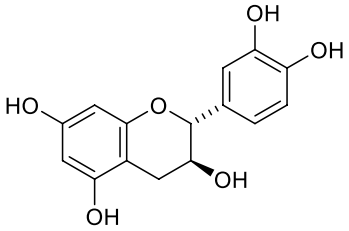
写真 7　チャ（紅茶，中国）

写真 8　チャ（烏龍茶，台湾）

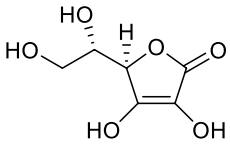
Camellia sinensis（L.）Kuntze var. *sinensis* とアッサアムチャ *C. sinensis*（L.）Kuntze var. *assamica*（J.W.Mast.）Kitam. の 2 変種があり日本のチャは前者です。前者のシネンシス種は高さ 2 ～ 3m の灌木で中国南部に自生し，丈夫な枝，短い茎，小さな丸い葉を持ち，藪や岩だらけの傾斜地などに生え，短い期間なら霜にも耐えられるためインド北東部のダージリン地方，台湾やセイロン島中央の山地などでの栽培に向き，主に日本，中国で栽培されています。後者のアッサム種はインドのアッサム地方に自生し，主に熱帯地域で栽培される高木で高さ 10m ほどになり大きな葉をつけます。花は径 2 ～ 2.5cm，花弁は白色で，枝の途中の葉柄基部から 1 つずつ下を向いてつき，短い柄でぶら下がるように咲きます。果実は花と同じくらいの大きさで 2 ～ 3 室あり，それぞれに 1 個ずつの種子があり，種子の数だけ外側に膨らみをもっています。チャは原産地が熱帯～亜熱帯であるため寒さに弱く，また，暑くても乾燥した気候に弱く，旱魃（干害）で枯れることもあります。一方，酸性土壌を好み，酸性化が進んでいる土壌への耐性が比較的強く，耐陰性にも優れた特性をもっています。生薬としては，チャの葉（特に若葉を）を蒸して，揉んで乾かしたものをチャヨウ，茶葉（サイチャ，細茶），Camelliae Sinensis Folium, Theae Folium Juvenale）といい，漢方では清熱（身体の内部の熱を冷ますこと），去痰，利尿などを目的に川芎茶調散，滋腎明目湯などに配剤されます。緑茶の成分には，プリン塩基（キサンチン誘導体）の caffeine , theophylline , xanthine，タンニンの（+）-cathechin,（−）-epigallocatechin gallate，vitamin C（ascorbic acid），アミノ酸の theanin（緑茶の旨味成分）などが含まれ，紅茶に



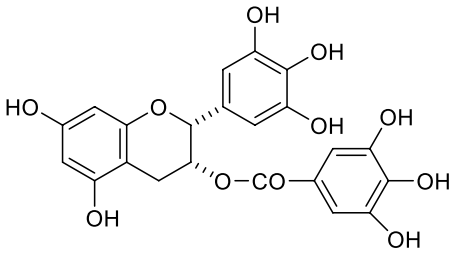
	R^1	R^2	R^3
caffeine	CH_3	CH_3	CH_3
theophylline	CH_3	CH_3	H
xanthine	H	H	H



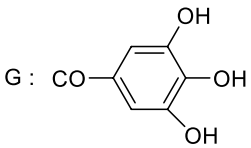
(＋)-catechin



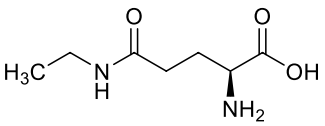
vitamin C (ascorbic acid)



