

気軽に読める「微生物の小話講座」

(その10 脱ケミカルニーズに応える木材保存技術・後編)

旭川工業高等専門学校 物質化学工学科 富 檻 巍



はじめに

小生にとってもいろいろあった2012年でした。ウッディエイジがらみでは、北海道林産技術普及協会の現・専務理事の植杉さんとの再会が最初に思い浮かびます。林産試験場をキーワードにしてお互いに縁があることを感じました。かつての「きのこ部」での技術研修、そして「企画指導部」での普及に関する連携業務を懐かしく思い出しました。その植杉さんにウッディエイジの原稿執筆を頼まれたら、「Yes」しかありません。では早速、後編に入ります（前編2012.10月号）。

固定化トリコデルマのオオウズラタケとカワラタケに対する木材保存能力

いよいよ、固定化トリコデルマの木材保存能力を評価することになります。200ml培養ビンに仕込んだ栄養寒天培地にオオウズラタケまたはカワラタケの菌糸を生育させ、その上に殺菌処理したシラカンバの小木片(4×5×25mm)を載せました。そして、固定化トリコデルマ（前回登場した3種類の各トリコデルマをベイクウッドに固定したもの：ANCT-05083, 同05013, 同05082）で覆いました。この状態で25℃・12週間の暴露（培養）を行った後に、小木片を取り出してその質量減少率を測定します。なお、コントロール（比較対象）としては両木材腐朽菌の菌糸の上に小木片のみを載せたものとしました（写真1参照）。



写真1 固定化トリコデルマの木材保存能力の測定

表1 固定化トリコデルマの木材保存能力
(25℃・12週間暴露)

試験区	腐朽菌	
	オオウズラタケ	カワラタケ
コントロール区	75.2	87.0
固定化トリコデルマ区		
ANCT-05083	14.7	26.5
ANCT-05013	3.3	15.8
ANCT-05082	65.5	89.3

(シラカンバ木片の供試数:9)



結果を表1に示しました。トリコデルマなしのコントロールでは、オオウズラタケとカワラタケが思う存分に木片を食べたようで、木片の質量減少率は75~87%にもなりました。固定化トリコデルマ区において、ANCT-05082のトリコデルマはさほどコントロールの質量減少率と変わりませんでした。ところが、ANCT-05083と同05013の固定化トリコデルマでは、オオウズラタケとカワラタケの食欲（木欲？）が邪魔され、木片の質量減少率が3~27%に抑えられていきました。さらに、予想に反して寒天平板培地の対峙培養で最強だったANCT-05083よりも中庸の同05013の固定化トリコデルマの性能の良さ（食べられにくさ）が光りました。オオウズラタケに対して3%，カワラタケに対して16%の質量減少率です。実験条件など詳細は省きますが、JIS K 1571の木材防腐性能室内基準では暴露した木片の質量減少率3%以下が合格となります。すると、ANCT-05013の固定化トリコデルマはオオウズラタケに対してのみですが、上の墨付きをいただけるレベルとなります。

なお、ANCT-05013をベイクウッドに固定化すると、なぜANCT-05083の場合よりも高い能力を発揮するかの理由は、現時点では分かりません。今後の課題となります…

殺菌処理した固定化トリコデルマの木材保存能力はいかに？

前回、トリコデルマは三つの武器でキノコ（木材腐朽菌）を懲らしめることを述べました。すなわち、キノコをいじめる抗生物質（不揮発性物質）を生産する、キノコをいじめる揮発性物質を生産する、そしてキノコを食べてしまう…です。一つ目の武器はトリコデルマの遺品でも十分ですが、二つ目と三つ目の武器を使うにはトリコデルマが生きている必要があります。そこで、その度合いを把握するためにANCT-05083と同05013の固定化トリコデルマを加熱殺菌して、上述と同様に木片の暴露試験を試みました。

その結果を表2に示しました。トリコデルマなしのコントロール木片の質量減少率は72～77%，一つ目の武器のみの固定化トリコデルマの同減少率は54～66%となり、コントロールよりも多少はがんばったものの、効果のほどは大きく失われていました。このデーターから、トリコデルマが生存していることが不可欠であることが分かります。

細かいことで恐縮ですが、加熱殺菌した固定化トリコデルマですのでトリコデルマの一つ目の武器に加えてベイクウッドに含まれる何らかの抗菌物質の存在も忘れてはいけません。いずれにしても表2の結果から、トリコデルマが死んでしまうと表1に示されるANCT-05083と同05013の木材保存能力のほとんどが失われます。

