

食品加工および資材の新知識

New Food Industry

New food indust. 60 (2): 2018.

2

- ポリアミンによる発癌抑制 — 基礎研究から疫学的背景まで —
- スポーツにおけるパラチノースの効果
- 甘草由来グラブリジンの機能性について
- 味の一覧表の作成とその意義
- 中国舟山群島新区における漁撈の変容とその影響
— 漁民の語りから見えるソーシャル・サファリング —

総 論

- ポリアミンによる発癌抑制 — 基礎研究から疫学的背景まで —
..... 早田 邦康 1
- スポーツにおけるパラチノースの効果
..... 坂崎 未季, 永井 幸枝, 水 雅美 17
- 甘草由来グラブリジンの機能性について
..... 山下 陽子, 芦田 均 23
- 味の一覧表の作成とその意義
..... 柳本 正勝 31
- 中国舟山群島新区における漁撈の変容とその影響
— 漁民の語りから見えるソーシャル・サファリング —
..... 三好 恵真子, 胡 毓瑜 43

連 載

- デンマーク通信 デンマークの新年
..... Naoko Ryde Nishioka 58
- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —
ロウバイ *Chimonanthus praecox* (L.) Link var. *praecox*
(ロウバイ科 Calycanthaceae)
..... 白瀧 義明 60

解 説

- グルテンフリーベーカリー食品 その仕込みと加工 (1)

..... 瀬口 正晴, 木村 万里子 62

- 酒たちの来た道 酒造りの文明史⑩

..... 古賀 邦正 69

製品解説

- 耐油脂性の高いトマト色素製剤「T S レッド・TMZ」の開発

..... 村上 拓也 77

- 冷水可溶性澱粉 C ☆ HiForm (シースター・ハイフォーム) について

..... 東川 浩 81

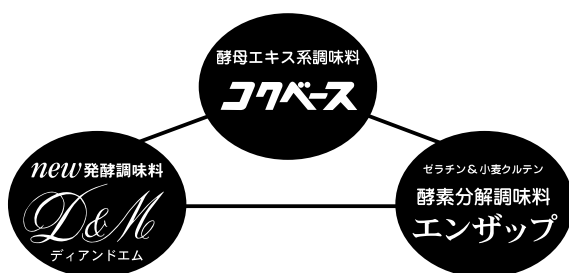
特別寄稿

- プランクトンの増殖促進による地球温暖化防止法と漁業の復活策

..... 尾崎 庄一郎 88

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ



(新発売!) 乳製品にベストマッチな調味料

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



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

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

ポリアミンによる発癌抑制 ー 基礎研究から疫学的背景まで ー

早田 邦康 (SODA Kuniyasu) ¹

¹ 自治医科大学大学院教授・循環器病臨床医学研究所所長

Key Words：ポリアミン 発癌 抑制 マウス

はじめに

この総説の題名「ポリアミンによる発癌抑制」を見て、不思議に思われた方も多いかもしれない。少しでもポリアミン研究に関与したことのある研究者は、ポリアミンは癌の進行促進と密接な関係があり、場合によっては発癌を促進するという認識をお持ちだと思われる。確かに発癌を誘発する遺伝子変化や遺伝子修飾がすでに存在するヒトや動物では、成長因子であるポリアミンは細胞増殖を促進し発癌を促進することは容易に推測できる。実際に、動物実験やヒトを対象にした検討でもポリアミン合成阻害剤が発癌の抑制に寄与することが報告されている。ところが、これらの研究の対象は、すでに発癌リスクを有しているヒトや動物である。よって、特段の発癌リスクを有さない地球上の大多数の健常人において、食物からのポリアミン摂取が発癌に対してどのような影響を及ぼすのかはわかっていない。私たちは、発癌に関連する遺伝子異常のない動物を用いた検討で、ポリアミンが発癌を抑制するように作用することを報告してきた。そこで、ポリアミン摂取が発癌に及ぼす影響に関して考察する。

1. 食とポリアミン

ポリアミン (Polyamine) とは、アミノ基を2個以上有する脂肪族炭化水素の総称で、アミノ

基が2個のプトレスシン (Putrescine)、3個のスペルミジン (Spermidine)、4個のスペルミン (Spermine) などが代表的なポリアミンである(図1)。しかし、我々の検討では、スペルミジンやスペルミンが有する生理活性とプトレスシンの生理活性は大きく異なるために、ここでいうポリアミンはスペルミジンとスペルミンを示し、アミノ基が2個のプトレスシンはジアミンとして区別する。

健康長寿食と呼ばれている食品、たとえば大豆などの豆類、野菜、魚介類などはポリアミン濃度の高いものが多く、反対に生活習慣病を促進している可能性が指摘されている食品、たとえばバターやクリームなどを用いた西洋のデザートなどにはポリアミンがほとんど含まれていない。また、健康長寿地域である地中海沿岸の食習慣である地中海食はポリアミンを多く含み、大豆とその加工食品が豊富な日本食もポリアミンを多く含む高ポリアミン食である^{1,2)}。地中海食という食習慣には、ポリフェノールなどの抗酸化物質と呼ばれる成分が多く含まれていることが指摘されてきた。老化や癌を含めた生活習慣病は、酸化ストレスによって細胞や遺伝子が障害を受けて発症し進行するので、酸化ストレスを消去する作用のある抗酸化物質が癌を含めた生活習慣病を抑制するのではないかと期待されてきたわけである。しかし、近年の多

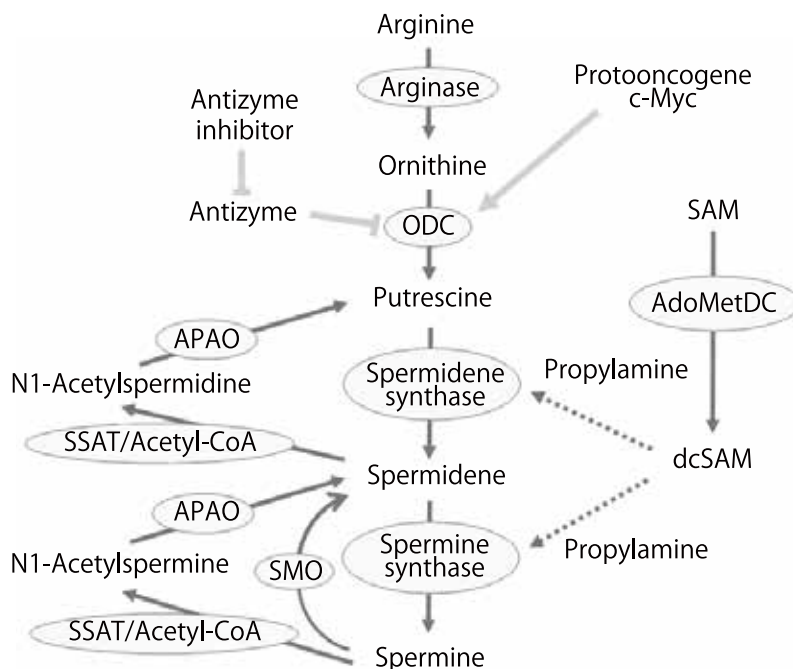


図1 ポリアミン代謝

ポリアミンであるスペルミジン (Spermidine) とスペルミン (Spermine) はアルギニン (Arginine) から合成される。アルギニンはアルギナーゼ (Arginase) の作用でオルニチン (Ornithine) へ変換され、その後ポリアミン合成の律速酵素である ODC の作用を受けてプトレスシン (Putrescine) になる。ODC はアンチザイム (Antizyme) の作用をうけて分解へと導かれるが、アンチザイムはアンチザイムインヒビター (Antizyme inhibitor) の抑制を受ける。一方、ODC は癌原遺伝子 (Protooncogene) のターゲットになっており、癌原遺伝子により活性化される。プトレスシンはスペルミジン合成酵素 (Spermine synthase) の作用をうけてスペルミジンになり、スペルミジンはスペルミジン合成酵素の作用をうけてスペルミンになるが、その際スペルミン / スペルミジン合成酵素は dcSAM からプロピルアミン (Propylamine) の供給をうける。dcSAM は AdoMetDC の作用で SAM から変換される。

スペルミンは SSAT とアセチル CoA (acetyl-CoA) の作用をうけて N1-アセチルスペルミンになり、N1-アセチルスペルミンは N1-アセチルポリアミンオキシダーゼ (APAO) の作用をうけてスペルミジンになる。スペルミジンは同様にプトレスシンへ変換される。

ODC : Ornithine decarboxylase, SAM : S-adenosylmethionine, AdoMetDC : S-adenosylmethionine decarboxylase, dcSAM : decarboxylated S-adenosylmethionine, SSAT : spermine/spermidine-N1-acetyltransferase, APAO : N1-acetylpolyamine oxidase, SMO : spermine oxidase.

くの研究では、抗酸化作用のあるポリフェノールなどを投与しても哺乳類の寿命を延長できないことが報告されている³⁻¹⁰⁾。我々は抗酸化物質が多く含まれる地中海食にはポリアミン濃度の高い食品が多く用いられていることに着目し、ポリアミンが生活習慣病を抑制しているのではないかと考えて検討してきた。我々が食品中から摂取しているスペルミン / スペルミジン比を参考にして、合成ポリアミンを混入し、大豆の3倍程度のポリアミン濃度を有する高ポリアミン食 (餌) を作成した。そして、ポリアミンを添加していない餌と比較して検討したところ、

血中ポリアミン (有意差はスペルミンのみ) 濃度が上昇した。また、生涯にわたって高ポリアミン餌を摂取したマウスでは、老化に伴う臓器の組織学的変化の進行が抑制され、寿命が延長することを確認した^{11,12)}。同様に、高ポリアミン食がヒトの血中濃度に及ぼす影響を検討するために、ボランティア成人男性にポリアミン濃度の高い納豆を摂取してもらったところ、血中スペルミンが上昇することがわかった¹²⁾。さらに、農水省からの助成金によって、高ポリアミン食による1年間の介入試験を行ったところ、高ポリアミン食の継続摂取で血中スペルミ

ン濃度の有意な上昇を認め、スペルミンの有する生理活性が体内で発揮されていることを確認できた。この研究結果は、後日この誌面でも紹介したい。

我々の食生活で一般的に摂取している食品中のスペルミンとスペルミジンの比は1:1.5~2程度で、スペルミジンが多い。我々のマウスを用いた検討では、餌のスペルミン:スペルミジン比は約1:4であったにも関わらず、血中スペルミンのみが上昇した。高ポリアミン食の継続摂取によって、マウスでもヒトでも血中スペルミンは平均すると1.1~1.3倍程度の上昇が認められる。血中スペルミジン濃度は軽度上昇する個体もあるが、その上昇率は高くなく、有意な上昇を示すことはなかった。これまでの細胞培養を用いた検討では、スペルミンは細胞内濃度が1.2倍程度に上昇すると明確な生理活性を発揮することがわかっているが、スペルミジンが同様の生理活性を発揮するためには2倍以上の濃度上昇が必要であることを報告している¹³⁾。よって、高ポリアミン食によって体内で発揮される生理活性は、スペルミンによって発揮されることができると考えることができる。

2. ポリアミンの生理活性

老化や加齢とともに進行する生活習慣病の進行は、変性した自己の組織や物質に対して免疫細胞が反応して活性化され、その結果酸化ストレスが誘発されることが原因の一つとされている。ポリアミンは免疫細胞の細胞膜に存在するタンパクである lymphocyte function associated antigen 1 (LFA-1) を減らす作用のあることを報告したが^{13,14)}、LFA-1は免疫細胞の活性化に必須のタンパクである。免疫細胞はLFA-1と血管内皮細胞のICAM (Intercellular adhesion molecule) の選択的な結合により活性化される。また、ポリアミンは免疫細胞の活性化によって分泌される炎症性サイトカインの産生を抑制することも報告している¹⁵⁾。

生活習慣病の原因となる自己の変性した細胞や物質は生体にとって脅威ではない。よって、

免疫細胞は細菌の侵入などに対する急激な反応をするわけではなく、軽微な反応を繰り返すことになる。その際、LFA-1を多く有する免疫細胞が多いということは、ICAMと結合する可能性が増え、免疫細胞がより活性化されやすいことを意味する。この活性化は炎症性サイトカインの産生を誘発し、生活習慣病の原因となる。ところが、加齢とともに、LFA-1の発現と炎症性サイトカインの濃度が上昇し、炎症に伴って体内で合成されるCRPというタンパク濃度も上昇する¹⁶⁻¹⁸⁾。このように、加齢とともに炎症が誘発されやすくなる免疫機能の状態をImmuno-senescenceと呼び、加齢に伴う炎症と老化進行の関係はInflamm-Agingという造語で表現されている^{19,20)}。ポリアミンはLFA-1を減少させるだけではなく、免疫細胞の活性化によって生じる炎症性サイトカインの産生を強力に抑制するために、加齢に伴うこれらの変化に拮抗する作用を持つ天然の抗炎症物質であると言えることができる。

そのほかにも、ポリアミンは細胞や遺伝子を有害な刺激から保護する作用のあることも報告されている^{13,15,21-26)}。これらの生理活性を考慮にいれると、ポリアミンが老化抑制に寄与する可能性は期待できる。ところが、前述したように、ポリフェノールなどの抗酸化物質も、ポリアミンと類似の生理活性、すなわち遺伝子保護作用、細胞保護作用、抗酸化作用や抗炎症作用を有している。しかし、これらの物質による哺乳類のアンチエイジング効果が確認されていないのは前述したとおりである³⁻¹⁰⁾。

癌を含めた生活習慣病の発症や進行と炎症との間には密接な関係があるが、遺伝子のメチル化異常とも密接な関係が指摘されている²⁷⁻²⁹⁾。遺伝子はデジタル情報であるが、その発現の調整にはアナログ様式が存在する。このアナログ様式は遺伝子修飾と呼ばれており、その一つに遺伝子のメチル化がある。遺伝子を構成する4つの塩基（アデニン、グアニン、チミン、シトシン）の中で、シトシンだけがメチル基を付与される。遺伝子がメチル化を受けると、その遺

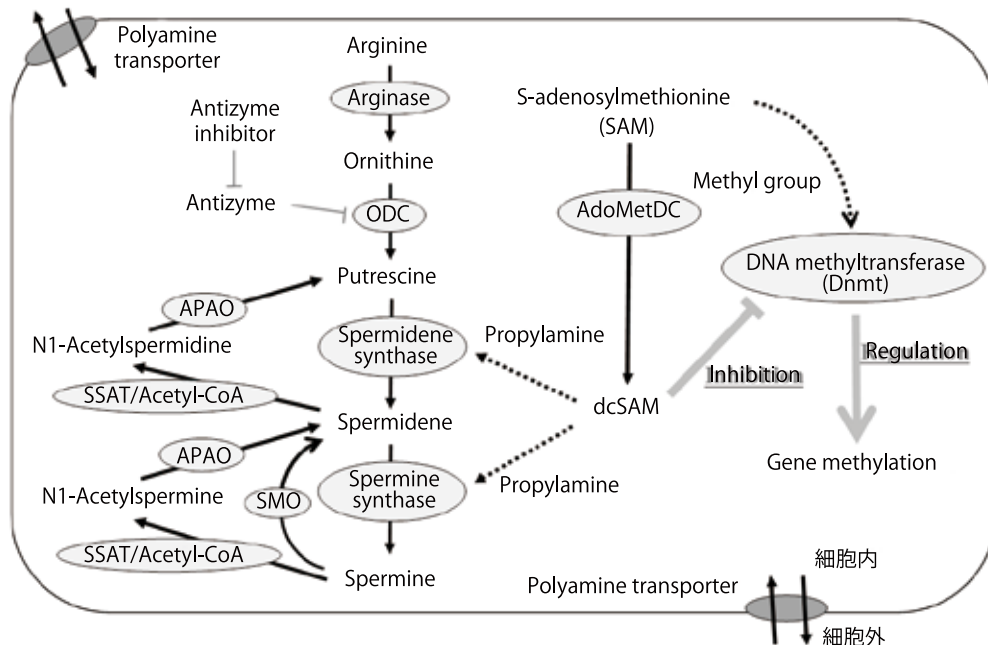


図2 ポリアミン代謝と遺伝子メチル化

SAM はメチル基の供給源である。AdoMetDC の作用をうけて SAM は dcSAM になるが、dcSAM は DNA メチルトランスフェラーゼ (Dnmt) の活性を抑制する。加齢とともに ODC 活性が抑制され、ポリアミン合成能が低下する。その結果ポリアミン合成に必要な propylamine の需要が減少し、dcSAM 濃度が上昇する。dcSAM は Dnmt 活性を抑制するのでその増加は遺伝子のメチル化制御能を抑制して、結果として異常メチル化が生じる。一方、高ポリアミン食の継続摂取を行うと体内のスペルミン濃度が上昇する。細胞内に取り込まれたスペルミンはネガティブフィードバック機構により ODC 活性を抑制すると同時に AdoMetDC 活性も抑制する。AdoMetDC 活性が抑制されると SAM から dcSAM への変換が減少し、dcSAM 濃度が低下する。dcSAM の濃度低下によって Dnmt の抑制が解除されて Dnmt が活性化する。その結果、遺伝子メチル化の制御機能が改善し、ポリアミン不足や加齢に伴って生じる異常メチル化が抑制される。

伝子がコードするタンパクが作られにくくなる。反対に脱メチル化を受けるとタンパクが作られやすくなる。このようにして遺伝子発現が調整される。ところが、加齢に伴って遺伝子の脱メチル化³⁰⁾の進行と、同時に別の部位のメチル化の進行^{31,32)}が生じることが指摘されており、異常メチル化と呼ばれる³³⁻³⁵⁾。そして、この異常メチル化が癌を含めた生活習慣病の重要な原因の一つと考えられている。たとえば、異常メチル化に伴って、癌抑制遺伝子のメチル化が生じることによって癌発生の抑制に関わっている機能が抑制され、一方で癌遺伝子の脱メチル化によって癌化の機構が活性化されると発癌が促進される。炎症と遺伝子の異常メチル化の直接的な関係は明らかにされているわけでは

ないが、炎症が持続している臓器や組織では遺伝子の異常メチル化が生じていることが報告されている³⁶⁾。

ポリアミンの代謝と遺伝子のメチル化には極めて密接な関係がある（図2）。そこで我々は、ポリアミンがメチル化に及ぼす影響を検討した。加齢に伴ってポリアミン合成酵素の活性が低下する。ポリアミン合成酵素である ornithine decarboxylase (ODC) の活性を D,L-alpha-difluoromethylornithine (DFMO) で阻害すると、細胞内のポリアミン濃度が低下し、遺伝子の異常メチル化が発生した。ところが、DFMO で処理した細胞にスペルミンを加えると、細胞内スペルミン濃度が上昇して異常メチル化が改善された。DFMO でポリアミン合成を阻害して

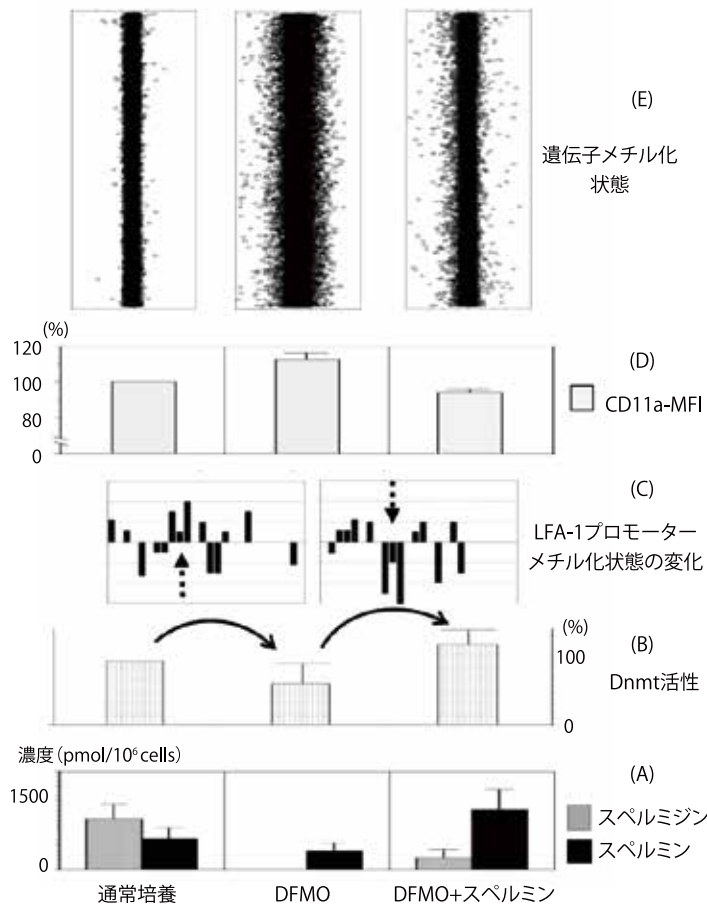


図3 培養細胞を用いたポリアミン濃度、Dnmt 活性、LFA-1 プロモーターメチル化状態、LFA-1 発現、遺伝子全体のメチル化状態

通常培養の Jurkat 細胞と比較すると、ポリアミン合成阻害剤である DFMO を用いてポリアミン合成を阻害すると（中央 DFMO）、ポリアミン濃度が低下（A）、Dnmt 活性が低下（B）、LFA-1 プロモーター領域の脱メチル化が進行（C 左図の破線矢印の部分）、結果 LFA-1 蛋白量が増加（D）遺伝子全体の異常メチル化が生じる（E；正中より左に行くほど脱メチル化、右に行くほどメチル化）。DFMO で処理した Jurkat 細胞にスぺルミンを加えると（右 DFMO+ スぺルミン）、ポリアミン濃度が上昇（A）、Dnmt が活性化（B）、LFA-1 プロモーター領域のメチル化が進行（C 右図の破線矢印の部分）、結果 LFA-1 蛋白量が減少（D）遺伝子全体の異常メチル化が軽減される（E）。

ポリアミン濃度が低下した免疫細胞では LFA-1 のタンパクが増加するが、同時に LFA-1 の発現に係る遺伝子プロモーター領域の脱メチル化が進行していることが分かった。一方、スぺルミンを加えた細胞では、LFA-1 の蛋白量が減少し、LFA-1 の発現に係る遺伝子プロモーター領域のメチル化が進行していることが分かった³⁷⁾ (図3)。

ポリアミンによる遺伝子の異常メチル化の抑制は、動物を用いた検討でも確認している。加

齢は遺伝子の異常メチル化を伴うが、その結果 LFA-1 タンパクの量が増加する。高齢マウスでは、LFA-1 の量が増加し、遺伝子全体の異常メチル化が進行する。ところが、生涯にわたって高ポリアミン食を食べ続けたマウスでは、加齢とともに生じる LFA-1 の増加と遺伝子の異常メチル化が抑制された³⁸⁾ (図4)。また、高ポリアミン餌を食べ続けて異常メチル化が抑制されたマウスでは、加齢に伴う病理学的変化が抑制され、長寿になった¹¹⁾。

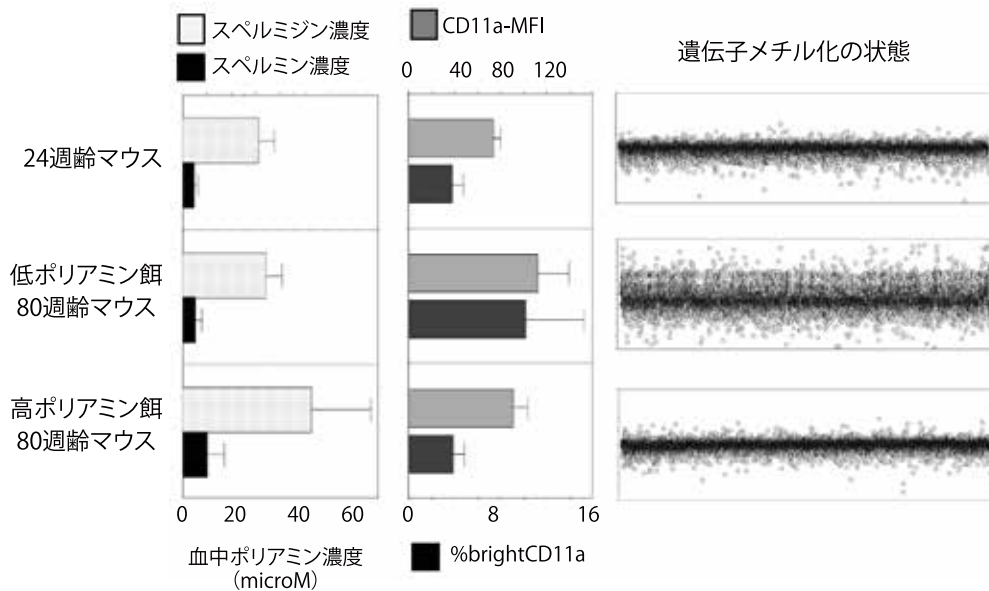


図4 ポリアミン濃度の異なる餌で飼育したマウスでの変化

若年マウス（上段）と比較すると、低ポリアミン餌を摂取したマウスでは（中段）、血中ポリアミンには影響ないものの、LFA-1（CD11a-MFI および %brightCD11a）が増加（中央図）、遺伝子全体の異常メチル化が進行している（右図；正中より上に行くほど脱メチル化、下に行くほどメチル化）。高ポリアミン餌を食べ続けた高齢マウスでは、ポリアミン濃度が上昇（左図；スぺルミン濃度は有意な差があったが、スぺルミジンは差がなかった）、LFA-1 量が減少（中央図；%brightCD11a の減少が顕著）、高齢低ポリアミン餌群で認められた遺伝子全体の異常メチル化が抑制されている（右図下段）。

3. ポリアミンと癌の進展

ポリアミン研究は癌細胞や癌患者を対象に多くの研究がおこなわれてきた。癌細胞のような細胞増殖の活発な細胞内ではポリアミン合成酵素が活性化されており³⁹⁻⁴¹⁾、ポリアミン濃度が上昇していることはよく知られている^{39,42-44)}。ポリアミンは細胞増殖因子であり、この物質がないと細胞は増殖できない。すなわち、ポリアミン合成能が高いと、細胞増殖が活発化するために癌の成長速度が速く、その進展が促進される。実際に、癌患者のポリアミンの血中濃度や尿中排泄量が多いほど、予後が悪い（癌の進行が早い）ことがわかっている⁴⁵⁻⁴⁷⁾。反対に、ODC などのポリアミン合成酵素の活性を抑制し、同時にポリアミンの重要な供給源である消化管からのポリアミン供給を遮断すると、動物では癌の進行や転移が抑制される⁴⁸⁻⁵¹⁾。細胞は細胞外のポリアミンを細胞内に取り込むことができる。よって、体内の一部で合成

されたポリアミンは血液細胞に取り込まれて、血液細胞内濃度が上昇する。血液細胞に取り込まれて全身を循環するポリアミンが豊富であれば、癌細胞は増殖因子であるポリアミンを取り込んで細胞増殖に利用することによって、その増殖能をさらに高めることができると考えられるわけである。

我々はポリアミンが免疫細胞に取り込まれ、細胞内濃度が上昇することによって、癌免疫機構である lymphokine activated killer (LAK) 活性が抑制されることを報告している。LAK 活性は体内に存在する癌細胞に対する免疫機能として知られる。また、ポリアミンは癌細胞の細胞膜分化抗原のなかで接着因子と呼ばれるタンパクの発現に作用して、癌の遊走能を活性化する。このことから、ポリアミンは単に細胞増殖因子として作用するだけではなく、転移に関連する機能を活性化させ、癌の浸潤能を促進する作用を有することになる⁵²⁻⁵⁴⁾。

4. ポリアミン代謝と発癌

ポリアミンはすでに体内に存在する腫瘍の増殖速度を高め、腫瘍に対する免疫機能を選択的に抑制し、癌細胞の転移能を促進するように作用する。そこで、このようなポリアミンと癌の密接な関係から、正常細胞からの癌化、すなわち発癌にもポリアミンが関与すると考えられ、検討されてきた。その中で最も研究の対象として注目されてきたのは、ポリアミン合成の律速酵素である ODC である。なぜならば、ODC は癌原遺伝子と呼ばれる c-Myc 遺伝子のターゲットであることが知られているからである⁵⁵⁻⁵⁷⁾ (図 1)。すなわち、ODC の上流に存在する癌原遺伝子の活性化によって ODC が活性化され、その活性化が無秩序な細胞増殖能を有する癌細胞の増殖にかかわっているというわけである。実際に、細胞に ODC 遺伝子導入して ODC を活性化させると、ポリアミン合成が活性化されて細胞内ポリアミン濃度が上昇し、細胞が腫瘍化することが報告されている⁵⁸⁻⁶³⁾。しかし、これらの大半の研究では、NIH3/T3 という細胞、発癌に関連する遺伝子異常を有する動物から採取した細胞、もしくは発癌刺激を加えた後の動物から採取した細胞が用いられている。NIH3/T3 細胞は動物に移植すると転移巣が出現することもある細胞であり、通常の培養で永久的に継代培養が可能である⁶⁴⁾。これは明らかに正常細胞とは異なる。また、発癌に関連する遺伝子異常を有する動物や発癌刺激を行った動物から採取した細胞であれば癌化の高いリスクを有する細胞が存在することは理解できる。しかし、このような異常を有さない細胞に ODC 遺伝子を過剰発現させた場合には、細胞の腫瘍化が認められないことが報告されている⁶⁵⁻⁶⁷⁾。

細胞と同様に、動物に ODC 遺伝子を導入して過剰発現させると発癌が促進されることも報告されている⁶⁷⁻⁷⁰⁾。反対に、遺伝子異常(遺伝子変異もしくは遺伝子修飾)によって高い発癌リスクを有する動物や強い発癌刺激を受けた動物では、ODC の活性を抑制することによって、腫瘍の発生を遅くすることが可能で

ある^{68,71-81)}。しかし、細胞レベルでの検討と同様に、これらの検討でも、用いられた動物の大半は、発癌に関連する遺伝子異常を有する動物、強力な発癌刺激後の動物、もしくは遺伝子異常によって発癌刺激に対する脆弱性を有する動物である。ところが、細胞レベルでの検討と同様に、このような異常を有さない動物に ODC などの遺伝子を過剰発現させてポリアミン合成を活性化させても、腫瘍化が生じないことも報告されている^{65,69)}。

5. ポリアミン合成酵素と腫瘍化の関係

ポリアミン合成や分解にかかわる酵素は ODC 以外にも存在する(図 1)。そこで、発癌にかかわるこれらの酵素活性の影響も検討された。SSAT はポリアミン分解酵素である。よって、この酵素の活性化はポリアミン濃度を低下させるように作用する。ポリアミンの減少は細胞増殖を抑制するために、SSAT の活性化は腫瘍増殖を抑制することが推測される。実際に、腫瘍発生のリスクを有する動物に SSAT の遺伝子を導入すると、腫瘍増殖が抑制されることが示された報告もある⁸²⁾。しかし、同様に腫瘍発生の高いリスクを有する動物に SSAT を導入した検討では、SSAT が活性化された動物ではポリアミン濃度の低下は著明ではなく、腫瘍の発生が促進されたことが報告されている⁸³⁻⁸⁵⁾。これらの動物では、SSAT 遺伝子導入によるポリアミンの分解促進の結果、フィードバック機構が作用してポリアミン合成酵素である ODC が活性化されていた。そこで、これらの SSAT 遺伝子導入動物において ODC 活性を抑制する操作を行ったところ、腫瘍発生が抑制されることも報告されている⁸⁶⁾。

ポリアミン合成に係る AdoMetDC 活性と発癌との関係も検討されている。AdoMetDC を活性化させるとポリアミン濃度は上昇するものの、ODC 活性への影響はほとんど認められず、腫瘍発生はむしろ抑制されることが報告されている⁸⁷⁾。さらに、スperlミン合成酵素(Spermine synthase)の活性化による腫瘍発生への影響も

検討されている。この場合には、スぺルミン濃度の顕著な上昇が認められたが、ODC 活性はわずかに低下し、腫瘍発生に及ぼす影響は認められなかったことが報告されている⁸⁸⁾。

また、腫瘍発生の特段のリスクを有さないとされる不死化した細胞に ODC の遺伝子を導入すると腫瘍化することが報告されている⁸⁹⁾。この場合も決して正常細胞を用いているというわけではないが、これらの一連の研究成果から結論づけることができるのは、腫瘍発生における ODC 活性化の重要性である。しかしながら、ポリアミン濃度と発癌との関係は明らかではない。

ポリアミンをターゲットにしたヒト臨床試験ヒトを対象にして、ポリアミン合成酵素が発癌に及ぼす影響も検討されている。遺伝子異常によって大腸ポリープと発癌を生じる家族性大腸腺腫症という疾患があるが、この症例にポリアミン合成を阻害するために DFMO を投与すると、腫瘍の発生が抑制されることが報告されている⁹⁰⁾。また、大腸ポリープの切除の既往のある患者に対して DFMO を投与すると新たな腫瘍発生が抑制されることも報告されている⁹¹⁻⁹⁵⁾。これらのヒトを対象にした検討は、前述した動物を用いた検討と類似した検討結果であることがわかる。すなわち、家族性大腸腺腫症の患者は遺伝子異常により腫瘍発生の母地を有している。また、切除の必要な大腸ポリープや大腸癌患者においては、一見正常な粘膜にも腫瘍の発生に関連する遺伝子修飾異常が生じていることが分かっている⁹⁶⁾。すなわち、検討の対象となったのは、腫瘍発生が運命づけられているか、そのリスクが極めて高い異常がすでに存在する症例である。動物実験での検討と同様に、このような症例に細胞増殖を促進するポリアミンが供給されると腫瘍が肉眼的に確認されるまでの時間が短縮されることは理解できる。

6. ポリアミン欠乏餌とは

動物実験では、ポリアミン欠乏餌を用いて腫瘍発生に及ぼす影響が検討されている。発癌刺

激した動物や、遺伝子異常による腫瘍発生の高リスクを有する動物を用いて、ポリアミン欠乏食の影響を検討する研究である。その結果、ポリアミン欠乏餌は腫瘍の発生を抑制することが示されている^{71,97)}。ところが、これらの検討で用いられているポリアミン欠乏餌とは、決してポリアミン濃度が低いだけの餌ではない。餌の中にポリアミン合成阻害剤である DFMO などが混じてあり、体内でのポリアミン合成を抑制する作用がある^{49,98)}。発癌刺激を行った後や発癌リスクを有する遺伝子異常のある動物に DFMO を投与すると発癌が抑制されることは前述したが、ポリアミン欠乏餌を用いた場合でも、中に混じられている DFMO によってポリアミン合成酵素の活性が抑制されることによる腫瘍発生への影響を検討したものであるということができる。

7. ポリアミン濃度上昇が発癌に及ぼす影響

これまで解説したように、癌原遺伝子のターゲットである ODC の活性化は腫瘍発生に関与する。また、細胞増殖因子であるポリアミンの供給が腫瘍の増殖を促進することは明らかである。しかし、ポリアミンそのもの、すなわち食物からポリアミンが体内に供給されることによって発癌にどのような影響を及ぼすかは、これまでの検討では明らかではない。

地球上の大半のヒトは、生まれる際に発癌を誘発する遺伝子異常や遺伝子修飾異常を有しているわけでない。また、一度に強い発癌刺激を受けることもまれである。食品中のポリアミン濃度は食品毎に大きく異なり、食習慣や食の嗜好で食品からのポリアミン供給は大きく異なる。そのために、地域や家庭での食習慣で生活していく中で、様々な外的刺激（紫外線、X 線、発癌物質、持続する炎症）によって癌を含めた生活習慣病が発症する。しかし、そのようなヒトの生活に類似させた状況下で、ポリアミン摂取の違いによる発癌への影響を検討した動物実験はほとんどない（図 5）。

そこで、我々はヒトの生活環境に類似した

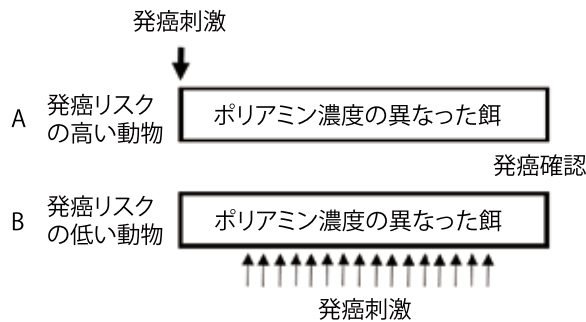


図5 発癌実験プロトコール

一般的に、発癌実験は(A)のように発癌リスクの高い動物を用いるか、一度に強い発癌刺激を加えて発癌を誘発したのちに、餌に含まれるポリアミン濃度の違いが発癌におよぼす影響を観察している。しかし、ヒトの生活はポリアミン濃度の異なる食習慣で生活し、微弱な発癌刺激を受けている。(B)のようにヒトの生活環境に類似させた条件で検討を行っているものは少ない。そこで、特段の発癌リスクを有さない動物を用いてポリアミン濃度の異なる餌で飼育しながら、弱い発癌刺激を繰り返した場合の餌に含まれるポリアミン濃度が発癌におよぼす影響を検討した。

状況を作り、食物からのポリアミンが発癌刺激に対してどのような影響をおよぼすのかを検討した。BALB/c マウスをポリアミン濃度の異なる餌で飼育し、一定期間飼育したのちに、1,2-Dimethylhydrazine (DMH) を12週間にわたって投与して大腸癌発癌に及ぼす餌のポリアミン濃度の違いを検討した³⁸⁾。その結果、合成ポリアミンを加えて大豆の3倍程度のポリアミン濃度を有する餌を食べ続けたマウスでは、通常の餌を食べたマウスより腫瘍発生が抑制されていた(図6)。ところが、発生した腫瘍の大きさを比較すると、高ポリアミン餌を摂取した動物に発生した腫瘍は径が大きいことがわかった。さらに、我々が行ったものと類似のデザインで行われた動物実験の研究成果が他の施設からも報告されている。SD ラットをポリアミン濃度の異なる餌で飼育し、その後に少量の2-Amino-1methyl-6-phenylimidazol[4,5-b]pyridine (PhIP) を8回連続で投与して腫瘍発生におよぼすポリアミンの影響を検討したものである⁹⁹⁾。興味深いことに、当初高ポリアミン餌が腫瘍発生を促進すると想定して行われた実験であるが、高ポリアミン餌が乳癌の発生をむしろ抑制したことが報告されている。

疫学調査では、地中海食を好む地中海地域では大腸癌や乳癌の発症率が、ヨーロッパの他の

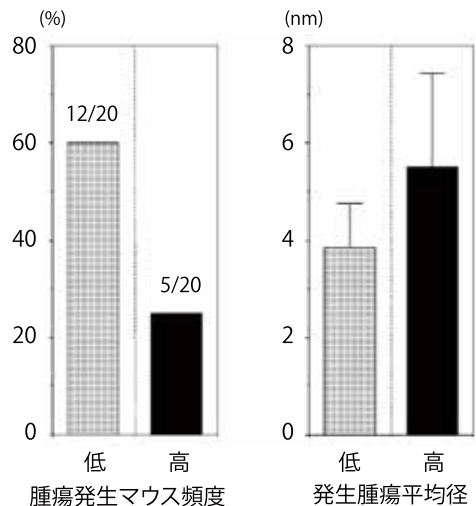


図6 発癌実験結果

4週齢のBALB/c マウス(オス)をポリアミン濃度の異なる餌で飼育した。その後、体重1kgあたり20mgの1,2-dimethylhydrazine (DMH) (2.0mgを1mlのPBSに溶解)を12週間投与した。腫瘍が発生したマウスは高ポリアミン群で有意に少なかった。しかし、発生した腫瘍径は高ポリアミン餌を食べた群で大きい傾向にあった。

地区より低いことが報告されている¹⁰⁰⁻¹⁰³⁾。日本でも近年になり大腸癌や乳癌の発症が増えてきたものの、他の先進国から比較するとその発症率は低い。大腸癌や乳癌の発症の増加と食事との関係が古くから指摘されてきたが、関与する食成分は明らかにはされていない。伝統的な

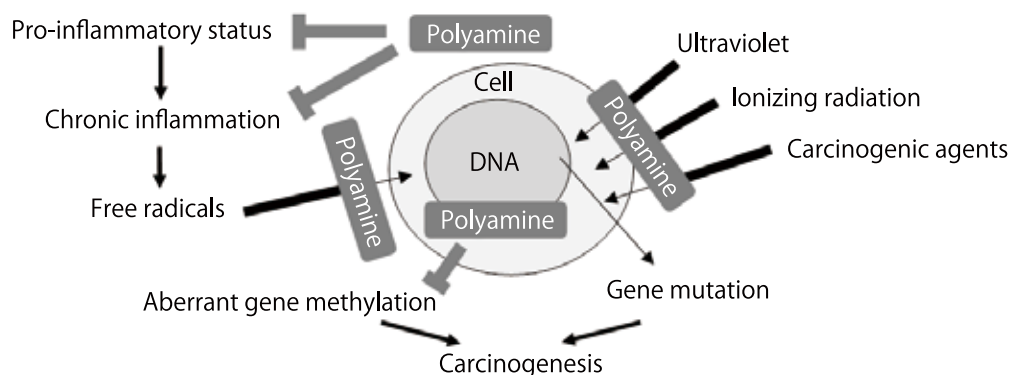


図7 ポリアミンによる生活習慣病予防に関する生理活性

ポリアミンは炎症が起きやすい体内環境（Pro-inflammatory status）を抑制し、慢性炎症（Chronic inflammation）を生じにくい状態にする。ポリアミンは発癌を誘発する紫外線（Ultraviolet）、電離放射線（Ionizing radiation）、発癌物質（Carcinogenic agents）からの細胞や遺伝子への影響を軽減する。また、ポリアミンは炎症や外的刺激により生じるフリーラジカル（Free radicals）から細胞や遺伝子を保護する作用もある。さらには、加齢とともに生じ、慢性炎症が生じている臓器や組織で進行している遺伝子の異常メチル化（Aberrant gene methylation）を抑制する。

