

日本文化と麹菌

公益社団法人 日本技術士会 登録
 食品産業関連技術懇話会 会員
 横山技術士事務所 代表
 技術士（農業部門：農芸化学） 横山 勉



1. 国菌麹菌

2013年12月、和食がユネスコ無形文化遺産に登録された。筆者は和食の魅力を「おいしい、ヘルシー、美しい」と3つのCで表現している。これらの魅力は海外にも、伝わっている。日本食レストランの数が急増中で、約8万9千店（2015年7月）に達している。イタリアにも、ブームの波が到来している。2015年ミラノ国際博覧会の日本館の人气が大変高く、最長9時間もの行列を作ったと聞く。なお、日本館は金賞（展示デザイン部門）を受賞した。2020年の東京オリンピックに向けてさらなる発展を期待したい。

和食には、食材や食器等いくつかの切り口が存在する。その一つが、麹菌と考えている。重要な調味料である味噌・醤油の醸造に欠かせない微生物である。穀物酢や本みりんも同様である。また、日本酒や焼酎・泡盛の醸造にも必須である。伝統的な清涼飲料の甘酒も加えておこう。正に、和食を支えている微生物といえる。2006年、日本醸造学会において麹菌は「国菌」と認定された¹⁾。学会の重鎮に話を伺う機会があったが、各方面に多大な配慮を行ったという。世界に目を移してみよう。国花、国鳥、国魚等であれば、定めている国が多い。ただし、国菌といえる微生物を持っている国は、極めて稀であることに気がつく。

提唱者は一島英治氏（東北大学名誉教授）で、

長年のご努力が実ったのである。具体的に国菌とされるのは、アスペルギルス属で黄麹菌のオリゼとソーエに黒麹菌ルウチウエンシスが加わる。分生子（孢子）の色が前二者は黄緑色、最後が黒色のカビ（糸状菌）である。穀物等にカビを生育させた「麹」を造るために用いられる。以前、黒麹菌はアワモリ等と分類されていたが、ルウチウエンシスに改められた。国菌の定義を「和食を支えるアスペルギルス属糸状菌」と拡張すれば、鰹節製造に利用されるグラウカスも含めることができる。

麹菌オリゼはカビの一種で、酵母や担子菌（キノコ）と共に菌類に属する。通常、分生子による無性生殖で増殖する。有性生殖世代は発見されていないが、吻合による準有性生殖世代が存在する。核数は4個程度で、倍数化した時は半減する（図1）。

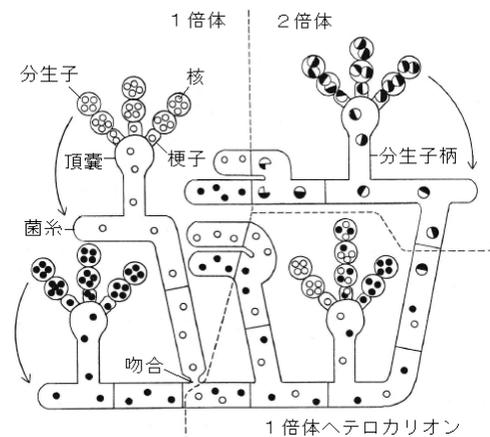


図1 麹菌アスペルギルス オリゼの生活環

和食に関連して、わが国には「いただきます、ごちそうさま」という美しい言葉がある。感謝の対象はいくつかあるが、まず挙げられるのが食材の生命に対してであろう。発酵食品であれば、微生物の生命も一緒にいただいている。和食の伝統として、このような思想も合せて伝えていきたい。微生物の活用は食品に限られるものではない。数々の有用物質が微生物を利用して製造されている。2015年ノーベル賞(生理学・医学賞) 受賞者の大村智氏が発見された「イベルメクチン」がよい例である。また、科学の進歩への貢献も極めて大きい。その陰で、膨大な数の微生物が殺菌・廃棄されている。微生物に感謝する「菌塚」が京都の曼殊院に建てられている(図2)。坂口謹一郎氏(東京大学名誉教授)は、以下を含む数首の短歌を寄せられている。



