

スギ木材中の水分、温度条件が非赤枯性溝腐病菌（チャアナタケモドキ）の生存や腐朽の進行に及ぼす影響

岩澤勝巳

キーワード：スギ、非赤枯性溝腐病、チャアナタケモドキ、乾燥、木材腐朽菌

I 緒 言

スギの非赤枯性溝腐病は木材腐朽菌の一種である *Fomitiporia torreyae* (和名：チャアナタケモドキ) により幹が主に辺材で腐朽し、溝が形成されてしまう病気で (今関, 1960; 幸ら, 2014), 千葉県ではサンプスギで罹病が多く、県内のサンプスギ林の約 2/3 が罹病率 75% 以上と推定されている (千葉県, 2017)。

本県では被害林を伐採、植え替えし、健全な森林に更新するための森林整備の補助事業を実施しているが (千葉県, 2023), 伐採した被害材を利活用する際に材内の病原菌チャアナタケモドキ (以下、本菌とする) が生存している可能性があり、その場合は伐採後も木材の腐朽の進行が懸念される。また、野外で被害木を伐採後放置した際、材表面に本菌が子実体を形成し、伝染源となる恐れが指摘された (幸ら, 2014) ことから、被害材のチップを野外に堆積させた場合に同様に子実体を形成し、伝染源となりうることも懸念される。

一般的に、木材中の水分、温度、酸素等の条件が揃えば木材腐朽菌は生存し、木材の腐朽は進行すると考えられることから (屋我ら, 1997), その条件が一つでも外れれば、本菌の死滅あるいは腐朽の停止が期待できる。さらに、本菌が *Trichoderma* 属菌を始めとする雑菌との競合に弱ければ、木材をチップ化して野外に堆積することで雑菌に駆逐され死滅することも予想される。そこで、本報告ではスギ木材における本菌の生存に及ぼす水分と温度の条件を明らかにするため、自然乾燥あるいは加熱処理した木材中の本菌の生存状況を調査するとともに、含水率が腐朽の進行に与える影響を調査した。また、チップ化した木材中の本菌が雑菌により覆われ駆逐され、伝染源にならないことを確認したので報告する。なお、

試験に当たっては被害材を供試して実施することが望ましいが、本菌が同様に蔓延・生存している木材を必要な数量用意することが困難なため、本菌を蔓延させた木片を用いて試験した。

II 材料及び方法

1. 供試菌株

供試菌株には県内のスギ被害材から分離した *Fomitiporia torreyae* の菌株 (F6, F16, F35) を用いた (第1表)。

第1表 供試菌株

菌株番号	宿主	採取地	採取年	参考文献
F6	スギ	千葉県	2005	幸ら (2014)
F16	スギ	千葉県	2006	
F35	スギ	千葉県	2008	

2. 自然乾燥が木片中の本菌の生存に与える影響 (試験 1)

本菌を蔓延させたスギ木片を農林総合研究センター森林研究所内の研究棟の軒下及び建物内で自然乾燥させ、本菌の生死を 6 か月間調査した。

供試木片を用意するため、含水率約 70% に調整したスギおが粉を菌床栽培袋 (1.3kg 用, 以下同じ) に入れて、24 時間浸水させた木片 (2cm×3cm×4cm) を混ぜ込ませ、オートクレーブ (120℃, 30 分間) で滅菌した (以下、オートクレーブは 120℃, 30 分間とする)。本菌の F6 株を接種し、23℃で 4 か月間培養後に栽培袋から木片を取り出し、表面のおが粉をステンレスたわしで除去後、塵埃汚染を避けるためキムタオル (日本製紙クレシア) で包んだ。培養木片は 2022 年 3 月、7 月及び 11 月の 3 回に渡り、建物内と軒下に 18 個ずつ設置した (写真 1)。

設置 6 か月後まで 1 か月おきに 1 か所当たり 3 個ずつ木片を回収し、木片内の本菌の生死を以下に示した方法で調査した。クリーンベンチ内で木片をノミで 2 分割し、その断面から 3mm 角程度の小片 5 個ずつをメスで採取し、ポテトデキストロース寒天培地 (以下、PDA 培地) に置床した。23℃で 3 週間培養し、発菌状態を観察した。菌叢が本菌と思われるものについては、接種菌株と PDA

2024 年 8 月 1 日受領 (Received August 1, 2024)

2024 年 11 月 11 日登載決定 (Accepted November 11, 2024)

本報告の一部は、第 133 回日本森林学会大会 (2022 年 3 月, オンライン) 及び第 134 回日本森林学会大会 (2023 年 3 月, オンライン) において発表した。



軒下

建物内

写真 1 木片の設置状況 (試験 1)

注 1) 軒下は北向きで、供試木片をプラスチックコンテナに入れて高さ約 1m の台の上に設置し、風が強い時は雨に当たり冬期はスギ木片に西日が当たる環境。

2) 建物内は森林研究所第 2 研究棟 2 階の廊下で、供試木片をプラスチックコンテナに入れて高さ約 1m の机の上に設置し、空調なしの環境。

培地上で対峙培養して菌叢の接触面に帯線 (demarcation line) が形成されないものを接種菌株が再分離されたと判定し、再分離された木片は供試した菌が生存していると判定した。一方、培養 3 週間後までに小片 5 個すべてで供試した菌が発菌しなかった木片は菌が死滅したと判定した。小片採取後の木片は生重量、絶乾重量を測定し、含水率を算出した。なお、本報における含水率は、おが粉では湿量基準、木片では乾量基準により算出した (以下同じ)。雑菌汚染率は、木片 1 個当たり小片 5 個の雑菌汚染割合を算出し、木片 3 個の汚染割合の平均値とした。

