

マツタケの完全人工栽培の可能性を探る

(株) 関西総合環境センター 生物環境研究所

岩瀬 剛二

1) はじめに

「マツタケの人工栽培」、これは多くの研究者たちが夢として長年取り組んできたテーマである。何度も人工栽培に成功したというニュースが流れ、その度に本当だろうかと思わされるが、結局立ち消えになり、残念と思いながらも内心ほっとするという経験を何度も味わってきた。きのご研究に参入した多くの企業が挑戦し、あまりの難しさにそのほとんどが撤退してきた。最近では、むしろ外国の研究者たちが研究テーマとしてとりあげているようだ。彼等は欧米で珍重されているトリュフの人工栽培に成功し、次は日本で高価なマツタケを作ろうと思っているようだ。しかし、マツタケ好きな日本人の一人としては、人工栽培はやはり日本人の手で成功させたい。では、どうしたらマツタケはできるのか。以下に、これから参入しようと思っている人達のために、過去の研究成果を概観し、将来の成功への可能性を探ってみようと思う。

2) 人工栽培へのアプローチ

マツタケの人工栽培というと、フラスコ内で子実体を発生させたり、シイタケなどと同様に、びんや袋を使った栽培方法を考えがちである。しかし、山を使った方法から実験室内での栽培試験まで実に様々な方法が試みられているので、以下に簡単に紹介する。

a) 山の施業による環境改善

近年マツタケが採れなくなったのは、戦後のエネルギー革命によって人々が山に入らなくなり、山が荒れ放題になったからだといわれている。そこで考え出されたのが、地面の落ち葉や腐植層を取り除き、マツ以外のかん木を切り倒したりして、山をマツタケが大量に採れた頃の状態に戻そうという試みである。すでにマツタケが出ている山で環境改善を行えば、シロが増加し、発生量も増えることが報告されており、有効な方法であることが証明されている。詳しくは成書を参照していただきたい¹⁾。しかし、この方法だけを使ってマツタケ未発生林にマツタケのシロを誘導することは難しく、胞子の飛来と感染は偶然に頼らざるをえない。

b) 環境制御による子実体の発生

現在近畿大学農学部教授である衣川堅二郎氏は、マツタケ発生時の地温を測定し、子実体原基ができる温度が19℃以下であることをつきとめた²⁾。この結果

に基づいて、20年程前に広島で富永保人氏がトンネル栽培法（広島方式）を考案し³⁾、栽培試験を行っている。私たちも同様の試験を京都府瑞穂町のマツタケ発生林で行った。シロの上にビニールハウスをつくり、エアコンを使って地温を19℃以下に下げれば、夏でもマツタケを発生させることができるという計画である。山の上まで電気を引っぱり、エアコンを運び上げ、散水システムを作り上げた。期待通りに通常の発生時期よりも約1ヵ月早く子実体が発生した⁴⁾。すでにマツタケのシロがある場所でしか役に立たない実験結果であるが、びんや袋で栽培する場合でも、発生室の温度は19℃以下にしなければならないということがわかる。

c) 感染苗や孢子散布、培養菌糸の接種によるシロの増加

山を使ったマツタケ増殖試験であれば、シロを増やすことができなければ無意味であろう。山で新たにマツタケのシロができる場合、孢子がアカマツの根に対する感染源になると考えられる。そこで子実体から孢子を採取し、アカマツ林内の地表へ散布する方法が考えだされた。孢子の採取法としてアルミホイルで子実体の傘を包み込む方法が報告されているが、孢子が発芽しにくくなるので注意しなければならない。採取した孢子を水に懸濁し、じょうろに入れて山にまく。山でマツタケの孢子の発芽が確認されたわけではないが、シロの増殖法として有効であろう。