表2 加熱殺菌した固定化トリコデルマの木材保存能力
(25°C・12週間暴露)

試験区	腐朽菌	木片の質量減少率 (%)	
		オオウズラタケ	カワラタケ
コントロール区		76.6	71.7
固定化トリコデルマ区			
ANCT-05083		53.9	61.4
ANCT-05013		59.9	66.3

(シラカンバ木片の供試数:12)

屋外で使う固定化トリコデルマの耐候性はいかに？

固定化トリコデルマは、アウトドア生活をする土木資材のための木材保存技術です。夏の30°Cを超える温度や冬の低温での凍結・融解の繰り返しに対する耐性（耐候性）が求められます。暑さや寒さの季節变化でトリコデルマが死んでしまってはいけません。

そこで、木材保存能力が最も期待できるANCT-05013の固定化トリコデルマ（水分：53%）を緩くキャップを閉めたガラス培養瓶に所定量充填して36°Cおよび40°Cの条件下に静置し、経時的に固定化トリコデルマのサンプリングを行い、栄養寒天平板培地に接種・培養することでANCT-05013の生死を確かめました。その結果、36°Cでは試験を継続した119日間に渡って生存が確認できました。しかし、40°Cでは15日間を超えると死んでしまうことが分かりました。図1にANCT-05013を含むトリコデルマ3菌株の温度特性を示しますが、これらの菌株は30°C付近(ANCT-05082は20~25°C)に至適温度（最も元気になれる温度）があり、そしてその温度を超えると急激に菌糸成長が低下して40°Cで成長がほぼ停止する（死ぬ）ことが分かります。ベイクウッドに固定化されたトリコデルマにとっても、たぶん40°Cはとても過酷な温度と考えられます。

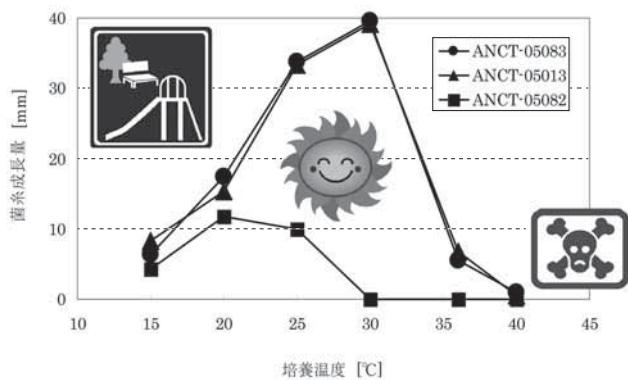


図1 トリコデルマ菌株の温度特性

続いてANCT-05013の固定化トリコデルマを用い、-20°Cと7°Cへ各1週間交互に投入を繰り返す凍結・融解サイクル処理の影響を観察しました。すると試験を継続した10サイクルに渡って同トリコデルマの生存が確認されました。加えて、固定化トリコデルマは乾燥に対する耐性もあり、ベイクウッドに固定化したANCT-05013は水分が2%前後まで低下しても生存し続けることが確認されました。さらに水道水で毎日1時間、固定化トリコデルマをジャブジャブと100日以上洗い続けても、ベイクウッドからトリコデルマが洗い流されていなくなることもありませんでした。

以上をまとめると、カワラタケに対抗する性能に改良の余地があるものの、オオウズラタケによる木片の

質量減少率を3%台（表1）に抑えたこと、夏冬の屋外環境を想定した温度条件などに対して一定の耐性が確認されたことから、ANCT-05013の固定化トリコデルマの実用性はかなり有望です。

野生の木材腐朽菌に対する固定化トリコデルマANCT-05013の性能

ここまで用いてきたオオウズラタケとカワラタケは、日本工業規格のJIS K 1571で指定している標準菌株（それぞれFFPRI 0509と同1030）です。日本中、どこでも一株数千円で購入できます。元々は自然界から採取した菌株ですが、長い間ヒトに飼いならされてきた一面があります。その分、木材腐朽能力は安定していて、種々の試験に使い易い菌株です。もちろん、前報のように野生のカワラタケは野山にたくさん分布していますが、JISの基準では指定されたカワラタケの菌株を用いて試験を行うノルマがあります。その理由は、いつでもどこでも、誰が試験をしても実験結果の再現性が得られるからです。

