

九州地区におけるマツノザイセンチュウ

抵抗性個体の選定

戸 田 忠 雄⁽¹⁾・藤 本 吉 幸⁽²⁾
西 村 慶 二⁽³⁾・山 手 廣 太⁽⁴⁾
冬 野 劭 一⁽⁵⁾・

Tadao TODA, Yoshiyuki FUJIMOTO, Keiji NISHIMURA,
Hirota YAMATE, and Shōichi FUYUNO: Selection of Resistant Pine Trees to
the Pine-wood Nematode in Kyushu

要 旨:九州地方においてスギ・ヒノキとならんで、最も重要な樹種であるアカマツ・クロマツは近年マツノザイセンチュウの被害が著しく、特に沿岸地方や低海拔地帯のマツ林は年々減少が続いている。これに対して、昭和53年度から59年度まで7年間にわたって抵抗性育種事業が行われ、九州では国・県あわせて8機関が参加した。この事業に関連して、マツノザイセンチュウ抵抗性について、マツ属内の種間変異及び種内変異が明らかにされ、本抵抗性育種方法論の検討、材線虫抵抗性候補木の予備選抜、材線虫の人工接種、同大量培養増殖等の各種技術開発などにおいて多くの成果が得られた。それらを基にして、約10年の歳月と多くの人々の力を費やし、材線虫の人工接種検定の結果、またその後の追加選抜を含めて、合計53本の抵抗性個体を決定することができたのでその経過と結果を取りまとめた。この事業における主な事業量は下記のとおりである。

1. 選抜された抵抗性候補木数：アカマツ4,448クロマツ9,709計14,157本
2. 第一次人工接種検定（一次検定）クローン数：アカマツ3,979クロマツ8,955計12,934クローン
3. 第二次人工接種検定（二次検定）クローン数：アカマツ145クロマツ57計202クローン
4. 二次検定合格クローン数：アカマツ45（検定候補木に対して1.13%）、クロマツ8（同0.09%）、合計53クローン（同0.41%）
5. 人工接種検定用苗木養成のためのつぎ木総数：約29万本
6. 人工接種用の材線虫増殖総数：約25億頭

目 次

I. はじめに	147
II. 九州地区の「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」の実施機関	147
III. 材線虫抵抗性候補木（林分）の予備選抜調査	147
1. 九州地区における松枯れ被害状況	150
1) マツ類の被害材積の推移	150
2) マツ類の造林面積の推移	151
2. 九州林木育種場と九州各県における材線虫抵抗性育種の対象樹種	152
3. 材線虫抵抗性候補木選抜対象林分の分布と特徴	152
IV. 材線虫抵抗性個体の選抜	152
1. 抵抗性候補木の選抜	154
2. 抵抗性候補木のつぎ木増殖	154

1988年7月25日受理

(1) (2) (3) (4) (5) 九州林木育種場

1	1) 事前の検討	154
	2) つぎ木の方法	156
	3) つぎ木実行結果	156
3.	材線虫の人工接種検定	156
	1) 一次検定	156
	2) 二次検定	157
	3) 人工接種検定結果のまとめ	160
V.	材線虫抵抗性種苗の生産と普及	162
1.	接種検定合格木等の自然受粉苗の抵抗性	162
	1) 材線虫抵抗性候補木等の自然受粉苗における抵抗性の家系間変異	163
	2) 接種検定合格木の自然受粉苗の材線虫抵抗性	164
	(1) アカマツ合格木の自然受粉苗の材線虫人工接種検定	166
	(2) クロマツ合格木の自然受粉苗の材線虫人工接種検定	166
	3) 接種検定合格木等の自然受粉苗の材線虫抵抗性のまとめ	168
2.	材線虫抵抗性採種園の造成	169
VI.	九州林木育種場における材線虫抵抗性育種に関する研究業績	170
VII.	引用文献	171
VIII.	機関別の「マツノサイセンチュウ抵抗性育種事業」の担当者氏名一覧	175
1.	九州林木育種場	175
2.	九州各県	176

I. は じ め に

わが国のマツ属を代表するアカマツ (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCG.)・クロマツ (*P. thunbergii* PARL.) は気候的にも立地的にもきわめて適応性が広いため、北海道を除く全土に分布しており、九州においても南西諸島以外はどこでもみられたものである。特に、多くの島々や長い海岸線、沿岸低山帯などには、自生あるいは植栽のクロマツ林が繁り、防潮、防砂、防風、魚つき等さまざまな機能を果たすと同時に、景観構成上も重要な役割りを果たしていた。これらの中で宮崎県東諸県郡、宮崎郡などの穆佐（むかさ）松や熊本県水俣市の茂道（もどう）松等は、優良材としても高い評価を得ていた。また、アカマツは九州においては海拔およそ1,400mまでに分布し、中でも大分県南部から宮崎県北部にかけての日向松や宮崎県と鹿児島県にまたがる霧島松は良材としても有名であった。後に検証されたマツノザイセンチュウ（以下材線虫と略記する）によって九州地方で最初にマツの大量枯死が見られたのは、明治30年代後半、福岡・長崎両県におけるものとされている。その後パルプ工場や炭坑へのマツ材の移入によって被害は徐々に拡大し、今日では高海拔地帯の霧島松等を除いて、マツ林は見る影もない状態である。このように、全国的に見ても被害が早く激しかった九州においては対策への取り組みも最も早く開始され、材線虫抵抗性育種に関しては九州林木育種場と林業試験場九州支場（現森林総合研究所九州支所）が、関西林木育種場、同四国支場、九州各県等の協力を得て、本育種の方法論の組立てと技術開発にあたった。昭和51、52の両年の予備選抜にひき続いて、53年度から59年度までの7年間にわたる本事業とその後の追加選抜において、アカマツ45本、クロマツ8本の抵抗性個体を選定することができた。現在これらのつぎ木クローンによる材線虫抵抗性採種園の造成が進められており、数年後には抵抗性苗が量産されることになっている。

材線虫抵抗性の要因及び遺伝様式の解明、抵抗性遺伝子の集積、他の優良形質との組合せなど今後に残された課題も多いが、選抜を終了した時点でこれまでの経過を取りまとめ報告することとした。

本事業遂行にあたって、抵抗性候補木の予備選抜から本選抜調査、採穂、つぎ木苗増殖、材線虫の人工接種検定、抵抗性の判定調査など、長年月にわたり、数多くの機関において、様々な作業が行われた。これら各作業に直接・間接にたずさわった人々はばう大な数にのぼる。本報にはこのうちごく一部の方々の氏名しかあげられなかったが、これ以外の多くの方々のご協力をいただいてこの事業は成立ったもので、ここに深く感謝の意を表するものである。

II. 九州地区の「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」の実施機関

九州林木育種場、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県

III. 材線虫抵抗性候補木（林分）の予備選抜調査

「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」の着手に先立ち、抵抗性候補木の選抜要領作成と選抜母集団の実態把握のために、昭和51、52年度に「マツノザイセンチュウ抵抗性育種調査事業」（以下予備選抜）が実施された。

予備選抜ではマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* HOPE)、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus* (STEINER et BUHRER) NICKLE) の活動に影響を及ぼす地況及び気象要因などから、その被害が特に発生し易い地域として、調査区域をTable 1のように限定した。

Table 1. 材線虫抵抗性候補木の予備選抜区域

地 方	標 高	海岸線からの距離
南九州, 南四国, 南紀	300m以下	4 km以内
中九州, 北九州	200m //	4 km //
瀬戸内	100m //	4 km //
その他の地方	100m //	4 km //

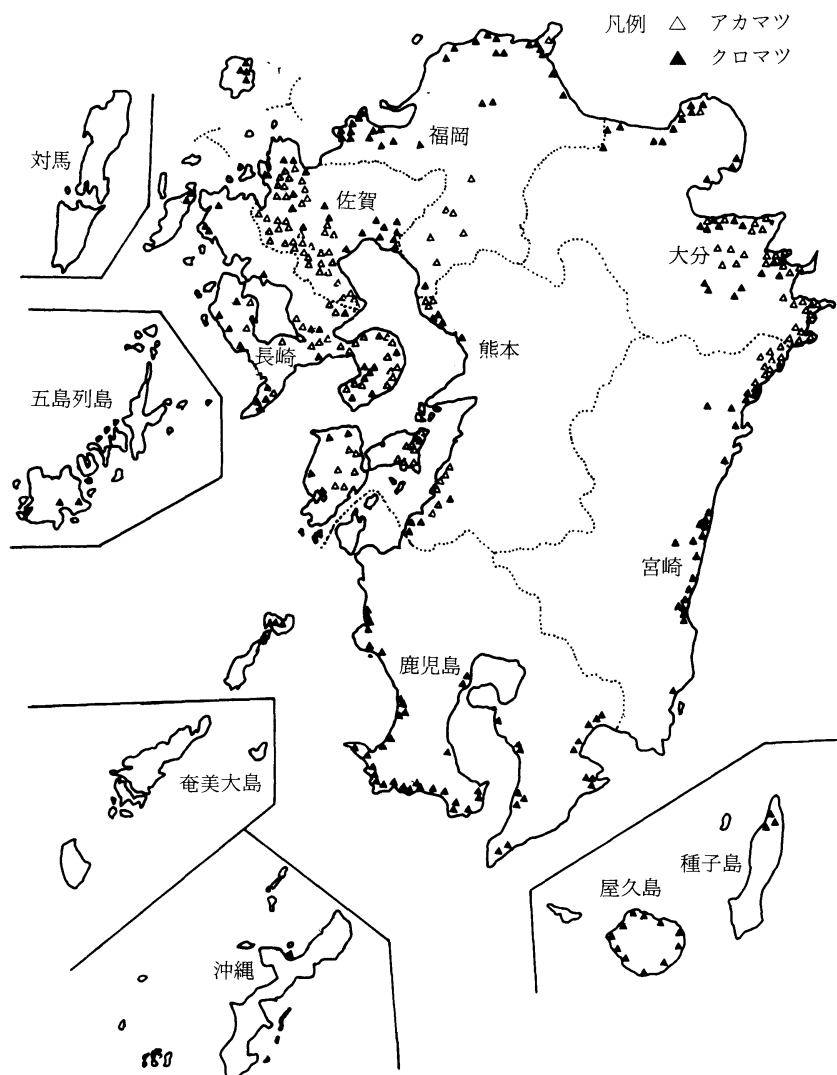


Fig. 1 材線虫抵抗性候補木選抜予定地の分布状況

上記に該当するマツ林の中で、材線虫被害によって、上層木の残存率が30%以下の林分を激害地(海岸型)、それ以外の被害地または経験的に抵抗性のあると推測される集団あるいは個体を特異集団(内陸型)とし、その地域をFig. 1に、本数をTable 2に示した。これらの林分について健全木の残存率、健全木の本数、齢

級区分，松くい虫被害とその防除等の経年推移，激害地の気象，地況及び林況等の調査を行い，材線虫抵抗性候補木の選抜予定地とした。

Table 2. 材線虫抵抗性候補木本数

機 関	樹 種	区 分	残 存 率 別 本 数					第一次検定 予 定 本 数
			1.0%以下	1.1~5.0%	5.1~10.0%	10.1~30%	合 計	
福 岡	アカマツ	激 害 地(海岸型)	55	59			114	300
		特異集団(内陸型)	6	687	897	5	1,595	
		計	61	746	897	5	1,709	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	630	550	232	78	1,490	1,200
		特異集団(内陸型)	23	64	20	95	202	
		計	653	614	252	173	1,692	
	計	激 害 地(海岸型)	685	609	232	78	1,604	1,500
		特異集団(内陸型)	29	751	917	100	1,797	
		計	714	1,360	1,149	178	3,401	
佐 賀	アカマツ	激 害 地(海岸型)	136	100	119	931	1,286	1,150
		特異集団(内陸型)	86	241	398	2,634	3,359	
		計	222	341	517	3,565	4,645	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	34	49	67	660	810	250
		特異集団(内陸型)	21	7	75	11	114	
		計	55	56	142	671	924	
	計	激 害 地(海岸型)	170	149	186	1,591	2,096	1,400
		特異集団(内陸型)	107	248	473	2,645	3,473	
		計	277	397	659	4,236	5,569	
長 崎	アカマツ	激 害 地(海岸型)	95	392	43	2	532	480
		特異集団(内陸型)	7				7	
		計	102	392	43	2	539	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	100	242	175	242	759	770
		特異集団(内陸型)	28	42	310	917	1,297	
		計	128	284	485	1,159	2,056	
	計	激 害 地(海岸型)	195	634	218	244	1,291	1,250
		特異集団(内陸型)	35	42	310	917	1,304	
		計	230	676	528	1,161	2,595	
熊 本	アカマツ	激 害 地(海岸型)	1,828	1,179	40	540	3,587	1,250
		特異集団(内陸型)				3	3	
		計	1,828	1,179	40	543	3,590	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	96	844	262	280	1,482	0
		特異集団(内陸型)				5	5	
		計	96	844	262	285	1,487	
	計	激 害 地(海岸型)	1,924	2,023	302	820	5,069	1,250
		特異集団(内陸型)				8	8	
		計	1,924	2,023	302	828	5,077	
大 分	アカマツ	激 害 地(海岸型)	6	107	110	134	357	550
		特異集団(内陸型)	67	291	28	203	589	
		計	73	398	138	337	946	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	9	160	368	186	723	500
		特異集団(内陸型)	2	7		305	314	
		計	11	167	368	491	1,037	
	計	激 害 地(海岸型)	15	267	478	320	1,080	1,050
		特異集団(内陸型)	69	298	28	508	903	
		計	84	565	506	828	1,983	

Table 2. 材線虫抵抗性候補木本数 (つづき)