3. 木片の含水率が腐朽の進行に与える影響

(1) 含水率 12~200% の木片における腐朽率 (試験 2)

含水率の異なるスギ木片に無菌条件下で本菌を接種し、概ね 4 か月培養後に木片の腐朽率を調査した。

はじめに、木片 (2cm×3cm×4cm) の絶乾重量を測定後、菌床栽培袋に入れ、木片の含水率が概ね 12~200% の範囲でばらつくように蒸留水を加えてオートクレーブした。滅菌した木片は、培養前の含水率を算出するために生重量を測定後、乾熱滅菌した 200cc 培養フラスコに入れた。そして、本菌の 3 菌株 (F6, F16, F35) を培養し、蔓延させたコルク片 6.9cm³ (φ54mm×3mm) を接種源として木片の下に入れ、25℃で 2021 年 8 月 6 日から 119 日間培養した。供試数は各菌株 24 個とした。

培養後に木片の表面上に伸長した気中菌糸をステンレスたわしで除去して生重量と絶乾重量を測定し、以下の式により、絶乾重量の減少率から腐朽率を算出した (善如寺・渡辺, 1987)。

腐朽率 (%) = (培養前の絶乾重量 - 培養後の絶乾重量) ÷ 培養前の絶乾重量 × 100

(2) 含水率 5~50% の木片における腐朽率 (試験 3)

比較的低い含水率の木片の腐朽率について詳細に調査するため、試験 3 を実施した。試験 2 の試験方法のうち、

供試木片の含水率を概ね 5~50% の範囲でばらつくようにし、種菌は木片への影響を少なくするため試験 2 よりも小さいコルク片 0.6cm³ (20mm×10mm×3mm) とした。種菌を接種した木片は 25℃で 2022 年 9 月 16 日から 122 日間培養した。その後は試験 2 と同様に調査し、木片の含水率及び腐朽率を算出した。

4. 木片の加熱が本菌の生存に与える影響

(1) 40℃, 50℃及び 60℃の乾式加熱 (試験 4)

本菌を培養したスギ木片を 40℃, 50℃及び 60℃での乾熱過程の本菌の生存状況を調査した。

供試木片を用意するため、含水率約 70% に調整したスギおが粉に木片 (2cm×3cm×4cm) を混合させて、菌床栽培袋に入れてオートクレーブ後、3 菌株 (F6, F16, F35) を植菌して 23℃で 4 か月間培養した。その木片をキムタオルで包み供試した。試験は 2021 年 7 月に実施し、40℃及び 50℃では 1, 2, 3, 5, 8, 24, 48 及び 72 時間後までの 8 期間、60℃では 1, 2, 3, 5, 8, 24 及び 48 時間後までの 7 期間、乾熱滅菌機で高温処理した。本菌の生存状況の確認は、各温度で処理後に試験 1 と同様に調査した。小片採取後の木片は生重量、絶乾重量を測定し、含水率を算出した。

(2) 40℃, 50℃及び 60℃の湿式加熱 (試験 5, 6)

試験 5 では、試験 4 の本菌の死滅における含水率の影響を明らかにするため、試験 4 と同様の方法でスギ木片に 3 菌株 (F6, F16, F35) を培養した木片について、アルミ箔 (厚さ 20μm) で個別に被覆した木片と被覆しなかった木片を 40℃, 50℃及び 60℃で 5, 8, 24 及び 48 時間後までの 4 期間で乾熱滅菌機により高温処理した。試験は 2022 年 1 月に実施した。高温処理後、本菌の生存状況の確認を前述と同様に再分離の可否から判定した。

試験 6 では、試験 5 よりも短時間の高温処理について、アルミ箔または、ビニール袋 (ユニパック 0.04mm×200mm×280mm) で被覆したスギ木片における本菌の死滅効果を明らかにすることを目的に試験を実施した。試験 4 と同様の方法で木片に F6 株を培養した木片について、アルミ箔 (厚さ 20μm) またはビニール袋で被覆した木片を各試験区 5 個ずつ 50℃及び 60℃で 20 分間後、40 分間後、1, 2, 3, 4 及び 5 時間後までの 7 期間で、乾熱滅菌機により高温処理した。なお、アルミ箔は個別に、ビニール袋は 5 個ずつの木片を入れて被覆した。試験は 2023 年 11 月に実施した。高温処理後、本菌の生存状況の確認を前述と同様に再分離の可否から判定した。

5. 野外に堆積したチップにおける本菌の生死 (試験 7)

