

「疑う」

最近、大学院時代から現在までの自身の研究を振り返る機会があり、これまでの様々な事柄を整理しながら大学院時代に初めて味わった研究の面白さがどこから生まれたのかを思い起こしました。

大学院では、海洋プランクトンの生態がテーマでしたが、調査航海での観測と実験の合間に他研究室、他大学、他分野の乗船者達から学びかつ議論する楽しさを知ったことが一つです。もっと大きかったのは研究室内外での議論です。自分の結果と解釈を、なかなか納得しない指導教官や先輩達にいかにして分かってもらうか、データをあれこれ吟味され、解釈の妥当性を批判されるとまさに疑われているような気にもなったものです。今から思えば鍛えられたのです。そうして得られた成果は、当初想像もしなかった面白いものでした。それが学会発表等で認められ、それを契機に研究が大きく展開した経験を経るうちに研究への意欲が高まり、この分野で研究することを一生の仕事に選びました。大学院で受けた教育で大きかったことの一つは自身の考えを、まず疑ってみて思いこみを避けるということです。

研究者の養成では、研究に対する心構えや、責任ある研究活動のための作法、規範などの基礎教育が重要で、得られた結果や考えを自ら疑ってみることを習慣づけることも含まれます。こうした基礎教育のためには教員と若手との十分な議論が必要なのですが、人が減り研究時間の確保が容易でない現状ではそのための時間をどのように創り出すかが、私たち教員の課題です。研究者としての基礎教育を共通カリキュラムに任せる部分と、マンツーマンの部分にどのように分けて、教育体系を組み立てるかの工夫が求められています。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部部長

古谷 研

Yayoi Highlight

和食の味わいを豊かに彩ってきた麴菌。応用研究は古くから行われてきましたが、基礎的研究は限られていました。しかし、ゲノム解析完了とともに、分子生物学的手法を駆使して、その複雑な細胞の仕組みが明らかになってきました。



応用生命工学専攻
微生物学研究室
きたもとかつ

北本勝ひこ 教授

日本で家畜化された微生物、 *Koji mold, a microorganism domesticated in Japan*

教えて! Q&A

家畜化された微生物

イノシシからブタがつくられたように、人間は野生動物を家畜化 (domesticated) してきました。近年、動物や植物ばかりでなく、家畜化された微生物という考え方が定着しつつあります。代表的な例として、ビール酵母は野生の酵母が家畜化されたものと言われています。日本には世界で一番古いバイオビジネスともいえる種麴メーカー（もやし屋）が室町時代からあり、500年以上もの長い間、綿々と酒造りに適した菌株が植え継がれてきたことにより麴菌ができたと考えられます。鶏やアヒルが家禽とよばれるのでビール酵母や麴菌は「家菌」とよばれるようになるかもしれません。

染色体地図

古典的遺伝学では、遺伝子間の掛け合わせ実験での連鎖と交差の数値から、距離の相対値を算出して作製します。酵母 (*S. cerevisiae*) では接合型の異なる株による掛け合わせにより、16本からなる詳細な染色体地図がゲノム解析完了前にできていました。麴菌はゲノム解析により初めて、ゲノムサイズが37メガベース（酵母の約3倍）、約12000遺伝子（酵母の約2倍）をもつことが明らかになり、8本の染色体からなることが分かりました（図3）。

オートファジー

酵母からヒトにいたる真核生物に見られる細胞内のタンパク質を分解するための仕組みで自食作用ともよばれ、栄養源枯渇条件下での生存に必須の働きをもちます。麴菌では、分生子形成や分生子の発芽のときにオートファジーが重要な働きをしていることが分かっています。また、栄養源枯渇条件下では、核をまるごと液胞に送り込んで分解します（図4）。通常、多くの細胞は一つの核をもつので、核をオートファジーでまるごと分解して栄養源として利用できるのは、麴菌のような多核生物のみです。

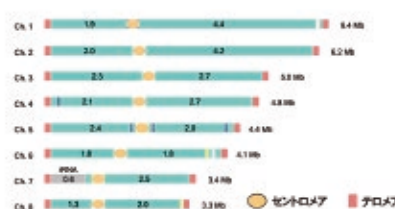


図3. 麴菌の染色体地図
ゲノム解析により明らかになった8本 (Ch1～Ch8) からなる染色体構造を示す。他の真核生物と同様に、中央部にセントロメア、末端部にテロメアとよばれる構造をもつ。

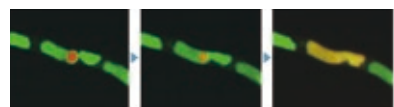


図4. オートファジーによる核の分解
核を赤色蛍光タンパク質で可視化した麴菌を蛍光顕微鏡で観察した。多核生物である麴菌では、核がまるごと液胞（緑色）にとりこまれ、液胞内で分解される様子が観察される。

日本の酒造りの歴史は千年以上あると言われていますが、麴菌のルーツに関しては謎でした。昔から、中国大陸伝来説などの諸説がありましたが、最近、多くのカビのゲノム解読が進められ、麴菌の祖先はイネやトウモロコシにつく *Aspergillus flavus* というカビで、数百年以上の家畜化の過程で、現在の麴菌 *Aspergillus oryzae*（図1）になったという説が有力になってきました。

