

食品に生えるカビのルーツ

濱田 信夫

1. 食品の保存とカビ

ついうっかりして、ケーキを何日か放置しておくとかビが生えてくる。また、干し柿・煮干しなどの乾燥食品、梅干し・ビーフジャーキーといった塩漬けの食品、さらに饅頭や羊羹にもカビの生えることが多い。このような食品に生えるカビは、湿ったところに生える一般のカビとは性質が大きく異なる。今日の食品のカビ汚染では、*Aspergillus* (コウジカビ) 属のカビが全体の半分以上を占めている。

それに対して、野外に見られる一般のカビは、濡れた落ち葉などの湿った所に生えている。例えば、大阪城公園で落下してくるカビ胞子を採取してみると、*Aspergillus* は非常に少ない。多く見られるのは、*Cladosporium* (クロカワカビ)、*Penicillium* (アオカビ)、*Mucor* (ケカビ)、*Fusarium* (アカカビ) などで、食品では飲料水などに見られるカビである。住環境のカビをしばしば調査してきた私にとって、これは大きな驚きだった。

食品を汚染するカビ *Aspergillus* の中では、好乾性カビが大きな部分を占める。ただ、好乾性カビは比較的成長が遅く、ほんの数種類しかない。好乾性カビというのは少し妙な言葉だが、浸透圧の高い食品などを特に好む。水 1 L 当たり 400g の砂糖を入れたような培地でもよく生育する。カラカラに乾燥したところには生えないが、一般のカビを検出するのに使う培地にも、やはり生えてこない。少しだけ湿り気のある環境を好むサボテンの

ようなカビである。

保存食品によく生えるこれらのカビは、タタミやカーペットの中にも生える。住宅で結露が起こったり、水がこぼれたりして、タタミやカーペットが少し濡れることがある。保水性のよい素材の場合、長時間、周りの環境がじんわりと湿った状態になる。この少量の水分を利用して、好乾性カビがその菌糸を伸ばす。

古文書などにも、保存状態によって、カビ汚染による黄色や白色の斑点状汚れが付くことがあるという。これらの斑点も、好乾性カビの *Aspergillus glaucus* (= *Eurotium* sp.) や *Aspergillus restrictus* によると思われる (図 1)。

食品のカビは、例えば梅干しではどのような場合に多いか? 梅干し作りには、梅の重量の約 20% の食塩を加える。2、3 日重石し、さらに土用の頃に 3 日間天日干しして、梅干しができあが

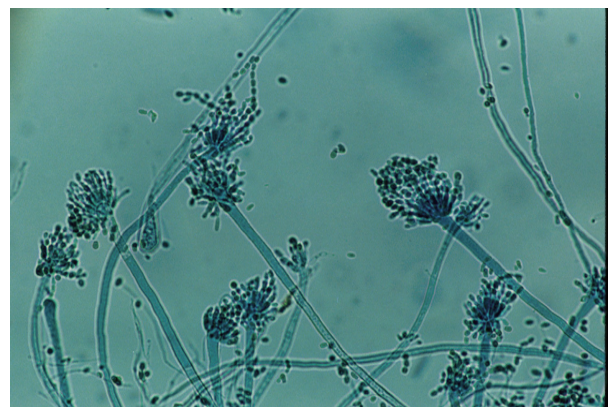


図 1 代表的な好乾性カビの *Aspergillus restrictus*

る。しかし、減塩食品ブームで20%以下に食塩を押さえると、しばしば梅酢に耐塩性の産膜酵母が発生する [1]。また、梅の表面に白いカビが生え、*Aspergillus* が多く見られる。私の実験でも、15%の食塩しか添加しなかった培地には、多くの種類のカビが生えてくる。しかし、それ以上の塩分濃度では、ごく限られた種類の好乾性カビばかりが生える。

2. カツオ節とコウジ

このように、*Aspergillus* は私達にとって最も身近なカビである。悪玉ばかりではなく、善玉もいる。これらのカビは食品の製造に利用される。例えば、*A. glaucus* は、昆布などの乾物のほか、靴や財布などの革製品によく生えているが、カツオ節の製造にも利用されている。

カツオは、平安時代から素干ししておかずとして食べられていたと言う。江戸時代になって、ダシの元として重要なカツオ節が発明された [2]。カツオを3枚に卸して、日干しした後、煮立ててから、薪を燃やした煙の中で乾燥して、いわゆる燻製が作られる。これらの作業によって水分含量は25%程度まで低下する。その後、カビ付けと言って、*A. glaucus* が接種され、温湿度の制御された部屋で培養される。この作業によって、水分含量は15%程度まで低下すると同時に、タンパク質はアミノ酸に分解される。カツオ節の水分取りと旨み付けのために、好乾性カビが利用されている。