本菌を培養したスギチップを野外のスギおが粉内に埋設した場合の本菌の生存状況を調査した。

供試チップを用意するため、含水率約 70% に調整したお

第2表 自然乾燥が木片中の本菌の生存に与える影響（試験1）

設置場所	試験開始時期	項目	設置日	1か月後	2か月後	3か月後	4か月後	5か月後	6か月後
軒下	2022.3	調査日	3月1日	4月8日	5月1日	6月2日	7月5日	8月1日	9月1日
		前期間の平均気温(°C)	—	—	16.1	19.0	24.1	27.2	27.1
		含水率(%)	269	12	15	15	13	14	16
		雑菌汚染率(%)	0	0	13	7	20	80	100
		生死	○	○	○	○	○	△	×
	2022.7	調査日	7月5日	8月1日	9月1日	9月30日	10月31日	11月30日	1月4日
		前期間の平均気温(°C)	—	27.2	27.1	24.1	16.8	12.9	5.8
		含水率(%)	269	14	16	18	16	19	12
		雑菌汚染率(%)	0	7	33	73	100	100	100
		生死	○	○	○	△	×	×	×
	2022.11	調査日	11月1日	11月30日	1月4日	2月1日	3月1日	3月31日	5月1日
		前期間の平均気温(°C)	—	12.9	5.8	4.0	6.4	12.0	15.7
		含水率(%)	257	22	12	15	14	18	17
		雑菌汚染率(%)	0	7	13	0	13	0	0
		生死	○	○	○	○	○	○	○
建物内	2022.3	調査日	3月1日	4月8日	5月1日	6月2日	7月5日	8月1日	9月1日
		前期間の平均気温(°C)	—	—	19.2	21.2	25.3	28.6	29.2
		含水率(%)	269	12	13	13	12	13	13
		雑菌汚染率(%)	0	0	0	0	0	7	33
		生死	○	○	○	○	○	×	×
	2022.7	調査日	7月5日	8月1日	9月1日	9月30日	10月31日	11月30日	1月4日
		前期間の平均気温(°C)	—	28.6	29.2	27.0	20.9	17.3	11.8
		含水率(%)	269	13	13	13	13	14	13
		雑菌汚染率(%)	0	7	40	27	0	27	40
		生死	○	○	△	△	△	△	△
	2022.11	調査日	11月1日	11月30日	1月4日	2月1日	3月1日	3月31日	5月1日
		前期間の平均気温(°C)	—	17.3	11.8	9.8	10.9	15.5	19.0
		含水率(%)	257	16	13	14	14	15	14
		雑菌汚染率(%)	0	7	0	0	0	0	13
		生死	○	○	○	○	○	○	△

注1) ○：木片3個すべて菌生存，△：木片3個中1～2個で菌生存，×：木片3個すべて菌死滅

2) 菌株F6を供試

3) PDA培地に置床した5小片のうち1つでも菌が再生したものは菌生存と判断

4) 含水率は乾量基準で，木片3個の平均値

5) 雑菌汚染率は，木片1個当たり小片5個の雑菌汚染割合について，木片3個の平均値

6) 平均気温はおんどとりJr.TR-51A（(株)テイアンドデイ製）で20分間隔に測定し、供試した前の期間の平均値（2022年4月8日は欠測）を算出

が粉を菌床栽培袋に入れて，24 時間浸水させたチップ（1cm×2cm×2cm）を混ぜだませ，オートクレーブした．F6 株を接種し，23℃で4 か月間培養後に栽培袋からチップを取り出し，表面のおが粉をステンレスたわしで除去した．プラスチック製の5 号鉢におが粉を5cm の厚さで入れた上に培養したチップを1鉢につき3個ずつ入れ，その上におが粉を5cm の厚さで覆った．上記のポットを2021 年10 月，2022 年2 月及び6 月の3 回に渡り，農林総合研究センター森林研究所内のスギ林内と林外の草地に設置した．

設置日及び設置1，2，3 週間後及び1，2，4 及び6 か月後の7 期間経過後に1 鉢ずつチップ3 個を鉢から取り出して表面のおが粉を除去した後，本菌の生死を試験1 と同様に調査した．ただし，各チップの断面から切り取

