

松の枯損防止新技術に関する総合研究

—つちくらげ病の発生条件と病原菌の生態および
防除に関する研究—
(大型プロジェクト課題、研究期間 昭和53～57年度)

専門研究員 滝田 利満
主任研究員 在原 登志男
育林部長 干村 俊夫
(現、森林保全課主幹兼課長補佐)
研究員 今井 辰雄
(現、林業指導課 技師)

I まえがき

海岸砂地或は山地に発生し、マツ林の群状枯損を引起している「つちくらげ病」*Rhizina undulata* FR, ex FR, (*R. inflata* (SCHÄHER), KARSTEN, ツチクラゲ)は、伊藤¹⁾により命名されたものである。我が国では、大正3年栃木県日光市で発見され、2年後にツチクラゲの和名を付けて報告している。²⁾ その後昭和43年に伊藤¹⁾・木村³⁾、昭和45年に佐藤⁴⁾らにより林木の被害があることが報告された。

近年になり東北地方の6県⁴⁾および富山県⁵⁾、長野県⁶⁾の海岸林、内陸部のマツ林で群状枯損の被害が発生し、そのほとんどは本病によることが確認されてきた。

本菌の子実体は、たき火跡・火入れ・山火事跡にかぎられ発生し、これらを中心にして林木の枯損が生ずることは、以前から知られており、実験的にも確かめられている。^{7) 8) 9) 12)}

しかし、原因とされる、たき火跡・山火事跡における子実体の発生には、かなりバラツキがあり、子実体の発生をみない跡地が相当数認められ、単に林床の加熱のみが条件ではなく、林床の加熱量とその持続性が条件と考えられたので、発病条件となる諸要因を知るために、発生環境調査を行った。また、土壤中の病原性および生態については、佐藤⁴⁾らによりすでに報告され、被害範囲は根系の腐蝕を以て確認で推定されるとしているが、不確実な点があることから、陳野¹¹⁾らが改良した病原菌の捕捉法により、新たに改めて土壤中の病原菌生態を調査した。これらの結果を基礎資料とし、各種防除試験を行った結果について報告するものである。

この研究は、林野庁の「松の枯損防止新技術に関する総合研究」の周辺技術試験として昭和53～57年に実施したものである。なお、昭和52年度は県単研究で実施したので併せて報告する。本研究にあたり、現地指導、有意義なご助言をいただいた、農林水産省林業試験場小林享夫博士、陳野好之博士(現同場東北支場)、楠木学博士、林弘子主任研究官、同場東北支場樹病研究室の方々に謝意を表します。また、現地調査等にあたり、関係林業事務所には多大なご協力をいただいた。これら関係各位に対して厚くお礼申しあげる。

II 本病の発生環境調査

被災原因および時期が明らかな山火事跡・たき火跡を対象に、地況・林況・土壌要因等の環境を調査

し、本菌子実体の有無から発病を確認し、発病条件となる要因を検討した。また、発病地については、終息をみるまで追跡調査を行った。

1. 山火事跡調査

(1) 調査方法

昭和52～57年の6年間に亘り、調査時の前年冬季から当年の春にかけて被災した山火事跡を対象に、地況、林況、土壌等の環境と発病の関連を調査した。昭和57年においては、前年までの環境調査で、山火事被災林地の発病には、被災前の植生密度との関連がうかがわれたことから²⁴⁾、植生密度量を次により調査検討した。

調査標本は、1㎡のコードラート（方形区法）とし、標本面積は調査林分面積の概ね2%とした。植生は、樹種別に標本内の焼失根株の直径・樹高を測定し、焼失樹種の樹高は近傍林分から推定した。植生量は、次の区分および算式により定量密度とした。

植生階区分：低木4m以下、亜高木4～8m、高木8m以上。

$$\text{植生密度} = \frac{\text{ある種の総個体数}}{\text{調査総コードラート面積}} \quad \text{相対密度} = \frac{\text{ある種の密度}}{\text{全種の密度総和}} \times 100$$

(2) 結果と考察

昭和52～56年における調査結果を表-1に示した。発病の有無は、子実体発生をもって発病とし、下層植生密度は焼失根株および近接林分を参考に疎密度を推定した。

表-1 発病の下層植生密度と地況因子（昭和52～56年調査）

（ヶ所）

発病有無	下層植生密度	主林木密度			海拔高(m)				方位				傾斜度(度)				地形				被害期間		
		疎	中	密	0～100	100～300	300～500	500以上	北	東	南	西	10°未満	10°～20°	20°～30°	30°以上	平坦	山脚	山腹	尾根	1年	2年	2年以上
有	疎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	中	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	密	2	2	5	4	4	1	-	1	5	3	4	1	3	1	-	-	3	6	2	7	-	-
無	疎	2	4	1	5	2	-	1	4	2	-	4	2	-	1	1	1	4	1	-	-	-	-
	中	-	1	1	2	-	-	-	2	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	密	1	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-

発病地は、下層植生密の林分が90%をしめ、中の林分は1例のみで、疎の林分からの発病は認められず、下層植生の多少が発病の大きな因子であることをうかがわせる。

海拔高では、300m以下が90%をしめる。この結果は、山火事被災の機会がこの周辺の低地に多いことに起因するもので、重要な要因とは考えられない。

斜面方位は、発病地で南面50%、西面30%に対し、無発病地では東面55%、北面27%、南面18%となり、方向性のあることがうかがわれる。

傾斜度は、発病地・無発病地ともほぼ同様な傾向にあり、発病との関連はうすい。地形位置では、発病地が山腹と尾根の被災地で特に尾根の山火事跡からが多い。無発病地は山腹の山火事跡が45%と多く、尾根でも27%をしめた。

調査結果から、発病条件となる地況因子は、方位性で僅かに認められるが、他の因子の関連は低く、密接な因子と考えられるのは下層植生・主林木の密度の多少があげられる。山火事の燃焼源は落葉と下層植生であり、この燃焼が林床加熱となり、植生密度量が加熱量と持続時間に影響をおよぼすと考えられる。

このために昭和57年調査では、植生密度の標準地調査を行い、被災林分の植生定量密度を算出し表-2・図-1にしめし、地況因子との関連を表-3にしめした。

表-2 植生密度および相対密度と発病

発病 有無	調査地 番号	植 生 密 度					相 対 密 度 (%)				発 病 個所数
		針葉樹	落葉樹 広葉樹	常緑 広葉樹	ササ類	計	針葉樹	落葉樹 広葉樹	常緑 広葉樹	ササ類	
有	1	0.25	13.15	-	-	13.40	1.9	98.1	-	-	8
	2	0.46	9.83	-	12.79	23.08	2.0	42.6	-	55.4	2
	3	1.33	9.00	-	8.67	19.00	7.0	47.4	-	45.6	3
	4	2.13	7.00	0.36	12.14	21.63	9.8	32.4	1.7	56.1	3
	5	1.00	4.86	-	33.50	39.36	2.5	12.4	-	85.1	2
	6	0.62	4.17	0.83	17.13	22.75	2.7	18.3	3.7	75.3	全体
	7	0.50	2.50	0.88	33.33	37.21	1.3	6.7	2.4	89.6	#
	8	0.87	5.82	1.15	8.50	16.33	5.3	35.6	7.0	52.1	#
	9	0.22	7.78	0.89	4.78	13.67	1.6	56.9	6.5	35.0	2
	10	0.55	12.55	0.15	9.80	23.05	2.4	54.4	0.7	42.5	3
	平均	0.79	7.67	0.43	14.06	22.95	3.4	33.4	1.9	61.3	
無	11	0.60	1.90	6.80	-	9.30	6.5	20.4	73.1	-	-
	12	0.40	1.80	0.40	-	2.60	15.4	69.2	15.4	-	-
	13	0.27	6.53	-	3.64	10.44	2.6	62.5	-	34.9	-
	14	0.29	9.42	-	-	9.71	3.0	97.0	-	-	-
	平均	0.39	4.91	1.80	0.91	8.01	4.9	61.3	22.5	11.4	

表-3 発病の植生密度と地況因子(昭和57年)

(ヶ所)

発病 有無	植生密度 区分 密度	海 拔 高 (m)				方 位				傾 斜 度 (度)				地 形				
		0 ~ 100	100 ~ 300	300 ~ 500	500 以上	北	東	南	西	10° 未 満	10° ~ 20°	20° ~ 30°	30° 以上	平坦	山脚	山腹	尾根	
有	低 木	13以下	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		13~20	2	1	1	1	2	-	3	-	-	2	1	2	-	-	2	3
		20~30	1	-	1	1	-	1	-	2	-	1	1	1	-	-	3	-
		30以上	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	1	1	-
	亜高木	なし	1	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	1
		1未満	3	1	2	1	-	2	3	2	-	2	3	2	-	1	5	1
		1.1以上	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	高 木	なし	-	-	-	2	1	-	-	1	-	1	1	-	-	-	1	1
		1未満	4	2	2	-	1	2	4	1	-	3	2	3	-	1	5	2
		1.1以上	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
無	低 木	13以下	2	-	2	-	2	1	1	-	1	2	1	-	-	2	1	1
		13~20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20~30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		30以上	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	亜高木	なし	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
		1未満	1	-	1	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	2	-	-
		1以上	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
	高 木	なし	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-
		1未満	1	-	2	-	2	-	1	-	1	2	-	-	-	1	1	1
		1以上	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

発病地の植生密度量は 13.4~39.4 の範囲で、平均23に対し、無発病地では 2.6 ~10.4 平均 8 をしめし、平均値で発病地密度の35%と疎な林である。

特に、植生構成種ごとの相対密度において、発病地は落葉広葉樹とササが95%をしめる。一方、無発病地では落葉・常緑広葉樹が84%をしめるが、ササは11%で発病地の19%と少ない相対密度で構成するのが特徴である。

本県において発生する山火事は、1ha 未満の被災地で比較的小規模なものが多い。従って、燃焼形態から林床加熱に影響をおよぼすのは低木層であり、特にこの植生量の多少が、林床加熱と持続時間に対し密接な因子となっている。

本調査における植生密度からみた発病限界値は13以上であり、なかでも植生構成でササ・落葉広葉樹の相対密度の高い林分では、ほぼ発病することが確認された。

被災林分の燃焼時間について、消防記録から調査し、10a 当りの燃焼時間と子実体発生位置を表-4にしめした。

燃焼時間は、鎮火判定が統一されないためか、発病地で2~142分と大きな差があり、平均値は55.5分であった。一方、無発病地では20~75分平均57.5分となり、発病地平均より2分燃焼時間が長い結果をしめした。

10a 当りの燃焼速度は、植生構成種により異なると思われるが、調査地%10の大規模火災からすると拡大速度は早いといえる。特にササの多い林分ではこの傾向が強い。

子実体発生位置は、山脚部で発生したのが1例あるのみで、失火場所との位置は遠く、しかも風下であった。発病林分の大部分で最初の6、7月頃、子実体を発見したのは、山腹上部と尾根筋であり、秋季では初夏発生位置から下った位置に発生する例が多く、佐藤⁴⁾らの土壌湿潤な凹部に多いとした結果とは異なった。

