

気軽に読める「微生物の小話講座」

(その12 食用キノコの木材分解能力を観察する)

旭川工業高等専門学校 物質化学工学科 富 横 嶽



はじめに

2014年度に消費税率が8%になりました。政府には高専の授業料も上げようとする計画がある一方で、小生たちの研究費や給料は下げられるのみです。研究費については競争的外部資金を獲得しなさいと指示されますが、そう簡単ではありません。しかし、お金がなくてもそれなりに高等教育機関として研究活動に励まなければなりません。毎年の最大の研究ノルマは、5年生の卒業研究指導です。9年間に渡り、小生は微生物制御技術(主に、カビ利用やカビ退治)をテーマに掲げて研究室を運営してきました。今回は、その成果の一つである食用キノコ(担子菌類)の木材腐朽力の検証結果を解説します。

スーパーなどの店舗には1年間を通して多くの種類の食用キノコが並んでいます。これは、先人たちの努力・創意・工夫により人工栽培技術が確立され、周年的な施設栽培が可能となったことが大きく寄与しています。一方、食用キノコの代表格である「マツタケ」の人工栽培は、現状では不可能と考えられています。その理由としては、死物寄生の腐生菌(落ち葉や稻わらを分解)や木材腐朽菌(木材を分解できる)のキノコが人工栽培可能となっているものの、マツタケを始めとする活物寄生菌(相利共生や片利共生)の栽培が困難だからです。もしも、木材腐朽力を持つマツタケの菌株が見出されるならば、人工栽培の可能性が開けることでしょう。

そこで、店頭に並ぶ食用キノコの木材腐朽力の評価に挑戦しました。まずは、JIS K 1571「木材保存剤の性能試験方及び性能基準」の指定菌株であり、木材腐朽菌の代表格ともいえる非食用キノコのオオウズラタケ(褐色腐朽菌)とカワラタケ(白色腐朽菌)に注目しました。その木材腐朽力を図1に示す小規模実験系で



図1 供試菌株の木材腐朽力を評価する小規模実験系

評価できることを確認した後に、同手法を用いて人工栽培が可能な7種類・12菌株の食用キノコの木材腐朽力を測定しました(表1の供試菌株参照)。さらに、各キノコのバーベンダム反応(木材中のリグニン分解能の可能性を簡便に評価する)を観察してみました。

No.	供試菌と識別記号	供試菌の学名	その他
1	オオウズラタケ	<i>Fomitopsis palustris</i>	MAFF 420001
2	カワラタケ	<i>Trametes versicolor</i>	NBRC 30340
3	シイタケA	<i>Lentinula edodes</i>	栽培株
4	シイタケB	<i>Lentinula edodes</i>	栽培株
5	シイタケC	<i>Lentinula edodes</i>	栽培株
6	エノキタケA	<i>Flammulina velutipes</i>	栽培株
7	エノキタケB	<i>Flammulina velutipes</i>	栽培株
8	エノキタケC	<i>Flammulina velutipes</i>	非栽培株
9	ブナシメジA	<i>Hypsizigus marmoreus</i>	栽培株
10	ブナシメジB	<i>Hypsizigus marmoreus</i>	栽培株
11	マイタケ	<i>Grifola frondosa</i>	栽培株
12	ナメコ	<i>Pholiota namako</i>	栽培株
13	ハタケシメジ	<i>Lyophyllum decastes</i>	栽培株
14	エリンギ	<i>Pleurotus eryngii</i>	栽培株

注) オオウズラタケは褐色腐朽菌、それ以外は全て白色腐朽菌

表1 木材腐朽力の評価に供試したキノコ類

オオウズラタケとカワラタケの木材腐朽力

図1のように200ml培養ガラス瓶にPDA(ポテトデキストロース寒天)培地を約30ml入れて高圧蒸気殺菌した後、オオウズラタケまたはカワラタケを接種し、それぞれ25℃で9または7日間培養しました。各供試菌の叢上に、サンドペーパー仕上げをした4×5×25mmのシラカンバまたはトドマツの木片を培養ビン当たり3本載せ、25℃で最大12週間暴露しました。そして、経時的に培養ビンから木片を取り出して菌糸を除去した後、60℃で乾燥して恒量化し、各質量減少率を算出することで木材腐朽力を評

価しました。なお、各試験区の木片の繰り返し数は12(シラカンバ)~9(トドマツ)とされています。

オオウズラタケとカワラタケに暴露したシラカンバ木片とトドマツ木片の経時的な質量変化率の変化を図2に示しました。その結果、いずれも暴露日数と共に質量減少率が増加し、シラカンバ木片では、オオウズラタケとカワラタケへ12週間暴露することでそれぞれ76%と71%の質量減少率となりました。一方、トドマツ木片では12週間暴露でそれぞれ57%と34%の質量減少率となり、いずれの値もシラカンバ木片より減少しました。