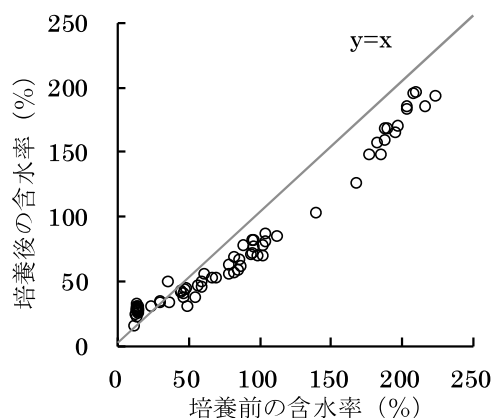
る小片は3 個とした．

Ⅲ 結 果

1. 自然乾燥が木片中の本菌の生存に与える影響（試験1）

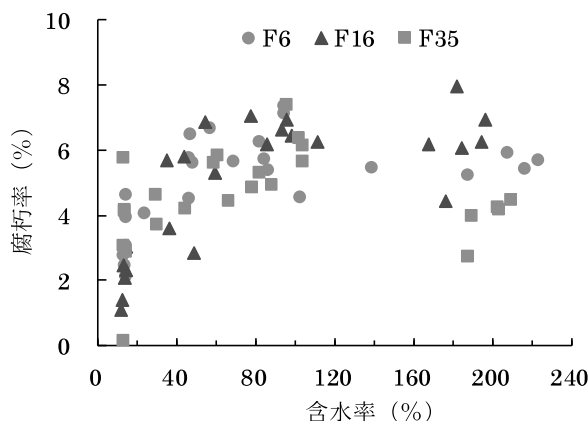
(1) 軒下における自然乾燥

いずれの時期に設置した木片も設置1 か月後に含水率が15%程度となり，気乾状態となったと思われたが（以下，含水率15%程度を気乾状態とする），その後も本菌の生存は一定期間確認され続けた（第2表）．しかし，2022 年3 月に設置した木片は5 か月後の8 月1 日の調査時に雑菌汚染が80%になり，本菌の生存が確認されない木片がみられるようになり，設置6 か月後の9 月1 日



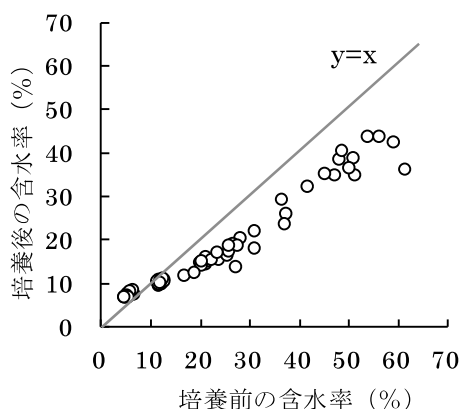
第1図 木片の培養前と培養後の含水率の関係 (試験2)

- 注 1) スギ木片にチャアナタケモドキを接種する前と接種119日後の含水率
2) 含水率は乾量基準
3) 3菌株 (F6, F16, F35) を供試し、合わせて図示



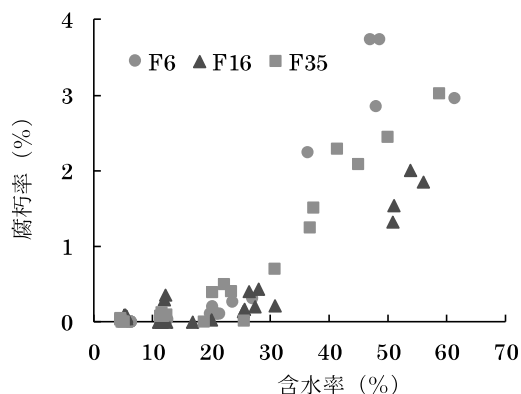
第2図 木片の含水率と腐朽率の関係 (試験2)

- 注 1) 含水率は乾量基準で、培養前の値
2) 腐朽率(%)=(培養前の絶乾重量-培養後の絶乾重量)/培養前の絶乾重量×100
3) 3菌株 (F6, F16, F35) を供試



第3図 木片の培養前と培養後の含水率の関係 (試験3)

- 注 1) スギ木片にチャアナタケモドキを接種する前と接種122日後の含水率
2) 含水率は乾量基準
3) 3菌株 (F6, F16, F35) を供試し、合わせて図示



第4図 木片の含水率と腐朽率の関係 (試験3)

- 注 1) 含水率は乾量基準で、培養前の値
2) 腐朽率(%)=(培養前の絶乾重量-培養後の絶乾重量)/培養前の絶乾重量×100
3) 3菌株 (F6, F16, F35) を供試

の調査時には全ての木片から生存が確認されなくなった。同年7月に設置した木片は設置3か月後の9月30日の調査時に本菌の生存が確認されない木片がみられるようになり、10月31日の調査時には全ての木片から生存が確認されなくなった。一方、同年11月に設置した木片は設置6か月後の5月1日の調査時まで雑菌汚染が0～13%と少なく、本菌の生存が継続して確認された。

(2)建物内における自然乾燥

いずれの時期に設置した木片においても気乾状態の含水率で本菌の生存が確認され続けたが、2022年3月に設置した木片においては5か月後の8月1日の調査時以降、雑菌汚染率が7～33%と少ない中で本菌の生存が確認されなくなった。同年7月に設置した木片は2か月後の9月1日の調査時から雑菌汚染率が0～40%に変動する中で、本菌の生存が確認された木片とされない木片が混在

し続けた。一方、同年11月に設置した木片では設置5か月後の2023年3月31日の調査時点まですべての木片で本菌の生存が確認され続けたが、6か月後の5月1日の調査時には雑菌汚染率が13%になり、木片の一部で本菌の生存が確認されなかった。

2. 木片の含水率が腐朽の進行に与える影響

(1)含水率12～200%の木片における腐朽率 (試験2)

木片の含水率は培養前後で、約40%以下の低い含水率の木片は上昇し、それ以上の高い含水率の木片は低下した (第1図)。

木片の培養前の含水率と腐朽率の関係をみると、含水率が40%以上の木片で腐朽率が4～8%と高い傾向を示し、40%未満の木片では腐朽率が0～6%の範囲であった (第2図)。

(2)含水率5～50%の木片における腐朽率 (試験3)