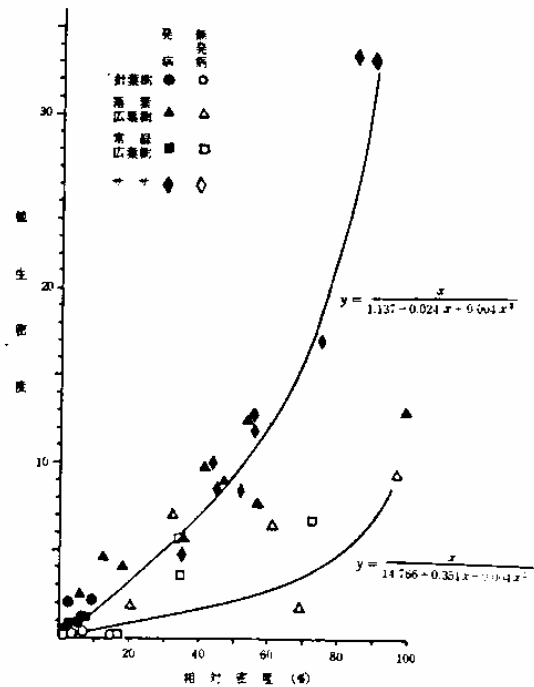


図-1 植生構成種の密度と相対密度

表-4 発病と燃焼時間および子実体発生位置

発病 有無	調査地 番号	燃焼 時間	10a 当り 燃焼時間	植 生 密 度	子実体の発生	
					位 置	個所数
有	1	160	106	13.40	山腹上~尾根	ヶ所 8
	2	200	33	23.08	尾根・凹部	2
	3	65	81	19.00	尾 根	3
	4	155	39	21.63	山脚上	3
	5	85	142	39.36	尾 根	2
	6	200	21	22.75	山腹~尾根	全体
	7	170	25	37.21	〃 ~ 〃	〃
	8	55	28	16.33	〃 ~ 〃	〃
	9	47	78	13.67	尾 根	2
	10	510	2	23.05	山 腹	3
	平均		55.5	22.95		
無	11	65	65	9.30		
	12	30	75	2.60		
	13	35	70	10.44		
	14	85	20	9.71		
	平均		57.5	8.01		

この現象は、山火事の通常の失火場所が、山脚または斜面下部に多く、上昇気流の関係から斜面上部、風下に拡大するため、被災地の中部から尾根筋の加熱量が増すことによるものと考えられる。

発病有無における植生区分ごとの密度と地況因子との関係は、表-3のとおりである。

海拔高は、500 m以上でも発病がみられ、方位性では昭和56年までの調査傾向とほぼ同様である。

傾斜度は、10度以上の斜面のすべてに発病し、無発病地では平坦から30度までであった。地形では、山腹被災地の発病が60%と高いほか、尾根部での発病も30%認められた。一方、無発病地は山脚部が半数をしめるのが特徴的である。この結果は無発病地の調査例が少なく、この被災規模も小さいことから結論とするには問題がある。

表-5 土壌要因と発病の有無

発病原因	発病有無	腐植		土性				堅密度			水温状態			菌根菌糸		A ₀ 層厚 (cm)			pH								
		乏	含	富	砂土	壤土	壤土	火山灰土	すこぶる軟	軟	堅	すこぶる堅	乾	潤	湿	有	無	1以下	1~3	3以上	被災地			直近健全			
																					4.5以下	4.5~5.5	5.5以上	4.5以下	4.5~5.5	5.5以上	
山火事	有	-	8	2	1	1	6	2	-	-	9	1	-	3	7	-	10	-	1	8	1	1	8	1	1	7	-
	無	-	5	2	2	-	3	1	1	1	6	-	-	1	6	-	7	-	-	6	1	1	1	3	-	1	1
たき火	有	-	6	2	6	-	1	1	-	1	7	-	-	8	-	1	7	3	3	2	1	2	5	-	4	2	

注：未調査地があるため表-1・2の数と一致しない。

土壌因子と発病の関係を表-5にしめた。佐藤⁴⁾らの報告によると、発病地での特徴として菌糸網層の消失、土壌 pH は海岸林で 5.2~5.9 の範囲に発生したとしている。しかし、本調査における発病地の pH(H₂O)は、4.5~5.5 で80%をしめ、佐藤⁴⁾らの結果よりやや酸性側に近い pH の発病が多かった。発病地近接健全林地での pH も、発病地とほぼ同様な範囲にあった。一方、無発病地では、pH(H₂O)5.5 以上の林分が多く、直近健全地での傾向は不明である。

本調査の pH 値が、佐藤⁴⁾らの報告と異なるのは、本調査が褐色森林土であるのに対し、佐藤らは海岸砂地の結果によるためであろう。

菌糸網層有無の調査は、発病地・無発病地ともに認められ、佐藤⁴⁾らの報告とは一致しない。

以上のことから、地況環境と発病のかかわりは、方位性のほか関連がうすく、子のう胞子に起因した発病条件となる因子は、本菌のもつ特殊性、即ち、子のう胞子発芽には一定の温度35~45℃と持続時間4~28時間^{4) 12)}が必要とされることから、この条件を満たす林床加熱量のもとになる、下層植生量の差であるといえる。地況および土壌要因のかかわりがあるとすれば、発病後の被害まん延の因子としてであろう。

2. たき火跡調査

(1) 調査方法

本病の発病誘引には、たき火跡があげられている。^{7) 8) 9) 12)}

たき火跡における子実体発生、即ち発病は、たき火の加熱量および持続時間の差が、本菌子のう胞子発芽の条件となることがうかがわれる。たき火加熱量の差は、跡地の大きさからほぼ推定できることから、海岸林を主体に次の区分により昭和57年4~12月に調査した。なお、たき火跡の範囲は、灰および炭化物の存在によった。

たき火跡直径区分 0.5 m 以下・0.5~1 m・1 m 以上の3区分とした。

(2) 結果と考察

たき火規模別の発病は表-6にしめすとおり、規模1m以下の発病はなく、1m以上の跡地では72%の発病率をしめし、大規模なたき火行為の跡地でないと発病しないことがうかがわれる。

1m以上のたき火の目的を、跡地の位置から推察すると、キャンプファイヤーや周辺環境管理として清掃後のゴミ焼却等があげられこの行為はいつでも長時間燃焼させるものである。

1m以上のたき火による林床加熱と持続時間が、本菌休眠子のう胞子の発芽促進の要因になると考えられ、JALALUDDIN¹³⁾、GREMMEN¹⁰⁾の説と一致する。

3. たき火が土壌中におよぼす温度の影響

たき火跡調査で大規模跡地の発病率が高いことが確認された。本調査では、これら規模におけるたき火の土壌中に与える温度範囲と持続性について測定し、JALALUDDIN¹³⁾、佐藤⁴⁾らが行った子のう胞子発芽に必要な実験地の範囲を把握した。¹⁹⁾

(1) 測定の方法

測定値は、条件の異なる海岸砂地2カ所、褐色森林土1カ所を選び、概況および測定年月を表-7にしめた。

表-7 地中温度測定地の概況

調査地	概況	植生	測定年月
海岸砂地 A	防潮堤後背地	チガヤ・ヨシ・ハマヒルガオ・ハマギク他	昭和55年 7月
" B	防潮堤前裸地	ナ シ	昭和56年11月
褐色森林土(BD) C	アカマツ・スギの疎林	コナラ・アオハダ・ヌルデ・エゴノキ他	昭和54年 7月

たき火は、燃材として製材バタ薪とマツ枝条 150 kg を使用し、直径 1.2~2 m の範囲に積上げ燃焼した。測定位置は、あらかじめたき火前に、中心線から幅 1.2~1.4 m、深さ 50~70 cm の溝を掘り、中心線の壁にたき火中心点から半径 1~1.2 m の範囲の水平 20 cm、深さ表層から 5 cm、以下 10 cm 間隔に温度計および感知部を埋設した。温度測定器材は、A・C 区が溜点温度計を用い、B 区は自記温度記録計を感知部数から 2 台を使用した。測定時間は一昼夜 24 時間とし、溜点温度計は堀取り計測した。

(2) 結果と考察

測定結果を表-8にしめた。溜点温度計による子のう胞子発芽可能な範囲は、褐色森林土 C 区で、たき火中心点の深さ 20 cm と、水平直径 160 cm、海岸砂地 A 区では、たき火中心点の深さ 30 cm と、水平直径 140 cm を結ぶ浅い漏斗状に含まれる区域であった。たき火温度の熱伝導は、褐色森林土で水平方向の伝導がやゝ大きい、垂直方向で少なく、海岸砂土の未熟土では褐色森林土と反比例した結果をしめし、

表-6 たき火規模と発病

調査地	たき火個所数 (m)				被害面積 m ²
	0.5未満	0.5~1	1以上	計	
藤間園地	-	1	(2) 3	(2) 4	395
"音楽堂	17	25	(7) 7	(7) 49	700
舞子海岸	-	7	-	7	-
堺浜墓地	14	-	(3) 5	(3) 19	245
天神浜	-	-	(1) 3	(1) 3	30
計	31	33	(13) 18	(13) 82	1,370

注) 被害面積は昭和57年11月に調査した。

土性により異なることがわかった。

しかし、この測定結果は測定点における最高温度であり、温度の持続時間は不明である。

そこで、海岸砂地B区において、自記温度記録計による測定を行い、結果を図-2にしめた。

測定部位の温度変化は、表層の深さ5cmでたき火開始30分後に影響を受け始め、燃焼終了時(燃焼時間90分)まで急上昇し、燃焼終了時から1時間は鈍化するが、炭火の状態からふたたび上昇し、灰化が進行してもなお余熱により上昇し続け、最高温度(記録計測定不能のため推定)はたき火開始7時間後となり、以降外気の影響を受けて、急激な温度下降をしめた。

深さ5cm以下での温度変化は、たき火開始1~1.5時間後に影響をうけるが、最高温度をしめす時間は深さ5cmと変わらない。また、温度の推移は、各測定部とも深さを増すごとに最高温度は低い値をしめしながら、緩慢

に変化する。この測定結果で、JALALUDDIN¹³⁾、佐藤⁴⁾らの得た子のう胞子発芽温度と時間を超える測定位置は図-3にしめす部位となり、その区域はたき火中心点の深さ20cmと水平直径1m(水平60cm欠測のため推定)を結ぶ漏斗状のなかで、本菌子のう胞子発芽に適する範囲となる。

しかし、山火事・たき火の条件で、子のう胞子発芽による発病因子となるには、マツ林の林床に本菌

表-8 たき火による土壌中の温度変化(°C)

1. 褐色森林土(C区)

垂直cm \ 水平cm	0	30	60	80	100	120	対照
5	56.0	46.0	38.0	36.0	30.5	30.0	30.5
10	44.0	34.0	29.0	29.0	27.5	27.8	27.5
20	35.5	33.0	27.0	26.8	25.0	24.0	24.2
30	32.5	29.0	26.2	25.7	24.8	23.7	23.8
40	30.0	26.3	24.5	23.5	23.0	23.0	23.0
50	25.0	24.0	23.0	23.2	23.0	23.0	23.0
60	23.0	22.6	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2

ロ. 海岸砂地(A)

垂直方向cm \ 水平方向cm	0	20	40	60	80	100	対照
5	124	72	53	38	24	22	21
10	66	55	43	32	23	22	21
20	42	42	32	25	23	-	20
30	35	32	-	24	22	20	20
40	28	26	27	22	21	20	19.5

- 注) 1. 水平方向の0~60cmが焚火の範囲である。
 2. 最高気温 イ. 31°C、ロ. 29°C 対照地表面38°C
 3. 表中の-は温度計破損のため測定不能箇所