麴菌は、大腸菌や酵母に比べて、より複雑な細胞構造をもつこと、また、古典的遺伝学の適用が困難なことから基礎的な研究が遅れていましたが、20年程前から分子生物学的手法を用いて、様々な解析が進められるようになりました。2005年には麴菌の全ゲノム解析が完了し、これまで作製できなかった染色体地図も明らかになりま

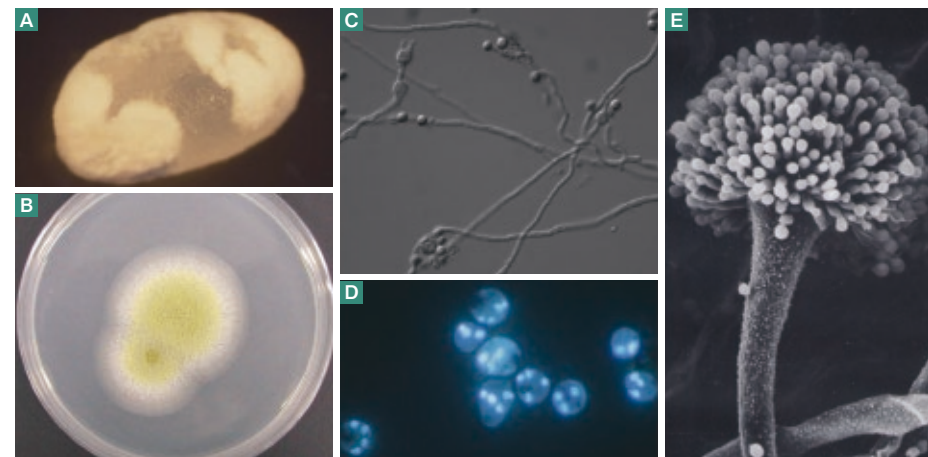


図1. 麴菌 *Aspergillus oryzae*
A 吟醸酒用の麴。白く見えているのが菌糸。B 寒天培地に生育したコロニー。黄緑色の分生子を着生する。C 菌糸の顕微鏡写真。丸く見えるのは分生子。D 分生子細胞の中に2～5個の核が見える。E 分生子柄の電子顕微鏡写真。

した。このゲノム情報と緑色蛍光タンパク質 (GFP) を用いたライブセルイメージング技術を駆使して、麴菌細胞の詳細な構造も明らかになってきました（図2）。麴菌は、

酵母と同様に真核細胞に存在する核やミトコンドリアなどが存在しますが、一つの細胞に多数の核が共存するというユニークな多核生物です。またカビ特有の細胞小器官としては、オロニン小体やスピッツェンケルパーとよばれる構造体があります。麴菌の隔壁孔のそばに観察されるオロニン小体は、菌糸が損傷を受けたとき、隣接する細胞との隔壁孔を塞ぐことにより損傷が伝播しないようにする働きをもちます。スピッツェンケルパーは、アミラーゼなどの酵素を分泌する小胞が集積する部位で、多量の酵素を分泌する麴菌にとって重要な働きをしています。

麴菌は細長い細胞が連続してつながり、糸状の菌糸を形成して生長します。生育にともない空中に向かって伸びる菌糸（気中菌糸）を立ち上げ、その先端に分生子を形成します。培地から離れた空中では栄養源の供給が限られますが、分生子形成にはオートファジーの働きが必須であることも分かってきました。

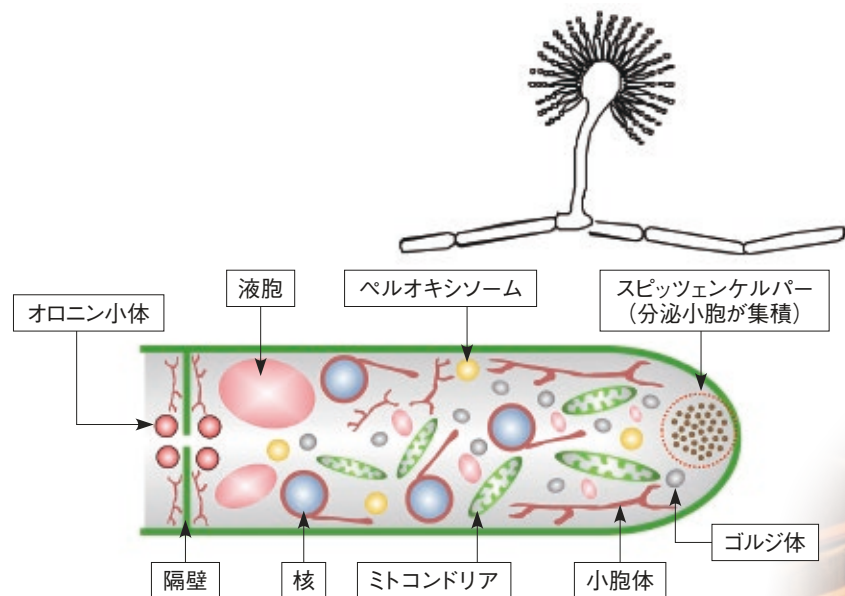


図2. 麴菌の細胞構造

この記事に関する詳細情報はこちらまで

http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/Lab_Microbiology/hyousi.html