木片の含水率は培養前後で、約10%以下の低い含水率

第3表 木片の乾式加熱が本菌の生存に与える影響（試験4）

試験区	菌株	項目	1時間後	2時間後	3時間後	5時間後	8時間後	24時間後	48時間後	72時間後
40℃	F6	含水率(%)	277	262	206	197	154	36	7	7
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	○
	F16	含水率(%)	154	183	238	200	160	76	8	7
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	○
	F35	含水率(%)	260	227	212	196	184	35	8	7
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	○
50℃	F6	含水率(%)	250	219	204	139	94	5	5	4
		生 死	○	○	○	○	○	○	△	×
	F16	含水率(%)	252	253	200	182	133	8	4	5
		生 死	○	○	○	○	○	○	△	△
	F35	含水率(%)	205	213	168	161	102	6	5	5
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	△
60℃	F6	含水率(%)	236	188	119	142	62	3	3	—
		生 死	○	○	○	○	○	△	×	—
	F16	含水率(%)	249	209	187	173	96	3	3	—
		生 死	○	○	○	○	○	×	×	—
	F35	含水率(%)	258	207	171	129	82	4	3	—
		生 死	○	○	○	○	○	×	×	—

注1) ○：木片3個すべて菌生存，△：木片3個中1～2個で菌生存，×：木片3個すべて菌死滅

2) PDA培地に置床した5小片のうち1つでも菌が再生したものは菌生存と判断

3) 含水率は乾量基準で，木片3個の平均値

4) 木片はキムタオルで包んで供試

第4表 木片の加熱方法が本菌の生存に与える影響（試験5）

温度	菌株	項目	被覆なし				アルミ箔で被覆			
			5時間後	8時間後	24時間後	48時間後	5時間後	8時間後	24時間後	48時間後
40℃	F6	含水率(%)	93	26	3	2	193	176	181	102
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	△
	F16	含水率(%)	93	26	3	2	134	198	196	198
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	○
	F35	含水率(%)	74	69	4	3	156	208	180	166
		生 死	○	○	○	○	○	○	○	○
50℃	F6	含水率(%)	65	21	2	3	117	197	170	94
		生 死	○	○	○	○	×	×	×	×
	F16	含水率(%)	87	37	2	2	218	140	207	159
		生 死	○	○	○	○	×	×	×	×
	F35	含水率(%)	69	41	2	2	170	187	191	145
		生 死	○	○	○	△	×	×	×	×
60℃	F6	含水率(%)	56	17	2	1	207	183	168	207
		生 死	○	○	×	×	×	×	×	×
	F16	含水率(%)	56	21	3	1	215	218	202	191
		生 死	○	○	△	×	×	×	×	×
	F35	含水率(%)	71	28	3	1	197	211	200	182
		生 死	○	○	×	×	×	×	×	×

注1) ○：木片3個すべて菌生存，△：木片3個中1～2個で菌生存，×：木片3個すべて菌死滅

2) PDA培地に置床した5小片のうち1つでも菌が再生したものは菌生存と判断

3) 含水率は乾量基準で，木片3個の平均値

の木片は上昇し，それ以上の高い含水率の木片は低下したが（第3図），含水率10%以下ではその変動は小さかった。

木片の培養前の含水率と腐朽率の関係をみると，含水率が30%以下の木片では，接種か所で菌糸の伸長が認められない木片が多く，腐朽率は1%以下であった（第4図）。試験2及び3では3菌株を供試したが，含水率と腐朽率の関係には菌株による明瞭な差は認められなかった。

3. 木片の加熱が本菌の生存に与える影響

(1)40℃，50℃及び60℃の乾式加熱（試験4）

40℃で人工乾燥した木片は，48時間後に含水率7～8%となったが，それ以降もすべての木片で本菌の生存が確認された（第3表）。50℃では24時間後に含水率5～8%となったが，すべての木片で本菌の生存が確認され，48時間以降になると生存が確認されない木片が認められるようになった。60℃では24時間後に含水率3～4%となり，ほとんどの木片で本菌の生存が確認されなくな

第5表 木片の湿式加熱における被覆方法が本菌の生存に与える影響 (試験6)

温度	被覆方法	項目	20分後	40分後	1時間後	2時間後	3時間後	4時間後	5時間後
50℃	アルミ箔	含水率(%)	170	163	183	168	164	165	168
		生死	○	○	○	□	△	×	×
	ビニール袋	含水率(%)	167	171	162	161	158	162	133
		生死	○	○	○	□	×	×	×
60℃	アルミ箔	含水率(%)	168	170	163	168	156	163	158
		生死	○	△	×	×	×	×	×
	ビニール袋	含水率(%)	170	171	158	161	164	163	152
		生死	○	□	□	×	×	×	×

注1) ○：木片5個すべて菌生存，□：木片3～4個で菌生存，△：木片1～2個で菌生存，×：木片5個すべて菌死滅
 2) 菌株F6を供試
 3) PDA培地に置床した5小片のうち1つでも菌が再生したものは菌生存と判断
 4) 含水率は乾量基準で，木片5個の平均値

第6表 野外に堆積したチップにおけるチャアナタケモドキ菌の生存状況 (試験7)

