

【話 題】

きのこの育種について

金子 周平^{*1}

はじめに

近年のきのこ産業は、国民の健康志向の高まりなどから、生産量は伸び続けているが、単価は下落傾向にあり、コストダウンが重要な課題となってきた。そういった中で、育種により、多機能、高収量といった特性を有する品種開発・改良が盛んに行われるようになり、多様な種、品種のきのこが生産されるようになってきている。きのこ類の種苗登録は、種が限定されており、現在32種である。栽培技術の発展により、これまで栽培不可能であったきのこ、食用としては一般的でなかったきのこ、機能性を持ったきのこなどが栽培されつつあり、登録種苗も増えてくると考えられる。

きのこの遺伝特性は種によって異なる部分があり、育種を行う上では、対象とする種の遺伝特性を十分理解しておくことは必須である。ここでは、数種のきのこ類の特性を利用した育種について述べることにしたい。

きのこ類の生活環

きのこ類の本体は菌糸体であるが、一般的にきのこと呼ばれるのは、傘と柄からなる子実体であり、植物の種子に相当するのは胞子である。子実体から離れた胞子が発芽すると胞子由来の核 (n) が1個細胞内に入った一核菌糸 (一次菌糸) となり成長するが、この形態は長く続かない。他の一核菌糸 (不和合性因子とよばれる性因子の異なる菌糸) と出会うと接合して細胞質が融合するが、この時点では核の融合は行われない。細胞分裂時にも、それぞれの核が独立して分裂し、細胞内に二核 ($n+n$) が存在する菌糸となる。これらは二核菌糸 (二次菌糸) と呼ばれ、栄養成長が続くが、光や温度の刺激により、生殖成長 (子実体であるきのこの形成) に移る。子実体は二核菌糸体の集合体であるが、単一クローンではない

複数クローンの菌糸体により形成されている場合もあることがわかっている (馬場崎 1999)。子実体の中で初めて二核は融合し、その後、減数分裂に至って、多くの食用きのこの場合、子実層の担子器の先に性因子の異なる4種類ずつの担子胞子を形成し、やがて離れて発芽する。

きのこ類の育種

きのこ類の育種により、最も形質の変化が明らかなのは純白系品種であろう (種坂 2011)。通常菌床びん栽培で生産されるエノキタケの多くは純白系であり、環境に左右されず、原木による自然栽培でも純白は維持される (写真-1)。その後、ナメコ、ブナシメジ、マイタケなどでも純白系品種が創出されている。このような劇的な変化は少ないが、以下、きのこ類の育種法について述べる。



写真-1 純白系エノキタケの原木栽培
野生の子実体とは大きく異なる純白系統は安定的であり、原木による野外栽培でも白色が維持される。

* E-mail: shu-k@kir.biglobe.ne.jp

¹ かねこ しゅうへい 福岡県緑化センター

選抜育種：育種初期には最もよく利用される方法である。まず野生系統の菌株を多数集める。菌株を得る方法は、主に子実体の組織分離培養による。子実体の状況によりこれが難しい場合、木材腐朽菌であれば、宿主の菌繁殖部分を宿主（木片）ごと分離培養して菌糸体を得る、もしくは、子実体の担子胞子を培地上に落下させて培養して菌糸体（一核菌糸、あるいは二核菌糸）を得る。これらについて菌糸体の培養特性や栄養要求の特性を把握し、栽培によって発生させた子実体を分析し、目標にあった形質の優良株を選抜する。従来は収量性や、柄の太さ、傘の厚さ、発生温度などによる選抜が主であったが、近年は、表-1 に示すように、機能性成分含有量についての選抜育種が行われるようになってきている（金子 2008）。

表-1 マンネンタケ各系統子実生からの30%エタノール抽出物に含まれるトリテルペン量

系統名	Ganoderiol A ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Ganodermanontrial ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Ganoderiol F ($\mu\text{g}/\text{mg}$)
BMC9049	0.69 \pm 0.02	5.15 \pm 0.05	0.54 \pm 0.03
BMC9143	-	0.36 \pm 0.01	-
ATCC64488	-	2.71 \pm 0.01	1.13 \pm 0.01
ATCC64251	-	2.73 \pm 0.05	-
FPF030622B	-	1.97 \pm 0.02	0.18 \pm 0.01
Com Kagawa	-	0.25 \pm 0.00	-
BMC9057	-	0.46 \pm 0.01	-
FPF03723A	-	1.08 \pm 0.03	-
FPF031026	-	-	-
FPF030707	-	-	-
FPF030820B	-	0.35 \pm 0.01	-
FPF030709A	-	0.65 \pm 0.01	-
FPF030709B	0.55 \pm 0.03	8.20 \pm 0.13	1.10 \pm 0.02