機 関	樹 種	区 分	残 存 率 別 本 数				第一次検定 予 定 本 数	
			1.0%以下	1.1～5.0%	5.1～10.0%	10.1～30%		合 計
宮 崎	アカマツ	激 害 地(海岸型)			1	35	36	40
		特異集団(内陸型)	6		10	30	46	
		計	6		11	65	82	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	85	816	377	5,464	6,742	1,160
		特異集団(内陸型)					0	
		計	85	816	377	5,464	6,742	
	計	激 害 地(海岸型)	85	816	378	5,499	6,778	1,200
		特異集団(内陸型)	6		10	30	46	
		計	91	816	388	5,529	6,824	
鹿児島	アカマツ	激 害 地(海岸型)					0	0
		特異集団(内陸型)					0	
		計	0	0	0	0	0	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	1,167	10,558	3,498	49,341	64,564	3,000
		特異集団(内陸型)					0	
		計	1,167	10,558	3,498	49,341	64,564	
	計	激 害 地(海岸型)	1,167	10,558	3,498	49,341	64,564	3,000
		特異集団(内陸型)					0	
		計	1,167	10,558	3,498	49,341	64,564	
県 計	アカマツ	激 害 地(海岸型)	2,120	1,837	313	1,642	5,912	3,770
		特異集団(内陸型)	172	1,219	1,333	2,875	5,599	
		計	2,292	3,056	1,646	4,517	11,511	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	2,121	13,219	4,979	56,251	76,570	6,880
		特異集団(内陸型)	74	120	405	1,333	1,932	
		計	2,195	13,339	5,384	57,584	78,502	
	計	激 害 地(海岸型)	4,241	15,056	5,292	57,893	82,482	10,650
		特異集団(内陸型)	246	1,339	1,738	4,208	7,531	
		計	4,487	16,395	7,030	62,101	90,013	
育種場	アカマツ	激 害 地(海岸型)						1,500
	クロマツ	特異集団(内陸型)						1,500
	計	計						3,000
九州計	アカマツ	激 害 地(海岸型)						5,270
	クロマツ	特異集団(内陸型)						8,380
	計	計						13,650

III. 抵抗性候補木 (林分) の予備選抜調査

1. 九州地区における松枯れ被害状況

1) マツ類の被害材積の推移

九州育種基本区内では明治38年頃から長崎市内で点々と松くい虫によって枯死するものがみられ、その被害は大正時代にかけて拡大した。同じ頃筑豊炭田へ通じる遠賀川の河口付近でも被害が発生している。大正14年頃佐世保市周辺に発生した被害は、当時その地域が海軍の要塞地帯であったために駆除ができずに蔓延し、以来被害は拡大の一途をたどり、昭和12年には長崎県内一円に及んでいる。昭和14, 15年には熊本県八代市、宮崎県飫肥地方に被害が発生しているが、熊本、宮崎両県ではいずれもパルプ工場を中心として拡大した。これは昭和12, 13年頃に長崎または中国地方の被害地からパルプ原料として多量の松材が搬入されたためであろう。第二次大戦後は乱伐と林地の荒廃によりマツの枯損はますます増大し昭和20年代の前半には北

九州の響灘、玄海灘の海岸地方から筑豊、大牟田、唐津、東・西松浦及び杵島の炭田地帯、伊万里窯業地帯へと拡大していった。また、中九州では八代市から拡大した被害は熊本県芦北から水俣地方へ達し、この頃天草へも飛火したといわれている。大分県は津久見市周辺部で発生し海岸沿いに拡大していった。さらに、南九州では宮崎県日南市で発生した被害は隣接の鹿児島県志布志方面へと侵入し、東海岸から大隅半島の大部分の地域に拡大した（Fig. 2）。

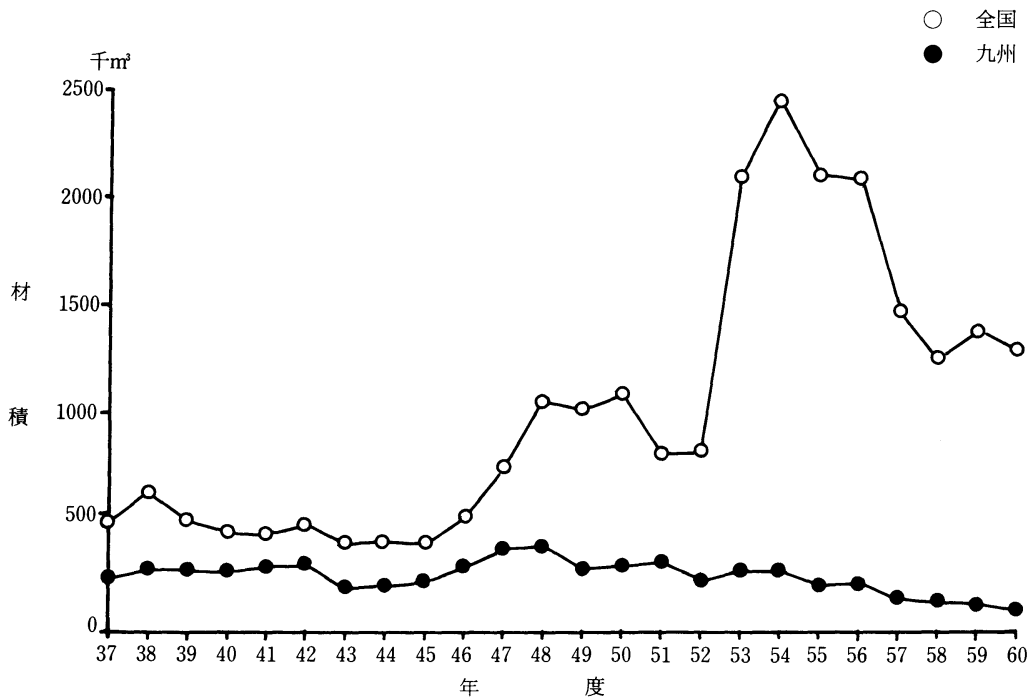


Fig. 2 松くい虫による被害材積の推移

当時は老齢大径木の被害が激烈を極め、そのほとんどが枯死していった。昭和30年代には鹿児島県出水、川内市のパルプ工場の操業が開始されると時を同じくして南九州の西海岸沿いに被害が拡大していった。それまでは一般に200m以下の低海拔地帯が激しい被害を受けていたが、この頃から400～500m級の高海拔地帯にも被害が現れ始めた。昭和30年代後半から40年代前半までは全国被害の60%以上が九州地区の被害であった。特に昭和41年度は全国の67%（28万m³）に達するほどに増大しているが、九州地区における被害のピークは昭和47、48年で材積にして36万～38万m³（全国比40～50%）に達している。昭和50年代に入ると被害地域が関東、東北地方に拡がって54年には全国で250万m³とピークに達し、その後漸減の傾向をたどっており、九州においても減少傾向にはあるものの、なお10万m³を下っていない。

2) マツ類の造林面積の推移

マツ類は天然下種更新の容易な樹種で、日本では海岸林等以外には人工造林による優良林分はそれほど多くはない。しかし、戦後パルプ材としての需要の激増にともない、マツ材の値上がりは著しく、昭和20年代の後半からパルプ用材の約60%がマツ類によってまかなわれた。このためマツ類の全国的な造林面積は年々拡大し最盛期にはパルプ会社の年間造林面積のうち50%はマツによって占められるほどであった。

九州育種基本区においても全国的な推移と同様の傾向を示したが、昭和30年代の燃料革命や坑木の需要減などによりマツ類の造林面積は著しい低下がみられた。

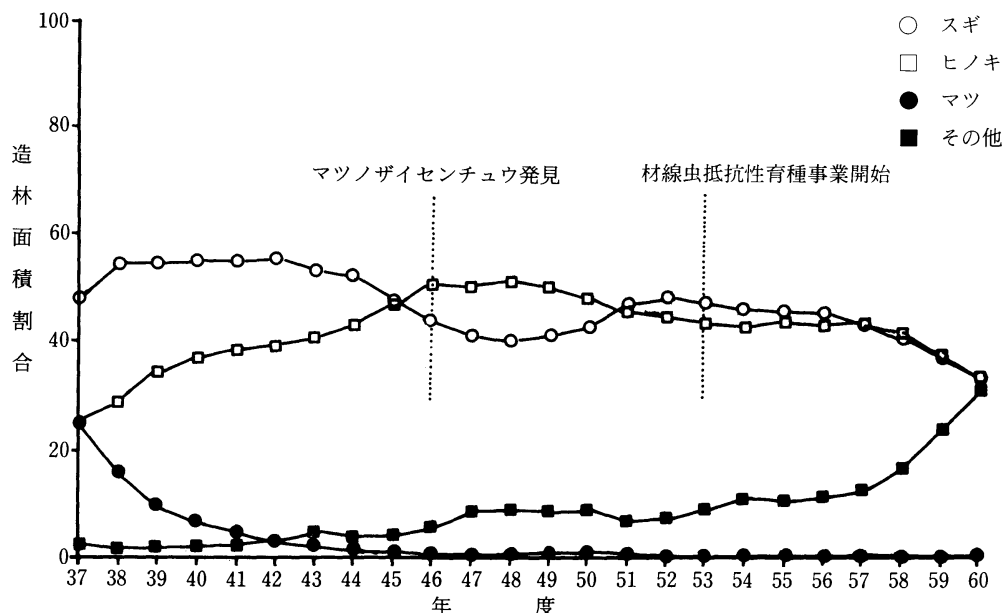


Fig. 3 九州地区における樹種別の造林面積の推移

年度別樹種別造林面積割合の推移をFig. 3に示したが、造林樹種の比率も昭和37年度にはスギ (*Cryptomeria japonica* D.DON) 48%、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.) 25%、マツ25%になるなどパルプ材生産から用材生産へと変化がみられた。昭和40年代後半になると材線虫による被害の拡大にともなって被害跡地にヒノキ、クヌギ (*Quercus acutissima* CARR.)などを植える樹種転換が行われ、マツは全造林面積のわずか0.4%、230haにとどまった。昭和51年度には0.1%の30haとさらに低下し、ここ数年は0.1~0.4%で推移している状況で、これらの造林も今のところ主として海岸保安林等公共用に限られている。しかし、本事業による抵抗性種苗が量産、普及段階に進んだ場合再びかなりの造林が復活されるものと考えられる。

2. 九州林木育種場と九州各県における材線虫抵抗性育種の対象樹種

沖縄など南西諸島を除く九州地方において材線虫の被害を受けている主要樹種は関西等其他地方と同様アカマツ、クロマツの2種で、これらが本抵抗性育種事業の対象樹種とされた。

3. 材線虫抵抗性候補木選抜対象林分の分布と特徴

九州地方のアカマツ林は、中・北部では沿岸部の丘陵地帯から内陸部にかけて、表土の浅いせき悪地に広く分布しているのに対して、南九州では古くから坑木生産で有名だった熊本県芦北地方を除くと、そのほとんどは内陸部の高海拔地域に分布している。そして、その多くは天然下種によって更新が繰り返されてきたものである。一方、クロマツ林は九州全域の海岸線に広く分布しているが、その大部分は砂丘地帯で、江戸時代に防潮林、防砂林等として植栽されたものと云われている。

このように海岸から内陸の高海拔地まで分布しているマツ林に対して、材線虫による被害は、マツノマダラカミキリの生活域である沿岸低海拔地域から拡大してきた。そのために、北部九州では海岸線から低海拔地の多い内陸部まで被害地が見られるのに対して、中・南部九州の内陸部は九州山脈に位置し、高海拔地が多く、材線虫の被害が比較的少ない。

IV. 材線虫抵抗性個体の選抜

Ⅳ．材線虫抵抗性個体の選抜

Table 3. 九州地区における材線虫抵抗性育種事業諸作業の年度別実施数量

アカマツ

実施機関	選 抜 (本)					一 次 検 定 (クローン)					一 次 合 格 (クローン)					二 次 検 定 (クローン)					二 次 合 格 (クローン)				
	53	54	55	56～60	計	55	56	57	58～60	計	57	58	59	60～	計	57	58	59	60～	計	57	58	59	60～	計
福 岡			344		344			315		315			27		27			19		19			8		8
佐 賀	398	390	390		1,178	140	416	499		1,055	0	3	3		6		3	3		6		0	2		2
長 崎	160	160	160		480	35	127	273		435	0	33	0		33		19		19		0			0	
熊 本	420	320	200		940	41	317	424		782	0	0	2		2			2		2		2		2	
大 分	190	200	160		550	176	159	195		530	37	5	24		66	26	7	24		57	8	1	16		25
宮 崎	20				20	20				20	0				0										
鹿 児 島																									
九 育	343	303	290		936	294	273	275		842	30	10	27		67	13	13	16		42	0	3	5		8
計	1,531	1,373	1,544		4,448	706	1,292	1,981		3,979	67	51	83		201	39	42	64		145	8	4	33		45

クロマツ

実施機関	選 抜 (本)					一 次 検 定 (クローン)					一 次 合 格 (クローン)					二 次 検 定 (クローン)					二 次 合 格 (クローン)				
	53	54	55	56～60	計	55	56	57	58～60	計	57	58	59	60～	計	57	58	59	60～	計	57	58	59	60～	計
福岡	500	550	240		1,290	365	314	459		1,138	2	3	9		14	2	3	7		12	0	0	2		2
佐賀	72	80	70		222	38	79	73		190	0	0	0		0										
長崎	260	250	260		770	22	157	474		653	0	20	1		21		15	1		16		3	0		3
熊本		100	210		310		97	198		295		0	0		0										
大分	160	150	190		500	156	135	199		490	6	1	5		12	4		1		5	0		1		1
宮崎	380	400	400		1,180	362	412	406		1,180	0	0	0		0										
鹿児島	1,000	1,000	1,200		3,200	734	862	1,240		2,836	1	4	3		8		4	3		7		0	1		1
九 育	418	975	716	128	2,237	401	936	734	102	2,173	2	1	17	2	22	1	2	12	2	17	0	0	0	1	1
計	2,790	3,505	3,286	128	9,709	2,078	2,992	3,783	102	8,955	11	29	35	2	77	7	24	24	2	57	0	3	4	1	8