日本食は、大豆や小豆を用いた食品と小魚や貝類を中心とする食品である。これらはすべてポリアミン濃度が高い食品である。大豆は以前から大腸癌¹⁰⁴⁻¹⁰⁷⁾や乳癌¹⁰⁸⁻¹¹⁰⁾の発症抑制との関係が指摘されてきた。近年その発症率が徐々に増加していることは、伝統的な日本食、すなわち大豆（とくに“おから”のように大豆の細胞成分がある食品）や小魚と貝類などの高ポリアミン食品の摂取量が減少してきたことに由来するかもしれない。

これまで、大腸ポリープ切除の既往のある患者を対象にした検討で、食品からのポリアミン摂取量との関係を検討された疫学調査では、ポリアミンの摂取量が多い患者において腫瘍の発生が促進されたことが報告されている⁹⁵⁾。しかし、最近、腫瘍発生のリスクの低いヒトを対象にポリアミン摂取量の影響を検討した疫学調査結果が報告されている。その報告では、食品からのポリアミン摂取が多いヒトでは腫瘍発生が抑制されていたことが報告されている¹¹¹⁾。

まとめ

我々は、ポリアミンが加齢とともに進行する炎症が生じやすくなる状態（pro-inflammatory status）を抑制し、その機序を検討する中でポリアミンが遺伝子の異常メチル化を抑制することを見出した。それ以外にも、ポリアミンは外的な刺激から遺伝子や細胞を保護する作用のあることが示されてきた（図7）。これらはすべて癌化抑制に寄与すると思われる生理活性である。

一方、発癌と ODC 活性化には密接な関係があることは明らかである。よって、DFMO などの ODC 活性を抑制する物質が発癌抑制の検討に用いられてきた。ポリアミン代謝における恒常性維持を考慮すると、ポリアミンが細胞内から供給されることによって negative feedback がかかり、正常細胞の ODC 活性は抑制される（図2）。これまで発癌抑制のターゲットが ODC 活性の抑制であることを考慮すると、ポリアミンの供給によって類似の状態が生み出されることになる。

参考文献

1. Binh PNT, Soda K, Kawakami M.: Mediterranean diet and polyamine intake: possible contribution of increased polyamine intake to inhibition of age-associated disease. *Nutrition and Dietary Supplements* **3**; 1-7, 2011.
2. Binh PNT, Soda K, Maruyama C, Kawakami M.: Relationship between food polyamines and gross domestic product in association with longevity in Asian countries. *Health* **2**(12); 1390-6, 2010.
3. Hsieh CC, Lin BF. Opposite effects of low and high dose supplementation of vitamin E on survival of MRL/lpr mice. *Nutrition* **21**(9); 940-8, 2005.
4. Holloszy JO. Longevity of exercising male rats: effect of an antioxidant supplemented diet. *Mechanisms of ageing and development* **100**(3); 211-9, 1998.
5. Lipman RD, Bronson RT, Wu D, *et al.* Disease incidence and longevity are unaltered by dietary antioxidant supplementation initiated during middle age in C57BL/6 mice. *Mechanisms of ageing and development* **103**(3); 269-84, 1998.
6. Meydani M, Lipman RD, Han SN, *et al.* The effect of long-term dietary supplementation with antioxidants. *Ann N Y Acad Sci* **854**; 352-60, 1998.
7. Morley AA, Trainor KJ. Lack of an effect of vitamin E on lifespan of mice. *Biogerontology* **2**(2); 109-12, 2001.
8. Lee CK, Pugh TD, Klopp RG, *et al.* The impact of alpha-lipoic acid, coenzyme Q10 and caloric restriction on life span and gene expression patterns in mice. *Free Radic Biol Med* **36**(8); 1043-57, 2004.
9. Selman C, McLaren JS, Meyer C, *et al.* Life-long vitamin C supplementation in combination with cold exposure does not affect oxidative damage or lifespan in mice, but decreases expression of antioxidant protection genes. *Mechanisms of ageing and development* **127**(12); 897-904, 2006.
10. Strong R, Miller RA, Astle CM, *et al.* Evaluation of resveratrol, green tea extract, curcumin, oxaloacetic acid, and medium-chain triglyceride oil on life span of genetically heterogeneous mice. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. **68**(1); 6-16, 2013.
11. Soda K, Dobashi Y, Kano Y, Tsujinaka S, Konishi F. Polyamine-rich food decreases age-associated pathology and mortality in aged mice. *Exp Gerontol* **44**(11); 727-32, 2009.
12. Soda K, Kano Y, Sakuragi M, Takao K, Lefor A, Konishi F. Long-term oral polyamine intake increases blood polyamine concentrations. *J Nutr Sci Vitaminol* (Tokyo) **55**(4); 361-6, 2009.
13. Soda K, Kano Y, Nakamura T, Kasono K, Kawakami M, Konishi F. Spermine, a natural polyamine, suppresses LFA-1 expression on human lymphocyte. *J Immunol* **175**(1); 237-45, 2005.
14. 早田邦康 . ポリアミンによるアンチエイジング (その1) . *New Food Industry* **51**(12); 55-64, 2009.
15. Zhang M, Caragine T, Wang H, *et al.* Spermine inhibits proinflammatory cytokine synthesis in human mononuclear cells: a counterregulatory mechanism that restrains the immune response. *J Exp Med* **185**(10); 1759-68, 1997.
16. Michaud M, Balardy L, Moulis G, *et al.* Proinflammatory cytokines, aging, and age-related diseases. *J Am Med Dir Assoc* **14**(12); 877-82, 2013.
17. Sadeghi HM, Schnelle JF, Thoma JK, Nishanian P, Fahey JL. Phenotypic and functional characteristics of circulating monocytes of elderly persons. *Exp Gerontol* **34**(8); 959-70, 1999.
18. Roubenoff R, Harris TB, Abad LW, Wilson PW, Dallal GE, Dinarello CA. Monocyte cytokine production in an elderly population: effect of age and inflammation. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **53**(1); M20-6, 1998.
19. Cevenini E, Monti D, Franceschi C. Inflamm-aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* **16**(1); 14-20, 2013.
20. Franceschi C, Bonafe M, Valensin S, *et al.* Inflamm-aging. An evolutionary perspective on immunosenescence. *Ann N Y Acad Sci* **908**; 244-54, 2000.
21. Snyder RD, Sunkara PS. Effect of polyamine depletion on DNA damage and repair following UV irradiation of HeLa cells. *Photochem Photobiol* **52**(3); 525-32, 1990.
22. Ha HC, Sirisoma NS, Kuppasamy P, Zweier JL, Woster PM, Casero RA, Jr. The natural polyamine spermine functions directly as a free radical scavenger. *Proc Natl Acad Sci USA* **95**(19); 11140-5, 1998.
23. Newton GL, Aguilera JA, Ward JF, Fahey RC. Polyamine-induced compaction and aggregation of DNA--a major factor in radioprotection of chromatin under physiological conditions. *Radiat Res* **145**(6); 776-80, 1996.
24. Lovaas E, Carlin G. Spermine: an anti-oxidant and anti-inflammatory agent. *Free Radic Biol Med* **11**(5); 455-61, 1991.
25. Rajalakshmi S, Rao PM, Sarma DS. Studies on carcinogen chromatin--DNA interaction: inhibition of N-methyl-N-nitrosourea-induced methylation of chromatin--DNA by spermine and distamycin A. *Biochemistry* **17**(21); 4515-8, 1978.

1. Binh PNT, Soda K, Kawakami M.: Mediterranean diet and polyamine intake: possible contribution of increased polyamine intake to inhibition of age-associated disease. *Nutrition and Dietary Supplements* **3**; 1-7, 2011.
2. Binh PNT, Soda K, Maruyama C, Kawakami M.: Relationship between food polyamines and gross domestic product in association with longevity in Asian countries. *Health* **2**(12); 1390-6, 2010.
3. Hsieh CC, Lin BF. Opposite effects of low and high dose supplementation of vitamin E on survival of MRL/lpr mice. *Nutrition* **21**(9); 940-8, 2005.
4. Holloszy JO. Longevity of exercising male rats: effect of an antioxidant supplemented diet. *Mechanisms of ageing and development* **100**(3); 211-9, 1998.
5. Lipman RD, Bronson RT, Wu D, *et al.* Disease incidence and longevity are unaltered by dietary antioxidant supplementation initiated during middle age in C57BL/6 mice. *Mechanisms of ageing and development* **103**(3); 269-84, 1998.
6. Meydani M, Lipman RD, Han SN, *et al.* The effect of long-term dietary supplementation with antioxidants. *Ann N Y Acad Sci* **854**; 352-60, 1998.
7. Morley AA, Trainor KJ. Lack of an effect of vitamin E on lifespan of mice. *Biogerontology* **2**(2); 109-12, 2001.
8. Lee CK, Pugh TD, Klopp RG, *et al.* The impact of alpha-lipoic acid, coenzyme Q10 and caloric restriction on life span and gene expression patterns in mice. *Free Radic Biol Med* **36**(8); 1043-57, 2004.
9. Selman C, McLaren JS, Meyer C, *et al.* Life-long vitamin C supplementation in combination with cold exposure does not affect oxidative damage or lifespan in mice, but decreases expression of antioxidant protection genes. *Mechanisms of ageing and development* **127**(12); 897-904, 2006.
10. Strong R, Miller RA, Astle CM, *et al.* Evaluation of resveratrol, green tea extract, curcumin, oxaloacetic acid, and medium-chain triglyceride oil on life span of genetically heterogeneous mice. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. **68**(1); 6-16, 2013.
11. Soda K, Dobashi Y, Kano Y, Tsujinaka S, Konishi F. Polyamine-rich food decreases age-associated pathology and mortality in aged mice. *Exp Gerontol* **44**(11); 727-32, 2009.
12. Soda K, Kano Y, Sakuragi M, Takao K, Lefor A, Konishi F. Long-term oral polyamine intake increases blood polyamine concentrations. *J Nutr Sci Vitaminol* (Tokyo) **55**(4); 361-6, 2009.
13. Soda K, Kano Y, Nakamura T, Kasono K, Kawakami M, Konishi F. Spermine, a natural polyamine, suppresses LFA-1 expression on human lymphocyte. *J Immunol* **175**(1); 237-45, 2005.
14. 早田邦康. ポリアミンによるアンチエイジング (その1) . *New Food Industry* **51**(12); 55-64, 2009.
15. Zhang M, Caragine T, Wang H, *et al.* Spermine inhibits proinflammatory cytokine synthesis in human mononuclear cells: a counterregulatory mechanism that restrains the immune response. *J Exp Med* **185**(10); 1759-68, 1997.
16. Michaud M, Balardy L, Moulis G, *et al.* Proinflammatory cytokines, aging, and age-related diseases. *J Am Med Dir Assoc* **14**(12); 877-82, 2013.
17. Sadeghi HM, Schnelle JF, Thoma JK, Nishanian P, Fahey JL. Phenotypic and functional characteristics of circulating monocytes of elderly persons. *Exp Gerontol* **34**(8); 959-70, 1999.
18. Roubenoff R, Harris TB, Abad LW, Wilson PW, Dallal GE, Dinarello CA. Monocyte cytokine production in an elderly population: effect of age and inflammation. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **53**(1); M20-6, 1998.
19. Cevenini E, Monti D, Franceschi C. Inflamm-aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* **16**(1); 14-20, 2013.
20. Franceschi C, Bonafe M, Valensin S, *et al.* Inflamm-aging. An evolutionary perspective on immunosenescence. *Ann N Y Acad Sci* **908**; 244-54, 2000.
21. Snyder RD, Sunkara PS. Effect of polyamine depletion on DNA damage and repair following UV irradiation of HeLa cells. *Photochem Photobiol* **52**(3); 525-32, 1990.
22. Ha HC, Sirisoma NS, Kuppusamy P, Zweier JL, Woster PM, Casero RA, Jr. The natural polyamine spermine functions directly as a free radical scavenger. *Proc Natl Acad Sci USA* **95**(19); 11140-5, 1998.
23. Newton GL, Aguilera JA, Ward JF, Fahey RC. Polyamine-induced compaction and aggregation of DNA--a major factor in radioprotection of chromatin under physiological conditions. *Radiat Res* **145**(6); 776-80, 1996.
24. Lovaas E, Carlin G. Spermine: an anti-oxidant and anti-inflammatory agent. *Free Radic Biol Med* **11**(5); 455-61, 1991.
25. Rajalakshmi S, Rao PM, Sarma DS. Studies on carcinogen chromatin--DNA interaction: inhibition of N-methyl-N-nitrosourea-induced methylation of chromatin--DNA by spermine and distamycin A. *Biochemistry* **17**(21); 4515-8, 1978.
26. Warters RL, Newton GL, Olive PL, Fahey RC. Radioprotection of human cell nuclear DNA by polyamines: radiosensitivity of chromatin is influenced by tightly bound spermine. *Radiat Res* **151**(3); 354-62, 1999.

27. Maeda M, Moro H, Ushijima T. Mechanisms for the induction of gastric cancer by *Helicobacter pylori* infection: aberrant DNA methylation pathway. *Gastric Cancer* **20**(Suppl 1); 8-15, 2017.
28. Shanmugam MK, Sethi G. Role of epigenetics in inflammation-associated diseases. *Subcell Biochem* **61**; 627-57, 2013.
29. Hai Z, Zuo W. Aberrant DNA methylation in the pathogenesis of atherosclerosis. *Clin Chim Acta* **456**; 69-74, 2016.
30. Zhang Z, Deng C, Lu Q, Richardson B. Age-dependent DNA methylation changes in the ITGAL (CD11a) promoter. *Mech Ageing Dev* **123**(9); 1257-68, 2002.
31. Issa JP, Ottaviano YL, Celano P, Hamilton SR, Davidson NE, Baylin SB. Methylation of the oestrogen receptor CpG island links ageing and neoplasia in human colon. *Nat Genet* **7**(4); 536-40, 1994.
32. Rakyan VK, Down TA, Maslau S, *et al*. Human aging-associated DNA hypermethylation occurs preferentially at bivalent chromatin domains. *Genome Res* **20**(4); 434-9, 2010.
33. Morgan HD, Santos F, Green K, Dean W, Reik W. Epigenetic reprogramming in mammals. *Hum Mol Genet* **14** Spec No.1; R47-58, 2005.
34. Li Y, Liu Y, Strickland FM, Richardson B. Age-dependent decreases in DNA methyltransferase levels and low transmethylation micronutrient levels synergize to promote overexpression of genes implicated in autoimmunity and acute coronary syndromes. *Exp Gerontol* **45**(4); 312-22, 2010.
35. Kwabi-Addo B, Chung W, Shen L, *et al*. Age-related DNA methylation changes in normal human prostate tissues. *Clin Cancer Res* **13**(13); 3796-802, 2007.
36. Barnicle A, Seoighe C, Grealley JM, Golden A, Egan LJ. Inflammation-associated DNA methylation patterns in epithelium of ulcerative colitis. *Epigenetics* 1-16, 2017.
37. Kano Y, Soda K, Konishi F. Suppression of LFA-1 expression by spermine is associated with enhanced methylation of ITGAL, the LFA-1 promoter area. *PLoS One* **8**(2); e56056, 2013.
38. Soda K, Kano Y, Chiba F, Koizumi K, Miyaki Y. Increased polyamine intake inhibits age-associated alteration in global DNA methylation and 1,2-dimethylhydrazine-induced tumorigenesis. *PLoS One* **8**(5); e64357, 2013.
39. Canizares F, Salinas J, de las Heras M, *et al*. Prognostic value of ornithine decarboxylase and polyamines in human breast cancer: correlation with clinicopathologic parameters. *Clin Cancer Res* **5**(8); 2035-41, 1999.
40. Porter CW, Herrera-Ornelas L, Pera P, Petrelli NF, Mittelman A. Polyamine biosynthetic activity in normal and neoplastic human colorectal tissues. *Cancer* **60**(6); 1275-81, 1987.
41. Radford DM, Nakai H, Eddy RL, *et al*. Two chromosomal locations for human ornithine decarboxylase gene sequences and elevated expression in colorectal neoplasia. *Cancer Res* **50**(19); 6146-53, 1990.
42. Becciolini A, Porciani S, Lanini A, Balzi M, Cionini L, Bandettini L. Polyamine levels in healthy and tumor tissues of patients with colon adenocarcinoma. *Dis Colon Rectum* **34**(2); 167-73, 1991.
43. Kingsnorth AN, Lumsden AB, Wallace HM. Polyamines in colorectal cancer. *Br J Surg* **71**(10); 791-4, 1984.
44. Linsalata M, Russo F, Cavallini A, Berloco P, Di Leo A. Polyamines, diamine oxidase, and ornithine decarboxylase activity in colorectal cancer and in normal surrounding mucosa. *Dis Colon Rectum* **36**(7); 662-7, 1993.
45. Nishiguchi S, Tamori A, Koh N, *et al*. Erythrocyte-binding polyamine as a tumor growth marker for human hepatocellular carcinoma. *Hepatogastroenterology* **49**(44); 504-7, 2002.
46. Uehara N, Kita K, Shirakawa S, Uchino H, Saeki Y. Elevated polyamine content in erythrocytes of malignant lymphoma patients. *Gan* **71**(3); 393-7, 1980.
47. Weiss TS, Bernhardt G, Buschauer A, *et al*. Polyamine levels of human colorectal adenocarcinomas are correlated with tumor stage and grade. *Int J Colorectal Dis* **17**(6); 381-7, 2002.
48. Claverie N, Mamont PS. Comparative antitumor properties in rodents of irreversible inhibitors of L-ornithine decarboxylase, used as such or as prodrugs. *Cancer Res* **49**(16); 4466-71, 1989.
49. Seiler N, Sarhan S, Grauffel C, Jones R, Knodgen B, Moulinoux JP. Endogenous and exogenous polyamines in support of tumor growth. *Cancer Res* **50**(16); 5077-83, 1990.
50. Levin VA, Hess KR, Choucair A, *et al*. Phase III randomized study of postradiotherapy chemotherapy with combination alpha-difluoromethylornithine-PCV versus PCV for anaplastic gliomas. *Clin Cancer Res* **9**(3); 981-90, 2003.
51. Quemener V, Moulinoux JP, Havouis R, Seiler N. Polyamine deprivation enhances antitumoral efficacy of chemotherapy. *Anticancer Res* **12**(5); 1447-53, 1992.
52. Kano Y, Soda K, Nakamura T, Saitoh M, Kawakami M, Konishi F. Increased blood spermine levels decrease the cytotoxic activity of lymphokine-activated killer cells: a novel mechanism of cancer evasion. *Cancer Immunol Immunother* **56**(6); 771-81, 2007.

53. Soda K. The mechanisms by which polyamines accelerate tumor spread. *J Exp Clin Cancer Res* **30**; 95, 2011.
54. Tsujinaka S, Soda K, Kano Y, Konishi F. Spermine accelerates hypoxia-initiated cancer cell migration. *Int J Oncol* **38**(2); 305-12, 2011.
55. Bello-Fernandez C, Packham G, Cleveland JL. The ornithine decarboxylase gene is a transcriptional target of c-Myc. *Proc Natl Acad Sci USA* **90**(16); 7804-8, 1993.
56. He TC, Sparks AB, Rago C, *et al.* Identification of c-MYC as a target of the APC pathway. *Science* **281**(5382); 1509-12, 1998.
57. Pena A, Reddy CD, Wu S, *et al.* Regulation of human ornithine decarboxylase expression by the c-Myc.Max protein complex. *J Biol Chem* **268**(36); 27277-85, 1993.
58. Auvinen M, Paasinen A, Andersson LC, Holtta E. Ornithine decarboxylase activity is critical for cell transformation. *Nature* **360**(6402); 355-8, 1992.
59. Erdman SH, Ignatenko NA, Powell MB, *et al.* APC-dependent changes in expression of genes influencing polyamine metabolism, and consequences for gastrointestinal carcinogenesis, in the Min mouse. *Carcinogenesis* **20**(9); 1709-13, 1999.
60. Megosh L, Halpern M, Farkash E, O'Brien TG. Analysis of ras gene mutational spectra in epidermal papillomas from K6/ODC transgenic mice. *Mol Carcinog* **22**(3); 145-9, 1998.
61. Moshier JA, Malecka-Panas E, Geng H, *et al.* Ornithine decarboxylase transformation of NIH/3T3 cells is mediated by altered epidermal growth factor receptor activity. *Cancer Res* **55**(22); 5358-65, 1995.
62. Shantz LM, Pegg AE. Ornithine decarboxylase induction in transformation by H-Ras and RhoA. *Cancer Res* **58**(13); 2748-53, 1998.
63. Holtta E, Sistonen L, Alitalo K. The mechanisms of ornithine decarboxylase deregulation in c-Ha-ras oncogene-transformed NIH 3T3 cells. *J Biol Chem* **263**(9); 4500-7, 1988.
64. Greig RG, Koestler TP, Trainer DL, *et al.* Tumorigenic and metastatic properties of "normal" and ras-transfected NIH/3T3 cells. *Proc Natl Acad Sci USA* **82**(11); 3698-701, 1985.
65. Clifford A, Morgan D, Yuspa SH, Soler AP, Gilmour S. Role of ornithine decarboxylase in epidermal tumorigenesis. *Cancer Res* **55**(8); 1680-6, 1995.
66. Hibshoosh H, Johnson M, Weinstein IB. Effects of overexpression of ornithine decarboxylase (ODC) on growth control and oncogene-induced cell transformation. *Oncogene* **6**(5); 739-43, 1991.
67. O'Brien TG, Megosh LC, Gilliard G, Soler AP. Ornithine decarboxylase overexpression is a sufficient condition for tumor promotion in mouse skin. *Cancer Res* **57**(13); 2630-7, 1997.
68. Smith MK, Trempus CS, Gilmour SK. Co-operation between follicular ornithine decarboxylase and v-Ha-ras induces spontaneous papillomas and malignant conversion in transgenic skin. *Carcinogenesis* **19**(8); 1409-15, 1998.
69. Lan L, Hayes CS, Laury-Kleintop L, Gilmour SK. Suprabasal induction of ornithine decarboxylase in adult mouse skin is sufficient to activate keratinocytes. *J Invest Dermatol* **124**(3); 602-14, 2005.
70. Gilmour SK, Aglow E, O'Brien TG. Heterogeneity of ornithine decarboxylase expression in 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate-treated mouse skin and in epidermal tumors. *Carcinogenesis* **7**(6); 943-7, 1986.
71. Ignatenko NA, Besselsen DG, Stringer DE, Blohm-Mangone KA, Cui H, Gerner EW. Combination chemoprevention of intestinal carcinogenesis in a murine model of familial adenomatous polyposis. *Nutr Cancer* **60** Suppl 1; 30-5, 2008.
72. Yerushalmi HF, Besselsen DG, Ignatenko NA, *et al.* Role of polyamines in arginine-dependent colon carcinogenesis in Apc(Min) (+) mice. *Mol Carcinog* **45**(10); 764-73, 2006.
73. Ahmad N, Gilliam AC, Katiyar SK, O'Brien TG, Mukhtar H. A definitive role of ornithine decarboxylase in photocarcinogenesis. *Am J Pathol* **159**(3); 885-92, 2001.
74. Chen Y, Hu J, Boorman D, Klein-Szanto A, O'Brien TG. Therapy of murine squamous cell carcinomas with 2-difluoromethylornithine. *J Carcinog* **3**(1); 10, 2004.
75. Rebel H, van Steeg H, Beems RB, Schouten R, de Grijl FR, Terleth C. Suppression of UV carcinogenesis by difluoromethylornithine in nucleotide excision repair-deficient Xpa knockout mice. *Cancer Res* **62**(5); 1338-42, 2002.
76. Feith DJ, Origanti S, Shoop PL, Sass-Kuhn S, Shantz LM. Tumor suppressor activity of ODC antizyme in MEK-driven skin tumorigenesis. *Carcinogenesis* **27**(5); 1090-8, 2006.
77. Anderson MW, Goodin C, Zhang Y, *et al.* Effect of dietary green tea extract and aerosolized difluoromethylornithine during lung tumor progression in A/J strain mice. *Carcinogenesis* **29**(8); 1594-600, 2008.
78. Wattenberg LW, Wiedmann TS, Estensen RD. Chemoprevention of cancer of the upper respiratory tract of the

- Syrian golden hamster by aerosol administration of difluoromethylornithine and 5-fluorouracil. *Cancer Res* **64**(7); 2347-9, 2004.
79. Ratko TA, Detrisac CJ, Rao KV, Thomas CF, Kelloff GJ, Moon RC. Interspecies analysis of the chemopreventive efficacy of dietary alpha-difluoromethylornithine. *Anticancer Res* **10**(1); 67-72, 1990.
 80. Fischer SM, Lee M, Lubet RA. Difluoromethylornithine is effective as both a preventive and therapeutic agent against the development of UV carcinogenesis in SKH hairless mice. *Carcinogenesis* **22**(1); 83-8, 2001.
 81. Tang X, Kim AL, Feith DJ, *et al.* Ornithine decarboxylase is a target for chemoprevention of basal and squamous cell carcinomas in Ptch1^{+/-} mice. *J Clin Invest* **113**(6); 867-75, 2004.
 82. Kee K, Foster BA, Merali S, *et al.* Activated polyamine catabolism depletes acetyl-CoA pools and suppresses prostate tumor growth in TRAMP mice. *J Biol Chem* **279**(38); 40076-83, 2004.
 83. Coleman CS, Pegg AE, Megosh LC, Guo Y, Sawicki JA, O'Brien TG. Targeted expression of spermidine/spermine N1-acetyltransferase increases susceptibility to chemically induced skin carcinogenesis. *Carcinogenesis* **23**(2); 359-64, 2002.
 84. Tucker JM, Murphy JT, Kisiel N, *et al.* Potent modulation of intestinal tumorigenesis in Apcmin/+ mice by the polyamine catabolic enzyme spermidine/spermine N1-acetyltransferase. *Cancer Res* **65**(12); 5390-8, 2005.
 85. Berger FG, Kramer DL, Porter CW. Polyamine metabolism and tumorigenesis in the Apc(Min/+) mouse. *Biochem Soc Trans* **35**(Pt 2); 336-9, 2007.
 86. Wang X, Feith DJ, Welsh P, *et al.* Studies of the mechanism by which increased spermidine/spermine N1-acetyltransferase activity increases susceptibility to skin carcinogenesis. *Carcinogenesis* **28**(11); 2404-11, 2007.
 87. Shi C, Cooper TK, McCloskey DE, Glick AB, Shantz LM, Feith DJ. S-adenosylmethionine decarboxylase overexpression inhibits mouse skin tumor promotion. *Carcinogenesis* **33**(7); 1310-8, 2012.
 88. Welsh PA, Sass-Kuhn S, Prakashgowda C, McCloskey D, Feith D. Spermine synthase overexpression in vivo does not increase susceptibility to DMBA/TPA skin carcinogenesis or Min-Apc intestinal tumorigenesis. *Cancer Biol Ther* **13**(6); 358-68, 2012.
 89. Shukla-Dave A, Castillo-Martin M, Chen M, *et al.* Ornithine Decarboxylase Is Sufficient for Prostate Tumorigenesis via Androgen Receptor Signaling. *Am J Pathol* **186**(12); 3131-45, 2016.
 90. Samadder NJ, Neklason DW, Boucher KM, *et al.* Effect of Sulindac and Erlotinib vs Placebo on Duodenal Neoplasia in Familial Adenomatous Polyposis: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* **315**(12); 1266-75, 2016.
 91. Meyskens FL, Jr., McLaren CE, Pelot D, *et al.* Difluoromethylornithine plus sulindac for the prevention of sporadic colorectal adenomas: a randomized placebo-controlled, double-blind trial. *Cancer Prev Res (Phila)* **1**(1); 32-8, 2008.
 92. Raj KP, Zell JA, Rock CL, *et al.* Role of dietary polyamines in a phase III clinical trial of difluoromethylornithine (DFMO) and sulindac for prevention of sporadic colorectal adenomas. *Br J Cancer* **108**(3); 512-8, 2013.
 93. Thompson PA, Wertheim BC, Zell JA, *et al.* Levels of rectal mucosal polyamines and prostaglandin E2 predict ability of DFMO and sulindac to prevent colorectal adenoma. *Gastroenterology* **139**(3); 797-805, e1. 2010.
 94. Bailey HH, Kim K, Verma AK, *et al.* A randomized, double-blind, placebo-controlled phase 3 skin cancer prevention study of {alpha}-difluoromethylornithine in subjects with previous history of skin cancer. *Cancer Prev Res (Phila)* **3**(1); 35-47, 2010.
 95. Vargas AJ, Wertheim BC, Gerner EW, Thomson CA, Rock CL, Thompson PA. Dietary polyamine intake and risk of colorectal adenomatous polyps. *Am J Clin Nutr* **96**(1); 133-41, 2012.
 96. Kamiyama H, Suzuki K, Maeda T, *et al.* DNA demethylation in normal colon tissue predicts predisposition to multiple cancers. *Oncogene* **31**(48); 5029-37, 2012.
 97. Mitsunaga S, Clapper M, Litwin S, Watts P, Bauer B, Klein-Szanto AJ. Chemopreventive effect of difluoromethylornithine (DFMO) on mouse skin squamous cell carcinomas induced by benzo(a)pyrene. *J Cell Biochem Suppl* **28-29**; 81-9, 1997.
 98. Sarhan S, Weibel M, Seiler N. Effect of polyamine deprivation on the survival of intracranial glioblastoma bearing rats. *Anticancer Res* **11**(2); 987-92, 1991.
 99. Wada M, Funada-Wada U, Mano H, Uda S. Effects of Dietary Polyamines on the Promotion of Mammary Tumor in Rats. *Journal of Health Science* **48**(4); 376-80, 2002.
 100. Benetou V, Trichopoulou A, Orfanos P, *et al.* Conformity to traditional Mediterranean diet and cancer incidence: the Greek EPIC cohort. *Br J Cancer* **99**(1); 191-5, 2008.
 101. Couto E, Boffetta P, Lagiou P, *et al.* Mediterranean dietary pattern and cancer risk in the EPIC cohort. *Br J Cancer* **104**(9); 1493-9, 2011.

102. Trichopoulou A, Bamia C, Lagiou P, Trichopoulos D. Conformity to traditional Mediterranean diet and breast cancer risk in the Greek EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) cohort. *Am J Clin Nutr* **92**(3); 620-5, 2010.
103. Fung TT, Hu FB, McCullough ML, Newby PK, Willett WC, Holmes MD. Diet quality is associated with the risk of estrogen receptor-negative breast cancer in postmenopausal women. *J Nutr* **136**(2); 466-72, 2006.
104. Spector D, Anthony M, Alexander D, Arab L. Soy consumption and colorectal cancer. *Nutr Cancer* **47**(1); 1-12, 2003.
105. Oba S, Nagata C, Shimizu N, *et al*. Soy product consumption and the risk of colon cancer: a prospective study in Takayama, Japan. *Nutr Cancer* **57**(2); 151-7, 2007.
106. Yang G, Shu XO, Li H, *et al*. Prospective cohort study of soy food intake and colorectal cancer risk in women. *Am J Clin Nutr* **89**(2); 577-83, 2009.
107. Yan L, Spitznagel EL, Bosland MC. Soy consumption and colorectal cancer risk in humans: a meta-analysis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* **19**(1); 148-58, 2010.
108. Trock BJ, Hilakivi-Clarke L, Clarke R. Meta-analysis of soy intake and breast cancer risk. *J Natl Cancer Inst* **98**(7); 459-71, 2006.
109. Wu AH, Yu MC, Tseng CC, Pike MC. Epidemiology of soy exposures and breast cancer risk. *Br J Cancer* **98**(1); 9-14, 2008.
110. Kim MK, Kim JH, Nam SJ, Ryu S, Kong G. Dietary intake of soy protein and tofu in association with breast cancer risk based on a case-control study. *Nutr Cancer* **60**(5); 568-76, 2008.
111. Vargas AJ, Ashbeck EL, Wertheim BC, *et al*. Dietary polyamine intake and colorectal cancer risk in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* **102**(2); 411-9, 2015.

スポーツにおけるパラチノースの効果

坂崎 未季 (SAKAZAKI Miki)¹ 永井 幸枝 (NAGAI Yukie)¹ 水 雅美 (MIZU Masami)¹

¹ 三井製糖株式会社 研究開発部 研究課

Key Words：パラチノース グリコーゲン インスリン 血糖値 マルトデキストリン

はじめに

2020年の東京オリンピック・パラリンピックの開催や、健康寿命の延伸に向けた国の啓発活動が追い風となり、近年スポーツの習慣を持つ人の割合は急激に増加している。総務省の調査では、1991年以降一貫して減少傾向にあった「スポーツ」の行動者率が2016年にはじめて上昇に転じている(図1)¹⁾。

また、「スポーツ」の種類別に行動者率の変化を見ると、2011年の調査と比べて「ウォーキング・軽い体操」「器具を使ったトレーニング」「ジョギング・マラソン」などが大きく上昇している。こうした変化に伴い、アスリートやボディビルダーなどのスポーツ専門家ではない一般層においても、運動効果を高めるためのスポーツニュートリションへの関心が高まってきている。スポーツ向けの食品や飲料市場では持久力やパフォーマンスを高めることを目的とした製品だけではなく、アンチエイジングや健康維持、生活習慣病予防のために運動する一般のスポーツ愛好家に最適な製品が

充実しつつある。また、フィットネスクラブやスポーツジムでは栄養カウンセリングなどのサポートに積極的に乗り出している。さらに、これまでスポーツ向け食品や飲料の販売はスポーツショップが中心であったが、近年はドラッグストアやコンビニエンスストア、ネット通販などにまで広がっており、一般の人々がより手軽に購入しやすい環境となっている。このように、スポーツ習慣を持つ人々の増加とともにスポーツの栄養面に対する注目がますます高まってい

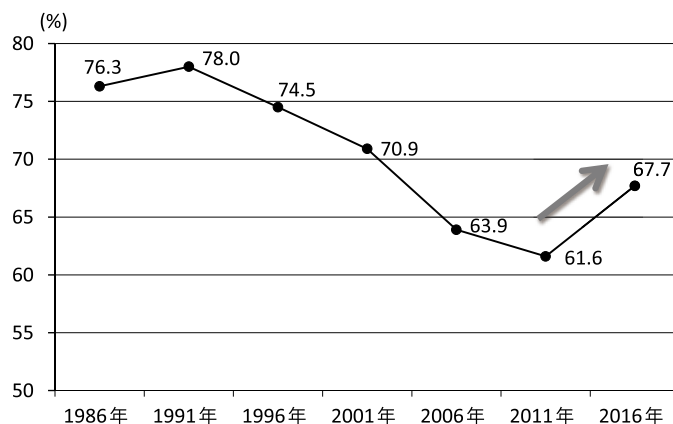


図1 スポーツの行動者率の推移(15歳以上)
引用文献1より作成

¹ 学生が体育の授業で行うものや職業スポーツ選手が仕事として行うものを除き、個人の自由時間の中で行うスポーツをいう。

くと予想される。

こうしたスポーツ栄養において重要とされる点のひとつは、運動によって消費したエネルギーをいかに効率的に補充するかということである。運動時にエネルギー源となる栄養素は糖質、脂質、タンパク質である。糖質は体内でグリコーゲンとして筋肉および肝臓に蓄積されており、グルコースに分解されてエネルギーとして利用される。また、体脂肪として蓄積されている脂質は脂肪酸に分解されてエネルギー源となる。通常の生活活動においては糖質と脂質が約 1:1 の割合でエネルギーを生み出しているが、運動強度が高まるにつれて糖質の割合が高くなる。一方、タンパク質は、糖質が不足している時など、いわゆる飢餓状態のエネルギー源として利用され、状況に応じてエネルギー全体の 3～15% を占めるとされる²⁾。

運動時には主要なエネルギー源として筋肉へのグルコースの取り込み量が増大するが、グルコースは脳にとっても唯一のエネルギー源であるため、肝臓のグリコーゲンが分解されて血糖値は一定に保たれる。しかし、成人の筋肉および肝臓に蓄積されるグリコーゲンの量は約 350g、エネルギーに換算すると約 1700kcal 程度であり、比較的すぐに枯渇しやすい。特に長時間の運動においてグルコースの供給が不足すると、血糖値が低下し疲労困憊となり運動が続けられないだけでなく、中枢神経機能障害やめまい、パフォーマンスの低下などが引き起こされる。このため、運動前にグリコーゲンを十分に貯蔵しておくだけではなく、運動中や休憩時に糖質を摂取し補給する必要がある。また、運動後には糖質を摂取することでグリコーゲンの蓄積量を維持し、速やかに疲労回復することが可能である²⁾。これらのことから、スポーツ時のエネルギー源として十分な糖質摂取が必要であると言える。

一方で、糖質は多量に摂取すると、急激な血糖値の上昇とそれに

伴うインスリンの分泌による急激な血糖値の低下を招くリスクがある。また、インスリンは脂肪の分解を抑制する働きがあるため、メタボリックシンドロームの予防や脂肪燃焼を期待して運動する人にとってデメリットとなりうる。したがって、スポーツ時のエネルギー補給や疲労回復と脂肪燃焼効果を両立できる糖質が望まれる。

そこで、我々はスポーツに理想的な糖質エネルギー源として「パラチノース(イソマルツロース)」に注目し、研究を進めている。以降ではパラチノースの特徴を概観するとともに、スポーツ時にパラチノースを摂取した際の低血糖防止効果、パフォーマンス向上効果および脂肪燃焼効果について紹介する。なお、パラチノースは三井製糖株式会社の登録商標である。

1. パラチノースとは

パラチノース (6-O-D-glucopyranosyl- D-fructose) はグルコース 1 分子とフルクトース 1 分子からなる二糖類であり、天然には蜂蜜中に微量存在する。工業的にはスクロースを原料として α -グルコシルトランスフェラーゼで結合位置を変換することにより大量生産される (図 2)³⁾。

パラチノースの甘味の強さはスクロースの約半分程度であるが、スクロースと同様の良質な甘味質を有しており、非齲蝕原性の糖質であるため³⁾ 虫歯の原因になりにくい食品として特定保健用食品の関与成分としても使用されている。

パラチノースは、小腸に局在するイソマルターゼにより分解されて完全に消化吸収され、

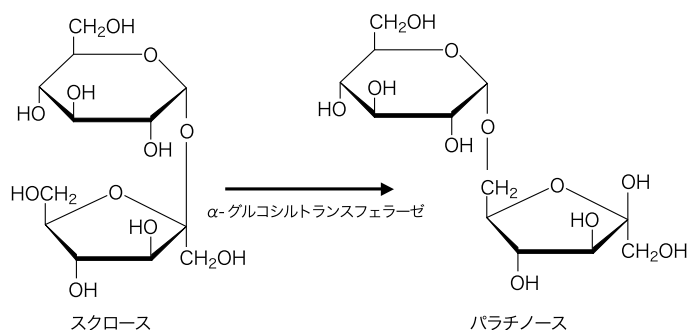


図 2 パラチノース構造式

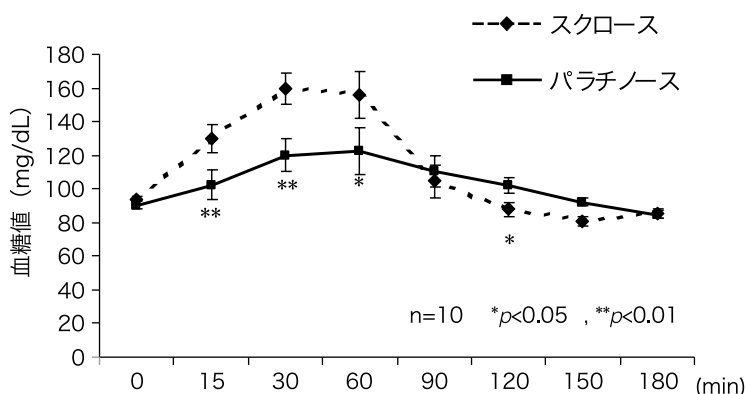


図3 食後血糖値の変化
引用文献6より一部改変

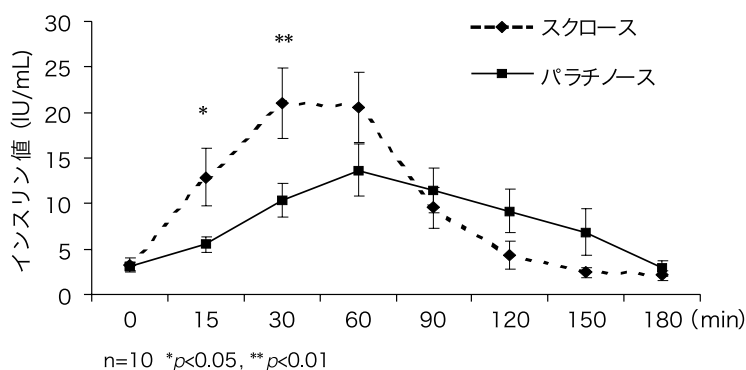


図4 食後インスリン値の変化
引用文献6より一部改変

スクロースと同じ 4kcal/g を有する。この酵素反応は緩やかであるため、パラチノースの消化吸収速度はスクロースの約 1/5 とされる⁴⁾。すなわち、血中へのグルコースの流入が緩慢なことから、血糖値の急激な上昇およびインスリン分泌の抑制効果について多数報告されている (図3, 図4)^{5, 6)}。

また、パラチノースはスクロースやグルコースなどの他の糖質と同時に摂取した場合でも、同時に摂取した糖質による血糖値上昇やインスリン分泌の抑制効果を持つことが報告されている⁷⁾。

2. スポーツ時における低血糖予防効果およびパフォーマンス向上効果

前述したとおり、スポーツ時において糖質は

即効性のエネルギー源となるものの、糖質の摂取は急激な血糖値の上昇およびインスリンの分泌を引き起こし、その反動でいわゆるインスリンショックと呼ばれる急激な低血糖状態に陥る危険性がある。パラチノースは、こうしたスポーツ時の低血糖を予防する効果があることが Achten J ら (2007) により報告されている⁸⁾。