シロの近くにアカマツの苗を植え、マツタケ菌の成長によって苗木にマツタケを感染させる。これを20～25年生のアカマツ林に植えて2次感染を行う感染苗法も広く行われてきた方法である。広島県の林業試験場で1983年に感染苗法によるマツタケ第1号が発生した。なぜか再現性がなく、各地の林業試験場でも追試はうまく行かなかったようである。またシロの近くに苗を植えるため、シロを傷つける可能性があり、苗の植え付けと堀取りは注意深く行わなければならない。

シロの増殖法としては培養菌糸を使う方法もある。アメリカではコツブタケの仲間の菌糸を大量に増殖させ、マツ類などの樹木に感染させて菌根をつくる方法が実用化されている。マツタケは菌糸の成長速度が遅く、大量に培養することは難しいが不可能ではない。培養したアカマツの細根にマツタケを接種して菌根をつくらせ、アルギン酸のゲルで包埋して接種源として使う方法も考案されている⁵⁾。培養菌糸を接種源とするよりも長期間生存することが報告されており、有効な方法であろう。

d) フラスコ内での子実体形成

初めて、フラスコ内で子実体原基の形成が報告されたのは、1975年のことであり⁶⁾、その後1976年にも報告されたが再現性がないとのことである⁷⁾。報告で

は、土やパーミキュライトなどの支持体に栄養分を加えたものにマツタケを接種して培養を行い、温度を下げると子実体原基ができています。マツタケのような大きな子実体をつくるためには大量の培養菌糸が必要であり、菌糸量が不足したために原基までしか成長しなかったのであろう。支持体と栄養源の検討、及びスケールアップが必要であると思われる。

3) マツタケの性質

マツタケは言うまでもなくきのこの一種である。私たちは、目に見える大きな子実体を見て「きのこ」と称しているが、実態はその下に広がっている菌糸の塊である。きのこは植物のように光合成によって自ら栄養を作り出すことはできない。その代わりに他の生物の残骸を分解したり、直接他の生物から栄養をもらって生きている。栽培きのことして市場で売られているものはすべて木材不朽菌または落葉分解菌に属している。シイタケやエノキタケなどは、山に行けば倒木や切り株から生えているのが見られ、樹木を分解して栄養を得ているということがわかる。一方マツタケの場合はどうか。マツタケ狩りは山で地面を探す。マツタケの下を掘ってみるとわかるが、アカマツの根にマツタケの菌糸がつながって菌根をつくっている。樹木を分解するのではなく、樹木から栄養分をもらい、樹木とともに生きている。このような菌を菌根菌と呼んでいる。

a) 菌糸の純粋培養

菌根菌の中には菌の分離培養すらできないものが多いが、マツタケの場合は故浜田稔博士が培養に成功して以来、比較的容易に培養できるようになった。子実体の傘や柄の組織からの分離は難しいが、ひだを使うと成功する。ひだを培養して顕微鏡で観察すると、胞子は発芽せずに子実層から菌糸が伸びているのがわかる。子実層の菌糸は脱分化しやすいのであろう。しかし培養ができて成長速度が遅いものが多い。培地の工夫でなんとかならないかと思われるが、今のところどうしようもない。また培地を褐変させるものも多く、長期間保存しておくとは死滅する。一般にセルロース等の多糖類を利用することができず、炭素源としては通常グルコースが使われている。

b) 胞子発芽

菌根菌の胞子は発芽しにくいものも多く、酵母などの他の微生物、同じ種の菌糸、寄种植物等と共存培養することで発芽が誘導される種もある。マツタケの場合は、酪酸によって胞子発芽が誘導されることを滋賀県の太田氏が発見し⁸⁾、胞子発芽に関する様々な実験ができるようになった。

c) 呼吸によるエネルギー生産

菌糸成長が遅いのは、エネルギー生産に関係する呼吸系に問題がありそうである。マツタケの培養菌糸や子実体の菌糸はエノキタケ等の腐生性のきのこよりも

呼吸量が少なく、またシアン非感受性のオキシダーゼ活性をもつことがわかった。さらに、菌糸を液体窒素で凍結し、低温吸収スペクトルを測定すると、チトクロム aa_3 の吸収波長のピークが極端に低いことがわかった。チトクロム aa_3 は呼吸系における末端酸化酵素のチトクロムオキシダーゼであり、この酵素の活性が低ければ電子伝達系が機能せず、エネルギー生産量も低下する。