1. 抵抗性候補木の選抜

昭和51・52年度の予備選抜でリストアップされた約3万5千本を対象に、昭和53年度から55年度にかけて材線虫抵抗性候補木（以下候補木）の選抜が行われた。なお、クロマツについては合格数が予定に満たないため九州林木育種場において56年度以降も追加選抜を行っている。以下の選抜、検定数はこれを含むものである。

Table 3 に示すとおり沖縄をのぞく九州各県から選抜された候補木は、アカマツ4,448本、クロマツ9,709本、計14,157本である。クロマツが全体の69%とアカマツにくらべて選抜本数が多いのは、九州ではアカマツに比較して、クロマツの被害面積が多く選抜対象林分が多いためである。

主な選抜地域は、アカマツでは佐賀、熊本両県で、クロマツでは福岡、宮崎、鹿児島県の海岸線が長く保安林の多いところである。また、九州林木育種場の選抜本数も多いが、おもに事業前から予備選抜を進めている鹿児島県川内市、吹上町をはじめ福岡県岡垣町、長崎県島原市等においてひきつづいて実施されたものである。クロマツについては、合格木が少ないこともあって昭和56年度から60年度にかけて128本の追加選抜が実施され、1クローンの合格木が選定された。

2. 抵抗性候補木のつぎ木増殖

1) 事前の検討

材線虫の人工接種検定効率、事業量、所要面積等にていて検討の結果、検定苗木としては抵抗性候補木のつぎ木クローンを用いることとなった。

本事業におけるつぎ木増殖の最大のポイントは、いかにして膨大なつぎ木事業量を消化し、活着率の向上を図るかにある。そこでつぎ木方法については、「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業実施要領の運営について」及び、「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の手引」³⁰⁾に詳細にまとめられ、各機関はこれによって事業を実施したが、これらのとりまとめに当たってはさまざまな角度からの検討が加えられた。

つぎ木は一般にある程度の熟練を必要とするが、本事業では約2か月の間に2万本以上のつぎ木を実施しなければならないため、つぎ木技術者の不足が予想された。そこで、つぎ木未経験者を対象に研修を行いつぎ木技術の向上を図った。その結果、Table 4 に見られるとおり経験者同様の技術水準に達することが出来た。

Table 4. つぎ木未経験者への研修後のつぎ木活着率

樹 種	グループ	クローン数	本 数	活着数	活着率
クロマツ	初心者	228	4,701	3,272	69.6
〃	経験者	47	1,211	885	73.1

マツ類のつぎ木の時期については、一般に春の冬芽つぎ、夏のミドリつぎがあげられる。本事業では労務を分散させる必要上、事業に先立って比較的作業量の少ない8～10月の秋つぎを試みた。方法はクロマツ精英樹5クローンについてつぎ木適期の3月のほか8・9・10月の4回にわたって同一クローンを同じ者が30本ずつつぎ木を行って、各クローンの月別による活着率の違いについて検討した。この結果をFig. 4 に示したが、5クローンとも8月の活着率は低く、また、3クローンでは9月及び10月においても低い活着率を示し、50%以上を基準とする本事業においては秋つぎは適当ではないとの結論に達した。しかし、このうち2クローンについては9月に好成績が得られ、3月の結果からすると個人差ではないように思われるが、クローン差であるとの確認もできなかった。

つぎ木における結束用材料は、今日ではビニールテープが一般的で、時にはゴムひもが使用されている。作業の効率化と、活着後の結束材料のとりはずし、萌芽せん定等の諸管理の簡便化を図るため、紙ばさみ用

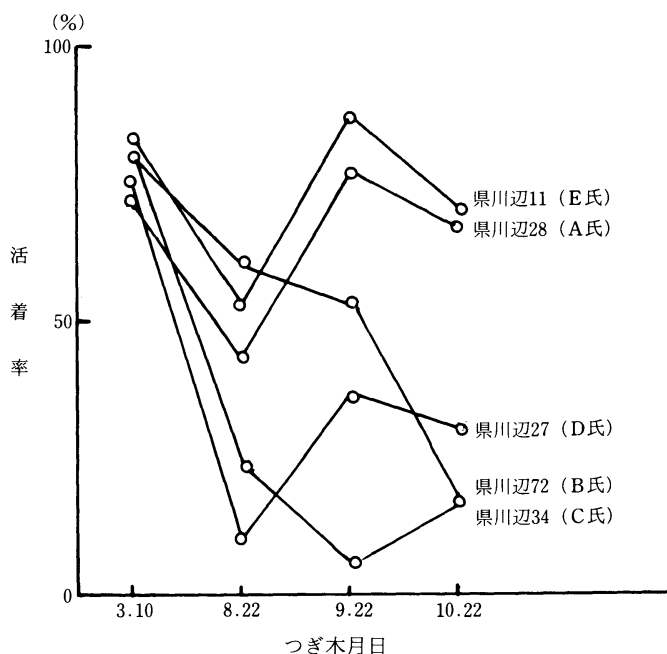


Fig. 4 クロマツの時期別個人別つぎ木活着率

目玉クリップ(小)を試験的に使用したところ、ビニールテープとほぼ同じ活着率が得られた。このため九州林木育種場では毎年約3千本にクリップを使用した。同一候補木のつぎ穂10本ずつを用いてビニールテープとクリップを比較し、結果をTable 5に示した。これは事業開始年の例で、ビニールテープに比べクリップ使用が若干低かったが2年目からは高い活着率が得られた。

Table 5. つぎ木用結束材料による活着率のちが

種 別 樹 種	つぎ木テープ使用				クリップ使用			
	クローン数	本数	活着数	活着率	クローン数	本数	活着数	活着率
アカマツ	50	492	368	75.0	50	492	330	67.0
クロマツ	175	1,680	1,477	88.0	175	1,671	1,467	87.8
テーダマツ	41	427	346	81.0	41	392	317	80.9

次に、1候補木当りの検定本数の決定に当たっては各候補木の苗木が遺伝的に均一であることや、各機関の事業量などを勘案して、一次検定は10本を、二次検定ではより厳密に行うため、20本のつぎ木苗を用いることが決定された。また、つぎ木数量は過去の実績が参考にされた。すなわち、昭和30年代のマツ精英樹採種園造成用クローン増殖において、九州林木育種場では平均70%以上の活着率であったことから、安全率を見込んで活着率50%として計画された。これにより、一次検定では20本の、二次検定においては40本のつぎ木を行うこととなった。このため、九州育種基本区における一次検定用のつぎ木総本数は、アカマツ約9万本、クロマツ約19万本で、また、二次検定用のつぎ木増殖はアカマツ約8千本、クロマツ約3千本であった。

2) つぎ木の方法

本事業でのつぎ木増殖はクロマツ2年生苗を台木に用いて居つぎで行い、方法は割つぎによった。活着率の向上には、穂木の生育は抑制され、台木の生育は促進されていることが望ましいが、この事業のつぎ木数は1機関当り年間2万本以上にもなる。したがって短期間の実行は不可能な場合もあり、長期にわたる作業が必要であった。このためビニールハウスを設置してその中で台木の生育を促進させ、つぎ木時期をくり上げるなどして労務の分散を図った。

3) つぎ木実行結果

本事業における7か年の増殖結果はTable 6のとおりであるが、活着率70%に達しなかったのは昭和55年のアカマツだけで、その他の年では安定して比較的高い活着率を示した。このため、当場では材線虫の人工接種検定に際して数量的にも質的にも十分な検定用つぎ木苗を確保することができた。また、樹種別にはクロマツの活着率がアカマツを上まわる年が多かった。

Table 6. 九州林木育種場における抵抗性候補木等の年度別つぎ木活着率

樹 種	ア カ マ ツ				ク ロ マ ツ			
年 度	クローン数	本 数	活着数	活着率	クローン数	本 数	活着数	活着率
53	345	7,027	5,252	74.7	418	8,401	7,616	90.7
54	304	6,000	4,470	74.5	898	20,082	17,270	86.0
55	365	8,135	5,118	62.9	767	15,497	11,739	75.8
56	140	4,337	3,219	74.2	227	5,574	5,149	92.4
57	65	2,660	2,334	87.7	166	6,478	5,080	78.4
58	95	4,140	3,488	84.3	36	1,543	1,331	86.3
59	45	929	832	89.6	9	209	155	74.2
計	1,368	33,228	24,713	74.4	2,521	57,784	48,340	83.7

各機関とも特に老齢の候補木等では活着不良のものが多く、このため接種検定不能となるクローンも認められた。しかし、九州各県においても当初の成績にくらべて、2年目、3年目と活着成績の著しい向上が見られ、事業実行上重大な数量変更を生じることはなかった。

3. 材線虫の人工接種検定

1) 一次検定

本事業における検定は九州林木育種場及び各県において次の方法によって行った。

野外で育苗したつぎ木2年生苗を3月下旬24cm鉢に2本ずつ鉢上げし、6月中旬にガラス室内に搬入した。7月中旬につぎ木部の10cm上部に九州林木育種場が開発した「剥皮接種法」によって苗木当たり1万頭(0.1 ml)の線虫「島原」を接種した。検定本数は候補木あたり10本とし、対照にはあらかじめ選定したテーダマツ(*P. taeda* L.) 5母樹からの1回床替え2年生実生苗を用いた。また合格基準は、接種8週後の生存率が健全率のどちらかが、対照のテーダマツのそれを上回るものとした。一次検定に供された候補木はTable 3に示すとおりアカマツ、3,979本、クロマツ8,955本で、選抜本数に対してそれぞれ89%及び92%であった。選抜された全ての候補木について検定できなかったのは、調査時点から検定までの間において、候補木が何等かの被害や伐採などによって消失したり、つぎ木活着が不良で10本の検定用苗木が確保できなかったクローンがあったことなどによるものである。一次検定の結果、アカマツ201クローン、クロマツ77クローンが合格したが、一次検定合格率は、アカマツ5.05%、クロマツ0.86%と、事前の予備検定をはじめこれまでの各種実験の結果と同様にクロマツが低い値にとどまり、クロマツの材線虫抵抗性個体の選抜の困難性を示した。これら合格木についてはさらに二次検定が行われた。

2) 二次検定

一次検定合格木（一次合格木）の中に、上述のような理由による欠損クローンを除いて、アカマツ145、クロマツ57、計202クローンについて、各クローン当たり20本の検定が九州林木育種場において行われた。

検定条件等は、一次検定とまったく同じであるが、クロマツの合格基準に見直しを加えられた。すなわち、アカマツとの比較において、クロマツの抵抗性の低いことや、変異幅の狭いこと等を考慮して、接種6週後において対照のテーダマツ苗の生存率または健全率の60%以上の値を示すクローンが合格とされることとなった。

二次検定の結果はTable 3に示すとおりアカマツでは一次合格木の22%にあたる45本が合格したのに対して、クロマツではわずか10%の8本であった。合格した抵抗性個体の所在地、概況及び検定結果はFig 5, Table 7, 8に示すとおりである。こうした抵抗性育種事業を進める場合、選抜効率が重要な要素であるが、

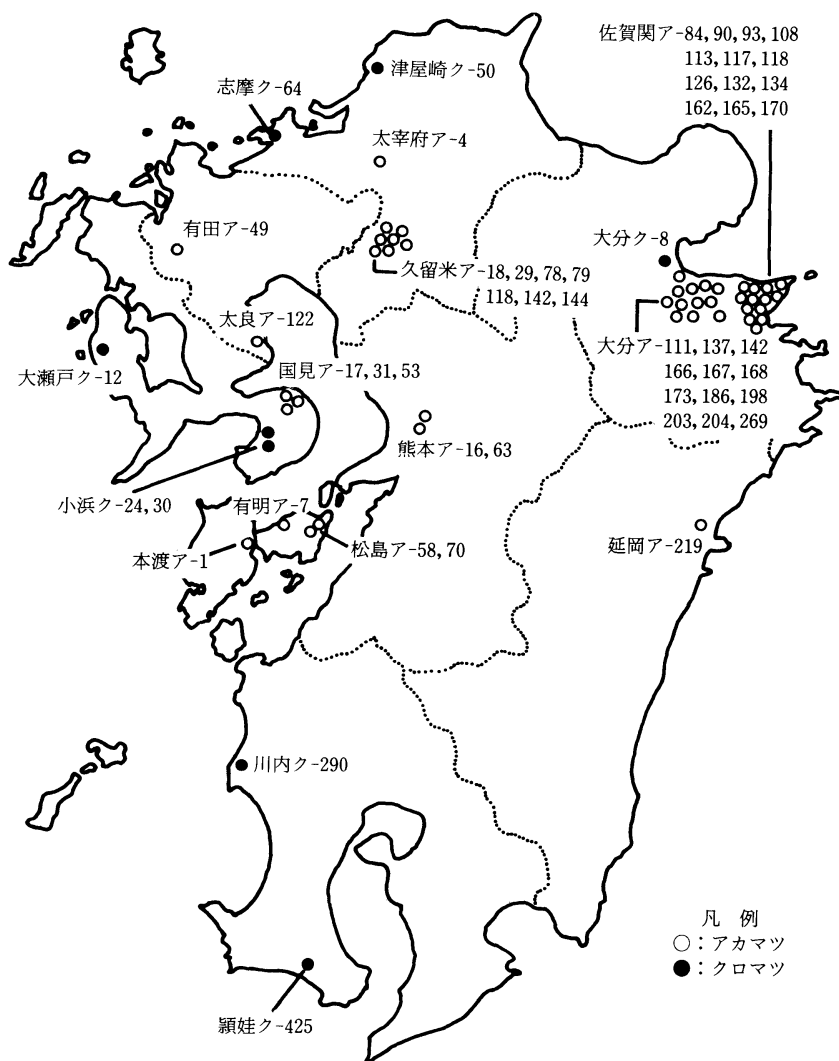


Fig. 5 二次合格木の所在地

Table 7. 本事業において選定された材線虫抵抗性個体一覧表 (九州地区)