トレーニングされた男性 10 名 (年齢: 27±2 歳) を対象に、最大酸素摂取量 (VO₂max) の 50% 強度の自転車運動を 10 セット (1 セット: 運動 11 分と計測・休憩 4 分) 行わせ、水、パラチノースまたはスクロース配合飲料 (各 8.5%) を運動開始時 (0 分) に 600mL、各セット終了時に 150mL ずつ摂取させた。図5, 図6の結果のように、スクロース摂取は血糖値、インスリン値共に急激な上昇が見られたのに対して、パラ

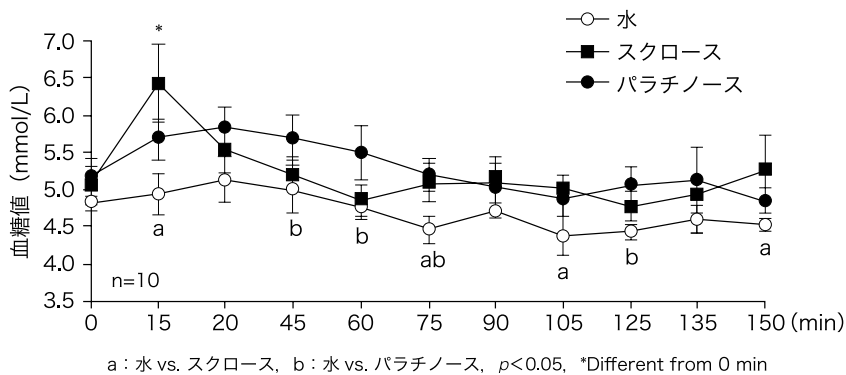


図5 運動時に摂取した時の血糖値の変化
引用文献8より一部改変

チノース摂取では上昇が緩やかでその後もほぼ一定に維持された。したがって、パラチノースを摂取するとインスリンの過剰な分泌を抑制し、運動時の低血糖を予防することが可能であると言える。

また、Konig D ら (2016) では低血糖予防効果とともにパフォーマンス向上効果が報告されている⁹⁾。20名の健康な男性アスリート(年齢:29±3歳)を対象に、運動開始45分前に75gのパラチノースまたはマルトデキストリン配合飲料を750mL摂取し、VO₂maxの60%強度の自転車運動を90分間行ったのち、運動量が6.5J/体重kgになるまでのタイムトライアルテストを行った。その結果、図7のとおりマルトデキストリンを摂取すると血糖値は急激に上昇し、運動を開始した15分後に血糖値の急激な低下が見られるのに対して、パラチノースでは血糖値は穏やかに上昇し、運動中の血糖値もマルトデキストリンと比較して高い傾向にあった。また、タイムトライアルテストの結果はマルトデキストリン

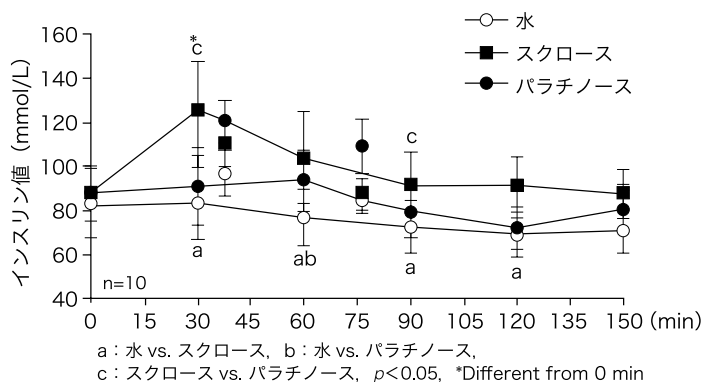


図6 運動時に摂取した時のインスリン値の変化
引用文献8より一部改変

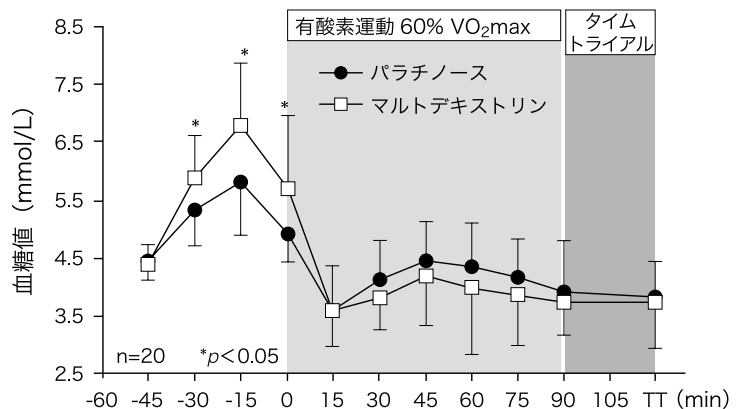


図7 運動前に摂取した時の血糖値の変化
引用文献9より一部改変

摂取において31.08±6.27分、パラチノース摂取では30.05±4.70分となり、2.7%のタイムの向上がみられた。したがって、パラチノースは

マルトデキストリンと比較して、緩慢かつ持続的にグルコースを供給していると考えられ、結果として運動パフォーマンスを向上させる可能性があることが示唆された。

3. スポーツ時における脂肪燃焼効果

生活習慣病やメタボリックシンドロームなどの予防・改善効果を期待する人々にとって、運動による脂肪燃焼やエネルギー消費量の増大が期待される。運動時にパラチノースを摂取した時の脂肪燃焼効果について、Konig D らより報告されている¹⁰⁾。

21名のトレーニングされた男性アスリート(年齢:37±8歳)を対象に、VO₂max70%強度の自転車運動を実施した。運動開始30分前、運動開始時(0分)、45分後にそれぞれ250mLのパラチノースまたはマルトデキストリン配合飲料(各10%)を摂取し、血液検査および呼吸ガス試験により脂肪燃焼量などを測定した。その結果、図8のとおりパラチノース摂取はマルトデキストリン摂取に比べて、90分間の運動を通しての呼吸交換比(RER:Respiratory Exchange Ratio)は10%低かった。呼吸交換比の値が低いほど脂肪をエネルギー源として利用していることを示しており、パラチノース摂取

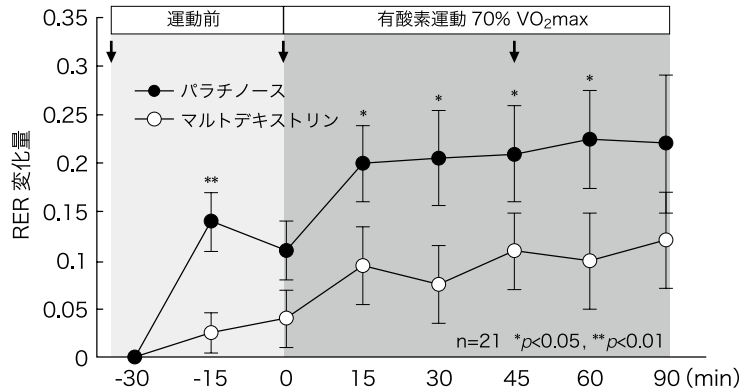


図8 運動前・運動時に摂取した時のRER変化量
引用文献10より一部改変

の方がスポーツ時の脂肪燃焼の効果が大きいと言える。

通常、糖質を摂取するとインスリンが多量に分泌され脂肪燃焼が妨げられる可能性があるが、パラチノースは血糖値の急激な上昇とインスリンの分泌を抑制するため、スポーツ時の脂肪燃焼を妨げることなくエネルギーを補給でき、同時に筋肉および肝臓に蓄積されているグリコーゲンを効率的に温存できると考えられる。

また、Kim MK ら(2008)はBMI25以上で運動習慣のない男性(年齢:46±2.3歳)を対象とし、VO₂max50%の強度の自転車運動を60分間実施した¹¹⁾。運動直後に各1g/体重kgのパラチノースまたは果糖ブドウ糖液糖を500mL摂取し、血液検査および呼吸ガス試験により脂肪燃焼量などを測定した。その結果、呼

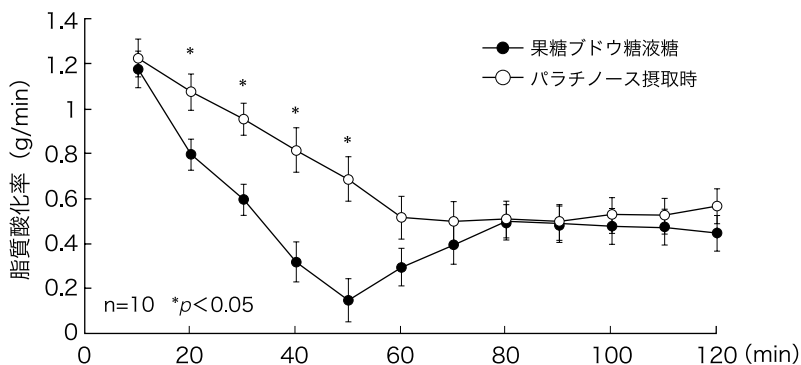


図9 運動直後に摂取した時の脂質酸化率の変化
引用文献11より一部改変

気ガスから計算された脂質酸化率は果糖ブドウ糖液糖摂取では急激に低下したのに対して、パラチノース摂取は減少が緩やかであった(図9)。

前述したとおり、運動後の速やかな疲労回復や運動によって消費されたグリコーゲンを補充するためには、糖質を摂取することが必要である。パラチノースを摂取することにより運動中だけでなく運動後の脂肪燃焼を妨げず、効率的に糖質を補給することができると考えられる。

おわりに

本稿ではスポーツ時の糖質摂取におけるパラチノースの効果について述べた。スポーツによって消費されたエネルギーを補給し、パフォーマンスを維持するために糖質の摂取は必要不可欠であるが、血糖値の急激な上昇・低下やインスリンの過剰な分泌を招き、効率的な脂肪燃焼が妨げられるという懸念がある。一方、パラチノースは消化吸収が穏やかで血糖値やインスリン値の急激な上昇を抑制するため、こうしたリスクを避けることができる唯一の糖質としてスポーツ向けの食品や飲料の素材に適していると言える。既に、こうした臨床試験データ

をもとにパラチノースを使用した製品が順次開発されている。持続的なエネルギーの補給を目的としたマラソン、トライアスロンなどの持久系スポーツ向けの製品や、ボディビルのような筋肉量が要求されるスポーツ向けの製品にも利用されている。

また、本稿に述べた研究以外にも運動時にパラチノースを摂取した時の様々な効果が報告されている。例えば、肥満者がパラチノースを配合した食事および飲料を摂取して運動すると、スクロースやグルコースを配合した食品などを摂取した場合と比較して脂質代謝が亢進するといった効果も報告されている¹²⁾。パラチノースのこれらの機能性は、プロアスリートだけでなく健康維持や生活習慣病の予防・改善を目的としてスポーツをする人々にとっても必要とされるものであり、スポーツ向けの製品への多岐にわたるパラチノースの利用が期待される。

我々は現在、運動時のパラチノースの摂取に関するさらなる研究を進めている。今後も、皆様の健康に寄与するような糖質摂取の方法を積極的にご提案していきたい。

引用文献

1. 総務省：平成 28 年社会生活基本調査. 2016.
2. 杉浦克己：スポーツ栄養学と食品開発. 進化する運動科学の研究最前線. 株式会社エヌ・ティー・エス, 279-291, 2014.
3. 中島良和：パラチノースの製法と用途. 澱粉科学, **35**(2):131-139, 1988.
4. Tsuji Y, Yamada K, Hosoya N, *et al.*: Digestion and Absorption of Sugars and Sugar Substitutes in Rat Small Intestine. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **35**, 93-100, 1986.
5. Kawai K, Okuda Y, Yamashita K, *et al.*: Changes in blood glucose and insulin after an oral palatinose administration in normal subjects. *Endocrinol. Japon*, **32**(6): 933-936, 1985.
6. Maeda A, Miyagawa J, Miuchi M, *et al.*: Effects of the naturally-occurring disaccharides, palatinose and sucrose, on incretin secretion in healthy non-obese subjects. *J Diabetes Investig.*, **4**(3): 281-286, 2013.
7. 樫村淳, 永井幸枝, 清水健夫ら：パラチノースに関する新たな知見. 精糖技術研究会誌, **51**, 19-25, 2003.
8. Achten j, Jentjens R, Brouns F, *et al.*: Exogenous Oxidation of isomaltulose is lower than that of sucrose during exercise in men. *J Nutr*, **137**(5): 1143-1148, 2007
9. Konig D, Zdzieblik D, Holz A, *et al.*: Substrate utilization and cycling performance following palatinoseTM ingestion: a randomized, double-blind, controlled trial, *nutrients*, **8**(7): E390, 2016
10. Konig D, Luther W, Polland V, *et al.*: Carbohydrates in sports nutrition impact of the glycemic index, *Agro Food industry Hi-Tech*, **18**(5): IX-X, 2007
11. Kim MK, Okuno M, Matsuo T, *et al.*: Effects of palatinose vs high-fructose corn syrup-induced substrate and metabolite after submaximal exercise in obese men. 13th annual congress of the ECSS(European college of Sport Science) book of abstracts, 361-362, 2008.
12. Konig D, Theis S, Kozianowski G, *et al.*: Postprandial substrate use in overweight subjects with the metabolic syndrome after isomaltulose (PalatinoseTM) ingestion, *Nutrition*, 1-6, 2012

甘草由来グラブリジンの機能性について

山下 陽子 (YAMASHITA Yoko)¹ 芦田 均 (ASHIDA Hitoshi)¹

¹ 神戸大学大学院農学研究科

Key Words : グラブリジン 抗変異原性 抗腫瘍作用 抗肥満 糖尿病 生活習慣病 予防

Key Words : Glabridin, anti-mutagenicity, anti-carcinogenicity, anti-obesity, anti- hyperglycemia, safety of glabridin-rich licorice flavonoid oil

Abstract.

Glabridin is a major flavonoid in licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.), and has various health beneficial functions including antioxidant and anti-inflammatory activities. In this review, we show novel functions of glabridin and glabridin-rich licorice flavonoid oil (LFO). LFO prevented mutagenicity, carcinogenicity, and obesity. Glabridin prevented hyperglycemia and muscle atrophy. To estimate safety of LFO for human, various safety tests was carried out and no-observed-adverse-effect level (NOAEL) was decided. Thus, LFO is a safety and functional food material for human health.

はじめに

「医食同源」という言葉があるように、ある種の食品あるいは食品成分には疾病予防に関わる機能が存在することは洋の東西を問わず古来より知られてきた。食品が生体におよぼす機能は、一次機能（栄養特性）、二次機能（嗜好性）および三次機能（生理調節機能）に分けられる。このうち疾病予防に寄与する三次機能を対象に設計された食品が「機能性食品」である。この「機能性食品」という言葉は日本が提唱したものであり、具体的には生理系統（免疫、分泌、神経、循環、消化）の調節によって病気の予防に寄与する食品である。

現在、世界的に、野菜や発酵食品から体によい成分が含まれていないか探索が進められており、既に様々な機能性食品が実用化されている。ただし、その“機能性”がヒトの健康にど

の程度寄与しうるかの科学的根拠のレベルに関しては、単に伝承によって受け継がれている知見のみによるものから、*In vitro* のみで生理活性が示されているもの、さらには臨床試験（ヒト試験）でその効果が検証されているものまで様々である。現在のところ、安全性の確認は当然のこととして、ヒトにおける効果・作用メカニズムまでを検証した機能性食品の数はまだ限られている状況である。このような中で機能性食品に関わる法整備が近年世界的に進められている。本稿では、世界的に古くから生薬としても用いられてきた、甘草の持つさまざまな機能性に着目して、研究成果を紹介していく。

カンゾウ属（甘草属 *Glycyrrhiza*）は、地中海地方、小アジア、ロシア南部、中央アジア、中国北部、北アメリカなどに自生するマメ科の多年草で、18種が知られており、根を乾燥

させた部分を生薬として、また甘味料として用いている。甘草ウレンシス (*Glycyrrhiza uralensis* Fisher) は、glycycoumarin, glycyrrin, dehydroglyasperin C および dehydroglyasperin D などのプレニルフラボノイド類が含まれている¹⁾。しかし、甘草ウレンシス種は主に生薬や医薬品としてすでに使用されており、食品としての使用実績情報が不足していること、ならび原料の安定確保に不安がある。従って、甘草ウレンシス種は、機能性食品原料として不向きであると考えられた。一方、食品として広く利用されており（食経験が豊富）、原料植物の安定確保が可能で、しかも今までに生体機能性に関わる報告が極めて少ない（特許的に新規性・進歩性がある）素材として、同じ甘草属ではあるが種を異にする甘草グラブラ種が機能性食品素材原料として着目された。甘草グラブラ種のリコリスは、根にフラボノイド類、グリチルリチン、サポニンの他、さまざまな化合物を含んでいる²⁾。フラボノイド類では、glabridin, glabrene, glabrol, 4'-O-methylglabridin の4種のプレニルフラボノイドが同定されている。そのうち、体内への取り込み効率から、glabridin が多くの生理活性を発揮する第一候補であると考えられている³⁾。この主要化合物である glabridin を指標とし、甘草グラブラ種から効率よく疎水性フラボノイドを抽出する製法が確立され、最終的に glabridin 含量が1%となるよう調整した製品が作製され、licorice flavonoid oil (LFO) と命名し、機能性ならびに安全性評価が行われている。

1. グラブリジンの変異原性抑制効果

甘草グラブラ種は長い食経験があるにもかかわらず、その疎水性フラボノイドの安全性情報に関しては非常に限られている。そこで、アフガニスタン産の甘草グラブラ種 (*Glycyrrhiza glabra* Linne) の根または根茎から抽出した glabridin を豊富に含む LFO が作製され、LFO を新規機能性食品素材として開発するための安全性評価の一環として、LFO の変異原性につ

いて微生物を用いる復帰突然変異試験 (Ames 試験)、哺乳類培養細胞を用いた染色体異常試験、*in vivo* 小核試験が実施された⁴⁾。

5種のテスター細菌(4種の *Salmonella typhimurium* および *Escherichia coli*) を用いる復帰突然変異試験 (Ames 試験) において、LFO はラット肝臓 S9 の存在および非存在下の両条件で復帰突然変異を起こしたコロニー数を増加することはないことが確認された。チャイニーズハムスター肺 (CHL/IU) 細胞を用いた染色体異常試験において、LFO はラット肝臓 S9 の非存在下の短期間処理、または連続処理 (24 時間または 48 時間) において染色体異常を誘導しないことも確認された。しかし、ラット肝臓 S9 の存在下の短期間処理において LFO 濃縮液は、0.6 mg/mL 以上の濃度で構造染色体異常を誘導した。F344 雄ラットを用いた骨髄小核試験において、5000 mg/kg/日までの LFO 濃縮液を強制経口投与したが、用量依存的な小核多染色性赤血球 (MNPCes) の頻度増加は認められず、高用量では総赤血球に対する MNPCes の比率は抑制された。さらに、F344 雄ラットを用いて肝および末梢血小核試験を実施したところ、肝細胞または多染色性赤血球において、最高用量の LFO 濃縮液 5000 mg/kg/日 (LFO として 15,000 mg/kg) の投与でも小核の誘導は認められなかった。変異原性試験の結果および今までに発表された LFO の薬物動態研究から、LFO は食品として摂取する範囲において変異原性を引き起こす原因となりえないと確認された⁴⁾。

2. グラブリジンの発がん抑制効果

リコリス・フラボノイド・オイル (LFO) の変異原性について3種類の方法を用いて評価した結果、LFO は食品として摂取する範囲においては変異原性を引き起こす原因となりえないと結論されている。本章では、1) LFO に発がん性がないことを確認し、2) 最近甘草抽出物およびその成分の抗がん作用について報告されていることから⁵⁻⁷⁾、その発がん抑制能力について紹介する。化合物の発がん性や発が

ん抑制作用の評価に信頼性の高いバイオアッセイであるラット中期肝発がん性試験を実施し、LFOに発がん性のないことを確認するとともに、発がん抑制活性能力について評価がされている。6週齢の雄F344ラット（15匹/群）に*N*-nitrosodiethylamine (DEN; 200 mg/kg)を腹腔内投与することで発がんプロモーションが行われたモデルラットに、DEN処置2週間後にLFO濃縮液を0, 150, 300, 600 mg/kgになるように体重あたり2 mLの容量で1日1回強制経口投与された。また、陽性対照群にはphenobarbital ナトリウム塩 (S.PB; 500 ppm)を含む飼料を6週間自由摂取させた。さらに、DEN処置後3週間目に2/3肝部分切除を実施し、8週目に全動物を放血致死させ肝臓組織の胎盤型 Glutathione *S*-transferase (GST-P)の発現を免疫組織学的に観察した。その結果、DEN処置のLFO試験検体投与群については、600 mg/kg群におけるGST-P陽性細胞の単位面積あたりの個数が対照群と比較して有意に低値を示し、150および300 mg/kg投与群においては低値傾向を示したと報告されている⁸⁾。また、単位面積あたりの細胞面積について150および600 mg/kg投与群で有意な低値を示し、300 mg/kg投与群では低値傾向を示すことが判った⁸⁾。一方、陽性対照群のS.PB投与群では単位面積あたりの個数および面積とも対照群（第1群）と比較して有意な高値を示した。以上のことから、600 mg/kgまでのLFO濃縮液（LFOとして1800 mg/kg）では発がん作用は認められず、逆に150 mg/kg以上のLFO濃縮液（LFOとして450 mg/kg）で有意な発がん抑制作用を持つことが明らかにされた⁸⁾。

3. グラブリジンの安全性

LFOのヒトへの適用に向け、その無毒性量を確認することにより安全な1日摂取用量の範囲の設定を行うため、ラットを用いた90日間反復投与毒性試験が実施されている。LFOの安全性評価の一環として、変異原性試験に引き続きLFO濃縮液（glabridin 含量3%）を用いた

ラット90日間反復投与毒性試験も行われた。雌雄Crj:CD (SD)ラットを12群にわけ（1群雌または雄10匹）、コーンオイル（対照群）、MCT（溶媒対照群）そしてLFO濃縮液を1日あたり400 mg, 600 mg, 800 mg, 1,600 mg/kg投与した。その結果、LFO濃縮液の投与により唯一認められた臨床的に問題となる副作用は、血液凝固障害作用であると報告されている。その作用は雌雄で認められたが、明らかな雌雄差があることも判明している。この結果をもとに、LFO濃縮液の無毒性量（NOAEL）は雌で800 mg/kg/日（LFOとして2400 mg/kg/日）、雄で約400 mg/kg/日（LFOとして1200 mg/kg/日）と判断された⁹⁾。ラット90日間反復投与毒性試験の結果、得られた無毒性量400 mg/kg/日を体重50kgのヒトにあてはめ、LFO濃縮液のヒトでの1日摂取許容量（生涯にわたり毎日摂取し続けても影響が1日あたりの量）は約200 mg（LFOとして600 mg）であると推定された⁹⁾。

4. グラブリジンの脂肪細胞分化と脂肪蓄積抑制効果

Ⅱ型糖尿病、腹部肥満、高血圧、脂質異常症は密接にインスリン抵抗性に関与している。これらの危険因子が集積する状態がメタボリックシンドロームという病態であり、社会的な健康問題である^{10, 11)}。脂肪細胞は高度に分化した細胞でエネルギーの制御や恒常性において重要な役割を担っている。脂肪細胞の分化過程においてはリガンド依存型の受容体転写因子であるペルオキシソーム増殖剤応答性受容体（peroxisome proliferator-activated receptor: PPAR）とロイシンジッパー型転写因子であるCCAAT/enhancer binding protein- α が相互作用し、ポジティブフィードバックを形成しながらマスターレギュレーターとして機能し、脂肪細胞分化に関わる遺伝子群の転写調整を行っている^{12, 13)}。PPARは核内受容体スーパーファミリーに属し、PPAR α , PPAR β/δ , PPAR γ の3種類のサブタイプ遺伝子が存在し、発現組織の違いからそれぞれ異なった生理作用を有する^{14, 15)}。

PPAR γ はインスリン抵抗性を改善する医薬品である troglitazone, pioglitazone, rosiglitazone のようなチアゾリジン誘導体の主要な分子ターゲットである^{16, 17)}。PPAR γ と多くの疾患, 例えば脂質異常症, 高血圧, 炎症, アテローム性動脈硬化症, 癌との関連性が示唆されている^{14, 18, 19)}。チアゾリジン誘導体に関する研究により, PPAR γ アゴニストはメタボリックシンドロームやインスリン抵抗性シンドロームに対し効果があることが示されており²⁰⁻²²⁾, このことから, 現在, 多くの化学合成化合物が PPAR アゴニストとして開発されつつある。

これまでの研究において, 67 種類の食用植物を *in vitro* PPAR γ リガンド結合アッセイ系によりスクリーニングされている。その結果, 7 種の食用植物抽出物が PPAR γ リガンド結合活性を有することが見出された。その中でも比較的活性が強かったのは, 甘草ウラレンシス (*Glycyrrhiza uralensis* Fisher) であり, 上述したプレニルフラボノイド類の glycycomarin, glycyrin, dehydroglyasperin C および dehydroglyasperin D は, PPAR γ リガンド結合活性を有することが明らかとなっている²³⁾。なお, 甘草エタノール抽出物 100 g あたり, これらの 4 化合物を合計すると 16.7 g 含まれていることが報告されている。上記の 4 化合物を含む甘草エタノール抽出物 0.1%-0.3% 含む飼料 (1 日あたり 100 mg-300 mg/ 体重 kg) を肥満型糖尿病自然発症モデルである 6 週令 (糖尿病発症前) および 13 週令 (糖尿病発症後) KK-Ay マウスに 4 週間投与したところ, 有意な血中グルコースレベルの低下 ($p<0.05$) が認められている²³。また, 高脂肪食負荷肥満モデル (C57BL マウス) に, 同量の甘草エタノール抽出物を 4 週間投与したところ, 有意な腹腔内脂肪重量低減 ($p<0.05$) が認められている²³⁾。さらに, 高血圧自然発症ラット (SHR) に, 甘草エタノール抽出物 (1 日あたり 300 mg/ 体重 kg) を 3 週間投与したところ, 有意な血圧上昇抑制効果 ($p<0.01$) も認められている。以上の結果から, プレニルフラボノイドは, PPAR γ

リガンド結合活性を有するメタボリックシンドローム予防食品素材であることが示唆された。次に, 甘草グラブラ種についても同様の評価を行った。glabridin, glabrene, glabrol, 4'-O-methylglabridin の 4 種も, PPAR γ リガンド活性を有することが明らかにされた。続いて, LFO のメタボリックシンドローム予防効果を評価するため, 肥満型糖尿病自然発症モデルである KK-Ay マウスを用い腹部脂肪蓄積および血中グルコースレベルへおよびす影響が検討された。その結果, 2% LFO 群で有意な体重増加量の抑制および腹部脂肪重量の低減, さらに 0.5% 以上の LFO 投与群で有意な血中グルコースレベルの低下を確認された²⁴⁾。さらに, LFO および甘草エタノール抽出物は *in vitro* でヒトの未分化脂肪細胞を成熟脂肪細胞へ分化誘導したことから, その効果は PPAR γ の活性化を介して発現していることが示唆された。

5. グラブリジンの高血糖抑制効果

肥満に伴う糖尿病や心血管疾患患者が増加の一途をたどっており, インスリン抵抗性や高血糖を抑制する機能性食品成分の探索, およびその作用機構解明に関する研究が盛んに行われている。食品成分の血糖調節に重要となる作用点とその標的は, 大きく分けると 5 つの項目があげられる。つまり, 消化管からの糖の吸収抑制, 膵臓からのインスリン分泌の促進, 肝臓での糖新生の抑制, 末梢組織への糖取り込みの促進である。近年では, 腎臓からの再吸収抑制も注目が高まりつつある。これまでの研究では, ポリフェノールをはじめとする食品由来の機能性成分による血糖上昇抑制効果は, 小腸での酵素活性を阻害し, 消化管から糖の吸収を抑制する作用が多く報告されてきた。一方で, 私たちが肥満・高血糖抑制効果の標的分子として研究を実施しているのは, 筋肉や脂肪組織への糖取り込みを担うインスリン応答性糖輸送担体 4 型 (GLUT4) の細胞膜移行促進作用を介した血糖調節機構である。はじめに, GLUT4 の細胞膜移行調節機構を介した血糖調節に寄与するグラ

ブリジンの効果について紹介する。糖輸送担体 (GLUT) は、細胞膜を 12 回貫通するトランスポーターで、N 末端と C 末端のいずれもが細胞内にある。これまでに 14 種のアイソフォームが見出されており、アミノ酸配列の類似性から 3 つのサブクラスに分類されている²⁵⁾。特に、クラス I に属する GLUT1 から 4 までのアイソフォームは、生体の恒常性維持に重要な役割を果たしている。その中でも GLUT4 は、骨格筋、心筋と脂肪組織に特異的に発現しており、インスリンに応答して細胞内のプールから細胞膜上に移行してグルコースの取り込みを担うことから、食後高血糖の消費に大きく関わっている。また、インスリンシグナル伝達経路を介さずに他の刺激によっても、GLUT4 は細胞膜移行を促進することが明らかとなっている。GLUT4 が発現する組織のうち、特に筋肉は、食後一過的に上昇したグルコースの取り込みの約 80% を担い、グルコースを消費する主要な組織である。そこで、わたしたちはグラブリジンが筋肉での GLUT4 細胞膜移行促進を介して、高血糖の抑制効果を発揮するか否かを検証した。培養細胞を用いた実験では、ラット骨格筋由来 L6 筋肉細胞にグラブリジンを作用させた 15 分後に、GLUT4 の細胞膜移行が促進していることを明らかにした²⁶⁾。この際に、細胞内で代謝を受けない 2-deoxy-D-glucose (2-DG) を負荷し、その細胞内へ取り込み量を測定したところ、いずれもが 2-DG の取り込みを増加させることが判明した²⁵⁾。GLUT4 の細胞膜移行に関わるシグナル伝達経路を検討したところ、インスリン非依存的な経路である AMPK が活性化しており、その上流では細胞内カルシウム濃度が上昇するとともに、カルシウムカルモジュリン依存性タンパク質キナーゼ (CaMKII) が活性化していた。これらの効果が、CaMKII の阻害剤ならびにサイレンシングによりキャンセルされたことから、グラブリジンの糖取り込み促進効果の作用機構に CaMKII が重要なキー分子であることが判った。一方で GLUT4 の細胞膜移行に関わる、インスリン経路にグラブ

リジンは関与していなかった。続いて、細胞内に取り込まれた糖はどのように利用されているかについて、検証を行った。興味深いことに、グラブリジンは細胞内グリコーゲン量を減少させ、乳酸量を増加させていた。AMPK は GLUT4 の細胞膜移行だけでなく、全身の組織でエネルギー産生や脂肪分化抑制に関与している。したがって、グラブリジンを作用させた際にも、グリコーゲンとして蓄積されるのではなく、AMPK の活性化によってエネルギー産生が高められ、糖は乳酸へと代謝されたのではないかと考えられた。

続いて、実験動物を用いて高血糖抑制効果を検証した。ICR マウスにグラブリジンを 50 mg/kg BW で強制経口投与した 60 min 後に糖負荷試験を実施した。その結果、グラブリジンは有意な血糖上昇抑制効果が認められた。その作用機構として、細胞で認められた筋肉における GLUT4 の細胞膜移行が関わっているか否かについて検証した。グラブリジンを投与した 60 min 後に屠殺摘出した筋肉において、GLUT4 の細胞膜移行促進が確認された。そのシグナル伝達経路には、AMPK の活性化が関与していた。ヒト介入試験についても有効性を単盲検クロスオーバー試験で検証された。成人男性に糖負荷食品としての米飯と共に試験食品 (LFO) るいはプラセボカプセルを単回摂取させ、その後 120 分までの血糖値を測定したところ、LFO 摂取群はプラセボ群と比較して、食事誘導性の血糖上昇抑制効果が認められた。また、LFO 摂取群は、インスリン分泌量が有意に上昇していた。以上のことから、グラブリジンは高血糖の抑制に寄与する食品成分であることが示された。

6. グラブリジンの筋肉組織増強効果

筋重量が減少すると、歩行困難や寝たきりの状態いわゆる要介護が必要となり、生活の質の低下を招く。高齢化社会を迎えた日本において、これらの症状は重要社会問題となっており、日常的に摂取する食品成分による予防対策に注目

が集まっている。筋重量は、筋肉細胞内のタンパク質の合成と分解のバランスによって制御されており、このバランスが崩れ、分解側に傾くことによって筋萎縮が生じる。予備検討として、15種類のポリフェノールを対象にスクリーニングを行った結果、グラブリジンがタンパク分解を抑制することを見出した。

培養細胞を用いた実験では、マウス筋肉横紋筋由来 C2C12 細胞にグラブリジンを作用させたところ、デキサメタゾン (DEX) によって誘導されたタンパク質の分解を抑制することを明らかにした。一方で、タンパク質の合成促進には関与しないことが判った。続いて、タンパク質分解抑制効果を発揮した作用機構の解明を試みた。その結果、グラブリジンはユビキチンリガーゼの発現を抑制し、ユビキチンプロテアソーム経路を制御することで筋萎縮抑制効果を有することが明らかとなった。したがって、glabridin が筋重量維持に有効な食品成分であることが示唆された。マウスを用いて検証した。KK-Ay マウスに LFO を 1.0 あるいは 1.5 mg/ kg BW で一日一回強制経口投与し、4 週間飼育した。その結果 LFO は濃度依存的に筋重量が増加していた。飼育終了時に摘出した筋肉で、細胞と同様の経路を確認したところ、同様の作用を持つことが確認された。以上のことから、グラブリジンは筋肉の萎縮抑制にも効果を発揮する可能性が示唆された。

おわりに

これまでに明らかにされている、グラブリジンの生体機能性に関する知見では、活性発現に

関わる分子標的もしくは受容体がまだ十分に解明されていない。また、わたしたちの研究事例も含めて、ポリフェノールを実験動物に用いたこれまでの報告では、高用量で対象化合物を投与したものが多く、安全性が担保された濃度域とはいえ、認められた機能性は生理的条件下で実施されたものでないことも否めない。これまでの研究で、グラブリジンは比較的すみやかに腸管から血中にアグリコン吸収されやすいという事は、細胞あるいは実験動物を用いた研究で明らかにしている。従って、生体でも前述の作用が高く期待できるである。しかし、基本的にポリフェノールは生体異物として認識されるため、このことを考慮して、吸収や代謝変換、排泄などの生体利用性を考える必要がある。したがって、今後の研究では、実際に生体内で効果を示す有効形態とその濃度を念頭に研究を発展させていかなければならない。さらに、食事として摂取する場合を考慮し、他の化合物や栄養素が存在する中での構造変化や機能性に及ぼす効果についても検討する必要がある。化合物間の相互作用や複数の化合物による相加・相乗効果等も検討し、少量で高い効果を発揮する組み合わせも解明していきたいと考えている。今後解決しなければならない課題は多く残されているが、グラブリジンを始めとするポリフェノール類は、世界的に食経験の永い食品に多く含まれ、ヒトが摂取する機会も多く、ヒトの健康維持増進に有用性の高い成分として魅力的な化合物であるとともに、甘草グラブラは、機能性食品として有望な食材ということが判った。

参考文献

1. Lee Y.S., Kim S.H., Kim J.K., *et al.*: Rapid identification and preparative isolation of antioxidant components in licorice. *J Sep Sci.* **33** (4-5): 664-71, 2010.
2. Shibata S.: A drug over the millennia: pharmacognosy, chemistry, and pharmacology of licorice. *Yakugaku Zasshi*, **120**: 849, 2000.
3. Aoki F, Nakagawa K., Tanaka A., *et al.*: Determination of glabridin in human plasma by solid-phase extraction and LC-MS/MS. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* **828** (1-2): 70-4, 2005.
4. Nakagawa K, Hidaka T., Kitano M., *et al.*: Genotoxicity studies on licorice flavonoid oil (LFO). *Food Chem Toxicol.* **46** (7): 2525-32, 2008.

5. Tamir S., Eizenberg M., Somjen D., *et al.*: Estrogenic and antiproliferative properties of glabridin from licorice in human breast cancer cells. *Cancer Res.* **60**: 5704–09, 2000.
6. Lee C.K., Park K.K., Lim S.S., *et al.*: Effects of the licorice extract against tumor growth and cisplatin-induced toxicity in a mouse xenograft model of colon cancer. *Biol Pharm Bull* **30**: 2191-95, 2007.
7. Chin Y.W., Jung H.A., Liu Y., *et al.*: Anti Anti-oxidant constituents of the roots and stolons of licorice (*Glycyrrhiza glabra*). *J Agric Food Chem* **55**: 4691-97, 2007.
8. Nakagawa K., Hosoe K., Hidaka T., *et al.*: Inhibition by licorice flavonoid oil of glutathione S-transferase-positive foci in the medium-term rat hepatocarcinogenesis bioassay. *Nutr Res.* **30**(1): 74-81, 2010.
9. Nakagawa K., Hidaka T., Kitano M., *et al.*: 90-Day repeated-dose toxicity study of licorice flavonoid oil (LFO) in rats. *Food Chem Toxicol.* **46**(7): 2349-57, 2008.
10. Nicholas S. B.: Lipid disorders in obesity. *Curr Hypertens Rep* **1**: 131-6, 1999.
11. Unger R. H.: Lipotoxic diseases. *Annu Rev Med* **53**: 319-36, 2002.
12. Brun R. P., Kim J.B., Hu, E., *et al.*: Adipocyte differentiation: a transcriptional regulatory cascade. *Curr Opin Cell Biol* **8**: 826-32, 1996.
13. Morrison R. F., Farmer S.R.: Hormonal signaling and transcriptional control of adipocyte differentiation. *J Nutr.* **130**: 3116S-21S, 2000.
14. Willson T. Brown P. J., Sternbach D.D., *et al.*: The PPARs: from orphan receptors to drug discovery. *J. Med. Chem.* **43**: 527-550, 2000.
15. Kersten S., Desvergne B., Wahli W.: Roles of PPARs in health and disease. *Nature* **405**: 421-424, 2000.
16. Kaplan F, Al-Majali K, Betteridge, D.J.: PPARs, insulin resistance and type 2 diabetes. *J Cardiovasc Risk* **8**: 211-217, 2001.
17. Moller D. E.: New drug targets for type 2 diabetes and the metabolic syndrome. *Nature* **414**: 821-827, 2001.
18. Hsueh W. A., Law R.E.: PPARs and atherosclerosis: effects on cell growth and movement. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* **21**: 1891-1895, 2001.
19. Sewter C. Vidal-Puig A. PPAR γ and the thiazolidinediones: molecular basis for a treatment of 'syndrome X'? *Diabetes Obes Metab.* **4**: 239-48, 2002.
20. Lebovitz H.E., Banerji, M.A.: Insulin resistance and its treatment by thiazolidinediones. *Recent Prog Horm Res.* **56**: 265-94, 2001.
21. Komers R. Vrána A.: Thiazolidinediones – tools for the research of metabolic syndrome X. *Physiol Res.* **47**: 215-25, 1998.
22. Kraegen E.W., Cooney G.J., Ye J., Thompson A.L.: Triglyceride, fatty acids and insulin resistance – hyperinsulinemia. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* **109**: S516-S526, 2001.
23. Mae T., Kishida H., Nishiyama T., *et al.*: A licorice ethanolic extract with peroxisome proliferator-activated receptor- γ ligand-binding activity affects diabetes in KK-Ay mice, abdominal obesity in diet-induced obese C57BL mice and hypertension in spontaneously hypertensive rats. *J Nutr.* **133**(11): 3369-77, 2003.
24. Nakagawa K., Kishida H., Arai N., *et al.*: Licorice flavonoids suppress abdominal fat accumulation and increase in blood glucose level in obese diabetic KK-A(y) mice. *Biol Pharm Bull.* **27**(11): 1775-8, 2004.
25. 山下 陽子, 山本 憲朗, 芦田 均: ポリフェノールによるグルコーストランスポーターの機能調節. ビタミン学会誌, **86**: 163-173, 2012.
26. Sawada K., Yamashita Y., Zhang T., *et al.*: Glabridin induces glucose uptake via the AMP-activated protein kinase pathway in muscle cells. *Mol Cell Endocrinol.* **393**(1-2): 99-108, 2014.