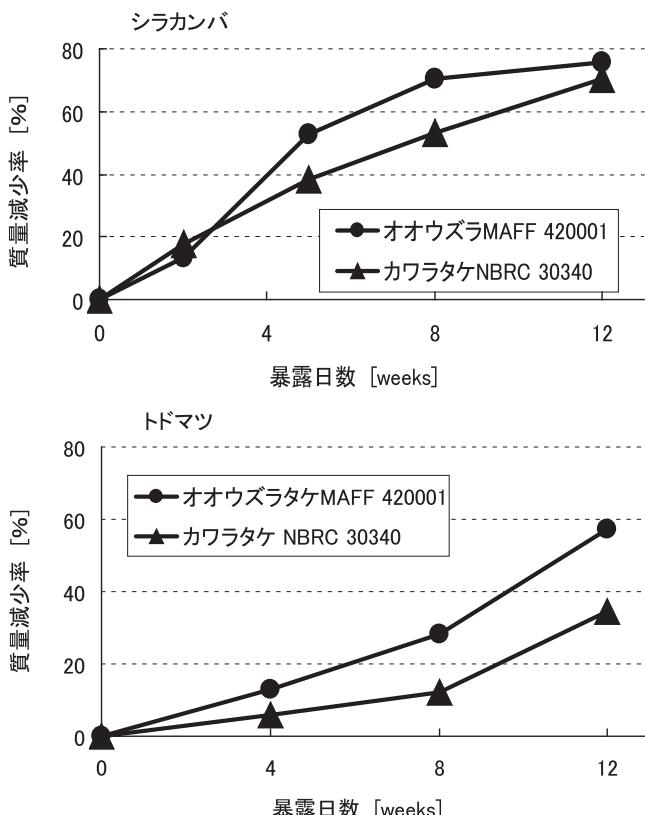


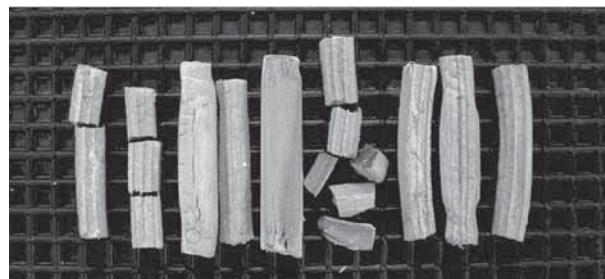
図2 オオウズラタケとカワラタケに暴露したシラカンバ木片(上)とトドマツ(下)の質量減少率の経時変化(25°C)

注) 木片の繰り返し数: シラカンバ 12, トドマツ 9

一般的に、シラカンバを含むカンバ類とトドマツは共に耐腐朽性が小さい木材グループに属します。しかし、本試験ではその微生物分解に差が生じました。この原因としては、トドマツ木片に0.1%程度含まれ、糸状菌に対する菌糸成長阻害性を有するテルペニン類の(+)-jubavionが供試菌株の活動を多少なりとも阻害した可能性が考えられます。さらに、白色腐朽の木材腐朽菌はリグニン構造の違いから針葉樹材よりも広葉樹材の分解を好む傾向があり、カワラタケによるトドマツ木片の質量減少率がシラカンバ木

片の質量減少率の約半分に減少したと考えられます。図3には両供試菌株に12週間暴露後のトドマツ木片の様子を示しましたが、オオウズラタケへの暴露において顕著な腐朽が生じていることが分かります。

オオウズラタケ暴露



カワラタケ暴露



図3 オオウズラタケ(上)とカワラタケ(下)に暴露したトドマツ木片(25°C・12週間)

注) 木片の大きさ(暴露時): 4×5×25mm

食用キノコの木材腐朽力

表1に示すシイタケA以下7種類・12菌株の食用担子菌類を供試し、図2の小規模実験系を用いて25°Cで12週間の暴露を行いました。なお、各供試菌株の接種後から木片暴露までの培養期間は10日間(ブナシメジ)または14日(その他)とし、各試験区の木片の繰り返し数は9としました。

得られた結果を図4に示します。シラカンバ木片の質量減少率としてはエリンギの0%からナメコの74%までの幅が生じました。複数の菌株を供試したシイタケ、エノキタケおよびブナシメジに注目すると、ブナシメジの2菌株は7~8%とほぼ等しい質量減少率を示したものの、シイタケでの3菌株では13~51%、エノキタケの3菌株では9~21%となり、同一の菌種でも菌株によって木片の質量減少率に差異が生じました。ちなみに50%以上の木片の質量減少率を示したものはシイタケBとナメコの2菌株、25%以上の質量減少率を示したものはシイタケBとナメコに加えてシイタケCとマイタケの合計4菌株、そして10%以上の質量減