クローン名	所在地	海岸からの距離 km	海拔高 m	齡級区分	成立	残存率 %	土 壤 型	樹高 m	胸高直径 cm	着果状況	後食痕
太宰府 アー 4	福岡県筑紫郡太宰府町	19.0	90	X V I	天然	5.0	Bd	16.0	59.0	無	中
久留米 アー 18	久留米市野中町	25.0	40	VI	天然	2.0	BD(d)	6.0	20.0	中	無
久留米 アー 29	久留米市野中町	25.0	40	VII	天然	2.0	BD(d)	10.0	29.0	多	無
久留米 アー 78	久留米市藤光町	24.0	30	X II	天然	2.5	BD(d)	13.5	47.0	多	無
久留米 アー 79	久留米市藤光町	24.0	30	X II	天然	2.5	BD(d)	13.0	30.0	中	少
久留米 アー118	久留米市御井町	25.0	100	VI	天然	3.0	BD(d)	9.0	23.0	少	中
久留米 アー142	久留米市御井町	25.0	100	V	天然	3.0	BD(d)	8.0	16.0	中	多
久留米 アー144	久留米市御井町	25.0	100	X	天然	3.0	BD(d)	11.0	30.0	少	無
有 田 アー 49	佐賀県西松浦郡有田町	11.0	140	X I	人工	5.0	Bd	23.0	38.0	少	無
太 良 アー122	佐賀県藤津郡太良町太良	4.2	150	IV	人工	15.0	Bb	15.0	28.0	少	無
国 見 アー 17	長崎県南高来郡国見町里山	4.0	100	X II	天然	5.0	BD(d)	20.0	34.0	多	多
国 見 アー 31	長崎県南高来郡国見町里山	4.0	100	X II	天然	5.0	BD(d)	20.0	49.0	中	多
国 見 アー 53	長崎県南高来郡国見町里山	4.0	100	X II	天然	5.0	BD(d)	20.0	50.0	中	中
熊 本 アー 16	熊本市黒髪4-11	12.0	80	VI	天然	20.0	Bc	9.0	16.0	中	少
熊 本 アー 63	熊本市黒髪4-11	12.0	80	VII	天然	20.0	Bc	8.0	26.0	中	少
本 渡 アー 1	本渡市佐井津町久遠丘	0.1	60	III	人工	20.0	Im	7.0	14.8	多	無
松 島 アー 58	熊本県天草郡松島町今泉	0.2	40	X	人工	1.6	Bb	11.0	18.0	多	少
松 島 アー 70	熊本県天草郡松島町今泉	0.2	40	X	人工	1.6	Bb	8.0	21.0	少	多
有 明 アー 7	熊本県天草郡有明町大浦	0.2	35	V	天然	3.0	Er	12.0	16.0	少	少
大 分 アー111	大分市上戸次	17.5	160	X	天然	5.0	BA	19.0	38.0	中	少
大 分 アー137	大分市中戸次	11.0	360	VIII	人工	5.0	Bb	5.5	15.0	少	中
大 分 アー142	大分市中戸次	11.0	360	VIII	人工	5.0	Bb	9.0	23.0	中	少
大 分 アー166	大分市広内	7.0	100	VII	天然	5.0	Bc	8.0	18.0	少	少
大 分 アー167	大分市広内	7.0	100	VII	天然	5.0	Bc	6.0	13.0	少	少
大 分 アー168	大分市広内	7.0	100	VII	天然	5.0	Bc	10.0	15.0	少	少
大 分 アー173	大分市広内	7.0	100	VII	天然	5.0	Bc	6.5	16.0	中	少
大 分 アー186	大分市広内	7.0	100	VII	天然	5.0	Bc	8.0	13.0	多	少
大 分 アー198	大分市竹中	14.0	90	VIII	天然	0.4	BA	11.5	18.0	中	中
大 分 アー203	大分市竹中	14.0	90	VIII	天然	0.4	BA	11.0	18.0	中	中
大 分 アー204	大分市竹中	14.0	90	VIII	天然	0.4	BA	14.5	30.0	多	中
大 分 アー269	大分市竹中	13.0	330	VIII	人工	20.0	BC	12.0	26.0	中	少
佐賀関 アー 84	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	7.0	14.0	少	少
佐賀関 アー 90	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	9.0	22.0	少	少
佐賀関 アー 93	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	9.0	29.0	少	少
佐賀関 アー108	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	8.0	14.0	中	少
佐賀関 アー113	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	7.0	21.0	少	少
佐賀関 アー117	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	12.0	20.0	中	少
佐賀関 アー118	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	10.0	20.0	少	少
佐賀関 アー126	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	8.0	16.0	少	少
佐賀関 アー132	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	8.0	15.0	少	少
佐賀関 アー134	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	8.0	15.0	少	少
佐賀関 アー162	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	9.0	15.0	無	少
佐賀関 アー165	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	10.0	16.0	中	少
佐賀関 アー170	大分県北海部郡佐賀関町	0.6	110	V	天然	10.0	YB(A~C)	10.0	21.0	中	少
延 岡 アー219	延岡市浦城町	1.0	10	VII	天然	20.0	BD(d)	10.0	19.0	少	無
志 摩 クー 64	福岡県糸島郡志摩町芥屋	0.02	3	XVI	人工	4.0	Im	9.0	29.0	少	少
津屋崎 クー 50	福岡県宗像郡津屋崎町勝浦	0.04	6	XVI	人工	0.5	Im	13.0	20.0	少	中
小 浜 クー 24	長崎県南高来郡小浜町山畑	5.0	240	V	天然	3.0	Bb	12.0	30.0	多	少
小 浜 クー 30	長崎県南高来郡小浜町山畑	5.0	240	V	天然	3.0	Bb	20.0	62.0	多	少
大瀬戸 クー 12	長崎県西彼杵郡大瀬戸町雪浦	0.1	10	VII	人工	2.0	Im	13.0	24.0	少	少
大 分 クー 8	大分市浜	0.1	5	X I	人工	6.0	Im	13.5	25.0	多	少
川 内 クー290	鹿児島県川内市港町唐山	1.0	15	VI	人工	7.0	Im	10.0	28.0	無	無
願 娃 クー425	鹿児島県指宿郡願娃町別府	0.05	6	X II	人工	1.0	Im	18.0	45.0	少	無

クローン名のアー：アカマツ

クー：クロマツ

Table 8. 本事業における合格クロウンの検定結果総括表

区 分	一 次 検 定				二 次 検 定			
	検定クロウン		テーダマツ		検定クロウン		テーダマツ	
クロウン名	生存率	健全率	生存率	健全率	生存率	健全率	生存率	健全率
	(55年度)				(57年度)			
大 分 アー111	37.5	12.5	(74.0)	(0.0)	26.3	15.8	(24.7)	(12.3)
大 分 アー137	22.2	22.2			16.7	16.7		
大 分 アー142	30.0	10.0			18.2	18.2		
大 分 アー166	40.0	10.0			20.0	20.0		
大 分 アー167	66.7	22.2			40.0	15.0		
大 分 アー168	40.0	30.0			15.0	15.0		
大 分 アー173	100.0	100.0			15.4	15.4		
大 分 アー186	20.0	20.0			20.0	15.0		
					(58年度)			
熊 本 アー 16	10.0	10.0	(11.2)	(5.1)	16.7	8.3	(6.0)	(5.0)
熊 本 アー 63	10.0	10.0			7.7	7.7		
	(56年度)							
大 分 アー204	44.4	33.3	(38.0)	(18.0)	14.3	0.0		
	(57年度)				(59年度)			
太宰府 アー 4	60.0	60.0	(34.5)	(31.0)	7.7	0.0	(6.0)	(6.0)
久留米 アー 18	60.0	60.0			10.0	0.0		
久留米 アー 29	66.6	66.0			7.7	0.0		
久留米 アー 78	66.6	66.0			26.7	20.0		
久留米 アー 79	66.6	66.0			41.2	29.4		
久留米 アー118	80.0	80.0			7.7	7.7		
久留米 アー142	50.0	40.0			50.0	25.0		
久留米 アー144	50.0	50.0			6.0	6.0		
有 田 アー 49	20.0	20.0	(32.0)	(18.0)	53.3	40.0		
太 良 アー122	28.5	28.5			16.7	16.7		
国 見 アー 17	50.0	30.0	(24.7)	(12.3)	20.0	10.0		
国 見 アー 31	50.0	20.0			15.0	15.0		
国 見 アー 53	16.6	16.0			11.1	5.6		
本 渡 アー 1	30.0	30.0	(50.0)	(27.0)	33.3	22.2		
有 明 アー 7	40.0	40.0			11.1	11.1		
松 島 アー 58	20.0	20.0	(24.6)	(12.3)	18.2	9.1		
松 島 アー 70	30.0	30.0			20.0	13.3		
大 分 アー198	50.0	0.0	(41.2)	(17.6)	6.0	6.0	(6.0)	(6.0)
大 分 アー203	42.9	28.6			6.7	0.0		
大 分 アー269	30.0	30.0	(50.0)	(15.0)	7.7	0.0		
佐賀関 アー 84	90.0	0.0			25.0	25.0		
佐賀関 アー 90	80.0	0.0			6.0	0.0		
佐賀関 アー 93	50.0	0.0			15.4	0.0		
佐賀関 アー108	80.0	0.0			13.3	0.0		
佐賀関 アー113	60.0	0.0			15.8	5.3		
佐賀関 アー117	50.0	10.0			29.4	0.0		
佐賀関 アー118	50.0	10.0			15.4	0.0		
佐賀関 アー126	60.0	10.0			11.8	11.8		
佐賀関 アー132	80.0	10.0			9.1	9.1		
佐賀関 アー134	50.0	20.0			56.3	31.3		
佐賀関 アー162	50.0	0.0			16.7	0.0		
佐賀関 アー165	50.0	10.0			22.2	11.1		
佐賀関 アー170	50.0	0.0			13.3	13.3		
延 岡 アー219	40.0	20.0	(24.7)	(12.3)	33.3	11.1		

Table 8. 本事業における合格クロンの検定結果総括表 (つづき)

区 分	一 次 検 定				二 次 検 定			
	検定クロン		テーダマツ		検定クロン		テーダマツ	
クロン名	生存率	健全率	生存率	健全率	生存率	健全率	生存率	健全率
大 分 クー 8	(55年度)				(57年度)			
	20.0	10.0	(74.0)	(0.0)	21.1	5.3	(27.4)	(15.1)
小 浜 クー 24 小 浜 クー 30 大瀬戸 クー 12	(56年度)				(58年度)			
	50.0	37.5	(32.7)	(10.0)	23.1	7.7	(8.0)	(5.0)
	10.0	10.0			16.7	16.7		
	10.0	10.0			9.1	9.1		
川 内 クー290	41.7	41.7	(38.0)	(32.0)	6.7	0.0		
志 摩 クー 64 津屋崎 クー 50	(57年度)				(59年度)			
	60.0	50.0	(34.5)	(31.0)	6.0	0.0	(10.0)	(6.0)
	50.0	50.0			15.4	7.7		
颯 娃 クー425	(60年度)				(60年度)			
	20.0	0.0	(20.0)	(0.0)	20.0	10.0	(30.0)	(26.0)

クロン名のアー：アカマツ

クー：クロマツ

今回の二次検定の結果から、一次検定の生存率と二次検定合格(二次合格)クロンの出現頻度との関係を見てみると、一次検定において生存率が高かったグループほど二次合格木の出現頻度が高い傾向がみられた。例えば、クロマツの場合一次合格木の中、生存率が41%以上のグループからは、約27%のクロンが二次検定に合格したのに対して、生存率40%以下のものからは、わずか0.1%という低い合格率であった。各機関における一次検定と、九州林木育種場における二次検定の結果に有意な相関が見られたことは、抵抗性に関して再現性が認められたもので、各機関における人工接種検定結果が適正なものであったことを裏づけるものと考えられる。

3) 人工接種検定結果のまとめ

他の作物の各種抵抗性個体の出現率及び本事業着手前における材線虫抵抗性育種のパイロットテスト等から、材線虫抵抗性育種事業における事業量は次のような推定のもとに計画がなされた。一般に、耐病性等の抵抗性遺伝子の自然界における存在率は、10万分の1～100万分の1と推測されている。ここで、材線虫抵抗性個体の存在率を10万分の1と仮定した場合、約30万本の個体を検定することによって90%の確率で少なくとも1個体以上の相当強力な抵抗性個体が得られるはずである。さらに、材線虫の被害により非抵抗性個体が淘汰されることによって、抵抗性個体の存在率は相対的に高くなり、残存率10%で3万分の1、1%で3千分の1の割合となり、高い確率で抵抗性個体が検出されることとなる³⁸⁾。