一方で、広い日本には標準菌株よりも木材腐朽性能が高い野生の木材腐朽菌が分布している可能性があります。固定化トリコデルマの実用化を目指すためには、最強の木材腐朽菌？とも戦っておく必要があります。そこで、旭川近郊で採取した野生の木材腐朽菌に対するANCT-05013の固定化トリコデルマの木材保存能力の評価にチャレンジしました。

野生の木材腐朽菌の菌株としては、富良野市のニングルテラスの木製遊歩道と和寒町内の木製雪崩防止策の腐朽木片からそれぞれ分離したANCT-08036と同09001、さらに旭川市の北方野草園駐車場の木製車止めの腐朽木片から分離した同09002、および同園の空中浮遊菌として分離したANCT-09003の合計4菌株を用いました。これらは子実体（キノコ）を作らないためにその種類は確定できませんが、いずれの菌糸にも担子菌特有のクランプ（こぶ状の突出物）が存在し、かつ木材腐朽能力を有していることを確かめました。さらに、暴露木片の腐朽状況から、ANCT-09001のみが褐色腐朽菌（オオウズラタケと同じ、写真2）、その他が白色腐朽菌（カワラタケと同じ）でした。

オオウズラタケとカワラタケを用いるJIS K 1571

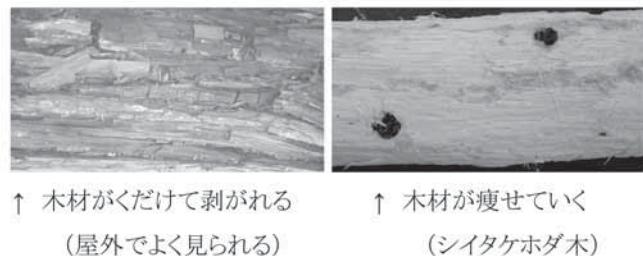


写真2 褐色腐朽木材(左)と白色腐朽木材(右)の外観

では25℃程度で12週間の暴露となっていることから、ANCT-09001と同09002ではその暴露期間を踏襲しました。それに対してANCT-08036と同09003では木材腐朽力が大きいため、8週間の暴露で固定化トリコデルマの木材保存能力を評価しました。結果を表3に示しましたが、コントロール木片の質量減少率は8週間暴露のANCT-08036（写真3）と同09003はいずれも86%，そして12週間暴露のANCT-09001と同09002はそれぞれ20と5%であるのに対し、固定化トリコデルマの同減少率はJISの基準にほぼ合格する1～3%に抑えられました。トリコデルマは単独でも固定化状態でもカワラタケに弱いことを述べていますが、白色腐朽菌全般に対して弱い訳ではありません。

表3 野生の木材腐朽菌に対する
固定化トリコデルマの木材保存能力 (25℃)

菌 株 試験区	ANCT- 08036 ^{a)}	ANCT- 09001 ^{b)}	ANCT- 09002 ^{b)}	ANCT- 09003 ^{a)}
コントロール区	85.6	19.7	4.9	85.7
固定化トリコデルマ区 ANCT-05013	1.5	1.8	0.9	3.4

a) 8週間暴露; b) 12週間暴露; シラカンバ木片の供試数12

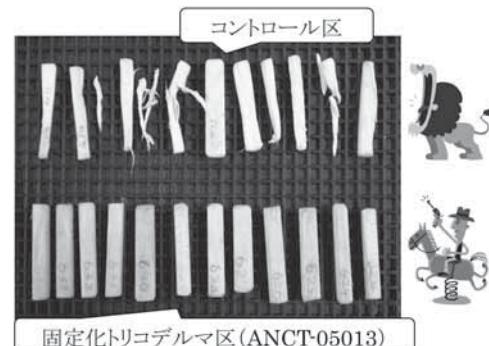


写真3 ANCT-08036(白色腐朽)が食い荒らした木片(上)と固定化トリコデルマが守った木片(下)の外観(25℃・8週間暴露)