このカビ付けは、燻製カツオの運搬途中に水ぬれや塩しぶきがかかることによって、味落ちを招くカビ被害がしばしば起こったことがきっかけだったという。そのようなカビ汚染を抑制する為に、好乾性カビである *A. glaucus* をあらかじめ接種しておいて、雑菌の侵入を抑制しようとした。味覚の向上にも有効であることから普及したと言われている。善玉と悪玉はまさに紙一重である。

“もやしもん”という人気漫画がある。漫画に登場するカビのストラップも最近よく売れている。カビや酵母や細菌が見えるという特殊な才能をもつ農大生がその主人公である。コウジ菌（麴菌）の *Aspergillus oryzae* が、その頭や肩に、オオムのようにしばしば乗っている。ちなみに、*oryzae* は米の意である。お酒作りの楽しさや難しさを分かりやすく描くと共に、カビなどの微生物が、良くも悪くも私達にとって身近な存在であることを感じさせてくれる。

日本の風土と伝統の産物であるコウジ（麴）は、米や麦などを蒸して、これにコウジ菌を混ぜたものだ。原田は、これは日本人の知恵の結晶のように見えるという [3]。その代表が *A. oryzae* で、多くの基質に発生する能力を持ち、酒、味噌、醤油の製造にこのカビの酵素作用を利用している。しかも用途によって、コウジ菌の系統やコウジの材料、培養法が微妙に異なる。例えば清酒用には、変種の酒菌を蒸した米に繁殖させて、その糖化力を利用する。一方、味噌の場合は、耐塩性と共に、タンパク質分解酵素の生産に優れた味噌菌を蒸した麦で繁殖させたコウジを用いる。即ち、人の暮らしの中で、偶然発見されたカビは、はじめはほとんど悪玉だったものが、長い年月をかけて、次第に優良な株へと改良された。

私達にとって身近なカビは、とりわけ *Aspergillus* は、役立つカビとやっかいなカビの2つに分けられる。しかし、その線引きは実に曖昧に見える。これらのカビは共に、人によって馴化されたカビと言えそうだ。有用なカビについては分かりやすいが、じゃまなカビも、私達の生活から生み出される栄養源を利用している。生活習慣が変化すれば、カビの栄養になる物質も、生えるカビの種類も変わると思われる。身近なカビは私たちの生活の鏡であり、私たちの影法師だと言えよう。

3. 自然界における菌類の栽培と寄生

カビとキノコの大きさはかなり違うが、どちらも菌類である。菌類は死んだ枯れ草木や落ち葉を分解するイメージが強く、地球の掃除屋さんと言われている。しかし、菌類の中には、生きた動物や植物と共に生きているものも多い。

たとえば、シロアリの仲間には、地下の巣の中でキノコを栽培して暮らしているものがある。西表島と沖縄島にみられるオオシロアリタケ（キシメジ科）は、タイワンシロアリの巣から伸びて、地上に傘を拡げたキノコである [4]。幾部屋もある巣の中には、シロアリが食べた、未分解の有機物が多く蓄積される。その有機物を消化・分解してオオシロアリタケが成長する。巣の中の“菌園”と呼ばれる菌糸の塊は、シロアリの栄養にもなる。菌類は、動物にとって意外に飼い慣らしやすい、あるいは栽培化しやすい生物のように見える。

農耕とは人が野生の植物を品種改良しつつ、大規模に栽培することである。このような農耕による生態系の変化に伴って、繁殖するカビが変化するのは自然の成り行きだろう。植物病原菌は、その栽培植物と共進化してきたと思われる。今日の大規模な植物病害は、永久的植物栽培が成立した直後に発生したと言われている [5]。

その代表例がイモチ（稲熱）病菌であろう。イモチ病菌は、イネ科の植物の葉などにしばしば寄生している *Pyricularia oryzae* というカビである。ただ、イネの場合ほど、他の穀物では被害は大きくならなかった [3]。冷害などでイネの抵抗性が弱まると、イネの“青立ち”などの原因となる *P. oryzae* が大発生して、東北地方などで凶作と大飢饉をもたらした。寒さに強い品種より、収穫量の多い品種が選択的に栽培されたことが、被害を大きくしたと考えられている。

イモチ病菌のルーツは、アフリカ原産のヒエの仲間に寄生していたという。そのヒエとともに中

国に伝搬し、その地でイネにも取り付いたと考えられている。そして、イネとともに日本に輸入された。その後、そのイモチ病原菌は病原性が変化し、大きな被害を及ぼすようになったと言われている。イモチ病菌も、間接的な意味で、日本農業の産物の一つと言えよう。

4. 生活のカビに対する影響

人類は地球環境を変えたとよく言われるが、住環境に生育するカビも人の生活の影響を強く受けている。これらのカビは自然界では少なく、人工的な環境でのみ生育できると思われる。その典型が、住まいの水回りに多い洗剤を好むカビである。また、本報の主題である好乾性カビであり、後述する真菌症の原因菌である。