試験開始時期	設置場所	設置日	1週間後	2週間後	3週間後	1か月後	2か月後	4か月後	6か月後
2021.10	スギ林	調査日	10月4日	10月12日	10月18日	10月25日	11月4日	12月3日	2月8日
		雑菌汚染率(%)	0	44	89	89	100	100	100
	草地	生死	○	○	△	△	×	×	×
		雑菌汚染率(%)	0	33	78	100	100	100	100
		生死	○	○	△	×	×	×	×
2022.2	スギ林	調査日	2月1日	2月8日	2月15日	2月22日	3月1日	4月8日	6月2日
		雑菌汚染率(%)	0	0	0	0	0	0	100
	草地	生死	○	○	○	○	○	○	×
		雑菌汚染率(%)	0	0	0	0	11	0	89
		生死	○	○	○	○	○	○	△
									×
2022.6	スギ林	調査日	6月2日	6月9日	6月16日	6月23日	7月5日	8月1日	9月30日
		雑菌汚染率(%)	0	44	55	100	100	100	100
	草地	生死	○	△	△	×	×	×	×
		雑菌汚染率(%)	0	33	89	100	100	100	100
		生死	○	△	△	×	×	×	×

注1) ○：木片3個すべて菌生存，△：木片3個中1～2個で菌生存，×：木片3個すべて菌死滅
 2) 菌株F6を供試
 3) PDA培地に置床した3小片のうち1つでも菌が再生すれば菌生存と判断
 4) 雑菌汚染率は木片1個当たり小片3個の雑菌汚染割合について，木片3個の平均値

った。試験4では3菌株を供試したが，人工乾燥による本菌の生存状況は菌株により少し異なるものの，明瞭な差はみられなかった。

(2) 40℃，50℃及び60℃の湿式加熱 (試験5，6)

試験5の結果，被覆しなかった木片は40℃及び50℃で24時間後に含水率2～4%になったが，すべての木片で本菌の生存が確認された(第4表)。60℃では24時間後に含水率が2～3%となり，多くの木片で本菌が確認されなくなった。

アルミ箔で包んだ木片は，40℃では48時間後でも本菌の生存が確認された。一方，50℃及び60℃では含水率は高いままで，設定した最短期間の5時間後に本菌の生存が確認されなかった。

試験6の結果，アルミ箔またはビニール袋で被覆した木片は共に含水率は高いままで，50℃では3～4時間後

に，60℃では1～2時間後に本菌が確認されなくなった(第5表)。被覆方法の比較では，50℃で両被覆方法に明瞭な差はみられなかったが，60℃でアルミ箔の方がビニール袋に比べ短時間で本菌が確認されなくなった。

4. 野外に堆積したチップにおける菌の生死 (試験7)

2021年10月に設置したチップは2週間後に雑菌汚染率がスギ林で89%，草地で78%になり，本菌の生存が確認されなくなり始め，3週間後～1か月後にはすべてのチップで雑菌汚染により本菌の生存が確認されなくなった(第6表)。2022年2月に設置したチップは2か月後まで雑菌汚染率が0～11%と少なく本菌の生存が確認されたが，4か月後の6月頃になると雑菌汚染率がスギ林で100%，草地で89%になり，本菌の生存がほとんど確認されなくなった。2022年6月に設置したチップは1週間後に雑菌汚染率がスギ林で44%，草地で33%になり，本

菌の生存が確認されなくなり始め、3週間後にはすべてのチップで雑菌汚染により本菌の生存が確認されなくなった。チップを入れた鉢はスギ林内及び林外の草地に設置したが、設置場所の違いによる明瞭な差は認められなかった。

IV 考 察

1. 自然乾燥が木片中の本菌の生存に与える影響（試験1）

軒下に設置した木片は試験開始時期によって本菌が確認されなくなるまでの期間が異なるものの、夏～秋の高温と風雨の影響で雑菌汚染が誘発され、本菌が死滅したと考えられた。一方、建物内に設置した木片は、風雨の影響がなく雑菌汚染が比較的少なかったが、軒下の試験と同様に夏～秋に本菌の死滅が多く確認された。建物内の木片は、夏期に高温（最大34℃）になったことで高温によるダメージや雑菌汚染の発生により本菌が死滅した可能性が考えられる。7月に設置した木片は気乾状態後の経過日数が少ない内に夏を迎えたため本菌の活力が低下しておらず、あまり死滅しなかったと推察された。

幸ら（2012）は、本菌を培養したPDA培地にNaClまたはグリセリンを添加し、生育可能な水ポテンシャルを調査した結果、本菌が他の木材腐朽菌よりも乾燥に強いことを報告している。本試験においても、木片を軒下及び建物内で自然乾燥させた場合、いずれも気乾状態になったことが直接の原因と思われる死滅は確認されず、本菌が乾燥に強いことが確認された。気乾状態の被害材の中で腐朽が進行するか否かは後述するが、腐朽が停止していても、降雨等により再び含水率が高まることで、本菌が再び活発化する可能性も考えられた。一方で、雑菌汚染が原因によると思われる死滅が多く観察された。幸ら（2011）は雑菌汚染を引き起こす菌の一種の*Gliocladium viride*を用い本菌に対する拮抗能力を調査した結果、本菌の成長を阻害することを確認しており、*Trichoderma*属菌など木材表面の汚染を引き起こす多くの雑菌でも本菌の成長阻害や死滅を引き起こされると考えられる。雑菌汚染率が高い状態では、本菌が木片中に生存しているにも関わらず、再分離できなかった可能性も考えられるが、このような状況では本菌による木材腐朽の進行よりも雑菌による木材腐朽の方が問題になると考えられ、一般的な木材と同様の懸念であり、本菌による被害材を利用することへの懸念とは区別されるべきである。

