

総説

[木材学会誌 Vol. 51 No. 1, p. 55-57 (2005)]

キノコ学の将来*1

大賀祥治*2

The Future of Mushroom Science*1

Shoji OHGA*2

1. はじめに

キノコは4億年くらい前に出現したとされている。そのころ植物が陸上生活をはじめたが、その根に菌根が形成されて共生していた。約2億年前の恐竜が活動した中生代ジュラ紀から白亜紀にハラタケ目やヒダナシタケ目のキノコが登場した。生物界でのキノコの位置づけは、ホイットカーによって提案された5界系統図では、菌界に属している¹⁾。菌界は植物界や動物界と同格に扱われている。植物と同じような構造をもっているが、葉緑素などの光合成色素を持たず、ほかの生物体、または有機物の分解によって生活している。キノコを作るのは真核菌類のなかの変形菌類と、子のう菌類、そして担子菌であり、なかでも担子菌が大多数を占めている。キノコとは、菌類が作る大型の繁殖器官(子実体と呼ぶ)を指している用語である。かつ、子実体を形成できる真核菌類をキノコと呼んでいる。キノコは「木の子」でもあり、日本木材学会の研究テーマとして相応しい分野といえる。

最近の社会的な「自然環境・健康ブーム」を追い風に、キノコそのものに対する認識が急加速している。社会的なニーズの高まりにつれて、研究面では、遺伝子レベルでの解析や新品種の開発、キノコに含まれる機能性成分、薬理効果を対象とした研究者、また全国に散在する60以上のキノコ同好会で野生キノコの生態を楽しみ、それを食材として活用されよ

うとする方々など「マイクロからマクロまで」多岐にわたってきている。また実践面では、400年の歴史を有するシイタケ原木栽培技術を背景に、中山間地で営々とキノコ栽培を続けておられる生産者から、最新のロボットを導入して大量生産を国内外で展開する企業まで「ローカリゼーションとグローバリゼーション」のもと広範囲にわたってきている。

2. 基礎科学

キノコは生活法から見て、腐生性(木材腐朽菌、腐植菌)のもの、寄生性(冬虫夏草菌、菌根菌(共生))のものがある。多様性をみせるキノコ類でそれぞれ研究活動が展開されている。

2.1 遺伝・育種

キノコでは、品種改良を目的として異なる菌株同士を人為的に交配する、交雑育種が盛んに研究されてきた。交配法による栽培品種の開発は、品種特性の優良な親株から多数の二核株を作り、それらを交雑して得られる二核株を栽培試験により選別する方法である。我が国で伝統的なシイタケ菌株でも本法で優良形質を持った品種が多く開発されてきた。交雑の顕著な例として、「純白系エノキタケ」が挙げられる。元来野生種では茶色の子実体であるが、交配法によって、光照射をしても着色しない純白系のもので開発され種苗登録され、現在に至っている²⁾。今後は、キノコ特有の半数体二核菌糸の遺伝子発現の解明や実用育種における法則を解明するなど、より確立の高い育種が進展することが期待されている。最近では、品種識別が遺伝子工学の手法で盛んに行われるようになってきた。ヒラタケは世界で30種類以上が知られ、なじみの深いキノコとして知ら

*1 Received August 11, 2004; accepted October 1, 2004.

*2 九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 811-2415

れている。本属では、細胞工学的手法によりプロトプラスト融合で新品種の開発例が報告されている³⁾。ヒラタケの交配に基づく生物種について、26S rDNA の RFLP 解析と、ミトコンドリア rDNA のスモール・サブユニットの塩基配列の解析を組み合わせる手法で、系統学的な相関が明らかにされている⁴⁾。シイタケでは、子実体形成過程において発現する遺伝子が分離、同定されている^{5,6)}。

2.2 生育・生理

生活環における二核菌糸から子実体形成に至る過程は、特に研究対象として注目されてきた。子実体発生には、栄養成長段階で菌糸の集合体である二核菌糸体が十分に蔓延していることが必須条件で、しかも生殖成長への引き金因子に応答できる、適正な成熟度を有していることが必要である。そして引き金因子として、外的環境因子と内的培地因子が複雑に影響し合って子実体を誘起する。これらの条件は、キノコの種類によって大きく異なり、同種でも品種間で挙動が異なる場合が多くなっている。キノコの成長に対して、光は菌糸蔓延時の栄養生長では影響がないか抑制するが、子実体形成に対しては促進する場合が多くなっている。栽培キノコでは、菌糸蔓延時に光を経験していないと、子実体形成が誘起されないとされている。子実体の光誘導形成について報告され、光照射による原基形成で菌体内フェノールオキシダーゼ活性は誘起され、菌体外フェノールオキシダーゼも同傾向であることが明らかになっている⁷⁾。菌床での mRNA の消長について、セルラーゼ遺伝子 (*cel3*) およびラッカーゼ遺伝子 (*lac1*) を用いて、ノーザンブロット分析および Competitive RT-PCR 分析で追跡されている^{8,9)}。

