

木材質が培地の基本になる

善 本 知 孝

きのこを育てるには環境や品種の選択も大切だが、適切な培地も重要である。しかし、適切な培地がどういうものかとなると、確実なことは全くわかっていない。シイタケの原木に何故コナラやクスギを選ぶのかといったこともそうだが、この方面については現場での経験が先行し、学問的分析が後を追っているからである。

しかし、こうした現状も徐々に改善され、苗に合った培地が考えられ、人工的に作られるようになると私は考えている。その時、培地のベースとなるのはやはり木材質である。何故なら、木材質はセルロースが密に詰まっている点で他の植物体より優れており、食用菌のみが木材質を利用できるという特徴があるので今後も基本になると思われる。

こういう前提できのこがどんな栄養要求を持っているか、それが現在使っている培地とどう関係があるかという問題に限って研究の現状を紹介したい。

きのこの一生は、よく知られているように、きのこの傘から胞子が落ちて、最初は一核菌糸が生れることに始まる。これは細胞に一つの核しかない菌糸で他の一核菌糸と結びついて二核菌糸に生まれ変わるが、この経過を電子顕微鏡下で人工的に交配する試みもあり、商品となっている例も多い。そして二核菌糸が生まれ、培地に蔓延し、ある時期に低温刺激を受ける子実体ができる。この子実体ができる前は、栄養菌糸といい、できた後は生殖菌糸と呼ばれている。

食用菌は栄養菌糸の時代でも生殖菌糸の時代でも木材だけを食べているわけで、その点木造住宅の柱を食べる木材腐朽菌であることには変わりない。

ところで木材はどんな風にできているかというと、マンションに似ていて、目には見えないが、穴が沢山ある。一つひとつの穴、これを細胞壁というが、これがマンションの部屋に相当する。部屋には壁がある。マンションの壁は鉄筋コンクリートだが、木材の細胞の壁は主に3つのものでできている。鉄筋にあたるのがセルロースで、全体の5割を占める。コンクリートにあたるのがリグニンで、全体の2~3割を占める。鉄筋とコンクリートをくっつき易くしているのが、ヘミセルロースで、これも2~3割を占める。そのほか、木材が腐るのを防ぐような薬品が、5分ほど入っている。抽出成分と呼ばれる。

木材腐朽菌は、このような木材のどこを食べるかということ、セルロースやヘミセルロースを食べる。これらはデンプンのようなものなので栄養になる。木材腐朽菌の種類によっては、リグニンも食べられ、これは白色腐朽菌と呼ばれ、リグニンを食べられない菌、褐色腐朽菌と区別されている。食用きのこは不思議だが全て白色腐朽菌である。

白色腐朽菌にはどんな特徴があるかといえればリグニンを分解するラッカーゼという酵素があることに大きな特徴がある。なおセルロースを分解するのはセルラーゼである。

ところで、菌は木材を分解して生きていくわけであるが、木材が全く菌にとって理想的な栄養物であるかとなると必ずしもそうではない。例えば木材には窒素が非常に少なく、普通は0.01%ほどに過ぎない。糖分もセルロースという形になっているので利用しにくいし、しかもそれがリグニンという抗菌性の強い成分に含まれており、良い培地とはいえない条件が数々ある。そこで、きのこ培地に関する研究は、木粉を主体とするおが粉培地と、おが粉を全く使っていない人工培地の両面から研究が進んでいる。何故なら木材質だけでは菌の生育がおそく、研究がしにくいからだ。しかしおが粉培地と人工培地が同じ効果を上げるのか違うのかとなると、はっきりした関連性はわかっていない。そこで両方をわけてとりあげ、研究の紹介を行う。

1. 人工培地

1.1 栄養要求と分泌酵素

シイタケについては大変詳しい研究の蓄積がある。四つの主な栄養要求は炭素源、窒素源、無機塩、ビタミン類だが、シイタケの場合、それがグルコース、アンモニア体の窒素、マンガン、チアミンである。ただし、チアミン以外の栄養分については類似の栄養分で代替できる。