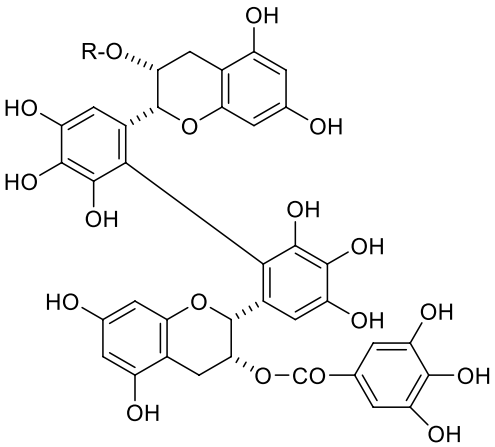
(－)-epigallocatechin gallate



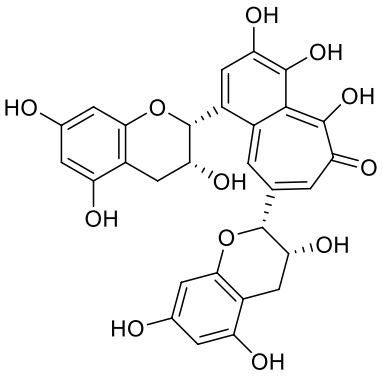
(gallic acid)



theanin



	R
theasinensin A	G
theasinensin B	H



theaflavin

図１　成分の構造式

は発酵により，タンニン類が変化した theasinensin A, B, theaflavin などが含まれています。葉は製法の違いにより，発酵させない緑茶，完全発酵の紅茶，半発酵の烏龍茶となり，vitamin C は緑茶に多く含まれています。花はかすかにジャスミンの香りがし，柔らかい若葉や芽で作ったハーブティーは特に香りが高く，若葉とともにポプリにも利用でき，また，どの茶もタンニンを多く含むため布の染料にも利用されます。成分と効能については，caffeine の中枢興奮，強心・利尿，鎮痛作用，theophylline の気管支拡張作用（気管支喘息治療薬）をはじめ，カテキン類（タンニン）の発がん抑制作用，抗酸化作用（老化防止），収れん作用（腸の働きを活発にする），解毒・殺菌作用（食中毒の予防，風邪の予防），vitamin C の壊血病予防，美肌効果，脚気の予防，疲労回復効果，theanin のリラックス効果などがあり，また，茶の飲料効果については，癌予防，脳卒中予防効果などの研究報告があります。

日本では鎌倉時代以降，喫茶の習慣や茶道が広まるとともに，各地に茶産地が生まれ，北日本でも栽培されるようになりました。北海道，積丹半島古平町の禅源寺境内のチャノキが植栽されている最北端とされています。また，喫茶の広まりとともにいろいろな品種が生れ，今では種苗法に基づいて登録されている日本の茶品種は 50 種以上あるそうです。日本の茶園は「やぶきた」という品種が 7 割以上を占めていますが，これは 1 本の木をもとにさし木で増やしたもので，すべてクローンということになります。品種が同じだと同時季に一斉に同様な葉の出方をするので機械で摘み取るのには，とても好都合ですが，一度，病気が発生すると一気に感染が広がり一大事になります。

Naoko Ryde Nishioka

デンマークのベリー類

デンマークは８月に夏の終りを迎えます。日本では８月はまだ真夏ですが，デンマークでは，真夏のピークを６月下旬に迎え，８月になると，寒い日が多くなり，20 度を超える日は少なくなってきます。しかし，近年のグローバルウォーミングの影響なのか，夏の気候がやや異常化しているとも言われています。例えば，従来のデンマークは，夏でも 30 度を超えることが少なく，湿度も低いため，室内のエアコンが不要でした。暑くて寝苦しい夜などは，あっても数日程度なため，エアコンが設置されている一般家庭は稀です。しかし近年，暑苦しい夏の日数が増えてきており，エアコン設置を検討する建物も多く，また，社会的にも環境に対する関心が非常に高まってきています。そうはいっても９月になるとかなり涼しくなってくるデンマークですが，夏を通してたくさん出回るベリー類の旬も終盤を迎えます。今回はそれらベリー類にまつわる話をしたいと思います。