2.3 栽培

食用・薬用に供されているキノコの大部分が木材腐朽菌であり、元来原木栽培が主流をなしてきたが、最近では木質系のおが屑に栄養剤を混合した「菌床法」が中心となっている。菌床法では培地に米ヌカなどの利用しやすい栄養剤を加えて、短期間に菌糸体を蔓延させ子実体を生産する。この場合、培地基材となる、おが屑は栄養菌糸体が成長するために必要な水分を保持する機能と、外部からの O₂ の供給と CO₂ の排出に必要な空隙を内部に作り出す換気機能といった、相反する要素が求められる。このため単に培地含水率で表示する方法よりも、添加物の種類やおが屑の粒度から生じる水ポテンシャル (ψ) の表示が最も相応しいとされている¹⁰⁾。キノコの種類によって、おが屑の選択性が高く広葉樹(シイタケ、ナメコ、マイタケ)と針葉樹(ヒラタケ、ブナシメ

ジ、エノキタケ、エリンギ)に分かれている。培地の通気性を向上させるために、チップ状の木片を混入する場合もある。また、形質の制御が可能で入手しやすいコーンコブを培地基材とする例が多くみられる。

栄養剤はキノコの栄養生長に直接影響を及ぼす重要な因子である。キノコの栄養要求性は種類によって異なり、炭素源および窒素源でそれぞれ選択性が高くなっている。一般には、米ヌカ、フスマ、トウモロコシヌカ、ソルガム、コーンコブ、綿実殻、大豆皮などの穀類や、トウフ粕、ビートパルプ、ビール粕などの食品工業の副産物も利用されている。これらの他にも、貝化石、ワカメ根株など種々知られているが、いずれも糖質、粗繊維、無機塩、微量ミネラル、未同定生長因子を含有している。栽培に際して、それぞれ独自のブレンドで使用されている。

2.4 成分利用

キノコは栄養学、薬理学として多くの研究がなされている。キノコの主成分は炭水化物でその大部分は食物繊維で、野菜類に比べて含有量が高く、生活習慣病の予防に重要なことが注目されている。ミネラルも豊富でカリウム、亜鉛、銅の含有量が多く、これらは、それぞれナトリウムの排泄効果による血圧降下、食欲、免疫能、貧血などへの効果が指摘されている。さらに、ビタミン D₂ はキノコのみに含まれている。

生活習慣病(ガン、心臓病、脳疾患、糖尿病など)への効果が期待され、マウスでの臨床実験が盛んに行われている。サルノコシカケ科のカワラタケ、マンネンタケ、メシマコブなどの硬質キノコや我々になじみ深いシイタケ、マイタケ、エノキタケ、キクラゲなどが研究されている。さらに新規のキノコとして、ヤマブシタケ、ハナビラタケが機能性を持っているとされている¹¹⁾。成果として、各種の疾病を治癒させる効果と、「医食同源」に説かれているように免疫力を高める免疫賦活剤の効果が考えられている。抗腫瘍活性、抗酸化、抗ウイルスや血漿コレステロール低下作用が確認されている。一般には、キノコを素材にした数多くの「健康サプリメント」が販売されている。さらに、キノコから同定された薬効の高い成分を化学合成して臨床に用いられている例もある。最近、同種のキノコであっても、菌株品種、培地組成、栽培方法などが違うと薬効が異なってくるといった事例が報告されている。

2.5 機能性

キノコは環境汚染物質を分解し、環境を浄化する作用を持っている。これまで研究されてきた木材腐

朽菌よりも土壤腐植性菌での効果が注目されてきている。また、「紙おむつ」の素材の高分子ポリマーを生分解する試みがなされている。その他、「バイオパルピング」や「バイオブリーチング」とよばれる白色腐朽菌を利用する研究が行われている。