少率を示したものはシイタケAとエノキタケBと同Cを加えた合計7菌株です。残りのエノキタケA、ブナジメジ2菌株およびハタケシメジの合計4菌株の木片の質量減少率は8%前後を示しました。

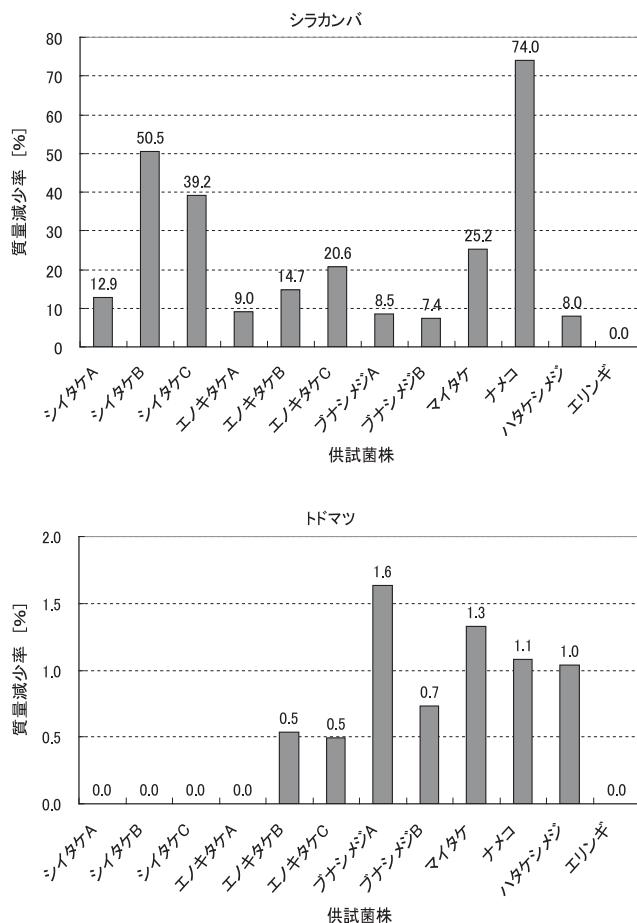


図4 食用キノコ12菌株に暴露したシラカンバ木片(上)とトドマツ木片(下)の質量減少率(25°C・12週間)
注)木片の繰り返し数:9

一方、トドマツ木片の質量減少率はいずれの供試菌でも値が激減して2%未満となりました。シラカンバ木片の質量減少が最も大きかったナメコで1%強の同減少率となり、図5に示すように暴露後の両木片の違いが顕著に現れました。また、シイタケ全菌株とエノキタケA、およびエリンギの5菌株ではトドマツ木片の質量減少率が確認できませんでした。シイタケの栽培については、コナラやミズナラなどの広葉樹丸太を用いた原木栽培が長い間主流でした。加えて、近年のシイタケ栽培技術である菌床栽培で広葉樹材のノコクズのみが利用されていることから、シイタケ菌株の木材腐朽力は針葉樹材では発揮されないことが推察されます。また、供試した7種類の食用キノコはいずれも白色腐朽菌であり、カワラタケと同様に針葉樹材の分

解は苦手のはずです。

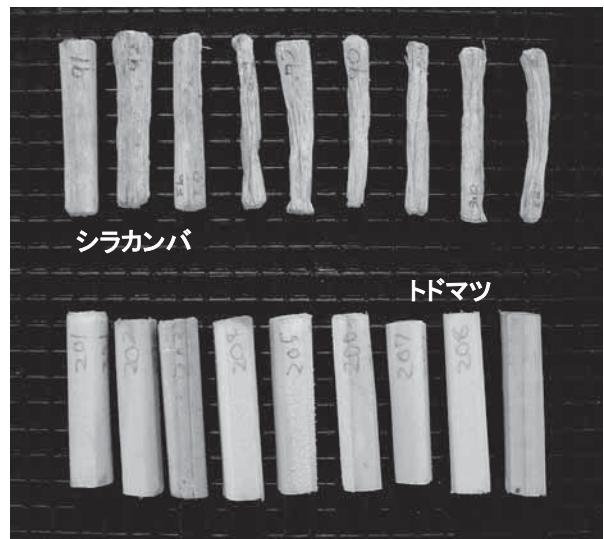


図5 25°Cで12週間ナメコに暴露後のシラカンバ木片(上)とトドマツ木片(下)

注)木片の大きさ(暴露時): 4×5×25mm

エノキタケ、ブナジメジ、ハタケシメジ、およびエリンギは針葉樹材のノコクズを用いた菌床栽培が行われていますが、これらのキノコは培地添加物である米ぬか中のデンプンやタンパク質を代謝することで子実体を生産していると考えられています。エリンギについては本実験系では唯一、樹種に関係なく木片の質量減少率が確認されませんでした。これについては、以下のバーベンダム反応の結果を含めて考察することにします。