値は平均値 \pm 標準偏差 ($n=3$)。

太字は選抜された系統。

機能成分を指標にした選抜育種の例。目標成分高含有の系統の交配育種によりさらに優良な品種の創造が期待できる。

分離育種：選抜育種の一つで、同じ材料から組織分離と子実体発生を繰り返すことで安定した形質をもつ菌株を選抜することである。たとえば子実体の形質に目標をおいた場合、栽培試験により発生させた子実体について、優良な個体の組織を分離培養する。子実体は二核菌糸で

成り立っているため、この分離菌株はさらに次世代を形成する能力があり、再栽培によって得られた子実体群からさらに育種目的にあった優良形質の個体を選抜し、組織分離により二核菌糸を得る。これを繰り返すことで、より優良な個体が安定的に得られるようになる（金子 1994）。この育種法の原理は不明な部分が多いが、前述の一子実体多菌糸起源説（馬場崎 1999）によれば、必ずしも組織分離したものが単一クローンではないため、分離の繰り返しによる形質安定化が説明できる。

交配育種：本方法は、育種目標に近い形質を有する系統の交配を行い、より目標に近い形質のものを作り出すものである。多数の交配株を作成し、選抜を行うものである。核の取り出しは、子実体からの胞子（多くの食用きのこ類は担子菌なので、担子胞子）や、二核菌糸をプロトプラスト化したものを単離して行う。その方法は、材料の子実体（栽培あるいは野生）の担子胞子をシャーレ上などで多数落下させ、それらを希釈して培地上に置き、発芽コロニーを個別に取り出すのが一般的である。顕微鏡下で確実に個別の胞子を分離する方法もあるが、この方法は熟練を要する。これらの方法では、不和合性因子が四極性の場合、担子胞子が性因子の異なる4種類の一核菌糸が得られるのに対して、プロトプラストでは2種類しか得られない。ただし、後者は後に述べる突然変異がより高い確率で得られる可能性がある（後述）。

利用する一核菌糸の数は育種目標やきのこの種類によって異なるが、筆者らは通常50系統程度ずつを利用する。これらの中から諸性質（不和合性因子の組み合わせや菌糸体の性質）により、20~25系統に絞り込み（状況によりこの数は大きく異なる）、培地上で対峙させて培養する。交配して二核化したことを確認後、栽培して子実体を形成させ、形質データを得ることにより、目的のものを選抜する。図-1はヌメリシギタケ野生株の交配系統を栽培して得られた形質を測定したものであるが、菌株別に変異が大きいほど育種効果は期待できる。

例えば、胞子欠損といった性質は、落下した胞子が商品としての見た目を損なわせることがないため、貴重な形質である。この胞子欠損性は、容易に判別がつくので交配による効果は出やすく、多収量性の菌株との交配において収量の増加が見られる。ただ、胞子欠損株は胞子を重力落下させる必要がない、つまり胞子が収まっている傘のひだを下に向ける必要がないため、柄が屈曲しやすい（写真-2）。この点は商品化の課題である。