図2 菌塚

「めにみえぬ ちいさきいのち いとおしみ
みてらにのこす いわのいしぶみ」

筆者は永く醤油業にお世話になってきた。また、研究者として、麹菌を初めとする多くの微生物を利用してきた。2012年の祇園祭初頭、菌塚を訪れて手を合わすことができた。

2. 高峰讓吉氏と麹菌

わが家の常備薬が「第一三共胃腸薬」である。成分を見ると、筆頭に「タカヂアスターゼN1」とある。麹菌から造られた消化酵素で、発明者は明治から大正時代にかけて活躍した高峰讓吉

氏。本誌の読者であれば、ご存じだろう。残念なことに、一般市民の認知度は高いとはいえない。「バイオテクノロジーの父」と称えられる偉業の数々は、現在でもそこかしこに認められる。まずは高峰氏の生涯を簡単に紹介しよう。

高峰氏は江戸時代末期、加賀藩(現在の富山県)に生まれる。父親は医師で、母親は日本酒醸造元の娘である。工部大学校(現在の東京大学工学部)応用化学科を首席で卒業後、スコットランドのグラスゴー大学に留学。スコッチ・ウイスキーを愉しみ、製造法も学んだに違いない。農商務省に入省後、米国ニューオリンズ万国博に事務官として派遣される。滞在先で名門製綿家の長女キャロライン讓と恋に落ち結婚する。その後、米国で成立した特許「(麴による)酒精製造法」を工業化するという「ウイスキー・トラスト社」の招きで、妻子と共に渡米。しかし、工場は焼打ちに合い、計画は挫折する。再起して、麹菌活用の消化薬タカヂアスターゼの特許化と事業化を果たす。続いて、激しい競争を制して止血薬アドレナリンの結晶化に成功。これら二者と鎮痛薬アスピリンが世界三大医薬品と呼ばれ、100年の時を経ても現役である。その他のエピソードも数多いが、概要を表1に示す。

上記の「スコットランド、ウイスキー、地元女性と結婚」といった言葉に既感を覚えた方もおられよう。NHK朝の連続テレビ小説「マッサン」である。以前から高峰氏の生涯を大河ドラマ化するため、「NPO法人 高峰讓吉博士研究会」²⁾はNHKに提案してきた。筆者も及ばずながら努力している。わが国はバブル崩壊と経済停滞の失われた20年に続き、東日本大震災を経験した。第二の敗戦ともいわれる本苦難から立ち上り、歩み始めたところである。日本人のアイデンティティーと国際的な役割を模索しながらの歩みである。先進国に追いつくため、一途に努力したのが明治時代だった。この時代をダイナミックに駆け抜けた高峰氏の生涯は、新しい日本の在り方を考える道標になる。多くの

表1 高峰博士の略歴

年	高峰博士の略歴
1854 (嘉永7) 年	11月3日、現在の富山県高岡市に生まれる。
1879 (明治12) 年	工部大学校第1期生として応用化学科を首席卒業、翌年英国に留学。
1884 (明治17) 年	米国ニューオーリンズ万国博に事務官として派遣される。キャロライン嬢と婚約(30歳)。
1887 (明治20) 年	渋沢栄一らと協力して日本初の化学肥料会社「東京人造肥料」設立。ニューオーリンズでキャロライン嬢と挙式。
1890 (明治23) 年	「(麴による) 酒精製造法」特許が前年米国で成立。ウイスキー・トラストより招かれて妻子と共に渡米。
1894 (明治27) 年	タカジアスターゼ関連の一連の特許成立。翌年パーク・デービス社を通じて事業化、酵素事業の祖となる。
1900 (明治33) 年	アドレナリンの結晶化に成功、内分泌学と神経科学発展の端緒となる。
1907 (明治40) 年	ジャパン・ソサエティー設立。副会長となる。
1910 (明治43) 年	豊田式自動織機の事業化で挫折した豊田佐吉を叱咤激励。
1912 (明治45) 年	ワシントン市などへの日本の桜寄贈に多大の尽力、帝国学士院賞受賞。
1913 (大正2) 年	在米のまま三共株式会社初代社長に就任。国民的化学研究所構想発表。
1914 (大正3) 年	世界初の酵素メーカーであるタカミネ・ラボラトリー設立。
1917 (大正6) 年	理化学研究所を設立し、東京に日米協会設立。
1922 (大正11) 年	7月22日、68歳で逝去、ニューヨーク・ウッドローン墓地に埋葬される。