好評発売中

定価：(本体3,200円+税)
判型：A5版
頁数：215頁

酵母との対話

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

内容紹介



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

著者プロフィール

著者／兎束 保之 (うづか やすゆき)

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

1968年 山梨大学工学部発酵生産科助教授。

1988年 山梨大学工学部発酵生産科教授

2002年 山梨大学退官。名誉教授

2002年 放送大学山梨学習センター所長。

2007年 放送大学山梨学習センター退官。

<受賞>

日本醸造協会技術賞

お申し込み・お問い合わせは、
FAX・お電話・WEBにて

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

株式会社 食品資材研究会
〒101-0038
東京都千代田区神田美倉町 10 (共同ビル新神田)

味の一覧表の作成とその意義

柳本 正勝 (YANAGIMOTO Masakatsu) ¹

¹ 元農研機構食品総合研究所

Key Words : 味 一覧表 分類 基本味 辛味 旨味 醤油味

はじめに

味には、甘味、塩味、酸味、苦味、うま味の五基本味がある。そして味とは、「飲食物中の呈味成分が口腔内の味蕾にある味細胞と化学的に結合し、その情報が味神経を経て脳に伝わることによって知覚される感覚」(栄養・食糧学用語辞典)などと説明される。この捉え方はすっかり定着していて、専門家の常識となっている。

このような事情を背景に、味の分類をしようとする味覚の研究者はいない。ましてや、味の一覧表を作成する気運はない。専門家の取り組みがないので、味の一覧表の作成に関する先行研究といえるものはない。

範囲を拡げて関連資料といえるものを探すと、川端らがおいしさを表現する用語を収集している¹⁾。ここには味が下に付く用語が251掲載されている。ただし、収集した根拠は著名な文筆家の著述物などであり、創造的な表現の味が含まれる。また、羅列しただけで、体系的な整理はなされていない。言語学者である瀬戸は「味ことば」を闊達に挙げ、それを整理して「味ことば分類表」を作成している²⁾。見方によっては、味の一覧表といえる。しかしながら、「味ことば」を挙げた根拠は示されず、分類も生理学でなく共感覚表現に重点が置かれている。各種類語辞典(たとえば類語新辞典)の「味」の

項も、広い意味での味の一覧表である。類語のグルーピングもなされている。しかし、味の一覧表を作成したとは、著者も思っていないであろう。

本稿では、基本味だけが味ではないという立場からこの課題に取り組み、味の一覧表とその背景となる味の分類図を作成したので、その内容を紹介する。

1. 五基本味だけが味という呪縛からの脱却

味には五基本味があるという常識は、欧米でも東アジアでも古くから四味とか五味の捉え方があり³⁾、それが近年の味覚生理学の研究成果により裏付けられた結果である。問題は、この常識を五基本味だけが味と説明していることである。

辛味は基本味でないとか味覚でないといつて、あたかも辛味が味でないように説明されることに、以前から違和感があつた。これに加えて最近、うま味に関心を持ちこれを調べたところ、うま味物質が呈する味がうま味であつて、出汁や醤油のようなうま味物質を含む食品の味は旨味と呼ぶのが妥当であるとの結論を得た⁴⁾。ここで大事なことは、この旨味には複数の物質が関与することである。複数の物質が関与する味も存在するのだから、基本味以外の味が少なからず存在すると確信した。

味には五基本味があるという常識は認めるけれども、五基本味だけが味という通説は間違っている。その不自然さは色や香りとは比べても明らかである。

色には3原色がある。受容体（オプシン）も3種類しかない。基本色でなく原色と呼ばれているのは、それだけ原理的なのである。3原色とは赤・緑・青であり、他の色はこの3原色で表現できる。それでも、それらの色も色の名称で呼んでいる。たとえば、JISでは10ある「有彩色の基本色名」の一つに青緑を含めている⁵⁾。そしてJISの慣用色名だと269種ある。日本色彩学会が編集した本では⁶⁾、2,131種類とか7,056種類の数字を紹介している。

香りをみると、香りの受容体は396種類あるとされている⁷⁾。香り分野では、原香とか基本香の存在は否定されているが、基本味に倣えば、香りは精々396種類ということになる。香りの

分野ではそのような意見はなく、識別可能な香りは約5,000種類とされている⁸⁾。

味が5種類だけとすることの問題は、食品のおいしさを味で説明することに制約が大きいことである。5種類だけのブロックで作った模型は、どうしても表現力に欠けたものになる。食品のおいしさにおける味の役割を正しく理解するためにも、この呪縛から脱却する必要がある。

そこで、味覚の研究者が学術的知見を踏まえて使用している意味での味を「学術用語としての味」と呼び、一般社会の人々が日常生活で使用している意味での味は「日常用語としての味」と呼んで、味の新しい概念を導入した⁹⁾。これにより「学術用語としての味」以外の味も、味の一種と認める途を拓いた。ここに「日常用語としての味」は、「食品による感覚刺激が舌で受容された結果と認識されている味」と定義しておく。味は研究対象である前に、日常生活に



図1 味の分類図

おける人々のコミュニケーションのツールである。念のためであるが、「日常用語としての味」が正しくて、「学術用語としての味」は間違っていると主張しているのではない。両方とも正しいと理解する。

本稿の次節以降では、別に明示しない場合、味を「日常用語としての味」の意味で用いる。

2. 提案した内容

この取り組みを着実に推進するために、これまでに学会での発表を3回行った⁹⁻¹¹⁾。本稿では、それらの成果を集めてその総合化と調整を行い、味の分類図(図1)を作成した。次に、この分離図を踏まえて該当する味を確定し、味の一覧表(表1)を作成した。味の分類図も新しく提案したものであるが、本稿では味の一覧表を作成できたことに重点をおく。

1) 味の分類図

図1は、味の分類図である。正確にいうと、味を分類するカテゴリの樹状図であろうが、本稿では味の分類図と呼ぶ。分類図はレベル1

からレベル4まで階層的に区分されている。カテゴリ名だけでは意味の把握が困難なので、それぞれのレベル4のカテゴリに含まれる代表的な味を一つ付記してある。

レベル1と2は大カテゴリを表し、レベル3は中カテゴリを、そしてレベル4(一部レベル3)は小カテゴリを表す。大カテゴリは3種類、中カテゴリは6種類そして小カテゴリは19種類ある。

①大カテゴリ

味は、まず「物質特性味」と「食品一括味」に大別される。この区別は、味の要因となる物質が特定されている(または将来特定が期待される)か否かである。ここに「食品一括味」を導入できたことが、分類図を完成できた最大の要因である。これにより甘味や塩味と醤油味やおふくろの味を、一つの分類図にまとめることが可能になった。

「物質特性味」は「単独物質味」と「複数物質味」に分類できる。これはカテゴリの名称から推察できるように、味の要因となる物質が単独か複数かで区別する。以上に述べた「単独物質味」

表1 味の一覧表

該当する味	小カテゴリ	大カテゴリ
1 甘味, 塩味, 酸味, 苦味, うま味	基本味	単独物質味
2 アルカリ味, 金属味	味質確認味	
3 カルシウム味, 脂肪酸味	受容体確認味	
4 辛味, 渋味, えぐ味	痛覚性味	
5 冷味, 清涼味	温度感覚性味	
6 滑転味	触覚性味	
7 甘酸っぱい味, 甘辛味	混合味	複数物質味
8 旨味, コク味	複合味	
9 こげ味	香り関与味	
10 とろ味, ジューシー味	触感関与味	
11 脂味, おいしい味	三特性関与味	
12 醤油味, 味噌味, カレー味, トマト味, イチゴ味, ソース味, ミルク味, コーヒー味, チーズ味, チョコレート味	連結型	食品一括味
13 カレーの味, 米の味, スープの味, ソースの味, 味噌の味	「の」で結合型	
14 おふくろの味, 本場の味, 旬の味, 素材の味, 母の味, 本物の味, 大人の味, 思い出の味, 料亭の味, ばあちゃんの味	格助詞型	
15 風味, 滋味, 佳味, 好味, 香味, 小味, 大味, 雑味	熟語型	
16 あっさり味, さっぱり味, しっかり味	オノマトベ型	
17 優しい味, 懐かしい味, 深い味	形容詞型	
18 素朴な味, まるやかな味, さわやかな味, 上品な味	形容動詞型	
19 深みのある味	その他形容語型	

と「複数物質味」および「食品一括味」の3つを、大カテゴリーとみなした。

②「単独物質味」

「単独物質味」は、「味覚性味」と「皮膚感覚性味」に分類する。これは関与する感覚による区別である。なお、感覚の分類によると、皮膚感覚は味覚とは対応せず、痛覚や温度感覚と対応する。それを無視したのは、対応関係を堅持すればレベル数が増えて、分類図が複雑かつ見難いものになってしまうためである。

「基本味」というまでもなく「味覚性味」に属する。「味覚性味」には、「味質確認味」と「受容体確認味」も含まれる。この2つのカテゴリーは、どちらも味のカテゴリーとして重要な欠陥を持っているが、一方でどちらも該当する味の存在を主張する味覚の研究者がいる。本取り組みの理念からすると、関係学会で完全に否定されていない「単独物質味」は、視野に入れておくことになる。

ここに「皮膚感覚性味」を導入したことが、本分類の大きな特徴である。これにより、辛味の分類上の位置を明確に示すことができた。「皮膚感覚性味」には、感覚の分類にしたがい、「痛覚性味」「温度感覚性味」「触覚性味」の3つの下位カテゴリーを設定している。

③「複数物質味」

「複数物質味」は、前述のように旨味（うま味物質を含む食品が呈する味）を提案したことを契機に、その存在に気付いたカテゴリーである。「複数物質味」の存在は常識的と考えるが、これまでに指摘されたことがない。「複数物質味」とは「口腔内の感覚器に受容された複数物質の感覚情報が脳内で統合されて感じられる知覚としての味」と捉えている。

「複数物質味」は、「混合味」と「統合味」に分類できる。「混合味」は関与する元の味が認識されている味であり、「統合味」は新しい味として認識され、元の味は認識されない。「混合味」には下位カテゴリーは設定できないので、中カテゴリーの「混合味」が同時に小カテゴリーでもある。

「統合味」には、関与すると考えられる、味、香りおよび触感の3つの感覚特性の組み合わせで、「複合味」「香り関与味」「触感関与味」および「三特性関与味」の4つの下位カテゴリーが設定できる。なお、味は全ての「統合味」の下位カテゴリーに関与する。また、「複合味」に関与するのは味だけであるが、それが複数ある。

④「食品一括味」

「食品一括味」も、本取り組みで導入したカテゴリーである。「基本味」とは全く異なる概念のカテゴリーなので、味覚の研究者の視野に入ってこなかった。その空白を埋めるように、言語学者などが関心を示してきた^{2,12-14)}。「食品一括味」とは、「食品が舌に与える感じの全体（または部分）を一括して評価した知覚または認知としての味」と捉えている。

「食品一括味」は、「品目特有味」と「形容表現味」に分類している。この違いはカテゴリー名からだけではわかり難いが、「品目特有味」は品目（食品）が味の特徴（味質）を表現しているのに対し、「形容表現味」は味の上に付く語が、味の特徴を表現している。「品目特有味」では当該品目だけが対象になるのに対し、「形容表現味」では多様な品目が対象になる。

「品目特有味」は品目名と味が連結しているか、格助詞「の」で結合されているかによって、「連結型」と「の」で結合型に区分している。なお、「食品一括味」では小カテゴリー名を味でなく型としている。これは「食品一括味」では、分類の基準が感覚とか受容体あるいは物質のような明確なものではないことを反映させている。

もう一つの「形容表現味」には、小カテゴリーが6つある。カテゴリー数が多いのは、既に多様な用語が普及していることの表れである。6つのカテゴリー名はいずれも国語の文法を反映させたものである。味を形容する語の意味で分類することも考えられるが、実際には困難であった。

2) 味の一覧表

表1の味の一覧表には、2列目に該当する味、3列目に小カテゴリー、4列目に大カテゴリーの欄を設けている。1列目は説明の都合で付けた行番号である。表はなるべく小さくしたいので、中カテゴリーは載せなかった。

表1には、68種類の味を挙げている。これらの味を、19種類ある小カテゴリー毎にまとめてある。小カテゴリーは、図1の分類図のレベル4に相当するので、この表には味が体系的に並んでいる。

①全体像

ここに挙げている味は68種類なので、基本味の5種類に比べると、13.6倍に相当する。色や香りには及ぶべくもないが、味は5種類だけという呪縛からは脱却できている。

小カテゴリー毎にみると、味の数が多いのは、12行目の「連結型」と14行目の「格助詞型」で、それぞれ10種類ある。これに次ぐのが15行目の「熟語型」で8種類である。これらはいずれも「食品一括味」であるが、それ以外では、「基本味」の5種類がいちばん多い。

逆に、小カテゴリーに一つしか名前の味が挙っていない味が3つある。6行目の滑転味¹⁵⁾と9行目のこげ味¹⁶⁾および19行目の深みのある味である。このうち滑転味の「触覚性味」とこげ味の「香り関与味」は、小カテゴリーが先に設定され、それに該当する味を探したケースであった。

②「単独物質味」に該当する味

大カテゴリーの「単独物質味」には、6つの小カテゴリーに分けて、15種類の味を挙げている。

1行目は、「基本味」の甘味、塩味、酸味、苦味、うま味の5つである。本取り組みでは五基本味の呪縛から脱却することを目指したが、「基本味」そのものを否定するわけではない。五基本味だけが味という通説を否定するにすぎない。「基本味」は文字通り基本的な味なので、見付け易いように、いちばん上に配置している。

2行目にはアルカリ味と金属味が、3行目に

はカルシウム味¹⁷⁾と脂肪酸味¹⁸⁾が挙げられている。2行目の2つの味は受容体が確認されていない。現在の味覚生理学の水準を考慮すると、受容体は存在しない可能性が高い。3行目の2つの味は、味質が確認されていない。味質が感じられない感覚を味と呼べるのかという問題もあるが、味でないことを確認するためには、味覚性の受容体が舌に発現している理由を生理学的に説明する必要がある。なお、ここでは脂肪酸味としているが、専門家はたいてい脂味と呼ぶ^{17,19)}。しかしながら、実験で使用しているリガンドは脂肪酸である。これを脂味と呼ぶのは無理があることから、ここでは脂肪酸味と呼んでいる。

4行目の辛味や渋味などは「痛覚性味」に含まれる。すなわち「皮膚感覚性味」であって、「味覚性味」ではない。辛味と「基本味」との関係と明確にすることが当初からの目的の一つであったが、明確に区別できた。この件は後でもう少し詳しく説明する。

5行目の冷味と清涼味および6行目の滑転味も「皮膚感覚性味」の一部である。冷味と清涼味は「温度感覚性味」に、滑転味は「触覚性味」に含まれる。辛味や渋味と比べれば、これらは使用頻度の低い味である。冷味と清涼味には、使用頻度は低いながら確かな使用例があるが、滑転味は稀にしか使用されない。なお、滑転味は脂の触感を意味している。

③「複数物質味」に該当する味

「複数物質味」には、9種類の味しか挙っていない。3つの大カテゴリーの中で味の数がいちばん少ない。しかも、必ずしもそれと認識されていない味も多い。新しく提案したカテゴリーであり、これまでの味の常識では複数の物質が関与する味の存在は想定外だったことが、その背景にあると考えられる。

7行目の甘酸っぱい味と甘辛味は、「混合味」に含まれる。特に甘酸っぱい味の名称は、形容語がそのまま味に付いている点で、「複数物質味」の味名としてはやや異質である。とはいえ、甘酸っぱい味の使用頻度はかなり高い。甘辛味

も味の付かない甘辛の方が一般的であるが、その使用頻度は低くない。念のためであるが、甘辛味の「辛」は塩辛い「辛」である。

8行目の旨味とコク味および11行目の脂味とおいし味の4つは、食べ物のおいしさに大きく貢献しているにもかかわらず、不思議なほど味と呼ばれてこなかった。旨味は味であることが曖昧にされ、コク味はこくと呼ばれ、脂味は基本味とだけ主張され、そしておいし味は、筆者が提案した味であるが²⁰⁾、残念ながら看過されている。とはいえ、旨味は日本人にはよく感じられている味であり、こくは味と呼ばれなくても味の一種と理解されているし、脂味には根強い人気がある。これらの味に元の味とは別の好ましさが付与されている様は、音楽の和音を彷彿とさせる。これらの味の存在が広く認識されるようになれば、食べ物のおいしさにおける味の役割について理解が深まるであろう。

9行目の味としては、こげ味を挙げている。こげ味は理解され易い味であるが、その実体は必ずしも明確でない。「香り関与味」としては、こげ味とともに硫黄味も考えられる。しかしながら、硫黄味は温泉分野で使用される用語で、食品分野での使用は見当たらないことから、採用しなかった。

10行目のとろ味とジューシー味も定着した味名とは言い難い。とろ味はとろみと呼ばれるのが一般的であるし、ジューシー味も単にジューシーといわれる。とはいえ、とろ味の使用例は少なくないし、ジューシーは味を付けなくても味の一種と理解されている。名称に味を付けて味であることを明確にすれば、これらの味を的確に理解するのに役立つ。

ここで指摘しておきたいことがある。味は一種の感覚なので用語がないことは味の感覚がないことを示しているようにも思える。しかし、

実際はそうではない。むしろ逆である。用語がないことは、感覚が認識されない原因になる。これにはわかり易い説明がある。古い時代の日本では、原色の一つである緑にも、これを表現する用語がなかった。そうすると、緑も青と呼んでいた。その名残りが、現在でも信号の緑や木の葉の緑を青と呼ぶことに認められる。

④「食品一括味」に該当する味

「食品一括味」には、44種類の味を挙げている。数は多いがいずれも馴染みのある味ばかりであろう。「食品一括味」も新しく提案したカテゴリーであるが、上の「複数物質味」と違って、多様な味の用語が普及している。食品のおいしさを表現するために、自然発生的に使用されるようになったと推察できる。

「食品一括味」では、具体例の説明に入る前に、少し事前説明が必要である。「食品一括味」では、使用されている用語が味に該当するかを判定する必要があったからである。先行研究はないので、味に該当する要件をこの取り組みで設定する必要があった。そのために策定した要件が表2である。要件は4つあり、1つ目の要件は、「味が下に付く用語である」とした。味が下に付かない味名もあると考えているが、それを含めると判定が難しくなるために、当面の措置として設けたものである。多少の見落としが出ることもより、味の覧表の信頼性を高めることを重視した。2つ目の「食品の味を意味している」と、3つ目の「味の特徴(味質)を表現している」は、味が多義語であるために必要な要件である。実際には同じ用語でも複数の意味で使用されている例が少なくないので、およそ半分以上が該当することを目安に採用した。4つ目の要件はやや複雑であるが、専門用語かあるいは熟語・複合語の場合は該当することとし、そうでない場合は用語が定型的な表現といえることを条件に

表2 味に該当するための要件

1. 味が下に付く用語である。
2. 食品の味を意味している。
3. 味の特徴(味質)を表現している。
4. 専門用語である、あるいは熟語・複合語である、または、定型的な表現といえる。

した。言い換えると、創造的な表現の場合は採用しない。

定型的な表現か創造的な表現かの判断は実際には困難なので、客観的な基準が必要である。その基準の指標として、朝日新聞社が運営する聞蔵Ⅱビジュアル(以下聞蔵)とアイランド(株)が運営するレシピブログの2つのDBを対象としたヒット件数を用いた。ヒット件数が両方とも100以上であることを、定型的な表現であることの判定基準とした。この判定基準は暫定的なもので、この基準を満たさない用語であっても、必ずしも味であることを否定するものではない。採用を留保したにすぎない。

具体例の説明に移ると、12行目には醤油味や味噌味など10種類の味が並んでいる。このうち醤油味は「食品一括味」の中でも代表的な味である。「連結型」に含まれる味は全体に使用頻度が高い反面、その意味は特殊化している。たとえば、醤油味は醤油を添加された食品(たとえばラーメン)の味の特徴を表す。

13行目にはカレーの味や米の味など5種類の味が挙げられている。上の醤油味や味噌味との違いは、品目名と味を「の」で結合していることである。カレーの味はカレー自体の味を意味する。このような味を味の一種と呼ぶならば、品目(食品)の数だけ味があるのかというコメントもいただいているが、定型的な表現といえるかで篩いに掛けている。

14行目にはおふくろの味や本場の味など10種類の味が並んでいる。上のカレーの味と同じように味名の用語としては一般的でない。とはいえ、このような用語が、多数普及していることこそ、注目されるべきである。この「格助詞型」は、生理学的には「基本味」とは最も遠い味と考えている。この味は感覚情報からだけでは認知できなくて、側頭連合野にある記憶との照合を伴うと信じられるからである。なお、「格助詞型」に含まれる味は、味の特徴を表す用法とともに食品(料理)を意味する用法も多い。季節の味などが採用できなかったのは、このためである。

15行目には、風味や滋味など8種類の味を挙げてある。これらは「熟語型」である。3つの漢和辞典で味が下に付く熟語を収集したところ、59もあった。これが8つになったのは、表2の2&3の要件を満たさない熟語が多数あったためである。いちばん使用頻度の高い「熟語型」は風味であるが、風味は味の一種ではないという意見も寄せられている。しかし、風味も感覚の一種だとすると少なくとも味か香りであり、どちらかという味である²¹⁾。風味の風は、風に漂う香りではなく趣を意味する。

16行目には、あっさり味など3種類の味を挙げている。あっさり味は特殊な表現が成り立っている。あっさは副詞であり、名詞を形容するのは一般的でない。それが味名として成り立っている。これらの味は下の3行の味と一緒に探索して見付けたのであるが、特徴的な表現の味が3つもあることに気付かされた。

17行目と18行目は、形容詞と形容動詞の違いだけである。その中で、優しい味は使用頻度の高い形容語を活用している。優しいは日本人が好きな語のためか、いろいろな名詞を形容する。その中には香り、色、音、触感(食感)の感覚語も含まれる。これらの中でヒット件数を比べると、優しい味がいちばん多い。Googleで検索すると、優しい味や懐かしい味の解釈論議が展開されている。おいしかった料理の味を端的に表現するためのニーズからであろう。一方、「形容動詞型」に属するまろやかな味は、優しい味と違って、「まろやか」だけでも味の特徴を表現する。

最後の19行目には深みのある味が一つあるだけで、小カテゴリー名も「その他形容語味」である。文字通り他に含めることができなかった味であるが、複雑な表現の用語の味は除外した事情もあり、範囲を広げて探索すれば、このカテゴリーの味は増えると推察できる。

ここで付け加えておくと、「食品一括味」に含まれる味は、「熟語型」を除くと、ほとんどは20世紀になってから使用されるようになった。確認できた初見で古いのは、米の味(1912

年)と味噌味(1916年)で、多くは20世紀も後半になってからである。

3. 代表的な味の概要

以上の説明は味全体を概説しているので、どうしても具体性に乏しい内容になっている。そこで、これを補完するために、特徴的な6つの味について、味の特徴、味に該当する理由そして当該カテゴリーに分類した理由を中心に説明する。

1) アルカリ味

アルカリ味は、炭酸水素ナトリウム(重曹)が呈する味である。日本人にはあまり馴染みのない味で、まずさを感じるなど説明される。日本人が味を論ずる際、たいていは言及されない。しかし、欧米では味とみなされている。というより、「基本味」とする見解が根強い。たとえば表3のように、国際標準化機構(ISO)の「官能分析一用語」の1992年版²²⁾では、アルカリ味は基本味に含まれている。2008年版(現行版)²³⁾でも、注書きでアルカリ味が基本

味に分類される可能性に言及している。日本のJIS規格²⁵⁾では基本味とされていないので、彼我の見解の違いは明白である。

彼等の主張の弱点は、アルカリ味の受容体が立証されていないことである。現在の味覚生理学の水準からすると、未だに見付からないということは、存在しない可能性が高い。受容体の存在しない味があるのかは当然の疑問であるが、この分野を主導する欧米の研究者が「基本味」に含めようとする意見を尊重して、敢えて「味質確認味」を設定し、そこに含めた。

2) 辛味

辛味は、カプサイシンが呈する味である。広く感じられている味なので、辛味がどのような味かは説明するまでもない。

辛味が味の一種といえるかは、基本味以外に味の存在を認めるかの、最初で最大の関門であった。そこで、改めて辛味を味とみなすべき理由を調べ、その結果を表4に示した。表4には社会的な理由と生理学的な理由に分けて示している。社会的には五味の一つとされるほど

表3 ISO 5492(官能分析一用語)などにみる基本味の捉え方

規格名	基本味とされている味
ISO 5492 (2008年版)	酸味、苦味、塩味、甘味、うま味 注書きで、アルカリ味と金属味
ISO 5492 (1992年版)	酸味、苦味、塩味、甘味、アルカリ味、うま味、金属味
BS 5098*	酸味、苦味、塩味、甘味、アルカリ味、うま味、金属味
JIS Z 8144	定義には記載なし 解説で、酸味、苦味、塩味、甘味、うま味

* 参考文献 24

表4 辛味を味とみなすべき理由

＜社会的理由＞
1. 日本では古くから辛味を味とみなしてきた。五味の一つであった。
2. 日本語では、甘い対義語は辛いである。
3. 多種類の香辛料が豊富に消費されており、人々はその原因物質が辛味成分であることを知っている。
＜生理学的理由＞
4. 辛味は、味の感覚器官とされる、舌で受容されている。
5. 辛味の刺激物質は、甘味と同じように、化学物質である。
6. 糸状乳頭のように、味覚器がなく皮膚感覚器だけが所在する乳頭もある。
7. 辛味には受容体が立証されている例が複数ある。
(カプサイシンは TRPV1、アリリイソチオシアネートは TRPA1)

古くから味とされてきた。生理学的にも、辛味は「基本味」と共通点の多い感覚である。何よりも舌で受容されている。そして辛味の刺激物質は化学物質である。舌で受容される感覚が味覚器によるか痛覚器によるかは、専門家にとっては決定的に重要であるが、一般の人々にとっては必ずしも重要ではない。辛味が味でないというのは、およそ無理がある。辛味が「基本味」とどう違うのかをわかり易く説明することが、専門家の仕事である。

辛味は「基本味」でも「味覚性味」でもないが、「痛覚性味」あるいは「皮膚感覚性味」に分類される味である。

3) 甘酸っぱい味

甘酸っぱい味とは、名称が示す通り、「甘味と酸味がバランス良く感じられる好ましい味」である。元の味である甘味と酸味が感じられているので、混合味になる。

甘酸っぱい味は、果物によく感じられている。果物の品質においては糖酸比が重視されているが²⁶⁾、糖酸比は甘味と酸味の好ましいバランスを表している。言い換えると、甘酸っぱい味には単に甘味と酸味の両方が感じられるだけでなく、味の好ましさが付加されているのである。混合味が独立した味として認められてこなかったのは、たとえば甘酸っぱい味は、甘味と酸味で説明できる味なので、別の味とみなす必要性が認められなかったためであろう。しかし、これは味の分野では常識であっても、感覚分野全

体では通用しない常識である。上でも説明したことであるが、色の分野では、青緑も青や緑とは別の色として認められている。

甘酸っぱい味は、味名の用語としては冗長で、甘酸味とか甘酸っぱ味の方が相応しい。独立した味であると認識されるようになると、実際にそうなるか関心を持っている。

4) 旨味

ここでいう旨味は、出汁などうま味物質を含む食品が呈する味である。一般に旨味は旨みと区別なく使用されているが、その意味ではなく、特別な意味付けをしている。

表5に示したように、一般の人々はうま味物質の味もうま味物質を含む食品の味も、どちらもうま味と理解している。これに対し、味覚の研究者はうま味物質(グルタミン酸ソーダなど)が呈する味がうま味だという。学術的にはこれが定説であるが、味に関心の強い食品の専門家が指摘するように、この味は旨い味ではない。では出汁や醤油のようなうま味物質を含む食品が呈する旨い味を味覚の研究者がどう呼んでいるかという、味の名称では呼ばない。「うま味物質が添加されることで、食べ物がおいしくなる」²⁷⁾などと説明する。この説明は不自然で、出汁や醤油には疑いなく旨い味がある。そこで、上述のように、うま味物質を含む食品の味を旨味と呼ぶことを提案した。本来はうま味と呼ぶのが妥当であるが、味覚分野の定説を無視することはできないので、次善の選択として旨味を

表5 関係者により異なるうま味の理解

味覚物質	関係者	味覚物質の味	味覚物質を含む食品の味
うま味物質	一般の人々	うま味	うま味
同上	味覚の研究者	うま味	(おいしさ) * ¹
同上	食品の専門家 A * ²	うま味	うま味
同上	食品の専門家 B * ³	特異な味 * ⁴	うま味
同上	筆者の提案	うま味	旨味
甘味物質	全員	甘味	甘味

*¹ 味覚の研究者は味の名称では呼ばない。

*² 味への関心が弱い一般的な食品の専門家

*³ 味への関心が強い食品の専門家

*⁴ 食品添加物公定書における記述の例である。

採用したのである。なお、海外でも umami は、ここでいう旨味と理解されている。

この旨味は、うま味と塩味および各種アミノ酸の味が関与して、元の味とは別の味として感じられている。したがって、旨味は「複合味」であり、「統合味」である。

5) 醤油味

醤油味とは、他の食品（ラーメンなど）の味を特徴づける味である。醤油そのものの味を意味するのは醤油の味なので、醤油味と醤油の味は異なる味である。醤油味は、意味が特殊化した用語といえる。

醤油味が存在するとすれば、これが食品（醤油）を一括して評価した味であることは明らかである。逆にいうと、醤油味が味に該当しないならば、「食品一括味」という味の Kategorii の存在も疑わしくなる。「食品一括味」に含めた 44 種類の味の中で、醤油味は味の一種である蓋然性が最も高いからである。「食品一括味」の存在を確認するためにも、醤油味が味とみなせることを改めて確認することとした。

表 6 に醤油味を味とみなす理由を挙げた。辛味の場合と違って、社会的理由ばかりであるが、醤油味は複合語といえること、類語辞典では味の類語とされているなど、醤油味が味を表す用語として定着していることは明らかである。

醤油味は小カテゴリーとして「連結型」に分類しているが、ここには 10 種類の味が並んでいる。それぞれに馴染みのある味ばかりであるが、そのヒット件数を比較したところ（表 7）、醤油味、味噌味、カレー味およびトマト味が、2つの DB で上位 4 位までを占めていた。これら 4 つが、「連結型」の主要な味といえる。

6) あっさり味

あっさり味を説明することは難しい。敢えて定義を試みると、無難には「舌への感覚刺激をあっさりと表現できる料理の好ましい味」くらいであろう。これでは、定義したことにならないので「具体的には、案外淡泊で後に残らない感じの味」などと補足する必要がある。

国立国語研究所が運営するコーパス検索アプリケーション「中納言」によれば、あっさり味

表 6 醤油味を味とみなす理由

1. 味が下に付く複合語である。
2. 味噌味とともに、各種類語辞典で味の類語とされている。
3. 醤油味は、食品の味を意味している。
4. 醤油味は、味の特徴を表現している。
5. 色分野にも同様の表現が多い（茶色や桃色）。
6. 醤油味と醤油の味には明確な違いがあり、醤油味の意味は特殊化している。

表 7 「連結型」に含まれる味のヒット件数

	聞蔵	ヒット件数	レシピブログ	ヒット件数
1	しょうゆ味	1,250	カレー味	4,010
2	みそ味	675	醤油味 *	3,504
3	カレー味	405	味噌味	2,353
4	トマト味	156	トマト味	1,368
5	イチゴ味	140	ソース味	957
6	ソース味	133	ケチャップ味	674
7	ミルク味	113	コンソメ味	528
8	コーヒー味	107	抹茶味	514
9	チーズ味	104	梅味	496
10	チョコレート味	103	チーズ味	468

* 醤油味は、NOT 醤油味噌を付したヒット件数

2016 年 9 月検索

表8 「オノマトベ型」に相当する用語でのヒット件数

用語	聞蔵	レシピブログ
あっさり味	403	711
さっぱり味	192	1,136
しっかり味	166	5,076
こってり味	53	291
すっきり味	45	59
ピリッと味	6	70
まったり味	1	11

2016年10月検索

だけが語彙素となっていて、さっぱり味やしっかり味は語彙素になっていない。3つの味の中で、あっさり味が最も定着していることの反映であろう。

「あっさり」はオノマトベなので、「オノマトベ型」に含まれる。オノマトベは、食品分野においては味よりもテクスチャーを表現するのに広く使用されている。オノマトベには多様な表現が知られているが、ここに挙げた3つの用語は、大辞林のオノマトベの分類によると、擬声語・擬態語の一回語形14番「AっBり型」に該当する。

表8に「オノマトベ型」に該当する用語のヒット件数を示した。こってり味やすっきり味のような馴染みのある用語でも、定型的な表現として設定した判定基準を満たさなかった。この事実は、少なくとも「オノマトベ型」に関しては、設定した判定基準を検討する余地のあることを示している。

4. 味の一覧表を作成したことの意義

味の覧表を作成したことの意義として最初に挙げたいのは、新しい味の提案を支援するツールとしての機能を持っていることである。これまでは、食品の専門家が新しい味の存在に気付いても、それを提案するには学術的に高度なエビデンスを求められ、挑戦するには障壁が高すぎた。ここに新しい視点での味を具体的に示したので、障壁がかなり低くなったと信じている。特に「複数物質味」の部分で新しい味が提案されることを期待したい。たとえば官能評

価用語には、候補となる味が少なからず存在すると推量している。たくさんの味が存在する「食品一括味」も、「熟語型」を除くと、その多くは20世紀後半に登場したものである。

次に、関心を持つようになった味が、どのような種類の味かを参照できる資料となっている。これは本表にかぎらず覧表の一般的な活用方法であるが、紹介した味の覧表には体系的に分類されたカテゴリーが付随しているので、味の種類についての知見も得られる。該当する小カテゴリーが見当たらない場合は、むしろ幸いである。新しいタイプの味であるの可能性がある。その場合は、新しいカテゴリーを提案して、この覧表を修正・改良して活用できる。

三つ目のそして最後は、食品のおいしさを味の用語を使って表現するツールになることである。これは本取り組みを始めた時からの期待でもあった。食品の専門家が味の研究をする最大の目的は、食品のおいしさとの係わりであろう。にもかかわらず、近年はこの視点が弱くなっていた。味の覧表には68種類の味が並んでいる。これだけの味を活用すれば、食品のおいしさのかなりの部分を表現できる。五基本味だけで表現することとの差は大きい。

おわりに

味覚は、事象の把握がいちばん曖昧な感覚とされている。にもかかわらず、科学者としては質の高い論文をたくさん書きたいので、味覚の研究者の関心は、それが可能な狭い範囲の味に集中してしまう。一方、一般の人々は人生の楽しみとして、広い範囲の味に関心がある。「学術用語としての味」と「日常用語としての味」に乖離が大きい理由は、この辺にあると考えている。

ここで提案した味の覧表は、食品分野の関係者が活用するに足る十分な水準に達していると信じている。その一方で、精査すべき課題が少なからず残された。この覧表を初版とみなして、より信頼性が高いものにしていきたい。お気づきの点があれば、気軽にご指摘ください。

参考文献

1. 川端晶子・淵上匠子：おいしさの表現辞典，東京堂出版，2006.
2. 瀬戸賢一：味ことばを調理する，ことばは味を超える．瀬戸賢一（編著），海鳴社，pp.27-61, 2003.
3. 小侯靖：“美味しさ”と味覚の科学．日本工業新聞社，pp.101-123, 1986.
4. 柳本正勝：和食の味・“うま味”の用語に関する考察．フードシステム研究，**23**(3): 283-288, 2016.
5. JIS Z 8102: 2001：物体色の色名，p.2, pp.20-25.
6. 日本色彩学会（編）：色彩科学ハンドブック．東京大学出版会，pp.262-265, 2011.
7. 新村芳人：嗅覚受容体遺伝子ファミリー．化学受容体の科学，東原和成（編），化学同人，pp.25-40, 2012.
8. 小林彰夫：匂いの科学，香料の事典．荒井綜一・小林彰夫ら（編），朝倉書店，pp.3-14, 2000.
9. 柳本正勝：食品の専門家にとっての味のカテゴリー ―統合味の提案―．食品と容器，**57**(11): 702-706, 2016.
10. 柳本正勝：醤油味や風味など狭義の「日常用語としての味」とその分類．食品と容器，**58**(12): 760-764, 2017.
11. 柳本正勝：辛味やアルカリ味なども含めて味を分類する試み．日本味と匂学会誌，**24**(3): 印刷中，2017.
12. 楠見孝：心で味わう，味ことばの世界．瀬戸賢一・山本隆ら（著），海鳴社，pp.88-122, 2005.
13. 山口仲美：味と味覚を表す語彙と表現．日本語学，**19**(6): 30-35, 2000.
14. 渡邊毅彦：おいしさを表現する言葉に関する研究．*New Food Industry*，**42**(10): 43-49, 2000.
15. 寺元芳子：調理における油脂の役割 改訂版油脂．松尾登・長谷川恭子（編），女子栄養大出版部，p.174, 1989.
16. 山口優一：日本茶の品質評価の現状と展望．野菜茶業研究所集報，No.3, pp.129-134, 2006.
17. San Gabriel A, Ueyama H, Maekawa T and Torii K: The calcium-sensing receptor in taste tissue, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **378**, 414-418, 2009.
18. Galindo MM, Voigt N, Stein J, van Lengerich J, Raguse JD, Hofmann T, Meyerhof M and Behrens M: G protein-coupled receptors in human fat taste perception, *Chemical Senses*, **37**, 123-139, 2012.
19. 香川靖雄：高脂肪食による肥満を防ぐ時間栄養学．栄養と調理，**82**(3): 112-115, 2016.
20. 柳本正勝：ご飯における各基本味の好ましさ．精米工業，**276**, 8-12, 2016.
21. 柳本正勝：風味の研究 ―和食を考察する視点で―．フードシステム研究，**24**(3): 印刷中，2017.
22. M-ISO 5492: 1992: Sensory analysis -Vocabulary, p.7.
23. M-ISO 5492: 2008: Sensory analysis -Vocabulary, p.228.
24. British Standard M/BS 5098: 1992: Terms relating to sensory analysis, p.7.
25. JIS Z 8144: 2004: 官能評価分析一用語，p.3, p.15.
26. 伊藤三郎：果実の食品特性 果実の機能と科学．伊藤三郎（編著），朝倉書店，pp.48-67, 2011.
27. 西村敏英・江草愛：うま味物質による口中香の感覚強度の増強作用．日本味と匂学会誌，**22**(2): 157-164, 2015.