キノコのバーベンダム反応

PDA培地100mlに0.05gのタンニン酸、または没食子酸1水和物を加えた後、高圧蒸気殺菌を行って直径60mmの平板培地を作成しました。表1に示した供試菌株を平板培地の中央に接種し、25°Cで1週間培養することでバーベンダム反応(培地の褐変化)の有無を観察しました。なお、PDAのみの平板培地をコントロールとし、各平板培地の繰り返し数は3としています。

各供試菌のバーベンダム反応の結果として培地変色の有無を表2に示し、培地変色の一例としてシイタケAが培地を褐変する様子を図6に示しました。表2に注目すると、供試菌株においてオオウズラタケを除き、その他の供試菌株のタンニン酸添加培地／没食子酸添加培地に変色が生じました。バーベンダム反応は、木材中のリグニンのモデル物質を用いることで供試菌株のリグニン分解能の有無を判定するものです。以上の結果から、褐色腐朽菌であるオオウズラタケ以外の菌

株はリグニン分解能を持っている可能性があり、その能力が最終的に木材腐朽力へ反映すると考えることができます。

No.	供試菌と識別記号	タンニン酸	没食子酸	コントロール
1	オオウズラタケ	×	×	×
2	カワラタケ	○	○	×
3	シイタケA	○	○	×
4	シイタケB	○	○	×
5	シイタケC	○	○	×
6	エノキタケA	○	○	×
7	エノキタケB	○	○	×
8	エノキタケC	○	○	×
9	ブナシメジA	○	○	×
10	ブナシメジB	○	○	×
11	マイタケ	×	○	×
12	ナメコ	○	○	×
13	ハタケシメジ	○	○	×
14	エリンギ	○	○	×

注) 培地の変色: ○ 変色あり, × 変色なし; 培地pH: タンニン酸添加PDA 4.8, 没食子酸添加PDA 4.5, コントロールPDA 5.3; 繰り返し数: 3

表2 供試担子菌類のバーベンダム反応 (25°C・1週間培養)



図6 シイタケAのバーベンダム反応 (25°C・1週間培養;
上段:コントロール;中段:タンニン酸添加PDA培地;
下段:没食子酸添加PDA培地)

しかし、図2に示すようにオオウズラタケは木片の質量減少を引き起こしました。この矛盾は、オオウズラタ

ケが木材中のリグニンを避けてセルロースのみを代謝していると考えられます。また、図4ではエリンギのみに木片の質量減少率が確認できませんでしたが、バーベンダム反応の結果から、図1の小規模実験系の条件(木片樹種、培養温度、培養期間など)を変えることで木片の質量減少が生じる可能性があります。図7に示すように、暴露中においてエリンギの菌糸は木片を覆っており、木材を攻撃しようとする様子が見て取れます。

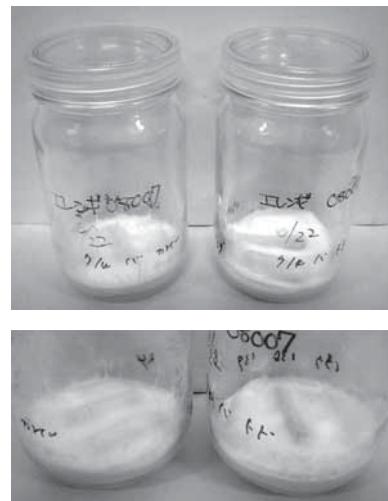


図7 25°Cでエリンギに暴露中のシラカンバ木片(上)とトドマツ木片(下)の様子

まとめ

人工栽培が可能な7種類・12菌株の食用キノコの木材腐朽力を評価したところ、菌株によってばらつきがあるもののシラカンバ木片に明確な質量減少がみられました。しかし、トドマツ木片では1%台の僅かな質量減少しか確認できませんでした。シラカンバ木片の質量減少率で15%以上を示した菌株はシイタケ2菌株(A, B)・エノキタケC・マイタケ・ナメコであり、エノキタケ以外は広葉樹材でのみ人工栽培が可能な食用キノコです。それ以外のキノコは針葉樹材のノコクズを用いた菌床栽培で生産が可能となっていることから、培地添加物(米ぬかなど)中のデンプンを利用していると想るべきでしょう。

また、シイタケ・マイタケ・ナメコは菌床栽培においても米ぬかで我慢することなく、広葉樹材のノコクズを食べようとしている可能性が高いです。そして、シラカンバ木片の質量減少率からナメコやシイタケの一部はオオウズラタケやカワラタケに匹敵またはほぼ匹敵する木材腐朽力を有している一方で、人工栽培されている食用キノコの多くはトドマツ木片に対する木材腐朽力をほとんど持っていないことが分かりました。

(つづく)