2. 木片の含水率が腐朽の進行に与える影響（試験2, 3）

木片の含水率は培養前後で変動したが、低い含水率の

木片は種菌（コルク片）の水分や空気中の水分を吸着することで培養後に含水率が上昇し、高い含水率の木片は伸長した菌糸による水分吸収や乾燥で含水率が低下したと推定された。試験3では種菌量が試験2よりも少ないため、種菌からの水分の移動は限定的と考えられた。また、試験2では低い含水率の木片は種菌の水分・菌糸により腐朽し、試験3と比べ培養前の含水率が同じでも、腐朽率が高くなった可能性が考えられた。このように木片の含水率は培養前後で変動したが、本試験で木片の含水率と腐朽率との関係を解析するにあたっては、培養前の含水率を使用することとした。

木片の腐朽率は、含水率が低下するのに伴い低下し、気乾状態（含水率15%程度）となった木片では腐朽率が0%近辺であったことから、腐朽の進行がほとんどないと考えられる。なお、試験2及び3の結果にばらつきが生じたのは、培養前後の含水率の変動に差があることが原因の一つと考えられるが、木片内の水分が部位により偏在していた可能性も考えられる。

試験1では、自然乾燥によって気乾状態になった木片からは本菌が再分離される場合が多くあったが、ここでも腐朽の進行は停止していたと推察される。本試験で3菌株を供試した結果、含水率が腐朽の進行に与える影響には、200%程度の高い含水率においては菌株による違いがある可能性も推測されたが、全体的に明瞭な差はみられなかった。また、試験3において、含水率が30%以下ではいずれの菌株も腐朽率が1%以下だったことから、気乾状態の木材においては菌株による違いを考慮しなくてもいいと考えられた。非赤枯性腐朽病の被害材を建築材として利用する場合には被害部位が入らないように製材されるが、仮に被害部位が含まれていても、建築材は気乾状態に乾燥して用いられるため、本菌による腐朽は進行せず、建築材としての使用に問題はないと考えられる。

3. 木片の加熱が本菌の生存に与える影響（試験4～6）

試験5において、被覆しなかった木片では、40℃及び50℃で24時間後に含水率2～4%になったが、すべての木片で本菌の生存が確認されたことから、含水率の低下だけでは本菌を死滅させることは難しく、60℃の24時間以上の処理で本菌は死滅すると考えられた。

一方、アルミ箔またはビニール袋で包んだ木片は、50℃で3～4時間後、60℃で1～2時間後に本菌の生存が確認されなくなったことから、被覆して50℃以上にすることで、殺菌効果が高まると考えられた。幸ら（2012）は、本菌がPDA培地上において45℃では27時間以上、50℃では7時間以上、55℃では1時間以上で死滅することを報告している。木片とPDA培地上では、熱の伝導など環境条件が異なるため一概に比較はできないが、被覆した

本試験の結果と概ね同様であった。同じ処理温度でも被覆なしより被覆ありや PDA 培地上の方が死滅しやすかった要因としては、高温の蒸気が殺菌を促進した可能性や、含水率保持が休眠等による高温抵抗性の上昇を阻止した可能性が考えられた。本試験では 60℃において、アルミ箔で包んだ木片の方がビニール袋よりも本菌の死滅が早かったが、アルミ箔で包んだ木片は熱伝導性の良いアルミ箔の個別被覆であり、ビニール袋内の 5 個ずつ入った木片よりも、加熱による木片の温度上昇が早かった可能性が考えられる。

なお、実際の丸太や木材を人工乾燥させる場合には、施設内に 4m 程度の長さの丸太や木材を入れ乾燥させるが、内部の温度が高くなるのに時間を要するため、本試験結果よりは本菌の死滅までに時間を要することに注意する必要がある。ただ、乾燥工程の前に高温蒸気が充満した中で加熱処理することにより本菌が死滅するまでの時間を短縮することは可能と考えられる。

4. 野外に堆積したチップにおける本菌の生死(試験7)

2 月に設置したチップは本菌が死滅するまで 4 か月要したが、これは気温が低く降水量の少ない気候条件により雑菌汚染が少なかったことが要因と推定された。一方、6 月と 10 月に設置したチップは 1 か月以内に本菌が死滅したことから、気温が上昇し雨が多くなる春～秋には、雑菌汚染が誘発され早期に本菌は死滅すると考えられた。緒言で述べたように、被害材を伐採後に放置することで子実体の形成が誘発され本病の伝染源となる恐れがあったが(幸ら, 2014), 被害材をチップにして野外に堆積すれば春～秋に短期間で本菌が死滅するため、被害材を粉碎処理して野外に堆積しても、子実体を形成して非赤枯性溝腐病拡大の伝染源となることはないと考えられた。