九州林木育種場で実施したパイロットテストの結果では、テーダマツ程度以上の抵抗性個体の出現率は8万分の1、リギダマツ(*P. rigida* MILL.)程度以上のものは約1万分の1と推定された⁵²⁾。

本事業における機関別、選抜地の個体残存率別の一次、二次検定合格者をFig. 6に示した。

九州全体の一次検定合格率はアカマツの5.05%に対してクロマツでは0.86%で、また、二次検定ではアカマツで1.13%、クロマツでは0.09%であった。仮に選抜林の平均残存率を1%とするとテーダマツ程度の抵抗性個体の出現率は1/800(0.125%)となり、今回の二次検定合格率はこの予想に比べてアカマツではかなり高く、クロマツでは推定よりやや低い値となった。

一次検定においては機関による検定条件の差を消去するために、人工接種検定方法、接種材線虫系統、とくに比較対照樹種であるテーダマツ家系苗等を統一して実施した。しかし、機関別にみた一次検定合格率は、

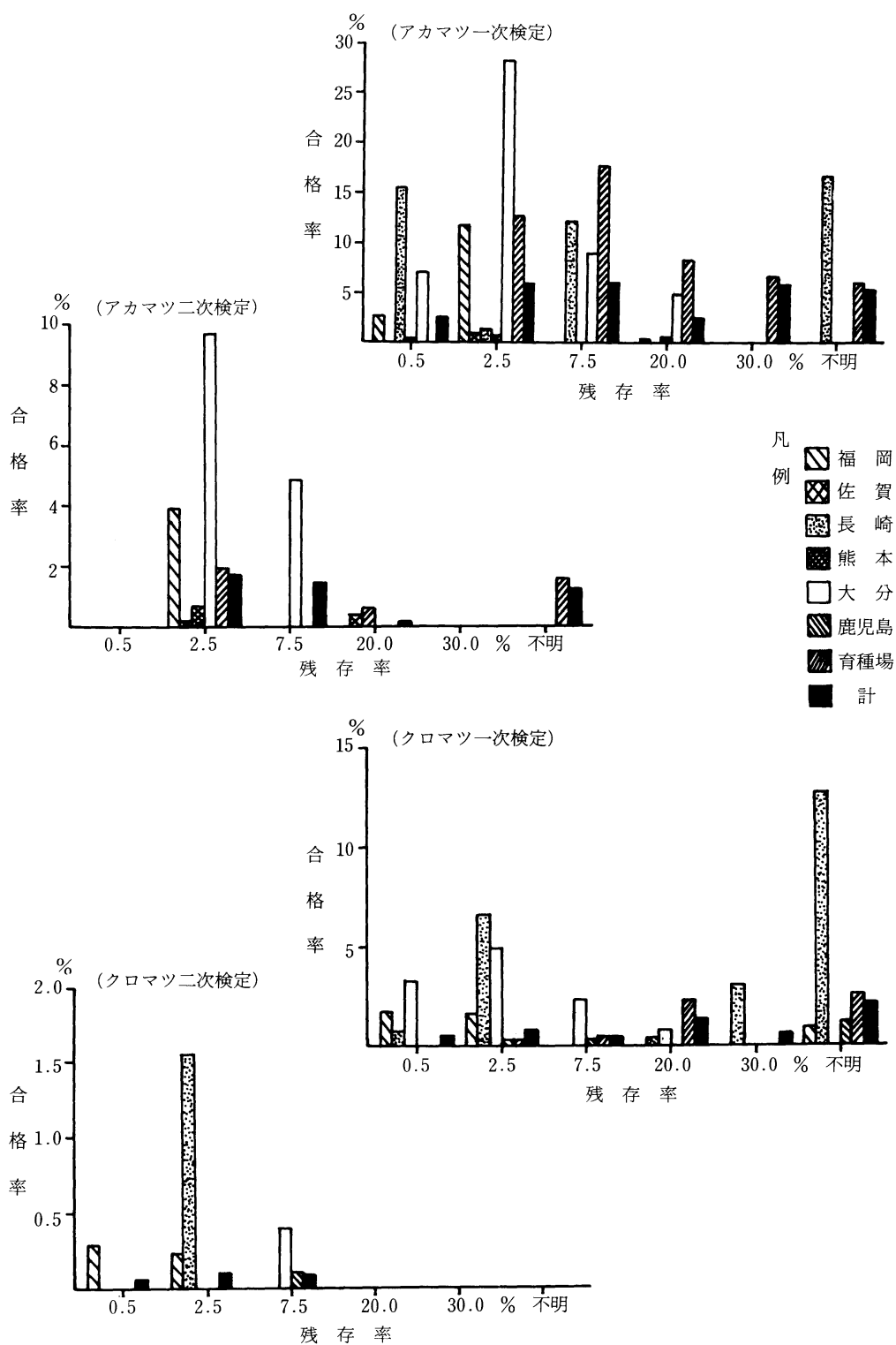


Fig. 6 選抜地の個体残存率別検定合格率

両樹種とも福岡、長崎、大分、育種場で高く、佐賀、熊本、鹿児島（クロマツのみ）で低い値となり、宮崎では合格木が1個体も認められなかった。

育種場で実施した二次検定において材線虫抵抗性個体の出現に地域間差がみられた。すなわち、アカマツでは北九州育種区で13本、中九州育種区で32本が選定され、南九州育種区からは選定されなかった。またクロマツでは北九州育種区で5本、中九州育種区で1本、南九州育種区で2本が選定されている。

このように、材線虫抵抗性個体の出現率においては選抜林分内の個体残存率による差と同時に、人工接種検定実施機関あるいは地域間に差のあることがうかがわれるが、機関と地域のいずれによるものかを明らかにすることはできなかった。

この外、材線虫抵抗性として選定された個体の地況、林況、諸形質などを概観すると次のとおりである。選抜林分の海岸からの距離は、アカマツでは1km以内と11km以上のものがそれぞれ40%を占めたのに対して、クロマツでは75%が1km以内であった。また、候補木の選抜時の林分の残存率をみると、アカマツでは87%の個体が、クロマツでは8個体全てが残存率10%以下の激害林からのものであった。

次に、これらの個体の年齢をみると、アカマツではⅢ～ⅩⅥ年齢にわたっているが、70%以上の個体はⅤ～Ⅷ年齢であった。これに対してクロマツではⅤ～ⅩⅥと幅広い年齢から選抜されている。また、候補木の選抜調査時のマツノマダラカミキリによる後食痕は、アカマツでは約76%の個体が“無”または“少”であったものの、“多”が約9%みられたのに対して、クロマツでは“中”1個体を除いて約88%が“無”または“少”であった。成長性に関連して樹高をみると、アカマツでは87%が、クロマツでは75%が5～15mの範囲に含まれている。また選抜時の着果は、“中”～“多”と評価されたものがアカマツでは約53%あったが、クロマツでは約38%と少なかった。

V. 材線虫抵抗性種苗の生産と普及

1. 接種検定合格木等の自然受粉苗の抵抗性

人工接種検定に合格した抵抗性個体はつぎ木増殖して採種園を造成し、そこで得られた種子は材線虫抵抗性種苗として普及される。しかし、本事業の進捗状況から本格的な抵抗性種苗の供給は昭和60年代後半になる見通しである。この間、特に材線虫抵抗性マツを緊急に造林する必要がある箇所については、「昭和58年4月14日58林野造第44号、マツノザイセンチュウ抵抗性松供給特別対策事業」により実施することになっている。一つは抵抗性育種事業における一次検定合格木の自然受粉種子からの実生苗に材線虫接種検定を行い、健全苗を山出しする。他の一つは、クロマツ×タイワンアカマツ (*P. massoniana* LAMB.) の交雑 F_1 苗を造林するものである。これらの事業を進めようとする場合、実生後代の抵抗性に関する遺伝様式が解明されていることが望ましい。

材線虫以外で植物に寄生する線虫に対する抵抗性は優性遺伝で、しかも1個ないし数個の遺伝子に支配されるものが多いとされているが、材線虫抵抗性の場合、クロマツ精英樹やクロマツ×タイワンアカマツの種間雑種、及びその戻し交雑苗等を用いた接種検定結果から、その抵抗性は優性で複数の主働遺伝子が働くものと考えられている。^{24,55,56)}これに関連して、岡田らは⁴⁸⁾アカマツ一次検定合格木の10家系について、昭和59, 60年度の2回にわたって接種検定を行ったところ、両年度における各家系の生存率は $r=0.854$ と有意に高い相関関係が認められた。さらに、選抜効果について、これら家系の生存率は、比較対象とした一般造林用のアカマツの生存率をすべて上まわり、平均値で40%以上の向上が期待できるとしている。そのため、実生後代における抵抗性の高い個体の出現頻度は、母樹や花粉親の抵抗性の強弱に左右され、一次検定合格木

の自然交雑種子を用いれば少なくとも一般よりは高い材線虫抵抗性が得られるものと予想される。

1) 材線虫抵抗性候補木等の自然受粉苗における抵抗性の家系間変異

九州各地において、アカマツ・クロマツ抵抗性候補木の選抜調査が進められる一方、事業に必要な技術開発や予備検定等に関する資料を得るため、抵抗性候補木及び精英樹家系の実生苗を用い、材線虫の人工接種検定が行われ、抵抗性のレベルや家系間変異について検討された。

茨木ら²⁰⁾は長崎県五島営林署、鹿児島県川内営林署及び内之浦営林署で選んだクロマツ抵抗性候補木とその周囲木からの実生家系を用いた接種検定を行ったが、その中で五島グループが高い抵抗性を示した。これと同様に藤本ら⁶⁾もアカマツで集団的に抵抗性が変異することを示唆している。川内グループでは、12-1号、12-2号、12-5号など、これまで高い抵抗性の認められている川内12号の周囲木が高い抵抗性を示した。これらは川内12号からの天然下種によって成立したものと考えられる。このように材線虫抵抗性の高い個体の分布が地域や林分によって集団的に異なるのは、材線虫の自然感染による淘汰の結果、抵抗性を示す個体の頻度が高まることによるためと考えられるが、淘汰の度合によって、抵抗性の程度が異なった林分構成となっていることも一つの要因と考えられる。このような林分の抵抗性候補木からの実生苗の抵抗性の変異は遺伝的なものと考えられる。前述の五島グループのものは、よりきびしい自然淘汰がなされた事例としてあげられよう。

大庭ら⁴⁰⁾はアカマツ微害林分(熊本県植木町、熊本市立田山)で材線虫の原木接種を行い、その残存個体と無接種個体からそれぞれ採種育苗し、家系別に接種検定を行って比較したところ、前者が64%、後者は50%の平均生存率であった。さらに戸田ら⁷⁰⁾は数種のマツについて、材線虫によって激害を受けている試植検定林の残存木と九州林木育種場内の個体の実生家系を用いて接種検定を行った。カリビアマツ (*P. caribaea* MORELET) では、場内産の生存率29.3%に対して激害林分産のそれは69.7%、テーダマツでは36.1%に対して57.6%であった。また、リギダマツでは90.6%、キシマツでは80%の生存率でいずれも激害林分で採種したものの方が高い抵抗性を示した。

こうした例ではいずれも材線虫の寄生によって林内の非抵抗性個体が淘汰されたものと考えられ、抵抗性に関する地域変異等の原因の一つといえよう。

川内や熊本市立田山のように抵抗性の高い個体が群状あるいは集団的に分布することについて、大庭ら³⁹⁾はアカマツ、クロマツ2年生実生苗に人工接種を行い、生存個体に翌年2回目接種をし、生存した個体にさらに翌年3回目を、というように接種を繰り返して行くと、抵抗性個体の頻度が高くなり、4回目以降では枯損苗が生じなかった。1981年九州林木育種場苗畑において、クロマツ候補木家系に接種検定を行い、その生存苗を用いて熊本県芦北町に現地検定試験地を設定した。1988年に調査したところ、家系別生存率66.7~93.0% (平均75.7%) で、当初苗畑における検定結果の生存率10%前後と比較して著しく高い値となっている。こうした現象が生態系の内でも見られることは戸田ら^{70,71)}によって報告されている。前述の川内グループは選抜当時約90年生であったが昭和30年代から40年代にかけて連年材線虫の被害を受け、現在これらの個体は点状に残存するのみである。こうした林分から選抜した候補木のつぎ木苗検定の結果でも、前述の実生苗検定と同様高い抵抗性がえられたことから、激害林分で残存している個体の中には強いものが高確率で存在していることはほぼ確実と思われる。ただ、川内グループのように比較的近接して抵抗性個体が存在する場合、それらが兄弟か半兄弟といった比較的近縁のものである可能性も考えられる。本事業の抵抗性レベルは、アカマツ・クロマツともテーダマツの生存率あるいは健全率が基準とされている。しかし、対照となるテーダマツの抵抗性が変動したのでは評価基準にズレが生じる。これに関して藤本ら^{5,7)}、戸田ら⁷⁰⁾はテ

ーダマツやタイワンアカマツにおいてもアカマツ同様に種内変異が大きいことを指摘している。このため本事業のつぎ木苗検定では、対照用テーダマツ苗には5本の母樹をあらかじめ選定して、その実生苗を基準とした。

抵抗性候補木からの実生苗がどの程度の抵抗性レベルを示すかは、マツノザイセンチュウ抵抗性育種における選抜の有効性や採種園経営上重要である。藤本ら⁶⁾は抵抗性候補木のアカマツ(熊本市立田山)、クロマツ(川内、福岡県岡垣)のほかアカマツ・クロマツ精英樹等57家系の接種検定を行った。結果はTable 9に示すようにアカマツ、クロマツ両樹種とも抵抗性候補木群が精英樹群に比べ著しく高い抵抗性を示している。