d) 培養菌糸の核

マツタケの培養菌糸を顕微鏡で見ると、シイタケなどでは普通にみられるクランプコネクションがないことがわかる。クランプコネクションがある菌糸は二核菌糸であるが、核染色を行ってみるとマツタケの培養菌糸も二核菌糸であった⁹⁾。胞子が発芽すると一核菌糸になることとあわせて考えると、マツタケの交配はヘテロタリズムであると思われる。将来は交配育種によって様々な性質のマツタケをつくりだすことができそうである。クランプコネクションは核分裂の際に、二核の遺伝子が混ざらないようにするための構造であると考えられている。マツタケにクランプコネクションがない理由は不明だが、代謝活性が低く細胞分裂も遅いので核分裂の際にミスが起こりにくく、また二核状態を保つこともできるのでクランプコネクションは必要がないと考えてもよさそうである。

4) マツタケの仲間

マツタケにはいくつかの近縁種がある。国内では、同じアカマツを寄種とするマツタケモドキ、広葉樹につくバカマツタケとニセマツタケが知られている。海外産としては、カナダから白っぽいアメリカマツタケとモロッコから黒っぽいオウシュウマツタケが輸入されている。他にも日本のバカマツタケによく似た種類もあるようだ。残念ながらすべて菌根菌で性質はマツタケによく似ているが、培養菌糸を比較するとそれぞれ少しずつ違いがみられる。マツタケだけにこだわらずに近縁種にまで範囲を広げてみれば人工栽培の可能性が高くなるであろう。また、マツタケによく似た木材不朽菌がみつかる可能性もある。むしろ、そういうきのこを探す方が人工栽培成功への早道かもしれない。

5) 残された課題

マツタケの性質がわかり、人工栽培へのアプローチもわかった。では問題解決のために残された課題は何だろうか。一つはやはり子実体形成のメカニズムを明らかにすることであろう。マツタケはおそらく菌根菌への進化の過程で、高分子物質の分解酵素活性を失ってきたと思われる。失った遺伝子とリンクして子実体形成に関与する遺伝子の一部が失われたと考えることもできる。子実体形成メカニズムの解明に対して分子生物学的アプローチを行うことにより、この課題に対する解決の糸口がつかめることが期待される。

室内実験を繰り返し行い、びんや袋でマツタケをつくる夢を追ってきた人で

も、山へ行ってマツタケをみつけばうれしいに違いない。工場で栽培するだけでなく、山を使った栽培法も成功させなければならない。そのためには山で栽培するための技術の向上、及び新技術の開発が必須である。菌糸の大量培養技術とアカマツへの接種法ならびに感染したアカマツの育成技術の再検討が必用だと思われる。アカマツが光合成によって得られるエネルギーとマツタケが必用とするエネルギーのバランスをコントロールすることによって、微妙な共生関係を保った感染樹の育成が可能になるであろう。

引用文献

- 1) 小川 眞他. 1983. マツタケ山のつくり方. 創文.
- 2) 衣川 堅二郎. 1963. 大阪府立大学紀要 14:27-60.
- 3) 富永 保人他. 1978. マツタケ栽培の実際. 養賢堂.
- 4) 岩瀬 剛二他. 1988. 日本菌学会会報 29:97-105.
- 5) 衛藤 慎也. 1992. 広島県立林業試験場研究報告 26:39-43.
- 6) 小川 眞他. 1975. 日本菌学会会報 16:406-415.
- 7) 川合 正允他. 1976. 日本菌学会会報 17:499-505.
- 8) 太田 明. 1986. 日本菌学会会報 27:167-173.
- 9) 岩瀬 剛二. 1990. 京都大学理学部紀要 14:117-127.