V 摘 要

千葉県内のサンプスギで罹病が多い非赤枯性溝腐病の病原菌 *Fomitiporia torreyae* (和名: チャアナタケモドキ) について、自然乾燥した木片と人工乾燥した木片及び野外に堆積したチップにおける本菌の生存状況を調査した。また、自然乾燥した場合の木片の含水率と腐朽率との関係を調査した。その結果、自然乾燥した木片では、軒下に置いた場合には夏～秋の高温や風雨の影響による雑菌汚染で、建物内の場合には夏～秋の高温時に本菌の死滅が確認された。自然乾燥では乾燥開始から一定期間、本菌は生存しているが、含水率の低下に伴い腐朽率は低下するので、気乾状態(含水率 15%程度)となった木材

では腐朽の進行がほとんどないと考えられた。

乾式加熱の木片では、含水率の低下だけでは本菌は死滅せず、60℃の 24 時間以上の高温処理で本菌は死滅した。一方、アルミ箔またはビニール袋で被覆した湿式加熱では 50℃で 3～4 時間、60℃で 1～2 時間の高温処理により本菌が死滅したため、高い含水率を保ったまま 50℃以上にすることで、殺菌効果を高められると考えられた。

野外に堆積したチップでは、気温が低く降水量が少ない冬季は本菌が死滅しにくいものの、気温が上昇し雨が多くなる春～秋は雑菌汚染が誘発されて 1 か月程度で本菌は死滅した。このことから、非赤枯性溝腐病の被害材チップを野外に堆積しても、子実体を形成して非赤枯性溝腐病拡大の伝染源となることはないと考えられた。

VI 引用文献

- 千葉県農林総合研究センター森林研究所(2017) 非赤枯性溝腐病リーフレット。
<https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/documents/mizogusarehp.pdf> 最終アクセス 2024 年 7 月 11 日。
- 千葉県農林水産部森林課(2023) サンプスギ林総合対策事業実施要領。
<https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/documents/05-sanbu-youryou.pdf> 最終アクセス 2024 年 7 月 11 日。
- 今関六也(1960) 山武杉の新しい病気. 非赤枯性の溝腐れ病とその生態的防除, 森林防疫ニュース. 9: 230-235.
- 幸由利香・升屋勇人・佐橋憲生・秋庭満輝(2011) 各種樹木病原菌に対する *Gliocladium viride* の拮抗能力. 日林講. 122: Pa2-84.
- 幸由利香・佐橋憲生・秋庭満輝・太田祐子・金子洋平(2012) . チャアナタケモドキの培養特性. 日林講. 123: Pb043.
- 幸由利香・寺嶋芳江・岩澤勝巳・福島成樹・遠藤良太(2014) 非赤枯性溝腐病と病原菌チャアナタケモドキに関する最近の知見. 千葉農林総研研報 6: 125-131.
- 屋我嗣良・河内進策・今村祐嗣(1997) 木材の腐朽. 木材科学講座 12 保存・耐久性. pp.63-82. 海青社, 滋賀
- 善如寺厚・渡辺直明(1987) 木材腐朽菌の腐朽率検定試験. きのこと実験マニュアル. pp.198-199. 講談社, 東京。

Effects of Moisture and Temperature Conditions in *Cryptomeria japonica* Wood on the Survival and Decay Progression of the Trunk Rot Disease Pathogen *Fomitiporia torreyae*

Masami IWASAWA

Key words: *Cryptomeria japonica*, trunk rot disease, *Fomitiporia torreyae*, wood drying,
wood decay fungi

Summary

We investigated the survival status of *Fomitiporia torreyae*, a pathogen that causes trunk rot disease and is common in *Sanbusugi* (a cultivar of Japanese cedar), in Chiba Prefecture, in naturally dried and artificially dried wood chips, and in chips stacked outdoors. We also investigated the relationship between the moisture content and decay rate of wood chips when naturally dried.

1. In naturally-dried *Sanbusugi* wood chips, the pathogen was confirmed to have died due to competition with other fungi, high temperatures, wind, and rain in summer and autumn when placed under shelter, and when placed inside a building, due to high temperatures in summer and autumn.
2. In naturally-dried wood chips, the pathogen survived for a certain period from the start of drying, but the decay rate decreased as the moisture content decreased. There thus appeared to be almost no progression of decay in air-dried wood.
3. In dry-heated wood chips, the pathogen was killed by exposure to 60 °C for more than 24 hours. On the other hand, when the chips were covered with aluminum foil or placed in a plastic bag and wet-heated, the pathogen was killed by treatment at 50 °C for 3 - 4 hours or at 60 °C for 1 - 2 hours. This suggests that the sterilization effect can be improved by heating the chips to 50 °C or higher while maintaining a high moisture content.
4. In chips stacked outdoors, the pathogen dies due to competition with other fungal species, high temperatures, wind, and rain within about a month between spring and autumn, when temperatures rise and rainfall increases. This suggests that even if chips infected with trunk rot disease are stacked outdoors, they will not form fruiting bodies or act as a source of infection for the spread of trunk rot disease.

* Forest Research Institute, Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 1887-1, Haniya, Sanmu, Chiba 289-1223, Japan.