中国舟山群島新区における 漁撈の変容とその影響

— 漁民の語りから見えるソーシャル・サファリング —

三好 恵真子 (MIYOSHI Emako)¹ 胡 毓瑜 (HU Yuyu)¹

¹ 大阪大学大学院 人間科学研究科環境行動学

Key Words：漁民 漁業資源 海洋汚染 コモンズ 社会的苦悩

はじめに：本研究の視角

社会的な苦しみ (Social Suffering) は、政治的・経済的・制度的な力が人びとに加えられることによって、また、それらの力が人びとの社会的問題の取り組み方に影響を及ぼすことによって、生み出されるものである¹⁾。たとえば、貧困問題など、社会的につくられる苦しみをグローバルな事象で捉える際、統計上の網にかからない実相は、容易に捨象されかねない。しかしながら、苦しみと貧困との関係は、単なる統計上の問題ではなく、グローバルなポリティカル・エコノミーにおける因果関係の網の一つであるとすれば、こうした可視化されない実相をいかに掘り起こすか、そのための質的側面へのアプローチがいままさに求められていることを指摘したい。

そこで、我々が本稿で焦点を当てたいのが、中国における「漁民」とその営みの変容についてである。中国の漁業は、1970年代末の改革開放政策によって、飛躍的な発展をみるが、特に1980年代末からの増加が著しく、1988年以降、現在まで一貫して世界第1位の座を占め続けている。ただし、その8割弱を占め、大きな柱となっているのが養殖業であり、漁獲生産量の割合は2割弱に留まっている。さらにその内訳をみると、FAOの統計上「その他の水産物」に分類される魚種の生産量が4割、「種類が特

定されていない海産魚類」の生産量が2割を占め、従来主力であった漁業対象種の漁獲が、すでに限界に達しつつあることは明白である。したがって、漁獲生産量に注視するならば、中国では2000年以降から頭打ちないし漸減しており、その原因は、1990年後半から漁業政策が大きく転換してきたことに起因すると考えられる。すなわち、中国政府は、資源悪化に対して夏期休漁制度を実施しており (1995年)、さらには漁獲量ゼロ成長宣言 (1999年) に基づく漁業管理の強化や減船計画に踏み出しており、これら一連の政策目標は、2000年の漁業法改正に集約されている。同時に、国連海洋法条約の批准 (1996年)、排他的経済水域および大陸棚法制定 (1998年) と並び、日本や韓国などの近隣諸国と漁業協定を締結したことも影響しており、中国の漁場・漁業は縮小に向かっているのである。

他方、中国では、長い海岸線と広い沿岸海域による自然環境と漁業資源の複雑性により、漁具漁法の多様性が形成されてきた。そして漁獲量の増産に貢献したのが動力漁船の増加と漁船の大型化・高馬力化であり、またそれによって漁場は外延的に拡大したため、上述のように周辺諸国との漁業トラブルが多発して、それが漁業協定の締結あるいは改訂の要因につながったといえる。海面漁獲量の「ゼロ成長」を打ち出

してからは、漁業生産構成調整と生産形態改善を柱とする漁業資源保護・増殖などを中心にした「資源管理型漁業」への取り組みが施行されている²⁾。しかしながら、漁業を行う上で必要な漁業許可、漁船登録及び漁船検査を受けずに操業する非合法的な漁船が多数存在していると言われ、本研究で対象となる浙江省海洋・漁業局では、こうした各種違法操業を厳しく管理・調査していくとしている。

このように2000年前後を境に新たな転換期を迎えた中国では、これまでの漁業生産力の増強から新海洋秩序に基づく持続的な漁業体制へと移行してきたものの、実情では様々な課題が山積していると予測される。一般的に漁業資源の減少の原因として、「海洋汚染」と並んで「乱獲」の問題が挙げられ、海洋生物資源には国境がなく、乱獲は再生産を停滞させ、「コモンズの悲劇」を生み出すことが指摘されている。しかしながら、漁民や漁撈の変容を顧みずに、単に乱獲を漁獲量だけを追求した偏重思想として捉えることは、根源的な問題を隠蔽することになりかねない。すなわち、漁業資源の減少や各種政策・制度の影響を最も強く受け、脅威にさらされるのが漁民自身であり、近海の漁業資源が減少すると、必然的に遠洋での漁獲を余儀なくされ、さらに未知な海域となる遠洋での漁獲は、漁船の大型化、設備の更新が必要になり、リスクとコストが発生することが予測されるからである。また費用対効果に見合う漁獲高を維持するために、より一層漁獲活動に専念することとなり、漁業資源は益々減少するという負のスパイラルを生み出すことも考えられる。他方で、長期間遠洋漁業をすることで漁民や漁民の

家族の生活は変容し、精神的側面でも影響がでていることが推察される。つまり、漁民の漁獲活動と漁業資源の変化は相互に因果関係があり、この関係性の課題をうまく打破できないと悪循環に陥るばかりである。

ただし中国の漁業を扱った従来の研究は、主として政府や管理者の立場から政策・制度の合理性を検討するものに傾倒している。例えば、桑³⁾、方⁴⁾、陈⁵⁾等は、まだ中国で着手されていない漁獲限度制度、あるいは海外で実行されているTAC^{*1}: Total Allowable Catch, ITQ^{*2}: Individual Transferable Quota 制度の導入を検討している^{*3}。また、卢⁶⁾、张と陈⁷⁾等は政府の立場から漁業資源を保護するために強化すべきことを議論している。しかしながら、実際に制度の受益者であるべき漁民が、こうした制度をどのように捉え、また生業の中で受け止めているかなど、具体的な調査や記述は見あたらない。

そこで本研究では、中国最大の海産品の生産・加工・販売拠点であり、日本との関連も深い舟山群島新区海域を対象地域と定めた。そして舟山で生業を営む漁民やその家族を取り巻く生活環境の変化を具体化しつつ、漁民やその家族の置かれた精神的側面にも配慮しながら、中国における現状での根源的課題を明らかにすることを目的とする。中国における1988年までの漁業は、自然から捕獲漁業を種とする集団漁業^{*4}が続けられており、漁獲船は小型で種類も多様であった⁸⁾。90年代以降に漁獲方式は進化したものの、種々の魚を一手に捕獲する方法が変わってしまったことが本調査でも明らかとなってきた。

本研究では、「人間の安全保障」に立脚し、

*1: 対象とする資源(魚種)に対して、漁獲することができる上限の数量を定め、漁獲量がその数量を上回らないように管理することにより、その資源を保存、管理しようとするものである。

*2: 漁獲可能量を漁業者又は漁船ごとに割り当て、割当量を超える漁獲を禁止することによる漁獲可能量の管理方法は個別割当(IQ: Individual Quota)方式である。また、IQ方式には、漁業者又は漁船ごとの割当量に譲渡性を付与し、当該割当量を他の漁業者に自由に譲渡又は貸付けができるようにした譲渡性個別割当(ITQ)方式がある。

*3: 韩战涛、刘树金等は中国の漁獲限度制度はTAC制度であると考えているが、方芳等は制度の理念から見ると、中国の漁獲限度制度がITQ制度と似ていると考察している。

*4: 集団漁業は1958年から1994までに存在した生産形式であるが、1984年から個人の生産活動をはじめ、1990年から主要な生産方式となった。よって、本稿では示す集団漁業時代は、集団漁業が主要な生産方式の時代、つまり1958年から1990年までの時期を指している。

人間の生存のあり方や複雑な社会動向を把握するための現地に精通した参与的調査を重視しつつ、当事者性に配慮しながら、漁民の語りから見えてくる構造的課題やソーシャル・サファリングを具現化していきたい。なお本稿では、特に質的調査^{*5}の結果を中心に提示し、既報⁹⁾の成果も踏まえながら考察を深めていくこととする。

1. 舟山における漁業資源・環境の変容

1-1. 舟山群島の特徴と漁業資源の変容

舟山は中国東部に位置し、初めての群島で構成される地級市であり、人口は100万人である。舟山群島は中国最大の群島として、大小1390の島から成り、総数では中国全土にある島全体の25.7%を占め、長江の河口と杭州の海口にも位置し、陸域から豊富な栄養塩が供給される東シナ海は、年間を通じて基礎生産力が高く、世界でも有数の海洋漁場となり⁸⁾、漁獲量は全国の半分以上である。特に、東シナ海にある舟山漁場は、中国一の規模を誇る漁場として知られている。主要な水産品は大賞魚（フウセイ）、小黄魚（キグチ）、帯魚（太刀魚）、媚魚（マナガツオ）、海鰻（ハモ）、烏賊（イカ）、馬鮫魚（サバ）、渡り蟹等があり、その水産品は舟山群

島の漁民の特有の海鮮料理方法で処理されている。中でも沈家門漁港は舟山漁場の中心であり、ノルウェーのベルゲン港、ペルーのカヤオ港と並ぶ世界三大漁港の一つに数えられ、全国最大の海水製品の生産・加工・販売拠点となっている¹⁰⁾。このように天然漁場と水深の深い港を利用するという好条件により、漁業は舟山の主幹産業となった。2013年における舟山の漁業人口は206437人、漁業労働力は103565人、このうち漁獲漁業の専従者は50309人である^{*6}。

統計データから判断すると、舟山漁場の生産量は、客観的には多い水準として見受けられる（図1）。しかしながら、海洋経済が発展するにつれ、舟山漁場の漁業資源は、量・質ともに、著しく低下してきている。すなわち70年代から漁業資源が減少しはじめ、80年代からフウセイ・キングチ・イカ・クラゲは漁期を形成することができなくなっており、資源が最も多いタチウオは、量・質ともに低下する傾向を見せている。90年代には、ついにフウセイとマン氏イカが絶滅し、タチウオ、キングチも漁期を失ってしまった¹¹⁾。

1-2. 舟山海域の水質汚染の現状

現在の舟山海域の水質は、ほとんどの魚類が

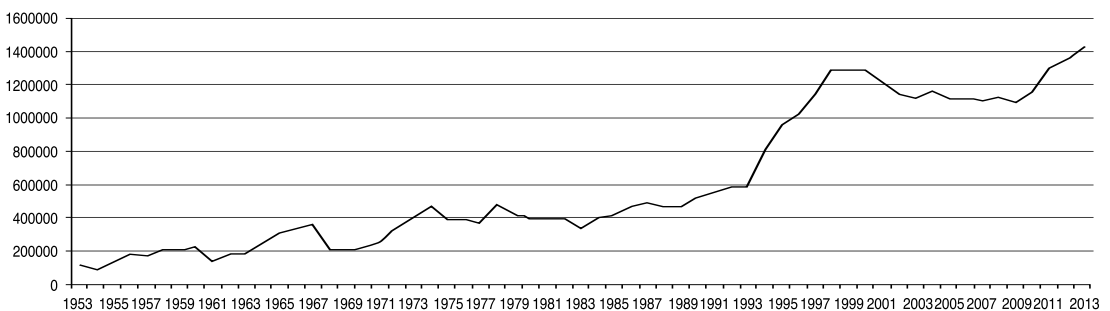


図1 舟山の漁獲海水製品産量推移
（出典：舟山市統計年鑑2014のデータによって筆者作成）

^{*5}: 2013年12月から2014年1月にかけて、まず漁民の人数・漁船数などの基本情報を得るとともに、漁民に対するアンケート調査を実施した。引き続き2015年3月および9月には、参与観察並びに漁民や漁業関係者、また漁村の村長・書記へのインタビューなどへの質的調査を加えることにより、漁民の漁業資源・生態や漁業資源管理制度に対する認識・意見を具体的に把握した。

^{*6}: 舟山市統計年鑑2014

養殖できず、健康被害の可能性も高いとされる劣四類の割合が高くなっている^{*7} (図2)。主要な汚染物質の種類について調査すると、無機窒素の濃度が異常に高く、年間の平均値は標準値の2倍に達していることが明らかとなった。特に河口域および河口域に隣接する東シナ海の海域の濃度は、標準値の10倍、20倍以上を示す場所も存在し、これらが富栄養化の温床となり、舟山海域では赤潮が多発している。

このような東シナ海の汚染の主要な原因は、上述した豊かな漁場へと導く要因の一つとされる「長江と銭塘江の流入」(図3)にあると考えられている¹²⁾。過去30年間、長江流域および沿岸地域における人間の活動や人口の増加によって、東シナ海の環境はその影響を大きく受けている。長江の場合、年間150億トン、中国全体の総量の42%の汚水を排出している。内訳は工業排水が114.2億トン、生活排水が38億トンで、これらが中国全体の排水量に占める割合はそれぞれ45%および35.7%であった。陸上汚染源から生じる汚染物質が海に流れ込んだ結果、沿岸地域および海洋のエコシステムにとって最大の脅威となっており、さらに植物プ

ラクトンの成長が阻害され、魚介類が死滅してしまう。また富栄養化を拡大させ、赤潮が頻発し、漁獲高は減少して生態系の秩序に不可逆的な変化をもたらす一方、沿岸地域の住民の健康状態をもむしばんでいる。

2. 漁民の語りから見える漁撈の変容とその影響

2-1. 漁業資源変容への懸念

1-1では、漁業資源の変容を、主として資料や統計データを用いて考察してきたが、ここでは、漁業の変容を自身の生業の中で体得してきた漁民の語りからその関係性を分析してみた。年老いた漁民は、集団漁業時代の漁獲の盛況を懐古する一方で、漁業資源の減少に対して遺憾の気持ちを覚えつつも、その要因に関しては冷静に捉えていることも明らかとなった。さらに、現在舟山漁業の海産製品に異変が起こっていることも読み取れる。

「昔は、フウセイは毎年3月に、舟山漁場に来ていた。とても多く、海面に浮かび、大きい音がしていた。だから、探す必要もなかったし、取るのも簡単だった」

「現在、珍味と見なしている魚は、昔は皆全く食べなかった。肥料が必要な時に、港湾で沢山拾うことができた。あの頃は、魚が多すぎて、水産会社は雑魚が要らないので、漁民は獲っても分類する時に普通に捨てていた。蟹もよく捨てた。」

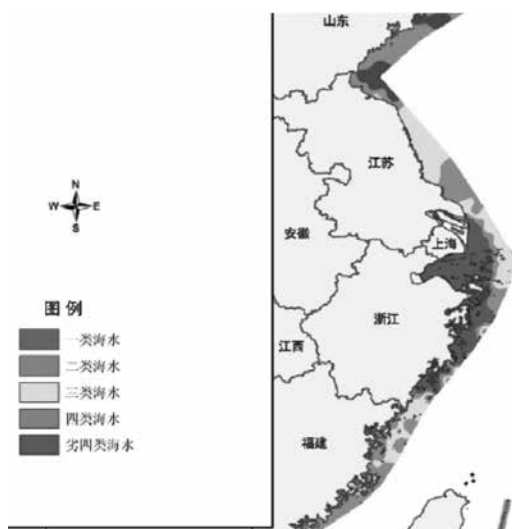


図2 中国近海海水水質分布
(出典：2014年中国近海海域環境質量公報)

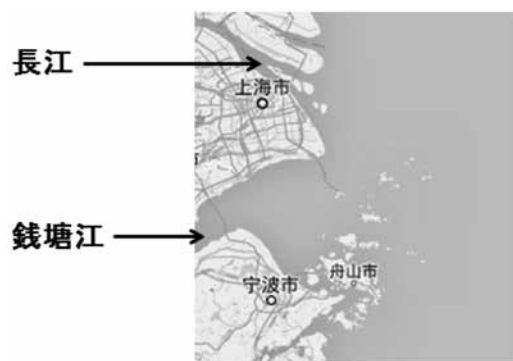


図3 長江と銭塘江の流入

*7：中国近海海域環境質量公報，2013年

「私が小さい時は、様々な魚がいたが、30歳頃（1977年頃）から少なくなった。最初はイカで、次はキグチ、キグチの後はフウセイだ。フウセイは群れをなし、舟山漁場に産卵にくる。昔我々は舟山で獲っていたが、漁群探知機が使用されるようになってから、正月から二月の途中で未産卵のフウセイを大量に獲るようになり、その後フウセイはすぐ獲れなくなった。90年代から少なくなって、21世紀にはいなくなってしまったが、これは釣りのせいではなく、流し網のせいだ。」

「近年、タチウオも買えなくなってしまった。レストランの知り合いから聞いたのは、現在売っている舟山のタチウオは実は偽物で、ベトナム産のものだそうだ。」

2-2. 漁獲方式の変化

舟山でも90年代まで集団漁業を行っていたが、その様子は、以下の語りからも垣間見ることができる。

「すべての漁民にとって、捕った魚は全て集団のものであり、公社のような方式で、労働も分配された。一つの船で、だれがリーダーでだれが櫓を漕ぐか決めるのは大隊の書記だ。給料は『予支』と呼ばれ、産量と関係なく、職務によって少し違う。大部分の魚を大隊に与えた後、一部分を手元に残すことができるが、この魚は売ることができず、家族で食べることでしかない。自分のために漁獲することは禁じられた。」

当時は、主に「揺櫓」（図4）と「双拖」（図5）という漁獲方式であったことが分かるが、さらに季節によって漁獲対象や漁獲方式が異なることも見えてきた。

「揺櫓」は3人で人の力で動く、とてもシンプルな漁獲方式で、漁獲対象はイカである。「双拖」は二隻の漁船が必要である。一隻は「围船」、8人が乗船し、魚を取り巻くために走る。もう一隻は「網船」（図6）、24



図4 揺櫓（2015年2月筆者撮影）



図5 双拖（2015年2月博物館にて筆者撮影）



図6 網船（2015年2月博物館にて筆者撮影）

人が乗船し、網を引くことを担当し、二隻の漁船が協力し、漁獲した。「双拖」の場合、漁獲対象はフウセイ、タチウオ等の魚類である。」

「立夏から5の月末まではイカ、正月、二月はキグチ、三月、四月はフウセイ、秋の時はタチウオだ。」

しかしながら、現在の漁獲方式は、集団漁業時代と比較すると、著しく変化してきており、特に漁獲方式の進化が、魚の数や種類にも影響を与えていることが読み取れる。また漁民は自らの目的で漁獲を始め、漁船も次第に大型化し



図7 現在嵎山の大型漁船（2015年2月筆者撮影）

（図7），より先端的な設備も配分されるようになったにも関わらず，漁獲活動は単調化するもののそれ自体は楽にはなっていないことが明らかとなってきた。

「定置網は，伝統的な定置網から「帆張網」と呼ばれる方式になった。帆張網のあだ名は『レーダー網』とよばれ，先端の漁獲方式であり，この網口の方角は海流によって変わる。つまり，一日中どんな方向からの魚も，どんな種類の魚も全部取ることが出来る。この方式を使うようになってから，魚は急に減少していることを実感している。」

「我々の『拖虾』の場合，電気バルスを使う。金属管の中に蓄電池と電極線がある。確かに，このような装置を使うと，稚魚が死んでしまうことがあるが，それでも使わないと魚が取れない。」

「設備が先端化していて，いろいろなことは機器でできるようになり，現在我々の仕事は魚類を分けることだけになった。一回網を引いたら，魚を分類するために4時間は必要で，休みの時間はほとんどない。あるいは，睡眠以外，常に魚を分類している。」

2-3. 漁民の生活の実情と生活様式の変容

漁業資源の減少により漁民はどんな影響を受けているのか，また現在の生活はどのような状況であるかについて，フィールド調査した嵎山島を事例として概説する。

嵎山島の大部分が山で覆われており，その山間にある一つの通りが整備・開発されたため，その周辺には，ホテル・スーパー・病院・政府機構・様々な店と施設等が建設されている。さらに現在は観光業が発展し，ホテルやレストランも増加しており，街は外観上洗練されてきたように見える。しかし，漁民の住居について，かつては通りに隣接していたが，山の開発によって山麓から山の中腹まで，より高いところに住宅が建てられるようになり，上下水道等の設備面でも不十分さが残っている。

交通については，2010年頃に隣の枸杞島との間に橋ができたので，車を買って移動する人も徐々に増えたものの，舟山本島との渡し船は一日にたった一回であり，しかも5時間以上かかるので，総じて不便といえる。こうした交通面での影響により，嵎山の物価は高く（基本生活品の値段が特に高い），また環海性ゆえの当地の習慣，生活様式が長い間保持されてきたといえる。よって基本的な生活で生じる消費以外には，消費への意欲もあまり高まらないと推察される。

漁民の主な仕事は漁獲であるが，集団漁業時代には，漁獲だけではなく加工の業務も存在した。そして，加工の方は主として女性が担当しており，男女共に漁業関連の仕事に携わっていることが分かった。当時，一部の魚類を生産隊が直接領収し，またイカとクラゲ，ほとんど加工済みの魚類は生産隊に引き渡されていた。しかし現在では生産隊は倒産し，すべての魚類を直接水産会社に販売しているため，加工を担当する女性の仕事は消滅してしまった。したがって，漁業人口の内，実際には労働者の割合が低く，現在女性は基本的に漁業の仕事に関わっておらず，女性は家事に専念し，また魚網の修繕等を行い，生活を支えるのが一般的となっている。また，地理的条件の制約から，嵎山島では漁業以外の産業は，観光業のみであるが，これも漁業により強い影響を受けるうえ，季節によっては休業を余儀なくされることが少なく

い。一方、生産隊の代わりに出現した水産会社^{*8}で働く漁業関係者が増加している。よって、当地において漁業中心の発展方向性には変わりはないものの、漁業における業種に変化が出てきていることが明らかとなった。

2-4. 漁民の生活保障皆無の実態

現在舟山の漁民にとって、生活保障はほぼない^{*9}と言っても過言ではない。特に年老いた漁民の場合、社会保険がかけられない状態にあり、現状に対して深刻な不平不満が聞かれた。

「私は60歳の時に(社会保険を)買いたいが、買えなかった。漁獲をやっていない人、彼らならば買えるだろう。だから、漁民は保険が買えず、保障もない。私のような漁民は、現在1月125元だけである。昔は漁獲できない人に様々な職業が分配されていたにも関わらず、現在ではその人たち全員が保険金を貰っている。」

「男性は65歳から、女性は55歳から、保険金がもらえる。そのため15年間以上の支払いが必要だ。だから、年上の人は買えない。以前は45歳から毎月100元を払って、60歳からお金をもらう。漁民の年齢制限があり、一回払いは駄目、そうやりたい人がいるが、省の規定がない。」

一方、若い漁民にとっては、保険を買いたくない場合が多いことが分かってきた。また若い漁民たちの試算では(思い込みであったとしても)、保険を買うと逆に損をすると考えているようである。

「社会保険に参加していない。若いのに、参加する必要がない。得ではない。私は計算したことがあるし、他人もそう思っている。」
「社会保険は65歳からもらえる。例えば80歳まで生き残る場合、ただ払ったお金を戻すだけだ、意味は全くない。これは計算ミス

であり、最初の予想は平均年齢70歳だが、実際は76歳だ。この6年のお金は全部、我々世代のその後の参加者が負担することになるであろう。」

このように、計画経済の時代には、職業選択の自由がなく、漁業中心の町である舟山でも、体力・能力がある人が優先的に漁獲を割り当てられ、それ以外は別の仕事に従事させられた。しかしながら、現在に至ると、他の仕事を続ける人は生活保障の恩恵を受ける一方で、最も過酷な労働を何十年も続けてきた漁民には、漁業資源の減少も伴い、日常のリスクは増えつつあるという懸念が見えてきた。

3. 現行の漁業資源管理制度の課題

上述した海洋資源の厳しい状況に対して、中国の研究者並びに政府の関連部門は、様々な対策を講じてきた。中でも最も具体性と実行力を有し、広く重視されているのが「漁業資源管理制度」である。既報⁹⁾でも述べているように、中国における漁業管理に関する制度を整理すると、政府が漁業資源を管理する①「休漁制度」、②「漁獲限度制度」、③「漁業資源増殖制度」並びに漁民を管理する④「漁獲許可証制度」、⑤「漁獲強度管理制度」、が存在する³⁾。

まず資源管理の立場から、①の「休漁制度」の中に、禁漁区、禁漁期、保護区という概念が明示されている。舟山漁場の場合は、休漁期が管理されており、また漁獲対象あるいは漁獲方式によって、様々な禁漁区、禁漁期を設定している。さらに、タチウオなど9種の経済魚類を中心として、合計40種以上の漁業資源を保護するために、2008年に2.2万平方キロメートルの東海タチウオ国家級水産種質資源保護区を設立している。また②の「漁獲限度制度」は、ある海域の総漁獲量を計算し、それ以上の漁獲を禁止する制度であり、先端制度として2000年

*8: 集団漁業時代、水産会社は国有会社であったが、現在民間企業が増えており、その業務の内容は主に海水製品の売買、加工である。

*9: 市民は社会保険がある一方で、農民が土地を持っている。

に漁業法の中に導入された。伝統的な漁業制度とは異なり、投入ではなく産出をコントロールしている。ただし、漁業法に明文化されているにもかかわらず、舟山を含め、全国においてまだ実行されていないという⁴⁾。他方、③の「漁業資源増殖制度」とは、孵化したばかりの仔魚から水槽内で育てた魚介類の稚魚を天然に放流することで、資源を直接的に増やす方法である。中国の場合、この実行は、まず漁民が漁業資源費を払い、政府がこの資金により孵化したばかりの魚を購入して養殖し、放出するプロセスを経る。

次に管理・監督するために漁民に対して漁獲の前に④の「漁獲許可証制度」の申請をさせ、漁船の登録書や検査証明書なども必要となった。⑤の「漁獲強度管理制度」は、漁船の数量と出力をコントロール、漁具の網目の大きさを管理することであり、中でも特に重要な漁船の数量と出力のコントロールは「双控制度」と呼ばれる。双方の制度により、近年舟山の漁民の人数と漁船数が徐々に減っているが、漁船の総

出力（エンジンの出力）は増えている。

本研究では、具体的な漁労の実情を把握するために、現行制度・生態状況に対する漁民並びに漁業関係者・役人の認識を調査し、以下の結果をまとめていく。

3-1. 現行制度・生態状況に対する漁民の認識

既報⁹⁾で報告しているように、先行研究¹³⁾などを参照しながら、漁民に対する質問紙調査を行った。質問項目は「基本情報」、「政策・制度に関する質問」、「漁業資源と生態に関する質問」及び「情報に関する質問」という4つの大項目より成り、全部で45の問いで構成されている^{*10}。これらを分析した結果、概して以下の3つの課題が明らかとなった。

①漁民の立場の弱さ

漁民の学歴は全体として高くはなく、大学、専門学校とそれ以上の学歴の人の職業は、全て水産企業の管理者、オーナーと政府の公務員であり、中学と中学以下の人は7割以上をしめていた^{*11}。さらに、漁民の情報入手の手段が非常

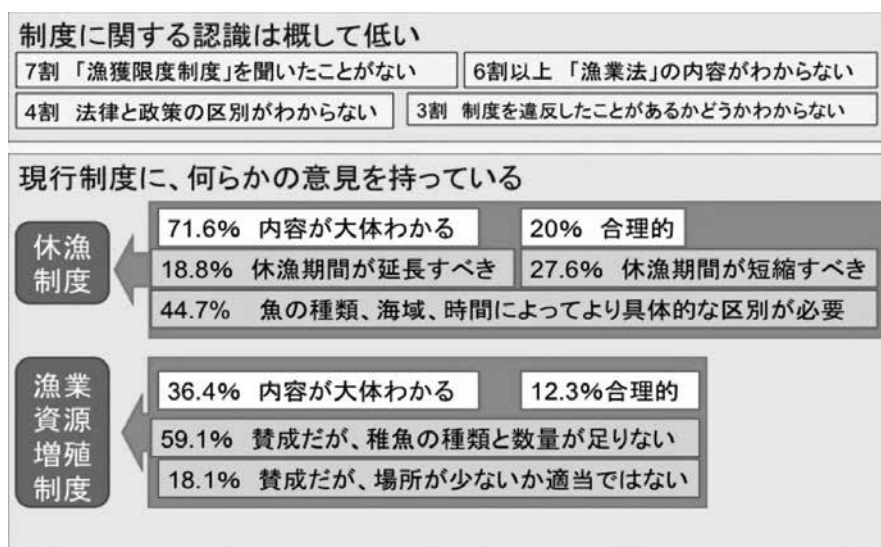


図8 現行制度・生態状況に対する漁民の認識に関するアンケート結果

*10：舟山市嵎泗県の二校の小学校の生徒の家族を対象として、800枚の調査票を用意し、生徒達に自宅に持ち帰って家族に回答してもらい、その後、調査票を回収した。回収した調査票は総計672枚であり、そのうち職業が漁業と関係あるものは196枚、さらに有効だと判断されたのは172枚であった。

*11：漁業と関連がない職業の場合、42%の人は大学卒かそれ以上の学歴を持っているので、同じ地域に住んでいてもその差が顕著であることが伺える。

に限られていること、現に政府からの情報しか手に入らないことが分かった。

②制度に対する漁民の認識の希薄さ

漁業資源管理制度に対して、漁民は、わからない所が多いと回答した人が多かった（図8）。

さらに現行制度については、「政策・制度に関する質問」の結果から、40.5%が「漁業法」の内容について大体わかると答えているものの、9.4%は「時代と合わない」、16.5%は「ただの条例、操作性がない」、12.4%は「新たな規定が必要だ」というように様々の批判的意見を持っていることもわかった。

また「休漁制度」と「漁業資源増殖制度」に対する認識は、図8に示した通りである。

③漁業資源・生態に対する共通見解

漁業資源・生態状況に対する意識・意見は、魚類資源の種類や数量が減っているというように、相対的に漁民の間で一致していることが明らかとなった。他方、乱獲については、94.2%の人が認識しており、そのうち45.9%の人は「深刻である」と感じ、また71.6%の人は「この問題は重要であり解決すべき」と思う一方で、「私がとらないと、他人がとる」、「海の魚は所有が定まっていないので」というコモنزの悲劇も見られた。また海洋汚染については、91.8%の人は存在していると感じており、55.3%の人は「深刻で、強く感じる」と答えており、90.1%の人は「この問題が重要であり解決すべき」と思う反面、15.2%の人は「これは国の問題であり、私は何もできない」と悲観している現状も伺えた。

続いて、聞き取り調査から漁民の認識を分析すると、漁業資源管理制度に対して、種々の具体的な条例が遵守されていないことが分かってきた。

「規定で禁止されていることは多いが、実際にはやっている。例えば、電気・麻酔剤や爆弾などによって魚を取ることは禁止されているが、全部やっている。」

「上が作った制度は基本的には正しいが、実行する時に変わる。例えば、網の目がだん

だん小さくなった。『帆張網』は禁止されたが、実際はできない。違反現象は普通だ。だれかが違反したら、皆も違反する。実際は私たちの責任である。しかし、処理にくい。漁民も生きていく必要があつて、本当に禁止されたら、かれらは造反する。」

また、一部の制度に対しては、漁民は分からない、効果がないと感じている場合もあるようである。さらに、政府の管理に対して異議を持っているようである。

「漁業資源費を払っている。国家もお金を出す。国家は放流をしているが、生存率が低すぎる。生存率が高いのは蟹で、半分以上が生存できるが、他の魚なら、7～8割が死んでしまう。」

「漁獲限度制度とは？ 漁獲には限度なんかありえない。捕れた魚は多ければ多い方がいい。この政策は全国にはない。放流は私たちにとって、何の役割もない。やっているにはやっているが、魚が小さい時に「帆張網」に取られてしまう。」

「放流も制限する必要がある。海洋生物連鎖を破壊し、一方的にある生物を繁殖させ、まるで外来生物の侵入のようだ。」

「嵎泗では現在観光だけを重視しているが、漁業を重視していない。今、一部のリーダは外部者で、漁業のことは全然わからない場合が多い。つまり政府が一番いい海域の使用権を外来の漁民（他の市からの漁民）に売ったのだ。これは我らの祖先からずっと漁獲してきた漁場であるのに。」

「リーダにとって、一番大事なのは業績で、今はやはりGDPだ。現在、舟山において様々な海岸工事、埋立地を建立し、海洋を開発しているが、本当はどのくらい海洋生態への影響があるのか、これを深く検討していない。」

3-5. 現行制度・生態状況に対する漁業関係者・役人の認識

3-4. で述べたように、漁業資源管理制度や

その管理に対して漁民側の不満は強いものの、その一方で、管理側の役人にとっては、制度の管理がそんなに簡単ではないことが見えてきた。

「省人民代表大会が作った規定は法律の効力がある。しかし、実際の具体的な規定はそうではない。ある魚類、ある行動に対して専門の法律の条例を作るのは無理だ。だから、本当に罰する時の根拠がない。公的な権力と私的な権利とは違う、法的な規定がないと使えない。」

一方、漁業資源の保護に関しては、漁民は特に意見が挙げられなかったが、漁業関係者からは、政府の管理に関する意見を聞くことができた。漁民を厳しく管理すべきとの意見がある一方で、漁民の生計を考慮すべきとする意見もあることが分かった。

「政府にとって、制度の執行を強化する必要がある。過去のように厳しく制裁する必要がある。例えば、「電網」の使用を見つけたら、入獄だけではなく、全財産を没収する。そうすると、制度を破壊する勇気がなくなる。」

「現在漁業資源の減少は事実だが、しかし、地方の漁民海に生まれて、海に依存して生存している。だから、漁獲はまだ続ける。漁業局の管理も厳しくない。政府にとって、資源保護は当然重要だが、厳しく管理する条件として、漁民の生活保障あるいは転業転職の対応も解決しなければならない。」

さらに政府の役人からは、以下に示すように実に様々な意見が聞かれた。

「実際に漁獲許可によって実行されている。例えば、許可の出力は250馬力なら、実際の出力も本当に250馬力になる。そうすると、網の大きさも自動的に決められる。そして、船を造る時に管理したほうがいい。その時しっかり管理すると、後の『一査三証』が要らない。漁船を造る時、投入が高いので、取り除くと、漁民の損失は大変なものになる。だから私たちが管理する時、力不足の

一方で、漁民に同情する。」

「海洋生態を変える海洋工事を重視すべきだ。埋立地を含めて、石油、天然ガスの開発は漁業への影響が非常に強い。これをやったら、海洋の自然属性が変わる。内陸からの汚染で赤潮が出た。中国人の技術は保護のためではなく、量産のために使う。始めはいいと思うが、最後はやりすぎる場合が多い。」

4. 現行制度の限界とその検証

上述したように、中国政府は漁業資源の保護・回復のために、様々な漁業資源管理制度を制定し、理論的には実行力を持ち、効果があると判断されるものの、実際にはそのような機能していないことも認められている。この原因について、「政府は漁民を厳格に監督できていないし、沢山の制度が実行されていない。」と指摘され¹⁴⁾、さらに本調査結果から、漁民側も政府側も、そういったことを否定していないことが明らかとなった。ただし、「漁民はなぜ制度を守らないか。政府はなぜ漁民の行動を厳格に監督できないのか。」という疑問に対しては、先行研究において具体的な検討がなされてこなかった。もし根源的に解決しがたい問題が存在するならば、現在の漁業資源管理制度の実行には限界があると考えられるため、以下、漁民と政府の双方の立場から分析と検証を試みた。

4-1. ゲーム理論による検証

4-1-1. 漁民は制度を守らないことを選択する

仮に漁民が制度の内容を理解し、認知できたとしても、漁民は制度を守らないことを選ぶという原理について、ゲーム理論を使って説明してみる。なぜなら聞き取り調査結果に鑑みると、漁民は漁業資源に関しては無関心とは言えないものの、最も気になるのは自分の利益である。理性的に自己利益の最大化は漁民の行動の選択の判断の標準になることを前提として、ゲーム理論を適用できると考えた。これらの関係性に

表1 個人の利益表

漁業制度	他人が守る	他人が守らない
自分が守る	A	B
自分が守らない	C	D

おける利益表を表1に示す。

ここで、Aは、皆が漁業資源管理制度を守る場合に、自分が得る利益である。Bは、他人は制度を守らないが、自分が守る時に自分が得る利益である。Cは、他人は制度を守るが、自分が守らない時に自分が得る利益である。Dは、他人は制度を守らないが、自分も守らない時、自分が得る利益である。さらに、以下の設定も考えられる。

1. 皆が守る場合、漁業資源は徐々に回復し、皆に有利になる。
2. 皆が守らない場合、漁業資源が減少し、皆に不利になる。
3. 他人が守り、自分が守らない場合、自分は極めて有利。
4. 他人が守らないで私が守る場合、自分は非常に不利。

すなわち、 $A > D$ 、 $C > A$ 、 $D > B$ である。

しかしながら、漁民にとって、 $A > D$ にかかわらず、 $C > A$ と $D > B$ によって、結局Dになってしまう。つまり、他人が制度を守るかどうかにかかわらず、自分が制度を守らないと、より利益を得ることができ、結局皆が制度を守らない方向性に傾くのである。本調査結果では、現在舟山において、漁船の実際の出力と登録のデータが異なることや、規格外の網の大きさと網目の大きさ、禁止される漁獲方式、禁漁区の漁獲活動などの、制度を守らないことは一般的なことになっており、こうした現実も理論的に説明できる。

4-1-2. 政府は漁民を管理しにくい

漁民が意識的に制度を守ることが難しい場合、政府からの監督、特に漁民の行動の管理は非常に重要であると考えられる。特に中国政府

は極めて大きな権力を持ち、農業、工業などの産業を直接管理しており、市民も政府の役割を期待している。しかしながら、漁業の状況は少し異なっている。現在、舟山を含め、中国において漁民を管理する場合、漁政船が巡邏し、漁船の違法作業を見つけたら捕まえ、処罰することが一般的な管理方式である。このことを前出の利益表を利用し、表示すると以下になる。

$$Q \geq \max (C - A, D - B)$$

ここで、Qは漁民が制度を違反する時、政府からの処罰により損失がある。Qは制度を守らない時、得た利益より多い時、政府の管理の効果があると考えられる。しかし、政府にとって、Qは3つの要素によって決められる

$$Q = PBE$$

ここで、Pは捕まえる確率、Bは処罰の成功率、Eは罰金である。この管理方式が有効なものとなるためには、PBEを上げることが重要であるが、いずれも簡単ではない。

まずPについて、現実では非常に低くなるであろう。中国の場合、漁業資源と漁民の漁獲活動を管理する政府部門は海洋と漁業局であるが、舟山における漁業局がある島は本島以外三島しかない。一方、有人島は200以上であり、そのほとんどが漁業と関係がある。そして、この広大な海で、舟山の漁政船は10隻にも満たないが、舟山の登録の漁船は8000以上であり、政府側と漁民の差別が大きすぎる¹⁵⁾。さらに、登録してない漁船も非常に多いうえ、特に外来の漁船に対して舟山の漁業局の管理は極めて難しいため、漁政船と出会ったら、すぐ逃げるか、一部の漁船のまわりには鉄棒があり、さらにガスボンベも上に置いてあり、漁政船が近づくこともできない。このような現状で、Pを高めるためには、漁政船の数量、管理者の人数、巡邏の頻度を向上する必要がある、有効政府のコス

トも大幅に上がると考えられる。

また、B・Eについては、制度の法律化、また漁民の支出の能力と深い関係があると考えられる。聞き取り調査結果によって、現行制度の中に、種々の具体的な条例に対して法的な根拠がないことが分かっている¹⁶⁾。よって、政府の管理者は管理しているが、処罰できない場合が多い。さらに、罰金については、変更の難しい法律の中の条例によって処罰する場合、罰金が低すぎて効果がない場合が多いが、高くなると、同じく法的な根拠がない問題もあり、漁民の不満を招くことに繋がる恐れがある。つまり、Eが高くなると、Bが低くなることが予想できる。政府の管理者は漁業資源管理制度の法律化を期待しているが、これも非常に複雑である。

政府の規定と違い、法律を制定する場合には、科学性の要求はかなり厳しく、基礎データがなく、因果関係が証明できない場合は、具体的な条例を策定できる可能性はない。さらに、合理性の要求も厳しく、伝統的な習慣からも、「中華人民共和国物権法」から漁民の漁獲の権利をどのくらい制約できるか、学術界ではまだ議論の渦中にある¹³⁾。

一方で、一部の漁民、特に一部の年老いた漁民は生存のために、近海において漁獲を行っているが、近海はほとんどが禁漁区であり、この行為は間違いなく制度違反である。しかし、生活保障がない年老いた漁民にとっては、体力がなくなると近海でしか漁獲できなくなる。この、日々を行き抜こうとする漁獲する老漁民に対して、管理する術を見つけるのは難しい。つまり、漁民の支出の能力を超えると、Eが低くても、Bが低いと考えられる。

したがって、物理的な条件、また伝統的な習慣に鑑みると、現在政府が漁民の行動を管理するのは非常に厳しい状況にあるという道理になってしまう。

4-2. 政府の漁業資源の管理への姿勢

4-1. で述べた政府の立場には、「管理しにくい」という客観的な原因以外にも、「管理し

たくない」という主観的な要素も存在していると考えられる。中国の場合、漁業局は政府部門として、上級機関の指導だけではなく、地方政府の管理も受ける必要がある。漁業の場合、漁獲活動自体が生産活動であり、地方政府は地方の経済を発展するために、実際は海産製品の産量が増えることを期待している。さらに、地方の経済の発展を目指すために、漁業資源の保護より海水製品の産量を増やすこと・海洋工事の建立などを重視している。よって、海洋生態への影響の審査も単純な形式になった。

一方、中国の政府部門では、規定通りで、リーダの命令によって動くのが通常である。つまり、リーダの指示が極めて重要である。しかし、近年、漁業局の局長を含め、政府部門のリーダは漁業のことを理解できていない場合も多い。そして、リーダにとって何より大事なのは業績である。漁業部門のリーダにとって、漁民への厳しい管理は業績にならず、逆に漁民がコンフリクトを起こす場合、自分の政治生活に悪い影響があると捉えている。一方、漁業資源の減少は誰の責任かも判断しにくいという、大陸からの汚染も漁業資源の減少の重要な原因と考えられる¹²⁾。このような状況で、漁業局が他の制度より放流制度を重視するのは、一年どのくらいお金を利用したか、どのくらい魚を放流したか、客観的に数字化にできるからであり、可視化される結果が、ある程度業績に繋がるのではないかと示唆される。厳しく管理すると、漁民側からの不満が募るし、行政が強行すぎるという批判的な声が上がることが懸念されるであろう。政府のリスク並びにコストも高くなるものの、管理者の業績には繋がらない。そういった状況が続くと、結局、政府は漁民の制度違反の行為を見逃すことになってしまうのである。

総括すると、漁民は制度を良く理解できていないし、守らない方向に傾く一方、政府は管理しにくく、積極的に管理することも拒むというのが現状であり、現行制度の実行性には限界があると帰結される。

5. 現行制度の再考と今後の展望

5-1. 漁業資源減少の直接的原因

一般的に、漁業資源の所有権が明確ではないために、漁民は短期的目標と自己利益だけを重視して、公有の漁業資源開発の限度を超えてしまい、結果として「コモンズの悲劇」を生み出すということが指摘されている。これは、現在の重要な課題ではあるものの、舟山における漁業資源の減少、特に舟山の経済魚類の減少の原因を説明できるとは考えがたい。上述のように、舟山では、90年代以前は集団漁業と呼ばれる方式を取っており、漁民の収入と漁獲量には直接の関係性がなかった。つまり、「コモンズの悲劇」のモデルにおける2つの前提である「自由参入」と「明確ではない所有権」は成立していないと言える。「自由参入」については、当時、仕事は自ら選択できなかった。また「明確ではない所有権」については、当時、所有権は集団所有というように明確であり、漁民が漁獲した魚は生産隊のものであったし、漁民が販売することはできなかった。一方、舟山の伝統的な経済魚類について、70年代から減少し、80年代にマン氏イカ、キグチとフウセイは殆どが絶滅し、タチウオも大量に減少していた。つまり、舟山の経済魚類の減少の時期は集団漁業時代である。したがって、舟山の経済魚類の減少の原因は「コモンズの悲劇」によるものではないと帰結される。

さらに現地調査によって漁業局の役人の意見と漁民の意見とを比較検討した結果、舟山の伝統的な経済魚類の減少の原因には二つがあることが明らかになった。一つは「漁獲技術の発展」に起因し、さらに技術の発展に見合う認識を持ち合わせていないことである。その具体的な例は、新たな漁獲方式、漁獲設備の発明と応用である。経済魚類の中でも、フウセイとキグチの絶滅は漁群探知機の利用と深い関係があると

考えられる。80年代に漁群探知機が使用されるようになってから、漁民は正月に産卵地に移動中の未産卵のフウセイを大量に収穫した。その結果、フウセイの数量は瞬く間に減少し、数年後完全なる絶滅に至ってしまった。キグチの状況はフウセイと似ているが、完全な絶滅には至っていない。

一方、資源の量が多いタチウオの減少と「帆張網」の利用とは、関係性があると考えられる。伝統的な張り網と異なり、「帆張網」は一日四潮、各方向からの魚が採られることになる。この漁獲方式が発明されてから、収穫の時に、小さいイカ・タチウオなどがよく見られるようになった。よって、「帆張網」の大規模な利用とタチウオの量の減少と質の低下に繋がり、また現在の経済魚類の放流の効果が無いことに関しても、一つの重要な原因であると考えられる。

さらに、「魚類の生存環境の変化」が、もう一つの重要な原因であると考えられる。現在、長江と钱塘江とが舟山海域に流入するために、毎年5月から赤潮など海洋汚染がよく発生している。クラゲ・イカなど軟体類の生物は水質の要求が厳しいため、近海のラクゲとイカの姿が消失した原因はこれであると断定されている。また、埋立地・埠頭建設など海岸・海洋工事のために、潮干潟や浅海域の状況は変化してきている。潮干潟がなくなる場合には、海の分解能力が低くなり、汚染物質の影響が強くなると考えられる^{*12}。埋立地の建立によって海底地形が変化し、魚類の産卵地がなくなる一方で、海底の石油・ガスなど資源の開発によって原油の流出なども直接に魚類に影響を与えている。これらに関してはマハタ・貝類への影響が著しいと考えられる。

90年代から、個人の漁業が主要な漁業生産方式となり、特に1994年には生産隊が倒産し、すべての漁民が漁船を購入し、自分のために漁

*12：干潟は汚濁負荷が直接海に流れ出し急激に濃度が上がることを防ぐ、緩衝作用もあり、沖合海域への直接負荷を和らげている。また、有機物を分解する微生物が多く発生するので、特に泥質干潟では、表面数cm以下の部分は無酸素状態の還元環境になりやすく、硫化水素などが発生し、ある程度の悪臭がすることもある。そのような泥に住む動物は、酸素不足の環境に耐えられるものに限られる。