カワラタケによる木材腐朽を抑える工夫

カワラタケの課題を解決するための具体的な方策と

しては、より能力の高いトリコデルマの菌株を探す、何らかの方法でトリコデルマ菌株を改良する、または担持材料をチェンジすることで固定化トリコデルマの性能向上を図るなどが考えられます。その試みの一つとして、担持材料を上述のベイクウッド（トリコデルマが好む酸性タイプ）から、土壤改良剤として市販されている一般的な木炭粉碎物（トリコデルマが嫌がるアルカリ性タイプ）に変更してみました。固定化トリコデルマの担持材料には、無菌または同状態に近いことが望ましいことから、熱処理された安価なものとして木炭に注目した次第です。

今回は、北海道カーボナイズ（名寄市、木炭粉碎物のpH=9.3）を用い、ベイクウッドの場合と同様にしてANCT-05083と同05013のトリコデルマを固定しました。表4には、JIS K 1571指定の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の質量減少に及ぼす固定化トリコデルマと木炭のみの木材保存能力を示しました。12週間の暴露によってコントロールの質量減少率は前者で73%，後者で80%となり、木材腐朽菌による腐朽が進行しました。一方、固定化トリコデルマと木炭のみではコントロールを下回る値となり、木材腐朽に対する阻害効果がみられました。注目すべきはANCT-05013の固定化トリコデルマの性能の高さで、シラカンバ木片の質量減少率が3~4%に抑えられました。

表4 木炭を用いた固定化トリコデルマの木材保存能力
(25°C・12週間暴露)

試験区	木片の質量減少率 (%)	
	オオウズラタケ	カワラタケ
コントロール区	72.7	80.4
固定化トリコデルマ区		
ANCT-05083	21.2	70.3
ANCT-05013	2.8	4.1
木炭のみの試験区	51.3	54.9

(シラカンバ木片の供試数:9~12)

以上のようにANCT-05013に関して担持材料をアルカリ性の木炭に換えたことで、カワラタケの木材腐朽に対する木材保存能力が顕著に改善され、かつオオウズラタケに対する同能力は維持されました。表4にあるように木炭のみでもコントロール木片の質量減少率よりも質量減少率が低いことから、木炭そのものや木炭のアルカリ性がある程度の効果を発揮しているようです。オオウズラタケとカワラタケのpH特性を図2

に示しましたが、いずれも7を超えるアルカリ性を嫌がって菌糸成長量が減少します。トリコデルマANCT-05013の能力と木炭のpHがカワラタケの活動を抑えたと推察できます。

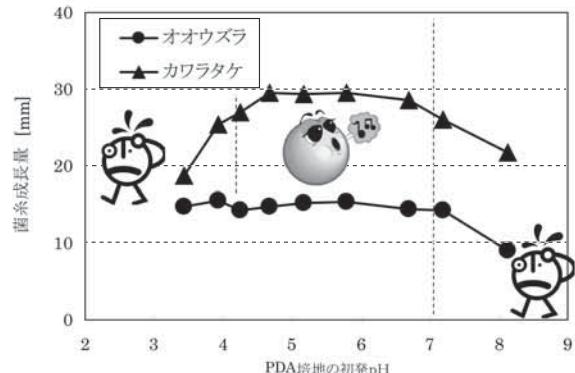


図2 木材腐朽菌菌株のpH特性 (25°C・2日間培養)

また、木炭に固定化した固定化トリコデルマの耐候性については、ベイクウッドの場合と同じでした。十分に屋外で使えるアウトドア派です。さらに、野生の木材腐朽菌による木片の質量減少率においてもANCT-08036の5%（同コントロール木片の質量減少率54%）からANCT-09001の2%（同コントロール12%）になりました。

木炭に固定化した固定化トリコデルマの実用化に向けて

実用化に向けては、多くのハードルがあると考えています。しかし、木炭や木製土木資材を生産、販売している企業の方々に注目していただければ市場に向けた道が開けると思います。是非、このウッディエイジの読者の方に興味を持っていただければと期待しています。

「木炭の力」と「選ばれたトリコデルマの菌株の力」で、防腐剤に頼らない木製土木資材（地際用）の木材保存技術を売り込みたいものです。ただし、防腐剤の代替技術ではなく、あくまでも特定ニーズに対応する隙間技術ですが…

木炭のアルカリ性に耐え、より木材保存能力にたけるトリコデルマ菌株の選抜、そしてトリコデルマ自体の木材への影響把握（トリコデルマは木材のセルロースを食べる能力があるため）の必要性も察しています。小生は、今日も高専の小さな研究室で学生たちとコツコツとそのデーターの蓄積に励んでいます。

(つづく)