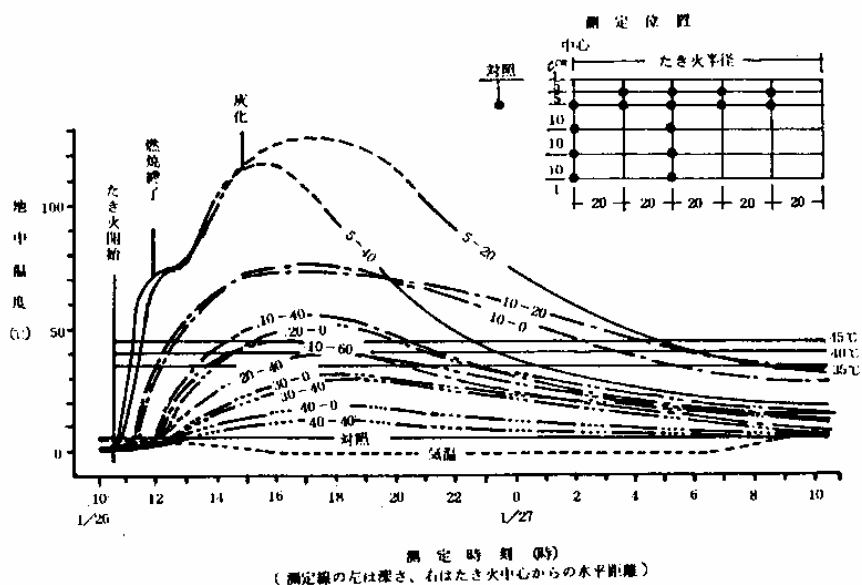


図-2 たき火による地中温度の変化

子のう胞子が普遍的に、しかも長期間存在することが前提となる。

子のう胞子の生存について JALALUDDIN¹³⁾ 14) は、酸性土中に新鮮なマツの根が存在する場所では、2年間生存できるとしている。BROWNE¹⁵⁾ は、本菌が土中の死物腐生菌として生活し、針葉樹の害菌になるとし、佐藤⁴⁾ らは、マツの球果に本菌子実体を発生させたことから、本菌は菌糸状態で長期間腐生生活が可能としている。

菌糸の発育は、土壤殺菌と焼土することによって促進され、新鮮なマツの根を与えることにより著しく良好になるとし、また本菌には粗腐植物の分解能力があり、他菌類の基質をうばう結果、菌糸網層の消失を推定し、焼跡に本菌が優占する大きな原因になるとしている。^{4) 12) 13) 14)}

このことから本菌による発病には、休眠子のう胞子発芽と林床内の潜在菌糸によることがあげられ、山火事・たき火の温度条件は、不可欠で重要な因子には変りがない。また、子のう胞子発芽と潜在菌糸が、発病に個々に起因するとしても、スギ、ヒノキ、広葉樹林の山火事跡から、子実体の発生は認められないことから⁴⁾、マツの根のかかわりは密接な関係にあるといえる。

4. 土壤の理化学的性質

土壤の理学的性質については、土壤透水性、pHとの関連をすでに報告している⁴⁾。しかし、化学的性質については未知であることから、発病地とその周辺健全地およびたき火前後の土壤について、理化学的性質の変化を確かめ、発病との関連をみた。

(1) 発病地土壤の理化学性

ア. 調査の方法

調査地は、たき火跡からの発病地を白河市南湖公園(1)とした。概況は昭和49年からの継続発病地であったが、昭和54・55年の新らたなたき火により、ふたたび発病が認められた林地である。標高は365 mで、那須火山の影響によるローム質火山灰に被われた平坦地で、アカマツ70年前後の疎林である。なお、沼に近接するため、特に地下水位が高い環境にある。調査は、発病地と健全地の土壤諸性質をみるため、次の調査点とし、昭和54年の5月に調査した。

- plot 1 新規たき火の跡地
- plot 2 plot 1, 3 の中間地点
- plot 3 根系の腐植痕、被害木のない健全地

海岸砂質未熟土壤(2)では、子実体発生位置と健全地を対象に、昭和56年4・7月に調査した。

山火事跡についての調査地は、いわき市で発病のあった普通にみられる褐色森林土の3林分を対象とした。

調査は、被災林分の子実体発生地と無被災近接林地の健全地を調査点とし、昭和55年7～9月に調査した。

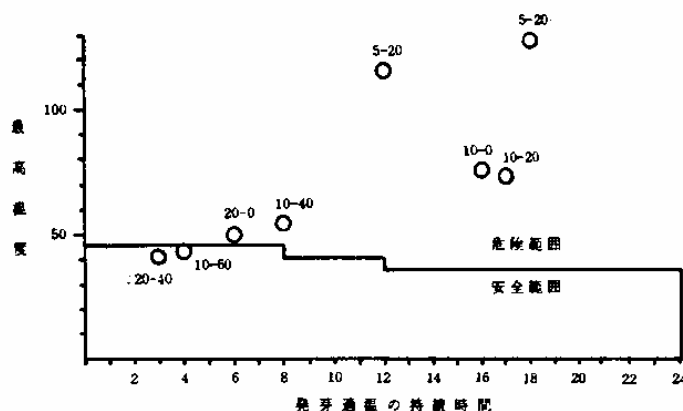


図-3 たき火温度が発芽に関する範囲
(数字は左:深さ、右:中心点からの水平距離)

各プロットでは幅80cm、深さ100cmの試孔を設け、林野土壤調査方法書に基づき、土壤断面の調査を行った。土壤理学性の試料は、たき火跡調査が0~4、10~14cmと深さ44までは6cmごとに、山火事跡では深さ5~10、15~20で、400ccの採土円筒を用い採取した。化学性の試料は、たき火および山火事跡とも10cmごとに断面から採取した。

イ. 結果と考察

(ア) たき火跡発病地における土壤理学性

たき火跡地(1)の土壤断面形態は図-4のとおりである。発病地の0~20cmでカベ状構造がみられ、やゝち密である。中間点では特に構造はなく、軟かい状態である。健全地では

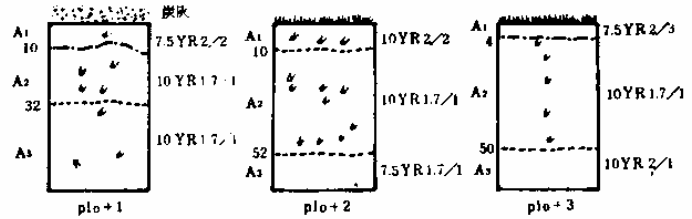


図-4 土壤断面形態

弱団粒構造がみられ、膨軟な土壤である。断面形態から発病地と健全地の差は、発病地の地表部で土壤硬度が増し、カベ状構造が発達し、地表から10cm付近を推移点と考えられるとしている。¹⁶⁾

土壤理学性は表-9の結果をしめした。容積重は各プロットも45g/100cc前後と軽い、なかでも発病地と中間地における0~4cmは30g/100cc程度と軽鬆な土壤となっている。

三相組成は図-5にしめすとおり、各プロットとも液相の割合が高い結果をしめした。特に発病地において地表部の液相が70~73%と高く、気相は8%と極端に低い値をしめすのが特徴的である。

発病地における液相の高くなる現象は、佐藤⁴⁾らが海岸砂地の結果として報告しているが、本調査結果ではその約5倍強と著しい値をしめ、発病地が高くなるのが裏付けられ、土壤条件においても差のあることが確認された。

表-9 たき火跡の発病地および子実体発生地と健全地の土壤理学性

土壤型	区分	層位	深さ (cm)	容積重 (g/100cc)	三相組成(%)			孔隙量 (%)	最大容水量 (%)	最小容水量 (%)	粗孔隙 (%)	細孔隙 (%)	透水速度 (cc/min)	透水指数		
					固相	液相	気相									
黒色土壌	(1) 発病地 (たき火跡)	A ₁	0~4	31	15	70	15	85	82	3	21	64	33	1920		
			10~14	44	19	73	8	81	78	3	22	59	6			
		A ₂	20~24	46	20	66	14	80	74	6	30	50	5			
			30~34	41	18	66	16	82	72	10	30	52	74			
			40~44	46	20	66	14	80	71	9	28	52	74			
		A ₃	40~44	46	20	66	14	80	71	9	28	52	74			
		中間地	A ₁	0~4	32	16	62	22	84	81	3	27	56	67	3880	
			10~14	43	19	68	13	81	78	3	24	57	52			
	A ₂		20~24	50	22	59	19	78	72	6	31	47	106			
			30~34	44	20	62	18	80	72	8	30	50	90			
			40~44	48	21	62	17	79	71	8	28	51	73			
	A ₃		40~44	48	21	62	17	79	71	8	28	51	73			
B1D(w)	健全地	A ₁	0~4	37	20	55	25	80	76	4	31	49	64	4120		
			10~14	43	18	59	23	82	73	9	32	50	32			
		A ₂	20~24	43	19	58	23	81	71	10	33	48	86			
			30~34	43	19	62	19	81	73	8	28	53	152			
		40~44	48	21	61	18	79	69	10	28	51	78				
	(2) 海岸砂地	子実体発生位置	①A~C ₁	0~4	194	48	13	39	51	36	8	42	9		73	
			②A~C ₁	0~4	199	50	23	27	50	40	10	40	10		73	
			③A~C ₁	0~4	198	50	12	38	51	36	15	43	7		99	
④A~C ₁			0~4	204	51	13	36	49	38	11	41	8	52			
Im-s	健全地	①A~C ₁	0~4	182	46	14	40	54	37	12	40	10	68			
		②A~C ₁	0~4	174	44	25	31	56	45	12	43	14	75			
		③A~C ₁	0~4	200	50	14	36	50	37	14	42	9	97			

注：○内数字は調査地番号

土壤孔隙は、健全地の粗孔隙約30%、細孔隙約50%ではほぼ同程度で分布し、調査区域の標準とすれば、発病地と中間地の0~14cmに差が認められ、特に発病地の同位置において粗孔隙が欠乏し、土壤含水率が高い状態をしめした。

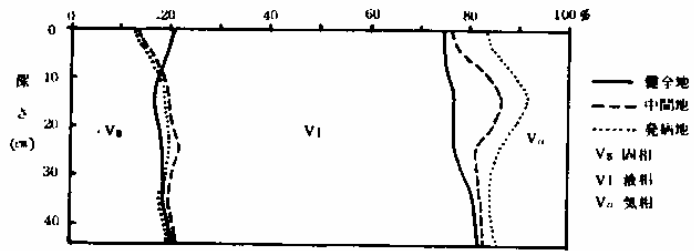


図-5 たき火発病地と健全地等の三相組成

透水速度は、発病地の10~24cmで5~6cc/minと著しく低く、透水指数

も健全地の47%であり、発病地の透水性は不良になることをしめし、佐藤⁴⁾らが海岸砂地の発病地では透水性が良くなることと異なる結果をしめした。

海岸砂質未熟土(2)では、土壤断面の層位の分化は特に認められない。土壤理化学性は地表面の変化が大きい傾向にあることから、0~4cm付近で検討した。各調査項目で子実体発生位置と健全地での差は顕著でないが、特徴的な結果は②の三相組成で固相と気相に変化がみられ、子実体位置の固相比率が高い