3. 産業分野

キノコ産業は1940年代の純粋培養菌の開発を機に躍進を続けてきている。特にシイタケ栽培は山地の重要な収入源として貢献してきた。最近では、高度経済成長にともなう食文化の多様化、健康食品志向や健康サプリメントなどによって広く、我々に認知される存在になっている。キノコの生産高は約2500億円で、これらを素材にした健康サプリメントの売上額がほぼ同額にまで成長し、追い抜く勢いである。医薬分野での需要が高まり、将来は1兆円産業に成長することが予測されている。

キノコの栽培種は多様化してきており、それぞれの栽培技術は大きく発展してきている。ポリプロピレン製の袋やビンにおが屑と栄養剤を混合して、人為的な制御を施した菌床による栽培方法が主流を占めるようになってきている。元来原木による栽培であったシイタケは、その生産量の約7割が菌床法により生産されている。これに伴って、大型の栽培施設による大規模生産に移行しており、菌株、培地組成、培地熟成度、子実体発生などに関する基礎的な分野から培地形状、温湿度、照度、通気などの応用面にいたるまで幅広い研究成果が求められるようになってきている。さらに、子実体成分や薬効に関して、食品、医薬関連の業界から「キノコ」が強く注目を浴びるようになってきている^{12,13)}。

4. おわりに

「キノコ」そのものを名称に冠した学会が我が国、韓国、中国で相次いで設立されている。国際的な研究集会が毎年各国で開催されるようになってきている。我が国の研究者には世界の舞台で活発な活動が求められ、同時にアジア諸国のリーダーとしての立場が望まれている。タイでは国策として「キノコ栽培」が重点化されている。基礎研究による科学的な根拠に基づいた栽培技術や生産体系が必要であるため、研究者のベクトルの一つは産業に向けられるのが好ましい。その姿勢によって、産業界から期待される基礎資料や成果が生まれてくる。

最近の遺伝子工学の進歩は著しく、本法によってこれまでの形態学的な系統分類が整理されていくこ

とが予想できる。さらに、旧来の交雑育種と合わさって、新品種の開発に強力なツールとして利用されていくと思われる。将来は未開拓の部分が多い菌根菌が積極的に研究されることが期待できる。森林生態系でのキノコの役割や、マツタケの栽培化が現実性を帯びてきている。また、「健康サプリメントや臨床薬」としてキノコの存在が大きく話題になっている。高齢化社会に向けて、生活習慣病などに対する手段として「キノコ」がキーワードとして、取り上げられることが多くなるとが予想される。「キノコ学」が科学と産業の調和のもとで発展していくことを提唱する。

文 献

- 1) Whittaker, R.H.: *Science* **163**, 150-160 (1969).
- 2) Kitamoto, Y., Akashi, H., Tanaka, H., Mori, N.: *FEMS Microbiol. Lett.* **55**, 14 (1988).
- 3) 松本美佐緒, 江口文陽, 檜垣宮都: *木材学会誌* **43**, 215 (1997).
- 4) Bao, D., Ishihara, H., Mori, N., Kitamoto, Y.: *J. Wood Sci.* **50**, 169-176 (2004).
- 5) Leung, G. S. W., Zhang, M., Xie, W. J., Kwan, H. S.: *Mol. Gen.* **262**, 977-990 (2000).
- 6) Ng, W. L., Ng, T. P., Kwan, H. S.: *FEMS Microbiol. Lett.* **185**, 139-145 (2000).
- 7) Kitamoto, Y., Kikuchi, A., Mori, N., Ohga, S.: *Mycoscience* **41**, 641-644 (2000).
- 8) Ohga, S., Smith, M., Thurston, C. F., Wood, D. A.: *Mycol. Res.* **103**, 1557-1560 (1999).
- 9) Buswell, J.A.: The 7th Conference of China Edible Mushrooms. Jilin, China, 2004, pp. 43-47.
- 10) Ohga, S.: *J. Wood Sci.* **45**, 337-342 (1999).
- 11) 河岸洋和, 杉山公男: “機能性食品の研究”, 荒井綜一編, 学会出版センター, 東京, 1995, pp. 37-43.
- 12) 大賀祥治: “キノコ学への誘い”, 大賀祥治編, 海青社, 大津, 2004, pp. 35-51.
- 13) 江口文陽: “キノコを科学する”, 江口文陽, 渡辺泰雄編, 地人書簡, 東京, 2001, pp. 55-75.