獲を始めた。その際に、伝統的な経済魚類は殆どが獲れなくなり、漁民は遠洋での漁獲や未知の海域で漁獲するために、漁船の大型化・設備の更新、さらに漁獲方式の変更が必要になり、リスクとコストが発生した。費用対効果に見合う漁獲高を維持するために、より一層漁獲活動に専念することとなった。つまり、この状況は現在まで続いており、間違いなく「コモンズの悲劇」が発生している。さらに、制度を違反しつつ漁獲するのも普通の現象となってしまった。つまり、現在の漁民の「乱獲」が事実である。しかし、それ以前の集団漁業時代には、決して「乱獲」の状況にあったとは言えない。他方、「魚類の生存環境の変化」に関しては、この責任者は政府・企業、更に長江流域のすべての市民^{*13}であると考えられ、漁民は構造的課題の渦中にあり、ソーシャル・サファリングに位置づけられると言える。

5-2. 管理方式の変更「処罰」から「奨励」へ

漁民の管理については、現状に鑑みると政府が厳しく管理することによって一時的な効果は期待できるものの、それが長く続くと、政府の負担が大きくなるうえに、漁民からの反発も買うかもしれないため、現在実行している処罰の管理方式の効率は低い。そこで効率と道理の双方から考察すると、管理方式を変更し、保障・奨励制度に基づいて漁業資源管理システムを設立させることが重要であると考えた。つまり、漁民の基本生活を保障した上で、制度を守ればと奨励するという方式である。こうした考えは、漁業システムを維持するシステムとして、伝統的な処罰の管理方式より有効であり、合理性・合法性及び実行の可能性も十分であると考えられる。

またゲーム理論の分析により、漁民が制度に対して興味がない・守りたくないと考える原因は、制度を守ると利益を損失するからであり、また罰に対して拒否感をもっていることを検証

した。しかし、奨励の場合は、逆に制度の内容を理解していないと政府からお金が給付されないことになるので、最低限の制度の内容を理解することにも繋がると考えられる。また、政府からの奨励は、制度違反から得る利益を比較できる場合には、漁民自ら制度を守る可能性も非常に高くなると考えられる。一方で、政府の管理も簡単になると予測される。あくまでも奨励は処罰より実行しやすいうえ、全体的にコストとリスクが減ると予測される。さらに、漁民が制度の内容を了解する際に、漁民同士の交流やまた政府との交流も増え、認識も向上させることができるという付加価値も期待できると思われる。

おわりに

以上のように中国における漁業管理制度は、受益者である漁民のための制度であるにも関わらず、本研究から、「政策決定とその成果との乖離」が明白であり、漁民の「日常生活」への注目が欠如していることが明らかとなった。したがって、現行の漁業管理制度の最大の課題は、「人間の安全保障」にもっと注視すべき点であると指摘したい。

他方、舟山漁場における現行制度の限界があることは自明であり、この点は舟山漁場の漁業資源が減少し続けている事実からも明らかである。しかしそれは舟山に限った問題ではなく、中国におけるすべての海域においてこのような問題が発生していると考えられる。ただし上述した集団漁業は中国特有の生産方式であるため、集団漁業時代からの影響が残る限り、諸外国の方法をそのまま適応することはできない。現状に鑑みると、漁民の基本生活を保障した上で、管理方式を処罰から奨励に変更することが求められる。しかし、本研究で提示した保障・奨励の方法は一時的・暫定的な対策であるため、将来的展望としては、まず、伝統な漁場における漁業資源を修復し、漁撈の継承を保証す

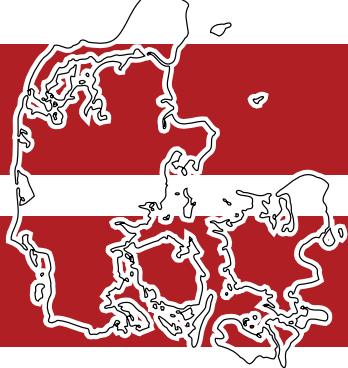
*13：汚染物質の種類から見ると、窒素、リンなどは工業廃水の成分だけではなく、農業廃水、生活廃水との関係もある。

るようにすることである。ただし、伝統な漁場における漁業資源が枯渇し、伝統的な漁民が消滅する方向にあるならば、代わりに漁獲会社が

より遠洋漁場において漁獲を発展させていくべきであり、許容漁獲量を算出できるような文理融合研究が大成されることを期待したい。

参考文献

1. アーサー・クラインマン他『他者の苦しみへの責任』みすず書房, 2011.
2. 万米:「21世紀の Smart Fishery を目指して:中国の事例」日本水産学会誌, 78: 1016, 2012.
3. 桑淑萍:中国海洋渔业制度管理研究——以青岛市为实证分析. 中国海洋大学, 硕士论文, 2008.
4. 方芳:捕撈限额制度实施效果及实施对策的初步研究. 中国海洋大学, 硕士论文, 2009.
5. 陈思行:日本の TAC 制度. 海洋渔业, 1998-04, 181-183, 1998.
6. 卢昌彩:台州市渔船控制和管理现状及对策. 浙江海洋与渔业, No.6: 19-23, 2014.
7. 张锦国, 陈安:海洋渔业资源保护问题的思考. 浙江海洋与渔业, No.6: 30-34, 2014.
8. 韓興勇, Han, Xing-yong:「漁業文化と観光漁業の関係—中国舟山漁業文化の事例分析—」国際シンポジウム報告書 I 海民・海域史からみた人類文化 =Human Culture from the Perspective of Traditional Maritime Communities, 1: 185-191, 2010.
9. 胡毓瑜, 三好恵真子:「中国における漁業管理制度の限界と実行方式の再検討 —浙江省舟山新区海域を事例として—」生活学論叢, 29: 31-45, 2016.
10. 舟山市海洋と漁業局 HP: <http://www.zsoaf.gov.cn/SY006.html>
11. 舟山漁場の海洋資源を蘇らせる—地域ぐるみの取り組み. 人民画報 2004-10, 2004.
12. シップ・アンド・オーシャン財団編:海洋の平和維持と環境保護のための法的・政策的枠組みと行動計画, 海の安全保障その2:海洋環境の保護陸上起因による海洋汚染—東シナ海, 中国, 国際会議「地球未来への企画“海を護る”」会議録. 2002.11, 日本財団図書館 (<http://nippon.zaidan.info/index.html>)
13. 黄季仲:基于渔民视角的海洋渔业捕捞权交易问题研究. 华中农业大学, 硕士论文, 2009.
14. 王淼, 吕波:中国海洋资源性资产流失成因及对策分析. 资源科学, 第5期, 2006.
15. 浙江省海洋与渔业局课题组, 浙江省海洋渔业执法管理创新研究(一). 浙江海洋与渔业, 6: 16-19, 2014.
16. 张锦国, 陈安:海洋渔业资源保护问题的思考. 浙江海洋与渔业, 6: 30-34, 2014.



デンマークの新年

前はデンマークのクリスマスの料理について紹介しましたが、今回はその一週間後にくる新年にまつわる食事の話をしたいと思います。

デンマークではクリスマスの12月24日から26日の3日間は、ほとんど全ての店がしまり、仕事も休みになります。同様に、1月1日はほとんどの人々が休みますが、新年の休みは1日間のみで、1月2日からは通常営業となります。デンマークでは、日本とは逆で、クリスマスは家族と一緒に過ごす一方、大晦日の夜、ニューイヤーズイブは、友人たちと過ごすことが多いようです。そしてそのニューイヤーズイブの夜には、午後6時から放映される、女王のスピーチをテレビでみるのが恒例になっており、その後、美味しい食事を食べたり、ワインを飲んだりして、夜中まで楽しい時間が続きます。そして元日を迎える12時近くになると、多くの人々が寒い冬空の下で、花火をあげて騒ぎます。花火は、個人で買い、それを家の前や、公園や広場などで各自で楽しむものですが、もちろん大きな花火をあげる人も多いので、それを観戦するだけでも十分楽しめます。花火の音が鳴り続き、夜空には煙がもくもくと渦巻く状態が午前1時くらいまで続きます。

新年を迎える時の、ニューイヤーズイブの料理といえば、茹でた鱈（タラ）にマスタードソースをかけて食べる、というのが一応伝統的な定番料理のようですが、クリスマスのようにどの家庭でも同じメニューを食べると言うほどではなく、鱈以外の料理を食べる人も多くいます（クリスマスイブには、ローストポークやダックを食べない人を見つけるのが難しい）。大晦日の夜は、日本のクリスマスのようなもので、ちょっと美味しいものをレストランからケータリングで持ち帰ったり、家でご馳走を作って食べたりするようです。

さて、そのニューイヤーズイブディナーの新たなトレンドが、なんと寿司。特にコペンハーゲンなどの都市部では、寿司セットを事前に予約して大晦日に食べる人が増えています。デンマークのお寿司レストランも、こぞって、ニューイヤーマニューなるものを設けて、予約を受付けています。以前にも紹介しましたが、寿司はデンマークでかなり人気の食事になっており、おしゃれで健康的なイメージも手伝って、ニューイヤーズイブディナーの一部トレンドになっているのです。寿司のネタとはいえば、日本とはちょっと違って、やや西洋風。サーモンや、ア



寿司を大晦日に食べる人も増えて来ている



レストランで事前予約したものを自宅に持ち帰り、大晦日の夜に食べる人も多い（写真はレストランからケータリングしたおしゃれなデザートケーキ）

ボガト、クリームチーズ、マンゴーやエビフライを入れて巻いたものなどがとても人気です。ただ、寿司をニューイヤーズイブに食べる人が増えて来ている、とはいえ、もちろん通常の西洋料理（ローストビーフや、ブルドポーク）を食べる人も多くいます。



カンセケー、新年を迎えるときに食べるマジパンと砂糖でできたケーキ

夕ご飯を食べ始めてから、夜中の12時までは、たくさんお酒を飲む人もいれば、ゲームをして楽しむ人もいて、さまざまですが、新年を迎える12時には、シャンペンで乾杯し、カンセケー（デンマーク語でKransekage）というケーキを食べるのがお決まりです。このケーキは、マジパンとお砂糖をたっぷり使ったケーキで、それをサイズのことなる丸型に焼き、大きなものから重ねていき、タワー型にしたものが一般的です。そのケーキにデンマークの旗をさしたりして飾り付けをし、美味しいシャンペンと一緒にいただきます。日本では年越しそばを食べるところですが、デンマークでは、ケーキにシャンペン。新年は、伝統というよりは、イベントとしての色合いが強いようで、まさに日本のクリスマスがこちらの新年といったところなのかもしれません。

野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

ロウバイ *Chimonanthus praecox* (L.) Link var. *praecox* (ロウバイ科 Calycanthaceae)

新春を迎え、まだ春浅い山裾を歩いていると、とある民家の庭からほのかな香りが漂ってきます。思わず辺りを見渡すと、艶のある黄色い花をびっしりつけた低木を見かけることがあります。これがロウバイ（臘梅）です。ロウバイは主に中国中部に分布する高さ 2～4m の落葉低木で、長さ 10～20cm の全縁、長楕円形または卵状長楕円形で先の尖った葉をつけます。葉が出る前に直径約 2cm の強い芳香のある花をつけますが、多数ある花被片のうち、外側のものは黄色、内側のものは短く紅紫色を呈しています。雄しべは 5～6 本あり、内側のものは仮雄しべです。また、瘦果は長さ約 3.5cm の楕円体の果床に包まれています。ロウバイ属は 2～6 種あり、いずれも落葉または常緑低木で、属名も「冬 cheimon」「花 anthos」を意味するギリシャ語に由来しています。ロウバイは英名を winter sweet といいます。日本へは、17 世紀の初めに中国から朝鮮半島経由で渡来したとされ、日本を含む温帯各地で広く栽培されています。

ロウバイの名は漢名の「臘梅」の音読みですが、花が蜜蝋（ミツバチの巣を加熱・圧縮して採取した蝋で、艶出し剤、化粧品などに利用される）を連想させるからとも、臘月（陰暦 12 月の異称）にウメに似た香りの花をつけるからともいわれています。ロウバイには香りが強く、内側の花被片も黄色いソシンロウバイ var. *concolor* Makino（素心臘梅）や花が大きいトウロウバイ var. *grandiflorus* (Lindl.) Makino（唐臘梅）などの園芸品種があります。薬用としては、1 月中旬ごろ、開花前の花蕾を採取し、風通しの良い場所で、陰干しにしたものを「臘梅花」といい、ねつびょうはんかつ熱病煩渴、解熱、鎮咳、鎮痛薬として咳嗽、小児麻痺、百日咳、やけどなどに用います。成分については、花蕾に cineol, borneol, linalool, camphor, 種子にアルカロイドの calycanthine などを含み、calycanthine は動物に対して、ストリキニーネ様の作用を示し、ウサギの摘出腸管、子宮に対して



写真1 ロウバイ（花）



写真2 ソシンロウバイ（花）



写真3 トウロウバイ (花)



写真4 ロウバイ (遠景)



写真5 ロウバイ (果実)



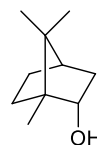
写真6 臘梅園 (宝登山)

興奮作用がみられます。

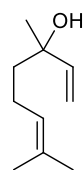
埼玉県長瀬宝登山 (ホドサン) には約 3,000 本のロウバイが栽植されている「臘梅園」があり、関東唯一のロケーションを誇っています。縁起の良い山の名前のご利益もあってか、早春の良く晴れた日、多くの観光客で賑わいます。



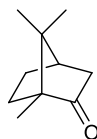
cineol



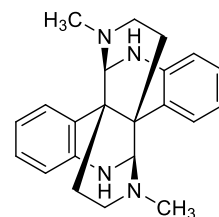
borneol



linalol



camphor



calycanthine

図1 成分の構造式

グルテンフリーベーカリー食品, その仕込みと加工 (1)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)¹ 木村 万里子 (KIMURA Mariko)¹

¹ 神戸女子大学

Key Words：グルテンフリー ベーカリー クッキー ケーキ 小麦タンパク質

要約

本論文「グルテンフリーベーカリー食品、その仕込みと加工 (1)」は、米国の穀物科学者、Jeff Casper と Bill Atwell によって書かれた本 (“Gluten-Free Baked Products” 2014 by AACC International, Inc. 3340 Pilot Knob Road St. Paul, Minnesota 55121, U.S.A.) の一部 (“Gluten-Free Bakery Product Formulation and Processing”) を翻訳し紹介するものである。ここでは「グルテンフリーベーカリー食品、その仕込みと加工 (1)」として、グルテンフリークッキー、ケーキ等について述べる。

仕込み

グルテンフリー食品を製造するために知っておかねばならないことは、小麦を使ったふつうの食品のベーキングにおける攪拌、起泡、焙焼時のグルテン（さらに小麦デンプンのような小麦粉他成分）の機能の理解である。その機能が十分に理解されていれば、入れ替えた成分、あるいはできたシステムが置き換えに匹敵すると認める事が出来るだろう。以下のセクションでは、クッキー、バッター食品、パンについて、ベーキング加工食品中の小麦粉成分の特異的機能の説明と、それに置き換えうる各成分についてのべ、それらを組み合わせてグルテンフリー仕込みを作る方法を述べる。

グルテンフリークッキー

グルテンはクッキーの構造セッティングに役割を示す。グルテンには多くの機能があり、それらを使った他のベーキング食品に比べ、グルテンフリークッキーは比較的仕込みが簡単である。最も簡単な仕込みサトー・クッキードウは、

約 1/3 が粉、1/3 がショートニング、1/3 が砂糖であり、水の量は少量である。このクッキードウを混ぜ、分割し、焼いた時、ショートニングが温度上昇ではじめにとけ、次にクッキーはスプレッドを始める。粘度がその時増加し、クッキーのセッティングが起こる。増加した粘度はこの制限下の水システム中では小麦デンプン糊化の結果ではなく、システム中の小麦タンパク質の粘度に基づくものである¹⁾。

グルテンフリークッキーのマーケット調査は、小麦粉に変える成分の長いリストを示す。グルテンフリークッキー食品の成分記述には、玄米粉、白色米粉、タピオカ粉、ひよこ豆粉、ソールガム粉、そら豆粉、もち米粉、グルテンフリーオートデンプン、エンドウマメデンプン、ポテトデンプン、ひよこ豆デンプン、タピオカデンプン、砕いた大豆粉、エンドウマメタンパク質、ソデウムカルボキシメチルセルロース、メチルセルロース、エンドウマメ繊維、グアガム、キサンタンガム、イヌリンがある。もちろんこれらのものには他成分も含まれるが、これ

らは通常の小麦クッキーで機能的に構造をセッティングする小麦たんぱく質に置き換えうるものである。上のリストにない他のもので、やはり小麦粉の機能を提供しえるもので、タンパク質、天然あるいは修飾デンプン、他の非セリアック誘導穀物の粉、他のハイドロコロイドもある。

これらのグルテンフリー成分を用いて、普通の製造方法でグルテンフリークッキーを作る。小麦粉を入れず、上に述べた入れ替え成分でクッキーのシステムを近づけた方法で、高品質グルテンフリークッキーを作り、それは小麦粉を含むクッキーと区別できないほどのものである。多くの小さなベーカリー店で、簡単な試行

錯誤の実験が小麦クッキーのコントロールを目標に行なわれ、非常にうまく進んできた。統計的にデザインした実験で確認された最も良い成分、良い加工のステップを使い、もし専門技術が使えるならば、小麦粉に置き換えたデザインの効果を発揮することが出来る。

次の例でシステムをグルテンフリークッキー仕込みに近づけて、できたグルテンフリー粉とデンプンでクッキーを作り評価した²⁾。規則にあった成分比較をするため、コントロールとして小麦を含む生地①と以下②-⑨の成分を置換し、AACC International Method 10-50D³⁾で行なった：

表 4.1 加水量^aを変えた時、クッキーへの影響

水 (g)	クッキー ナンバー	デンプン あるいは粉	高さ (mm)	スプレッド (mm)	固さ (g)	砕け やすさ (mm)	L	色 a	b
54.84	A1 ^b	小麦粉生地	58	393	5,269.622	0.779	98.185	-0.095	1.815
	A2	白色米粉 7011	70	317	4,340.550	0.835	63.643	8.703	28.800
	A3	ポテト粉	65	278	12,566.300	2.168	39.877	15.827	18.010
	A4	タピオカデンプン	106	308	4,766.772	6.862	62.960	6.185	25.795
	A5	玄米粉荒 45121	63	392	2,028.670	1.110	63.937	7.610	29.287
	A6	OSA starchEmtex06238	79	330	5,850.953	2.220	79.987	2.287	14.027
	A7	抵抗デンプン ActistaRT	86	284	2,434.095	0.914	71.060	5.403	25.547
	A8	高アミロースデントデンプン Set 957N1	74	284	2,232.023	1.114	68.573	5.740	23.710
	A9	インスタントタピオカデンプン Hi Form 72348 ^c	NA ^d	NA	NA	NA	NA	NA	NA
64.84	B1 ^b	小麦粉生地	60	404	5,211.706	1.203	64.257	10.457	30.427
	B2	白色米粉 7011	72	321	2,965.645	1.088	62.557	9.860	29.833
	B3	ポテト粉	80	284	9,450.684	3.469	40.757	15.443	18.907
	B4	タピオカデンプン	95	379	2,252.431	2.500	56.450	7.670	24.343
	B5	玄米粉 45121	61	397	1,681.203	1.185	60.867	9.740	29.270
	B6	OSA starchEmtex06238	89	285	8,499.596	2.698	80.197	2.377	15.333
	B7	抵抗デンプン ActistaRT	79	299	4,748.220	1.176	68.887	6.327	26.070
	B8	高アミロースデントデンプン Set 957N1	83	285	4,951.068	1.732	64.100	6.793	24.743
	B9	インスタントタピオカデンプン Hi Form 72348 ^c	NA ^d	NA	NA	NA	NA	NA	NA

^aFrom (2). ^bControl. ^cToo dry. ^dNot applicable.

表 4.2. 水分量とブレンド処理によるクッキーへの影響

デンプンあるいは粉	水 (g)	高さ (mm)	スプレッド (mm)	硬さ (g)	砕けやすさ (mm)
白米, 5% 高ショートニング (94g) ^b	54.84	66	319	5,235.593	1.528
白米, 5% 高砂糖 (165g) ^b	54.84	74	336	7,071.931	2.426
50:50 白米 / 抵抗デンプン ^c	64.84	66	391	2,614.526	1.145

^aFrom(2).^bCompare to Table 4.1:controls (A1,B1) and white rice flour 7011 (A2, B2).^cCompare to Table 4.1:resistant starch (A7,B7).

- ②精製した白米粉,
- ③ポテト粉,
- ④タピオカデンプン,
- ⑤玄米粉 (あらかじめいたもの),
- ⑥ 1-octenylsuccinic anhydride (OSA) - 修飾デンプン,
- ⑦抵抗デンプン,
- ⑧修飾, 高 - アミロースデントコーンデンプン, あるいは
- ⑨インスタントタピオカデンプン。

クッキードウ中の水レベルは最終クッキーへの大きな影響を示す。結果的には2つのレベルで評価された。最終的クッキー品質決定ファクターには、クッキー高、スプレッド、1日後の固さ (3点ベントテスト)、色 (Hunter Lab) を入れた。最もよいものは、味、テクスチャ、見てくれのスタンドポイントから選ばれた。

表 4.1 リストには2段階の水レベルでできた食品の客観的結果を示した。主観的回答を示し考察した。回答者は、ポテト粉処理が味をあまりにも強く (ポテトチップの様) し、スプレッドせず、オープン中でこげると述べている。タピオカデンプンでは小麦生地 (コントロール) に比べて非常に異なったテクスチャを示す; これは最もはっきりしているのは砕けやすさの結果であろう。玄米粉処理では十分な固さがない。修飾デンプン処理では何れもコントロールに比べて食感が良くない。全てのデンプンは水量が多いと固いクッキーになる。抵抗デンプンは高水分量の時、小麦生地に固さと砕けやすさの点で近かった。また、この処理は高水分量のとき、OSA- および、修飾、高アミロース - デ

ンプンに比べ、より大きなスプレッドとより低い高さを示す。白米粉の場合、両水分量でフレーバー、テクスチャ、見てくれは十分にたものであった。白米粉の場合、水分量を増加すると、固さは低下した。結果から、クッキーの性質 (特に固さ) は白米粉と抵抗デンプンの組み合わせで最もよかった。さらに抵抗デンプンの健康上のメリットがそれを使って利用できそうである。

表 4.2 は白米粉で作ったクッキーの結果を示したが、そこでは表 4.1 の白米粉のみのものにショートニングと砂糖を増やしたものである。さらにそこには、白米粉と抵抗デンプン 50 : 50 のデータもある。結果から、ショートニングと砂糖レベルをあげる、および白米粉の抵抗デンプンへの比率のレベルをあげるようにデザインしたこの実験は、小麦生地 (コントロール) に最も近いクッキーにする最も良いものであった。統計的デザイン実験を用いて、モデルのクッキー仕込み中、固さ、スプレッド、色の点でもっとも重要なポイントをさがした。

表 4.3 にそのデザイン実験を要約した。クッキースプレッドの実験では欠点があった; 即ち全くスプレッドがでない (<300mm) か、ちょっとのスプレッド (>350mm) しかでない。そしてスプレッドは統計分析のモデルにはならなかった。表 4.3 の実験 1 と 11 は良いスプレッドだった。それらはともに固さ、砕けやすさの点で小麦粉生地 (コントロール) に近いものであった。何れも砂糖とショートニングが高レベルのものであった。

これらのモデル実験から得られた知見はより

表 4.3. デザイン実験

実験	デザイン	砂糖 (%)	シヨートニング (%)	コメ粉 (%)	抵抗デンプン (%)	粉 / (粉 + デンプン) × 100	水分 (%)	スプレッド (mm)	高さ (mm)	硬さ (g)	砕けやすさ (mm)
1	2	32	18	21	29	42.0	54.84	375	68	7,898.78	1.211
2	6	32	9	45	14	76.3	54.84	304	71	10,547.93	1.260
3	9	27	13	14	46	23.3	99.64	317	86	514.55	2.008
4	8	22	8	25	45	35.7	139.64	284	72	1,242.21	3.999
5	7	27	18	45	10	81.8	54.84	295	59	6,838.39	1.473
6	4	22	18	17	43	28.3	54.84	275	58	1,113.96	0.996
7	15	24	8	46	22	67.6	74.84	282	65	2,539.66	1.679
8	5	22	13	39	26	60.0	54.84	281	59	3,851.68	1.048
9	3	28	8	27	37	42.2	54.84	283	78	2,205.13	0.807
10	13	32	8	14	46	23.3	54.84	294	98	2,657.55	0.972
11	14	32	18	33	17	66.0	54.84	369	66	5,773.33	1.101
12	16	22	11	34	33	50.7	54.84	282	65	1,803.64	0.660
13	1	32	8	34	26	56.7	54.84	306	86	4,423.03	1.704
14	11	22	18	17	43	28.3	54.84	280	61	771.43	0.600
15	10	32	8	14	46	23.3	54.84	292	96	2,392.30	0.965
16	12	27	13	14	46	23.3	54.84	287	70	1,626.84	0.708

^aFrom(2).

典型的なクッキー仕込みに応用する事ができる。この実験結果は、食品製造上の経験に結びつけ、ハード、ソフトのグルテンフリークッキー品質の進歩に貢献できる。典型的なクランチ（ぱりぱりした）クッキーと柔らかいベーカリークッキーの仕込みが表 4.4 にでている。

グルテンフリーケーキと他のバターベース食品

バター仕込みの基本は、グルテンフリーバターベース食品の仕込みでも変化ない²⁾。食品の最終容積とクラムの細かさは、ミキシング中に取り込まれた空気量、膨剤システムにより生じるガス量、バターのガス保持能力、ベーキング中の膨化クラムのセッティングによるものである。ガスセルのサイズは、最終的にできたもののクラムのこまやかさをきめる重要なものである。小麦粉はベーキングははじめからバツ

ター仕込み成分であった。ここで現在の仕込みでは小麦粉は乳化力、ガス保持力、最終構造セッティング全てに関わっている。あるものを小麦粉に置き換えてグルテンフリーシステムを作るが、しかし基本的なバターベーキングシステムの加工を考える接近の方がずっと効果的である。

グルテンは、バター粘度と乳化力に貢献しているが、普通はバターシステムの高度な機能的成分ではない。バターのセッティングは、デンプンの糊化の結果である¹⁾。ここで、この場合には、小麦デンプンは置換せねばならない小麦粉の機能的成分である。小麦デンプンはグルテンフリー仕込み中に使える 1 成分であるが、それはグルテンレベルが最終食品中 20ppm を超えないという受け入れ可能レベルでなければならない。殆どのグルテンフリーベーキング

表 4.4 典型的なクランチ（ぱりぱりした）クッキーと柔らかいベーカリークッキー仕込み

成分	%
クランチ（ぱりぱりした）クッキー	
ベーキングソーダー	0.47
コーンシラップ	4.93
モノー、ジグリセリド	1.89
ピーナッツバター、クリーム	5.68
抵抗デンプン	5.68
塩	0.40
ショートニング	20.46
砂糖	22.74
バニラ抽出物	0.38
白米粉	32.63
全卵	4.74
トータル	100.00
柔らかいチョコレートチップクッキー	
重炭酸アンモニウム	0.35
ベーキングパウダー	0.27
チョコレートチップス	7.80
デキストロース	3.55
グリセロール	1.77
高フラクトースコーンシラップ	13.84
モノー、ジグリセライド	1.77
抵抗デンプン	5.32
塩	0.37
ショートニング	19.16
デンプン	0.18
砂糖	10.29
バニラ抽出物	0.35
白米粉	30.5
全卵	4.43
トータル	100.00

^aFrom (2). ^bCargill Hiform 72348.

食品の製造業者は小麦成分をその中に入れる事をさけるが、それは彼らが成分記述の中に“小麦”を入れろと要求されないようにするためである。

バター中置き換え粉のはっきりした選択目的は、構造セッティング用デンプンと、室温で粘

度発生用成分との組み合わせである²⁾。小麦粉に変えるための普通用いる市販の仕込みの特異的な成分は、ケーキ、マッフィン、他のバター食品仕込み中で白、茶色の米粉、くず粉、大豆粉、ソールガム粉、ポテトデンプン、修飾ポテトデンプン、エンドー豆デンプン、加工タピオカデンプン、米デンプン、コーンデンプン、キサンタンガム、グアガム、イヌリン、カルボキシメチルセルロースである。

目標は、ターゲットの粉を含んだバターシステムを、ベーキングを通じ最もよく似た粘度プロファイルを示し、しかも再現性が欲しいということだ。グルテンはまた乳化剤としても機能するが、それが無い時、乳化はグルテンの入っていたときと同じオリジナルレベルに達するためにスタンダードベーカリー乳化成分（例えばポリソルビン酸 60/65 とソルビン酸モノステアレート）の添加を必要とする。デンシテーター（攪拌の間、空気取り込み量の測定）と粘度のスタンダード測定は、グルテンフリーバターの仕込み用には必要な道具である。

全ベーキングの間、粘度測定は重要であり、Rapid Visco Analyser (AACC, International Method 22-08³⁾),あるいはアミログラフ (AACC International Method 22-10³⁾) がよく使われる。電気抵抗オープン (ERO) は、ベーキング中の粘度測定のため特に有用な道具である⁴⁾。もちろん最終食品の計測が全ての中で最も重要な測定であり、それらは特に各食品に特異的なものである。例えば、ケーキスコア、対称性、容積、均一性測定があり、AACC International 法 10-90 と 10-91³⁾ に述べられる。

仕込んだグルテンフリーバターの食品加工に必要な一つの手段に、ERO⁵⁾ の利用がある。ある ERO は 2 枚の板を含む 1 個のセルからなる。1 枚は電氣的に + に荷電し、他は - に荷電する。バターをそのセルの間に入れ、2 つのチャージした板の間で抵抗熱により焼かれる。この種のタイプの加熱のいいところは、これまでのオープンではそうではなかったがバター温度は均一に上昇することと、多分これまで

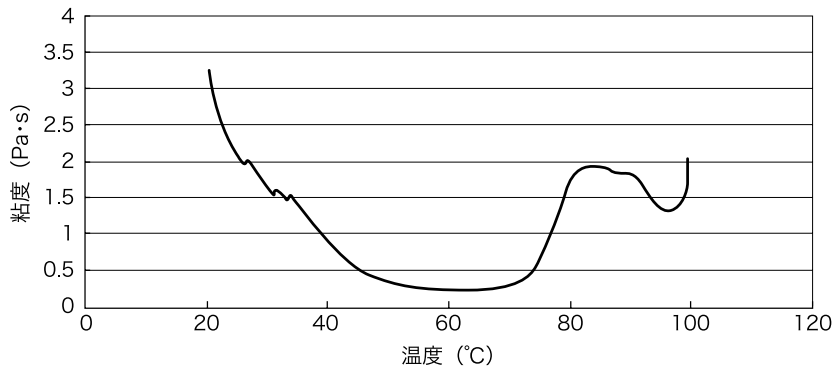


図 4.1 典型的電気抵抗オープンカーブ s) より

バター食品はバター温度が外部から内部にあがり焼かれた。ここでは温度 / 粘度調査のため、粘度 - 対 - 温度プロットの生成を書く。図 4.1 は典型的な ERO カーブを示しており、小売店のケーキミックスで作ったバターで得られたものである。粘度が落下し、その時デンプンの糊化点に到着し、ケーキのセットがはじまり、粘度は上昇する。このカーブは、必然的にケーキ構造のセッティングを伝えている。グルテンフリーケーキの仕込みのために、ある物が小麦粉を除去し、同じ ERO カーブを書く成分として同定される。

もちろんこの方法は同一のセッティングの特徴を持ったバター食品の仕込みにのみ有効である。このカーブは効果的であるがしかし、セッティングの特徴と同様に多くの別のテクスチュアが要求される。一度最初の粉で置換をして、最終的なフレーバー、見てくれ、テクスチュア品質改良はこれまでクッキーで示した従来からの

表 4.5 イエローケーキ仕込み^a

成分	%
タピオカデンプン	23.25
キサンタンガム	0.26
粉糖	29.71
脱脂乳	1.81
塩	0.65
二重作用ベーキングパウダー	0.97
ケーキ、アイシング用ショートニング	15.50
冷凍全卵	20.67
水	7.18
トータル	100.00

^aFrom (5)

製品改良法を用いて先に進める。

表 4.5 のイエローケーキ仕込みには、多くのバター基本食品に見られる基本的成分がのべられており、他の多くの関連食品の仕込みの基本的なものになる。

参考文献

1. Hoseney, R. C. Leavened products. Chapter 13 in: *Principles of Cereal Science and Technology*, 3ed ed. AACC International, St. Paul, MN., 2010.
2. Engleson, J., and Atwell, W. :Gluten-free product development. *Cereal Foods World* **53**: 180-184, 2008.
3. AACC International Approved Methods of Analysis, 11th ed. Method 10-50.05, Baking quality of cookie flour, final approval October 15, 1997, reapproval November 3, 1999; Method 10-90.01, Baking quality of cake flour, final approval October 8, 1976, reapproval November 3, 1999; Method 10-91.01, Use of layer cake measuring template, final approval October 15, 1997, reapproval November 3, 1999; Method 22-08.01, Measurement of alpha-amylase activity with the Amylograph, final approval May 5, 1960, reapproval November 3, 1999. AACC International, St. Paul, MN. [http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-05.05\(-10-90.01; -10-91.01; -22-08.01; -2210.01\)](http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-05.05(-10-90.01; -10-91.01; -22-08.01; -2210.01))
4. Shelke, K., Faubion, J., and Hoseney, R. C. :The dynamics of cake baking studied by a combination of viscometry and electrical resistance oven heating. *Cereal Chem.* **67**: 575-580, 1990.
5. Atwell, W. A., Engleson, J. A., Muroski, A. R., Finnie, S. M., and Smith, S. A. :Gluten-free baked products and methods of preparation of same. U. S. patent application 20,090,092,716., 2009.
6. Cargill Inc., internal communication, used with permission.
7. Engleson, J. A., Lendon, C. A., and Atwell, W. A. :System for gluten replacement in food products. U. S. patent application 20,080,038,434.
8. Engleson, J. A., Lendon, C. A., Hope, J., and Casper, J. L. :System for gluten replacement in food products. U.S. patent application 20,090,098,270.
9. Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., and Arendt, E. K. :Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem.*, **83**: 18-36, 2006.
10. Kusunose, C., Fujii, T., and Matsumoto, H. :Role of starch granules in controlling expansion of dough during baking. *Cereal Chem.*, **76**: 920-924, 1999 .
11. Atwell, W. A. :Products from soft wheat flour: Problems, causes, and resolutions. Pages, 97-113 in : *Wheat Flour*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 2001.

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



酒造りの文明史⑩

古賀 邦正 (KOGA Kunimasa)
(一財) 自然環境研究センター

日本酒の来た道 (1) : 日本列島誕生から縄文まで

前回まで“果物の酒”ワインと“穀物の酒ビール”の来た道を世界史の変遷とともに学んだ。今回からは日本酒の来歴について学びたいと思う。日本酒は好きだけど詳しくはなく、また、日本の歴史にも興味はあっても詳しくはない私にとっては、「日本酒とともに学ぶ日本の歴史」という思いが強い。ワインやビール、あるいは世界の歩みとも比較しながら筆を進めてゆきたいと考えているので、宜しくおつきあい下さい。まずは、日本の誕生から縄文時代までについて学んでゆきたいと思います。

6-1. 日本列島の誕生と人類の渡来

1990年代にエチオピアで500万年前の化石人骨が発見され、これはアルディピクテス・ラムダス(ラムダス猿人)と名付けられた。頭蓋骨の底部に脊髄が通る後頭孔が見られることから二足歩行していたことが推定され、最古の人類とされている。この時代は地質学でいう鮮新世(約533万年前から258万年前まで)の初め頃で、これに続く更新世(約258万年前から約1万1780年前まで)にかけて人類は大きく進展したと考えられている。表6-1に地質年代表の概要を示している。地球誕生からの歴史は地表から地下に向かっての地質の変化の中に刻まれているという考えのもと、地質年代は地球誕生の約45億年前から細く分類されている。地球の歴史から見れば人類誕生はきわめて近世であることがよく理解される。

更新世末期、日本列島は大陸と地続きで大陸の東の縁にあった。現在のように宗谷・津軽・対馬などの海峡によって大陸から切り離されたのは、今から1万年あまり前、地質学でいう完新世(約1万1780年前から現在)に入った頃と考えられている(図6-1)。従って、更新世の日本列島にはナウマンゾウ・マンモス・オオツノジカなどの大形動物がやってきたが、人類もこれらの群れを

表 6-1 地質年代表と人類誕生

累代	代	紀	世	年代
顕生累代	新生代	第四紀	完新世	約 1 万 1780 万年前～現在
			更新世	約 258 万年前～
		新成紀 (新第三期)	鮮新世	約 533 万年前～
			中新世	約 2303 万年前～
		旧成紀		約 6600 万年前～
	中生代			約 2 億 5190 万年前～
	古生代			約 5 億 4100 万年前～
原生累代				約 25 億年前～
太古累代				約 40 億 3000 万年前～
冥王時代				約 45 億 6700 万年前～

追って移り住んだと思われる。更新世の人骨の化石は静岡県浜北や沖縄県港川の地層から発見されている。人類は猿人・原人・旧人・新人と進化してきたが、これらの人骨は新人にあたる。当時の人々は打製石器の華北型石刃石器を用いていたことから中国北部・華北からやってきたと考えられている。南方ルートをとったこの一団とは別に、沿海州方面からサハリン経由で南下し、東北部に到着した後期旧石器時代人もいたと考えられている。すなわち、後期旧石器時代には、日本列島に渡来した集団は南からと北からの二つの古モンゴロイドの集団があり、この集団が縄文人の基礎を形作った人々であったと考えられる。続いて照葉樹林文化を持ったアジア大陸南部の南方系古モンゴロイドの系譜を引く集団が渡来し、先住民と混血した縄文人が現在の日本人の原型を形成したと思われる。さらに、大陸北部の新モンゴロイドが弥生時代から古墳時代に西日本を中心に朝鮮半島から渡来し、縄文人の系譜を引く人々と混血を繰り返し、現在の日本人（和人）が形成されたのだろう。



図 6-1 更新世の東アジア
(湊正雄・井尻正二「日本列島」より)

6-2. 旧石器時代

更新世にやって来た人々は打製石器を用いていたので、この時代は旧石器時代と呼ばれている。次の縄文時代には土器が使われていたが、旧石器時代には土器はまだ製作・使用されておらず、旧石器時代の文化は先縄文文化とも呼ばれる。

旧石器時代の打製石器は、打撃用とした楕円形石器（握り槌）から切断機能を持つナイフ型石器（石刃）、槍様の尖頭器、黒曜石などを用いた小型石刃（細石器）と段階的に進んでいった（図 6-2）。土器のない時代は食物を保管しておくことができないため、食物は食べられる時に食べるというのが基本だっただろう。そうは言っても“食べだめ”ができる訳ではないので、毎日、食物を求めて動き回っていたに違いない。この時代の人々は、小さな集団で動物を追い、山や森を移動して歩く原始狩猟民族の生活を行っていたのだろう。

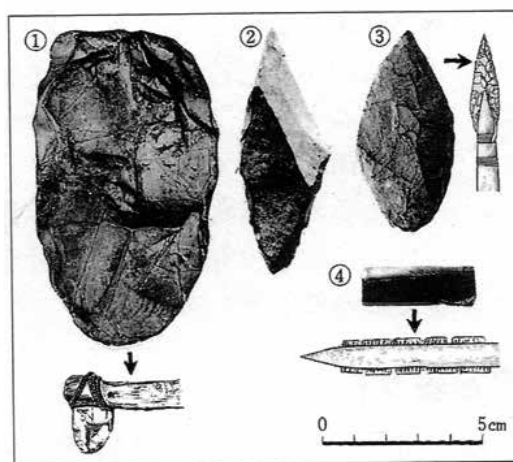


図 6-2 旧石器時代の打製石器

当時の人々の主な食料は大型獣を中心に中小型獣も含め、その肉と血や内臓などであったに違いない。それらの一部は

- ①楕円形石器（斧のようにして使用していたのだろう；岩宿遺跡出土）
- ②ナイフ形石器（東京都前原遺跡出土）
- ③石槍（尖頭器として使用したのだろう；東京都西ノ台遺跡出土）
- ④細石器（木や骨の柄に埋め込んだのだろう；北海道置戸遺跡出土）

焼肉・燻製・干し肉にして移動の際の携帯食料にすることもあっただろう。このほか、植物性食料も利用しただろうが、アク抜き技法は縄文を待たねばならないためアク抜きを必要としない植物が食料の対象となっていただろう。東北日本の亜寒帯針葉樹林帯やその周辺ではコケモモ・クロマメノキなどの漿果、ハイマツ・チョウセンゴヨウの実など、そして

(A)



(B)



図 6-3 (A) チョウセンゴヨウの実、(B) ニフトコの果実

ニフトコの果実は長さ 3-4mm になる球卵形の核果となり、6-8 月に暗赤色に熟す。中に 3 個の種子が入っている。

西日本の落葉広葉樹林帯や広葉樹と針葉樹の混合樹林帯ではチョウセンゴヨウの実、ハシバミ・クルミ・クリ・ヒシなどの堅果、ヤマブドウ・サルナシ・キイチゴなどの漿果、ウバユリなどの根が食料として利用したと考えられている。とくに、この当時、本州から北九州にかけて広く分布していたチョウセンゴヨウの実は小型のピーナッツほどもあって栄養価も高かったところから（図 6-3 (A)）重要性が大きかったと推定されている。こうして見てみると、四季の変化があって、自然に恵まれていた気候風土によるところが大きかったために、われわれの祖先は旧石器時代から実に多様な食物を食べていたことになる。この日本列島に生まれたことの有り難さにしみじみ感謝してしまう。