それから、菌が栄養を取るということには、細胞膜を通して栄養分を吸収するという取り方とともに、いわば消化酵素を出して培地を分解して取り込むという仕組みもある。たとえば、セルラーゼとかラッカーゼとかアミラーゼとかタンナーゼとかの酵素を出すことがわかっている。セルラーゼはセルロースを分解し、グルコースなどにして吸収すると理解されている。

ところで、酵素と栄養素の関係は必ずしも単純ではなく、普通ラッカーゼはリグニンを分解するといわれているが、リグニンがない場合でも菌はラッカーゼを出すので菌はリグニン分解のためだけにラッカーゼを出すわけではないよ

うだ。

1.2 栄養菌糸の育成促進効果

普通は栄養菌糸を育てる際、液体培地で、特に問題になるのは菌が塊ってしまうことだといわれており、これを避けるためデンプンを培地に入れ、グルコースの代わりに栄養分とすることも行われている。つまりデンプンには粘性があるので菌が塊まらずに済み、その後菌の生長とともにデンプンが分解し、非常に都合が良くなるという性質を利用するわけだ。

きのこの生育を早める研究で比較的新しいものには、パルプ製造時の廃液を利用するものがある。パルプを作る際の亜硫酸法でできた廃液が菌糸の生長を促進することがわかってきた。生長量は無添加のものに比べて5倍とされ、廃液の多糖かあるいは多糖がリグニンと結びついたものが効果を与えるといわれている。

1.3 子実体形成

人工培地で育てた菌糸をそのままほっぽっておいては子実体がでないので一旦水を切るとか違った培地に移すとかして子実体、つまりきのこを出す工夫をしている。食用菌ではないが、スエヒロダケで非常に詳しい研究が行われている。

栄養菌糸の場合には糖としてはペプトンとかデンプンとか培地の粘性を増すものが好まれている。ところが子実体ができる時は砂糖が良いとわかっている。

培地の炭素と窒素の割合つまり C/N 比が菌を育てる上で重要だが、その割合が40以下だと栄養菌糸時代には最適であるといわれている。ところが子実体を形成する時期は窒素の割合が少なくなってC/N比が40つまりCがNの40倍以上が良いとわかっている。窒素源としては、栄養菌糸の時代はグルタミンなど塩基性のアミノ酸が良く、子実体の時はどれが良いと決まてはいない。

マッシュルームについても研究があり、子実体の時に栄養として取った糖がどう変わるかというもので、子実体のなかの糖はマンニトールと

トレハロースが多く、とくにマニトールは子実体の時に急に多くなると知られている。そして子実体が熟成した時には急に減るので、おそらく培地にあるグルコースを吸収してマニトールに変えようと考えられる。つまり子実体ができる時は栄養菌糸が持っているマニトールだけでは不十分で、自分で培地から補っている。もう一つのトレハロースは栄養菌糸にもいっぱいあるし、移動し易い糖であることから栄養菌糸から子実体に取り入れているらしい。

エノキタケが生育していく時、つまり沢山ある小さな子実体のなかで大きなくつかの子実体ができる時、糖類に何が起きるかといえば、大きな子実体は自分を大きくするために周りの小さな子実体や菌糸の栄養を皆吸い上げてしまうことがわかっている。小さな子実体の貯蔵物のグリコーゲン分解し、またマッシュルームと同じ大きな子実体となるため新しく培地からも栄養分を吸収することがわかっている。これはアミスギタケでも証明されている。

2. おが粉培地

次におが粉培地についてふれる。おが粉は大きな鋸屑の粉のことで大鋸屑と書き、比較的荒い木粉で、そのため通気性が良いことが喜ばれており、普通の丸鋸で切った鋸屑とは区別されている。研究の中心は、おが粉を使うので栄養が少ないということに関連する。木材は色々毒になる成分を含んでいるので毒はどういう作用をするかといったところである。