ベリー類といえば，まずイチゴや，ラズベリーやブルーベリーを思い浮かべると思いますが，ここデンマークでもこれらの果物は定番の人気アイテムです。日本ではブルベリーやラズベリーを見つけるのにちょっとだけ苦労することもありますが，ここデンマークではごく当たり前の，どこにでもある果物です。特にラズベリーは，お店で売られていることはもちろん，近所の森や林で取れることも珍しくないため，「裏の林にたくさんラズベリーがなってるから，取りに来たら？」などという会話が交わされることもあります。また，日本でも冬から春にかけて，イチゴ狩りの季節になりますが，デンマークでも，夏にはラズベリーピックング（ラズベリー狩り）を行なっているところも少なくありません。イチゴ，ラズベリー，ブルーベリーが主流ですが，その他，グーズベリーやフサスグリ，ブラックベリーなども，品揃えのいいスーパーや，果物野菜専門店に行くとほとんどのものを見つけることができます。

甘酸っぱいラズベリーは，デンマークの夏を代表するフルーツ

ラズベリーはどこにでもある果物

店頭で売られる美味しそうなフサスグリやカシス

夏のデンマークはベリー類がたくさん

見ても食べても美味しいベリー類は，様々な用途があります

ベリー類は，甘酸っぱいものを中心に，皮をむかずにすぐに食べられる便利さもあり，子供達にも人気の果物ですが，色や形の美しさから，デコレーションに最適の果物です。見た目も美味しいベリー類は，ケーキなどのデコレーションのみならず，ペイストリーの飾りになったり，朝ごはんのオートミールにちょっと混ぜたり，スムージーに使ったりと，様々な用途があります。スムージーといえば，ベリー類は欠かせない果物の一つで，冷凍のスムージーミックス（スムージーに使う果物があらかじめ混ざって袋に入って冷凍されているもの）にも，もちろんベリー類が登場します。マンゴーやパイナップル，パッションフルーツなど，南国のフルーツに対して，北欧やカナダ，北海道などのベリー類も，スムージには人気の食材です。

ベリー類は，鮮度を保つのが比較的難しい食材ですが，冷凍のベリー類であれば非常に安く買えるので，スムージーやアイスクリーム，ジャムなど，形にこだわらない用途で使う場合には，冷凍のベリー類がお手頃です。例えば，ラズベリーであれば，新鮮な生のラズベリーは 125 グラムで 20 クローネ（400 円くらい）しますが，冷凍であれば，250 グラム 15 クローネ（300 円くらい）など，ほとんど半値以下で購入することができます。

また，ベリー類が販売されている場所に行くと，２つの傾向が見受けられます。他の食品に

デンマーク産いちごを看板に掲げるスーパー

もみられることですが，国産であることと，有機栽培であることの二つが訴求ポイントになっていることです。デンマークは EU 加盟国なので，EU 域内の国から安くて美味しいベリー類が入ってきますが，デンマーク産であることは売りになるので，広告にもよく使われています。また，有機栽培であることも，近年の環境や健康への関心の高まりを背景に，重要なポイントとなっています。

有機に関しては，有機食材の市場競争が激しいので，有機であっても手軽な値段で買えることも珍しくありません。夏のベリー類のシーズンも終盤を迎えますが，気がすむだけたくさんベリー類を食べて，秋を迎えたいものです。

http://www.newfoodindustry.com/

ニューフードインダストリー　第61巻　第 10 号

印　刷　令和　元　年　　9月 25 日
発　行　令和　元　年　　10月　1 日
発行人　渡邊　　力
編集人　今西　和政
発行所　エヌエフアイ合同会社
〒185-0012　東京都国分寺市本町3-7-23-302
ＴＥＬ：042-312-0836(代表)
ＦＡＸ：042-312-0845
振込先：三井住友銀行　国分寺支店　普通2312814
多摩信用金庫　国分寺支店　普通3073817
ゆうちょ銀行　〇一九店　　当座0324817

印刷所　株式会社メイク
定　価　本体2,000円 ＋税　（送料100円）
e-mail：newfood@newfoodindustry.com