6-3. 縄文時代（新石器時代）

旧石器時代に続く縄文時代の遺跡が全国各地でみつかっており、現在では縄文時代は約 16000 年前から 3000 年前にかけて、13000 年の間続いていたと考えられている。この時代に人々は土器を用いた新しい文化をうみだした。青森県の大平山元遺跡から発掘された土器が今から 16000 年前に製造されたものであることが立証され、世界の注目を集めている。

縄文土器を用いた縄文文化の時代は考古学でいう新石器時代に属し、石器も打製石器に加えて石槍・石鏃（せきぞく）・石斧などの磨製石器や弓矢・骨角器などを持っていた。土器を用いることによって食物や水を保管することが可能になり、食生活は比較的安定になって「食べられる時に食べる生活」から「食べたい時に食べる生活」に徐々に移っていったに違いない。一方、土器を持って動き回することは難しいことから縄文人は次第に一ヶ所に定住するようになっていったと思われる。土器は食物の保管だけではなく、食物の煮炊きや加工を可能にし、鋭い刃を持つ磨製石器は船や住居作りに役立った。弓矢は素早い動きの小動物を捕るのに役立ち、動物の骨や角などを加工した骨角器の釣針・鉋などを使った漁労も行われた。また、約 1 万年前、氷河期時代の寒い氷期から比較的暖かい間氷期に移ったため日本列島の気候も暖かくなって大形動物に代わってシカ・イノシシ・ウサギなどの小形の動物がふえ、食料も豊かになった。

◆縄文土器の変遷と時代区分

縄文土器は低温で焼かれた厚手の黒褐色や茶褐色でもろい土器だが、様々な形と文様を持ち、その多様な形状は時代差や地域差を識別する基準として有効である。縄文時代は土器形式上の区分から表 6-2 に示したように 6 期に分けられている。

それぞれの時期の代表的な土器を図 6-4 ((A) ~ (E)) に示している。草創期の初めの土器は文様がない土器だったが、ついで縄や紐を押し付けて模様をつける隆起線文土器が登場する (A)。

表 6-2 縄文時代の時代区分

縄文時代	I	草創期	約 16000 年前～ 12000 年前
	II	早期	約 12000 年前～ 7000 年前
	III	前期	約 7000 年前～ 5500 年前
	IV	中期	約 5500 年前～ 4500 年前
	V	後期	約 4500 年前～ 3300 年前
	VI	晩期	約 3300 年前～ 2800 年前

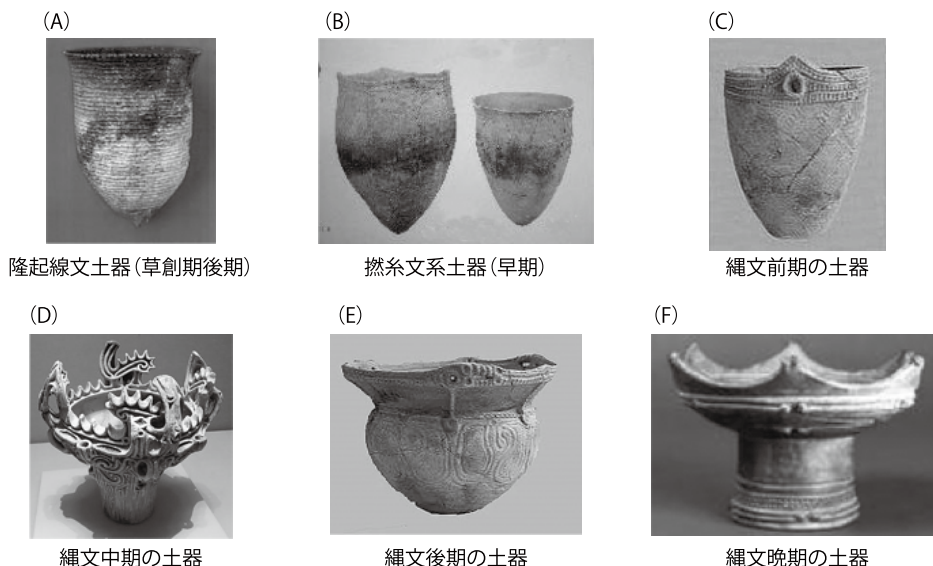


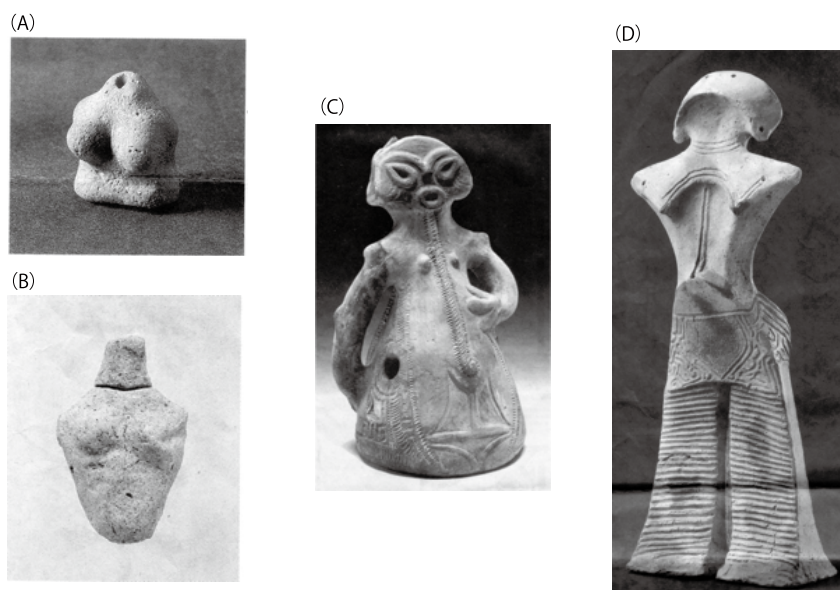
図 6-4 縄文土器の変遷

早期の代表的な土器は撚糸文系土器 (B)。糸を 2 本よった紐で模様をつけた土器。早期の土器は底がとがった深鉢形をしているのが特徴。前期になると土器が尖底から平底へと変わり、発達した文様が口縁部を中心に施されて、装飾が豊かになり、次に迎える中期への基礎が出来る。また、漆技術が発達して器面への塗装や土器の補修に使われようになった (C)。中期になると、力強く、豪華な装飾を付けた土器が作られるようになる。形も鉢形、亀形に加えて円筒形の胴部の上に、一回り大きな内湾部を載せたキャリパー形などいろいろある。新潟県信濃川一帯に火焰型土器が出現したがこれは中期中頃のものである。燃え上がる炎に似ていることからこの様に呼ばれている (D)。後期の土器の文様は地味になり一時的にもろく粗雑な土器が出現する。土器の器種が多様化し注口土器、浅鉢等が盛んに作られるようになる。文様も一部の縄文を消す磨消 (すりけし) 縄文が東西の広範囲に分布し、地域色の強い土器が少なくなる (E)。晩期には東北方面で亀ヶ岡文化圏ができ、広く関東・東海・近畿地方まで及んだ。装飾など製作技術が高い雲形装飾土器はこの時期を代表するものである (F)。

土器の容量は深鉢が 30L から 1L であり、多くの土器は 2L 以下と比較的小型であった。その目的も食料や水の保管から煮炊き、さらに、酒造りにも使われていたかも知れない。また、食料に限らず衣服などの大事なものの保管、さらには遺体を入れてあったものもあったようだ。

◆土偶

縄文時代を通して人の姿を模した土偶が造られている (図 6-5 (A) ～ (D))。草創期の土偶 ((A),

図 6-5 縄文の土偶⁴⁾

- (A) 縄文草創期、高さ 6.8cm. 三重県粥見井尻遺跡出土
 (B) 縄文草創期、高さ 3.1cm. 滋賀県相谷熊原遺跡出土
 (C) 縄文中期、高さ 25.5cm. 山梨県鋳物師屋遺跡出土
 (D) 縄文中期、高さ 45cm. 山形県西ノ前遺跡出土

(B)) は高さ数センチの手のひらにすっぽり入る大きさで、胴体だけだが豊かな乳房から女性の姿と分かる。縄文時代過半まではこのような土偶であったが、縄文中期のある時期を過ぎると大型化して頭部や手足が形作られて様々な表現が試みられるようになった。出産まじかの母親の姿を思わせるもの (C) や素晴らしいデザイン性を持ったもの (D) など、その造形美のレベルも想像を超えた域に達していることがうかがえる。

土偶とその役割については安産を願っての新たな生命を育む地母神としての女性像、あるいはけがや病気の治癒を願っての自然界の精霊を表現したものなど様々な見方がある。土偶 (C) の内部は空洞で側面に 2 つの穴が空いている。中に木の実や土製の玉を入れ、振ると音がする「土鈴」として使われたと考えられている。出産の安全や一族の多産・繁栄を願う祭祀で、呪術者が土偶を振って祈っていたのだろう。

◆縄文時代の生活と習俗

縄文時代の人々は湧水のある台地の周縁部などに竪穴住居の集落で生活を営んだ。住居の中央には炉があって、平均 4～5 人くらいが住み、炉の近くにはトチ・カシ・クリなどの木の実を貯える穴を掘った。集落は 4～6 軒程度の住居で構成されることが多かった。一般的には、このような形で生活を営む縄文人が多かったのだろう。しかし、5500 年～4000 年前（縄文中期）とされる青森市三内丸山遺跡を調査したところ、数百人規模の大集落であり、長さ 32m もある大型竪穴住居が建っていたことなども明らかになった。なお、大型住居は集会場や共同作業場として使っていたのではないかと考えられている。大型住居や巨大な柱を建てるには多くの人が共同して当たらなければ無理だろうし、それを統率管理するには王国のような政治システムが必要ではなかったのかという疑問も湧いてくる。これらのことは縄文時代のイメージを一新させるものとなっている。

この時代、女性を象った土偶が作られ（図 6-4 (C), (D)）、成人を示す抜歯や、死者を折り曲げて葬る屈葬などの習俗が行われた。これらは不安定な狩猟・漁労・採集の生活のなかで、自然の中に霊威を認めて呪術によって災いを避け、豊かな収穫を願ったためのものだろう。縄文文化は 1 万年にわたって日本列島にさかえ、日本の民族と文化の原型はこの時代に形作られたと考えられる。

◆縄文時代の農耕

縄文時代の農耕と一口に言っても 13000 年もの長きにわたっている。その間、気候変動もあり、また、旧石器時代の南方からの移民が中心の西日本と北方からの移民中心の東日本とではその様子はかなり異なっていただろう。佐々木高明氏がその間の農耕について分かりやすく推察している。

それによれば、縄文時代の前期の頃に、プレ農耕段階の照葉樹林文化の最初の影響があり、そこで、きわめて小規模な原初的農耕が少しずつ始められたと思われる。しかし、その社会における経済効果としては非常に小さなものでしかなかった。ところが、縄文中期の頃、温暖化にともなって（この頃は、現代より暑かった）、自然条件の豊かな東日本のナラ林帯では「成熟せる豊かな採集社会」が発展したのに対し、資源の相対的に貧困な西日本では、採集・狩猟活動が食料供給に占める役割が比較的小さく、半栽培や農耕の比重が少しずつ高まっていったと考えられる。そうして、縄文時代の後・晩期には、大陸の照葉樹林帯から新たな文化の流入があり、雑穀とイモ類を主作物とする焼畑農耕を中心とし、その他に小規模な畑作やもっぱら天水のみに依存する水田（天水田）などを行なう「初期的農耕社会」が西日本の照葉樹林帯を中心に成立したのではないかと考えられている。

◆縄文時代の食物

縄文時代の人々はイノシシやシカなどの動物、カキやアサリなどの貝類、そしてクルミ、クリやドングリなどの木の実と多様な食物を食べていた。そして、貝類、植物などをまんべんなく食べていた。しかし、地域の違いもあり、北海道では海獣や海産資源、中部高地では草食動物やドングリやクリ、関東地方や九州地方では肉食が相対的に多かった。タンパク質は 40% を魚介類から、獣肉と植物食料から 30% ずつ得ており、バランスのよい食事をしていた。しかし、熱量の約 80% は植物性の食料のデンプンから得ていた。縄文時代になって土器で煮炊きができるようになり、デンプンを加熱して α 化し、消化しやすい形で摂取できるようになったため栄養学的にも大きく進展したと考えられる。

食用植物は多様であり、早期（約 12000 年前～7000 年前）には豆類とエゴマ、晩期（約 3300 年前～2800 年前）末にはアワ・キビなどの穀物を食べていたという。また、中期（約 5500 年前～4500 年前）にはクリが屋内に大量に貯蔵されており、相変わらず主食だった（とくに東日本）。クリは住居址の建材にも使われていたということで生活の中で重要な位置を占めていた。

従来は、ダイズやアズキは弥生時代に稲作とともに伝来してきた大陸起源の栽培植物と考えられていたが、縄文時代早期末から前期（約 7000 年前～5500 年前）にかけての時期にすでに中部高地や西関東地方でダイズやアズキの栽培が始まった可能性が指摘されている。また、同じ頃、北陸でエゴマの栽培が行われていたようだ。当時の栽培法は耕地を遷移して連作障害をさける焼畑農法だったと考えられている。これらは縄文前期に始まった原初的農耕が少しずつ高まってきた一つの例かも知れない。

土器の中には多量の種実を埋め込んだものが見つかっている。種実を粘土に練り込んで土器に埋めることは種子をまく行為と同じであり、土器という大地に種実を埋め込むことによって種子が再

び生まれてくるという、再生や豊穡を願って行われた行為と思われる。それは、多量に埋め込まれた種実が、ダイズやアズキ、エゴマ、ヒエ属などの栽培植物であることから頷ける。

縄文人たちは単に狩猟や漁労だけに専従していた人たちではなく、半人工物の生産者（半栽培）であり、限界はあったにせよ自然との対話の中で生産物の増産に努めてきた人々だったのだろう。また、長野県や山形県をはじめ各地の縄文遺跡から、「パン状炭化物」や「クッキー状炭化物」と呼ばれるデンプンの炭化物が見つっている。縄文前期の山形県押出遺跡からの「縄文クッキー」の分析結果から、それらはクリ・クルミなどの木の実のデンプンとニホンジカやイノシシの肉と血液、野鳥の卵などを素材に、塩と野生酵母を加え、200～250度で焼いたものだと判明したという。栄養価は100グラム当たり400～580Calときわめて高く、保存食としても良好だということだから食料加工の技術もかなりのレベルにあったようだ。

◆縄文の酒

縄文人は上述の食用植物以外に果物も食べていたと考えられているが、青森県三内丸山遺跡などの縄文前期・中期の遺跡からニフトコ、キイチゴ、サルナシ、ヤマグワ、マタタビ、ヤマブドウなどの種子が見つっている。なかでもニフトコの種子が多いが、ニフトコの赤い実（図6-3（B））はそれほど美味しいものでもないことから、発酵させて酒にしていたのではないかと推察されている。種子と同時に発酵した果実を集まるミバエのさなぎもたくさん出土していることから、この考えが支持される。

ワインの場合は、約8000年前のグルジア（ジョージア）の遺跡から出土した壺の破片にワインの残滓の酒石酸などが付着していたことからこの頃にはワイン造りが行われていたと考えられている。一方、前述したように約7000年前の縄文前期にニフトコの果実を原料として酒を造っていたのが事実なら日本列島でも、やや遅れてではあるが、ほぼ同じ時期に酒造りが行われていたことになる。ブドウの場合、果汁の甘さに惹かれて、ブドウジュースを壺に保管したことがワイン造りのきっかけとなったようだ。縄文人も熟したニフトコ果実のジュースを縄文土器に入れて保管していたのが、たまたまある時、発酵して、さらに素晴らしい発酵酒に変わっていたのではないかとこの仮説は非常に魅力がある。しかし、ニフトコの果実はそれほど美味しいものではないということだし、3-4mmと小粒なので簡単にジュースにはならないかも知れない。果実のまま保管しておくで甘くなったのだろうか？土器について考えてみると、縄文前期の初期にはまだ有孔罎付土器は登場していないが、この頃から底が平らな土器が登場することから果実や酒の保管には適するようになってきている。

一方、今から約5000年前の縄文中期の遺跡（長野県井戸尻古墳）から有孔罎付土器（図6-6）が見つかっており、この用途についてもいろいろ議論されているが、酒造具だという考えが有力のようだ。土器の特徴としては口唇部分が平らで、上部に罎（つば）があって、孔があること。この孔は発酵の際のガス抜きではないかと考えられている。また、この容器には内面・外面に漆が塗ってあり、これは腐敗を

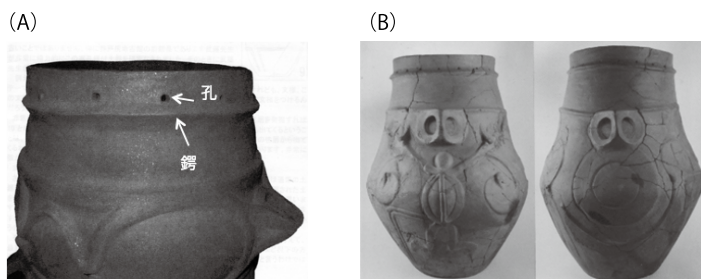


図 6-6 有孔罎付土器 (A) 孔と罎, (B) 半人半蛙文有孔罎付土器

(井戸尻考古館 HP より)

抑えるためだったのだろう。また、土器の中にヤマブドウの種子が残っていたことから、ヤマブドウを発酵させてワインを作るのに用いられたのではないかと推定されている。いずれにしても、果実には野生酵母が付いているし、酵母は果物の糖をアルコールに変換することができるから最初の酒は果実を原料とした酒である可能性が高い。しかし、果実をそのまま土器に入れておいて酒になるかという疑問もある。カビが生えて腐ってしまうかあるいは乾燥して干からびてしまうのではないだろうか？果実をジュースにして保管していたとしたら酒になる可能性が高い。わが祖先は、この当時からヤマブドウをジュースにしていたのではないかという考えも湧いてくる。

いつの時代も主食を原料とした酒があるはずだ、というのが定説ではあるが、縄文時代にドングリやクリの酒があったという証拠はない。ドングリやクリの糖質はデンプンだから、酵母が酒にするにはデンプンを加水分解してグルコースやマルトースにしなければならない。ビールの原料の麦デンプンは発芽した麦の種子中の酵素、日本酒の原料の米デンプンは麹菌の酵素によって加水分解される。縄文時代には、これらを利用する知識はなかったから、あるとすればこれらを噛んで壺中に仕込む「口噛み酒」ということになる。唾液に含まれている消化酵素がデンプンを分解してブドウ糖に変え、これに空気中に浮遊している酵母が飛び込んで発酵という段取りが進む。ドングリやクリを原料とした口噛み酒の可能性も否定できないが確たる証拠はない。

当時の酒は嗜好品として飲むのではなく、神人交換、集団による祭祀の一環として気分を高揚させるために飲んだのだろう。土偶などを見ても当時から神に対して畏敬の念を抱いていることが推察される。実際、縄文時代の後・晩期には口径を小さく窄めた壺や注口土器が作られている。注口土器は聖性の液体を蔵し、そして注ぐ器であり、壺の中にも同種の液体が納められていたにちがいない。聖性の液体と言えば、酒ではないだろうか？いろいろ知恵を絞って酒を造っていたとしても不思議ではない。どんな酒であつたか甚だ興味が持たれるところである。いずれも想像の域を出ないが、想像すること自体が楽しい縄文時代だ。

参考文献

1. 五味文彦・鳥海靖（編）：もういちど読む山川世界史・山川出版、2009.
2. 小畑弘己：圧搾法が縄文人の食と心・ユリイカ 49（6）、94-104、青土社、2017.
3. サイモン・ケイナー：縄文に魅せられて・ユリイカ 49（6）、179-194、青土社、2017.
4. 日本経済新聞：土偶の1万年（2014年8月3日）
5. 桐原 健：縄文の酒・学生社、2000.
6. 佐々木高明：日本史誕生・集英社、1991.
7. 甲野 勇：縄文土器のはなし・学生社、1995.
8. 麻生 優、白石浩之：縄文土器の知識 I、II・東京美術、2000.
9. 長沢宏昌：第12回縄文文化講座要旨集、有孔罅付土器の形と用途・NPO 縄文文化輝く会、2007.

耐油脂性の高いトマト色素製剤 「TSレッド・TMZ」の開発

村上 拓也 (MURAKAMI Takuya) *

* 株式会社タイショーテクノス 研究所

Key Words：トマト色素 リコピン

はじめに

トマト色素は「ナス科トマト (*Lycopersicon esculentum* MILLer) の果実から得られた、リコピンを主成分とするものである」と第8版食品添加物公定書に定義されている。

リコピンを主成分とするトマト色素は、リコピンが消費者に広く健康に良いというイメージで認知されている点と、他の天然系色素の原料と比較しても馴染みが深いトマトが原料であるという点から非常に印象が良い色素と言える。それに加えて、色素の需要が合成色素から天然系色素、特に植物性の色素にシフトしていることもあり、各方面の食品で評価が進み年々市場は拡大している。

1. トマト色素製剤に関して

トマト色素製剤は大きく分けて2種類のタイプが存在する。1つは「トマト色素が油に溶解したタイプ」の製剤である。トマト色素の主成分であるリコピンは油溶性の物質であり、溶解タイプの色素製剤は黄～橙色を呈す。もう一つはトマト色素の結晶を微細化し、分散させたタイプの製剤である。結晶分散タイプの製剤はトマトと聞いてイメージする赤色を呈す。当社では後者の結晶分散タイプの製剤に的を絞ってこれまで様々なタイプの製剤を開発してきた。これ以降、本稿におけるトマト

色素製剤とは結晶分散タイプの製剤の意で使用する。トマト色素製剤の色調は結晶の粒子サイズの影響を強く受ける。市場で入手できるトマト色素原料(リコピン結晶)は、そのまま分散させると暗いレンガ色を呈す。しかし、結晶を微細化することで鮮やかな色調となり、結晶の粒子サイズや、分散状態等により色調を変化させることが可能である。

当社では独自の製剤化技術を用いることにより、橙色～赤色～桃色を呈すトマト色素製剤を取り揃えている。

2. トマト色素の食品への応用例

- 水産練り製品への利用 -

トマト色素は赤板かまぼこ、なると、飾りかまぼこ等に利用されている。トマト色素製剤は微細な結晶を分散させた形態であるため、練り製品内での色素のにじみや、色移りが発生しない。そのため水産練り製品にトマト色素を用いることでコントラストがハッキリとした着色が可能となる。

また、トマト色素は水産練り製品の中でもカニ風味かまぼこに使用されることが多い。カニ風味かまぼこの着色形式として転写ではなく練りこみが使用されるようになった際に色流れせず、紅麴色素と比較して耐光性が良いという特徴によりカニ風味かまぼこでの使用が増加し

た。トマト色素製剤は、製剤化の条件によりカニ肉の色調である赤色～橙色を再現することが可能であったことも一因であると思われるが、さらに色調を変えたい場合はパプリカ色素が併用されるケースもある。

- 飲料への利用 -

トマト色素製剤は、飲料にも利用することが可能である。飲料を赤色に着色する場合は、アントシアニン系の色素が利用されるケースが多い。しかし、アントシアニン系色素は使用できるpH域が決まっていることや、ビタミンCが多く含まれる飲料では退色が促進されてしまうことなどから、使用が適さないケースも存在する。トマト色素製剤はpHによる色調変化がなく、ビタミンCが過剰に添加されていても退色が促進されないという特徴があるため、アントシアニン系色素が使用できない飲料でも利用することが可能である。

しかし、リコピン結晶が分散している一般的なトマト色素製剤では、飲料の長期保管に伴いトマト色素が液面部分にネックリングを生じるケースがある。そこで、当社ではこれまでの製剤化技術を生かし、飲料中での安定性を高めたトマト色素製剤TSレッド・TBを開発した。TSレッド・TBは従来のトマト色素製剤と比較して凝集が起きにくく、長期保管後も分散状態を維持できるため、ネックリングが生じにくい製剤である（図1）。

- その他の食品 -

トマト色素製剤が利用される上記以外の食品

としては、ゼリー等の冷菓、キャンディー、フルーツソース、コンニャク等が挙げられる。

3. 油脂含有食品への応用

- 耐油脂性トマト色素の開発 -

ここまでトマト色素製剤が利用されている食品として列挙した食品には共通点が存在する。それは、食品組成中に油脂がほとんど含有されない点である。既存のトマト色素製剤を用いて、油脂を含有する食品を着色した場合、食品はトマト色素と聞いてイメージするような赤色ではなく黄色寄りの色調に変色してしまう。先にも記したが、トマト色素の主成分であるリコピンは油溶性の物質であり、溶解した際の色調は黄色を呈す。そのため着色する食品に油脂が含まれた場合、その油脂にトマト色素が溶解し、赤色を保つことができず黄色みを帯びてしまうのである。身近な例としては、トマトソースの Pasta を食べた後の皿に残った油が黄色く染まっているのを見たことがあるのではないだろうか。これも、トマトソースの油にリコピンが溶解している例である。トマト色素が赤から黄色みを帯びた色調に変色を起こす条件は食品の種類によっても異なるが、食品中の油脂の状態によつては食品組成中1%以下の油脂でも変色してしまうケースもある。この変色により従来のトマト色素は赤色として使用できる食品が大きく制限されていた。

これまでも、トマト色素製剤は油脂を含む食品に使用したいという要望があったが、パンや焼き菓子、クリーム類、畜肉・魚肉ソーセージのような食品では、油脂への溶解により結晶分散が保てず赤色色素としては使用ができなかった。この要望に応え、トマト色素製剤の市場をさらに拡大することを目標として、当社では油脂を含む食品も赤色に着色可能な耐油脂性の高いトマト色素製剤の開発に取り組んできた。

その中で、耐油脂性の高いトマト色素製剤の開発に成功し、特許を取

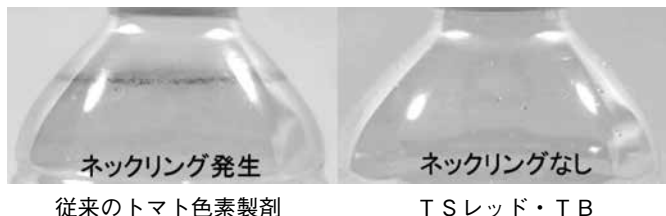
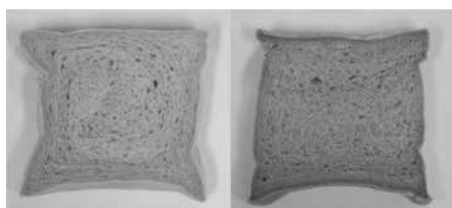


図1 トマト色素製剤の飲料中での安定性
Brix: 10 pH3.3
保管条件: 40℃, 2 カ月



	既存トマト色素製剤	TSレッド・TMZ
L 値	55.12	55.97
a 値	18.19	20.56
b 値	23.54	11.99

※分光色差計を用いた反射式調の測定値

材料	配合 (%)
強力粉	57
上白糖	2.9
塩	1.1
ドライイースト	0.8
水	35.3
ショートニング	2.9

焼成温度/時間 200℃/25分

図2 パンに着色した際のTSレッド・TMZと既存トマト色素の色調比較と試作組成

得した（特許 5280571 号）。この特許製剤は、食品組成中に 10% 程度植物油脂を配合し、レトルト加熱を行う魚肉ソーセージをコチニール色素に近い明るい赤色に着色することが可能である。この特許製剤は、水と接触すると凝集する性質を持ち、凝集する際にトマト色素の周囲に被膜が形成されることで耐油脂性が付与される。この特性により、畜肉・魚肉ソーセージのように食品の製造工程中に、発生した色素の凝集をせん断する工程がある食品以外での使用には適さなかった。凝集物をせん断できる工程が無い食品に使用した場合は、色素の凝集物が食品中で斑点状になるという問題が発生する。

限定された製造工程を持つ食品しか着色できないという欠点を無くし、「より汎用性を有する耐油脂性の高いトマト色素製剤」を目標に開発したのが、当社が今年新たに販売を開始した『TSレッド・TMZ』である。TSレッド・TMZは特許技術（特許第 6170231 号）により、水に分散可能であるというハンドリングの良さと、先の耐油脂性製剤と同様な高い耐油脂性を兼ね備えたトマト色素製剤である。TSレッド・TMZであればこれまでトマト色素製剤で赤色に着色することができなかった、パンや焼き菓子、クリーム類も赤色に着色することが可能である（図2）。

しかしながら、当社の試験ではTSレッド・TMZは製造工程で強い圧延が加えられる麺類では耐油脂性が維持できないことが確認されている。一方で、同様の圧延をパン生地に行った際は、耐油脂性の低下は発生しない。このことから、単に圧延工程がある食品で使用できないわけではなく麺類の組成や物性によるところが大きいと考えている。当社の試験でTSレッド・TMZと従来のトマト色素を用いて着色した食品例を表1に示す。

食品を赤く着色する際に選択できる天然系の色素は複数種類存在する。しかし、パンをイチゴをイメージした赤色に着色するケースを例に考えると、アントシアニン系の色素は、多くのパンの pH では色に変化して赤色としては使用できない。ベニバナ赤、ビートレッド色素は耐熱性が弱いいため、パン製造時の焼成で退色が発生し、ベニコウジ色素も販売形態が遮光でない場合はすぐに退色が発生する。また、目標とする色みが、青みの少ない赤の場合、クチナシ赤

表1 従来のトマト色素とTSレッド・TMZを用いた各食品の着色結果

食品	従来のトマト色素	TSレッド・TMZ
白玉	変色	赤色に着色
食パン	変色	赤色に着色
マドレーヌ	変色	赤色に着色
カスタード・生クリーム	変色	赤色に着色
畜肉・魚肉ソーセージ	変色	赤色に着色
麺類（製麺機使用）	変色	変色

色素では色調が合わない。ラック、コチニール色素は色味も良く安定性も高いが、色素自体のイメージから使用が忌諱されることがある。

このように、赤色を呈す天然系の色素はいくつも存在するが、さまざまな要因から実際に選べる色素はかなり限定される場合が多い。対して、トマト色素はpHによる色調変化がなく、熱に対しても安定であり、耐光性も紅麴色素と比較して強いといった特性の良い色素であり、最大の難点であった耐油脂性も今回の開発

で克服できたことになる。

おわりに

本稿では従来のトマト色素製剤と新たに開発した耐油脂性の高いトマト色素製剤（TSレッド・TMZ）の解説を行った。

今後、天然系色素の中でも植物性の着色料の需要はさらに拡大するものと考えられる。その中で、TSレッド・TMZが様々な食品に利用されることを期待する。

豊かで潤いのある食文化の実現に貢献します。



株式会社 タイショー テクノス

本社: 〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町36番2号 TEL: 03-3808-1441
営業TEL 東日本営業部・化学品営業部 03-3808-1444 西日本営業部 06-6223-8020
URL: <http://www.taishotechnos.co.jp/>

冷水可溶性澱粉 C ☆ HiForm (シースター・ハイフォーム) について

東川 浩 (HIGASHIKAWA Hiroshi) *

* 株式会社カーギルジャパン

Key Words : C ☆ HiForm ドラムドライアルファ澱粉 ハイフォーム

1. ドラムドライアルファ澱粉とスプレークッキング冷水可溶性澱粉 ハイフォームの比較

C ☆ HiForm (シースター・ハイフォーム。以下、ハイフォームと称す) は、冷水に分散することによって溶解し粘度発現する冷水可溶性澱粉 (アルファ澱粉、インスタントスターチなどと呼ばれる) である。アルファ澱粉は、製造法として、ドラムドライ、エクストルーダー、スプレードライ、スプレークック等の方法があるが、

最も一般的な製造法はドラムドライ方式である。これは、高温に加熱したドラム上に高濃度澱粉スラリーを流し、瞬間的に熱ドラム上に澱粉フィルムを作り、それをブレードでかき取った後、粉碎、篩がけする方法である。面で澱粉を乾燥させるため、最も生産効率のよい方法といえるが、このタイプのアルファ澱粉には次のような欠点も見られる。

①製造時、熱ドラムに澱粉糊液が一定時間滞留するため、澱粉自体が熱ダメージを受け、原料澱粉の性状と異なってしまう。

②熱ダメージを受けた澱粉粒子は崩壊し (写真1参照)、食品に応用した際、その部分が食感を

阻害したり、保存安定性の低下につながる。

③一般的に、原料澱粉に比較して粘度が大幅に低下してしまう。

これらのドラムドライ冷水可溶性澱粉の欠点を改善したのが、ハイフォームである。これはスプレークッキングという方式により、スプレータワーにおける噴霧時、高温で瞬間的に澱粉スラリーを乾燥させた製品である。ピンポイントにおける乾燥であるため、生産効率の低下は否めないが、以下のような優れた特長が見られる。

①糊化時の熱ダメージを最小限に抑えることができ、澱粉粒子に崩壊が見られない (写真2参照)。この結果、老化抑制も優れ、食感の安定性も良好なものとなる (ドラムドライアルファ化未加工ワキシーコーンスターチの糊液は24時間後に老化が始まり、粘弾性が上

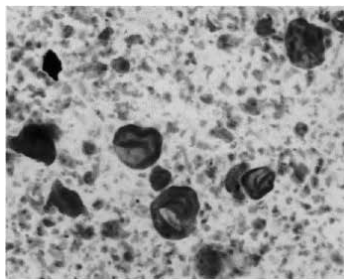


写真1 ドラムドライアルファ澱粉
加熱とシェアによる損傷澱粉の比率が著しい

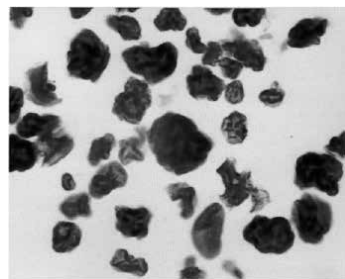


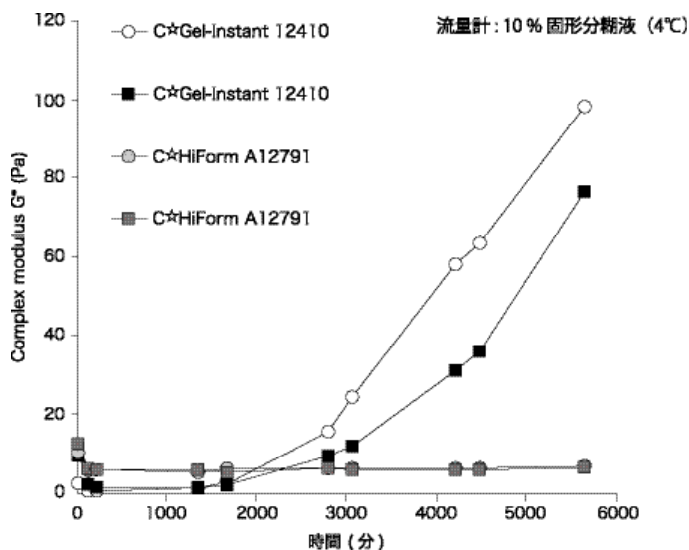
写真2 ハイフォーム
加熱とシェアによる損傷澱粉は最小限に抑制できる

昇する。一方、冷水可溶澱粉の糊液は、四日後も粘度上昇が確認されず、その老化抑制効果を確認できた。⇒グラフ 1 参照)。

②スプレードライ条件を変更することにより、微粉末製品のみならず、顆粒製品も製造できる。冷水可溶澱粉は、水に分散させると瞬間的に澱粉の膨潤が起るため、ダマ・ままこになりやすいが、冷水・熱湯に分散時この現象を低減することができ(図 1 参照)。

③原料澱粉と同等の、なめらかで好ましい食感を得ることができる。

④原料澱粉と同等の高い粘度特性を維持することができ、製造工程における耐性等も維持することができる。グラフ 2～5 に、加工ワキシコーンスターチ、加工タピオカスターチの粘度をを様々な条件において測定・比較したグラフを示す(A. 原料澱粉, B. ドラムドライ澱粉, C. スプレックッキング澱粉の比較)。また、グラフ 6 にハイフォーム A 製品群(顆粒品)の粘度比較, グラフ 7 にハイフォーム製品群(微粉末品)の粘度比較



12410: 24 時間後に粘弾性増加が開始。

12791: 4 日後も老化が確認されず。

グラフ 1 ハイフォーム A 12971 とゲル・インスタント 12410 の老化度合い比較

を示す。

⑤高粘度と高い製造歩留が故に、澱粉添加率を下げる事ができ、実際の使用上のコストを低減も可能である。

⑥粘度発現が速い。粘度発現の速さは、冷水可溶澱粉(微粉末品) > ドラムドライアルファ澱粉 > 冷水可溶澱粉(顆粒品)の順である。

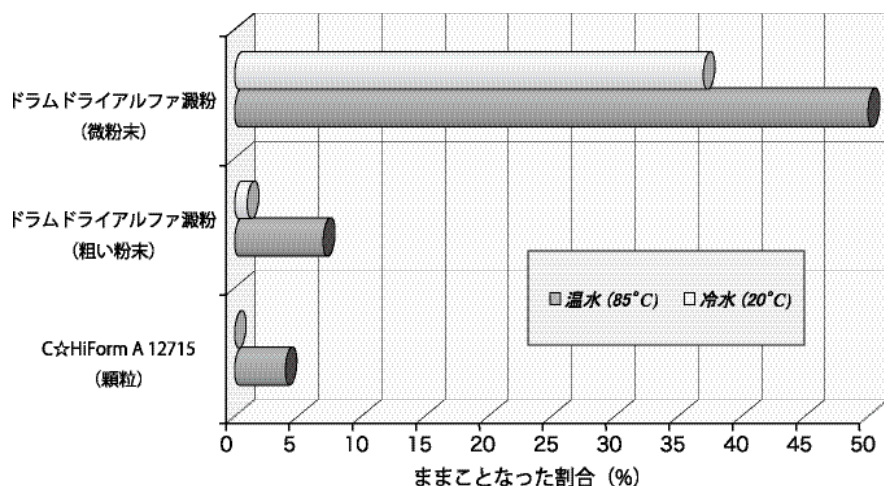
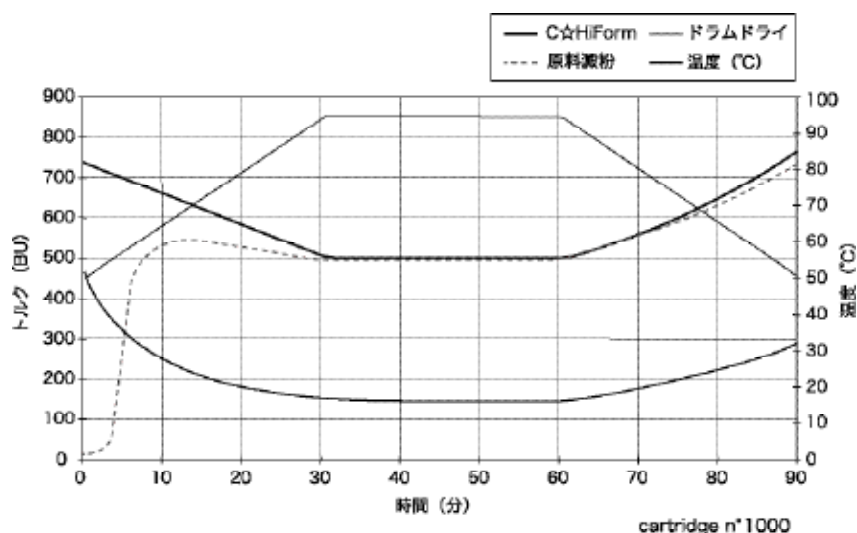
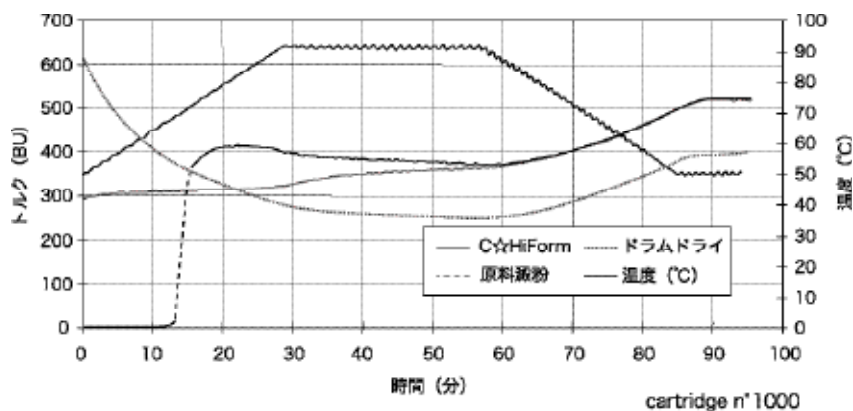