Table 9. 精英樹及び材線虫抵抗性候補木の自然受粉苗における材線虫接種検定結果

樹 種	区 分	家系数	健全率	比較検定	生存率	枯死率	比較検定
アカマツ	抵抗性候補木	21	51.5	※ to=2.70	84.9	15.1	※※ to=3.62
	精 英 樹	19	38.7		70.2	29.8	
クロマツ	抵抗性候補木	8	36.8	※※ to=5.17	74.2	25.8	※※ to=4.62
	精 英 樹	9	12.5		38.9	61.1	
テーダマツ	対 照 用	5	11.4		28.9	71.4	
タイワン アカマツ	対 照 用	5	28.6		54.3	45.7	

※※ 1%水準で有意 ※ 5%水準で有意

さらにテーダマツ以上の生存率がみられるものは55家系(97%)が、また、タイワンアカマツ以上のものは45家系(79%)が認められた。さらに、クロマツ抵抗性候補木8家系全てがタイワンアカマツ以上の抵抗性となり、しかも川内2号、岡垣4号のように、アカマツ候補木の上位の抵抗性レベルにランクされるものも確認された。

一般に樹種レベルでの抵抗性はテーダマツが強いといわれるが、本実験ではタイワンアカマツが著しく高い抵抗性を発現したことから、さきにあげたクロマツ候補木は相当高い抵抗性をもつものと考えられる。

また、戸田ら^{6a)}が行ったアカマツ精英樹17家系の3年生実生苗を用いた接種検定では、アカマツ全家系がテーダマツの1/2相当の抵抗性を示し、その内6家系はテーダマツ以上となり、特に精英樹日出107号(大分)は著しく高い抵抗性を示した。

以上述べたように抵抗性候補木や精英樹等の実生苗検定の結果では、目標としたテーダマツ程度の家系が予想外に多く認められた。

2) 接種検定合格木の自然受粉苗の材線虫抵抗性

昭和58年度から特別対策事業によってクロマツ×タイワンマツの交雑種、及び一次合格木からの自然交雑苗の接種後健全苗が造林に供されることになり、それらの生産が始められた。前者について九州では福岡、佐賀、長崎、大分、鹿児島5県が、後者については長崎、大分の2県と九州林木育種場が実施することになった。

一次検定合格木の実生苗検定は1回床替え2年生苗に毎年7月中旬に材線虫「島原」を接種して翌春掘取り、健全苗を山出しするものである。今後採種園産種子の抵抗性の推定などに必要と思われるので、各実施機関の環境条件や検定数など必ずしも一定でない面もあるが、昭和58～62年度の5か年における検定結果をとりまとめTable 10に示した。

Table 10. 一次合格木の自然受粉苗の材線虫接種検定結果

アカマツ						
年度	機関	苗齢	接種家系数	接種本数	健全山行数	健全山行率
58	九育	2	26	9,045	1,523	16.8
59	九育	2	52	5,116	1,305	25.5
60	長崎	2	13	968	102	10.5
	大分	2	37	2,929	1,664	56.8
61	九育	2	15	600	205	34.2
	大分	2	44	1,181	697	59.0
62	大分	2	20	208	80	38.5
計			207	20,047	5,576	27.8
クロマツ						
年度	機関	苗齢	接種家系数	接種本数	健全山行数	健全山行率
58	九育	2	11	5,328	140	2.6
59	九育	2	33	3,122	388	12.4
60	長崎	2	15	1,882	83	4.4
	大分	2	3	94	10	10.6
61	九育	2	3	1,260	114	9.0
	長崎	2	10	91	23	25.3
	大分	2	3	40	19	47.5
62	長崎	2	9	4,469	3,353	75.0
計			87	16,286	4,130	25.3
アカマツ・クロマツ合計			294	36,333	9,706	26.7

取りまとめにあたっては、接種本数が30本以上のアカマツ97家系（一次検定合格木の48.3%）、クロマツ46家系（一次検定合格木の59.7%）を対象とした。このうちアカマツの30家系とクロマツの7家系は二次検定合格木の66.7%及び87.5%にあたる。一次検定合格木の全家系について検定できなかったのは、着果量が少なかったこと、発芽率が悪かったこと、採種できなかったこと、等によるものである。機関や年度によって重複して検定が行われた家系については平均値を算出し、家系健全率として用いた。検定の結果、機関や年度によって平均健全率に違いが生じた。例えば61年度に実施したアカマツの機関別平均健全率では、九州林木育種場が34.2%であったのに対して大分県では59.0%とかなりの差が認められる。これは、主として検定に用いた各家系の抵抗性の違いによるものと考えられるが、環境条件の違いによる影響も見逃すことはできない。材線虫によるマツ苗の枯損は特に水分ストレス及び温度の影響が大きく、接種後晴天が続いた場合など枯損は進行しやすい。いずれにしても野外における検定では、材線虫の系統や活性、あるいは人工接種方法などと同様に日照、降雨等自然条件による影響も大きいものと思われる。こうした機関や年度によるフレを修正し、抵抗性レベルを比較検討するため、本事業では5母樹からのテーダマツ苗が対照として用いられたが、実生家系の検定ではこれが用いられなかったため、九州林木育種場において得られた次の結果を参考として検討した。

テードマトは5母樹からの均等混合家系の3か年間の平均健全率28.2%を、またアカマトでは54家系、クロマトでは60家系の精英樹実生苗の、6年間(1980~1985)の平均健全率(26.7%及び6.6%)を用いた。また、東北及び関西の精英樹家系の資料も参考とした(Table 11)。

Table 11. 一次及び二次合格木等の自然受粉苗の材線虫接種検定結果(30本以上の家系)

樹 種	接種検定家系	全家系の平均健全率	備 考
一次合格木			
アカマト	67	30.0%	
クロマト	39	8.5%	
二次合格木			
アカマト	30	38.5%	
クロマト	7	9.1%	
(対 照)			
テードマト	5	28.2%	5母樹平均
アカマト精英樹	54	26.7%	九州林木育種場産
〃	30	15.7%	東北 〃
クロマト精英樹	60	6.6%	九州 〃
〃	19	1.6%	関西 〃

1) アカマト合格木の自然受粉苗の材線虫人工接種検定

アカマト97(延129)家系の平均健全率は32.6%で、その範囲は0~85%に分布し、このうち55家系(56%)がテードマト以上の健全率を示した。一方、二次検定合格木(38.5%)と精英樹(26.7%)、の各家系平均健全率を比較すると、約12%と予想外に差が小さかった。これは、精英樹クローン集植所では材線虫による枯損が進み、比較的強いものが残存していたことや、精英樹の中には日出107号のように著しく抵抗性の高いものが過去の実験で確認されており、それらを優先して採種・検定したこと等によって精英樹家系の健全率が高められた結果と考えられる。ちなみに、ランダムに検定に供した東北の精英樹30家系の平均健全率は15.7%と低かった。

本事業においては材線虫抵抗性クローンによって採種園が造成される。そこで97家系のうちから二次検定合格木30家系を選び、家系別の健全率をFig. 7に示した。大分、佐賀関(大分県)の両地域から選抜されたものがまとめて上位にランクされており、抵抗性個体が集団的に存在していることがうかがえる。二次検定合格木の家系の平均健全率は38.5%とテードマトや精英樹にくらべて10~12%高い値となった。また、これら以外の一次検定合格木の家系の平均健全率の30%に比べて8.5%、東北アカマト精英樹に比べると23%近い差が認められ、選抜効果の大きいことを物語っている。この中21家系(70%)がテードマト以上の健全率を示した。一方、一次検定合格木および二次検定合格木の家系の中にも健全率10%未満のものがいくらか含まれているが、この原因として自然受粉における花粉親の抵抗性が低かったことや、苗木の生育不良など生理的な要因などが考えられる。しかし、これらの要因については現段階では明らかにされておらず、抵抗性の遺伝様式の解明とともに今後の課題である。

2) クロマト合格木の自然受粉苗の材線虫人工接種検定

クロマト46(延55)家系の平均健全率は8.5%で、これまで明らかにされた結果から予想されたとおり、アカマトにくらべ著しく低い値であった。しかも0~46%の範囲に分布し、変異幅もせまく、このためテードマト(28.6%)以上の健全率を示すものはわずか1家系にすぎなかった。九州産の精英樹家系の平均健全率

(6.6%)と比較すると約2%, 関西のそれとでは7%程度上回っている。特に九州産精英樹との差が小さいことについては、アカマツの場合と同様、比較的強い精英樹の家系が用いられたためと考えられる。

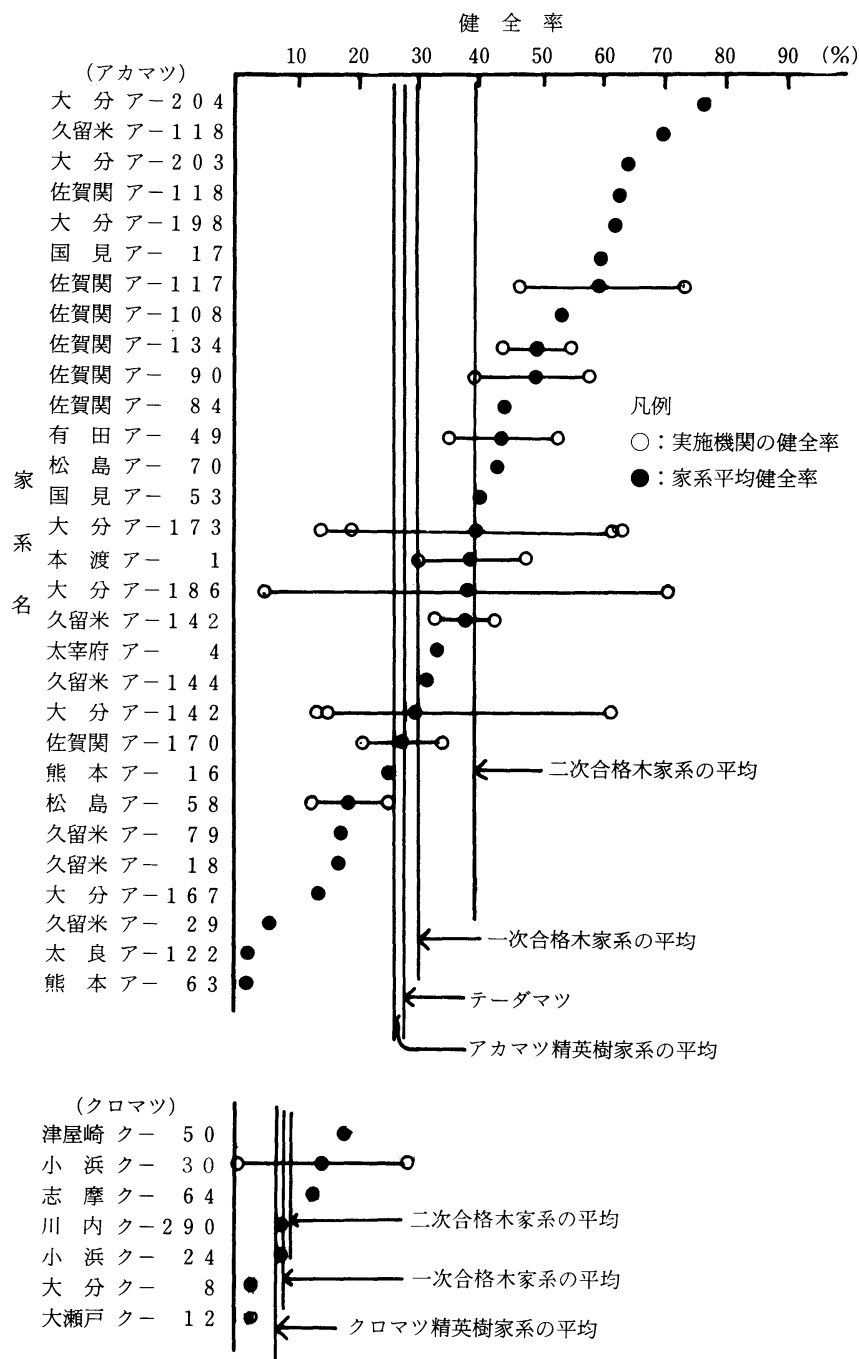


Fig. 7 二次合格木の自然授粉苗の接種検定における健全率

次に二次検定合格木の7家系についてFig. 7に家系別健全率を示した。平均健全率は、9.1%で、一次検定合格木からの家系平均値よりも幾分上昇し、選抜によるレベルアップが認められる。

材線虫抵抗性に関して、種内変異が大きいアカマツの場合、材線虫抵抗性家系を比較的容易に選出することができる。これに対して、クロマツでは樹種レベルの材線虫抵抗性が低く、しかも変異幅が小さいので抵抗性家系の出現頻度は低く、これは二次検定合格率の低さにも現れている。したがって選抜効率の点ではアカマツに比べて著しく低いが、今後の本抵抗性育種推進上、これらのクローンが貴重な材料であることはいうまでもない。

3) 接種検定合格木等の自然受粉苗の材線虫抵抗性のまとめ

選抜の效果を見るため、健全率ごとの家系頻度をFig. 8に示した。アカマツ・クロマツとも二次検定合格木家系の平均健全率は、一次検定合格木家系や、精英樹家系を上まわり、選抜効果が認められた。図に明らかなように、二次検定合格木以外の家系では健全率の低い方に家系頻度は偏っており、特に精英樹家系においてこの傾向は顕著である。ちなみに、東北地方のアカマツ精英樹家系では全ての家系が40%以下に、また関西のクロマツ精英樹家系では全家系が5%以下に入り、抵抗性家系の選抜効果がうかがわれる。