表-10 たき火跡の発病地および子実体発生地と健全地の土壤化学性

土壤型	区分	層位	深さ (cm)	pH		Y _i	C	N	C/N	
				H ₂ O	KCl					
黒色土壌 B1D(w)	発病地 (たき火跡)	A ₁	0~10	4.4	3.7	17	5.10	1.17	4.4	
		A ₂	10~20	4.7	4.0	7	11.72	0.83	14.1	
		A ₃	20~30	4.6	4.0	5	9.50	0.52	18.3	
		A ₃	30~40	4.6	3.9	13	11.68	0.59	19.8	
		A ₃	40~50	4.9	3.9	10	10.13	0.51	19.9	
	中間地	A ₁	0~10	4.1	3.5	23	18.10	1.31	13.8	
		A ₁	10~20	4.8	4.0	6	9.84	0.56	17.6	
		A ₂	20~30	4.8	4.1	4	7.92	0.47	16.9	
		A ₂	30~40	4.7	3.8	11	10.64	0.56	19.0	
		A ₂	40~50	4.7	3.8	11	12.09	0.60	20.2	
	健全地	A ₁	0~10	4.2	3.5	20	16.25	1.19	13.7	
		A ₁	10~20	4.7	3.9	7	10.36	0.67	15.5	
A ₂		20~30	4.8	3.9	7	9.36	0.49	19.1		
A ₂		30~40	5.1	3.9	8	9.84	0.52	18.9		
A ₂		40~50	5.3	4.1	5	7.17	0.40	17.9		
海岸砂地 Im-S	子実体発生位置	HA~A ₁	0~4	5.2	3.9	2	12.32	0.44	27.8	
		A ₁ ~C	4~10	5.4	3.9	2	4.03	0.17	23.6	
		A ₁ ~C	10~20	5.5	3.8	2	0.89	0.02	59.0	
		A ₁ ~C	20~30	5.5	3.8	3	0.47	0.04	12.2	
		A ₁ ~C	30~40	5.5	4.0	2	0.11	0.03	3.7	
		A ₁ ~C	40~50	5.8	4.1	1	0.05	0.02	3.2	
		A ₁ ~C	50~60	6.1	4.0	1	0.00	0.03	0.1	
	健全地	F	-	-	-	3.9	2	29.98	0.56	29.9
		HA~A ₁	0~4	5.0	3.7	2	18.41	0.47	18.4	
		A ₁ ~C	4~10	5.0	3.5	4	2.09	0.09	2.1	
		A ₁ ~C	10~20	5.3	3.7	3	0.50	0.02	0.5	
		A ₁ ~C	20~30	5.6	3.9	3	0.17	0.02	0.2	
健全地	A ₁ ~C	30~40	5.6	4.0	1	0.13	0.00	0.1		
	A ₁ ~C	40~50	5.9	4.1	1	0.10	0.00	0.1		

結果をしめしたが、他の3点での変化は少ない。透水性では①の子実体位置で僅かに良好となったが顕著でなかった。

土壌の化学性を表-10にしめした。pHは黒色土壌で各プロットもpH(H₂O) 4.1~5.3の範囲にあり、海岸砂質未熟土では5.0~6.1の範囲で、子実体位置が深さ20cmまで酸性度が僅かに高い。深さ20cm以下では子実体位置および健全地では同程度のpH値であり、発病地および子実体位置と健全地との差は明確でない。

佐藤⁴⁾らは、病原菌接種によるアカマツ稚苗の発病が、酸性の強いほど多くなり、中性~アルカリ性では全く発病しないとし、JALALUDDIN¹⁴⁾も同様であると報告している。また、海岸地における子実体発生地のpHは5.2~6.9であり、pH6.3~7.4では発生しないとしている。⁴⁾ 海岸砂地林における渚側から内陸にかけpH値の変化は、弱酸性値から酸性に移行するとされる¹⁸⁾ことから、発病および子実体発生条件とは言い難く、本調査における健全地のpH値は、両調査地土壌の平均的な範囲であり、しかも発病地との差が顕著でないことから、本菌菌糸との関与は佐藤⁴⁾らの実験地からうかがわれるが、発病条件とのかかわりは少ないと考えられる。

窒素については、佐藤⁴⁾らが本菌の生理的性質の実験で、窒素を欠くと菌糸の発育が不良になるとしている。本調査での窒素含有量は、黒色土壌で各プロットとも0~10cmで1%以上と富む状態であり、10cm以下でも0.4以上と高い含有量をしめすが、健全地との差は顕著でない。海岸砂質未熟土では、0~4cmで子実体位置が0.4、健全地は0.6と僅かに高いが、4cm以下では両地とも低い含有量である。炭素含有量は、黒色土壌の発病地が0~10cmで健全地の34%と少なく、海岸砂地では健全地の67%と少ない結果をしめす。これら化学性は、山谷¹⁸⁾らの海岸砂地調査結果と比較すると、地表部を除きほぼ一致する。

(1) 山火事跡発病地における土壌理化学性

調査点は簡易試孔によったが、土壌断面は褐色森林土で普通に出現する形態で、土性は(1)のBD(d)型が砂質壤土で、(2)と(3)のBD型はともに埴質壤土であった。

発病地と健全地における土壌理化学性は表-11のとおりである。

表-11 山火事跡の発病地と健全地における土壌の理化学性

区分	土壌型	層位	深さ (cm)	容積重 (g/100cc)	三相組成(%)			孔隙量 (%)	最大容水量(%)	最小容気量(%)	粗孔隙 (%)	細孔隙 (%)	透水速度 (cc/min)
					固相	液相	気相						
発病地	(1)	A	5~10	119	28	43	29	72	64	8	39	33	57
	BD(d)	A~B ₁	15~20	122	28	41	31	72	62	10	42	30	113
	(2)	A ₁	5~10	129	38	25	37	62	40	22	47	15	15
	BD	A ₁ ~B ₁	15~20	153	46	26	28	54	41	14	38	17	13
	(3)	A	5~10	140	47	21	32	53	37	16	40	13	18
	BD	A~B ₁	10~20	146	48	31	21	52	36	16	37	15	37
健全地	(1)	A	5~10	132	41	28	31	59	45	15	37	23	30
	BD(d)	A~B ₁	10~20	133	40	29	31	60	47	13	37	23	23
	(2)	A ₁	5~10	122	34	39	27	66	55	10	35	31	46
	BD	A ₁ ~B ₁	10~20	111	30	34	36	70	53	17	41	28	144
	(3)	A	5~10	142	40	35	25	61	48	13	28	33	100
	BD	A~B ₁	10~20	139	43	23	34	57	36	22	37	21	210

注：()は調査地番号

容積重は、(1)区で健全地が高いが、(2)(3)区では発病地が高い値をしめす傾向にある。三相組成は図-6のとおり(1)区の発病地で液相の割合が高く、佐藤⁴⁾らの海岸砂地の結果と同様な傾向をしめしたが、(2)・(3)では健全地が高く(1)とは逆な傾向をしめした。孔隙量は(1)の発病地で高いが、(2)・(3)では健全地が高い。粗孔隙は発病地がほゞ高い傾向にあったが、細孔隙量と同傾向であった。透水速度は(1)の発病地が多く、(2)・(3)は健全地が多い結果をしめした。

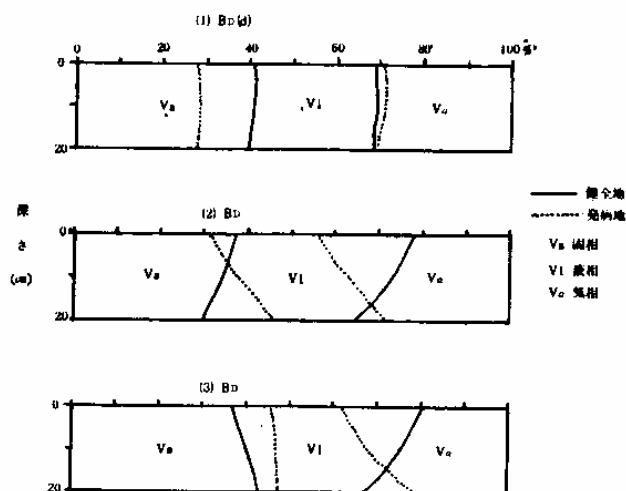


図-6 山火事跡発病地と直近健全地

褐色森林土における山火事に起因した発病地と健全地での土壌理化学性は、一定の傾向をしめさず、土性により異なる傾向をしめすなど、特定の傾向がなく発病の条件とするには、本調査結果のみでは結論できない。

土壌化学性は表-12のとおりである。pH(H₂O)は発病地が4.2~5.2で、健全地では3.5~5.5の範囲で、両地の差は顕著でない。潜酸pH(K_{cl})でも同様である。窒素含有は本菌菌糸の生理に関連が深いとされるが⁴⁾、本調査結果では(1)区でやゝ高い値をしめすが、(2)・(3)区では健全地が高い傾向をしめした。

表-12 山火事跡の発病地と健全地における土壌化学性

区分	調査地	層位	深さ (cm)	pH		Y ₁	N	C	C/N
				K ₂ O	K _{cl}				
発病地	(1)	A	5~10	4.9	3.9	13	0.28	4.37	15.7
		A~B ₁	15~20	4.8	3.9	13	0.17	2.01	12.0
	(2)	A ₁	5~10	4.3	3.3	41	0.21	1.28	6.2
		A ₁ ~B ₁	15~20	4.5	3.3	50	0.08	0.89	11.5
(3)	A	5~10	5.2	3.7	6	0.20	3.79	18.6	
	A~B ₁	15~20	4.2	3.6	20	0.07	0.76	11.0	
健全地	(1)	A	5~10	3.5	2.8	68	0.23	7.91	34.7
		A~B ₁	15~20	4.0	3.1	87	0.07	0.92	14.1
	(2)	A ₁	5~10	4.5	3.3	49	0.21	4.79	23.4
		A ₁ ~B ₁	15~20	4.6	3.1	85	0.07	0.60	8.5
	(3)	A	5~10	5.2	3.7	5	0.29	4.31	14.7
		A~B ₁	15~20	5.5	3.7	4	0.12	1.11	9.1

炭素含有は健全地の5~10cmで高い値をしめし、たき火発病地とは逆な結果となった。

本菌子実体発生の海岸砂地、菌糸発育実験値において、いずれも弱酸性から酸性側で良好とされているが^{4) 14)}、海岸砂地以外の褐色森林土においては、発病地、健全地ともpH値は酸性側にあり、しかも両地におけるpH値の差は顕著でない。また、窒素および炭素含有においても特定の傾向が認められないことから、山火事に起因する本菌の発病と褐色森林土のもつ土壌化学性との関連は、少ないと考えられる。

(2) たき火がおよぼす土壤の理化学性

ア. 調査の方法

調査は、3の温度測定の際試料を採取し、採取の方法は4-(1)-アのたき火跡発病地の方法により、表-7のA(海岸砂地)とC(褐色森林土)地で、たき火前後の土壤理化学性の調査を行い、その変化をみた。

イ. 結果と考察

(ア) 土壤理化学性の変化

調査地の土壤断面形態を、図-7にしめした。

褐色森林土は、黄褐色系のyBD(d)型であり、A層は6cmと浅く、土性は粘質で腐植に乏しい土壤である。構造はたき火前で、A層が弱団粒構造がみられ軟かく、A~B₁層でややち密であったが、たき火後ではA層で特に構造はなく堅い状態となり、A~B層ではたき火前より軟かく、たき火の影響と考えられる。¹⁷⁾