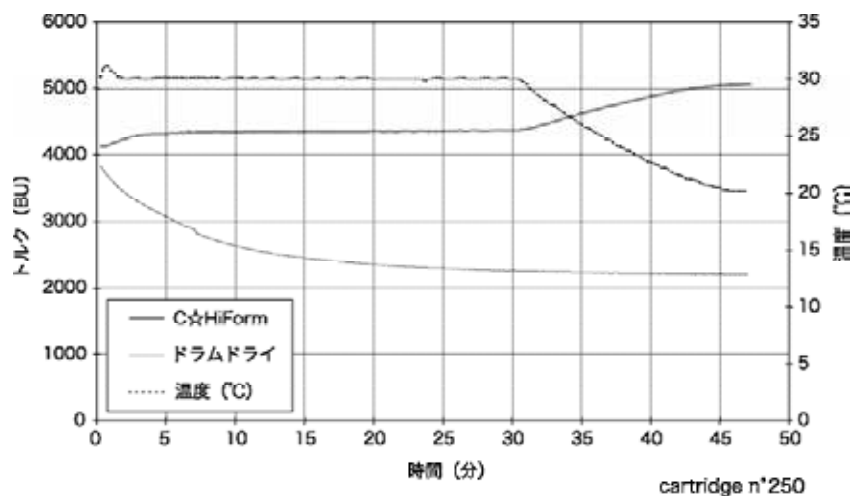
図 1 各種アルファ澱粉の分散性(溶解性)比較



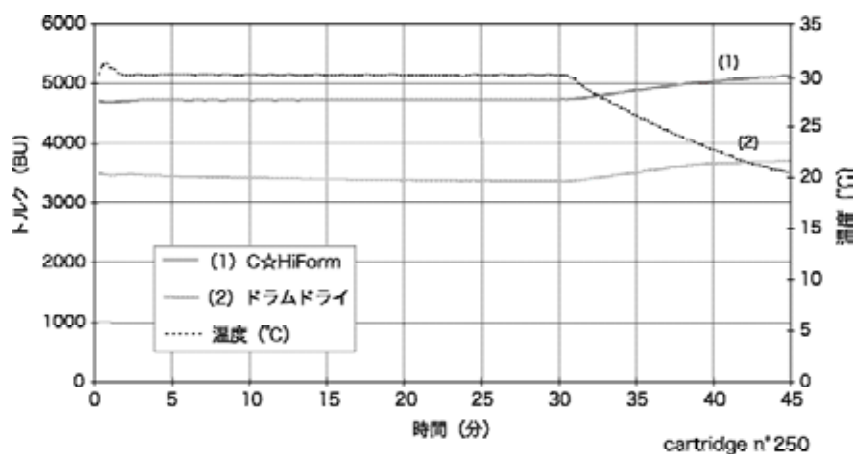
グラフ 2 加工タピオカ澱粉の粘度特性ブラベンダープロファイル (中性、加熱)



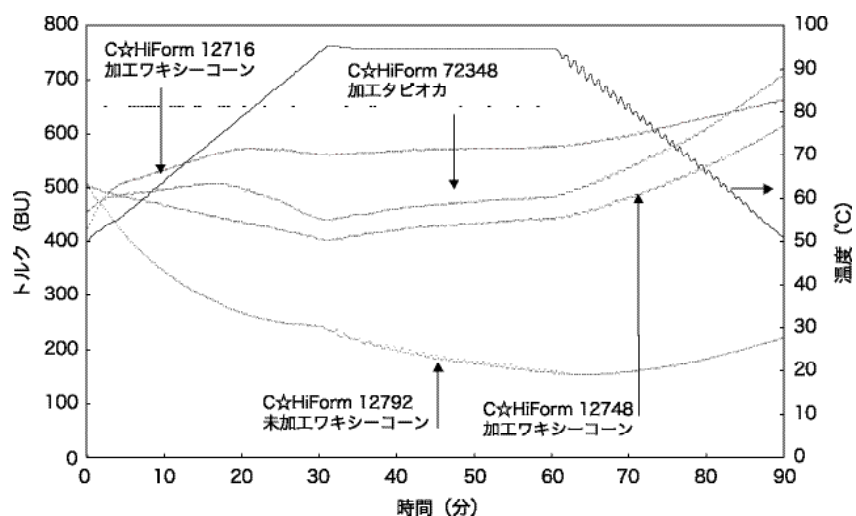
グラフ 3 加工ワキシーコーンスターチの粘度特性ブラベンダープロファイル (加熱・酸性・砂糖添加)



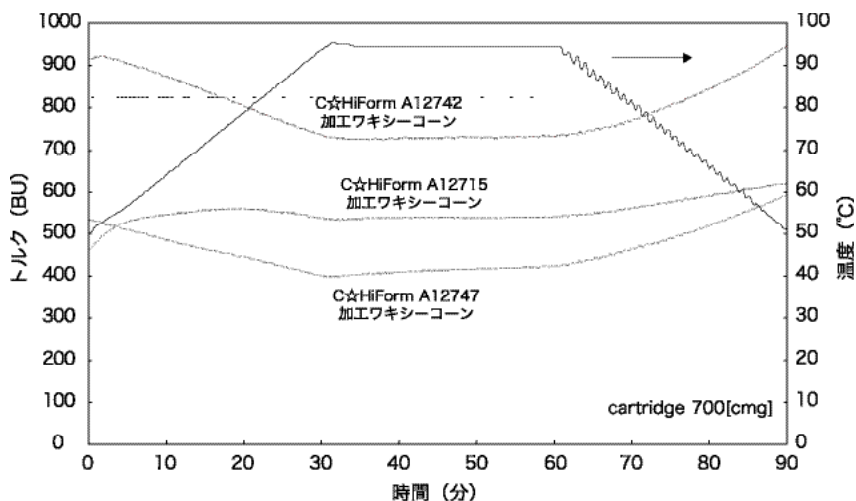
グラフ 4 加工タピオカ澱粉の粘度特性ブラベンダープロファイル (非加熱・中性)



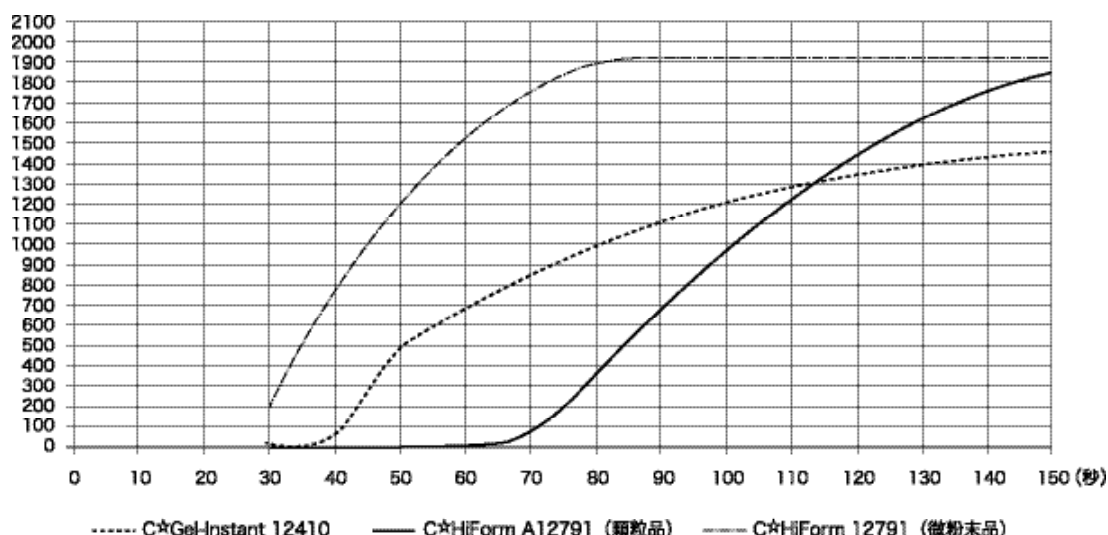
グラフ 5 加工ワキシークーンスターチの粘度特性ブラベンダープロファイル (非加熱・中性)



グラフ 6 ハイフォームの粘度特性ブラベンダープロファイル (加熱・中性)



グラフ 7 ハイフォーム A の粘度特性ブラベンダープロファイル (加熱・中性)



グラフ 8 B 型粘度発現スピードの比較 (冷水中, 6% 澱粉固形分濃度)

顆粒品については、顆粒の中心まで水が浸透するのに若干の時間を要するため、このような順序となる (冷水中の B 型粘度発現スピードの比較試験結果をグラフ 8 に示す)。

- ⑦保水能力に優れ、透明性とツヤが高い。
- ⑧クリーンなフレーバーである。
- ⑨様々な食品製造において、優れた効果を発揮し、加熱工程・非加熱工程ともに応用が可能である。
- ⑩低いベタツキ故に、作業時のハンドリング性が良好である。
- ⑪分散しにくい配合 (バッチ製造) においても、製造許容範囲が幅広い。澱粉の高濃度添加が可能であり、粉塵も立ちにくい。

2. 冷水可溶澱粉の原料

澱粉原料としては、糊液の安定性に優れているワキシーコーン、タピオカが、その応用範囲が広い。一般的に以下のような理由で、ワキシーコーン、タピオカが食品用途に最適な原料澱粉といえる。

- ①澱粉の風味が弱く、他の素材の風味を阻害しにくい (特にパン、麺、菓子等の小麦粉製品について、要求される特長である)。
- ②アミロペクチン (澱粉中の分岐状構造) の含

有量が高いため (ワキシーコーンは約 100%, タピオカは約 83%), 保水性が非常に優れる。故に老化抑制効果が高い。

- ③タピオカはもちもち感を有しているため、食感改良に効果的である。ワキシーコーンはもちもち感は少ないが、しっとり感が高く、口どけが良い。
- ④タピオカ、ワキシーコーンともに、ノン GMO, ノンアレルギーである。

3. 澱粉の加工方法について

カーギル社では、以下の澱粉、加工澱粉を冷水可溶化した製品を生産している。

- ①未加工澱粉 (原料: ワキシーコーン)
- ②アセチル化アジピン酸架橋澱粉 (原料: ワキシーコーン)
- ③ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉 (原料: ワキシーコーン, タピオカ)
- ①は、膨化力が高く、クリーンなフレーバーである。クリーンレーベルスターチとして、食品としての“澱粉”表示が可能である。
- ②は、耐熱性・耐酸性・耐シェア性の加工耐性に優れており、糊液のボディ感も高く、コシのあるしっかりした食感である。特に高温でのベーキング耐性に優れている (糊液のダレ

が起こらない)。

- ③は、耐熱性・耐酸性・耐シェア性の加工耐性に優れることに加えて、ヒドロキシプロピル基の高分子量故に、保水力が極めて高いため、冷蔵安定性・冷凍解凍安定性にも著しく優れており、老化抑制効果も高い。食感もなめらかで、ソフトである。また無味無臭に近く、最終製品の風味を阻害しない。

4. カーギル社の冷水可溶澱粉製品群

カーギル社の冷水可溶澱粉製品群を、表 1、表 2 に示す。1～5 のランク付けは、相対的評価であり、数値が高いほど、その特性が高いことを意味する。

前述の通り、スプレークッキングの条件を変えることによって、その粒径を調節することができ、顆粒・微粉末製品を製造し分けることができる。製品番号の最初に A が付く製品が顆粒品 (A は、顆粒 : Agglomeration の意味)、A のつかない製品が微粉末品である。

澱粉のヒドロキシプロピル化、またはアセチル化 (置換度 : 低～中～高)、架橋 (架橋度 : 無

～低～中) を組み合わせ、そのレベルを微妙に調整し、澱粉膨潤条件等の異なった澱粉を製造することによって、様々な要求に対応すべく、特性の異なる澱粉を得ることができる。

5. 冷水可溶澱粉の主な用途について

冷水可溶澱粉は、次のような用途に応用でき、ユニークな特性を付与することができる。

①ソース、たれ、ドレッシング

過酷な製造条件下でも加工耐性があり、安定性が優れる増粘剤として利用することができる。

②製菓・製パン

ベーカリー製品は、低い添加率での使用でも、しっとり感、ソフト感、もちもち感を付与し、老化抑制効果もあるので、長期保存も可能となる。高添加率を配合することによって、もちもち感が著しく改善され、ユニークな食感を有する新製品の開発が可能となる。

③和菓子、洋菓子

高水分系において、独特のソフト感、もちもち感、クリーミー感を付与し、口どけ等の特性も改善することができる。外観においても、均

表 1 冷水可溶澱粉 C ☆ HiForm (ハイフォーム) 製品群 (フランス工場製品)

製品番号	A 12742	12748	A 12715	12716	A 72345	72348
原料澱粉	ワキシコーン				タピオカ	
粒度	顆粒	微粉末	顆粒	微粉末	顆粒	微粉末
粘度 (中性)	5	4	4	4	5	4
粘度 (酸性)	3	4	3	3	3	4
分散性	4	3	4	3	4	3
酸・シェア耐性	3	4	5	5	5	5
凍結解凍・保存安定性	4	5	4	4	4	4
糊液透明性	5	5	4	4	5	5
ベーキング耐性	3	5	5	5	3	3

表 2 冷水可溶澱粉 C ☆ HiForm (ハイフォーム) 製品群 (米国工場製品)

製品番号	12744	12747	12750	12751	12753	12754
原料澱粉	ワキシコーン					
粒度	微粉末					
粘度 (中性)	2	3	4	4	5	3
粘度 (酸性)	3	4	4	4	5	4
分散性	4	4	3	3	4	3
酸・シェア耐性	5	4	3	3	3	4
凍結解凍・保存安定性	4	5	4	4	4	4
糊液透明性	4	5	5	5	5	4
ベーキング耐性	5	5	3	3	3	5

一で透明性が高い製品、テリ・ツヤが高い製品の開発も実現できる。

④乳製品デザート

保水性が高いため離水の発生もなく、外観はツヤやテリが高くなる。口当たりが良好で、クリーミーな食感を実現することが可能である。非加熱工程のインスタントミックス粉末にも応用できる。

⑤スープ

熱湯や冷水を注ぐインスタントスープに活用できる。ダマの発生が少なく、分散性・溶解性に優れ、食感的にもなめらかでクリーミーな製品の開発に貢献できる。

⑤フィリング

口どけの良いタイプ、ベーキング耐性を有す

るタイプ等々、様々な特性をもったフィリングを設計することができる。

⑥スナック菓子

未加工ワキシコーンを原料とした冷水可溶澱粉は、膨化力に優れ、最終製品のボリュームを増し、軽く脆いユニークな食感をもったスナック菓子の開発を可能とする。

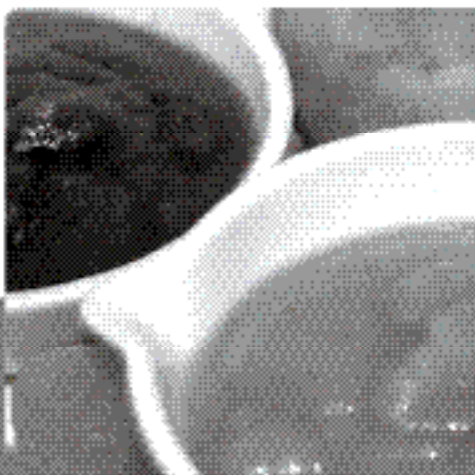
おわりに

本稿では、冷水可溶澱粉、ハイフォームのユニークな特長、応用例の一部を紹介した。当該製品は、付加価値が高く、その優れた物性故に様々な新規用途に応用できると考えられる。弊社のグローバルとローカルの両面の研究開発機能を活用し、今後もその用途を開発・拡大して、食品産業に一分でも貢献できれば幸甚である。



Cargill Texturizers and Specialties

カーギル社の冷水可溶澱粉 ～ハイフォーム・シリーズ～



シースター・ハイフォーム
C☆HiForm (微粉末品)

シースター・ハイフォーム エー
C☆HiForm A (顆粒品)

お問い合わせ

株式会社カーギルジャパン
テクスチャライジングソリューションズ部
TEL:03-5224-5705 FAX:03-5224-5700

プランクトンの増殖促進による 地球温暖化防止法と漁業の復活策

尾崎 庄一郎 (OZAKI Shoichiro)

愛媛大学名誉教授

Key word: NOx, CO₂, CO₂ 同化反応, global warming, NOx elimination, 排水処理, 魚

Abstract

The earth is warmed up by the heat evolved by the burning of fossil fuel releasing The earth is warmed up by the burning of fossil releasing CO₂. If we can compensate the generation of CO₂ by CO₂ assimilation, global warming can be protected. To promote CO₂ assimilation, supply of nutrient N and P is essential. NOx is produced when fossil is burned. NOx is critically important for plant growth. Japan government ask us to eliminate NOx in burned gas and ask us to eliminate N, P in drainage. Fish production decreased 70 % in past 30 years. When we look at fish industry of many country, the country which use NOx in burned gas and N, P in drainage are producing much fish and fixing much CO₂ and contributing for the protection of global warming. Effective uses of NOx and drainage N, P are clever way to protect global warming and to get many fish

要旨

地球は化石燃料の燃焼により発生する CO₂ と熱により温暖化されている。CO₂ 同化反応により CO₂ と熱を吸収して、相殺してやれば地球温暖化は防ぐことができる。日本は国土が狭く放出した CO₂ を固定しきれない。周りを海に囲まれているので海で CO₂ 同化反応を盛んに行わなければならない。植物の成長を促進して CO₂ を固定する同化反応を促進するためには栄養塩類 N と P の供給がもっとも大切なことである。NOx は窒素肥料の主要源である。

多くの政府が NOx を公害物質として排除する法律を作りアンモニアで NOx を排除している。NOx が排除により CO₂ 同化反応が阻害され地球温暖化が促進されている。NOx は 1 分子で 25 分子の CO₂ を固定できるので、NOx の排除をやめることによって地球温暖化を防止することができる。日本の漁獲量は過去 30 年間に 70% 減少した。世界の漁業を見ると NOx, 排水中の N, P を有効に利用している中国などが大量の魚を生産していることがわかる。NOx, 排水中の N, P を利用してプランクトン、魚を養殖して CO₂ の固定を行い自国で発生した CO₂ を自国で固定している。NOx, N, P の排除を止めれば地球の温暖化を防止でき、衰退した日本の漁業を復活させることができる。

はじめに

世界の最近の課題は地球温暖化防止であり CO₂ の削減である。パリ協定は CO₂ の削減を求めている。CO₂ を削減するには CO₂ の放出を削減して、CO₂ の固定を増加すれば良い。地球は化石燃料の燃焼により発生する CO₂ と熱により温暖化されている。CO₂ 同化反応は太陽熱を吸収しながら CO₂ と水から炭水化物ができる反応である。燃焼は同化反応の逆反応である。化石燃料の燃焼による CO₂ と熱の発生を同化反应用による CO₂ と熱の吸収によって相殺する事ができれば地球の温暖化を防ぐことができる。地球誕生時に 95% あった CO₂ を現在の 400ppm まで下げたのはプランクトンの CO₂ の同化反応である。CO₂ 同化反応の 70% は海で行なわれているといわれている。プランクトンの成長を促進するため NOx の排除, 排水処理をやめて海に栄養塩類である窒素, リンを供給することがもっとも大切なことである¹⁻¹²⁾。

CO₂ 同化反応

CO₂ 同化反応については多くの報告¹³⁻²⁸⁾があり, CO₂ 同化反応が気候の制御に重要な役割を演じており, 栄養塩類 N,P の供給が CO₂ 同化反応の促進に極めて重要であることも述べている。NOx は栄養 N の主要源である。植物は, CO₂ と水と栄養 N, P を食べながら成長している。N, P なしでは植物は成長できない。CO₂ をもとに地球上の全植物が作られている。動物は

植物または植物を食べて育った動物を食べて生きている。またこの植物を素にして化石燃料なども作られている。石油はプランクトンの化石で石炭は樹木の化石である²⁾。世界で 2015 年化石燃料 140 億 t を燃焼させて 350 億 t の CO₂ と 2.5×10^{15} kcal を排出している。CO₂ 同化反応により固定化される CO₂ の量は莫大であり世界の全 CO₂ は 7 年で全量新たな CO₂ に置き換えれると試算されている。植物の CO₂ 同化反応によって CO₂ と熱を吸収することによって地球温暖化を防止することが最良の方法である。

主要 10 ケ国の CO₂ 増加を表 1 に示す。森林, 農地は 1 km² で 14t の CO₂ を固定できるので国の面積に 14t をかけるとその国で固定できる CO₂ の量を計算できる。放出される CO₂ から固定可能な CO₂ を差し引けば増加 CO₂ 量が計算できる^{10, 11)}。

CO₂ の排出量は中国, アメリカ, インド, ロシア, 日本, ドイツ, カナダ, イギリス, イタリア, フランスの順である。このうち上位 4 カ国中国, アメリカ, インド, ロシアは放出された CO₂ を自国で同化反応により固定できる。国が広くて自国の緑の CO₂ 同化作用で固定できる。日本, イギリス, イタリアは国が狭いので放出された CO₂ の全部は固定できない。日本は 12 億 t の CO₂ を放出した。日本の面積は 3.8×10^5 km² である。固定できる CO₂ は 3.3 億 t であるので, 日本では 7.2 億 t の CO₂ が増

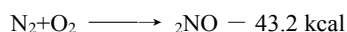
表 1 10 か国の CO₂ 増加

国	CO ₂ 放出 t	面積 km ²	固定可能 CO ₂ t	CO ₂ 増加 t
世 界	3.6×10^{10}			
中 国	1.0×10^{10}	1.0×10^7	1.4×10^{10}	0
ア メ リ カ	5.1×10^8	9.5×10^6	1.3×10^9	0
イ ン ド	2.4×10^9	3.2×10^6	4.4×10^9	0
ロ シ ア	1.7×10^9	3.2×10^6	3.2×10^5	0
日 本	1.2×10^9	3.3×10^5	4.8×10^5	7.2×10^8
ド イ ツ	7.8×10^8	3.5×10^5	4.9×10^8	0
カ ナ ダ	5.5×10^8	1.0×10^5	1.4×10^{10}	0
イギリス	4.0×10^8	2.4×10^4	3.3×10^8	0.7×10^5
イタリア	3.6×10^8	2.0×10^5	2.8×10^8	0.8×10^5
フランス	3.3×10^8	6.4×10^5	8.4×10^8	0

加している。日本, イギリス, イタリアは海に囲まれている。海でプランクトンによる CO₂ 同化反応を盛んにして CO₂ の増加を防がなければならない。

NOx の重要性

自然, 天は植物の成長を促進するために物を燃やしたとき NOx を作るシステムを作り上げている^{7, 10)}。また, 雷を引き起こして NOx を作るシステムも作っている^{8, 29-34)}。



NOx は自然, 天からの贈り物である。我々は NOx を大切に CO₂ 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 CO₂ 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。多くの政府は発電所, 工場の廃棄ガス中の NOx の排除を義務付けている。NOx をアンモニアと反応させて窒素ガスにすることを義務付けている。



NO は雨に溶けて窒素肥料になる。アンモニアも窒素肥料である。1 個の窒素は 5 ~ 50 個の CO₂ 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。これでは CO₂ 同化反応は大きく妨げられ地球の温暖化は大幅に促進されている。政府が NOx 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。

NOx の排除, 下水中の窒素, リンの排除と, 地球温暖化, 漁獲量の関係^{8, 9, 11, 12)}

最近, マグロが激減した, ぶりがかとれない, いかがかとれない, さけがかとれない, 潮干狩りがピンチなどの新聞記事が目立つ。2017 年 5 月 9 日読売夕刊によると, 農林水産省による 1983 年のピーク時に 16 万 t だったアサリの国内漁獲量は, 2015 年には 10 分の 1 以下の 1 万 3 千

t にまで激減した。全国各地にある潮干狩り場が休止せざるを得ないようになっているらしい。魚類, 貝, 海苔など不作の原因は, 地球温暖化のため水温が上昇したためなどといわれているが政府の窒素, リンを排除する政策により魚体タンパク質を作る窒素不足によるものと著者は考える。

雷は窒素 N₂ と酸素 O₂ より NOx を作る²⁹⁻³⁴⁾。衛星は雷の詳しい情報を提供してくれる。雷が世界で 1 日に約 4 万回発生している。稲妻 1 閃で 7kg の NOx を作ると報告されている。1 億 t の NOx が 1 年に作られていることになる。NOx の 20 ~ 80% が雷によって生成するとも言われている。雷は稲, 魚を育てる⁹⁾。肥料の化学合成が発明されなかった時代の米づくりは, 物を燃やした時生成する NOx と雷によって生成する NOx を肥料として行われてきた。雷は田の上に雨と書く。古くからの諺に雷の多い年は豊作になる。雷 1 閃で稲が 1 寸伸びるという諺もある。稲妻は稲の妻と書く。稲妻は命ほど大切な稲, 妻のように大切なものと考えられていたようである。最近の天気情報を見ていると, 豪雪地帯で雪が降っている時この豪雪地帯には雷注意報が毎日発令されている。石川県 42 日, 福井県 35 日, 新潟県 35 日, 富山県 32 日, 秋田県 21 日が上位 5 県である。冬の雪に伴う雷は夜も昼も起こり大量の NOx を作っている。この NOx は雪, 水に溶けて窒素肥料となる。雷の多い 5 県は日本有数の米どころであり美味しい米ができる。また NOx をふんだんに含んだ水が注ぎ込む富山湾付近はプランクトンが増殖し, ぶり, かに, えびが大量に捕れる。この付近では雷のことを鰯起こしと言っている。

これに反して, 岡山県と香川県は昔は製塩が行われていたように雨が少なく雷が数年に 1 度と少ない。雷からくる NOx が少ない。このような地域では NOx の排除が漁業に壊滅的打撃を与えた。筆者は 1930 年岡山県倉敷市児島田の口に生まれた。渋川海水浴場の西 5km, 王子が岳登山口近くに引網海水浴場があった。砂浜から 10m 沖に飛び込み台があった。干潮には

飛び込み台付近の海底は海藻が生い茂りおこぜがいた。おこぜに刺されるから干潮時には泳ぐなと言われていた。この砂浜には吹上げられた海藻で一杯であった。近くの海は1本釣りの漁船であふれていた。たい, ちぬ, かわはぎ, めばる, たこ, いかなご, ぼら, あなご, いわしなど多くの魚がとれ, 下津井は漁港として栄えていた。住民のタンパク源は全て魚で肉は高価でほとんど食べなかった。1945年以前, 日本は食料の100%を自給し, 海は日本人のタンパク源の99%を生産する貴重な食料生産の場であった。1975頃より石油化学が盛んになり排ガス, 排水のN, Pの規制が厳しくなり海水中のN, Pが排除されほとんど0になった。砂浜に打ち上げられる海藻がなくなった。プランクトンもなくなった。100億枚あった海苔の生産は全滅した。瀬戸内海の海底は砂漠になった。魚もあさり, しじみ, はまぐりも捕れなくなった。CO₂同化作用もできなくなり, 熱の吸収もできなくなった¹⁾。北陸と瀬戸内海の状況からNOxが植物の成長, 稲, 魚の生産に如何に必須であるか明らかである。NOxは人の密集地帯で高濃度で放出されると人体に多少の悪影響があるかもしれないが食料生産に重要なNOxの有用性はあまりにも大きい。NOxの除去に大量の化石燃料を使い大量のCO₂と熱を放出して, CO₂同化反応を抑制している法律は至急撤去すべきである。

野焼き禁止法, 高温ごみ焼却炉設置義務法の廃案を

2002年に800℃以下の燃焼ではNOxの発生が多すぎるということで, 高温燃焼炉でのゴミ焼却義務と野焼き禁止の法律ができた。高温燃焼炉は既存の炉を廃棄して800℃以上で燃焼出来るよう助燃設備が義務付けられた新設炉である。東日本大震災の時, 瓦礫の現地焼却ができないために焼却受け入れ地の選定に時間がかかり, 復旧が遅れ, 大変な費用がかかり, 輸送のためどれほどのCO₂の排出増加があったか計り知れない。この炉に変わって以来助燃料費用

が高むため, ごみ焼却費を徴収する自治体が増えている。

野焼き, 焚き火, 山焼時発生するNOxは窒素肥料である。野焼きを禁止されると作物が成長できにくくなる。プランクトンが成長できなくて魚が捕れなくなる。高温焼却の義務づけ法, 野焼き禁止法はNOxを削減してCO₂の固定, 削減を抑制する法律であるため, 地球温暖化を促進している。この法律は廃案とすべきである。

日本で実行可能な地球温暖化防止法¹²⁾

パリ協定はCO₂の削減を求めている。CO₂を削減するにはCO₂の放出を削減して, CO₂の固定を増加すれば良い。

CO₂の放出を削減

1. 排ガス中のNOxの除去を中止する

日本は2015年に12億tのCO₂を放出している。NOx除去のためにアンモニアを用いるがアンモニアの製造のために2000万tのCO₂を放出している。NOxの除去を中止すればCO₂2000万tの放出が削減できる。

2. 排水処理の中止

日本で排水処理のために大量の電気が使われている。この電気を得るために発生するCO₂は2000万tである。排水処理を中止すればCO₂2000万tの放出が削減できる。家庭では水道料と同額の下水処理料を支払わなくて済む。

3. 自動車排ガス規制の緩和

自動車排ガス規制を緩和すれば燃費が20%向上し1000万tのCO₂放出が削減できる。

CO₂の固定を増加

日本では, 1200万tのN, Pの排除を行なっているがこれをやめれば, 3000万tのCO₂の固定ができ30000万tのプランクトンが増え1200万tの魚が復活できる。

日本は国が狭いため放出されたCO₂をCO₂同化反応による固定で相殺しきれないで9×

10⁸tのCO₂を増加している^{11, 12)}。周辺が全部海であるため海を利用するCO₂同化反応に期待する以外に方法がない。瀬戸内海は1975以前は海底が海藻に覆われ50万tの魚, 100億枚の海苔が採れていた。瀬戸内海は周辺住民のタンパク質の供給地であった。環境浄化のためと称してN, Pを完全に除去せよとの政策により植物(海藻, プランクトン)が育たなくなりCO₂の吸収, 熱の吸収が止まった。瀬戸内海は4万7千hrある。1970年以前の海に戻せば良い。NOxの排除をしない, 排水処理をしなければ元に戻る。水田と同じ同化効率でCO₂を固定できれば690万tのCO₂を固定できる。50万tの魚が捕れ, 100億枚の海苔が採れるようになる。

全国で漁獲高が過去30年の間に70%減少した。1980年と同じ状況に戻すには, 5000万tのNOxの除去操作をやめ, 排水処理をやめるだけで良い。お金, 資源もいらない。政府がNとPを完全に除去せよとの法律を撤廃するだけで良い。CO₂5億tが固定化され, 削減され, パリ協定の合格点をもらえる。魚1600万tの復活が期待できる。

世界の漁業

世界各国の漁獲高を表2に示す。日本の漁獲量は1980年の世界1位1600万tから2016年は465万tの世界7位に後退した。

漁獲高を比較してみると我が国の衰退, 外国の飛躍が目立つ。栄養塩類N, Pの豊富な深層海水と栄養塩類N, Pの乏しい浅層海水の対流が盛んに行われ漁獲高の多いペルー, チリ, アメリカ, ロシアの漁獲高は1997年と2016年ほぼ同じである。人口の多い中国, インド, インドネシア, ベトナムなどが漁獲高を著しく増やしている。これらの国では, NOxの排除, 排水処理をしないで, N, Pを有効に利用してプランクトン, 魚の増殖が盛んに行われている。NOx, 排水中のN, Pを魚のタンパク質に変えている。ベトナム, インド, インドネシアでは尿

表2 世界の漁獲高

		2016年 (万t)	1997年 (万t)	人口 (億人)
1位	中国	7938	1529	13.49
2位	インドネシア	2221	555	2.39
3位	インド	1010	360	12.29
4位	ベトナム	621		0.88
5位	アメリカ	505	541	3.10
6位	ペルー	492	787	0.28
7位	日本	465	588	1.27
8位	ロシア	461	466	1.43
9位	フィリピン	450		0.92
10位	ノールウエー	352	287	0.48
11位	パングラディシュ	368		1.48
12位	韓国	333		0.48
13位	チリ	319	587	0.17
14位	ミャンマー	295		0.48
15位	タイ	259	0.63	
16位	マレーシア	200	0.28	

尿を利用した海老の養殖が盛んで我が国にそれぞれ3万1千, 3万, 2万5千tのエビが輸出されている。これに反して我が国では300万tのN, Pが排除されたため魚を作るN, Pが無くされて1200万tの魚が減ったと考えられる。N, Pを無くしてプランクトンが成長できない環境を作ってしまう魚介類が成長できず水産業の衰退につながっている。

漁獲高はプランクトンのCO₂同化反応によって固定化されたCO₂量に比例する。漁獲高の多い国はCO₂固定の多い国である。漁獲高の20倍のCO₂が海, 川, 湖で固定化されると推定される。我が国で1200万tの魚が減ったことは2億4千万tのCO₂固定が減ったことである。瀬戸内海の漁獲高が50万t減ったことは瀬戸内海のCO₂固定が1000万t減ったことである。日本は, 中国, アメリカ, ロシア等に次ぐCO₂排出国である。そのため海洋でのCO₂同化反応を盛んにしなければならない。日本でNOxの排除, 排水処理のために排出されるCO₂は総排出CO₂の15%にも達する。NOxの排除, 排水処理をやめればCO₂の排出を15%少なくできるだけでなく, NOxはその25倍のCO₂を固定できるので, 5000万tのNOxの排除は10億tのCO₂削減を妨害したことになる。

NOx の排除, 排水処理をやめることが地球温暖化防止のため, また食料の確保のための最良の方法である。

おわりに

CO₂ 増加を防ぐためには, CO₂ の固定を促進すれば良い。CO₂ の固定を 促進するためには促進剤 NOx, N, P の排除をやめれば地球温暖化は防止でき魚業が復活できる。パリ協定に合格できる。

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**, No 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. *New Food Industry* **58**(8): 47-4. 2016. Ozaki Shoichiro: Global warming can be protected by promotion of CO₂ assimilation using NOx. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*. 2016 4.2 1000171 doi.org/10.4172/2332-2594.1000171
4. Ozaki Shoichiro: Global warming can be protected by promotion of CO₂ 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 CO₂ assimilation. *Journal of Marine Science: Research & Development* 2016 6.213 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* **59**(3): 61-70. 2017.
7. Ozaki Shoichiro: NOx is Best Compound to Reduce CO₂. *Eur J Exp Biol*. 2017, 7:12. doi:10.21767/2248-9215.100012
8. Ozaki Shoichiro: Protection of global warming and burn out of fossil fuel by promotion of CO₂ assimilation. *J.of Marine Biology & Oceanography* 2017, 6:2 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. 2017, *Artiv of Pet-EnvironBiotechnol* 02.110
10. Ozaki Shoichiro: Promotion of CO₂ assimilation supported by NOx is best way to protect global warming. *J. Marine Biol Aquacult*. 2017. **3**. Issue 2. DOI: 10.15436/2381-0750.17.1498
11. Ozaki Shoichiro: Stopping of NOx elimination is easy way to reduce CO₂ and protect global warming *J. Environ Sci Public Health* 2017. **1** (1) :24-34
12. Ozaki Shoichiro: Method to fit Paris Agreement for protection of global warming. *International J of Waste Resources* 2018. **7** 316 doi:10.4172/2252-5211.1000318
13. Falkowski, Paul G.: (1994). "The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles" (PDF). *Photosynthesis Research*. **39** (3): 235–258. doi:10.1007/BF00014586.
14. Chisholm, S.W.; *et al.*: (2001). "Dis-crediting ocean fertilization". *Science*. **294** (5541): 309–310. doi:10.1126/science.1065349. PMID 11598285.
15. Aumont, O., Bopp, L.: (2006). "Globalizing results from ocean in situ iron fertilization studies". *Global Biogeochemical Cycles*. **20** (2): GB2017. Bibcode:2006GBioC..20.2017A. doi:10.1029/2005GB002591.
16. How much do oceans add toward oxygen?. *Earth & Sky*. June 8, 2015. Retrieved 2016-04-04
17. Roach, John: (June 7, 2004). "Source of Half Earth's Oxygen Gets Little Credit". *National Geographic News*. Retrieved 2016-04-0.
18. "NASA Satellite Detects Red Glow to Map Global Ocean Plant Health" NASA, 28 May 2009.
19. Charlson, Robert J., Lovelock, James E., Andreae, Meinrat O., Warren, Stephen G.: (1987). "Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate". *Nature*. **326** (6114): 655–61. Bibcode:1987Natur.326..655C. doi:10.1038/326655a0.
20. Quinn, P. K., Bates, T. S.: (2011). "The case against climate regulation via oceanic phytoplankton sulphur emissions". *Nature*. **480** (7375): 51–6. doi:10.1038/nature10580. PMID 22129724.
21. Arrigo, Kevin R.: (2005). "Marine microorganisms and global nutrient cycles". *Nature*. **437** (7057): 349–55. doi:10.1038/nature04159. PMID 16163345.
22. Fanning, Kent A.: (1989). "Influence of atmospheric pollution on nutrient limitation in the ocean". *Nature*. **339** (6224): 460–63. Bibcode:1989Natur.339..460F. doi:10.1038/339460a0.
23. Klausmeier Christopher A., Litchman Elena., Daufresne Tanguy., Levin Simon A.: (2004). "Optimal nitrogen-

- to-phosphorus stoichiometry of phytoplankton". *Nature*. **429** (6988): 171–4. Bibcode:2004Natur.429..171K. doi:10.1038/nature02454. PMID 15141209.
24. Boyce Daniel G., Lewis Marlon R., Worm Boris.: (2010). "Global phytoplankton decline over the past century". *Nature*. **466** (7306): 591–6. doi:10.1038/nature09268. PMID 20671703.
 25. Schiermeier Quirin: (2010). "Ocean greenery under warming stress". *Nature*. doi:10.1038/news.2010.379.
 26. Mackas David L.: (2011). "Does blending of chlorophyll data bias temporal trend?". *Nature*. **472** (7342): E4–5; discussion E8–9. doi:10.1038/nature09951. PMID 21490623.
 27. Rykaczewski Ryan R., Dunne John P.: (2011). "A measured look at ocean chlorophyll trends". *Nature*. **472** (7342): E5–6; discussion E8–9. doi:10.1038/nature09952. PMID 21490624.
 28. McQuatters-Gollop, Abigail; Reid Philip C., Edwards., *et al.*: (2011). "Is there a decline in marine phytoplankton?". *Nature*. **472** (7342): E6–7; discussion E8–9. doi:10.1038/nature09950. PMID 21490625.
 29. K. F. Boersma, H. J. Eskes, E. W. Meijer, and H. M. Kelder: Estimates of lightning NO_x production from GOME satellite observations *Atmos. Chem. Phys.*, **5**, 2311–2331, 2005 www.atmos-chem-phys.org/acp/5/2311/ SRef-ID:
 30. Allen D. J. and Pickering, K. E.: Evaluation of lightning flash rate parameterizations for use in a global chemical transport model,2002 *J. Geophys. Res.*, **107**, 4711, doi:10.1029/2002JD002066,
 31. Beirle S., Platt U., Wenig M., and Wagner T.: Weekly cycle of NO₂ by GOME measurements: a signature of anthropogenic sources, 2003 *Atmos. Chem. Phys.*, **3**, 2225–2232,,
 32. Beirle S., Platt U., Wenig M., and Wagner T.: NO_x production by lightning estimated with GOME,2004 *Adv. Space Res.*, **34**, 793–797,
 33. Brunner D. W. and van Velthoven P.: Evaluation of Parameterizations of the Lightning Production of Nitrogen Oxides in a Global CTM against Measurements, 1999 *Eos, Transactions*, **80**, 46, F174,
 34. Choi Y., Wang Y., Zeng T., Martin R. V., Kurosu T. P. and Chance K.: Evidence of lightning NO_x and convective trans- port of pollutants in satellite observations over North America,2005 *Geophys. Res. Lett.*, **32**, doi:10.1029/2004GL021436,

月刊 NEW FOOD INDUSTRY ご投稿ください。

月刊誌『New Food Industry』は 1958 年の創刊以来、日本の「食」を支える研究者の皆様とともに、食品業界の歴史を歩んできました。本年、弊誌は創刊 60 周年を迎えました。今後も学術誌として相応しい原稿を掲載していく予定です。また、今後は人々の健康長寿を目指す予防科学への意識の高まりから、食品領域に加え、医学・薬学の研究者の見識も取り入れ、多岐に亘った研究発表の媒体として邁進する所存であります。

弊誌は、アドバイザーボードの先生方が協力し、日本発の新たな技術や発見が世界的にも高く評価されるよう編集委員会を設け、査読者を選出し選ばれた論文を掲載しております。論文は原著論文、総論、各食品の新製品開発記事などで、食品に限らず多様な分野において進化していくその研究内容や技術論文を掲載することで、今後の食品業界の発展に貢献できると確信し、学術業界誌として発行しております。

60 周年のこの機会に、是非、弊誌へ研究論文、解説等をご投稿ください。
詳しくは編集部までお問合せください。

お問合せメールアドレス：newfood@newfoodindustry.com

月刊 ニューフードインダストリー

NEW FOOD INDUSTRY

定期購読の
ご案内

月刊「ニューフードインダストリー」は創刊 60 年の食品業界誌です。

多くの食品メーカー、技術開発部門、研究機関、全国の大学・大学院などの教育機関、図書館などでご愛読いただいております。食の安全・健康・美に関する情報発信、新しい食品のご案内など広く情報を発信しております。

1 年間の定期購読は、一括前払いで、定価の 10% 割引でご提供させていただいております。

本体 2000 円 + 税 (送料 100 円) × 12 ヶ月

お申し込み・お問い合わせは下記 FAX かお電話で

電話：03-3254-9191

FAX：03-3256-9559

ニューフードインダストリー年間購読申込用紙

住所 〒

氏名

会社名・所属

電話

FAX

E-mail

New Food Industry Editorial Board

■ボードメンバー (敬称略 / 五十音順)	
氏 名	所 属
大石 隆介 氏	(明海大学 経済学部経済学科)
大谷 元 氏	(信州大学名誉教授)
岡 希太郎 氏	(東京薬科大学名誉教授)
坂上 宏 氏	(明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO) 所長)
須見 洋行 氏	(倉敷芸術科学大学名誉教授)
早田 邦康 氏	自治医科大学附属さいたま医療センター 自治医科大学大学院 基礎系総合医学 教授循環器 病臨床医学研究所 所長
宮尾 茂雄 氏	(東京家政大学教授)
山口 正義 氏	(University of California, Los Angeles (UCLA), 医学部)

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

ニューフードインダストリー 第60巻 第2号

印 刷 平成 30 年 1 月 25 日
発 行 平成 30 年 2 月 1 日
発行人 平井 朋美
編集人 今西 和政
発行所 株式会社食品資材研究会
 〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(喜助新神田ビル3F)
 T E L : 03-3254-9191 (代表)
 F A X : 03-3256-9559
 振込先: 三菱東京UFJ銀行 京 橋 支 店 (普通) 0070318
 三 井 住 友 銀 行 日 本 橋 支 店 (当座) 6551432

印刷所 株式会社メイク
定 価 本体2,000円 + 税 (送料100円)

e-mail: newfood@newfoodindustry.com