

同居して初めて本性を知る～糸状菌の細胞融合と不和合性

丸山 潤一

生物で細胞どうしが融合する現象といえば、多くは生殖細胞どうしの融合を思いつくことだろう。微生物でもっとも研究されてきた細胞融合は、出芽酵母の接合である。二つの接合型株が存在し、お互いフェロモンを出し合い、相手の細胞を認識して融合に至るといふ過程である。

糸状菌も基本的には二つの接合型株が存在し、有性生殖ではこれらが細胞融合を行う。しかしこれに限らず、糸状菌は菌糸生長を行っている栄養生長の時期でも融合することができる(図1)。この細胞融合のことは、古くから『吻合anastomosis』と呼ばれてきた。吻合という言葉はもともと血管や神経をつなぎ合わせる手術用語であり、植物では葉で網目状の葉脈が交わっていることを意味する。このニュアンスから、糸状菌のコロニーでは、菌糸どうしの細胞融合によって網目状のネットワークが形成されていることを想像できよう。2000年代に入ってから、アカパンカビにおいて、胞子から発芽管とは別の、CAT (conidial anastomosis tube) という管が伸びて融合する現象が頻繁に観察されることを利用して、糸状菌の細胞融合に関与する因子が多く明らかになっている。

さらに、異なる株どうしが融合した場合、これらに由来する核を同じ細胞内に共存させたまま、菌糸を生長させることまでできる(図1)。この状態は、『異核共存体heterokaryon』という。しかし、遺伝的に不適合である異核共存体では、細胞死もしくは著しい生育阻害が起こる(図1)。これを『異核共存体不和合性heterokaryon incompatibility』(以下、不和合性と略す)という¹⁾。不和合性という、植物の自家不和合性を思い浮かべる人が多いだろうが、糸状菌にもこのような自己と非自己を識別する仕組みがあるのだ。糸状菌における不和合性の役割は、融合した相手から感染したウイルスが拡散してくるのを防ぐなどがある。これまでに、不和合性を制御

する遺伝子 *het* (heterokaryon incompatibility) などが明らかになっている。これらの遺伝子の配列は株によって異なり、多型であることで不和合性を決定している。

以上の細胞融合や不和合性について、実際にはアカパンカビをはじめとする一部の糸状菌でしか研究は進んでいなかった。糸状菌の不和合性のメカニズムは多様であり、明らかになっているのはまさに氷山の一角であると考えられる。

日本人に身近な麹菌ではいかがであろうか。麹菌の細胞融合の研究は、東京大学応用微生物研究所(当時)の坂口謹一郎らのグループによる1956年の報告²⁾にまでさかのぼる。ところが、それ以降長らく麹菌の細胞融合の研究は行われていなかった。麹菌の細胞融合は頻度が低く、解析をすること自体が困難であった。しかし最近になり、60年ぶりに麹菌における細胞融合の研究が進んでいる。栄養要求性と蛍光タンパク質を標識として利用することで細胞融合を解析する実験系が確立され³⁾、麹菌の細胞融合効率が窒素源、炭素源、pHといった培地条件に影響されることがわかった⁴⁾。

また、麹菌は、日本酒や醤油、味噌などさまざまな醸造食品の製造に用いられており、用途によって多様な性質の株が存在する。つい最近、麹菌においても特定の株の組み合わせで融合体が存在しない不和合性があることが明らかにされた⁵⁾。比較ゲノム解析が可能となりつつあり、今後、麹菌の不和合性のメカニズムの解明ができるかもしれない。そして、日本人によって醸造に使用されてきた麹菌の進化の過程を探るうえで重要な知見がもたらされる可能性がある。

糸状菌は生殖以外の目的でも細胞融合を行い、由来の違う核を同居させる、なんとも不思議な生物である。しかも、お互いの本性を見分けて、しっかりと同居を解消する不和合性の機構をもつ。これこそ、カビワールドである。

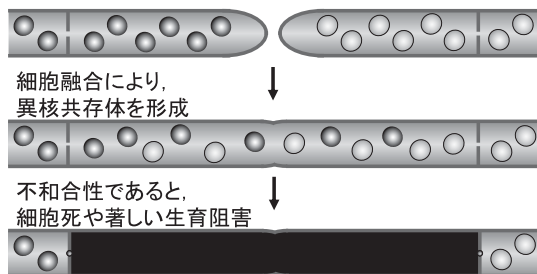


図1. 糸状菌の細胞融合と不和合性

- 1) Glass, N. L. et al.: *Curr. Opin. Microbiol.*, **9**, 553 (2006).
- 2) Ishitani, C. et al.: *J. Gen. Appl. Microbiol.*, **2**, 345 (1956).
- 3) Wada, R. et al.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **98**, 325 (2014).
- 4) Tsukasaki, W. et al.: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **78**, 1254 (2014).
- 5) 岡部知弥ら: 日本農芸化学会大会講演要旨集, 4B21p14 (2015).