海岸砂質未熟土では、層位は明瞭でなくIm-S型特有のA層が少ない形態である。たき火による構造に対する影響は特に認められな

い。

土壤の理化学性は、表-13のとおり、容積重が褐色森林土において、たき火後に0~14cmでやや少なくなるが、30cm以下ではやや高くなる結果をしめした。

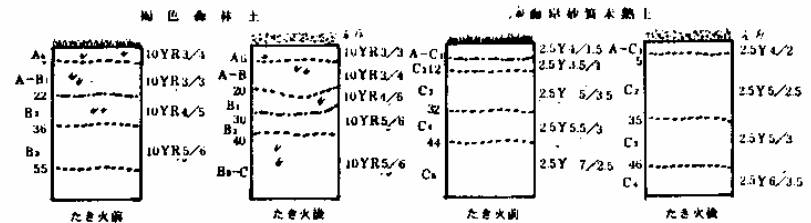


図-7 たき火前後の土壤断面形態

表-13 たき火前後の理化学性

調査地	たき火前後	層位	深さ (cm)	容積重 (g/100cc)	三相組成(%)			孔隙量 (%)	最大含水量(%)	最小容気量(%)	粗孔隙 (%)	細孔隙 (%)	透水速度 (cc/min)	透水指数
					固相	液相	気相							
褐色森林土 yBD(d)	前	A	0~4	63	29	37	34	71	59	12	44	29	1640	
			10~14	97	41	36	23	59	52	7	37	24		41
		A~B ₁	20~24	114	45	35	20	55	46	9	30	25		19
		B ₂	30~34	131	51	35	14	49	43	6	20	29		8
	後	A	0~4	61	29	40	31	71	67	4	32	39	55	1980
		A~B ₁	10~14	90	34	32	34	66	53	13	42	24	78	
		B ₁	20~24	114	41	33	26	59	47	12	33	26	35	
		B ₂	30~34	133	47	34	19	53	42	11	23	30	16	
海岸砂質未熟土 Im-S	前	A~C	5~10	174	55	17	28	45	44	1	38	6	58	2690
			15~20	198	57	32	11	43	40	3	38	5	74	
		C	25~30	208	59	36	5	41	40	1	16	26	37	
	後		35~40	210	59	38	3	41	42	1	31	10	46	2325
		A~C	5~10	147	52	1	47	48	39	9	34	14	28	
		C	15~20	174	53	22	25	48	41	7	21	27	31	
	C	25~30	198	59	34	7	41	41	1	30	11	66		
	C	35~40	219	64	35	1	36	40	4	7	29	53		

海岸砂土では、30cmまでたき火後が少なくなり、なかでも20cmまでの減少が大きいのが、35cm以下ではたき火後がやゝ高い値をしめした。

三相組成は図-8のとおり、褐色森林土においては、たき火前の固相が深くなるにしたがい多くなり、液相はほぼ一定で推定するため、気相は固相の反比例となり深くなるにしたがい少なくなる。たき火後の変化は、固相が中間層でやゝ少なくなったが、地表部と深部での変化はない。液相は地表部でやゝ多くなるものの、10~14cmでは少なく、深部に向い減少した。気相は10~14cmでやゝ多くなるため、深部にかけて、たき火前より少ない値で、たき火前の傾向で変化した。孔隙量でも三相組成とほぼ同様な結果をしめした。

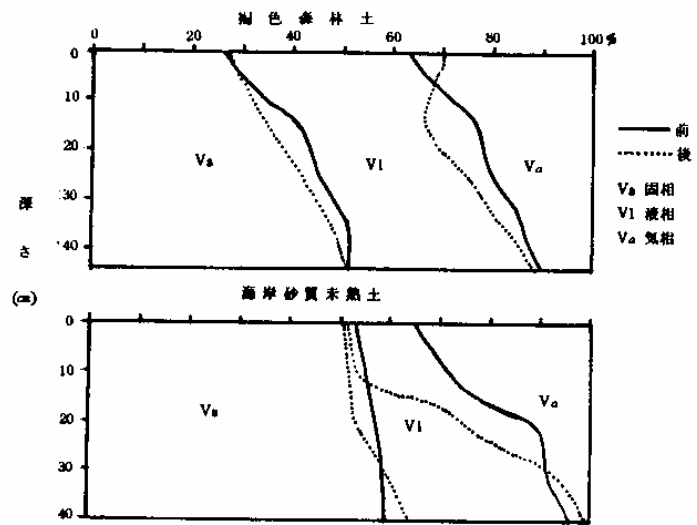


図-8 たき火前後の三相組成

透水速度は、地表部でたき火後が極端

に低下するが、10cm以下ではどの部位でもほゞ約2倍と増加し透水性が良好となった。

海岸砂土では、固相の割合が高く地表から深部にかけて漸増するが、たき火前後の変化は大きくない。液相は、たき火前が地表部17%であるが、15~20cmで32%と約倍増し深部にかけて漸増した。

たき火後は、地表5~10cmで激減し、15~20cmで急増するがたき火前の69%であり、以降の深部の変化は少ない。透水速度は地表から20cmまでがたき火後に41~48%と低下するが、20cm以下では15~78%増加する傾向をしめし、透水指数で86%に低下し透水性は不良となり褐色森林土と反比例する結果をしめした。

たき火後で20cmまでの影響が大きい現象は、3.のたき火温度影響の結果において、たき火中心の深さ20cmで最高温度50℃をしめし、40℃以上の温度に遭遇するのは9時間であることから、この範囲の温度影響が大きいと考えられる。

たき火前後における土壌化学性は、表-14のとおりである。

pH(H₂O)は、褐色森林土の0~10cmで、たき火後が6.5と弱酸性をしめしたほか、各部位の変化は少ない。海岸砂土では、たき火前が6.3~6.4の弱酸性であったものが、たき火後では7.1~7.5に変化し、弱アルカリをしめした。炭素・窒素の含有量は、たき火後の5~10cmでたき火前の炭素で2倍、窒素で1.5倍をしめたほか、深部での変化は顕著でない。

たき火が土壌の理化学性におよぼす影響は、褐色森林土において少なく、海岸砂土において影響が大きく、特に理化学性の三相組成、透水性、化学性のpH(H₂O)値の変化として現われることが実証された。本菌の子実体発生、発病地と健全地との差異について佐藤⁴⁾らは、本菌汚染土壌では菌糸網層が消失する結果、三相組成の液相比率が大きくなり、透水性が良好になるとし、子実体発生地でのpH(H₂O)は弱酸性地に多かったとしている。

これまでのたき火跡・山火事跡の発病原因の異なる発病地と健全地および土壌条件の異なるたき火前

後の土壤理化学性の結果を要約すると、次のようになる。

たき火跡発病地と健全地は、三相組成の固相は変化なく、液相と気相に変化がみられ、特に発病地の液相比率が大きく、透水性は指数で健全地の47%と不良になったほか、pH(H₂O)の差異は顕著でない。

山火事跡発病地と健全地は、理化学性各調査項目値で、砂質の発病地が高く、埴質での発病地は低いなど、土性により異なる結果をしめし、pH(H₂O)での差は認められない。

たき火前後の変化は、褐色森林土で三相組成が、たき火後に固相少く気相多くなり、液相の表層で高くなるが10~14cmでは少なくなり、以下低い値でたき火前同様に増加する。透水性は表層でたき火後で低く、15cm以下ではたき火前の2倍高くなる。

透水指数はたき火後が20%良好となる。pH(H₂O)はたき火後の表層で4.7から6.5と中性近くなるが、深部での変化は少ない。

海岸砂土では、三相組成の固相がたき火後僅かに減少し、液相の変動は加熱の影響で20cmまでの減少率が大きい、20cm以下では急増し、たき火前より微増する。気相は前2者に対応し増減する。

透水性は20cmまでたき火後が不良となるが、25cm以下では表層部に反比例したき火後が良好となり、透水指数でたき火後が86%とやゝ不良となる。

pH(H₂O)の影響は大きく、たき火前の6.4からたき火後に7.5と弱アルカリとなり、炭素1.5倍、窒素では2倍となった。

発病地および子実体位置と健全地における土壤の理化学性は、土壤型で異なる結果をしめし、特に三相組成、透水性、pHは発病地で差が認められるとされているが⁴⁾、本調査結果では顕著な差は認められないことから、発病の関連は少ないと考えられる。

たき火加熱による土壤理化学性の変化は、褐色森林土の理化学性は少なく、たき火後の表層部で、pH(H₂O)が中性に近くなった。海岸砂土ではたき火後の三相組成の変化が大きく、特にpH(H₂O)は弱アルカリ化をしめた。本菌の菌糸性質は酸性側で発育が良く、アルカリで不良とされる。^{4) 14)} 本病の発生誘引の一つとされるたき火跡^{7) 8) 9) 10)}の調査結果は、前述のとおり土壌深さ20cmのpH(H₂O)は、褐色森林土で6.5、海岸砂地では7.5となり、佐藤⁴⁾らのアカマツ稚苗による実験結果での最も悪いpH値であることから、発病と発病後の菌糸まん延条件の理化学性は異なることを示唆している。

表-14 たき火前後の化学性

調査地	たき火前後	層位	深さ (cm)	pH		Y ₁	C	N	C/N
				H ₂ O	K _{cl}				
褐色森林土 yBD(d)	前	A	0~10	4.7	3.6	19	3.42	0.27	12.7
		A-B ₁	10~20	4.9	3.8	19	0.99	0.09	11.0
		B ₂	20~30	5.2	3.8	18	0.61	0.07	8.7
		B ₃	30~40	5.3	3.6	30	0.43	0.05	8.6
	後	A	0~10	6.5	6.2	1	7.29	0.32	22.8
		A-B	10~20	4.7	3.7	24	1.91	0.12	15.9
		B ₁	20~30	5.0	3.5	37	1.21	0.12	10.1
		B ₂	30~40	5.2	3.7	36	0.93	0.12	7.8
海岸砂質未熟土 Im-S	前	A-C	5~10	6.4	4.3	0.1	0.23	0.04	6.4
			15~20	6.4	4.5	0.1	0.22	0.04	5.7
		C	25~30	6.4	4.3	0.1	0.32	0.03	11.7
			35~40	6.3	4.1	0.1	0.34	0.04	8.6
	後	A-C	5~10	7.5	6.8	0.1	0.56	0.06	9.9
			15~20	7.6	4.9	0.1	0.34	0.03	10.9
		C	25~30	7.1	4.1	0.1	0.26	0.04	6.0
			35~40	7.5	4.4	0.1	0.35	0.04	9.2

本菌の発病機構について、山火事およびたき火の条件、これらの土壤理化学性的変化から、次のように推察される。

子のう胞子は林床に普遍的に存在し、しかも一部は土中にも存在していることが条件となる。アカマツ、クロマツ林が、子のう胞子発芽条件となる直径1m以上のたき火、または植生密度13以上を持つ林分が山火事に被災すると、林床に生存していた休眠子のう胞子が発芽し菌糸状態となる。一方、落葉層または土中に生存する菌糸網層・細菌類は、たき火・山火事の加熱により一時的に死滅するか、菌糸網層は本菌菌糸の腐生分解作用による基質消失により⁴⁾減少するため、本菌菌糸の優占する条件が整うことになる。土壤環境はたき火により、一時的にアルカリまたは弱酸性の抑制条件となるが、周辺水分の毛細現象による移動により、酸性化する回復期は比較的短かいと推察される。土壤の酸性化が進むと発芽菌糸の生育は旺盛となり、新鮮なマツの根があれば急激に増殖し、地表面を速やかに拡大するものと考えられる。

Ⅲ 土壤中の病原菌の生態

病原菌の生理生態・病原性などについては、すでに詳細に報告されている。^{4) 6) 11)}

土壤中の汚染区域確認の手法として、根系に形成される腐蝕こんによることが、子実体発生期以外での有力な診断法としている。⁴⁾ 昭和52～53年の2年間は根系り病調査により実施した。しかし、本法では、腐蝕こんの確認で不確実な面があり、汚染区域先端の確定でバラツキがみられる。また、作業労力面で難点が多い。その後昭和54年に陳野¹¹⁾らが改良開発した、マツ杭による菌糸捕捉法の精度が高く、容易に菌糸を捕捉できることから、昭和55年からは本法を利用し、土壤中病原菌の水平および垂直分布について調査し、土壤中菌糸の進展の性質を把握し、防除の基礎資料とした。