住まいの水回りに生えるカビは、洗剤を使う浴室、台所、洗濯機でよく似ている。例えば、洗濯機の中には、生長速度の遅い、暗色の珍しいカビが多く見られる。これらのカビは、野外では他のカビとの競争に負けてしまうが、洗剤を栄養源にする特性を持っている [6]。合成洗剤の成分のうち、LAS などの陰イオン界面活性剤ではなく、人体に比較的安全であると言われている非イオン界面活性剤を好む *Scolecobasidium constrictum* などのカビである。なお、この *S. constrictum* は野外では少なく、野生株とは遺伝的にかなり異なるようだ。

全自動洗濯機の脱水槽裏側の上部に洗剤の泡が付着すると、その泡はなかなか洗い流されず、次第に濃縮される。その洗剤の付着・濃縮された部分に *S. constrictum* が多く生えるようになる。このカビは、普段に使用している洗濯水の約 15 倍の濃度で、最もよく生育することがわかった。このような洗剤、とりわけ合成洗剤は、戦後になって大量に使用されるようになったのである。各住まいの水回りに新たな環境を作り出し、洗剤を好むカビの繁殖を促したと言えよう。

住環境中のカビは、野外のカビとは同じ種類であってもしばしば遺伝子的に異なり、遺伝的に単一であるように見える。また、その生理的特性も、そのルーツと考えられる野生種のカビとはかなり異なっており、住環境に適応した生理的性質を持つ株が繁栄するようになったと思われる。

5. 穀物の保存とカビ

前述のイネ科の植物に寄生するイモチ病菌のほか、収穫前の穀物に付くカビも、収穫後に付くカビも、農耕が行われるようになってから増えたと思われる。穀物として単一の植物を栽培し、さらにそれを貯蔵するようになったのは、まさに人類の知恵である。収穫の前後でカビの種類は大きく異なる。収穫前の穀物には、*Fusarium*（赤カビ）など多くのカビが付いている。しかし、収穫後の穀物には *Fusarium* は少ない。収穫後に多いのは *Aspergillus restrictus* と *A. glaucus* などの好乾性カビである。“貯蔵カビ”とも呼ばれ、穀物を貯蔵した場合のみに非常に多く見つかる [7]。好乾性カビにとって、乾ききっていない貯蔵穀物は最適な生育環境のように見える。また、弥生時代から住宅に使われていた藁葺き・茅葺きの屋根、床に敷いた藁にも、好乾性カビは多かったと想像される。

人や家畜に食料として供される穀物は、好乾性カビにとっても繁殖に適した栄養源である [8]。人や動物にとって食料として適さない多くの有機物も、カビにとっては繁殖に適した栄養源かも知れない。しかし、いくつかのカビは特殊な生育条件を持っている。*Aspergillus halophilicus* は6ヶ月以上保存した種子のみで見られ、種子の水分活性 (A_w) は0.65 から0.70 とかなり低い。このカビは、土壌からも、刈り取った直後にも、保存し始めた直後の種子からも検出されない。さらに、自然状態からも検出されない。*A. halophilicus* は、非常に狭い生態的地位（ニッチ）を持っているが、珍し

いカビではない。即ち、感染源はまだ明らかになっていないが、異なった地点で保存された穀物の種子からも多く検出される。この場合も、穀物の種子とカビは共進化したものと考えられている [9]。

6. 真菌症の原因になるカビ

現代では、体の内部に生えて真菌症を起こすカビは、薬物の投与で免疫系が破壊された人によく見られるようだ。免疫系の機能している健康な人は、体内でカビが繁殖することはない。今後、臓器移植や免疫抑制剤の使用によって、真菌症は増加すると言われている。

自然界でみられるカビの多くは、比較的高温に弱い。37℃以上で生育できるカビはごく少数である。真菌症の原因菌となるカビの第一条件は、動物の体温で生育できる耐熱性であることだ。耐熱性カビがごく少数であることが、真菌症の広がりを抑えていると言えよう。

家畜や野生動物の真菌症として、*Aspergillus* 症が知られている。また、畜牛の真菌症性流産や鳥の *Aspergillus* 症がある。人の場合と同様に、*Aspergillus fumigatus* が吸引されると、肺の病気になることがある [5]。37℃で生育できる *Aspergillus* 属のカビは少なく、一般には *A. fumigatus* と *A. niger*（クロコウジカビ）の一部に見られるだけである。しかし、*A. fumigatus* は体温条件下でも速く生育する。

人の真菌症の大半は、人に取り付いてしか生きていけないと言われている。この原因菌は、自然界において free living な状態では生育できない。即ち、人類が生活場所を提供しているから生きていける。水虫菌（白癬菌）も人がいてこそ生存できる。また、日本人の場合、靴を履くのが習慣になり、足先が乾燥しにくくなったこの100年ばかりの間に、患者が増加したと言われている。