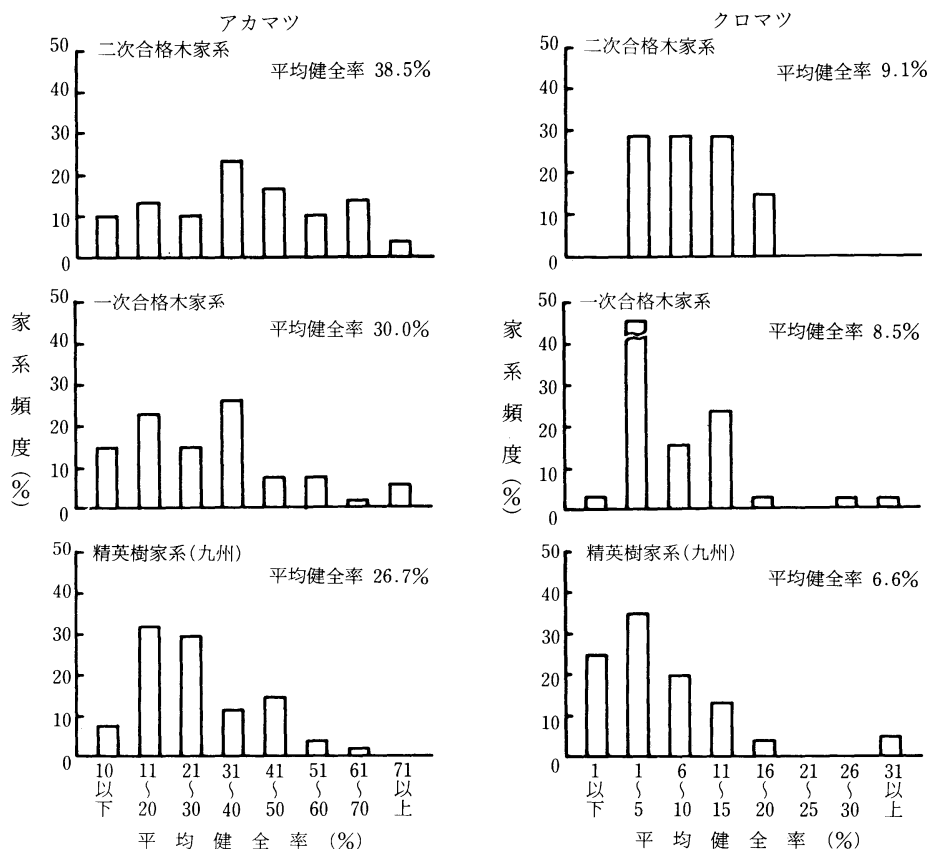


Fig.8 検定合格木等の自然受粉家系苗に対する接種検定結果

しかし、両樹種とも予想していた健全率を下回り、特にクロマツで著しかった。この原因としては、選抜個体そのものからの採種であることから、花粉親の抵抗性レベルが不明なことや、苗木の生理的条件、及び検定の環境条件が一定でなかったこと、などが考えられる。実生家系の場合、母樹や花粉親の抵抗性の強さに影響されるのは当然であるが、子供群の遺伝子型のちがいによっても同一家系内の個体間に抵抗性の変異

が現れるものと考えられる。

健全苗の評価については、山行苗規格上不適当なもの、及び先端枯れや枝枯れ等一部被害苗についても棄却するなどきびしい判定を行った。このことも健全率を著しく低下させた原因の一つで、基準如何によっては、評価はさらに向上するものと考えられる。

2. 材線虫抵抗性採種園の造成

材線虫抵抗性について選定されたクローンを母材として一般造林に供する抵抗性品種を育成するには、材線虫抵抗性採種園を造成して抵抗性遺伝子の集積と種苗の量産を図る必要がある。この方法では出行苗が量産されるまで6～7年以上を必要とし、さらに実生苗では個体ごとに遺伝子型が異なるため一部に弱抵抗性のものが発現する可能性がある。しかし、前項において検討したとおり、一次あるいは二次検定合格木の自然交配家系においても抵抗性のレベルアップは見られており、合格木相互交配による採種園産家系における抵抗性向上は十分期待できるところである。

採種園造成に用いるクローン数は、できるだけ多いことが望ましく、自家受粉を防ぎ、材線虫抵抗性要因の多様化を図るために最低25クローンは必要とされている。使用するクローンについては特に生育不良のもの、着花性や稔性、苗木生産力等の悪いもの、抵抗性以外の気象害や病虫害に対する感受性が高いものなどは除かなければならない。これに関して材線虫抵抗性マツのつぎ木苗の成長、雌雄花の着生などの調査が行われている¹⁸⁾。

昭和60年春につぎ木を行い、61年春集植所に定植された関西及び四国地区選抜分を含むアカマツ45クローン423本について62年（以下3年目）及び63年（以下4年目）における成長と着花性を見ると次のとおりである。まず3年目秋の樹高成長では、クローン平均90～167cm、総平均130cmで、最高の個体は212cmであった。4年目秋については未調査であるが、5月時点の調査では最高の個体で285cmに達している。次に雌花着生状況を見ると、3年目では96%のクローン、64%の個体に着生し、個体当たり平均雌花数は3.1個であった。これに対して4年目には、91%のクローン、70%の個体に着生し、平均6.0個、最高個体では108個が数えられた。また、雄花は4年目で78%のクローン、56%の個体に着生したが、6段階評価で総平均1.3と、それほど多くなかった。同齡のクロマツ7クローン66本についても調査した結果、樹高成長はアカマツとほとんど同様であったが、雌雄花の着生はいずれも少なかった。

このように、成長、着花性ともクローン間及びクローン内個体間に差がみられたが、クローン内個体間の差は、つぎ穂の良否やつぎ木ゆ合状況等生理的あるいは技術的なものであろう。これに対してクローン間の差は、上述のようなものに加えて成長性あるいは着花性の遺伝的変異、及びつぎ木親和性のクローン差などによるものと思われる。現在のところこれ以外の諸特性については把握されていないため、当面選抜調査時の記録などが参考資料となろう。さらに調査を継続し、これらの調査結果にもとづいて次の段階では体質改善を図る必要がある。本採種園の造成に当たってはアカマツはヘクタール当たり800本植栽で1回間伐、クロマツはヘクタール当たり400本植栽で無間伐方式とし、できるだけ多くのクローンを使用することが望ましいので、クロマツについては追加選抜を実施しているところであるが新たな選抜は極めて困難で、当分は現在保有の16クローンによらざるをえない状況である。

なお、当基本区内における材線虫抵抗性採種園の造成実績はTable 12のとおりで、これに必要なアカマツ92クローン800本、クロマツ6クローン2,700本のつぎ木苗を養成し、すでに各県に配布したところである。この採種園は昭和60年代後半には成園すると思われるが、昭和39年に林野庁がアカマツ・クロマツ精英樹採種園について示したha当り種子生産量の30kgから試算すると、年間にアカマツ96ha、クロマツ533haの造林が

可能な材線虫抵抗性マツ苗の生産が見込まれる。

Table 12. 材線虫抵抗性採種園造成実績 (単位ha)

機 関	61 年 度			62 年 度			合 計		
	アカマツ	クロマツ	計	アカマツ	クロマツ	計	アカマツ	クロマツ	計
福 岡					0.50	0.50			0.50
佐 賀		0.50	0.50	0.50		0.50	0.50	0.50	1.00
長 崎		0.25	0.25		0.25	0.25		0.50	0.50
熊 本					0.50	0.50		0.50	0.50
大 分	0.10	0.10	0.20				0.10	0.10	0.20
宮 崎					1.00	1.00		1.00	1.00
鹿 児 島					1.00	1.00		1.00	1.00
計	0.10	0.85	0.95	0.50	3.25	3.75	0.60	4.10	4.70

VI. 九州林木育種場における材線虫抵抗性育種に関する研究業績

昭和43年度から実施された「まつくい虫によるマツ類の枯損防止に関する研究」においてマツ枯れの原因が材線虫であることが明らかにされてから全国の研究機関で総合的な研究が進められた。この中の多くは、材線虫とマダラカミキリの相互関係や材線虫接種後の樹木生理及び組織解剖学的な研究であった。このため、材線虫抵抗性育種事業を進めるための技術に関する情報は少なく、九州林木育種場においては昭和48年から林業試験場九州支場（現森林総研九州支所）及び熊本営林局の協力を得て材線虫抵抗性育種の検討と技術開発に関する実験が開始された。その中で主なものをあげれば、抵抗性の種間及び種内変異、人工接種検定法、検定環境の管理条件、材線虫の加害性の系統間変異及び材線虫の大量増殖法、樹高が高い抵抗性候補木からの採穂用具及びつぎ木増殖技術の改良等の検討である。また、本事業直前の昭和52年には、これまでの成果を総合したプレテストが行われ、効率的な人工接種検定方法が確立された。

事業期間中においても、材線虫抵抗性の遺伝様式の解明に関して確定した抵抗性クローンをを用いた交雑試験及び抵抗性クローンの特性調査等は進められ、今後なお継続実施されなければならないが、1976～1987年の間に本事業に関連して公表された研究報告等は引用文献の項に示す63編に上っている。

Ⅶ. 引用文献

*印は引用文献以外の九州林木育種場における発表業績である。

- 1) * Y. Fujimoto, K. Ohba, The first year result of the breeding of Japanese pines for resistance to the wood nematode. 17 IUFRO World Congress. Proceedings. Div. 2, 287-290, (1981)
- 2) * 藤本吉幸：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業，林野時報，2，32～35，（1981）
- 3) * 藤本吉幸・大庭喜八郎：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の1年目の結果，第17回IUFRO世界大会論文集，258～260，（1981）
- 4) * 藤本吉幸・戸田忠雄・田島正啓・大山浪雄・白石 進：抵抗性育種からみたマツノザイセンチュウの加害性の変異，92回日林論，293～294，（1981）
- 5) 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・田島正啓：産地別テーダマツのマツのザイセンチュウ抵抗性のちがい，日林九支論，34，75～76，（1981）
- 6) 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・田島正啓：抵抗性候補木みしょう家系等のマツノザイセンチュウ抵抗性，日林九支論，34，77～78，（1981）
- 7) 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・田島正啓：タイワンアカマツにおけるマツノザイセンチュウ抵抗性のクローン間差，日林九支論，34，81～82，（1981）
- 8) * 藤本吉幸：林木の虫害抵抗性育種-集団選抜によるマツノザイセンチュウ抵抗性育種-，林木の育種，125，1～2，（1982）
- 9) * 藤本吉幸：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業のその後，林木の育種，128，20～21，（1983）
- 10) * 藤本吉幸：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業-これまでの成果-，林木の育種，137，11～14，（1985）
- 11) * 藤本吉幸：タイワンアカマツの雄花穂と花粉の量的関係について，九育年報，12，100～104，（1985）
- 12) * 藤本吉幸：松を考えるシンポジウム報告，熊本日日新聞，1986. 10. 14
- 13) * 藤本吉幸：松はよみがえるか，暖帯林，423，32～36，（1987）
- 14) * 藤本吉幸：マツノザイセンチュウ抵抗性育種の体系化と技術開発，林木の育種，144，1～3，（1987）
- 15) * 藤本吉幸：抵抗性形質の検定法，林木の育種，144，7～10，（1987）
- 16) * 藤本吉幸：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業，林木育種事業30年の歩み，55～60，（1987）
- 17) * 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二：タイワンアカマツ貯蔵花粉の発芽，日林九支論，40，85～86，（1987）
- 18) 藤本吉幸：マツノザイセンチュウ抵抗性クローンの諸特性，（I）日林九支論，41，45～46，（1988）
- 19) * 茨木親義・大庭喜八郎・山手廣太・立仙雄彦・戸田忠雄・西村慶二：マツノザイセンチュウ抵抗性候補木のつぎ木苗検定，日林九支論，31，59～46，（1978）
- 20) 茨木親義・大庭喜八郎・立仙雄彦・西村慶二・戸田忠雄・大山浪雄・高木哲夫・川述公弘：マツノザイセンチュウ抵抗性候補木のみしょう苗検定，日林九支論，31，61～62，（1978）
- 21) * 茨木親義・大庭喜八郎・立仙雄彦・西村慶二・戸田忠雄：マツノザイセンチュウ病原性の予備検定，日林九支論，31，65～66，（1978）
- 22) * 茨木親義・大庭喜八郎・戸田忠雄・橋本平一・清原友也：マツノザイセンチュウ23系統のクロマツ苗木に対する病原性のちがい，日林九支論，31，211～212，（1978）