本病被害跡地を更新する際、汚染区域の土壤菌糸の残留が問題であり、菌糸消滅の有無および時期、残留菌糸の影響などについて、菌糸捕捉法、苗木植栽を行ない調査した。

1. り病根系調査による汚染区域の確認

(1) 調査の方法

表-15 枯損・根系のり病進行状況調査結果

試験地名	枯損の進行		根系のり病進行		被害経過 年次(年)	疎密度	土性	乾・中 湿・多湿	調査後の状況
	年・月～月	距離m	年・月～月	距離 m					
川内村 瀬耳上	昭和52・4 ～ 11	0～3	昭和52・4 ～ 11	0m 11カ所 1m 3 # 2m 2カ所	3	密	壤土	中	昭和52.9、枯損、子実体発生なく自然終息とみられる。
小高町 横砂	昭和51・ 被害発生 ～ 昭和52・4	2	昭和51・ 被害発生 ～ 昭和52・4	7m 1 # 8m 2 # 9m 1 # 10m 2 # 11m 1 # 12m 8 # 13m 2 # 14m 2 #	0	疎	砂土	乾	昭和52.7～8で汚染区域内で子実体あり。幼令木の枯損あり。昭和53.5～10、子実体、枯損もなく自然終息とみられる。昭和52.7、近接地に新規発病認める。進展量3～4m
	昭和52・4 ～ 11	4～ 11	昭和52・4 ～ 11	0m 7カ所 1m 5 # 2m 4 # 3m 2 #	1	疎	砂土	乾	

本病被害地において、前回の子実体発生位置から外側方向に、表土を掘起しながら根系に生ずる菌糸束（Rhizoid）・腐蝕こん・砂団子の有無、根の被害程度を調査し、汚染域および汚染先端とした。調査地、調査年月は表-15のとおりである。

(2) 結果と考察

調査結果を表-15にしめしたとおり、調査時の拡大量は0~14mと推定された。しかし、根系の腐朽があり、汚染進展と認められた場所で、秋季の子実体発生、新たな枯損もなく自然終息とみなされる例があり、根系病調査による汚染区域推定には、次のことから不確定要素が多い。

海岸林など林内に立入る機会の多い場所では、林床の踏付けによる表層根系の損傷が多くみられ、菌糸束・腐蝕こんの確認は容易でない。また、根系病調査で、汚染先端とした汚染域内側1m付近で、7~8月に子実体の発生が一部確認された。

子実体の発生位置は、佐藤⁴⁾らが地下根系の軽~中腐朽根のみられる部位から汚染域の、3~4mの範囲に子実体発生帯があるとしたこととは一致しない。しかし、著者らが行った病原菌捕捉調査^{24) 25)}の子実体発生位置をみると、7月までに菌糸束捕捉が確認された範囲以内で、秋期に子実体がよく発生し、根系病調査とほぼ一致した。以上のように子実体発生位置で異なる結果をしめすことから、汚染域確認手法および子実体発生位置の関係をなお究明しなければならない。

2. 菌糸束捕捉法による汚染域の確認および進展の時期的性質

(1) 材料および調査の方法

材料は、アカマツ、クロマツの長さ40cm、直径3~4cmの生枝を杭とし、鉋で4カ所軽く樹皮に付傷した後、スミチオン乳剤50倍液に30秒浸漬して風乾する陳野氏法¹¹⁾によった。なお、昭和53年の材料は、長さ30cm、直径3~5cmの樹皮付マツ枝を杭とし、表面火炎殺菌して使用した。

捕捉杭の設置方法は、本病被害地の子実体発生域から健全地外側に、50~100cm間隔で方斜状に、1カ所20cm間隔に2本あて、深さ35cmに図-9のとおり案内棒をあらかじめ使用し挿入した。

調査地および調査年月は表-16のとおりである。

(2) 結果と考察

昭和53年に表面火炎殺菌杭で実施した2カ所では、捕捉杭のすべてが、穿孔虫類の食害が激しく、菌糸束の捕捉にいたらなかった。

昭和55~57年に実施した陳野氏法¹¹⁾による捕捉結果を表-17に、時期別結果を図-9の4-1・2にしめした。

発病後の当年進展量は、2~5mの範囲で、発病原因のたき火中心からほぼ同心円状に拡大し、佐藤ら⁴⁾の調査結果とほぼ一致した。

本菌地中菌糸進展の時期変動は、4月中旬から6月にかけての捕捉状態は杭全体に明瞭に菌糸束が捕捉されるが、7月に入ると深さ15cmまでの捕捉が多く認められるものの、1本当りの捕捉量は少なく、しかも深さ15cm以下の捕捉は汚染側で僅かに捕捉されるのみである。10月セット1カ月後調査では、汚染側の浅い位置で捕捉されたが、僅かに菌糸束の痕跡を認める程度であった。

また、前年の既汚染域での捕捉は、地下水位の高い黒色土壌での発病地では、菌糸束の捕捉はなかった。海岸砂地での捕捉は、図-9の3-1・2のⅧのように明瞭な線域と、捕捉位置にバラツキが認められる線域にわかれ、枯損発生との関連から、地中菌糸進展が不規則なことを示唆するとともに、1年経過での菌糸は消滅することも考えられる。

表-16 菌糸束捕捉法による調査地及び設置年月

No.	調査地	発病年月	設置年月と確認日数
1	小高町村上	昭和51. 4	昭和53. 7 48日後調査
2	楢葉町天神浜	" 53. 3	" 53. 7 同上
3	いわき市諏訪原	" 54. 1	" 55. 10 1カ月後調査
4	白河市南湖	" 49. 12	" 56.6~7、2回 同上
5	いわき市藤間園地	" 54. 8	" 57.5~7、2回 同上 7月は1m杭の調査を併用
		" 56. 6	" 56. 6 同上
6	" "音楽堂	" 54. 10	" 57. 4 同上 及び2カ月後に再調査
		" 56. 7	" 56. 7 同上
			" 57.4~7、4回 同上 6月に1m杭の調査を併用

表-17 菌糸束捕捉の結果

1. いわき市諏訪原 (昭和55年10月セット11月調査)

調査位置	捕捉杭番号 (1m間隔)				
	1	2	3	4	5
I	卅	+	-	-	-
II	-	-	-	-	-
III	卅	卅	-	-	-

2-1 白河市南湖公園 (昭和55年10月セット11月調査)

調査位置	捕捉杭番号 (1m間隔)						
	1	2	3	4	5	6	7
I	-	-	-	-	-	-	-
II	+	-	-	-	-	-	-
III	+	-	-	-	-	-	-
IV	-	-	-	-	+	+	-

2-2 白河市南湖公園 (昭和56年6月セット7月調査)

調査位置	捕捉杭番号 (1m間隔)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

捕捉判定基準

区分	基準
-	菌糸束ないもの
+	菌糸束僅かにあるもの
卅	菌糸束 $\frac{1}{2}$ 又は全体に僅かにある
卅	菌糸束腐蝕こん多く、剥皮し易いもの

2-3 白河市南湖公園 (昭和56年7月セット8月調査)

調査位置	捕捉杭番号 (50cm間隔)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	-	+	-	卅	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	卅	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	+	-	卅	+	+	-	-	-	-	-	-
V	卅	卅	+	-	-	-	-	-	-	-	-
VI	卅	+	卅	卅	卅	-	-	-	-	-	-
VII	卅	卅	卅	-	-	-	-	-	-	-	-

2-4 白河市南湖公園 (昭和57年5月セット6月調査)

調査位置	捕捉杭番号 (1m間隔)					
	1	2	3	4	5	6
I	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	+	+	-
IV	+	-	-	-	卅	-
V	+	-	-	-	-	-
VI	+	-	+	-	-	-
(VII)	卅	卅	卅	卅	卅	卅

(VII) は長1m杭6月セット7月調査

3-1 いわき市藤間園地
(昭和56年6月セット7月調査)

調査位置	捕捉抗番号 (1m間隔)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
II	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
III	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
IV	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
V	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
VI	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
VII	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-
VIII	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
IX	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
X	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
XI	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

3-2 いわき市藤間園地
(昭和57年4月セット5、6月調査)

調査位置	捕捉抗番号 (1m間隔)				
	1	2	3	4	5
I	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-
IV	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-
VI	-	-	-	-	-
VII	-	-	-	-	-
VIII	-	-	-	-	-
IX	-	-	-	-	-
X	-	-	-	-	-

4-1 いわき市藤間音楽堂
(昭和56年8月セット9月調査)

調査位置	捕捉抗番号 (1m間隔)				
	1	2	3	4	5
I	-	+	+	+	-
II	+	+	-	-	-
III	+	+	+	-	-
IV	-	+	+	+	-
V	+	+	+	-	-
VI	+	+	-	-	-
VII	+	+	+	+	-

4-2 いわき市藤間音楽堂 (昭和57年)

調査位置	セット月	調査月	捕捉抗番号 (1m間隔)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	4	5	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	4	5	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III-1	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	4	5	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VI	1	5	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VII	1	5	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	6	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIII	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IX	4	5	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5	6	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
X	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X-1	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(VII-1)	5	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(VII-1)は長1m抗による調査

地中菌糸の垂直分布は、発病中心付近は深く子実体発生帯から外側先端にかけて浅い範囲にあるとしている。⁴⁾ 垂直分布確認の意味で、土壌環境の異なる黒色土壌と海岸砂地において、昭和57年5月にマツ杭長さ1.1m、径3-4cmを用い、陳野氏法¹¹⁾により挿入し、1カ月後に回収調査した結果、子実体発生先端部で70-90cmの範囲に、菌糸束が全面捕捉された。なお、この位置は4月設置5月調査で感染先端域とされた部位であり、この時の捕捉は浅い位置で菌糸束が認められたことから、地中深部での菌糸進行は比較的早いことを示唆している。

以上の結果から、発病後の土壌中菌糸の活動は、早春の地温上昇とともに開始され、6月頃までは速やかに進展するが、7月に入ると進展速度は鈍化する。秋季に子実体の発生する位置は、7月で菌糸捕捉がなされた先端の感染内側にのみ確認される。さらに、10月調査で菌糸束捕捉が少ないことから、夏季以降の進展は少ないと考えられる。なお、汚染先端域での1m前後の深部へは、概ね1カ月後には到達することが確認された。

3. 被害地の残留菌糸の影響

(1) 調査の方法

ア. 菌糸捕捉法による調査

調査地は、昭和49年から継続発病のある白河市南湖公園と、昭和54年発病のいわき市藤間園地を対象とし、陳野氏法¹¹⁾のマツ杭による残留菌糸捕捉を行った。調査時期は、白河市が昭和56年6月、いわき市を昭和57年4月に、図-9の2-2、3-2 および図-10のとおり設置し、回収調査を1カ月後に行った。

イ. 苗木植栽による残留菌糸の調査

調査地は、前記アのいわき市を対象に、昭和57年4月にクロマツ一床苗を100本、1.3m間隔に図-10のとおり植栽し、枯損の状況を毎月12月まで調査した。

(2) 結果と考察

菌糸捕捉法による結果は、いわき市において設置1カ月後の5月において、前年の感染域に設置した、捕捉杭の樹皮のすべてが生の状態であったため、再挿入しさらに1カ月間放置し、6月に再調査したが、捕捉杭のすべては菌糸束は認められなかった。