2.1 栄養

栄養菌糸の時代には、おが粉は普通コメヌカ、コーン・ブラン、フスマなどを加えて培地として使うが、大体全体の25%くらいコメヌカなどを加えるとヒラタケやエノキタケの生長が4~5割増えるとわかっている。この場合C/N比は、おが粉の場合271だが、コメヌカを25%入れると70.6になる。CとNの割合は大体30くらいが良いとされているので、コメヌカを加え

た場合でも炭素の割合が大きい。このようにコメヌカには窒素を補給する役割があるが、そればかりでなく水分が適当に保持でき、水とコメヌカがバインダーになって培地がとぎれないという効果もあることが明らかになっている。

その他にコメヌカとかコーンブランとかには独特の成分があって効くのだという説があるが、はっきり証明されていない。一方、おが粉については広葉樹とくにブナが非常に好まれているが、栄養面から見てブナが何故よいか、理由ははっきりしない。針葉樹に比べてはデンプンが多く、これがプラスになっているようだ。また、菌の育成に悪いヤニが少ないこともブナが好まれるひとつの理由かもしれない。

2.2 おが粉の害

おが粉を使った場合、そのなかの生育を促進する物質、阻害する物質についても研究がある。針葉樹のおが粉がエノキタケやヒラタケなどに利用される場合、使う前に屋外でヤニ抜きという作業が行われている。木材のヤニやタンニンが菌の生育に悪いとされているが、研究結果もそれを裏づけている。

たとえばエノキタケはスギで育てる場合が多いが、昔、熱帯林を色々使ってみたが生育が悪かった例がある。その理由が何か調べたところ、フェノール成分、詳しくいうとガリク酸が生育を妨げたとわかった。シイタケはヤマモモの樹皮などに含まれるフェノール成分に生育を阻害されることも確認されている。アカマツの材や樹皮に脂

木粉のエノキタケ培地への適性
(適(+), 不適(-))

樹種名	適性
ヒノキ	-
トドマツ	+
シノキ	+
キリ	-
シイノキ	+
ケヤキ	-
ベイツガ	+
ベイスギ	-
バグチカン	+
タンジール	+
ラミン	+
アルモン	±
マンダローブ	±
メラピ	-
ユーカリ	-
ジョンコン	-

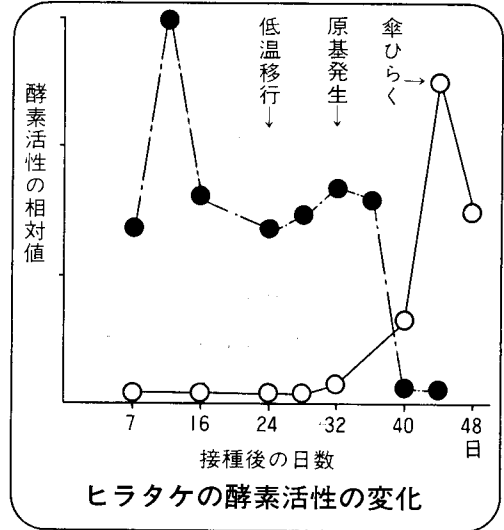
肪酸が多く含まれており、これらも生育を妨げるといわれている。それからスギの樹皮にあるフェノギノールも同様の妨害をする。ただし、培地の微妙な変化で、害ははっきりしたり、現れなかったりするのでなかなか断定できない面もある。