- 23) * 茨木親義・大庭喜八郎・西村慶二：外国マツ類のつぎ木苗によるマツノザイセンチュウ抵抗性検定，日林九支論，**31**，63～64，(1981)
- 24) 石井克明・栗延 晋・大庭喜八郎・古越隆信：マツ属 *Sylvestres* 亜節内種間雑種のマツノザイセンチュウに対する抵抗性，92回日林論，291～292，(1981)
- 25) * 清原友也・大庭喜八郎・橋本平一・西村慶二：アカマツおよびクロマツ精英樹の母樹別系統に対するマツノザイセンチュウ4系統の病原性，88回日林論，329～330，(1977)
- 26) * 清原友也・大庭喜八郎・橋本平一：マツノザイセンチュウの病原力および増殖力の変異，林試九支年報，**20**，38，(1978)
- 27) * 清原友也・橋本平一・藤本吉幸：マツノザイセンチュウの病原力の変異，日林九支論，**36**，189～190，(1983)
- 28) * 九州林木育種場：マツノザイセンチュウ人工接種検定方法，九育年報，**6**，169～177，(1975)
- 29) * 九州林木育種場：マツノザイセンチュウ抵抗性育種の候補木の調査結果，九育年報，**6**，158～168，(1976)
- 30) 九州林木育種場：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の手引，PP50，(1979)
- 31) * 松永健一郎・金光隆義：リモコン式高所採穂器の開発について，林木の育種(特別号)，20～22，(1981)
- 32) * 西村慶二・大庭喜八郎・立仙雄彦・松永健一郎・今村政秀：マツノザイセンチュウ抵抗性育種のための人工接種法の開発，日林九支論，**30**，61～62，(1977)
- 33) * 西村慶二・栗延 晋・金光隆義：マツノザイセンチュウ人工接種の用土別灌水方法別試験，日林九支論，**32**，205～206，(1979)
- 34) * 仁科 健：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業，林野通信，**336**，22，(1979)
- 35) * 仁科 健：ザイセンチュウ抵抗性育種事業の現状，暖帯林，**389**，26～33，(1980)
- 36) * 大庭喜八郎：マツノザイセンチュウ抵抗性育種，林木の育種，**81**，10～12，(1973)
- 37) * 大庭喜八郎：マツノザイセンチュウの床替苗への接種法，九育年報，**2**，131～133，(1974)
- 38) 大庭喜八郎：マツノザイセンチュウの抵抗性育種，林木の育種，**99**，1～6，(1976)
- 39) 大庭喜八郎・戸田忠雄・西村慶二・岩下禮治・松永健一郎：マツのザイセンチュウの人工接種による系統別マツ苗の生存率，日林九支論，**30**，67～68，(1977)
- 40) 大庭喜八郎・西村慶二・戸田忠雄・立仙雄彦：マツのザイセンチュウの人工接種による母樹別苗の生存率，日林九支論，**30**，69～70，(1977)
- 41) * 大庭喜八郎・西村慶二・戸田忠雄・山手廣太・大山浪雄：川内署まつくい虫抵抗性候補木(クロマツ)のつぎ木苗の人工接種検定，日林九支論，**30**，72～73，(1977)
- 42) * 大庭喜八郎：抵抗性選抜育種及び抵抗性要因の解析-接種方法-，農林水産技術会議成果，149～150，(1977)
- 43) * 大庭喜八郎：抵抗性選抜育種及び抵抗性要因の解析-産地別集団の抵抗性-，農林水産技術会議成果，153，(1977)
- 44) * 大庭喜八郎：抵抗性選抜育種及び抵抗性要因の解析-抵抗性選抜候補木の接種検定-，農林水産技術会議成果，153，(1977)
- 45) * 大庭喜八郎：抵抗性選抜育種及び抵抗性要因の解析-産地別及び母樹別集団の抵抗性-，農林水産技術会議成果，154～155，(1977)

- 46) *大庭喜八郎：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の概要，（九州，関西地区）林木の育種，**112**，45～48，（1979）
- 47) *大庭喜八郎・藤本吉幸・古越隆信・岡田 滋・小笠原健二：マツノザイセンチュウ抵抗性育種，育種学最近の進歩，**24**，90～101，（1983）
- 48) 岡田 滋・津田知明：アカマツ（マツノザイセンチュウ抵抗性候補木）自然受粉種子家系のマツノザイセンチュウ抵抗性，98回日林論，259～260，（1987）
- 49) *大山浪雄・大庭喜八郎：マツ類のマツノザイセンチュウ抵抗性育種と抵抗性要因の解析，林試九支年報，**20**，7～8，（1978）
- 50) *大山浪雄・白石 進・藤本吉幸・戸田忠雄・森本 桂・近藤栄造：茨城県産マツノザイセンチュウの加害性と基肥別養成苗木の感受性，日林九支論，**34**，83～84，（1981）
- 51) *大山浪雄・藤本吉幸・知念正儀：マツノザイセンチュウ抵抗性マツのつぎ木クローンにおけるセンチュウ増殖抑圧作用，林試九支年報，**25**，12，（1983）
- 52) 林野庁造林課：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の実施方法に関する検討報告書，13，（1977）
- 53) *立仙雄彦・藤本吉幸・戸田忠雄・栗延 晋・西村慶二：マツノザイセンチュウ抵抗性候補木の人工接種検定の結果，日林九支論，**32**，209～210，（1979）
- 54) *立仙雄彦・戸田忠雄・一丸喜八郎・栗延 晋：ガラス室におけるマツノザイセンチュウ接種時期別試験，日林九支論，**32**，207～208，（1979）
- 55) 佐々木研・河村嘉一郎・田島正啓・古越隆信・岡田 滋・津田知明・小林玲爾・赤堀陽一：二葉松類の戻し交雑と三種間交雑（Ⅳ），マツノザイセンチュウに対する抵抗性，94回日林論，251～252，（1983）
- 56) 佐々木研・古越隆信・河村嘉一郎・田島正啓・岡田 滋・津田知明：クロマツのマツノザイセンチュウ抵抗性に関する2-3の遺伝的情報，関西支講，**34**，179～183，（1983）
- 57) *戸田忠雄・立仙雄彦・山本 久：つぎ木苗によるマツノザイセンチュウ抵抗性の検定ならびに切枝の水ざし検定，日林九支論，**30**，65～66，（1977）
- 58) *戸田忠雄・大山浪雄：抵抗性選抜育種及び抵抗性要因の解析—つぎ木苗による検定—，農林水産技術会議成果，150～151，（1977）
- 59) *戸田忠雄：台木樹種を異にしたつぎ木11年生個体のマツノザイセンチュウ接種試験，日林九支論，**32**，201～202，（1979）
- 60) *戸田忠雄・坂本和子・一丸喜八郎：アカマツ・クロマツ精英樹家系に対するマツノザイセンチュウ20系統の加害性，日林九支論，**32**，203～204，（1979）
- 61) *戸田忠雄：マツノザイセンチュウの大量培養法—ムギによる培養基の調整と線虫の加害性—，九林育年報，**10**，111～114，（1979）
- 62) *戸田忠雄・藤本吉幸・一丸喜八郎：マツノザイセンチュウ人工接種法—接種もれ防止について—，林木の育種（特別号），40～42，（1979）
- 63) *戸田忠雄・一丸喜八郎：マツノザイセンチュウ加害性のちがひ，林木の育種（特別号），42～45，（1979）
- 64) *戸田忠雄：マツノマダラカマキリの樹種選択性，九林育年報，**9**，132，（1980）
- 65) *戸田忠雄・藤本吉幸・西村慶二・一丸喜八郎：苗齢のちがひによる線虫系統の加害性について，日林九支論，**33**，199～200，（1980）

- 66) 戸田忠雄・西村慶二・藤本吉幸：アカマツ、クロマツ精英樹家系等のマツノザイセンチュウ抵抗性，日林九支論，**33**，207～208，(1980)
- 67) * 戸田忠雄：精英樹家系のマツノザイセンチュウ抵抗性，林木の育種，**115**，21～22，(1980)
- 68) * 戸田忠雄：交雑マツにおけるマツノザイセンチュウ抵抗性，日林九支論，**34**，79～80，(1981)
- 69) * 戸田忠雄・藤本吉幸・西村慶二・山手廣太・前田武彦：交雑マツ（クロマツ×タイワンアカマツ）のマツノザイセンチュウ抵抗性，日林九支論，**39**，67～68，(1981)
- 70) 戸田忠雄・藤本吉幸・前田武彦・西村慶二：外国産マツ類等みしょう家系のマツノザイセンチュウ抵抗性，日林九支論，**36**，103～104，(1983)
- 71) 戸田忠雄・藤本吉幸：キリシママツのマツノザイセンチュウ抵抗性，98回日林論，261～262，(1987)
- 72) * 戸田忠雄・藤本吉幸：アイノコマツのマツノザイセンチュウ抵抗性（I）-自然交雑苗の冬芽による分類と抵抗性-，日林九支論，**41**，43～44，(1988)
- 73) * 山手廣太・大久保哲哉：苗木あたりのマツノザイセンチュウの接種点数と枯損の関係，日林九支論，**30**，63～64，(1977)

Ⅷ. 機関別の「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」の担当者氏名一覧

1. 九州林木育種場

氏 名	担当年度	事前検討 実施計画	選抜増殖	接種検定	とりまとめ
戸 田 忠 雄	51～	○	○	○	○
西 村 慶 二	51～	○	○	○	○
藤 本 吉 幸	52～	○	○	○	○
山 手 廣 太	51～54 (60～)	○	○		○
立 仙 雄 彦	51～54	○	○	○	
茨 木 親 義	51～53	○			
大 庭 喜八郎	51～52	○			
千 北 義 三	51～52	○			
栗 延 晋	52～54	○	○	○	
仁 科 健	53～59	○			
冬 野 劭 一	53～		○	○	○
松 永 健一郎	53～		○	○	
井 東 和 博	53～		○	○	
大 谷 文 孝	53～		○	○	
内 平 礼四郎	53～		○	○	
金 光 隆 義	53～58		○	○	
一 丸 喜八郎	53～55		○	○	
田 島 正 啓	53～55		○	○	
国 沢 豊 純	55～58		○	○	
中 川 裕 司	56～60		○	○	
前 田 武 彦	56～59		○	○	
薮 正 勝	59～		○	○	
塚 元 徳 男	51～		○		
大久保 哲 哉	53～		○		
井 島 千 歳	53～61		○		
坂 本 和 子	53～55		○		
高 山 十六生	53～56		○		
柴 田 平八郎	54～55		○		
中 山 チズ子	55～		○		
金 子 義 幸	56～60		○		

2. 九州各県 (五十音順)

福岡県

秋吉八郎	池田一雄	猪上信義	伊東美昭
井上義輝	江口龍雄	江良進	小河誠司
小野泰治	金子周平	坂本健吾	佐々木重行
高木潤治	田形正義	竹下敬司	立木主税
中島義光	長濱三千治	西尾敏	野中重之
野村昌啓	蓮尾久光	伴勉	宮原文彦
森和彦	八尋倉文	山本雅敏	福島敏彦

佐賀県

池田源次郎	稲田張一	神代良忠	小部晃
蒲原那行	古賀三郎	小副川登	下平勲
庄野章直	実松敬行	竹下晴彦	谷口進
深川忠久	藤崎昭雄	前田博明	松本渚
松本光男	真名子卓	原信義	

長崎県

伊集院博司	上原勲	大宅靖昭	尾崎新
川村清介	木山康輔	久保完二	執行興一
高倉和夫	田島利道	俵康毅	富永徳
中江勝春	中島勇	永江修	西村敏幸
野中幸人	畑中正広	林末敏	松井孝郎
松尾敏彦	松本芳郎	宮崎徹	森永鉄雄
山下力雄	力武久光		

熊本県

岩本幾雄	玉泉幸一郎	坂本悟	白石康雄
新谷安則	滝下国利	田呂丸一太	中島精之
原口義明	柳田芳雄	山本昭夫	

大分県

麻生賢一	安養寺幸夫	諫本信義	小野美年
片岸長俊	片桐昭一郎	川野洋一郎	北口内記
桜井達也	佐藤勝一	佐藤敏夫	角太
清家英典	高橋和博	中尾稔	堀田隆
増田隆哉	山本福弥	吉弘円八	

宮崎県

石川 忠雄	伊集院 健三	稲葉 正幸	江藤 寿臣
大木 正文	小川 哲	川崎 博文	吉良 蜂郎
榊野 利夫	重山 晴義	菅 道教	谷口 昭孝
深江 伸男	福里 和朗	藤本 洋一	細山田 典昭

鹿児島県

上 蘭 晃	迫 田 政 則	末 吉 政 秋	辻 稔
徳 永 実 良	十 島 伸 一	橋 口 政 純	早 崎 郁 郎
牧 美智哉	南 橋 仁	山 内 淳	山 下 勝

Selection of Resistant Pine Trees to the Pine-wood Nematode in Kyushu

Tadao TODA⁽¹⁾, Yoshiyuki FUJIMOTO⁽²⁾, Keiji NISHIMURA⁽³⁾,
Hirota YAMATE⁽⁴⁾ and Shoichi FUYUNO⁽⁵⁾

Summary

Japanese red pine (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.) and Japanese black pine (*Pinus thunbergii* PARI.) are most important tree species equally as Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) in Kyushu. But nowadays, the damage by the pinewood nematodes is especially severe in coastal regions and lowlands, and the pine forests are decreasing rapidly.

As a countermeasure to the masskilling of pines, it was carried out that the breeding project for resistance to the pinewood nematode as a national project from 1978 to 1984, in cooperation with Kyushu Forest Tree Breeding Institute and seven prefectural organizations in Kyushu.

In connection with the project, it was clarified that the variability of resistance among the species in the genus *Pinus*, and among each individual trees in a species. Then some investigating had been done to establish the technical system for the project, the breeding method, preselection of candidates, and various techniques, and we obtained some remarkable results.

On basis of those results, we could select 53 resistant pines in Kyushu by the inoculation test on potted grafts of the candidate pines selected in the severely damaged pine forest by the pinewood nematodes.

The number of selected, tested and passed pines are as follows ;

1. Selected candidates ; 4,448 red pines, 9,709 black pines, 14,157 trees in total
2. Tested candidates (1st test) ; 3,979 red pines, 8,955 black pines, 12,934 trees in total
3. Tested candidates (2nd test) ; 145 red pines, 57 black pines, 202 trees in total
4. Passed clones ; 45 (1.13% to the tested candidates) red pines, 8 (0.09% to the tested candidates) black pines, 53 trees (0.41% to the tested candidates) in total
5. Grafted scions to raise ramets for inoculation ; 290 thousands scions in total
6. Cultivated nematodes for inoculation ; 2,500 million nematodes in total

(1) (2) (3) (4) (5) ; Kyushu Forest Tree Breeding Institute