NPO法人 高峰讓吉博士研究会「高峰博士の略歴」より抜粋²⁾。

日本人が共感して視聴するに違いない。賛同者を増やして、大河ドラマ化を実現させたい。

3. 麴菌の由来

麴菌の由来について、「照葉樹林文化」を背景とする考え方がある。カシ、ツバキ等つやのある葉を持つ樹木を主体とする植物相を照葉樹林という。ヒマラヤ南麓から、ブータン、中国雲南山地、華南、台湾、日本の南西部に至る地域を占めている。本地域には共通する文化要素が存在し、中国雲南地区周辺を起源地とするという説である。植物学者の中尾佐助氏が提唱した³⁾。多くの共通要素が存在するが、「麴活用の酒醸造」に注目したい。日本に伝わったのは、水稲や栽培技術とセットだった可能性が高い。ただし、麴技術は大陸と異なっている。大陸では、小麦等の穀物粉を生の状態で団子状に練った餅に自然カビ付け(クモノスカビやケカビ)するのが一般的である。日本では、蒸した米粒に麴菌を生育させる。前者を餅麴、後者をバラ麴という。加熱した穀物はたんぱく質が変性

し、プロテアーゼ生産の低いクモノスカビ等は駆逐される。それでも、自然カビ付けでは多様な菌が生育する。日本では、木灰の活用等により麴菌を選択した(後述)。平安時代の「延喜式」には、種麴の萌芽といえる「友麴」の活用が記されている。麴の良好部分を次の麴原料に接種するのである。室町時代には、「麴座」という専門的な米麴の製造販売業者にまで発展した⁴⁾。

2013年12月、NHKスペシャル「和食 千年の味のミステリー」が放映された。これに「だし」を加えて制作されたドキュメンタリー映画「千年の一滴 だし しょうゆ」が、2015年1月公開された。これらの中で、北本勝ひこ氏(東京大学名誉教授)が麴菌オリゼの特徴と由来について語っている。当初、米麴に用いられたのは、アスペルギルス・フラブスだった。オリゼと近縁だが、アフラトキシンという毒物を生産する菌である。麴室という外敵がない環境下、①毒素非生産(毒素生産遺伝子脱落)、②糖分の高生産(α アミラーゼ遺伝子増幅)、③安定化

(単核から多核化)、という特徴を持つオリゼが技術者により育成されたという説である。イノシシからブタが育種されたことと同じ家畜化という考え方だ。括弧内は他の文献⁵⁾からの補足である。

自然界に存在しないオリゼを日本人が創造したというストーリーである。オリゼ家畜化説は以前から提唱されており、自然界のオリゼがそのまま選択されたという説と対立していた。近年のゲノム解析結果から、前者の妥当性が高くなったという。筆者はオリゼ家畜化説に懐疑的である。二つの理由がある。一つは、フラブスとオリゼの自然界における分布である。二つ目が技術者の選択眼である。

両菌の分布について、フラブスは熱帯・亜熱帯であり、オリゼは温帯である。フラブスは年平均気温16℃以上の地域に分布する。本州南部が北限で、これ以北では越冬できない。分生子の耐寒性に差異があると考えている。ただし、ビニール・ハウス等では越冬も可能である。フラブスの分布は、近年の温暖化により北上しつつあるという⁶⁾。また、縄文時代前期(約6,000年前)の縄文海進当時は平均1~2℃気温が高かった。この時期は、フラブスが日本に広く分布していた可能性がある。

