

「糸状菌の交配と関連する遺伝子」

東京農工大学大学院農学府植物病理学研究室
有江 力・今井峻介・關波直子・寺岡 徹

はじめに

糸状菌の生活環は無性世代と有性世代から構成される。子囊菌では、菌糸、菌核、分生子、厚膜胞子、bud cell (酵母状細胞) などが核相 n の無性世代であり、菌糸の伸長、菌核や分生子などの形成によって遺伝的に同一の後代 (クローン) を生み出している (無性生殖)。多くの子囊菌では、無性生殖が繰り返され、生活環の大部分が無性世代によって占められている。

一方、環境条件が整うと、糸状菌は有性世代へとその生活環を切り替える場合がある。子囊菌では子囊、担子菌では担子器のような器官を、それぞれ子嚢果 (子嚢殻など)、担子器果 (いわゆる、きのこ) 等の子実体上に形成し、そこで有性生殖を行い、後代を形成する。有性生殖では、核相 n の2つの細胞が融合し、 $n+n$ の状態 (異核共存体) になり、その後、核融合 ($2n$) および減数分裂によって核相 n の後代をつくる。減数分裂の過程での染色体シャフリング等によって、遺伝的に親と異なる後代が生じる可能性がある。

子囊菌は基本的に雌雄同体であるが、有性生殖の際に相手を要求するものとしがないものが存在する。相手を必要としない性質をホモタリック、相手を必要とする性質をヘテロタリックと呼ぶ。ホモタリックは自家和合性 (self-compatible)、ヘテロタリックは自家不和合性 (self-incompatible) と理解することが可能である。子囊菌の基本的な有性生殖様式はヘテロタリックであり、ホモタリックな菌はヘテロタリックな菌から生じたと考えられている (後述)。

交配型と交配型遺伝子

ヘテロタリックな子囊菌では、1種のうちに2つの交配型 (MAT1-1 と MAT1-2) の菌株が存在する。MAT1-1 の菌株と MAT1-2 の菌株が適した環境条件の下で出会うと、細胞融合が起こり、有性生殖 (上述) の一連の過程が進み、後代を形成する。これを、交配 (outcross または単に cross) と呼ぶ。MAT1-1 の菌株同士、あるいは MAT1-2 の菌株同士では交配は起きない。菌株の交配型を決定しているのは、交配型遺伝子領域 (MATI) に存在する1組の対立遺伝子 (MATI-1-1 および MATI-2-1) であり、各菌株はこの対立遺伝子のどちらかを保持している。両遺伝子産物とも、DNA 結合モチーフを有しており、交配の初期調節因子であることが示唆されている (Shiu & Glass 2000)。

既述のように、子囊菌にはホモタリックな菌が存在するが、これらの多くは染色体上に、MATI-1-1 および MATI-2-1 の両方を持つ、あるいは、MATI-1-1 と MATI-2-1 が融合したような遺伝子を持つことが知られており、ヘテロタリックな菌の MATI 領域の乗換え等によってこのような構造が生じたことも示唆されている (Yun et al. 1999)。

一方、子囊菌には、有性生殖をしない、あるいは有性生殖が発見されていない種が存在する。いわゆる不完全菌 (asexual ascomycetes) である。これまでの解析で、交配能を有する菌と同様に、不完全菌もゲノム上に MATI 領域を有すること、MATI 領域に存在する遺伝子 (MATI-1-1 あるいは MATI-2-1) が発現しており、しかもその産物が機能を保持していること、種の中に両交配型の株が存在していることが示されている

(Arie et al. 2000; Yun et al. 2000)。しかし、不完全菌が交配しない理由についてはまだ明らかになっていない。

近年、複数の子囊菌において *MATI* 領域周辺の解析が進み、比較の結果、DNA リアラーゼや膜貫通タンパク質などをコードする遺伝子が普遍的に存在することが判明してきている (Debuchy & Turgeon 2006)。*MATI* 領域に存在する遺伝子と併せ、それらの機能の解明に興味を持たれる。

交配に関わるシグナル伝達系と遺伝子

既述のように、交配型遺伝子産物は交配の初期調節因子として機能する。子囊酵母の研究成果を参考にすると、交配型遺伝子産物が、フェロモンやフェロモンレセプターの発現を調節していること、膜上に存在するフェロモンレセプターがフェロモンを受容するとその信号が三量体Gタンパク質および MAPK カスケードを経て、核移行調節因子である STE12 のリン酸化を制御、STE12 が核内に移行して、有性生殖の遂行に参与する多数の遺伝子の発現が調節されていることが想定される (Elion 2000)。近年、複数の子囊糸状菌において、シグナル伝達系関連遺伝子、フェロモン受容体遺伝子などが同定され、それらの破壊実験などが行われている。その結果、複数の子囊糸状菌において、MAPK カスケードの代わりに、cAMP を介したシグナル伝達系が有性生殖の調節に重要な役割を担っている可能性が示唆されている (Lengeler & Heitman 2000; D'Souza & Heitman 2001)。

参考文献

- Arie T, Kaneko I, Yoshida T, Noguchi M, Nomura Y, Yamaguchi I (2000) Mating-type genes from asexual phytopathogenic ascomycetes *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternata*. *Mol Plant-Microbe Interact* 13:1330-1339
- Debuchy R, Turgeon BG (2006) Mating-type structure, evolution, and function in euascomycetes. In *The Mycota I* (Kues & Fisher eds.), Springer-Verlag, Berlin. pp. 293-323
- D'Souza CA, Heitman J (2001) Conserved camp cascades regulate fungal development and virulence. *FEMS Microbiol Rev* 25:349-364
- Elion EA (2000) Pheromone response, mating and cell biology. *Curr Opin Microbiol* 3:573-581
- Lengeler KB, Heitman J (2000) Signal transduction cascades regulating fungal development and virulence. *Microbiol Mol Biol Rev* :746-785
- Shiu PK, Glass NL (2000) Cell and nuclear recognition mechanisms mediated by mating type in filamentous ascomycetes. *Curr Opin Microbiol* 3:183-188
- Yun SH, Berbee ML, Yoder OC, Turgeon BG (1999) Evolution of the fungal self-fertile reproductive life style from self-sterile ancestors. *Proc Natl Acad Sci USA* 96:5592-5597
- Yun SH, Arie T, Kaneko I, Yoder OC, Turgeon BG (2000) Molecular organization of mating type loci in heterothallic, homothallic, and asexual *Gibberella/Fusarium* species. *Fungal Genet Biol* 31:7-20