水虫菌は体の内部にまで侵入することはない。



図2 皮膚から分離した水虫菌

ケラチン質の多い部分にのみ、皮膚や髪や爪に取り付いて生活している(図2)。種類としては、ヨーロッパに多い *Trichophyton mentagrophytes* と日本に多い *T. rubrum* が知られている。そして、人の皮膚に取り付きやすいように適応した種類であると言われている [5]。その結果、*Trichophyton* 属のカビが、羽毛を含んだ土壌にも見られることはあるが、同じ種ではなく、この土壌菌は人に取り付くこともないと言われている。一方、人から動物に水虫菌が感染することも稀だという。水虫菌も人と共進化してきたと言えるかも知れない。

7. *Aspergillus* の特性とそのルーツ

身近なカビのルーツはどこにあるのだろうか？ いずれのカビも、元来、植物を分解することで栄養を得て生きていたことだろう。その様なカビの世界に、少し乾いたところや少し高温なところを好む、あるいは洗剤を好む、ごく少数派のカビがいたと思われる。そんなカビは、その特性を生かすチャンスもなく、野や山で細々と生き延びていたことだろう。人類の作り出した新しい環境の中で、そんな少数派のカビの特性が花開いたと考えられる。

Aspergillus は広い環境領域に生きることができると言われている [9]。一般に乾燥に強く、生長も速い性質を持っている。ゆえに、生長の速い

Aspergillus は、栄養が集まっている場合には、栄養を独占することができたと思われる。一方、糖分の少ない貧栄養の環境は非常に苦手で、稀にしか生育できなかったと思われる。*Aspergillus* は、自給自足的な口ハスな生活型ではなく、大量生産・大量消費を好む生活型のカビと言えるかもしれない。

好乾性カビの *A. restrictus* はハチミツで発見された。その他に、自然界では腐りかけの果実にも生えていたことだろう。しかし今日と比較すると、好乾性カビの生育できる環境は、野外ではごく稀にしか点在せず、その個体数も非常に限定されたものであったと思われる。人類が農耕を行うようになって、*Aspergillus* の生育できる生態的地位は大きく広がったことだろう。

人類が作り出したのは、穀物を含め、多量の栄養源であったと思われる。その栄養は糖分の多い、浸透圧の高いものであったと言えよう。浸透圧の高いものを利用する能力の備わっているカビが生存に有利だったと思われる。地球上に繁栄するようになった人類の上前を最も上手にはねるカビが、*Aspergillus* だと言えるかも知れない。さらに人類は、その中のいくつかのカビを利用するようになった。また、品種改良も行いつつ利用してきた。*Aspergillus* は実用性が高く、人類によく貢献してきたカビだとも言えるだろう。

Aspergillus 属のいくつかの種は、菌類の種を同定するのによく使われるリボゾーム RNA 遺伝子の ITS 領域が一致する。これは、生物的には同一種であっても、生活上の都合で区別せざるを得ず、別種として扱っている為と言われている [10]。同様の事例は、植物病原菌として重要な *Fusarium* や、抗生物質の製造に重要な *Penicillium* でも見られるようだ。

Aspergillus は私たちの古代からの友人であり、人類の営んできた生活史や、地球環境へのインパクトの大きさを垣間見させてくれるように思われる。

参 考 文 献

- 1) 前田安彦. 新つけもの考. 岩波新書, 東京 1987.
- 2) (株) 現代経営研究所. かつお節物語. (株) にんべん: 東京; 1979.
- 3) 原田幸雄. キノコとカビの生物学. 中公新書: 東京; 1993.
- 4) 山田明德. タイワンシロアリの巣から伸びるオオシロアリタケ. <http://www.u-ryukyu.ac.jp/ecam/series/04/01.html> (08.12.05)
- 5) RC クック. 菌類と人間 (三浦宏一郎, 徳増征二訳). 共立出版: 東京; 1980.
- 6) 濱田信夫. 洗濯の歴史とカビ. 生活衛生. 2008; 52: 245-250.
- 7) 宇田川俊一, 鶴田 理. かびと食物. 医菌薬出版: 東京; 1975.
- 8) Beauchat LR (ed). Food and Beverage Mycology (2nd ed). Van Nostrand Reinhold: New York; 1987.
- 9) Bennet JW and Klich MA (ed). *Aspergillus*: Biology and Industrial Application. Butterworth-Heinemann: Boston; 1992.
- 10) 津田盛也, 田中千尋. 菌類集団の多様性と種分化. 杉山純多(編)菌類・細菌・ウイルスの多様性と系統. P137-154. 裳華房: 東京; 2005.

(大阪市立環境科学研究所 大気環境担当)