一方、オリゼは現在の日本国土に広く分布しているため、人為的に作られた菌ではないと考えている。自然界からオリゼを分離した報告は、数多く存在する。NHKスペシャルでも紹介されていたが、茶碗に盛ったご飯を放置するとどうなるか。赤、青、黄緑等の多様なカビが出現する。ご飯に木灰を降りかけておくと、アルカリ性のpHでも生育する黄緑色一色に染まる。このカビはフラブスではなく、オリゼである。映画では、「稲麴：いなこうじ」の醤油への利用が紹介されていた。黄金色に稲が実る時期、暗緑色に変わった稲穂が一部に認められることがある。これが稲麴で、微生物を分離すると、植物病原菌の稲麴菌が多くを占める。麦角

菌の一種であり、麴菌とは異なるが、一部にオリゼが含まれる。蒸した大豆や米に稲麴を散布すると、オリゼが優先的に生育する。

オリゼ選択に、技術者が関与したという説にも異議がある。前述の友麴だが、生育と孢子着生のよい部分を選択したに違いない。ただし、毒物非生産、糖分高生産、高い安定性といった性質を認識できたとは考え難い。それでも、麴室という環境では利点がありそうだ。自然に選択された可能性は否定できない。現在では、これらを含む多様な性質を調べて使用する麴菌を選択している。

フラブスにとって、アフラトキシンの生理的意義はわかっていない。総てのフラブスが生産する訳ではないが、高濃度汚染地域では生産菌の割合が高くなる。アフラトキシンは昆虫類への毒性が大変高い。フラブスは植物病原菌でもあり、植物を食害する昆虫類と競争関係にある。その対策とする説がある。また、生産時期は生育後期に当たる。形成される菌核や分生子をダニ等による捕食から守るためという説もある。

フラブスとオリゼと同様な家畜化が指摘されているのが、パラシテイクスと麴菌ソーエ、およびニガーと麴菌ルウチウエンシスである。オリゼと異なりソーエとルウチウエンシスは自然界からの分離例が知られていない。この事実は、家畜化説に有利である。一方、ソーエについては、ミトコンドリアb遺伝子の差異から約400万年前に分岐したという推定もある⁷⁾。フラブスとオリゼ間には、いくつかの遺伝子の差異が存在する⁷⁾。これらを用いて分岐年代を推定することができるだろう。ただし、これは偶然の遺伝的浮動を前提にしている。麴室という特殊な環境下でオリゼが選択されたのならば、本方法の適用は妥当とはいえない。筆者は、熱帯域のフラブスが分生子の耐寒性を向上させながら温帯域に生息範囲を広げる過程で、毒物生産能をはじめとするいくつかの変化を伴いオリゼに進化したと考えている。

2005年、オリゼの全ゲノム解析結果が発表され、麹菌の分子生物学に関する研究が加速している。ゲノムだけでなく、m-RNA、たんぱく質、代謝物質を網羅的に解析するオーミクス研究の進展も目覚ましい。麹菌に寄せる、海外の研究者の関心が高まる所以である。日本の麹菌から世界の麹菌への飛躍が期待される。

参考文献

- 1) 日本醸造学会：<http://www.jozo.or.jp/koujikinnituite2.pdf>
- 2) NPO法人 高峰譲吉博士研究会：<http://www.npo-takamine.org/>
- 3) 中尾佐助：栽培植物と農耕の起源,岩波新書(1966)
- 4) 村上英也:麹学,p.1-p.20,日本醸造協会(1987)
- 5) 北本勝ひこ：生物工程,90,424(2012)
- 6) 齊藤道彦ら：食総研報,No.72,77(2008)
- 7) 中台忠信：醤油の研究と技術,32,208(2006)