菌の生育を促進する方では、前述のパルプの亜硫酸廃液が効果があるとわかっているし、ネギ、玉ネギ、クロレラなどの抽出物も3~5割くらい増量させると判明している。

2.3 子実体形成

子実体ができる時の栄養と酵素の分泌がどうなるかという点だが、マッシュルームの場合で色々研究されている。栄養菌糸の時は培地からリグニンやタンパクがなくなるのだが、子実体ができる時はセルロースやヘルセルロースなど糖分がなくなる。同時に菌が出す酵素は、栄養菌糸の時はラッカーゼというリグニンやフェノールを分解する酵素が沢山できるが、子実体ができる頃になるとラッカーゼは段々出なくなって、セルラーゼやヘルセルラーゼが出てくる。これはラッカーゼが測定できなくなったというだけで、全く出ないかどうかは判然としない。この測定できない理由は、出たラッカーゼが不安定なせいであるか、ラッカーゼを分解するような酵素が出てくるのかもしれないし、あるいはラッカーゼを菌が作らないのかどうかもよくわかっていない。

ヒラタケの場合も、26度で菌が育っている状態では10日くらいでラッカーゼの活性は非常に強くなり、それ以後弱くなるが、24日目に16度に落としてやるとラッカーゼはどんどん減るものの、セルラーゼやヘルセルラーゼは多くなり、30~32日頃子実体が出る時にはセルラーゼやヘルセルラーゼの活性が強くなる。しかし、低温処理しなければ、ラッカーゼの活性もそう急には減らず、セルラーゼなどの活性も増加しない。あるいは、低温処理してもきのこの原基を直ぐ摘み取ってしまうと、ちょうど低温処理しない場合と同じ結果になる。したがって、ラ



ッカーゼが子実体ができる頃弱くなることと、セルラーゼ、ヘルセルラーゼが強くなることは確かである。このことはどのきのこにも起こる共通現象であろう。

そうはいつでもラッカーゼには色々な仕事があり、セルラーゼとの関連性は確定したものではない。例えば、シイタケで調べるとラッカーゼは植菌後、50時間後で一番活性化するが、セルラーゼの活性が強くなるのは100日以降である。ここではかなりの減少と増加の間には、時間的にギャップがある。

きのこの生育促進については面白い研究がある。食用菌が出す酵素の中で、タンパク質を分解する酸性プロテアーゼについてもその活性を抑えてやると、きのこが早く沢山できると知られており、酸性プロテアーゼを妨害する阻害剤で、放線菌から取ったS-P1を培地に加えてやると効果がある。培地の量1ミリリットル当たり2.5ないし10マイクログラムという微量を加えてやるとエノキタケの発生が7日早まって数も4本増えて10本になるという、かなり顕著な効果が出ている。

以上は人工培地であるが、おが粉培地の場合ヒラタケで研究結果が出ている。おが粉190グラム、コメヌカ38グラムでS-P1を加えてやると収率が3倍に増えたとされている。この添加の時期は、子実体発生のために低温処理した

時に加えるのが良く、濃度が1ミリリットル当たり2.5マイクログラムであることが一番良いという。

2.4 害菌に対する培地の役割

培地の中であって害菌を抑えるものは商品としていくつかあるが、天然物の中でも追究されている。ナラやクスギなどの樹皮が好まれているのは樹皮の中に害菌を抑制する成分があるためと考え、その分析の結果、プロアントシアニンと呼ばれる成分が主因であると判明した。これはきのこの成育を妨害しないで、害菌のみ抑えるもので、ピボクレア、トリコデルマなどに効果がある。この研究は人工培地のみで粉培地の実験はまだだが、天然物からこのように阻害剤が取れば、この健康食品のイメージ作りに役立つと思われる。

このプロアントシアニンはナラやクスギよ

り、スギのあま皮のところに大量にあることが判っている。したがってコストは非常に安くなると推定される。

精密実験が重要な手順

食用きのこ栽培用培地との関係は、いろいろな学問領域の境にある。はやりの言葉だと学際領域である。したがって、研究の成果は、ほとんど、体系だっていない。業界がいろいろな試みをされているが、それらから多くのことを研究者がくみとり、条件を整理して、精密な実験をしていくのが、これからも重要な研究の手順になろう。そのことが、研究成果を体系化するのに役立つし、また業界に研究成果をもどすことにもなるに違いない。

(東大農学部林産科教授・農学博士)