白河市での結果は、図-9の2-2にしめした。意外な位置の4本に菌糸束が認められた。そこで周辺を調査したところ、子実体の新期発生があり、原因は前年昭和55年秋に行われたたき火であることが確認された。従って、調査時の4本の菌糸束は新規発病の汚染であり、前年までの汚染地の地中菌糸は消滅し、枯損も発生しないことから終息したものとみなされる。

いわき市で行った苗木植栽の影響は、6月に1本の枯損が発生したが、根系の菌糸束、腐蝕こんの有無を確認した結果、これらの病徴はなく自然枯損と認められたほか、12月までの枯損はなく地中菌糸は消滅し、捕捉杭調査結果でも捕捉がないことから自然終息したとみなされる。

両調査地における終息の原因は、両地方とも松の材線虫病の汚染地域のため、つちくらげ病による枯損木がマツノマダラカミキリの産卵対象になることから、当該虫の密度低下を図る目的で早期に枯損木の伐採処理がなされる。伐採は、白河市は枯損発生都度つまり調査前年の昭和55年、いわき市は昭和56年3月に行われた。この伐採による林床の裸地化など、林床の環境変化が大きな要因となり、地中菌糸

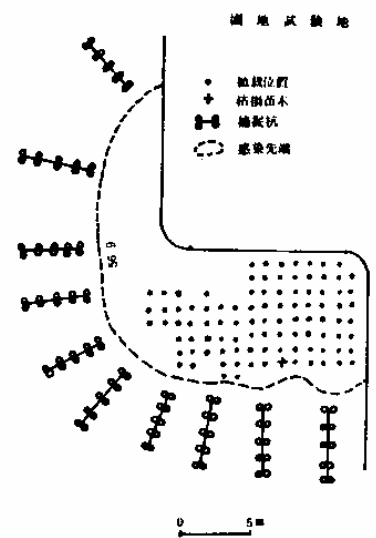


図-10 残留菌糸調査結果

の消滅を早めたものと推察される。

この結果から、発病後に伐採など林床環境変化が生ずると、その翌年には残留菌糸は消滅するといえる。この現象は陳野²⁰⁾の報告と一致する。

しかし、本県における本病被害地の継続年数は、黒色土壌の地下水位が高い等の特異な環境林分以外、ほとんど1～2年で終息し、3年継続発病は1例しか認められず、短年度で終息しているものが多く、赤祖父⁵⁾の報告とは一致しない。従って、林床変化のみが終息条件とはみなされず、自然終息条件因子の究明が、今後の課題として残る。

Ⅳ 防除試験

発病後の被害蔓延防止のための、薬剤による防除帯および物理的阻止による防除と、被害跡地の薬剤施用植栽試験を行った。

1. 試験の方法

試験地、試験の方法は、表-18、図-9の2、図-11のとおり実施した。

2. 結果と考察

試験結果は表-19、図-9の2、図-11のとおりである。

防除帯による薬剤処理効果は、1と2区の処理区、無処理区に子実体の発生および枯損木もなく、処理前に自然終息したとみられ、効果は不明である。終息原因は両区とも枯損木の伐採があるほか、特に考えられない。

3区は処理区Ⅱで子実体の発生があったが、処理先端南東方向5mのたき火が原因で、新たに発病したものから感染したとみなされるものである。Ⅲ区の低木マツが密生し、薬剤処理ができなかった場所と、Ⅳ区で根系り病の汚染先端域とした一部に子実体が認められたが、この両区において薬剤処理区内の子実体発生、枯損はなかった。しかし、無処理区内での子実体および新たな枯損もないことから、処理効果は不明である。また、薬剤効果は、新期発病の地中菌糸が処理区外側から、既汚染域に向い進展し、子実体が薬剤処理区内に発生するなど、当処理法では効力が少ないと考えられる。処理区のpH値は表-20のとおりである。

Ⅳ区で汚染先端域の一部に子実体が発生したことは、地中菌糸捕捉結果で述べた性質をもつことから、発生地周辺の地中菌糸は7月頃進展したものであり、処理時で先端とした位置までの進展はなかったものと推察される。また、防除帯をほぼ同心円状に設定したが、無処理区での子実体が発生しないことから、進展傾向にも疑問が残る。この結果から、防除帯設定にあたっては、地中菌糸汚染域の確実な把握が必要である。

4区の防除試験地は、防除帯設定にあたり鎮火線域を根系り病地帯とみて、鎮火線外側健全地に設けた。地中菌糸のまん延を子実体発生位置から推察すると、子実体発生の誘導耕耘帯を設けたにもかかわらず、かなり不規則な進展をしめし、防除帯に到達しないものが見受けられ、特に無処理帯域に多く、処理効果は不明である。

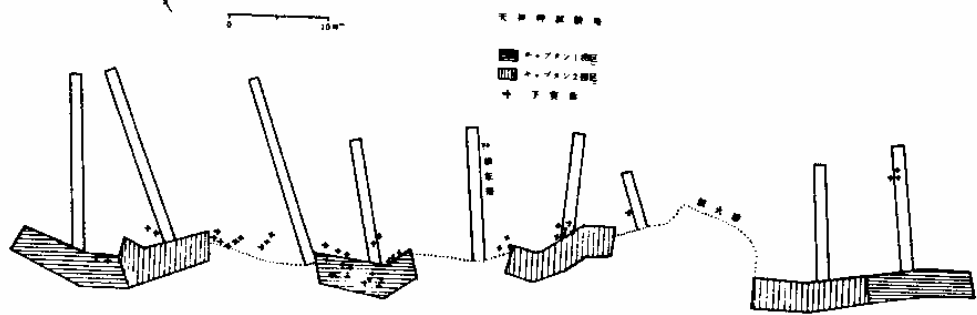
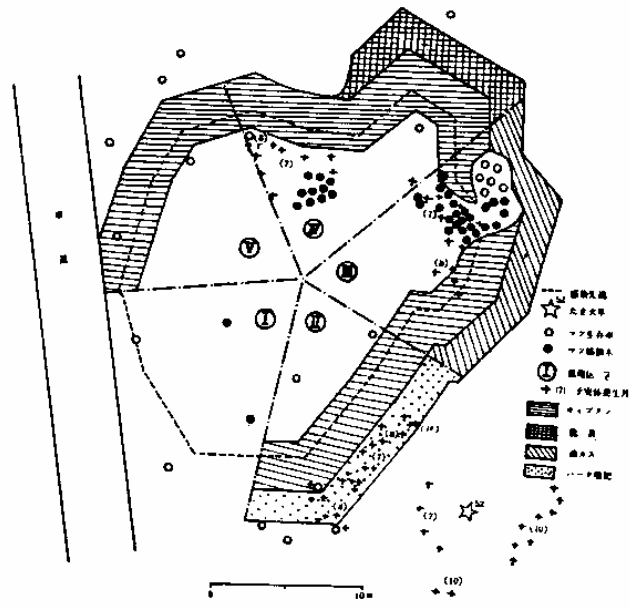
しかし、薬剤処理回数間における子実体発生からみると、1回処理区にのみ発生したことから、2回処理の効果が期待できる。

5区の試験地は、昭和56年7月調査の汚染先端域に子実体が発生していたが、同年12月での既汚染域周辺においては発生がなく、また、既汚染地の生存木および汚染域外側周辺健全地の枯損は昭和57年5月まで発生しない。昭和57年4月に行った残留菌糸の調査で菌糸束の捕捉もなく、苗木植栽の影響もな

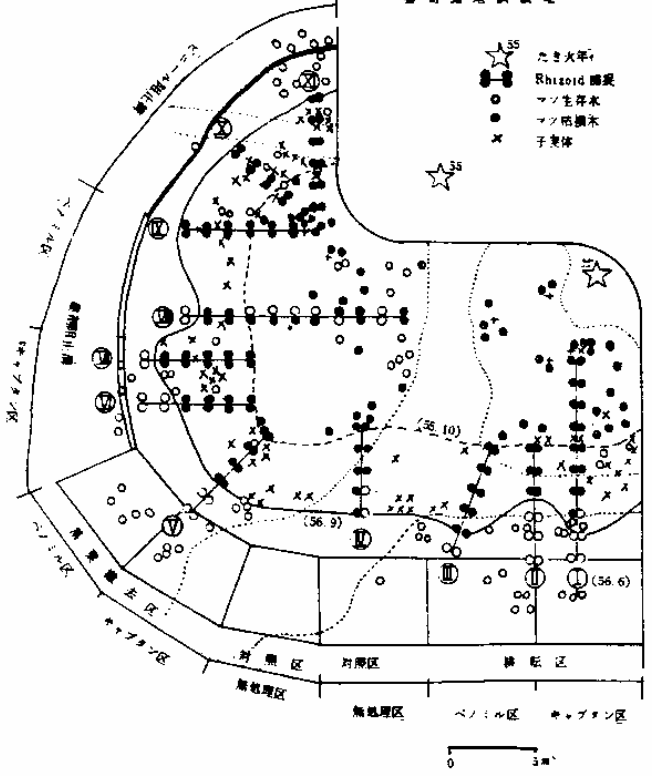
表-18 防除試験方法

防除区分	試験地番号	試験地名	試験年月	薬 剤 処 理			薬剤以外の処理
				薬 剤 名	濃 度	処 理 方 法	
防	1	川内村瀬耳上	昭和52.4	キャプタン水和剤 80	倍	汚染域 1 m、健全地 2 mを耕耘、ジョロで4ℓ/m ² 散布後混和した。	薬剤処理区の外側 2 mに、Ⅱ区はパーク堆肥30Kg/m ² 、Ⅲ区は硫安 300g/m ² 、Ⅳ区は油かす 500g/m ² をすき込む。Ⅴ区は無処理、Ⅰ区は対照区とした。
	2	鹿島町南右田			500		
	3	小高町村上					
除	4	楯葉町天神岬	昭和53.4 ~5	キャプタン水和剤 80	500	鎮火線から健全外側 4 mを耕耘、ジョロで5ℓ/m ² を散布混和した。時期は1回4月、2回4・5月に散布した。繰返しは3回とした。処理区長10 m	各処理区に子実体発生促進のための耕耘帯を設置した。
	5	いわき市藤間園地	昭和56.7	キャプタン水和剤 80 ベノミル水和剤	500 1,000	耕耘区と落葉撤去区の2処理とし、2薬剤を各処理後にジョロで5ℓ/m ² 散布した。対照区は耕耘区は無処理、落葉撤去区は落葉撤去のみ	なし
	6	いわき市藤間音楽堂	昭和57.4	ヒドロキシイソキサゾール粉剤 PCNB粉剤	4% 20%	耕耘区と落葉撤去区の2処理とし、2薬剤を150g/m ² 、耕耘前と撤去後に散布した。対照区は耕耘区は無処理、落葉撤去区は落葉撤去のみ	なし
阻	5	いわき市藤間園地	昭和56.7	-	-	-	深さ70cm、ビニール阻止溝 12 m
				キャプタン水和剤 80 ベノミル水和剤	500 1,000	幅50cm、深さ70cm、1薬剤 5 mの阻止溝とし、埋戻土に薬剤を15ℓ/m ² 処理した。	なし
溝	7	白河市南湖公園	昭和54.5	-	-	-	深さ 1 m、ビニール阻止溝 40 m
			" 56.7	-	-	-	" " 12 m
			" 57.7	-	-	-	" " 18 m