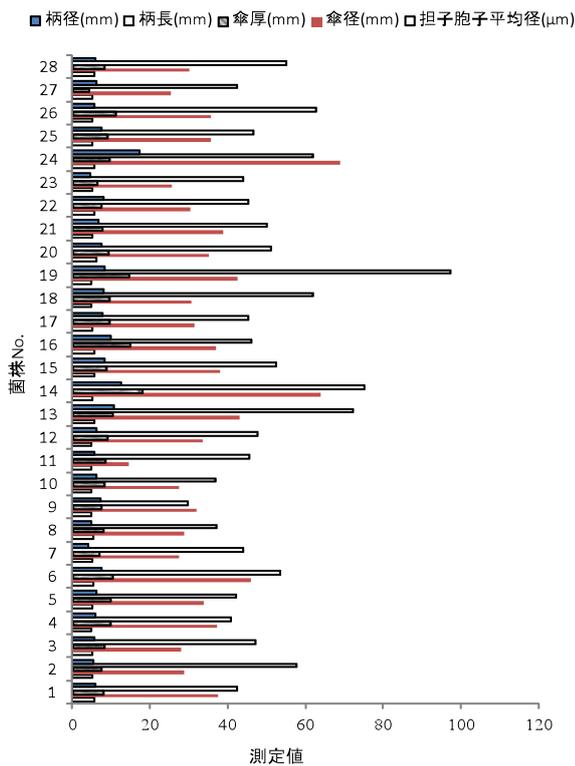


図-1 ヌメリスギタケ野生株の交配系統の形質変異
同一種の中でも交配系統により子実生の特性が大きく異なることから高い育種効果が期待できる。



写真-2 「イナバウアー」するヌメリスギタケ胞子欠損株

胞子欠損株と有胞子株の交配による胞子欠損株は、フィギアスケートの金メダリスト荒川静香選手の技「イナバウアー」のように、柄が屈折しやすく、きのこ子実体の有する背地性を失っているものが多い。

導入育種：国内にその野生株が存在しない種において、外国からの導入により、品種化をするものである。エリンギ（ヨーロッパ）やパイリング（ヨーロッパ、中国）などはその例である。導入する種については、国内植物に対する病原性や、逆に国内病害虫に対する耐性の検討が重要である。

突然変異育種：主にプロトプラスト創出時に UV 等の照射により突然変異を起こさせる方法が用いられる。胞子欠損株の創出の例があるが（小島ほか 2006）、数千個への照射で数個の出現という、かなり確率の低いものである。得られた胞子欠損株は、エリンギやヤナギマツタケの場合も、柄が屈曲しやすい傾向にあるという。

突然変異による品種改良は、親株に育成者の権利がさかのぼるので留意しておく必要がある。

細胞選抜育種：プロトプラスト化して再生してくる菌糸体の中には、形質が元株より優良なものが多く出現する可能性があり（福田 2008）、このことを期待する方法である。また、保有する系統数が少なく、交配では親株を上回る形質の出現が期待できないと判断された場合などにおいて、保有株をいったん野外で原木栽培し、発生してくる優良な子実体を組織分離し、目的に近い形質を得るという方法もある。ブナシメジやクロアワビタケなどは、原木栽培に困難性を伴うが、子実体の形態や、菌糸体成長速度、病害耐性に優れたものが生まれることがある。

以上、これまで行われてきたきのこ類の育種について述べたが、現在、分子生物学的手法による遺伝解析が急速に進んでおり、今後、連鎖地図の構築により DNA マーカーを用いて目標形質に関与する DNA 領域を特定する方向に進行することが考えられる（長谷部 2010）。さらに、植物バイオマス変換利用のために、分子工学的手法による、リグニンやセルロースなどの分解酵素遺伝子を用いた組換え体創出（宍戸 1999）など、様々な特性を有するきのこ類の出現が期待される。

いずれにしても、きのこ類は樹木類と異なり、世代が短いこともあり、変異しやすい。利用されるきのこの種類も豊富である。消費者の好みが多様なことから、絶え間ないマイナーチェンジが必要となってくる。育種された品種の安定性を確保するためにも、きのこ類における未知の部分の遺伝解析が重要になってきている。

引用文献

- 馬場崎勝彦 (1999) きのか栽培における変異発生機構と解析法. 農林水産技術会議事務局・森林総合研究所編, きのかの変異判別法と変異発生予防. pp 16-20
- 種坂英次 (2011) エノキタケの育種研究. 農工研通信 158: 2-8
- 金子周平・石川景子 (2008) マンネンタケ (靈芝) の栽培技術開発と育種. 福岡県森林林業技術センター研究報告 9: 1-7
- 金子周平 (1994) ブナシメジ、ヌメリスギタケの分離育種. 特産情報 4: 56-57
- 小島靖・松本晃幸・村上重幸・福政幸隆 (2006) 無孢子性エリンギ栽培品種マッシュ PE2 号の特性. 奈良県森林技術センター研究報告 35: 59-68
- 福田正樹 (2008) 育種を取り巻く現状について. 信州のそ菜 7: 36-39
- 長谷部公三郎 (2010) きのか基礎講座 (19・最終回) きのかの育種と遺伝資源 (後編). 菌蕈 56 (10): 36-43
- 宍戸和夫 (1999) 担子菌きのかの分子育種. 化学と生物 37: 790-797