村上農園地



香川圃地試験地



香川圃地試験地

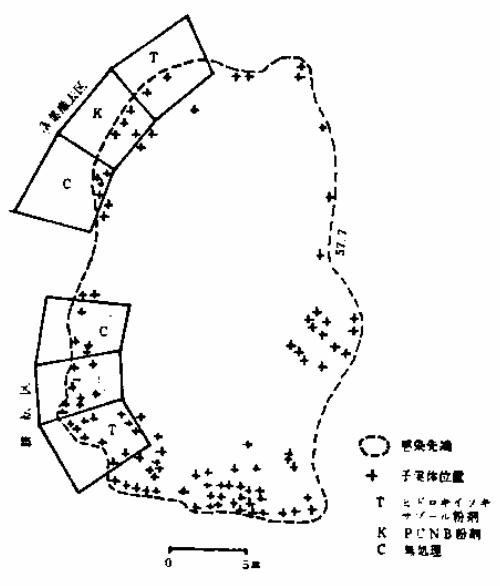


図-11 防除帯の結果

表-19 防除試験結果

防除区分	試験地番号	確認年月	調査結果
防除	1	昭52.4~10	子実体の発生、枯損なく自然終息。昭52年枯損木伐採
	2	昭52.4~10	昭53年6月に子実体あったが、秋期発生なく自然終息。昭52、53年に伐採
	3	昭52.4~10	I区 子実体、枯損なし II区 処理先端5mに新規発病、この子実体パーク堆肥、薬剤処理区内に発生 III区 子実体薬剤処理区に発生、未処理域の小径木8月枯損 IV区 既汚染域の小径木5~7月枯損、薬剤処理内側側近に子実体発生 V区 子実体、枯損なし
	4	昭53.10	I区 1回散布区に子実体認む。2回散布、対照区になし II区 1回散布区の子実体多し。同上 III区 すべての処理区に子実体なし
	5	昭57.4~12	4~6月の菌糸束捕捉なし、植栽苗木7月で1本枯損、根に病徴なし、子実体なし。 昭56.3 汚染域の枯損木伐採により自然終息か。
帯	6	昭58.4~12	耕耘区 ヒドロキソ 区 処理面積の48%に子実体発生 イソキサゾール PCNB区 " 61% " 無処理区 52%に子実体発生 落葉 タチガレン区 処理面積の39%に子実体発生 撤去区 PCNB区 " 45% " 無散布区 " 16% "
			阻
溝	5	昭57.4~12	昭56設置 薬剤阻止溝区ビニール阻止溝区外でのトラップRhizoidなし、トラップ2カ月でも生の状態、伐採による自然終息か。

表-20 薬剤および施肥年処理域のpH(H₂O)

採取土壌域	(I) 対照	(II) パーク堆肥	(III) あぶらかす	(IV) 硫安	(V) キャブタン剤
病原菌汚染域	6.2	5.5	6.2	5.9	5.5
キャブタン剤処理域		5.7	6.0	5.7	5.7
各種施肥処理域		6.5	5.8	5.4	
未汚染域	5.6	6.1	5.7	6.1	6.0

かったことから、昭和56年7月から昭和57年4月の間に自然終息したものと考えられ、従って薬剤効果は不明である。なお、終息原因は残留菌糸調査で述べたとおりである。

6区の試験地では、表-19のとおり、各処理区に感染域が認

められる。薬剤間ではヒドロキシソキサゾール区の耕耘区でPCNB区より13%少ないが、無処理区との差は4%のみでほぼ同等の抑制力であり、落葉撤去区では、PCNB区より6%少ないが、無処理区の23%増をしめした。処理間では、落葉撤去区の感染量が薬剤間で少ない抑制力をしめし、なかでも無処理区の差が36%減と少なく、PCNB区は16%、ヒドロキシソキサゾール区は9%減であった。この結果から供試薬剤のヒドロキシソキサゾール粉剤はPCNB粉剤よりやゝ効果が期待でき、処理法では落葉撤去に抑制が期待できることをしめした。

しかし、この結果を地中菌糸進展との関連からみると、図-11のとおり感染先端域は細部的に不規則であり、捕捉調査時に進展予測した位置に地中菌糸は進展しなかった。このために処理間に差を生じたものであることから、処理間に抑制効果があるとはいえない。従って、3区試験地同様汚染域の確実な把握による、地中菌糸進展予測を行うことが、試験成果を高める重要な要因となる。

阻止溝による防除効果は、阻止溝外の健全地側への菌糸進展有無の確認を、菌糸束捕捉法によって、阻止溝設置翌年の春から初夏に行った。

7区の試験地は、昭和56年6月の捕捉調査で阻止溝外の進展は認められなかった。しかし、既汚染域でもⅡ列区の4本を除き、菌糸束の捕捉がなかったことから、昭和55年までの汚染地域は終息したものとみなされる。Ⅱ列区で4本に菌糸束が捕捉され、4ヶ先の昭和55年冬季のたき火が原因で、子実体も確認され再発病したものによることが判明した。そこで、再発病地の汚染域の確認と、昭和55年阻止溝の効果調査を図-9の2-3のとおり、昭和56年7月に再度行い、翌月に調査した。8月調査の結果は、図-9-2のとおり昭和55年設置の阻止溝外への進展はなく、阻止効果が十分認められる。再発病の菌糸進展傾向は、菌糸束捕捉状況から東北方向の進展が旺盛で、進展形態は狭い扇状を呈し、同心円状の拡大傾向をしめさない。捕捉調査結果をもとに、阻止溝を図-9-2のとおり設置した。翌春昭和57年5月効果確認の捕捉調査の結果、図-9-2の位置で菌糸束が捕捉され、東面の阻止効果がなかった。阻止溝外側近のⅢ例区3杭の菌糸束は、地表下15cmまでの浅い位置で捕捉され、深部での捕捉は認められなかった。しかも、阻止溝地表部のビニールは踏付けにより倒伏し、土と腐葉でおおわれていた。この結果地中菌糸は、地表面倒伏ビニールを超えて健全部に侵入したものと推察される。

ちなみに、阻止溝掘削時の地中根系は、深さ70cm付近までに多く分布し、この深さ以下の根系は地下水位が高いために認められなかった。これら根系は掘削の際すべて切断したことから、根系感染はないと考えられる。

東方に拡大した汚染域には、昭和57年6月で子実体の発生もあることから、この阻止のため図-9-2のように、地表面倒伏防止の補助杭を使用して、ビニール阻止溝を設置した。なお、この阻止溝内で2本のマツ枯損が生じ、周辺には子実体発生が多数認められた。翌年昭和58年6~10月まで阻止溝効果を観察したが、汚染域および健全域で子実体発生、マツ枯損は認められなかった。従って、地表面倒伏防止によるビニール阻止溝に、十分な効果が認められた。

5区試験地でも図-9の3のとおり、ビニール阻止溝、薬剤処理阻止溝による防除を行ったが、薬剤防除帯で述べたとおり、自然終息したため防除効果は不明であった。

以上の防除試験結果から、確実な効果が認められた方法は、ビニール阻止溝であるが、地表面ビニール倒伏防止策が必要である。薬剤処理防除帯では、キャプタン剤2回処理が子実体発生量で少ないなど、やゝ抑制力が期待できそうであるが、無処理で子実体発生がなく、他の薬剤効果についても不明であった。

なお、薬剤種で陳野²⁰⁾は、ベノミル、PCNB剤が有効としていることから、処理方法と併せて有効な薬剤の検索が必要である。

薬剤植穴施用植栽の結果は、枯損率が対照 11.51%・チュウラム剤 0.35%・キャプタン剤 0.01%・ベノミル剤 0.69%であり、時期別の枯損は 7月で75%・9月で25%で、5、10月の枯損はなかった。

対照区と薬剤間の x^2 検定値は $91.27 > 6.63$ をしめし、薬剤施用に効果が認められた。薬剤種間の x^2 検定値は $2.047 > 6.63$ をしめし、薬剤種間の効果は認められなかった。

引用文献

- 1) 伊藤一雄：図説樹病診断法，農林出版社，169～172，(1968)
- 2) 安田篤：菌類雑記(22)，植物学雑誌，**27**，53，(1913)
- 3) 木村重義：石巻クロマツ海岸林における虫害枯死木の発生位置の推移，昭和42年度林試東北支場年報，229～238，(1968)
- 4) 佐藤邦彦・横沢良憲・庄司次男：マツ類の群状枯死を起こす「つちくらげ」病に関する研究，林試研報，**268**，13～48，(1974)
- 5) 赤祖父愷雄：マツ類の「つちくらげ病について」，富山県林試業報，**10**，85～88，(1976)
- 6) 浜 武人・関島寛雄・西沢松太郎：長野県に発生したアカマツのつちくらげ病，森林防疫，**20**，3，5～7，(1971)
- 7) GIBSON, I.A.S. : Diseases of *Pinus oatula* review, Commonw, For, Rev, **49**, 267～274, (1970)
- 8) GINNS, J.H. : *Rhizina undulata* pathogenic on Douglas fir seedlings in western North America, PI, Dis, Repr., **52**, 579～580, (1968)
- 9) GREMMEN, J. : Naaldhout-afsterving door *Rhizina undulata*, in het bijzondere naaldtakkenbranden op baalsagen, Naderl, Bosb, Tijdschr., **33**, 5～10, (1961)
- 10) GREMMEN, J. : *Rhizina undulata* A review of research in the Netherlands, Europ, J. For, path., **1**, 1～6, (1971)
- 11) 陳野好之・庄司次男：マツ類のつちくらげ病に関する研究，日林東北支誌，**32**，232～233，(1980)
- 12) HAGNER, M. : Nagra faktorer av betydelse för rotmurklans akadegörelse, Foreningen Skogsträdsförädling Arsbok, 245～270, (1962)
- 13) JALALUDDIN, M. : Studies *Rhizina undulata* I. Mycelial growth and ascospore germination, Trans, Brit, Myc, Soc., **50**, 461～472, (1967)
- 14) _____ : Studies on *Rhizina undulata*, II. Observations and experiments in east Anglian plantations, Trans, Brit, Myc, Soc., **50**, 461～472, (1967)
- 15) BROWNE, F.G. : Pest and diseases of forest plantation trees, Clarendon press, Oxford, 953～954, (1968)
- 16) 今井辰雄・千村俊夫：つちくらげ病の発生と土壤の理化学的性質について(I)，日林東北支誌，**33**，195～198，(1981)
- 17) _____・_____ : _____ 同 (II)，日林東北支誌**33**，199～201，(1981)

- 18) 山谷孝一・佐々木茂：宮城県石巻地方における海岸砂丘の土壤条件とマツ林の生育、林試東北支場研報、**11**， 162～175， (1970)
- 19) 滝田利満・千村俊夫：つちくらげ病の発生条件および焚火の地中温度、日林東北支誌、**34**， 131～133， (1982)
- 20) 陳野好之・林 弘子・浜 武人：山火事跡に発生したつちくらげ病防除試験、日林論、**89**， 305～306， (1978)
- 21) 在原登志男：福島県林誌報、**10**， 51～55， (1977)
- 22) _____： 同 報、**11**， 30～34， (1978)
- 23) 千村俊夫・滝田利満：同報、**12**， 17～18， (1979)
- 24) _____・_____・今井辰雄：同報、**13**， 42～48， (1980)
- 25) 滝田利満：同報、**14**， 12～15， (1981)
- 26) _____：同報、**15**， 15～20， (1982)
- 27) _____・千村俊夫：マツのつちくらげ病発病条件の一考察、森林防疫、**33**， 6， 12～15
(1984)